

I 緒 言

わが国においてリンゴを加害するハマキガ類には多くの種類があるが、なかでも Archipsini カクモンハマキ族にはリンゴを加害する種類が多く、葉、花、あるいは果実に甚害を与え、重要害虫のうちに数えられるものが含まれている。リンゴにはこれらのハマキガ類のほかにも非常に多様な害虫が発生するため、それらの総合防除の必要性が古くから認識され、北海道ではすでに明治41年に初歩的ながら総合的防除法が考案された。大正11年には北米における薬剤散布暦を参考とした本格的な防除暦が実用化されるにいたり、その後もしばしばその改善が行なわれている。いうまでもなく、ハマキガ類も防除暦によるおもな防除対象の1つであるが、ハマキガ類の経過習性が一様でないために、総合防除体系の確立にはハマキガの種類および生態を明らかにすることが不可欠の問題である。しかし、わが国におけるリンゴのハマキガ類の研究は、いまだ断片的であり、ことに北海道においては近年までほとんどみるべき業績がなかったといって過言でない。したがって、防除に関しては生態学的根拠が薄弱で、實際上支障をきたす点も少なくなかった。さらに、最近人体および有用動物に対する毒性、自然環境の破壊等、殺虫剤の有害作用が問題視されるようになり、従来の防除体系は再検討の必要にせまられているが、このような観点に立った防除体系の改善も、重要害虫であるハマキガ類の生態を明らかにして初めて可能になると考えられる。

筆者は北海道立農業試験場に在職中、農園芸作物を加害するハマキガ類に関する研究を続けてきたが、昭和35年より3年余にわたって、農林省による果樹病虫害発生予察実験事業の一環としてリンゴを加害するハマキガ類の調査研究を担当し、その間にリンゴを加害するカクモンハマキ族の生態、とくに生活環境調整機構について知見を得ることができた。ここにその結果をのべるとともに、若干の応用上の考察を加え、今後の研究および防除対策上の参考に供したい。

本文に先立ち、終始懇篤なご指導と励ましを与えら

れた北海道大学農学部教授渡辺千尚博士に深甚の謝意を表するとともに、研究の実施と結果のとりまとめにあたり種々ご援助を与えられた北海道立農業試験場元病虫害部長成田武四博士、同部元病虫害試験課長遠藤和衛氏、元発生予察課長故池大司氏、北海道立中央農業試験場病虫害部馬場徹代部長、発生予察科富岡錫科長をはじめ、道立各農業試験場病害虫関係職員諸氏、農林省北海道農業試験場作物第2部長宮下揆一博士、病理昆虫部元虫害第1研究室長松本篤博士、同部木村宏枝官、農林省園芸試験場虫害研究室長菅原克夫博士はじめ同研究室員諸氏、岩手大学農学部教授宮慶一郎博士、弘前大学農学部教授正木進三博士、農林省東北農業試験場虫害研究室長小林尚博士、同場前田泰生技官、ならびに江部乙地区および余市地区農業改良普及所職員諸氏に厚くお礼申しあげる。

II 北海道においてリンゴを加害するカクモンハマキ族

1 リンゴを加害するカクモンハマキ族の種類

分類学上 Tortricidae ハマキガ科に属する食葉性害虫を一般にハマキムシと称し、北海道においてはリンゴの本格的な栽培が始まって以来ハマキムシの被害が大きき、特に春期の被害が重要視されてきた(桑山⁶⁴⁾, 1936; 北海道農事試験場^{65,67)}1908, 1922)。リンゴのハマキムシとして、北海道では第2次大戦直後までに17種内外が記録されていたが(遠藤・森⁷²⁾, 1957; 桑山^{63,64)}1926, 1936), それらの同定にかなりの混乱があり、その再検討は近年まで十分になされていなかった。したがって、戦前にどのような種類がどの程度の害をリンゴに対して与えていたかについては、今日では知ることができない。しかし、北海道大学および農林省北海道農業試験場に所蔵の標本を検したところ、現在リンゴに発生を認める種類は、当時においても発生していたようであり、たとえばスモモハマキの名で諸種の解説書にのべられたものは、おそらくコカクモンハマキであり、またリンゴハマキとして *Archips rosaceanus* HARRIS または *A. longicellanus* WALSINGHAM という学名があてられていたものは主としてリンゴモンハマキではなかったかと思われる。筆者が昭和30年以降に北海道において、リンゴに幼虫の加害を認めることができたハマキガ科の昆虫29種のうち、*Grapho-*

第1表 北海道においてリンゴを加害するハマキガ類

所 属 お よ び 種 名 ¹⁾	分 布	記録者 ²⁾
Subfamily Sparganothinae		
Tribe Sparganothini		
1. <i>Sparganothis pilleriana</i> (SCHIFFERMÜLLER et DENIS) テングハマキ ³⁾	北海道, 本州, 四国, 九州, 中国, シベリア, 欧州, 北米	奥, 1961 a
Subfamily Tortricinae		
Tribe Tortricini		
2. <i>Acleris ulmicola</i> (MEYRICK) ニレハマキ ³⁾ (= <i>A. boscana</i> : auctt.)	北海道, 本州, 満州, 東シベリア	奥, 1956
3. <i>A. comariana</i> (ZELLER) バラハマキ (= <i>Acalla baracola</i> MATSUMURA)	北海道, 本州, 欧州	奥, 1961 a
Tribe Cnephasini		
4. <i>Cnephasia cinereopalpana</i> RAZOWSKI ホソバハイイロハマキ ³⁾ (= <i>C. chrysantheana</i> : auctt.)	北海道, 本州, 九州, 満州, 東シベリア	奥, 1967 a
Tribe Archipsini カクモンハマキ族		
5. <i>Pandemis heparana</i> (SCHIFFERMÜLLER et DENIS) トビハマキ	北海道, 本州, 四国, 九州, 朝鮮, 中国, シベリア, 欧州	松村, 1910
6. <i>P. chlorographa</i> MEYRICK ウストビハマキ (= <i>P. ribeana</i> : auctt.)	北海道, 本州, 中国	奥, 1961 a
7. <i>P. cinnamomeana</i> (TREITSCHKE) アカトビハマキ ³⁾	北海道, 本州, 四国, 九州, 欧州	奥, 1961 a
8. <i>Archips xylosteanus</i> (LINNÉ) カクモンハマキ	北海道, 本州, シベリア, 欧州	奥, 1956
9. <i>A. fuscocupreanus</i> WALSINGHAM ミダレカクモンハマキ (= <i>Lozotenia ishidai</i> MATSUMURA, <i>Cacoecia punicae</i> MATSUMURA)	北海道, 本州, 四国, 九州, 朝鮮, 千島	松村, 1920
10. <i>A. crataeganus</i> (HÜBNER) クロカクモンハマキ	北海道, 本州, 中国, 欧州	奥, 1956
11. <i>A. nigricaudanus</i> (WALSINGHAM) シリクロハマキ ³⁾	北海道, 本州, 朝鮮, 樺太	奥, 1961 a
12. <i>Archippus asiaticus</i> (WALSINGHAM) アトキハマキ	北海道, 本州, 四国, 九州, 朝鮮	奥, 1956
13. <i>A. breviplicanus</i> (WALSINGHAM) リンゴモンハマキ (= <i>Cacoecia criticana</i> KENNEL)	北海道, 本州, 朝鮮, 東シベリア	松村, 1920
14. <i>Cornicacoecia lafauriana</i> (RAGONOT) イチゴオオハマキ ³⁾	北海道, 本州, 朝鮮, 樺太, 欧州	奥, 1961 a

所 属 お よ び 種 名 ¹⁾	分 布	記録者 ²⁾
15. <i>Choristoneura diversana</i> (HÜBNER) コスジオビハマキ	北海道, 本州, シベリア, 欧州	奥, 1961 a
16. <i>Hoshinoa adumdratana</i> (WALSINGHAM) リンゴオオハマキ (= <i>Cacoenia sobriana</i> : auctt.)	北海道, 本州	松村, 1899
17. <i>H. longicellana</i> (WALSINGHAM) アトボシハマキ	北海道, 本州, 四国, 九州, 東シベリア	松村, 1899
18. <i>Homonopsis illotana</i> (KENNEL) ツヤスジハマキ ³⁾	北海道, 本州, 東シベリア	奥, 1961 a
19. <i>H. foederatana</i> (KENNEL) ツヅリモンハマキ ³⁾	北海道, 本州, 東シベリア	奥, 1961 a
20. <i>Ptycholoma imitator</i> (WALSINGHAM) アミメキハマキ	北海道, 本州, 九州, 東シベリア	松村, 1899
21. <i>P. circumclusana</i> (CHRISTOPH) オオギンスジハマキ	北海道, 本州, 東シベリア	松村, 1920
22. <i>Clepsis strigana</i> (HÜBNER) アカスジハマキ ³⁾ (= <i>Tortrix districta</i> MEYRICK)	北海道, 本州, 九州, 朝鮮, シベリア, 小アジア, 欧州	奥, 1967 a
23. <i>Adoxophyes orana</i> (F. v. RÖSLERSTAMM) コカクモンハマキ (= <i>Capua reticulana</i> HÜBNER, <i>Tortrix dumetana</i> : auctt.) Subfamily Olethreutinae Tribe Olethreutini	北海道, 本州, 朝鮮, 満州, 中国北部, 欧州	松村, 1910
24. <i>Hedya ignara</i> FALKOVITSH ニセシロモンハマキ (= <i>schreberiana</i> : auctt.) Tribe Eucosmini	北海道, 本州, 東シベリア	松村, 1920
25. <i>Epinotia signatana</i> (DOUGLAS) ニレマダラハマキ ³⁾	北海道, 本州, 欧州	Oku, 1956
26. <i>Rhopobota naevana</i> (HÜBNER) クロネハイイロハマキ (= <i>Laspeyresia malivorella</i> MATSUMURA)	日本全土, 朝鮮, 中国, 台湾, インド, シベリア, 欧州, 北米	奥, 1956
27. <i>Spilonota ocellana</i> (FABRICIUS) リンゴシロハマキ	北海道, 本州, 四国, 九州, 朝鮮, 欧州, 北米	松村, 1899
28. <i>S. albicana</i> (MOTSCHULSKY) シロヒメシンクイ (= <i>Tometocera prognathana</i> SNELLEN)	北海道, 本州, 四国, 九州, 朝鮮, 満州, 東シベリア	吉田, 1952

注 1) 表にあげたほかに, 本州で *Acleris cristana* (FABRICIUS) トサカハマキ(氏家, 1966), *Homona magnanima* DIAKONOFF チャヤマキ(高橋, 1930), および *Epagoge angustilineata* WALSINGHAM ホソスジハマキ(遠藤, 私信)のリンゴ加害記録があり, 北海道ではチャハマキは道南の一部, ほかの2種は全域に分布するが, いまだリンゴに発生をみていない。

2) 北海道におけるリンゴ加害の初記録を示す。

3) 偶発的な害虫であることを示す。

litha molesta Busck ナシヒメシンクイは主として果実を害し、いわゆるハマキムシではなく、これを除く28種は第1表に示すとおりである。これらのうち約70%をしめる19種はカクモンハマキ族に属するものであるが、さらに偶発的害虫を除く17種のうちカクモンハマキ族に属するのは11種を数え、やはり全体の70%内外をしめ、リンゴを加害するハマキガ類の主体をなしている。

ほ場で実際にリンゴを加害しているハマキガの同定には、幼虫による種の識別が必要である。すでに兎玉⁶⁰⁾(1956)は、わが国でリンゴに発生する若干の種の幼虫を記載し、また筆者は北海道においてリンゴを加害するおもな種の識別法を報告した(奥⁶²⁾1957)。これらの知見によれば、ハマキガ科の幼虫の分類には刺毛配列、大腮の形状、その他若干の形態的特徴もある程度有用であるが、種の識別は終齢幼虫の色彩によるのが最も実用的である。また、筆者の知る限りでは、幼虫の形態による族間の区別は困難であり、属の識別も困難なことが多い。筆者が北海道において確認することのできた、カクモンハマキ族14種を含む、リンゴを加害するハマキガ19種の、終齢幼虫による検索表を示せば次のとおりである。

リンゴを加害するハマキガ類の 終齢幼虫による検索表

- 1 体は暗赤褐色* リンゴシロハマキ
- 体は赤褐色でない 2
- 2 頭部は緑白色またはやや褐色をおびた淡黄色、時に暗色斑がある 3
- 頭部の地色は橙褐色、褐色、黒褐色、または黒色 9

* シロヒメシンクイもリンゴに寄生するものは体が暗赤褐色をなし、リンゴシロハマキに酷似しているが、成虫の色彩がリンゴに寄生するものとほとんど同様でありながら、幼虫が非常に異なった色彩をなし、ハンバミに寄生するものがある。これがリンゴのシロヒメシンクイと同一種であるかどうか、同種とすればこの型がリンゴに寄生する個体にも現われるかどうか、という点について明らかでないので、検索表からは除外した。

- 3 全体緑白色、頭部は大きく膨隆し、行動は遅鈍 アミメキハマキ
- 頭部はやや褐色をおびた淡黄色、大きさは正常でかなり扁平、行動は活発 4
- 4 頭部の上面に黒斑を散在 5
- 頭部の上面に暗色斑がない 6
- 5 前胸背板は淡黄色で後角に黒斑があり、体の背面の太い2縦条は暗紫褐色～灰緑色、頭部の斑紋は数個の黒点よりなる ツヤスジハマキ
- 前胸背板は黒褐色、体の背面に縦条がなく、硬皮板の中央部のみ黒色、頭部の暗色斑は雲状 ツヅリモンハマキ
- 6 前胸背板は淡黄色で明瞭な斑紋がない。体は黄緑色、体長17mm内外 コカクモンハマキ
- 前胸背板は淡黄色で後角に黒斑を有し、体は淡～鮮黄緑色 7
- 7 前胸背板の後縁中央に4個の小黒点がある ウストビハマキ
- 前胸背板の後縁中央に黒点がない 8
- 8 体長20mmをこえ、多くは体の背面が鮮黄緑色、硬皮板は淡色の小斑点をなす トビハマキ
- 体長15mm以下、体の背面は淡黄緑色、垂背線にしばしば不明瞭な灰色の縦条を有する バラハマキ
- 9 頭部は鮮かな橙褐色、前胸背板は褐色で後縁と側縁は黒色、中胸および後胸背面の硬皮板は大きく明瞭な黒点をなす。体は暗灰～紫灰色、腹面と垂背線は淡色 ミダレカクモンハマキ
- 頭部は黒色、黒褐色または褐色、時に赤色をおびる 10
- 10 体の背面は暗緑色～緑灰色で、中胸背面の中央に大きな黄白色斑があり、後胸にもより小さな白斑をあらわすことが多い。頭部は褐色、多少とも黒色の雲状紋が発達する。前胸背板は黒褐色 オオギンスジハマキ
- 中胸の背面に大きな淡色斑がない 11
- 11 硬皮板はすべて完全に黒化、体は青緑色

- をおびた淡黒色, 頭部と前胸背板は黒色
ニセシロモンハマキ
- 硬皮板の色は背面では体色と同様かより淡色, ただし中央部のみごく微小な点状に黒化することがあり, また胸節と第9腹節では完全に黒化するものがある.....12
- 12 体は淡黒色, 頭部, 前胸背板, および胸節と第9腹節の硬皮板は黒色.....13
- 体は黒色でない.....14
- 13 腹節の硬皮板は比較的大きく, 腹面では完全に黒色, 背面では第9腹節を除き硬皮板の中央部のみ微小な点状に黒化
クロカクモンハマキ
- 腹節の硬皮板は比較的小さく, 第9腹節を除きすべて淡色.....シリグロハマキ
- 14 頭部は褐色で雲状の黒斑があり, 前胸背板は褐色, 後縁と側縁は広く黒褐色をなす。体は暗緑色~黄緑色.....アトボシハマキ
- 頭部に雲状紋がない.....15
- 15 体は乳灰色, やや緑青色をおびる.....16
- 体は黄~暗緑色, 背面は時に灰色または灰褐色をおびる.....17
- 16 体長 15 mm 以下, 前胸背板は黄褐色, 前方に向かって乳白色をおび, 両側に大きい黒斑をそなえる。硬皮板は不明瞭, 頭部は黒色.....ニレハマキ
- 体長は 20 mm 内外, 前胸背板は黒褐色, 前方に向かって明らかに橙黄色をおびる。硬皮板の中央部は多少とも黒化し, 微小な黒点をなす。頭部は黒色.....カクモンハマキ
- 17 体長は 25 mm 以上, 前胸背板は明るい黄褐色で周縁部に黒点を散在する。体は暗緑~暗黄緑色で, 背面は明らかに暗灰色~灰褐色をおびる。頭部は黒色
リンゴオオハマキ
- 体長は普通 25 mm 以下, 前胸背板の側縁から後縁にかけては必ず暗褐~黒色をなす。体の背面は淡黄~暗緑色.....18
- 18 胸脚はすべて暗褐~黒色.....19
- 前胸脚は暗褐~黒色, 他の 2 対は淡色, 稀に先端部のみ暗色.....20

- 19 体長 12 mm 以下, 頭部と前胸背板は黒色, 体はやや暗い淡黄緑色, 硬皮板は不明瞭.....クロネハイロハマキ
- 体長 20 mm 以上, 頭部は黒色, 前胸背板は黄褐色で側縁と後縁は黒褐色, 体は暗緑色, 背面の硬皮板は淡色の小斑点をなす
アトキハマキ
- 20 体長 16~20 mm, 体の背面は暗緑色~灰緑色, 前胸背板は黒褐~黒色, 中央は前方に向かって淡色のことがある...テングハマキ*
- 体長 20~25 mm, 体は鮮緑~暗緑色, 頭部は普通赤色をおびた褐色で前方に向かい黒褐色となるが, ♀では特に低温時には全体黒化しやすい。前胸背板は黒褐~暗褐色だが♂では時に中央部が広く黄褐色となることがある.....リンゴモンハマキ
- なお, 終齢に達しない幼虫は一般に色彩が単純で互いに識別しがたく, 終齢に達して初めて上記のような特徴的な色彩を示すものが多い。終齢幼虫でもクロネハイロハマキは小型であり単純な色彩のため, ほかの若干の種の若齢幼虫とまぎらわしいが, 若齢幼虫は脱皮が近づくと頭部と前胸部の節間膜が著しくのび, また終齢幼虫ほど肥満しない。

カクモンハマキ族の幼虫の加害様式は互いに類似しており, 一般に春期には近接した数葉をつづりあわせ, 夏期には 2 葉を平らに重ね, あるいは 1 葉を折りかえて巻くが, 一定の型式をとらないことが多い。しかしカクモンハマキのみは 1 葉を先端から円筒状に巻きこむので, ほかの種類と容易に識別できる。この習性は第 3 齢ころから現われる。

2 経過習性の概要

北海道において筆者が飼育, 観察によって周年経過を知ることができたカクモンハマキ族の種を, 越冬態および化性によって類別すると次のようになる。

* 児玉²⁰⁾ (1956) の記載とかなり異なるので, 色彩に変異があるかも知れない。リンゴモンハマキの低温期の♀に非常に似るが, 主として草本に発生しリンゴには少ない。終齢幼虫はリンゴモンハマキの第 1 回よりややおそく発生する。

A 幼虫態越冬

a 多化性 トビハマキ, リンゴモンハマキ, アトキハマキ, コカクモンハマキ, アミメキハマキ, アトボシハマキ

b 1化性 オオギンスジハマキ, リンゴオオハマキ

B 卵態越冬

a 1化性 ミダレカクモンハマキ, カクモンハマキ, クロカクモンハマキ, シリグロハマキ

以上のように北海道で主にリンゴに発生する種類は幼虫または卵態で越冬する種類のみであって、蛹または成虫態で越冬する種類は知られていない。

北海道のリンゴ栽培地域におけるこれらのハマキの分布状況についてはすでに報告したが(奥¹⁰⁵, 1964), その結果によれば, 幼虫態越冬の種類で全道的に多発するものはリンゴモンハマキであって, トビハマキおよびコカクモンハマキがこれに次ぎ, 地域によってはオオギンスジハマキもかなり混在する。卵越冬の種類では全道的にミダレカクモンハマキが圧倒的に多く, 場所によってはカクモンハマキおよびクロカクモンハマキがかなり混在することがあるにすぎない。各種類の混在比率は場所によって異なるが, それは気候よりもむしろ果樹園周辺の環境, とくに植生条件, 防除状況など人為的な条件と関係があるように思われる。以上のように, 北海道全体としては幼虫態越冬のトビハマキ, リンゴモンハマキおよびコカクモンハマキと, 卵越冬のミダレカクモンハマキの4種が重要であって, これらの種類の経過習性は次のとおりである。

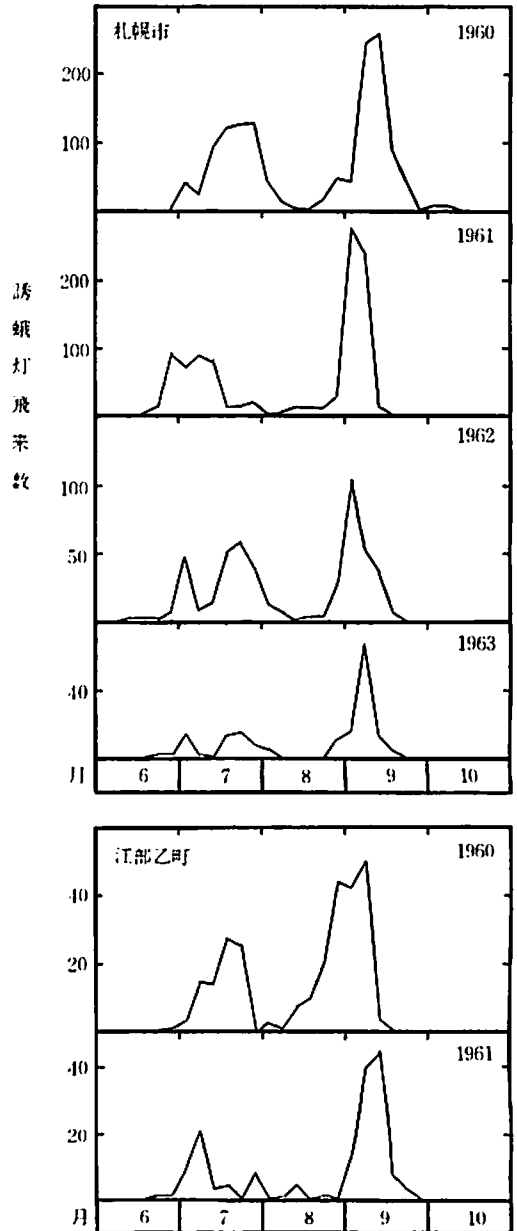
Pandemis heparana
(SCHIFFERMÜLLER et DENIS)

トビハマキ

Tortrix heparana SCHIFFERMÜLLER et DENIS, Syst. Verz. Schmett. Wien: 128. 1776.

Pandemis heparana: 松村, 大日本害虫全書 前篇: 173. 1910; 松村, 増訂大日本害虫全書前篇: 466. 1920; 高橋, 果樹害虫各論 上: 263. 1930; 中山, リンゴ栽培と病虫害: 255. 1943; 豊島, 病虫害の生態と防除果樹篇: 90. 1950; 福田, 果樹害虫篇: 390. 1961; 奥, 道農試集報 16: 49. 1967.

幼虫は主として第2齢*で樹幹の粗皮下または枝につづりつけた枯葉下で越冬し, 5月初め, リンゴの中生品種の展葉初期ころに新芽に食入し,



第1図 トビハマキ成虫の誘蛾灯飛来消長

(注) マツダ 20W 誘蛾灯用青色蛍光灯による。飛来数は半旬別合計値 (以下第5図まで同じ)。

右上の数字は調査年次

* 奥¹⁰⁷ (1966) に従い越冬マユ内での脱皮を除いて齢数を数える。以下同じ。

10日内外の後に別の芽に移ることが多い。越冬幼虫の蛹化は6月下旬ころまでに加害葉内で行なわれる。成虫は第1図のように7月上旬～8月上旬および8月中旬～9月下旬に出現し、成虫の活動期間はそれぞれ40～45日、および35～45日内外である。卵は数十個から数百個を1塊として成葉の表面に魚鱗状に生みつける。秋期の幼虫はすでに9月中旬に休眠に入るものがあり、10月中旬には全個体が活動を停止する。幼虫が新芽に食入する際は、体が芽中にかくれるまで葉片を摂取せず、食入孔の付近に吐き出す。開花中は花を食することもある。夏世代の幼虫はふ化後葉裏の主脈ぞいに吐糸してその間で葉肉を点々と食し、時には2葉を平らに重ねることもある。第4齢ころからは葉を巻いて全組織を食するようになる。有袋栽培の場合や葉が果実に接している場合は果表を浅く食する。越冬世代の幼虫の習性もふ化当時は夏世代と同様であるが、間もなく摂食をやめて越冬場所に移る。本種は多食性でブドウを除くほとんどすべての果樹に発生し、北海道では野生寄主として15科38種が記録されている。そのうちおもなものはヤナギ科、バラ科およびカンバ科の喬木である。本種は全道のリンゴ園に広く発見されるが、大面積の集団栽培地に少なく、石狩地方の局部等果樹園が点在する地帯に多い傾向がある。

Archippus breviplicanus (WALSINGHAM)

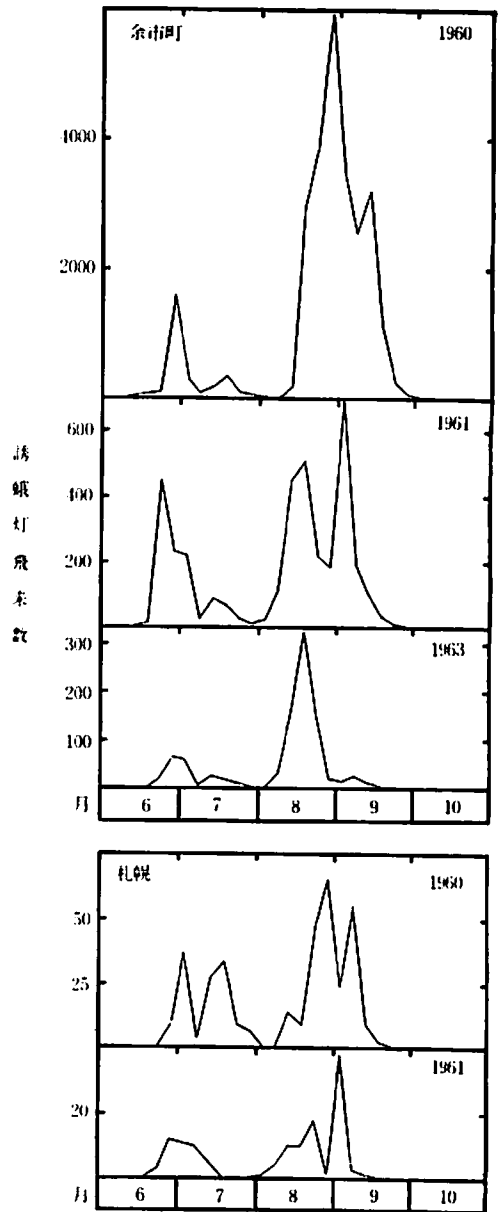
リンゴモンハマキ

Archips breviplicanus WALSINGHAM, Ann. Mag. Nat. Hist. (7) 5: 328, 1900; 福田, 果樹害虫論: 373, 1961; 奥, 道農試集報 16: 50, 1967.

Cacoecia criticana: 高橋, 果樹害虫各論 上: 274, 1930.

Tortrix criticana: 中山, リンゴ栽培と病虫害: 243, 1943.

本種の経過習性はトビハマキに近似し、越冬場所、活動開始時期等も同様であるが、越冬幼虫の大きさにはかなり変異があり、第3～4齢で越冬するようである。成虫は第2～3図のようにトビハマキよりやや早く6月中旬～7月下旬、および8月上旬～9月中旬に出現し、成虫の活動期間は第1回が35～40日、第2回が40～55日内外であって、むしろ第2回の方が長い傾向がある。また



第2図 リンゴモンハマキ成虫の誘蛾灯飛来消長 (1)

誘蛾灯に対する飛来消長もしばしば不規則となる。休眠幼虫は9月上旬から認められ、10月までにはほとんど全個体が活動を停止する。北海道では寄主植物として4科18種が知られているが、バラ科以外ではハンノキにやや多い程度である。本種は全道のリンゴ園に発生し、余市町、札幌市豊平地区、江部乙町、旭川市、上湧別町など、リンゴが大面積に集団栽培されている地域に特に発生

が多い傾向がある。

Adoxophyes orana (F.v. RÜSLERSTAMM)

コカクモンハマキ

Tortrix orana F.v. RÜSLERSTAMM, Abb. Ber. Ergänzt. Schmett. Kunde 2: 13, 1834.

Adoxophyes orana: 奥, 道農試集報 16: 52, 1967.

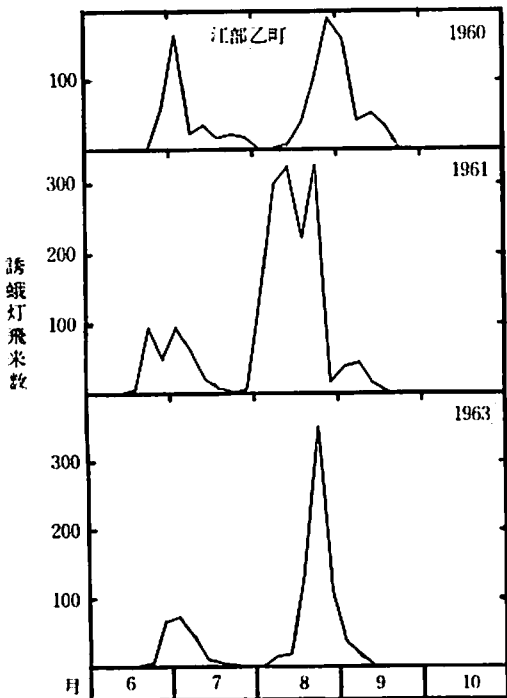
Adoxophyes privatana: 福田, 果樹害虫論: 301, 1961.

Tortrix dumetana: 松村, 大日本害虫全書 前篇: 171, 1910; 松村, 増訂 大日本害虫全書前篇: 466, 1920; 高橋, 果樹害虫各論 上: 266, 1930; 豊島, 病虫害の生態と防除 果樹篇: 91, 1950.

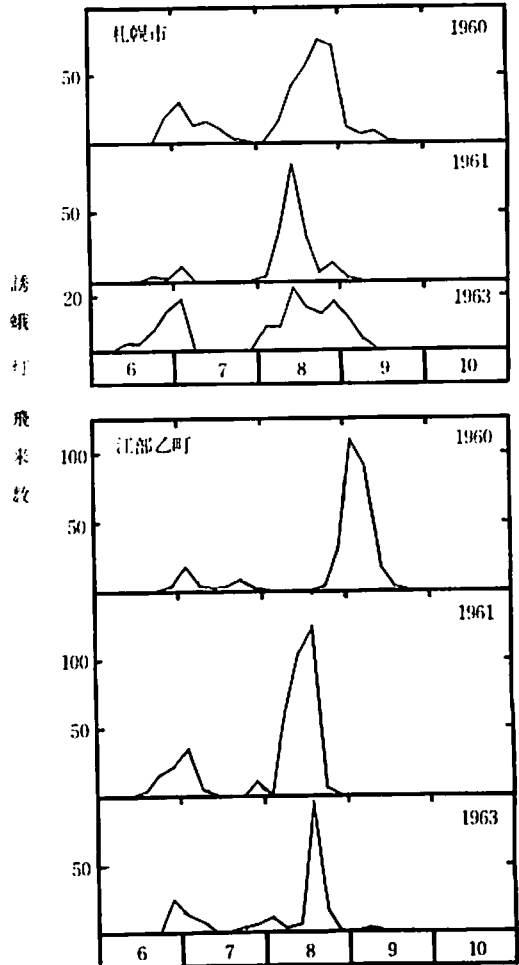
Cacoecia longicellana: 中山, 朝鮮農試彙報 9: 417, 1937.

Archips longicellana: 中山, リンゴ栽培と病虫害: 237, 1943.

本種には暖地に発生して茶などを加害する系統があり, これはリンゴに発生する系統と経過習性が異なるが, 時に落葉果樹に発生することがあるという。しかし, いわゆる茶系統に相当するものは北海道では発見されていない。本種の経過習性は, 北海道においてはリンゴモンハマキとほぼ同様で, 第4図のように成虫は6月中旬~7月下旬



第3図 リンゴモンハマキ成虫の誘蛾灯飛来消長 (2)



第4図 コカクモンハマキ成虫の誘蛾灯飛来消長

および8月上旬~9月中旬に出現する。成虫の活動期間はそれぞれ25~35日, および30~45日内外である。幼虫は主として第3齢で越冬する。北海道では寄主植物として11科30種以上が記録されており, 野生植物では特にヤナギ科, カンバ科, モクセイ科およびバラ科を加害する。本種は道内各地のリンゴ園に発生しているが, 石狩地方, 空知地方, 渡島地方および後志地方の一部にやや多い程度で, トビハマキと同様に一般に大面積の集団栽培地には少なく, 果樹園の点在する地域に多い傾向がある。

Archips fuscocupreanus WALSINGHAM

ミダレカクモンハマキ

Archips fuscocupreanus WALSINGHAM, Ann.

Mag. Nat. Hist. (7) 5: 384, 1900; 福田, 果樹害

虫篇: 373, 1961; 奥, 北日本病虫研報 12: 86, 1961; 奥, 道農試集報 16: 50, 1967.

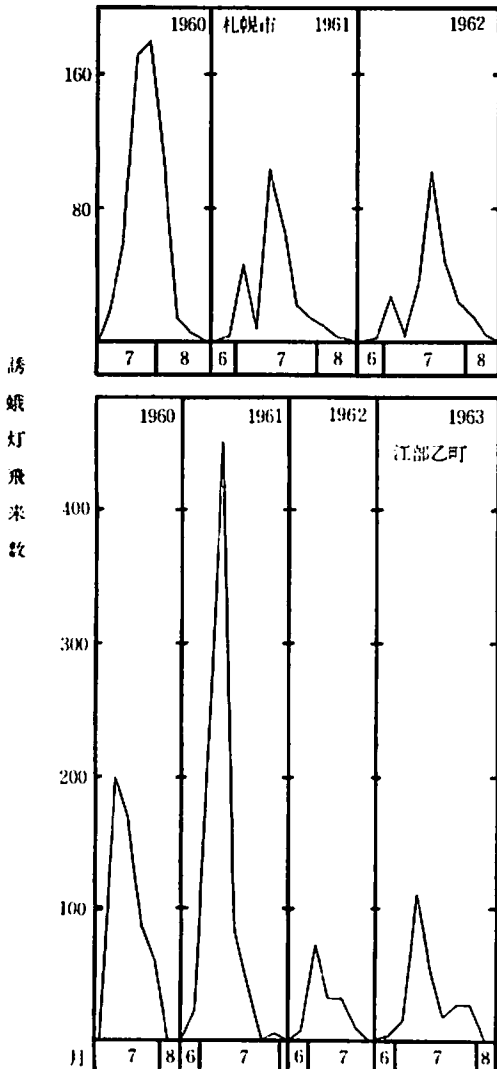
Cacoecia xylosteana: 矢後, 静岡農試臨報 22: 1, 1931; 中山, 朝鮮農試集報 8: 205, 1936; 中山, リンゴ栽培と病虫害: 231, 1943; 豊島, 病虫害の生態と防除 果樹篇: 88, 1950.

Cacoecia crataegana: 丹羽, 蚕事報告 39: 19, 1910; 高橋, 果樹害虫各論 上: 268, 1930.

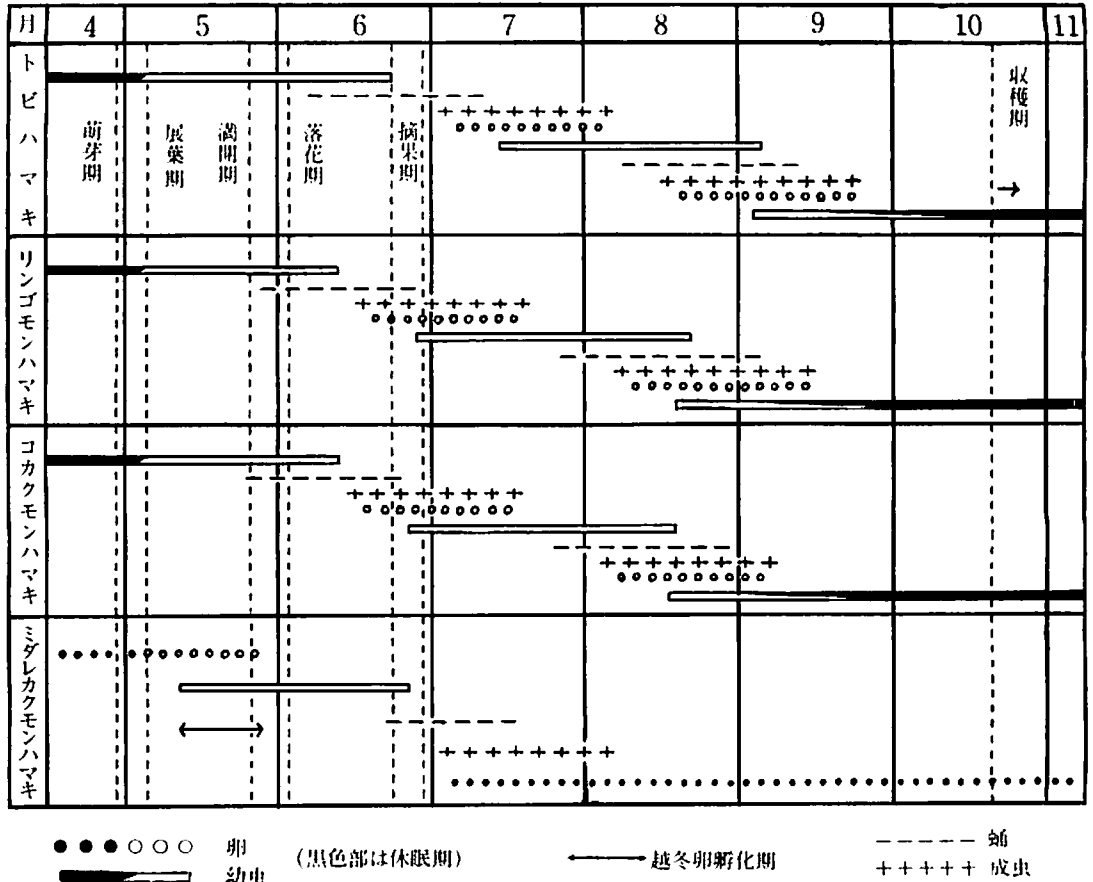
本種の成虫は7~8月に数十~百数十卵を1塊として樹幹または樹枝上に産む。前記の3種と異なり卵塊は暗褐色のニカワ状の物質に被われているが, 冬期間中に白変する。胚子は産卵後間もな

くいわゆる洋梨形期まで進行し, 以後11月末までそのままの状態にとどまる。その後徐々に発育して1月までには突起形成期に達するが, 厳寒期には発育を停止し, やがて3月には再び発育が開始され, 4月末に幼虫体が完成する。ふ化はリンゴの発芽10日後から開花中にかけて起こり, ふ化最成期は札幌市では5月15~20日ころ, 江部乙町ではこれより1週間内外早目となる。幼虫は落花期ころに老熟し, 蛹化は比較的齊一で6月中~下旬の1週間内外の間に行なわれる。成虫は第5図に示すように6月下旬から8月上旬までの間に出現し, 発生盛期は札幌市で7月中~下旬, 江部乙町では7月上~中旬である。成虫の活動期間は普通25~40日で, 幼虫越冬の種類にくらべると, 誘蛾灯に対する飛来消長は規則的な傾向がある。老齢幼虫は花や幼果を好食し, 落花直後ころに調査した1例では, 花のみをつづるもの50%, 葉と花をつづるもの35%, 葉のみをつづるもの15%内外であった。花を食するときは, 花弁を花梗につづりつけて残し, 胚部を食するので, 落花後は容易に認めることができる。幼虫は非常に多食性で, 北海道においては12科40種以上の寄主植物が記録されており, バラ科の果樹のほかクワ, サクラ, ポプラ, ハンノキ, ハルニレ等の喬木に多く発生をみる。本種は全道のリンゴ園に多発し, リンゴの結実歩合の低い年にはとくに有害である。

以上4種のハマキガの周年経過を, リンゴの生育と対比して模式的に示せば第6図のようになる。幼虫態で越冬し多化性であるトビハマキ, リンゴモンハマキおよびコカクモンハマキは, 種によって越冬齢期が異なるため, 成虫の出現期には早晚があるが, いずれも発芽後間もなく幼虫が新芽に食入する。越冬世代の被害は新芽の時期に大きく, 開花後は比較的少ない。夏世代の幼虫は葉のほかにも果実も加害する。卵態で越冬するミダレカクモンハマキでは盛夏から翌春にかけて約9か月に及ぶ休止期を有することが顕著な特徴であって, ふ化が発芽より遅れるため, 新芽の時期の被害は少なく, 花と幼果の害が大となる。これらの種類の経過習性の特徴を概括すれば第2表のお



第5図 ミダレカクモンハマキ成虫の誘蛾灯飛来消長



第6図 リンゴを加害するおもなカクモンハマキ族の周年経過

注) 札幌におけるおもなカクモンハマキ族の平年の経過を示す。リンゴの生育期は中生品種による

第2表 リンゴを加害する主なカクモンハマキ族の経過習性の特徴

種類	越冬態	化性	幼虫の活動開始期	加害盛期		加害部位	産卵部位
				第1回	第2回		
トビハマキ	第2齢幼虫*	多化	展葉直前	展葉期より落花期まで	8月上旬より下旬まで	第1回は新芽と花 第2回は葉と果皮	成葉表面
リンゴモンハマキ	第3~4齢幼虫	〃	〃	展葉期より満開期まで	7月中旬より8月上旬まで	第1回は新芽 第2回は葉と果皮	〃
コカクモンハマキ	第3齢幼虫*	〃	〃	〃	〃	〃	〃
ミダレカクモンハマキ	卵	1化	開花直前	開花期より摘果前まで	—	花および幼果を好食、葉も食害	枝および幹

* 粗皮下または樹枝につぶりつけた枯葉下で越冬。

りで、幼虫越冬の3種と卵越冬の1種の間では、越冬態のみならず、化性、加害期、産卵部位等、多くの点で相違する。

なお、本間⁴⁵⁾(1966)によれば、本州においてリンゴに多発するハマキガ類は、北海道と同様カクモンハマキ族に属する種がおもであって、優占種は北海道と共通であるが、場所によってはコカクモンハマキが圧倒的優位をしめることがあり、リンゴにおけるハマキガ類の発生状況が北海道とやや異なる地方があるように思われる。また、後にのべるように、発生時期にも多少相違があり、多化性の種類では発生回数も北海道と異なるものがある。

III 幼虫態越冬の種類の 発育および休眠

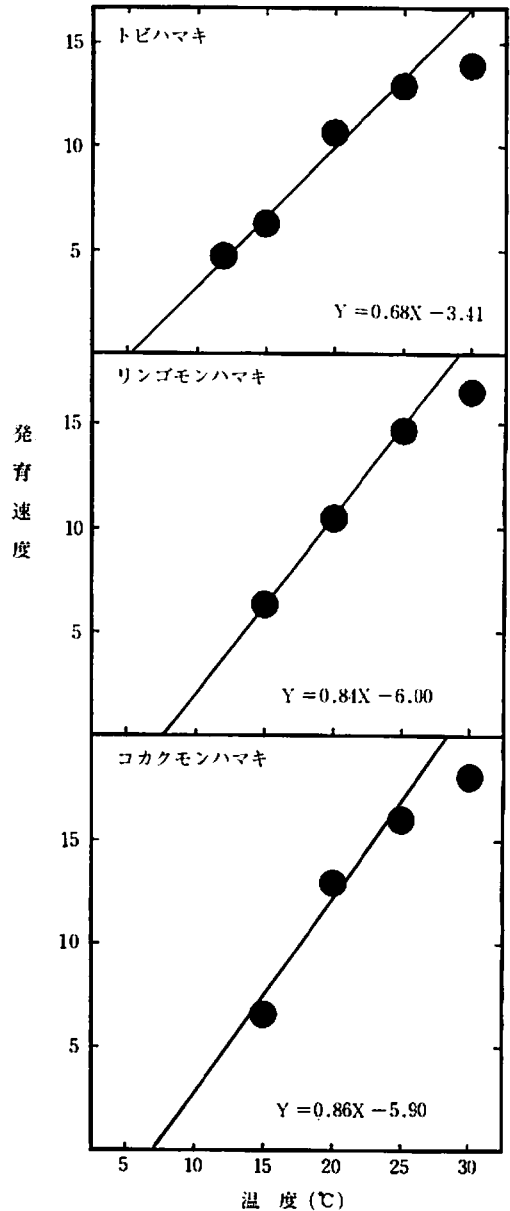
1 実験方法

実験材料のうち、トビハマキおよびコカクモンハマキは札幌市、リンゴモンハマキは江部乙町の果樹園より得たものである。卵期から蛹期にかけての飼育は奥¹⁰⁷⁾(1969)の方法に準じ、93%の相対湿度下で行なった。幼虫はふ化当日に径1.5cm、高さ約7cmのガラス管瓶に個別に收容して綿栓をほどこし、原則として健全なリンゴの成葉を与え、隔日に食餌を更新した。以下、とくに記さない限り、食餌は健全なリンゴの成葉である。照明はタイムスイッチによって点滅する10ワットタングステン灯により、非休眠発育に関する実験は原則として16~18時間日長において行なった。成虫は羽化後直ちに径7.5cmの腰高シャーレに收容し、水道水で希釈した黒砂糖液を脱脂綿に含ませて与えた。ふ化、脱皮、蛹化、羽化、産卵および幼虫の行動については毎日定時刻に観察し、幼虫の頭幅は終齢には前蛹、それ以前には脱皮殻によって、解剖顕微鏡下で測定した。

2 非休眠発育

(1) 卵の発育

種々の温度下における卵の発育状況は第3表のとおりである。実験温度の範囲内では、高温となるにつれて発育日数が減じ、発育速度と温度の関係は第7図に示すように30°Cを除けばおおむね



第7図 卵の発育速度と温度の関係

注) 発育速度 = (1/発育日数 × 100)

直線によって示すことができる。その回帰直線式から理論上の発育零点と発育有効積算温度をもとめると次のようである。

種類	発育零点	発育有効積算温度
トビハマキ	5.0°C	147.8日度
リンゴモンハマキ	7.1°C	119.2日度
コカクモンハマキ	6.9°C	116.2日度

第3表 卵の発育と温度の関係

種類	温度(°C)	調査卵塊数	ふ化卵塊率(%)	ふ化虫数	卵期間(日数)		備考
					平均	範囲	
トビハマキ	30	4	75.0	38	7.1	7-8	30°Cのふ化卵塊中、1卵塊のふ化虫率が非常に低い
	25	7	100.	131	7.5	7-8	
	20	5	100.	93	9.3	6-8	
	15	7	100.	157	15.6	15-19	
	12	3	66.7	18	20.8	20-22	
リハンゴモンキ	30	2	100.	19	6.0	6	30°Cのふ化虫率が低い
	25	3	100.	55	6.7	6-8	
	20	2	100.	92	9.2	9-10	
	15	2	100.	130	15.5	15-16	
コハカクモンキ	30	4	100.	317	5.5	5-6	全卵ふ化良好
	25	5	100.	432	6.2	6-7	
	20	4	100.	268	7.7	7-9	
	15	3	100.	223	15.2	15-17	

なお、第3表によれば、トビハマキおよびリハンゴモンハマキのふ化率は30°Cにおいてはやや低下する傾向があり、高温による発育阻害作用が現われているように思われる。

(2) 幼虫の発育

1) 発育期間および死亡率と温度の関係

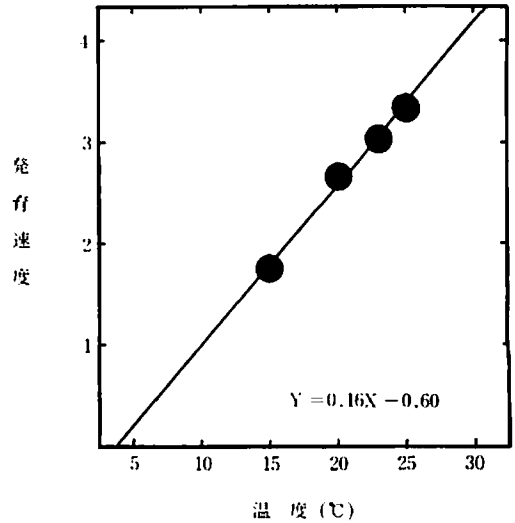
トビハマキ幼虫の発育日数および死亡率と温度

第4表 トビハマキ幼虫の発育と温度の関係

温度(°C)	脱皮回数	蛹化数	各 期 間 (日 数)								幼虫期間(日数)		死亡率(%)
			1	2	3	4	5	6	7	8	平均	範囲	
25	5回	2	4.0	3.0	3.0	3.5	4.0	10.5	—	—	28.0	25-31	—
	6回	6	4.3	3.2	3.3	3.2	4.2	5.3	7.7	—	31.2	27-34	—
	計	8	—	—	—	—	—	—	—	—	30.4	25-34	42.9
23	5回	6	5.0	3.5	3.5	3.5	4.5	8.5	—	—	28.5	29-33	—
	6回	12	5.3	3.3	4.0	4.3	4.5	4.8	8.3	—	34.3	33-36	—
	7回	3	5.0	3.3	4.3	4.0	4.0	5.0	5.3	9.0	40.0	37-43	—
	計	21	—	—	—	—	—	—	—	—	33.4	29-40	12.5
20	5回	52	5.9	4.7	4.5	5.4	6.7	8.8	—	—	36.0	30-43	—
	6回	9	5.6	4.4	3.9	4.8	5.3	6.3	8.7	—	39.1	35-42	—
	計	61	—	—	—	—	—	—	—	—	36.5	30-43	1.6
15	5回	5	8.0	5.5	7.0	6.5	9.5	18.5	—	—	55.0	53-63	—
	6回	2	8.0	5.5	7.0	7.0	9.5	10.0	17.5	—	64.5	56-73	—
	計	7	—	—	—	—	—	—	—	—	59.8	53-73	12.5

注) 30°Cでは全個体死亡

の関係は第4表に示すとおりである。蛹化までに5~7回の脱皮を行ない、20°C以下では5回、23°C以上では6回が主となるようである。死亡率は25°Cでかなり高く、30°Cでは全く蛹化しなかった。幼虫期間は、等温度下においては脱皮回数が多いほど長い傾向があるが、全体としてみれば高温となるにつれて期間が短縮し、発育速度と温度の関係は第8図のように、ほぼ直線によって示す



第8図 トビハマキ幼虫の発育速度と温度の関係
注) 発育速度=(1/発育日数×100)

第5表 リンゴモンハマキ幼虫の発育と温度の関係

温度(°C)	脱皮回数	蛹化数	各 齢 期 間 (日 数)								幼虫期間(日数) 平均 範囲	死亡率 (%)	
			1	2	3	4	5	6	7	8			
30	5	2	3.0	1.5	3.5	4.5	10.0	6.5	—	—	29.0	26-32	—
	6	6	3.5	2.5	3.2	2.7	5.0	5.5	6.7	—	29.1	26-34	—
	7	1	4.	3.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	34.	34	—
	計	9	—	—	—	—	—	—	—	—	30.7	26-34	43.8
25	5	4	3.3	2.3	2.8	3.0	4.3	6.5	—	—	22.2	21-23	—
	6	8	3.0	2.8	3.4	4.0	6.0	6.4	7.1	—	32.7	22-31	—
	7	1	3.	2.	4.	4.	4.	6.	6.	6.	35.	35	—
	計	13	—	—	—	—	—	—	—	—	27.1	21-35	0.
20	6	16	5.0	5.0	4.0	5.0	5.3	5.3	7.8	—	37.3	34-37	—
	7	8	4.5	4.5	3.5	4.5	4.5	8.0	6.5	8.0	44.0	41-47	—
	計	24	—	—	—	—	—	—	—	—	39.5	34-47	0.
15	5	2	8.0	5.0	5.0	5.0	7.0	17.0	—	—	47.0	47	—
	6	6	8.3	6.0	5.3	8.7	10.0	9.3	11.6	—	58.6	53-71	—
	計	8	—	—	—	—	—	—	—	—	55.5	47-71	9.1*

* 発育日数を調査しない個体を含めて計算

ことができる。その回帰直線式から計算すると理論上の発育零点は3.8°C，発育有効積算温度は625.0日度となる。

リンゴモンハマキの幼虫は第5表に示すように，脱皮回数は5~7回であるが，主として6回脱皮するようである。死亡率は30°Cにおいて高く，25°C以下においては大部分が正常に蛹化した。

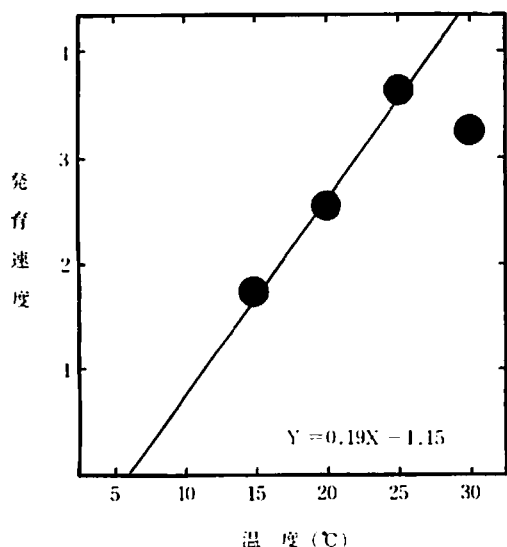
幼虫期間はトビハマキと同様脱皮回数の多いほど長くなる傾向がある。平均値では25°Cまでは高温となるにつれて短くなるが，30°Cでは逆に25°Cよりも長くなる。発育速度と温度の関係は第9図のように，25°C以下ではほぼ直線によって示すことができる。その回帰直線から理論上の発育零点および発育有効積算温度を求めると，それぞれ6.0°Cおよび526.5日度となる。

コカクモンハマキについては供試数が少なく明瞭な結果が得られなかったが，正常に蛹化した個体は4~5回の脱皮を行なった。幼虫期間は30°Cにおいて21日内外，23°Cでは30日内外，15°Cでは50日内外であって，23°Cおよび15°Cではリンゴモンハマキとほぼ同等であった。しかし，各齢期間は脱皮回数が少ないためリンゴモンハマキの場合よりやや長くなるようである。

2) 脱皮回数と温度の関係

終齢において死亡した個体*を含めた場合，1)にのべた実験における脱皮回数の異なる個体の百分比と温度の関係は第6表のとおりであった。ト

* 終齢に達した個体は体背面の硬皮板が淡色の小斑点をなすこと，および頭幅の大きさによって判定した。



第9図 リンゴモンハマキ幼虫の発育速度と温度の関係
注) 発育速度=(1/発育日数×100)

第6表 幼虫の脱皮回数と温度の関係

種類	温度(°C)	脱皮回数別の個体数比率(%)					死亡率(%)
		4	5	6	7	8	
トビハマキ	30	—	33.3	33.3	33.3	—	100.
	25	—	21.4	71.4	7.1	—	42.9
	23	—	28.6	57.1	14.3	—	12.5
	20	1.6	83.9	14.5	—	—	1.6
	15	—	62.5	37.5	—	—	12.5
リンゴモンハマキ	30	—	20.0	45.0	25.0	5.0	43.8
	25	—	30.8	61.5	7.7	—	0.
	20	—	—	66.7	33.3	—	0.
	15	—	25.0	75.0	—	—	9.1

注) 終齢で死亡した個体を含む。両種とも、横線より上は発育に好適でない温度

トビハマキ、リンゴモンハマキを通じ、高温において脱皮回数が増加する傾向があるが、とくに死亡率が高まる場合に脱皮回数の増加が顕著である。したがって生存に好適でない高温下においては、脱皮周期に変化を生ずると考えられる。

3) 脱皮回数と性別の関係

正常に蛹化した個体を羽化させ、成虫によって雌雄を判別した結果では、幼虫期の脱皮回数の異なる個体の百分比は第7表のとおりで、トビハマキ、リンゴモンハマキともに雌雄の間に脱皮回数の明瞭な相違が認められない。

4) 発育期間および脱皮回数と食餌条件の関係

第7表 幼虫の脱皮回数と性別の関係

種類	温度(°C)	調査数	脱皮回数別の個体数比率(%)					
			雄			雌		
			5	6	7	5	6	7
トビハマキ	25	8	40.0	60.0	—	—	100.	—
	25*	20	30.0	20.0	50.0	30.0	20.0	50.0
	20	23	87.5	12.5	—	100.	—	—
	平均		52.5	30.8	16.7	43.3	40.0	16.7
リンゴモンハマキ	30	9	20.0	80.0	—	25.0	50.0	25.0
	25	13	37.5	50.0	12.5	20.0	80.0	—
	15	8	50.0	50.0	—	—	100.	—
	平均		35.8	60.0	4.2	15.0	76.7	8.3

* 無肥料栽培のリンゴの老葉を与えて飼育

第8表 トビハマキ幼虫の発育と食餌条件の関係

温度(°C)	食餌条件	蛹化数	幼虫期間(日数)	脱皮回数別の個体数比率(%)					死亡率(%)
				5	6	7	8	9	
25	良好	8	30.4	25.0	75.0	—	—	—	42.9
	不良	20	36.4	20.0	50.0	30.0	—	—	52.8
23	良好	14	33.4	28.6	57.1	14.3	—	—	12.5
	不良	8	49.5	—	25.0	50.0	13.0	13.0	38.5

注) 食餌条件：良好は健全なリンゴの成葉，不良は無肥料栽培のリンゴの黄化の始まった老葉を与えて飼育

健全なリンゴの成葉を与えた場合と、無肥料栽培による黄変の始まったリンゴの老葉を与えた場合の幼虫の発育を比較してみると次のとおりである。まずトビハマキの場合は第8表に示すよう

第9表 トビハマキ幼虫の各齢期間日数と食餌条件の関係

温度(°C)	脱皮回数	食餌条件	蛹化数	各 齢 期 間 (日 数)								合計
				1	2	3	4	5	6	7	8	
25	5回	良好	2	4.0	3.0	3.0	3.5	4.0	10.5	—	—	28.0
		不良	4	3.8	4.3	3.0	4.3	5.8	13.3	—	—	35.0
	6回	良好	6	4.3	3.2	3.3	3.2	4.2	5.3	7.7	—	31.2
		不良	10	3.6	3.0	3.5	4.0	4.8	5.5	9.6	—	34.0
23	6回	良好	12	5.3	3.3	4.0	4.3	4.5	4.8	8.3	—	34.3
		不良	2	3.5	4.0	6.5	5.0	4.5	6.5	8.0	—	38.0
	7回	良好	3	5.0	3.3	4.3	4.0	4.0	5.0	5.3	9.0	40.0
		不良	4	4.0	4.5	4.8	3.8	5.3	6.3	7.5	14.3	50.3

注) 食餌条件は第8表に同じ。同時に飼育した眠数の等しい個体をえらんで比較。

に、老葉を与えると成葉の場合よりも幼虫期間が長く、脱皮回数が増加し、死亡率もやや高まる傾向がある。脱皮回数の等しい個体間では、第9表のように老葉を与えると、第1齢は成葉を与えたよりも短い、その後の各齢期間が長くなるため、幼虫期間の全日数はより大となる。次にリンゴモンハマキにおいても第10表に示すように、老葉を与えると成葉を与えたよりも幼虫期間は長く、脱皮回数は明らかに増加している。

5) 頭幅の成長経過および幼虫の発育段階

健全なリンゴの成葉を与えて幼虫を飼育し、各齢の頭幅を測定した結果は第11表のとおりである。頭幅の成長係数は、トビハマキでは1.23~1.57、リンゴモンハマキでは1.21~1.67、コカクモンハマキでは1.23~1.57の範囲にある。一般に脱皮回数が多いほど各脱皮ごとの成長係数が低

第10表 リンゴモンハマキ幼虫の発育と食餌条件の関係

食餌条件	蛹化数	幼虫期間 (日数)	脱皮回数別の個体数比率 (%)						死亡率 (%)
			5	6	7	8	9	10	
良好	13	27.1	30.8	61.5	7.7	—	—	—	0.
不良	—*	57.5+X*	—	—	50.0	33.3	—	16.7	14.3**

注) 飼育温度は25℃, 食餌条件は第8表に同じ。

* 終齢に達した6個体は冬期の食餌欠乏により死亡

** 終齢到達前の死亡率。

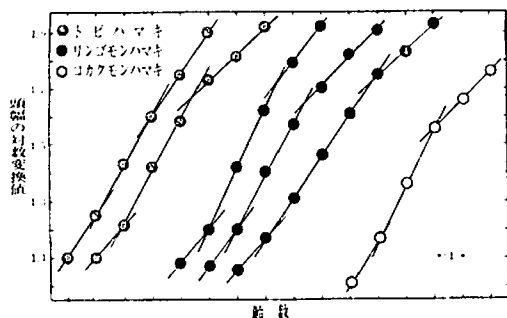
くなるため、最終齢における頭幅は脱皮回数が異なっても同一種内ではある範囲内に限定される傾向がある。いずれの種においても、成長係数は第1回の脱皮において低く、続く2~3回の脱皮においてやや高まり、その後ふたたび低下する。し

第11表 幼虫の頭幅およびその成長係数

種類	脱皮回数	調査項目	齢 期							
			1	2	3	4	5	6	7	8
トビハマキ	5回	平均頭幅	12.6	17.6	27.0	40.3	56.6	78.9	—	—
		成長係数	—	1.40	1.53	1.49	1.40	1.39	—	—
		個体数	8	15	34	53	60	33	—	—
	6回	平均頭幅	12.7	16.6	26.1	38.3	53.1	65.3	83.6	—
		成長係数	—	1.31	1.57	1.47	1.39	1.23	1.28	—
		個体数	6	11	17	20	22	24	14	—
リンゴモンハマキ	5回	平均頭幅	12.0	15.7	26.2	41.8	61.2	82.8	—	—
		成長係数	—	1.31	1.67	1.60	1.46	1.35	—	—
		個体数	6	6	8	7	8	8	—	—
	6回	平均頭幅	11.8	15.7	25.3	37.1	51.7	66.8	81.9	—
		成長係数	—	1.33	1.61	1.47	1.39	1.29	1.23	—
		個体数	16	19	18	19	19	19	19	—
7回	平均頭幅	11.2	14.8	20.6	29.0	40.3	56.0	67.9	84.7	
	成長係数	—	1.32	1.39	1.41	1.39	1.39	1.21	1.25	
	個体数	3	3	4	4	4	4	4	3	
コカクモンハマキ	5回	平均頭幅	10.3	14.7	22.9	36.0	45.7	56.4	—	—
		成長係数	—	1.43	1.56	1.57	1.27	1.23	—	—
		個体数	5	3	5	5	5	5	—	—

注) 頭幅はマイクロメーターの目盛数 (45=1 mm) による。

成長係数 = W_{n+1}/W_n , ただし $W_n = n$ 齢の頭幅



第10図 幼虫の頭幅成長経過
注) 頭幅はマイクロメーター目盛数 (45=1mm) による。

たがって、測定値を対数変換してみると、第10図のように頭幅の成長経過は3直線によって示すことができ、幼虫期を3段階に区分できる。各段階を構成する齢期は第12表のようである。

以上にのべた幼虫期の3段階における、前期と中期を合わせた期間を前半期、後期を後半期とし、それぞれの経過日数が幼虫期間全体において占める割合を示せば第11図のとおりで、トビハマキ、リンゴモンハマキ、コカクモンハマキの3種を通じ、前半期と後半期の臨界点は幼虫期を大よそ2

第12表 幼虫頭幅の成長係数からみた発育段階区分

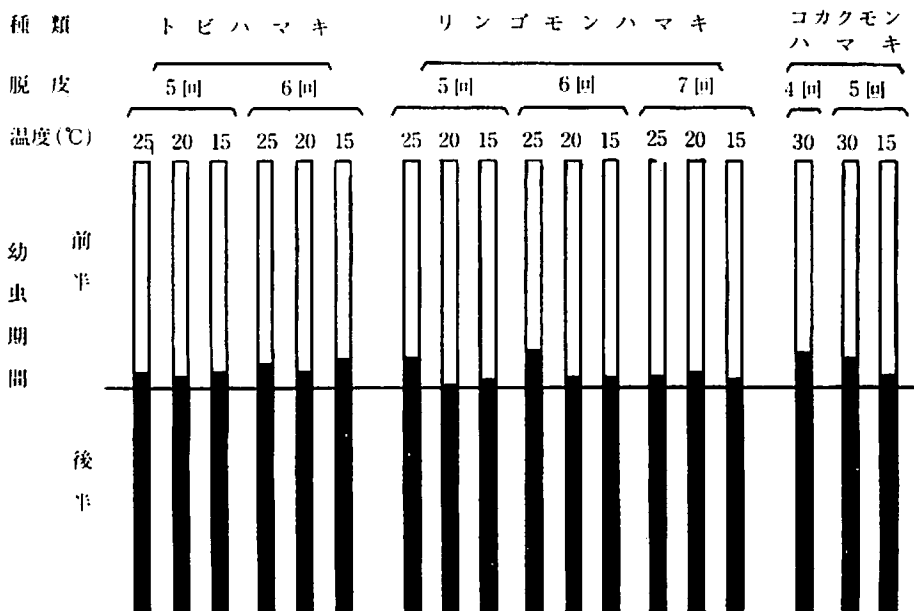
種類	脱皮	幼虫期各段階を構成する齢期		
		前期	中期	後期
トビハマキ	5回	1-2*	2*-4*	5-6
	6回	1-2*	2*-4	5-7
リンゴモンハマキ	5回	1-2*	2*-4	5-6
	6回	1-2*	2*-4	5-6
	7回	1-2*	2*-5*	6-8
コカクモンハマキ	5回	1-2*	2*-4	5-6

注) *印は、その齢期の頭幅が、第10図に示した頭幅の成長経過を示す3直線の交点上、またはその近くにあることを示す。

等分する点にある。

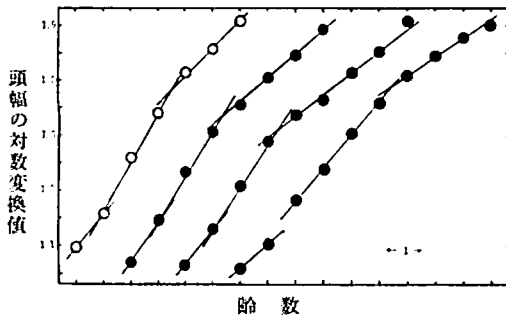
6) 頭幅の成長経過と食餌条件の関係

無肥料栽培のリンゴの老葉によって飼育した幼虫の頭幅の成長経過を、対数変換値によって健全な成葉を与えた場合と比較すれば次のとおりである。トビハマキにおいては第12図に示すように、老葉施与区では脱皮回数の増加により各齢の成長係数が1.15~1.49に低下し、成長直線の勾配が



第11図 幼虫の発育期間と発育段階の関係

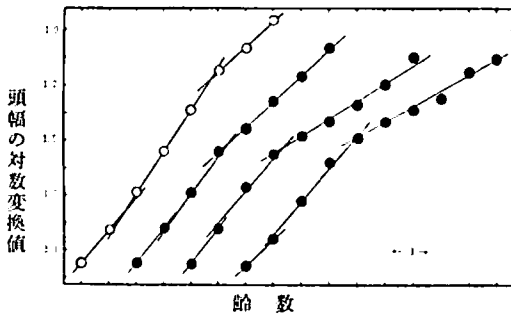
注) 頭幅の成長係数の変化によって区分された幼虫期の前半と後半が幼虫全期間においてしめる割合を示す。横線は幼虫期2等分線



第12図 異なった食餌によるトビハマキ幼虫の頭幅成長経過の比較

注) 白丸は健全なリンゴの成葉，黒丸は無肥料栽培のリンゴの老葉を与えた場合を示す。頭幅はマイクロメーター目盛数(45=1mm)による。

成葉施与区よりゆるやかになっている。それともなって、幼虫初期から中期への成長係数の変化は不明瞭になるが、中期から後期への変化は明らかに認められる。これは脱皮回数の増加が、とくに後期において顕著なことによるものである。リンゴモンハマキにおいても、第13図のようにト



第13図 異なった食餌によるリンゴモンハマキの頭幅成長経過の比較

注) 表示法は第12図に同じ。

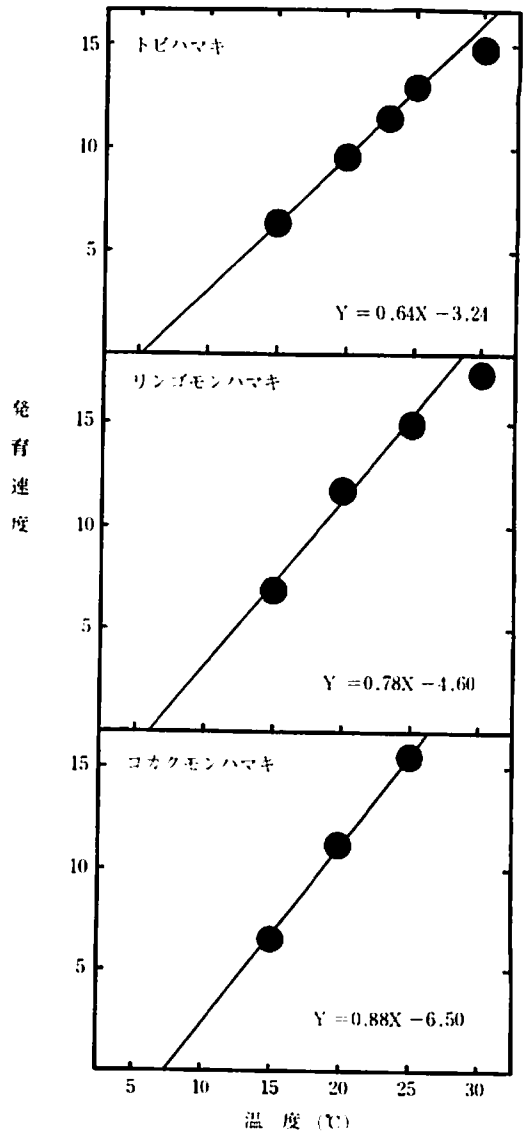
ビハマキとほぼ同様の結果が得られ、成長係数は老葉施与区において1.10~1.42であった。

(3) 蛹の発育

蛹の発育に関する実験には、原則として幼虫期を20~23°Cにおいて飼育した個体を供試した。ただし、トビハマキの25°Cにおける実験のみは幼虫期を25°Cで飼育した蛹によった。種々の温度下における蛹の発育状況は第13表に示すとおりで実験した温度の範囲内では、高温となるにつれて発育日数が減じ、発育速度と温度の関係は第

14図のように、30°Cを除けばおおむね直線によって示することができる。その回帰直線から理論上の発育零点と発育有効積算温度を求めると次のようになる。

種類	発育零点	発育有効積算温度
トビハマキ	5.1°C	156.2日度
リンゴモンハマキ	5.9°C	128.3日度
コカクモンハマキ	7.4°C	113.1日度



第14図 蛹の発育速度と温度の関係

注) 発育速度=(1/発育日数×100)

第13表 蛹の発育と温度の関係

種類	温度(°C)	羽化数	蛹期間(日数)		死亡率(%)
			平均	範囲	
トビハマキ	30	18	6.7	6-9	0.
	25	45	7.8	6-9	42.3*
	23	12	8.6	7-10	0.
	20	17	10.4	9-13	5.6
	15	9	15.8	14-19	0.
リンゴモンハマキ	30	16	5.7	5-6	0.
	25	13	6.8	6-8	7.1
	20	18	8.5	7-10	0.
	15	8	15.0	14-16	0.
コカクモンハマキ	25	9	6.4	6-7	0.
	20	8	8.9	8-10	0.
	15	16	15.0	13-18	0.

* 幼虫期 25°C で飼育, ほかは幼虫期 20~23°C で飼育。

なお, 死亡率についてみると, トビハマキの 25°C においてのみ高い値を示しているが, これは幼虫の発育に好適でない 25°C において得られた蛹を供試したためと考えられる。幼虫期を好適な条件下で過ごした蛹は, 実験を行なった温度の範囲内では, 大部分が正常に羽化した。

(4) 成虫の産卵前期間

成虫の羽化後 24 時間以内に, 雌雄 2~3 個体を 1 群として飼育した結果, 産卵前期間は第 14 表のとおりであった。20°C ではトビハマキ, リンゴモンハマキの産卵前期間は 3 日内外で, コカクモンハマキの 2 日内外に比べてやや長い傾向がある。なお, リンゴモンハマキにおいては 23~27°C では 20°C よりも産卵前期間がやや短く, 高温となるにつれて, 産卵前期間はやや短縮する傾向があるようである。

第14表 成虫の産卵前期間

種類	温度(°C)	調査雌数	産卵前期間(日数)	
			平均	範囲
トビハマキ	20	15	3.3	2-5
リンゴモンハマキ	23-27*	8	2.0	1-3
	20	8	3.3	1-5
コカクモンハマキ	20	7	2.0	1-5

注) * 室温下で実験。

3 休 眠

(1) 休眠幼虫の特性

1) 正常な休眠幼虫の性状

トビハマキ, リンゴモンハマキおよびコカクモンハマキの幼虫を種々の条件下で飼育すると, 発育を継続して蛹化する個体と, 幼虫期に長期にわたって発育を停止する個体とが認められ, 後者を休眠幼虫と呼ぶことにする。正常な休眠幼虫の性状については, すでに報告した(奥¹⁰⁷1966)ので, ここにはその要点のみを略記する。

休眠前の行動変化:

- ある齢において十分摂食した後, 幼虫は食餌を離れて盛んにはいあがろうとする。
- 停食後 10 日またはそれ以上を経て, 綿栓と管壁の間に紡錘形の越冬マユを作る。
- マユを完成して間もなく, 幼虫は 2 個の糞塊を排泄し, 脱皮して静止状態となる。

休眠幼虫の形態的および生理的特性:

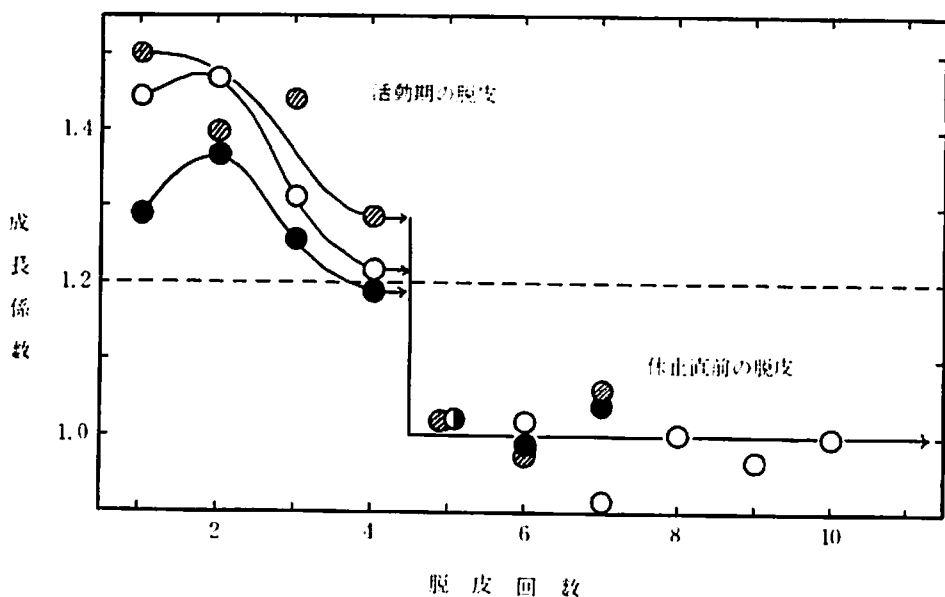
- 停食後に幼虫の体色は暗黄色となり緑色味を失う。この時体長は短縮して肥満状をなし, 頭部の黄褐色なトビハマキとコカクモンハマキでは, 脱皮後に頭部が黒化する*。
- マユ中の越冬幼虫は休眠直前に脱皮を行なうが, 脱皮後の頭幅の成長係数は平均 1.03 内外で, ほとんど脱皮前と変化がない。
- 耐寒性が強く, 0~-5°C 90 日の冷蔵後も生存する。

2) 異常非休眠および異常休眠幼虫の性状

これら 3 種のハマキガにおいて, 飼育条件によっては休眠と非休眠の中間的性質を示す下記のような異常な幼虫がみられた。

異常非休眠幼虫: 休眠前行動の a 段階の途中で盛んに摂食を始め, その後は正常に発育する。一時的に停食する点で正常な非休眠幼虫と異なるが, 第 15 表のように停食期直後の脱皮においても明らかに頭幅の成長が認められ, その後は異常なく発育したので, 休眠率の算出にあたって非休眠とみなした。このような性質を示す幼虫は, 後にのべるように短日処理後の長日処理によって生

* 休眠しなくても低温で飼育すると, 頭部は多少とも黒化するが, 完全に黒色となることはまれである。



第15図 異常休眠幼虫における幼虫頭幅の成長係数の変化

注) ● リンゴモンハマキ, 25°C, 12時間日長下で飼育
 ○ 同上, 20°C, 13.5時間日長下で飼育
 ◐ コカクモンハマキ, 15°C, 卵期より第1齢幼虫期まで13時間, その後18時間日長下で飼育

第15表 非休眠異常個体の停食期直後の脱皮における頭幅の成長

種類	停食期	個体数	脱皮前頭幅(A)	脱皮後頭幅(B)	成長係数(B/A)
トビハマキ	2	2	18.5	23.5	1.27
	3	2	27.0	37.0	1.37
	4	6	37.2	54.4	1.46
リンゴモンハマキ	3	1	20.0	24.0	1.20
	4	2	39.3	48.5	1.23
コカクモンハマキ	3	5	35.4	44.5	1.26

注) 頭幅はマイクロメーターの目盛数 (45=1mm) によって示す。

ずる傾向があるので、これは休眠決定の生理的過程がある程度進行した後に、中途から再び非休眠化する場合に起こる現象と考えられる。

異常休眠幼虫: ある齢期において行動に急激な変化を示すことなく、徐々に活動が低下し、葉をつぶった中で脱皮した後、比較的短期間の休止に入り、この過程を再三繰り返す。ただし休止中はわずかに摂食する形跡があり、また容器の上部にはいあがらないので、静止期と活動期の境界は

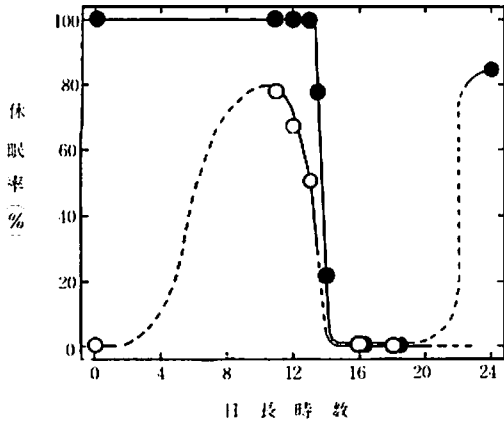
明瞭でない。これらの幼虫の頭幅の成長係数の変化は第15図に示すとおりで、リンゴモンハマキおよびコカクモンハマキは、ともに活動期の脱皮は非休眠幼虫と同様に、成長係数が1.2内外をこえているが、その後の休止直前の脱皮においては成長係数が1.05~0.92に低下し、事実上成長していないとよく、その点では正常な休眠幼虫と同様であって、休眠率の算出にあたってはこれらを休眠幼虫とみなした。以上の現象は短期間ながら休止期を有することから、浅い休眠状態と考えられる*。異常休眠幼虫の各齢の日数の詳細

* 休眠の浅い種類では活動期と休止期の境界が不明瞭だけでなく、発育の停滞する期間が短いこと、あるいは低温接触しなくても発育が再開されることが一般的な特徴のようである。上記の2種のハマキガでは成長をとまなわない脱皮は再三くりかえされ、実験期間中発育が進行しなかったが、近似の習性を有するマツカレハにおいては、1~2回の脱皮の後に低温接触しなくても再び成長発育し蛹化にいたるものがある(木村, 五十嵐³⁶⁾, 1962)。この点からみても、これらのハマキガにおける異常休眠は浅い休眠と考えられる。

はすでに発表した(奥¹⁰⁶) 1965が、それによると休止期間は数日から約3週間に及ぶ。なおトビハマキにおいては異常休眠幼虫は全く認められなかった。

(2) 休眠率と日長の関係

トビハマキを卵期から一定の日長条件下で飼育した結果、休眠率と日長の関係は第16図のとおり

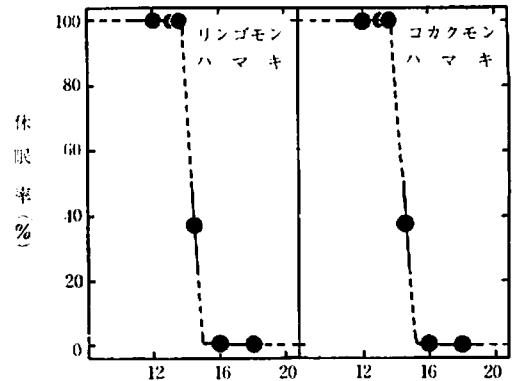


第16図 トビハマキの休眠率と日長の関係

注) 縦軸は休眠率(%), 横軸は日長時数, 黒丸は15°C, 白丸は20~25°Cの実験値を示す

りであった。図より明らかなように、15°Cにおいては13時間以下の短日処理により全個体が休眠するが、13~14.5時間の間で休眠率の逆転が起こり、その臨界点は13.8時間内外にある。16~18時間日長下では全個体が非休眠となるが、恒明状態では再び休眠率が高まる。したがって15°Cにおいては非休眠幼虫の出現が可能な日長はごく狭い範囲内に限られ、いわゆる中間型、あるいはBeck⁷⁾(1868)による第IV型の日長反応を示している。他方、20~25°Cにおいては全体として休眠率が低下し、10~14時間内外の範囲においてのみ休眠幼虫を生じ、長日型、あるいはBeckの第III型の日長反応を示している。

リンゴモンハマキおよびコカクモンハマキについて、12~18時間の日長下で実験した結果では、第17図のように、15°Cにおいては13.5時間以下の短日条件下で全個体が休眠に入り、16時間以上の長日下では全個体が非休眠となる。休眠率の転換は13.5~15時間内外の日長において起こり、その臨界点はトビハマキとやや異なり、14.3



第17図 リンゴモンハマキおよびコカクモンハマキの休眠率と日長の関係

注) 表示法は第15図に同じ

時間内外にあると思われる。

(3) 休眠率と温度の関係

トビハマキおよびリンゴモンハマキの休眠率と温度の関係は第16表のとおりで、両種とも高温

第16表 幼虫の休眠率と温度の関係

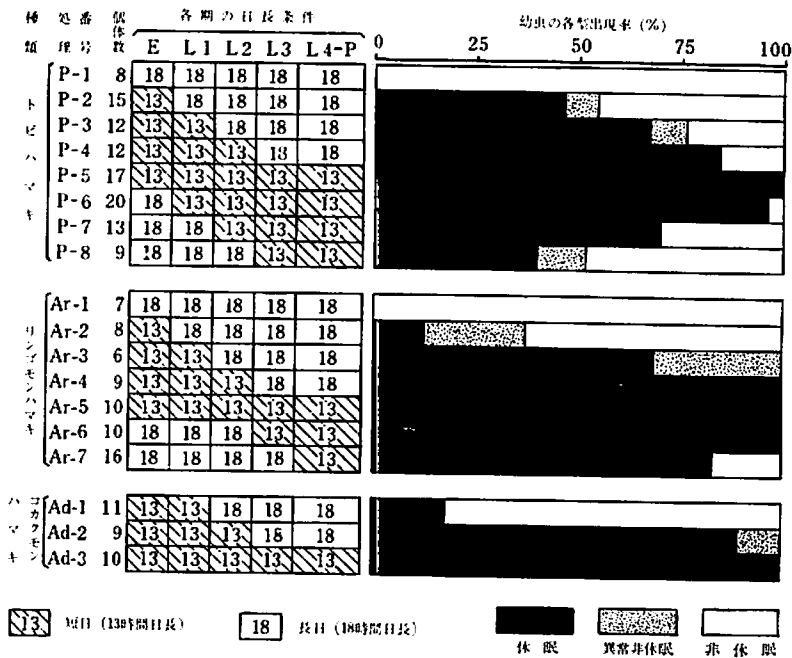
種類	温度(°C)	日長処理別休眠率(%)		
		0時間	11-12時間	13-14時間
トビハマキ	25	—	77.8(9)	—
	20-23	0.(11)	66.7(9)	50.0(12)
	15	100.(12)	100.(20)	100.(35)
	10	—	—	100.(6)
リンゴモンハマキ	30	0.(9)	—	—
	25	0.(7)	100.(8)*	—
	20	80.0(10)*	—	33.3(9)*
	15	100.(11)	100.(50)	100.(20)

注) 括弧内は生存虫数。*印は異常休眠を含む。

となるにつれて一般に休眠率が低下する傾向がある。したがって、高温は休眠を抑制すると思われる。しかし、11~12時間の日長下では、飼育温度が20~25°Cに達しても休眠率が高く、一方、0時間および13~14時間では休眠率が低下する傾向があるので、高温による休眠の抑制程度は日長によって異なると考えられる。

(4) 休眠率と食餌の関係

16時間または0時間の日長下において、健全なリンゴの成葉および無肥料栽培のリンゴの黄化



第 18 図 短日処理期間と幼虫の各型出現率の関係

注) 飼育温度15℃, E=卵期, L1~L4=幼虫第1~第4 齢期, P=蛹期。休眠は異常休眠を含む

を始めた老葉を与えて幼虫を飼育した結果, 休眠率は第 17 表のとおりであった。トビハマキおよび

第 17 表 食餌の栄養条件と幼虫の休眠率の関係

種 類	日長 (時数)	温度 (℃)	食餌条件*	幼虫数	休眠率	平均幼虫期 (日数)
トビハマキ	0	20	良好	14	0	33.5
			不良	8	0	49.5
トビハマキ	16	25	良好	8	0	30.4
			不良	20	0	36.4
リンゴモンハマキ	0	25	良好	13	0	29.6
			不良	6**	0	48.4以上
コカクモンハマキ	16	20	不良	8**	0	77.8以上

注) * 良好区は健全なリンゴの成葉, 不良区は無肥料栽培によるリンゴの黄化の始まった老葉を与えて飼育

** 冬期に入り, 食餌欠乏により終齢で死亡

びリンゴモンハマキでは老葉を与えた場合には成葉を与えた場合よりも明らかに幼虫の発育が遅れているが, 休眠幼虫は全く出現していない。また

コカクモンハマキでも老葉を与えた場合に休眠幼虫を生じていない。次に 13 時間の日長下において, それぞれリンゴの新芽と成葉を与えて幼虫を飼育した結果, 第 18 表に示すように, 3 種類と

第 18 表 食餌葉の発育程度と幼虫の休眠率の関係

種 類	食餌	供試幼虫数	休眠幼虫数	休眠率 (%)
トビハマキ	新芽	18	18	100
	成葉	17	17	100
リンゴモンハマキ	新芽	10	10	100
	成葉	10	10	100
コカクモンハマキ	新芽	10	10	100
	成葉	10	10	100

注) 15℃ 13 時間日長下で飼育

もに食餌として与えた葉の発育程度に関係なく全個体が休眠に入った。したがって葉の栄養条件, あるいは発育程度は, これらの幼虫の休眠率に対し, 日長ほどに顕著な影響を与えないものと考えられる。

第19表 幼虫の休眠齢期と温度および日長の関係

種類	温度(°C)	日長(時数)	供試数	齢期別休眠幼虫数比率(%)						休眠率(%)
				1	2	3	4	5	6	
トビハマキ	25	11	9	—	—	85.7	14.3	—	—	77.8
	20—23	12	9	—	—	100.	—	—	—	66.7
		13	12	—	—	83.3	16.7	—	—	50.0
	15	0	12	—	100.	—	—	—	—	100.
		11	20	60.0	30.0	10.0	—	—	—	100.
		13	35	2.8	68.6	28.6	—	—	—	100.
		13.5	18	—	100.	—	—	—	—	77.8
		14	28	—	16.7	83.3	—	—	—	21.4
	24	19	—	50.0	50.0	—	—	—	84.2	
	リンゴモンハマキ	25	12	8	—	—	—	12.5*	75.0*	12.5*
20		0	10	—	—	—	87.5*	12.5*	—	80.0
		14	9	—	—	—	33.3*	66.7*	—	33.3
15		13	10	—	30.0	70.0	—	—	—	100.
		13.5	15	—	6.7	73.3	20.0*	—	—	100.
コカクモンハマキ		15	13	10	—	10.0	90.0	—	—	—
	14.5		16	—	—	50.0	30.0	20.0*	—	37.5

注) 休眠齢期は越冬マユ形成齢期による。*印は異常休眠を含む。リンゴモンハマキの25°Cは無肥料栽培の老葉を与えて飼育した。

(5) 日長効果を感じる時期

以上の実験により、休眠は主として日長と温度によって左右されることが判明したので、日長効果を感じる発育段階を判定するため、休眠が生じやすい15°Cの温度下において、種々の時期に短日(13時間)後の長日処理(16時間)、またはその逆の処理を行なった。日長条件の切りかえは、卵のふ化時および幼虫の脱皮時に行なったが、幼虫の発育進度に個体変異があり、脱皮が齊一に行なわれなかったため、日長の切りかえは1処理区における半数以上の個体が脱皮を終わった日に行なった。実験の結果は第18図のとおりで、短日条件に反応して生じた休眠幼虫(異常休眠を含む)および異常非休眠幼虫の割合から、日長効果を感じる時期を推定すると次のようになる。

トビハマキ： 卵期*より第2齢幼虫期まで感受性が高い。第3齢以降の短日処理(第17図のP-8)でも若干の反応がみられるが発育の遅れた個

体が反応したとも考えられるので、第3齢以降は感受性が低下するとみるべきであろう。

リンゴモンハマキ： 卵期から第3齢まで感受性が高い。第4齢以後の短日処理(Ar-7)でもかなり休眠しているため、感受性があると考えられるが、休眠率が第3齢からの短日処理(Ar-6)よりもやや低下しているため、第4齢以後は感受性が衰えると考えられる。

コカクモンハマキ： HONMA⁽⁴⁾(1966)によると卵期にすでに感受性があるが、この実験によると第1~2齢に感受性が高いことは明らかである。また全期間の短日処理(Ad-3)において、第2齢までの短日処理(Ad-2)より休眠率が高まっているため、第3齢以降も感受性があると思われる。しかし、次項にのべるように休眠は多くは第4齢

* 胚子に内分泌器官が完成してから日長反応がおこると考えられるので、厳密には卵の中期以降である。以下同じ。

以前に起こり、この時期までに休眠の決定が完了されない非休眠となるものが多いので、第4齢以降は感受性が衰えるとみるべきであろう。

なお、一般に短日処理期間が長いほど休眠率が高まる傾向があるので、日長の作用には累積効果があると考えられる。また、この実験から、トビハマキでは卵の後期以降、リンゴモンハマキでは第3齢幼虫期以降、コカクモンハマキでは第1齢幼虫期以降を13時間内外の日長下で飼育すれば全個体の休眠が可能であることがわかる。

(6) 休眠齢期と飼育条件の関係

1) 休眠齢期と日長の関係

飼育期間中、飼育条件を一定に保った場合、休眠齢期と飼育条件の関係は第19表のとおりである。トビハマキではおもに第1~3齢、リンゴモンハマキではおもに第2~5齢、コカクモンハマキではおもに第3~4齢で休眠し、一般に休眠率が高まるような条件下では若齢で休眠する傾向がある。しかし、休眠率が100%の場合、トビハマキ

の15°Cにおける実験では、11時間日長下では0および13時間日長下よりも若齢で休眠している。またリンゴモンハマキでは15°C、13~13.5時間日長下において、同様に100%休眠している25°C、12時間日長下におけるよりも明らかに若齢で休眠している。したがって休眠率と休眠齢期の変化は必ずしも平行的ではない。

2) 休眠齢期と短日処理期間の関係

15°Cにおいて、ある期間を短日、残る期間を長日下で飼育した場合、休眠の発現する齢期と飼育条件の関係は第20表のとおりである。この場合はトビハマキ、リンゴモンハマキおよびコカクモンハマキの3種を通じて、一般に休眠率が高いほどより若齢で休眠する傾向がある。ことに(5)にのべた光周期に対する感受性の高い発育期における短日処理期間が長いほど、より若齢で休眠する傾向があるので、短日の作用が強く働らくほど、より若齢で休眠すると考えられる。また、遅く短日処理すれば老齢で休眠する傾向がある。

第20表 幼虫の休眠齢期と短日処理期間の関係

種 類	短日処理期間	調査数	齢期別休眠幼虫数比率 (%)					休眠率 (%)
			1	2	3	4	5	
トビハマキ	卵 期	15	—	42.9	57.1	—	—	46.7
	卵—第1齢幼虫期	12	—	50.0	50.0	—	—	66.7
	卵—第2齢幼虫期	12	2.8	54.5	36.4	—	—	83.3
	全 期	17	—	68.6	28.6	—	—	100.
	第1齢幼虫期以降	20	—	68.4	31.6	—	—	95.2
	第2齢幼虫期以降	13	—	11.1	55.6	33.3	—	69.2
	第3齢幼虫期以降	9	—	—	50.0	50.0	—	40.0
リンゴモンハマキ	卵 期	8	—	—	—	—	100.*	12.5
	卵—第1齢幼虫期	6	—	—	75.0	25.0	—	66.7
	卵—第2齢幼虫期	9	—	35.6	64.4	—	—	100.
	全 期	10	—	30.0	70.0	—	—	100.
	第3齢幼虫期以降	10	—	—	—	100.	—	100.
	第4齢幼虫期以降	6	—	—	—	100.	—	83.3
コカクモンハマキ	卵—第1齢幼虫期	11	—	—	—	—	100.*	18.2
	卵—第2齢幼虫期	9	—	—	100.	—	—	88.9
	全 期	10	—	10.0	90.0	—	—	100.

注) 飼育温度は15°C、短日(13時間日長)期間以外は長日(18時間日長)下で飼育。休眠齢期は越冬マユ形成齢期による。*印は異常休眠

3) 休眠齢期と休眠までの日数の関係

休眠幼虫の休眠前の各齢の日数を飼育温度別に示せば第21表のとおりである。種々の飼育条件

第21表 幼虫の休眠前各齢期間

種類	温度(%)	各 齢 期 間 (日数)			
		1	2	3	4
トビハマキ	25	4.4±0.3	4.0±0.2	5.0	—
	20-23	6.0±0.3	6.4±0.6	—	—
	15	8.1±0.1	6.3±0.3	6.4±0.6	—
リンゴモンハマキ	25	4.0±0.2	3.9±0.5	3.4±0.2	6.2±1.1
	20	4.8±0.4	4.7±0.3	5.8±0.6	7.0±1.6
コカクモンハマキ	15	8.7±0.4	7.6±0.5	7.3±1.0	—
	15	8.0±0.1	7.0±0.3	8.3±2.1	—

注) 種々の処理による全体休眠幼虫の平均値と標準誤差を示す。ただし休眠前行動に入る齢では、摂食期間と休眠前行動との境界が不明瞭なことがあるので除く

下における結果の平均値によったにかかわらず、標準誤差は非常に小さいので、休眠が発現した齢期を卵のふ化から休眠決定までの時間の指標とすることができる。したがって、1), 2) の実験は休眠率が高まるような条件下では休眠発現までの時間が短くて済んだことを示している。なお、第21表の休眠前各齢期間は1に示した非休眠の場合と大差がない。

(7) 休眠深度および休眠前の死亡率と飼育条件の関係

異常休眠幼虫の出現率によって判定した休眠の深度、および越冬マユの形成から休止直前の脱皮

第22表 トビハマキの休眠幼虫死亡率と温度の関係

温度(°C)	供試数	休眠幼虫数			休眠率(%)	死亡率*(%)
		生存	死亡*	計		
25	9	0	7	7	77.8	100.
20-23	21	7	5	12	57.1	41.7
15	55	54	1	55	100.	1.8
10	7	6	1	7	100.	14.3

注) 日長は11-13時間。*印は休眠幼虫のうち越冬マユ形成後休眠直前の脱皮を完了せずに死亡したものを示す

までの期間中の死亡率と、飼育条件との関係については次のような結果が得られた。

トビハマキ: どの実験においても異常休眠幼虫は出現せず、飼育条件は休眠深度に対して大きな影響を及ぼさない。第22表に示すように、高温となるにつれて休眠前の死亡率が高まり、20°C以上の高温は休眠直前の幼虫にとって有害であると思われる。

リンゴモンハマキ: どの実験においても休眠前の死亡率は非常に低い、第23表に示すように高温となるにつれて異常休眠幼虫の出現率が高まり、休眠深度が低下する傾向が顕著である。このほか、15°Cにおいて卵期のみ短日処理すると、わずか1個体ながら第5齢で異常休眠に入ったものがあつた(第20表参照)。したがって、短日高温およびごく短期間の短日処理において休眠深度が低下することになるが、第23表よりわかるように、休眠深度の低下による異常休眠幼虫の出現は、第4齢以降においてのみ認められる。

コカクモンハマキ: 15°Cにおいてのみ実験

第23表 リンゴモンハマキの異常休眠幼虫出現率と飼育条件の関係

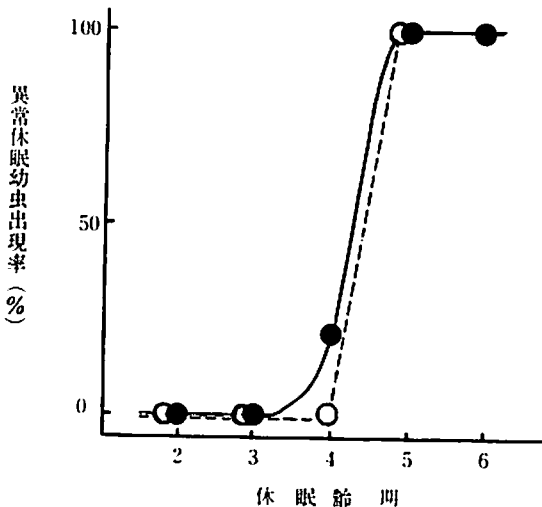
温度(°C)	日長(時数)	調査数	休眠率(%)	休眠数比率(%)			異常休眠幼虫出現率(%)				
				2 齢	3 齢	3 齢以後	3 齢以前	4 齢	5 齢	6 齢	計
25	12	8	100.	0.	0.	100.	0.	100.	100.	100.	100.
	0	10	80.0	0.	0.	100.	0.	57.1	100.	0.	62.5
20	14	9	33.3	0.	0.	100.	0.	100.	100.	0.	100.
	13	10	100.	30.0	70.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.
15	13.5	15	100.	6.7	73.3	20.0	0.	0.	0.	0.	0.

注) 越冬マユ形成後、休眠直前脱皮を完了せずに死亡した幼虫は認められなかった。異常休眠幼虫出現率は齢別休眠幼虫数に対する百分比

第24表 コクモンハマキの異常休眠幼虫出現率と飼育条件の関係

温度 (°C)	日長 (時数)	休眠率 (%)	齡期別休眠 数比率(%)			異常休眠幼虫 出現率(%)			
			3齡 以前	4齡	5齡	3齡 以前	4齡	5齡	計
15	13	100.	100.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	14.5	37.5	50.0	30.0	20.0	0.	0.	100.	16.7

注) 供試数は13時間日長は10, 14.5時間日長は16, 表示法は第23表に同じ



第19図 リンゴモンハマキおよびコクモンハマキの休眠齡期と異常休眠幼虫出現率の関係

注) 休眠幼虫全数に対する異常休眠幼虫の100分比を示す。黒丸はリンゴモンハマキ, 白丸はコクモンハマキ

したので、温度との関係は明らかでないが、第24表のように異常休眠幼虫は休眠率の低下にともなって出現している。このほか卵期から第1齡まで短日処理したときも異常休眠幼虫が出現した(第20表参照)。しかし、これらの場合、いずれも休眠深度の低下は第5齡で休眠したときにみられ、それ以前には休眠深度低下の徴候がない。

種々の実験において生じた休眠幼虫を総計してみると、第19図のように両種とも、異常休眠幼虫の出現率はある限界をこえると急に高まる傾向がある。これらの幼虫の頭幅を測定してみると、リンゴモンハマキでは7~8齡経過個体、コクモンハマキでは6齡経過個体の場合に近い値を示した。前に示した幼虫の頭幅による发育段階区分

からいえば(第12表, 第10図参照), 第19図に認められる休眠深度の転換点は、ちょうど幼虫の前半と後半の境界付近にあると考えられる。

(8) 休眠消去と低温処理の関係

トビハマキ, リンゴモンハマキおよびコクモンハマキの正常な休眠幼虫を脱皮後30~100日間, 幼虫の发育限界以上の温度に保存した後に0~5°Cに冷蔵したところ, 第25表に示すように, 冷蔵以前に活動を始めた幼虫は全くなかった。一方, 径約5mmのセロファン筒に越冬マユを作った幼虫を, 栓を施さない管瓶に入れ, 0~5°Cに150日間冷蔵し, 5月上旬に約15.5時間の日長,

第25表 幼虫の冷蔵前休眠消去と処理条件の関係

種類	冷蔵前 処理		供試数	冷蔵前 期間 (日数)	休眠消 去率 (%)
	温度 (°C)	日長 (時数)			
トビハマキ	20	13	6	40	0.
	20	13	13	60	0.
	20	18	21	50	0.
	15	0	12	30	0.
	15	13	19	30	0.
	10	13	6	50	0.
リンゴモンハマキ	20	0	8	30	0.
	15	13	10	70	0.
	15	13	13	90	0.
	15	18	14	90	0.
コクモンハマキ	15	13	10	100	0.
	15	15	7	100	0.

注) 正常な休眠幼虫を供試。冷蔵前期間は休眠直前脱皮から冷蔵までを, 休眠消去率はこの期間に活動再開した幼虫の割合を示す

第28表 幼虫の休眠消去と低温処理の関係

種類	供試数	加温前		加温20日後	
		死亡数	同左率 (%)	活動幼虫数	同左率 (%)
トビハマキ	14	1	7.1	13	100.
リンゴモンハマキ	14	0.	0.	14	100.
コクモンハマキ	7	1	14.3	6	100.

注) 5°C 150日冷蔵後18~23°Cの室温にもどし, 20日後に調査。活動幼虫率は, 加温時生存幼虫のうち, 越冬マユを作ったセロファン筒から脱出したものの百分比

18~23°Cの室内にもどしたところ、第26表に示すように、20日後には生存個体はすべて容器から脱出しており、休眠は消去されたと考えられる。したがって、正常な休眠の消去には長期間の低温処理を必要とすると考えられる。

IV 卵態越冬の種類の発育および休眠

1 実験方法

ミダレカクモンハマキの越冬卵塊を野外で採集し、Ⅲにのべた幼虫越冬の種類と同様の方法で飼育した。ただし日長条件は5~7月の自然日長(15.5~16.5時間)または恒暗とし、幼虫の食餌としてはミツバカイドウの新鮮な成葉を与えた。供試材料の産地については別にのべる。なお本種の幼虫と蛹に関する実験結果の概要はすでに予報した(奥¹⁰⁴1961b)。

2 非休眠発育

(1) 卵の発育

ミダレカクモンハマキの胚子は、産卵後間もなく洋梨形期まで発育し、そのまま休眠に入る。北海道の3地点および岩手県の1地点で採集した卵を発育再開以前に0~3°Cに約3か月間冷蔵し、その後種々の温度下で飼育した結果は第27表のとおりであった。加温後ふ化までの期間は、25°Cまでは高温になるにつれて短縮するが、30°Cにおいては25°Cの場合と大差がない。発育速度と温度の関係は第20図のように30°Cを除けばおお

第27表 越冬卵の休眠後発育と温度の関係

温度(°C)	産地	供試卵塊数	ふ化数	卵期間(日数)		死亡率(%)
				平均	範囲	
30	盛岡	5	296	8.4	8-15	2.3
25	江部乙・札幌・大野	3	89	8.3	7-13	—
23	盛岡	5	290	9.5	9-12	1.0
21	盛岡	5	295	10.8	9-18	1.3
19	江部乙・札幌	3	90	12.2	10-17	—
18	盛岡	5	251	13.8	11-20	0.4
14	札幌・大野	3	261	22.2	17-30	—

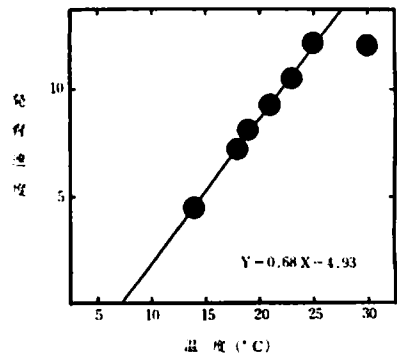
注) 0~3°Cに120~130日間冷蔵後に加温。卵期間は加温後ふ化までの日数、したがって胚子発育の初期が含まれていない

むね直線によって示すことができる。測定値に対する回帰直線式から、理論上の発育零点は7.3°C、発育有効積算温度は147.0日度と計算される。なお、実験した温度の範囲内では死亡率は非常に低く、大部分の卵が正常にふ化した。

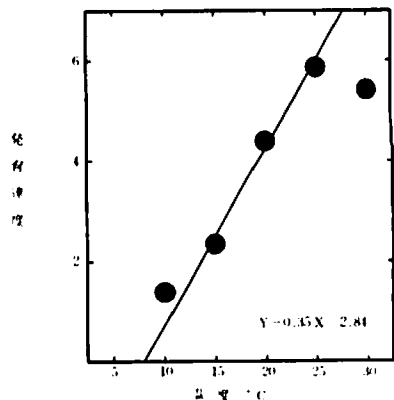
(2) 幼虫の発育

1) 発育期間および死亡率と温度の関係

札幌産の越冬卵を室温下でふ化させ、その幼虫を定温下で飼育した結果は第28表のとおりである。幼虫期間は25°Cまでは高温となるにつれて短縮しているが、30°Cにおいては25°Cよりもやや長くなっている。幼虫の脱皮回数は主として4回であって、3回脱皮および5回脱皮の個体は稀に現われるにすぎない。4回脱皮した個体の雌雄の平均値により、幼虫の発育速度と温度の関係



第20図 卵の発育速度と温度の関係
注) 発育速度=(1/発育日数×100)



第21図 幼虫の発育速度と温度の関係
注) 発育速度=(1/発育日数×100)

第28表 幼虫の発育と温度の関係

温度 (°C)	脱皮回数	性別	蛹化数	各 齡 期 間 (日 数)						幼虫期間(日数)		死亡率 (%)	
				1	2	3	4	5	6	平均	範囲		
30	4	雄	13	3.1	1.9	2.5	3.7	7.2	—	18.5	13—20	51.5	
		雌	3	3.3	2.0	3.0	4.7	6.7	—	19.3	18—20		
		平均	—	3.2	2.0	2.8	4.2	7.0	—	18.9	13—20		
25	3	雄	1*	3.	4.	5.	4.	—	—	16.1	16	23.5	
	4	雄	12	3.3	2.3	2.4	2.8	5.3	—	16.	15—21		
		雌	11	3.2	2.6	2.6	3.1	6.4	—	17.9	17—19		
		平均	—	3.3	2.4	2.5	3.0	5.9	—	17.0	15—21		
20	4	雄	18	4.3	3.2	3.3	3.4	6.7	—	21.0	19—24	12.1	
		雌	8	4.7	3.6	2.9	4.2	8.4	—	24.0	22—31		
		平均	—	4.5	3.4	3.1	3.8	7.6	—	22.5	19—31		
	5	雌	1	5.	3.	3.	3.	4.	8.	26.	26		
15	4	雄	11	7.7	5.4	5.6	7.2	16.4	—	42.5	32—51	22.2	
		雌	4	8.3	5.5	6.0	6.5	16.3	—	42.5	37—48		
		平均	—	8.0	5.5	5.8	6.9	16.4	—	42.5	32—51		
10	4	—	1	15.2	14.0	17.7	15.5	13.0	—	73.	73	90.0	

注) 10°Cの各齡日数は次齡に達し得た個体の平均, 幼虫期間は蛹化した1個体について示す。*印は前蛹期に死亡

を示せば第21図のように25°C以下ではほぼ一直線によって示すことができる。その回帰直線式から理論上の発育零点と発育有効積算温度を算出してみると、それぞれ8.1°Cおよび283.2日度となった。死亡率は30°Cおよび10°Cにおいては著しく高く、これらの温度は発育に好適でないことを示している。

なお、青森県藤崎町産の幼虫に関する実験についてはすでに発表した(奥¹⁰⁹1967b)が、札幌産の

第29表 幼虫の脱皮回数および死亡率と温度の関係

温度 (°C)	調査数	脱皮回数別の個体数 (%)			脱皮回数別の死亡率 (%)		
		3回	4回	5回	3回	4回	5回
30	22	—	95.5	4.5	—	23.8	100.
25	31	3.2	83.9	12.9	100.	11.5	100.
20	30	—	96.7	3.3	—	6.9	0.
15	27	—	100.	—	—	14.8	—
10	4	—	100.	—	—	75.0	—
計	114	0.8	93.9	5.3	100.	15.9	83.3

注) 終齡到達個体による

第30表 幼虫の頭幅およびその成長係数

脱皮	調査項目	齡 期					
		1	2	3	4	5	6
4回	平均頭幅	10.9	18.6	30.2	47.7	67.6	—
	成長係数	—	1.91	1.62	1.58	1.42	—
	個体数	25	55	58	40	53	—
5回	平均頭幅	—	17.8	29.1	42.5	52.5	62.3
	成長係数	—	1.63*	1.63	1.46	1.24	1.19
	個体数	—	4	4	3	2	2

注) 表示法は第11表に同じ

* 4回脱皮の第1齡頭幅より計算

幼虫と非常に近似した結果が得られている。

2) 脱皮回数と死亡率および温度の関係

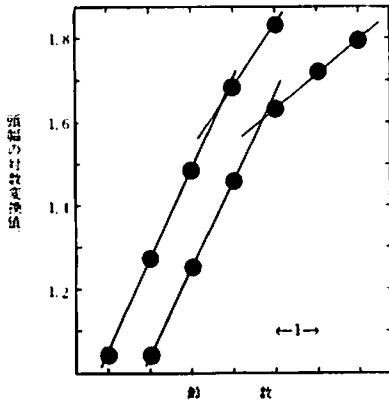
1)にのべた実験において、終齡に達した個体*につき、脱皮回数を異にする個体数の100分比および死亡率と温度の関係を示せば第29表のとおり

* 終齡に達した個体は頭部が黒色から鮮やかな橙褐色に変わる事、体背面が灰黄緑色から暗灰色に変わる事、および頭幅の大きさによって判定した。

りである。10~30°Cにおいて常に4回脱皮の個体が圧倒的に多く、まれに出現する3回脱皮、および5回脱皮の個体は大部分が蛹化せずに死亡している。また雌雄間にあつては脱皮回数には有意差が認められなかった。

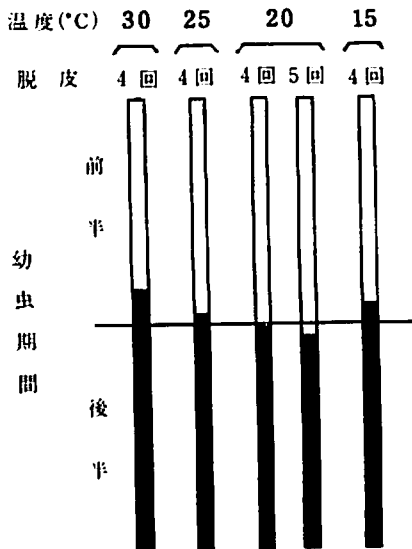
3) 頭幅の成長経過および幼虫の発育段階

幼虫の各齢における頭幅の測定結果は第30表のとおりで、齢を重ねるにつれて成長係数が低下している。この低下は、5回脱皮する個体では最後の3齢、4回脱皮する個体では最後の2齢において特に著しい。測定値を対数変換してみると、



第22図 幼虫の頭幅成長経過

注) 頭幅はマイクロメーターの目盛数(45=1mm)による



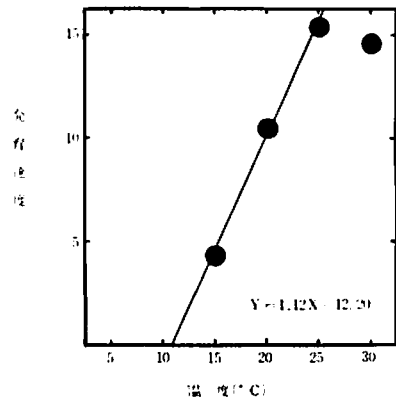
第23図 幼虫の発育期間と発育段階の関係

注) 表示法は第11図に同じ

第31表 蛹の発育と温度の関係

温度 (°C)	性別	羽化数	蛹期間 (日数)		死亡率 (%)
			平均	範囲	
30	雄	3	6.7	5-8	51.8
	雌	8	6.8	5-9	
	平均	—	6.8	5-9	
25	雄	12	6.8	6-9	10.0
	雌	14	6.1	6-7	
	平均	—	6.4	6-9	
20	雄	21	9.4	7-10	0.
	雌	12	9.3	8-12	
	平均	—	9.4	7-12	
15	雄	10	23.3	21-26	20.0
	雌	3	22.3	21-24	
	平均	—	22.8	21-26	

注) 一部は相対湿度32%で飼育したが、死亡率はそれらを除いて算出



第24図 蛹の発育速度と温度の関係

注) 発育速度 = (1/発育日数 × 100)

第22図のように、頭幅の成長経過はおおむね2本の直線によって示すことができる。成長直線の変曲点を境界として幼虫期を2段階に区分した場合、各段階の経過日数が幼虫全期間において占める割合は第23図に示すとおりで、両期の臨界点によって、幼虫期はほぼ2等分される。

(3) 蛹の発育

幼虫期を18~23°Cで飼育した札幌産の蛹を、種々の定温下において飼育した結果は第31表に示すとおりである。蛹期間は25°C以下において

は高温となるにつれて短縮しているが、30°Cでは25°Cにおけるよりも蛹期間はやや長くなる傾向がある。发育速度与温度の關係は、第24図のように25°C以下ではほぼ直線によって示すことができる。その回帰直線式から理論上の发育零点および发育有効積算温度を求めると、それぞれ10.9°C、および89.2日度となる。死亡率は30°Cにおいてやや高まっており、高温による发育障害が現われているように思われる。

このほか、北海道内の大野町、壮瞥町、江部乙町、ならびに青森県藤崎町産の幼虫から得られた蛹を飼育した結果では、蛹期間は25~30°Cにおいて雄が6~8日、雌が5~8日、18°Cでは雄雌ともに11~14日であって、札幌産の個体とほぼ同等であった。

(4) 成虫の産卵前期間

札幌市および江部乙町産の成虫を、羽化直後から23°Cの定温、および16~24°Cの室温において飼育したところ、平均産卵前期間はそれぞれ2.0日および2.3日であった。

3 休 眠

(1) 幼虫期の飼育条件と休眠の關係

札幌市産の幼虫を、長日(約16時間)条件下では25, 20, および15°C区の3段階、恒暗条件下では20°Cにおいて飼育し、得られた蛹を自然日長下において羽化させた。このようにして得られた成虫に、シャーレ内で交尾産卵させて、そのまま卵を室温下に保存したところ、卵塊はすべて年内にふ化しなかった。このことは、卵が親世代の幼虫期の飼育条件にかかわらず休眠に入ったことを示している。

(2) 休眠の消去と低温処理の關係

秋期に、札幌市、江部乙町および岩手県の盛岡市で越冬卵を採集し、種々の温度条件下において飼育したところ、温度処理とふ化の關係は第32表のとおりであった。すなわち、10月上旬、外気温がまだ15°C内外の時期に採集した卵では、採集後ただちに20°C以上に加温しても全くふ化せず、130日間の低温処理を行なうとふ化が良好である。一方、外気温がすでに5°C以下に低下した11月中旬に採集した卵では、120日の低温処理

第32表 処理温度と越冬卵のふ化の關係

番号	採集日	処理前温度(°C)	低温処理(0-3°C)日数	処理後温度(°C)	供試卵塊数	産地	ふ化率(%)
No. 1	10月上旬	30	0	30	5	札幌・江部乙	0.
No. 2	〃	25	0	25	6	〃	0.
No. 3	〃	25	130	14-25	13	〃	100.
No. 4	〃	20	0	20	8	〃	0.
No. 5	11月中旬	自然温	120	18-30	20	盛岡	100.
No. 6	〃	〃	0	28	7	〃	0.
No. 7	〃	〃	0	23	6	〃	16.7
No. 8	〃	〃	0	18	5	〃	80.0

注) No. 3は採集後60日間25°Cに保存した後に低温処理、No. 5は採集後ただちに低温処理、それ以外は採集後ただちに所定温度に加温した

後にふ化が良好であるほかに、採集直後から18°Cに加温した場合もかなり高率のふ化が認められ、また23°Cにおいても若干のふ化が認められている。しかし28°Cにおいては全くふ化していない。また長期間の低温処理を行なったNo. 3およびNo. 5においては、ふ化は非常に斉一であり、卵粒のふ化率も97.7~100%に達したので、事実上休眠は完全に消去されたとみてよいであろう。以上の結果から、本種の休眠は長期間の低温処理によって消去されること、自然温下において初冬まで経過すると、晩秋から初冬にかけての低温によって休眠が部分的に消去されること、および、この部分的に休眠が消去された卵はその後低温に保存されるほど休眠が消去されやすいことがわかる。

(3) 越冬中の发育と温度の關係

野外において休眠卵の胚子が发育を始める直前にあたる11月16日に、盛岡市において採集した越冬卵塊を、3段階の温度下で飼育し、70日目にすでにふ化のみられた卵塊はただちに解剖し、未ふ化の卵塊は130日目に解剖して胚子の发育状態を検した。胚子の发育状態はGUENNEION³⁹⁾(1966)の*Archips rosanus* (LINNÉ) の越冬卵の胚子に関する観察に基づき、次のように区分した。

I: GUENNELONによる第1~12段階、突起形成前。

第33表 晩秋に採集した越冬卵の加温後発育状況

温度 (°C)	供試 卵塊 数	ふ化		未ふ化 卵数	発育段階別未 ふ化卵率(%)		
		卵塊 数	虫数		ふ化率 (%)	I	II
28	7	0	0	296	100.	0.	0.
23	6	1	3	164	32.3	65.9	0.
18	5	4	84	72	0.	31.4	14.8

- 注 1) 11月16日より加温、70日目に未ふ化の卵塊は、130日目まで加温を続ける。発育程度別未ふ化卵数は70日目と130日目の解剖結果の合計値による
- 2) 一部の卵を随時解剖したため、それらを除いた数値を示す
- 3) 未ふ化卵の発育段階は GUENNELON(1966)による
I: 第1—12段階、突起形成前; II: 第13—16段階、突起形成し、卵黄は流動的; III: 第17—20段階、単眼域の黒斑着色
- 4) ふ化は加温後35—70日の間に完了

II: GUENNELONによる第13—16段階、突起形成し、単眼域未着色。

III: GUENNELONによる第17—20段階、単眼域の黒斑は着色。

IとIIの区別が困難な場合はエオシンおよびヘマトキシリンの2重染色、または石炭酸チオニン染色によって胚子の発育状態を検した。結果は第33表のとおりである。18°Cにおいては、全卵がII段階以上に達し、ふ化率も高い。23°Cではごく一部の卵がふ化したが、ほかの卵はII段階以前にとどまった。28°Cでは全くふ化が起こらず、胚子はすべてI段階にとどまった。しかし、28°Cにおいても加温後4日目にはすでにGUENNELONの第11段階に達しているものがあり、わずかながら発育は進行している。以上のように胚子発育が始まる直前に加温した場合には、高温が発育を阻害し、低温は促進する傾向があり、またふ化は完全に休眠が除去された場合よりもはるかにおそく、加温後25日以上を経て起こっている(本章2の(1)参照)、この時期には一種の休眠状態は持続していると考えられる。また23°Cにおいて未ふ化の卵の発育がII段階以前に停滞していたのに対し、若干の卵はIII段階を越えてふ化したことか

ら、II段階のあたりに1つの発育臨界期があるように思われる。

V 論 議

1 幼虫態越冬の種類および卵態越冬の種類の発育上の特性

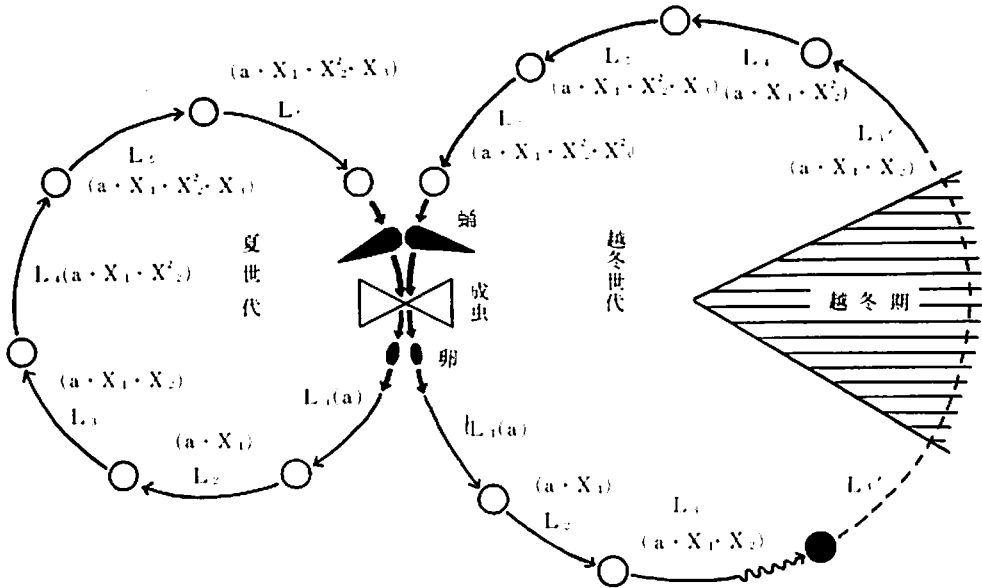
(1) 生活環の特性

幼虫越冬性のトビハマキ、リンゴモンハマキ、およびコカクモンハマキの発育経過におけるおもな共通点は次のように要約できる。

- 随時休眠、多化性であって、夏世代は休眠せず、越冬世代は幼虫期に休眠する。
- 休眠直前の脱皮において成長係数がきわめて低く、越冬幼虫は余分の1齢を経過する。
- 幼虫の脱皮回数には個体変異があり、また食餌条件によって変化しやすい。
- 幼虫の頭幅の成長経過は3直線によって示すことができる。

以上に基づいて、幼虫態で越冬する種類の生活環を模式的に示せば第25図のようになる。これらの種が属する *Pandemis*, *Archippus*, および *Adoxophyes* 属の温帯産、あるいは亜熱帯の高地産の種は、従来知られている限りではいずれも老熟以前の幼虫態で越冬する。(BENDER,⁸⁾ 1952; BISHM⁹⁾, 1957; ESCHERICH¹⁸⁾, 1931; FROST²²⁾, 1926; GEIER²⁹⁾, 1953; GILLIATT³³⁾³⁴⁾, 1928, 1930; GROVES³⁶⁾, 1952; HALL³⁹⁾, 1930; JANJUA⁵²⁾, 1940; JANSSEN⁵³⁾⁵⁴⁾, 1958, 1959; 南川⁸¹⁾⁸²⁾, 1953, 1958; MINDER⁸³⁾, 1959; 中山⁹⁷⁾ 1943; NEWCOMER & CARLSON⁹⁸⁾, 1952; 奥¹⁰³⁾ 1967 a, 菅原¹²⁰⁾, 1952; 豊島¹²⁵⁾; 1950)。その多くは本報にのべた種と同じく、随時休眠性であり、また多化性であることが判明している(DANILEVSKY¹²⁾¹³⁾, 1956; 1957; HONMA⁴⁴⁾, 1966; 奥¹⁰⁷⁾ 1966)。しかしカクモンハマキ族においても *Choristoneura* 属のように幼虫態越冬でありながら定時休眠性*のものもあり(HARVEY⁴⁰⁾, 1953)、幼虫越冬性の種が常に上記のa)の特性を有するとは限らないようである。b)に示した休眠直前の脱皮における成

* HARVEYは *C. fumiferana* CLEMENS から随時休眠性の系統を分離したことを報告したが、それは越冬マユ形成後間もなく活動を再開するもので、休眠深度がきわめて浅いが随時休眠性ではない。



第25図 幼虫越冬性のハマキガにおける生活環の模式図

注) 6 齢を経過し、第3 齢で越冬する場合を示す。丸印は脱皮（白丸は非休眠、黒丸は休眠直前の越冬マユ内における脱皮）、太線は変態、細線は摂食期、波線は休眠前の不食期、破線は休眠期を示す。L₁~L₆は幼虫の齢期、カッコ内は各齢の幼虫の頭幅（a=第1 齢の頭幅、X₁~X₃=幼虫期各段階の成長係数、ただし X₁<X₂<X₃）

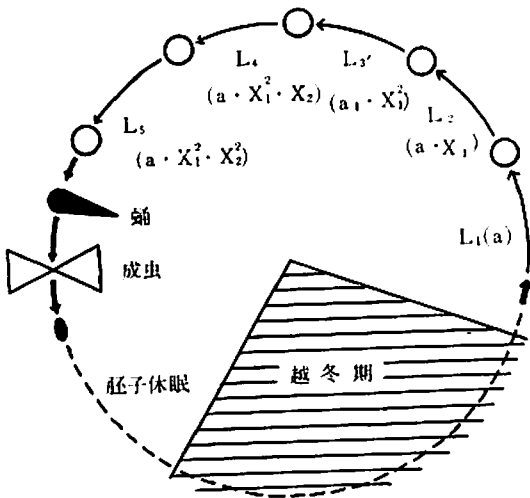
長係数の低下は *Choristoneura* 属の2 種 (BEAN & BATZER⁶⁾, 1957; FRANZ²⁰⁾, 1940; WITTIG¹³⁵⁾, 1959). リンゴシロハマキ (FROST²¹⁾, 1922), *Dendrolionus spectabilis* BUTLER マツカレハ (木村, 五十嵐⁵⁵⁾, 1963) においても知られており、老熟に達する以前の幼虫態で休眠する鱗翅目にはかなり普通にみられる現象のようである。鱗翅目の幼虫の脱皮回数は、種によって固定的な場合があるが、条件によって変化するものも多く (DUMBLETON¹⁵⁾, 1939; 一瀬・波谷⁴⁶⁾, 1959; 石井⁴⁹⁾, 1952; IWAO⁵⁰⁾, 1962; JACOBSON & BERKELEY⁵¹⁾, 1960; 清久・佃⁵⁸⁾, 1967; LONG⁶⁰⁾, 1953; MCGINNIS & KASTING⁶⁰⁾ 1959; MOROHOSHI⁶⁸⁾, 1957; 奥山ら¹¹⁰⁾, 1962; PETERSON & HÜSLER¹¹⁴⁾, 1928; 酒井¹¹⁵⁾, 1926; 佐々木・大槻¹¹⁷⁾, 1961; 杉本¹²¹⁾, 1962; 高橋¹²²⁾, 1961), 後者の場合不適環境下において脱皮回数が増加するものようである。 *Lymantria dispar* LINNÉ マイマイガにおいては雌雄による脱皮回数の差が認められるが (GOLDSCHMIDT³⁵⁾, 1934; 長沢・中山⁹⁴⁾, 1968), トビハマキおよびリンゴモンハマキにおいては雌雄の脱皮回数の差は明らかでなかった。幼虫の頭幅の

成長経過が3 直線で示されるものは、従来、本報にのべたハマキガの3 種以外に知られていなかったが、奥山ら¹¹¹⁾ (1966) の測定値によれば *Leucania separata* WALKER アヲトウの幼虫の頭幅の成長も3 直線によって示すことができるようである。

次に卵越冬性のミダレカクモンハマキの発育は下記のように幼虫越冬性の3 種とは対照的な性質を示している。

- a) 年1 化性で、卵態において越冬する。
- b) 幼虫の脱皮回数は固定的で、大部分の個体が4 回脱皮する。
- c) 幼虫の頭幅の成長経過は2 直線によって示すことができる。

以上に基づいて生活環を模式的に示せば第26 図のようになる。本種の所属する *Archips* 属は卵態越冬であって、既知例では休眠はミダレカクモンハマキと同じく胚子発育の初期に起こり、いかなる地方においても年1 化性である (BAIRD⁴⁾, 1918; ESCHERICH¹⁸⁾, 1931; FROST²²⁾, 1926; GUENELON^{37,38)}, 1955, 1966; HEY & THOMAS⁴²⁾, 1933;



第26図ミダレカクモンハマキにおける生活環の模式図
注) 表示法は第23図に同じ。ただし $X_1 > X_2$

HOCHMUT⁴³⁾, 1954; 上条⁵⁵⁾, 1968; KUDLER & HOCHMUT⁶²⁾, 1959; 中山⁹⁵⁾⁹⁷⁾, 1936, 1943; 奥¹⁰⁸⁾, 1967; PARADIS & LEROUX¹¹³⁾, 1965; 豊島・小林¹²⁶⁾, 1957; 氏家¹²⁸⁾, 1966; 矢後¹³⁶⁾, 1931)。また室内飼育においても胚子の休眠を阻止した例が全くないので、本属においては定時的休眠は遺伝的に固定化しているものと思われる。幼虫の脱皮回数も上記の諸文献によれば常に4回であって、本属においては脱皮回数もまた固定的である。幼虫の頭幅の成長経過が2直線で示されることは、筆者の飼育によればカクモンハマキにおいても同様である。また、マイマイガ(長沢⁹²⁾⁹³⁾, 1957, 1958; NAGASAWA⁹¹⁾, 1957), *Phassus excrescens* BUTLER コウモリガ(小浜・松沢⁶¹⁾, 1965)においても同様の例がみられ、この特徴は卵越冬の種類のみに限られるものではないかも知れない。

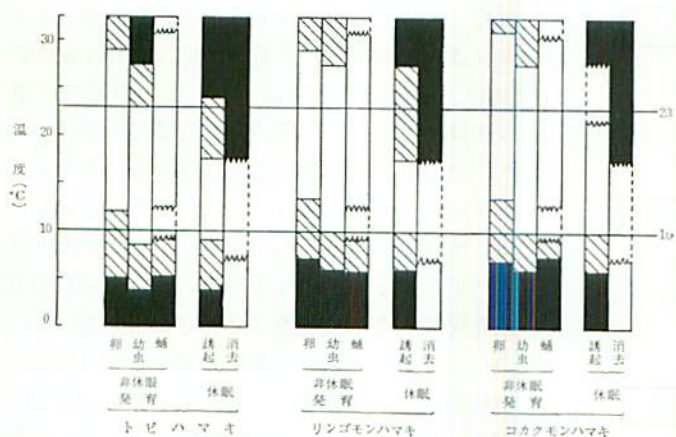
昆虫の発育成長が、ホルモンによって支配されていることは疑いないので(WIGGLESWORTH¹³⁴⁾, 1964), 上記の幼虫態越冬のハマキガ3種と、卵越冬のミダレカクモンハマキをはじめ *Archips* 属の種の間における発育上の特性の対照的な相違は、ホルモン機構における何らかの相違と関係があることは容易に推察されるところであるが、幼虫期の休眠において、主導的な役割をなすのはアラタ体ホルモンであるのに対し(深谷²³⁾, 1959; FUKAYA & MITSUHASHI²⁴⁾, 1961; MITSUHASHI²⁴⁾, 1963), 卵の

休眠においては親世代の食道下神経節ホルモンが主導的な役割をなすことが定説となっている(EWEN¹⁹⁾, 1966; FUKUDA²⁸⁾, 1951; HASEGAWA⁴¹⁾, 1952; KIND⁵⁷⁾, 1965; LEES⁶⁶⁾⁶⁷⁾, 1955, 1956), 一方, MOROHOSHI⁸⁸⁾ (1957) は *Bombyx mori* LINNÉ カイコにおいて、アラタ体ホルモンと食道下神経節ホルモンは、化性および眠性の決定に関して拮抗的な作用を有することを明らかにした。これらの事実は、幼虫越冬の種類と卵越冬の種類の間における休眠の生起する発育段階の相違、および幼虫の発育習性の相違のあるものは、アラタ体および食道下神経節のホルモンと密接な関係にあることを示唆するものである。

なお、本報にのべたハマキガ類では、幼虫越冬の種類と卵越冬の種類の間、幼虫の頭幅の成長経過の相違がみられたが、これらのように成長経過が2直線または3直線で示されるもののほかに、鱗翅目の幼虫の頭幅の成長様式には1直線で示されるもの(DYAR¹⁶⁾, 1890), および弧状の曲線で示されるものがある(GAINES & CAMPBELL²⁹⁾, 1935)。このような変異がいかなる生理的性質の相違によるものか明らかでない。しかし、一般に成長係数の変化は幼虫期の生理的性質の段階的な変化に対応するといわれている(清水¹¹⁸⁾, 1959)。梅谷¹³⁰⁾ (1939) は発育抑制因子を有するカイコの一系統における幼虫期の諸性質を検討し、鱗翅目の幼虫期は生理的に異なる2段階に等分されると推測し、MOROHOSHI⁸⁸⁾ (1957) はカイコにおいてこのことを種々の面から証明した。ここにのべる4種のハマキガにおいても、成長係数の変曲点は幼虫期を2等分する点にあり、梅谷¹³⁰⁾ (1939) の見解によく適合する。トビハマキ、リンゴモンハマキ、およびコカクモンハマキにおいては、このほかにも第1齢と第2齢の間にもう1つの変曲点が認められるが、これがどのような意味を有するか現在のところ明らかでない。

(2) 発育および休眠の適温ならびに発育期間

Ⅲにのべた実験の結果から、幼虫で越冬するトビハマキ、リンゴモンハマキ、およびコカクモンハマキの非休眠発育、休眠誘起および休眠消去の

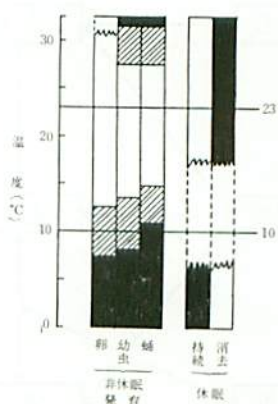


第27図 幼虫越冬性のハマキガ種における適温範囲

注) 白色部は好適, 斜線部やや不適, 黒色部は不適

適温を推測してみると, おおよそ第27図のようになる。この場合, コカクモンハマキの幼虫については詳細な実験を行っていないので, 発育日数が近似するリンゴモンハマキにほぼ一致するものとみなした。また休眠誘起の適温はトビハマキでは休眠幼虫の越冬マニ内における脱皮完了以前の死亡率, リンゴモンハマキでは異常休眠幼虫出現率から判断し, コカクモンハマキでは HONMA⁴⁾ (1966) の実験から 20°C も好適範囲にあるものとみなした。第26図によると好適範囲は種によって多少異なっているが, 3種を通じて幼虫の発育は北海道における5~10月の平均気温の範囲10~23°Cにおいて発育が良好であり, 卵および蛹も6~9月の平均気温の範囲13~23°Cにおいては発育が良好のようである。休眠誘起の適温は一般に15°Cを中心とする比較的低い温度域を占め, 休眠消去の適温はさらに低く0~5°Cあたりにあり, 秋に休眠が誘起され, 冬中に消去されるのに好都合な性質を示している。

一方, IVに示した実験結果から卵越冬のミダレカクモンハマキの非休眠発育, 休眠の維持および消去の適温を推定してみると, おおよそ第28図のようになる。本種の特徴は幼虫越冬の種類と異なり, 卵および幼虫の発育下限よりも蛹のそれがやや高いこと, 幼虫の発育適温の下限が幼虫越冬の種類よりやや高いことである。また休眠の消



第28図 ミダレカクモンハマキの適温範囲

注) 表示法は第27図に同じ

去は筆者の実験では0~3°C, 津川ら¹²⁷⁾ (1965) によれば5°Cにおいて可能である。他方高温は胚子の発育を阻害し, 休眠期間を延長させる傾向がある。したがって本種は高温な夏秋期に休眠が持続し, 冬期間中に消去されるのに好都合な性質を示している。

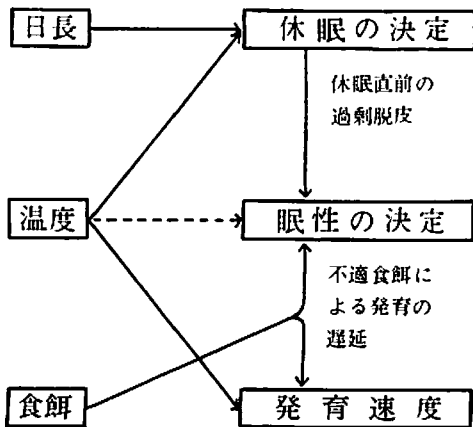
次に非休眠状態で1世代を完了するに要する期間を実験値から概算すると, 幼虫越冬の3種では15~23°Cにおいて50~70日を要するのに対し, 卵越冬のミダレカクモンハマキでは40~50日であって, 前3者の5分の4から3分の2の期間を要するにすぎない。

2 休眠による生活環の調整

(1) 幼虫越冬の種類別の休眠

1) 休眠を支配する要因

既往の知見によれば, 随時的な休眠をする節足動物においては, 休眠の生起を支配する因子は種類によって異なる。トビハマキ, リンゴモンハマキ, およびコカクモンハマキにおいては, 温帯産の種に最も普通にみられるように, 日長が主導的な役割をなし, 温度も休眠の誘起に影響するが, Tetranychidae ハダニ科の若干の種や *Agromyza oryzae* MUNAKATA イネハモグリバエのように (GEISPITZ²³⁾, 1960; 井上⁴⁸⁾, 1966; LEES⁶⁵⁾, 1953), 食餌条件が決定的な影響を及ぼすことはなく, 本報にのべた実験の結果によれば, ほとんど効果がない



第29図 幼虫越冬性の種類における休眠および发育と環境条件の関係模式図

注) 破線は、特定の条件においてのみ微弱な影響があることを示す

といてよいほどである。これらのハマキガにおける休眠の誘起ならびに发育と、日長、温度、および食餌条件の関係を模式的に示せば第29図のようになる。日長および温度は休眠決定の過程を通じて間接的に脱皮回数を変化させるのに対し、食餌条件は休眠決定に大きな影響を与えず、脱皮回数に対しては直接的に影響する。温度が休眠現象と無関係に眠性の決定に直接的に影響するのは、死亡率が高まるような高温域において特に認められるが、この場合の効果は食餌条件の効果よりもはるかに微弱である。

なお、一般に休眠する個体の发育は非休眠の個体よりも休眠の発現前から多少とも遅延する徴候を示すが普通であるが、本報にのべたハマキガにおいては休眠前の各齢期間は非休眠の場合と大差がなかった。しかし、休眠直前の脱皮においてほとんど成長していないことから、筆者がすでに指摘し(奥¹⁰⁷, 1962)、本章にも第25図に示したように、休眠幼虫では余分の1齢を経過することになるから、事実上、休眠直前の齢期間だけ非休眠幼虫よりも发育が遅延したことになる。したがって、日長および温度は、休眠決定の過程を通じて休眠前の发育進行にも明瞭な影響を及ぼすことになる。

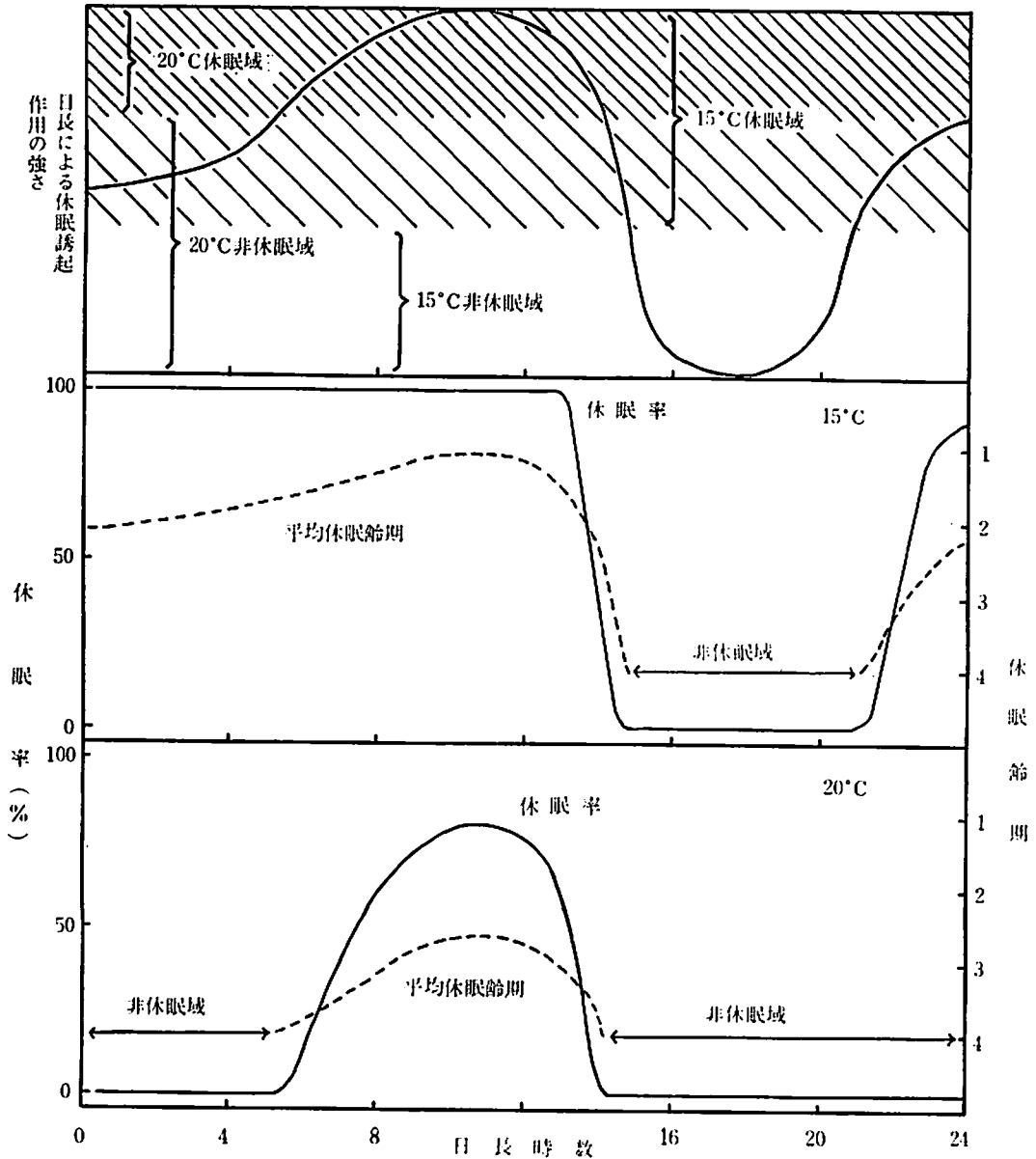
2) 休眠齢期の決定

これらのハマキガにおいて、休眠率が高い時に

若齢で休眠する傾向があることから、与えられた休眠誘起要因の作用の強さ、または、GEISPITZ²⁰⁾³¹⁾ (1949, 1953) の示したように、その要因の作用する回数によって、休眠の前決定まで、あるいは休眠の発現までに要する時間が変化し、その結果、休眠齢期にも変化を生ずると考えることができる。休眠の前決定がどの時期に完了したかを現象的に把握することはできないので、実際には休眠の発現期によって判断することになるが、以下にのべるように休眠率と休眠齢期の関係は常に一定の傾向に従い逆転がおこらないので、前決定の完了から休眠の発現までの時間はほぼ一定であるか、あるいは前決定の所要時間と比例的であると考えてさしつかえないようである。この考えに基づき、トビハマキについて日長および温度と休眠率および休眠齢期の関係を模式的に示せば第30図のとおりである。日長による休眠の誘起作用が弱いと、休眠の前決定が完了する前に幼虫の发育が進行し、日長効果の感受期を過ぎてしまうために、休眠率が低下する。また休眠個体においても、前決定の完了に長時間を要するため、休眠齢期は比較的老齢になりやすい。逆に休眠誘起作用が強く働けば休眠率が高まると同時に、より若齢で休眠する結果となる。しかし100%休眠する日長域内でも、日長効果の強さは変動するので、それに平行的に休眠齢期も変動する。一方、高温は一般に休眠の前決定過程の進行に対して抑制的に働くので*、高温下では一般に休眠率が低下するとともに低温下よりも老齢で休眠することになる。また逆に高温は幼虫の非休眠的发育に対しては促進的に働くので、休眠の前決定の完了から休眠の発現までの期間において多少とも发育が進行し、高温下ではより一層老齢で休眠する傾向が強められるであろう。

ただし、日長効果の強さは、幼虫がいかなる日長に対して感受性が高いかによって定まるから、反応の様式は種、あるいは系統によって異なるであろう。実際、リンゴモンハマキ、およびコカク

* この抑制は、おそらく高温下で幼虫の发育が早まり、その結果感受期の経過中にうける日長効果の累積量が減少することをも含んでいるであろう。



第30図 日長による休眠誘起作用の強さと休眠率および休眠齢期の関係模式図

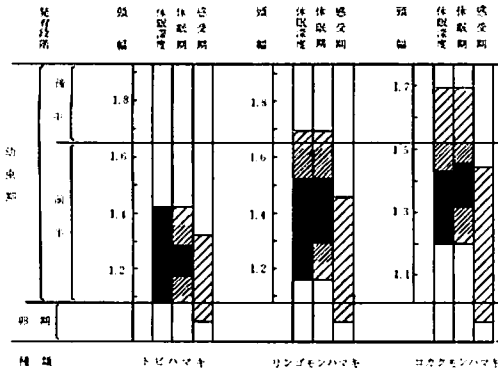
注) 休眠誘起作用の強さを示す曲線が、非休眠域にある日長においては常に休眠率は0%となり、15°C休眠域あるいは20°C休眠域にある日長においては、それぞれの温度で多少とも休眠虫を生じ、またその休眠齢期は休眠誘起作用が強いほど若齢となることを示す。

モンハマキでは、休眠率の転換が起こる日長がトビハマキとやや異なり、休眠齢期もそれぞれ異なっているが、これは次項においてのべるように、日長効果に対する感受期とも関係がある。しかし基本的にはトビハマキと同様の説明がなりたつ。

3) 休眠齢期と休眠深度の関係

次に日長効果を受感する時期と休眠の発現期、

および休眠深度の関係を示せば第31図のとおりである。各種とも幼虫の脱皮回数が不定のため、幼虫の発育程度は頭幅によって示した。この図によれば、感受期が若齢期をしめるほど、休眠の発現期は若齢にかたよる傾向があり、休眠期の種間の相違はまず、感受期のしめる位置と関係があることがわかる。しかし、いずれの種においても、



第31図 幼虫越冬性のハマキガ3種における休眠誘起条件の感受期，休眠期，および休眠深度と发育段階の関係

注) 頭幅はマイクロメートル目盛数 (45=1 mm) の対数変換値による。

休眠深度：黒色部が濃密なほど休眠が深いことを示す。

休眠期：黒色部が濃密なほど，その期間で休眠が起こりやすいことを示す。

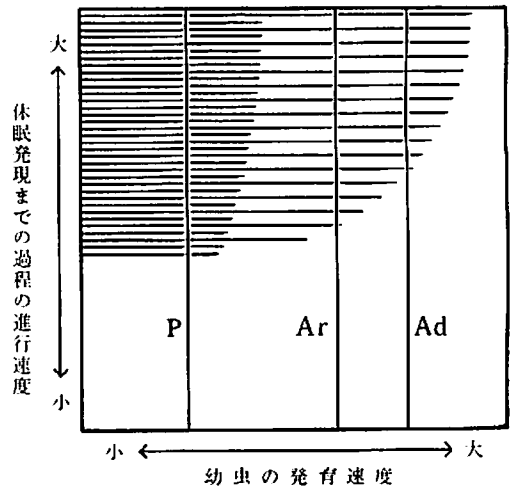
感受期：斜線部はその期間に感受性があることを示す。

幼虫期前半と後半の境界は，幼虫中期の頭幅成長係数の変曲点に相当する。

卵の後期から感受性があるにかかわらず，休眠期にはかなり明瞭な差が認められるので，感受期のしめる位置のほかに，前項にのべたような休眠の前決定過程の進行，あるいはその後休眠の発現時期までの時間にも種間の相違があると考えられる。次にこの図から，休眠の発現期と休眠深度の関係をみると，異常休眠幼虫の出現によって示される休眠深度の低下は，リンゴモンハマキとコカクモンハマキの休眠可能域の末期にのみ認められ，トビハマキでは休眠深度の低下の徴候は全くない。全体としていえば，これらのハマキガにおいてはある限界以上の老齢において休眠した場合のみ休眠深度の低下が起こるものようで，その境界は幼虫期前半と後半の境界付近にあることが図より明らかである。梅谷¹³⁰⁾ (1939) によると鱗翅目の幼虫において幼虫期前半と後半は，その生理的機能および安定度が対照的に相違しているというが，この幼虫期2段階説の観点からみると，上記の休眠深度の境界が幼虫中期にあるこ

とは非常に興味ある事実である。

休眠深度について，詳細な知見の得られたリンゴモンハマキの場合 (Ⅱの3参照)，低温下においてはおもに若齢で休眠し，したがって休眠深度の低下がおこりがたいが，一方高温下では，休眠率が高くそれほど休眠の前決定過程が遅延しなかったと考えられる場合でも，休眠期の老齢化による休眠深度の低下がおこっている (第19, 20表)。この場合，前決定後，休眠発現までに高温により幼虫の发育が早く進行したことが休眠深度の低下をまねいたと思われる*。この解釈によって，休眠深度と幼虫の发育および休眠発現までの進行速度を模式化すれば第32図のようになる。まず高温下で飼育すると，一般に休眠の前決定の進行が遅延する一方，幼虫の发育は促進されるため，前決定完了から休眠の発現までの間にも齢が進み，その結果休眠は老齢で起こりやすくなる。この時すでに前決定は完了しているから，休眠率は低下せ



第32図 休眠の深度と幼虫の发育速度および休眠発現までの過程の進行速度の関係模式図

注) 横線の密な部分は正常な休眠 (深度大)，粗な部分は異常休眠 (深度小) の起こることを示す。重線 (P=トビハマキ，Ar=リンゴモンハマキ，Ad=コカクモンハマキ) の右側では非休眠となる。詳細は本文参照

* 低温下でも老齢で休眠すると休眠深度が低下し，異常休眠となるので (第20表参照)，温度が直接休眠深度に影響するのではない。

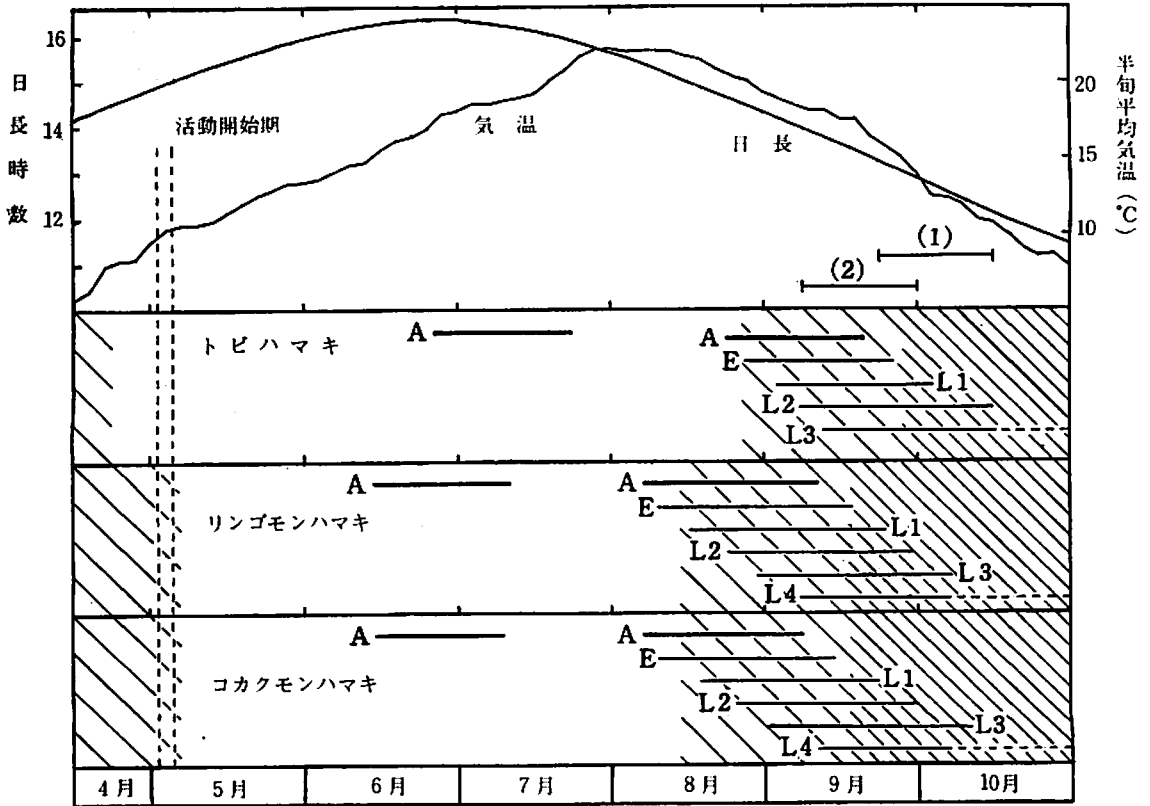
ずに深度のみが低下することになりやすい。しかし前決定の遅延と発育の促進が極度であると、休眠率が低下してしまうことは2)にのべたとおりである。逆に低温下では幼虫の発育速度が小なため、休眠の前決定が完了してもあまり齢は進まず多くは若齢で休眠する結果となり、休眠深度は常に大となる。この一般的なパターンを第32図においては横線の粗密によって示した。次に休眠齢期は最初にのべたように日長効果の感受期のしめる位置によって左右されるから、種によって休眠深度低下の状況も変わってくる。まずトビハマキでは感受期が若齢にかたより、その幅も狭いため、休眠は若齢においてしか起こらない。そこで図の垂線Pの左側で深い休眠が起り、右側では非休眠となる。この場合、前決定から休眠発現までの時間が短いことも関係しているであろう。ほかの種では感受期の幅が広いいため、低温下、すなわち発育速度がおそい場合でもごく一部は中齢以上で休眠できるし、高温では大部分が中齢以上で休眠し、それらの休眠深度は低下する。この2種の場合休眠齢期が老齢まで達し得ることは、おそらく休眠の前決定からその発現までの時間がトビハマキより長いことも関係しているであろう。もし休眠の前決定、あるいはその後休眠発現までもっと長期間を要する種類があれば、その場合は休眠は常に老齢でおこり、しかもその深度は常に低くなる。HONMA⁴⁰⁾(1966)が示したいわゆる茶系統のコカクモンハマキはその1例であろう。

要するに、休眠深度は幼虫の発育程度と直接関係し、他方休眠齢期は日長効果に対する感受性の強さ、すなわち休眠の前決定の生理的過程の進行速度、その後休眠発現までの時間、および感受期の占める位置によって、深度とは別に決定されることになる。本報にのべる3種では、前決定の時間と発現までの時間が比例的であり、感受期の位置もそれに対応しているため、感受性の強さと休眠深度の間に平行的関係がなりたつが、たとえば感受性が強く感受期が若齢にかたよっていても、休眠の前決定から発現までに長時間を要するものでは休眠深度は低くなるので、一般的にみた場合は日長効果に対する感受性の強さと、休眠深度の

間には必ずしも平行的関係は成立しない。

4) 化性の決定と気候条件の関係

北海道においては誘蛾灯により、これら3種のハマキガには年2回の成虫発生期が認められたが、成虫の活動は夜間の気温によって影響をうけるので(小林⁵⁹⁾, 1955), 秋に第3回の発生がありうるかどうかを誘殺調査のみによって判定することは問題があり、また、既往の知見によれば、種によっては年間の世代数が年によって変動するものがある。そこで環境条件の推移から年間の世代数を判定するため、札幌市における日長、半月平均気温の季節的変動、およびハマキガの発生経過を一括して示せば第33図のようになる。この場合日長はDANILEVSKY¹⁴⁾(1965)に従って市民薄暮時間を加算し、平均気温は最近10年間の平均値によった(札幌管区气象台¹⁴⁾, 1964)。発生経過は札幌市の最近10年間の気温から、最も早く発育が進んだ場合を想定した。卵および幼虫の出現経過は、Ⅲにのべた飼育結果から概算した。図中に斜線で示した短日期および中間日長期は、それぞれ15°Cで100%休眠、および一部休眠する日長を示す。中間日長期は短日期よりも休眠誘起の効果は小さいが、短日期に入ってから日長は徐々に短縮し、次第に休眠誘起の効果は強まることになるので、休眠の発現までの日長効果の累積値は、最初から中間日長に近い短日下で経過した場合のそれに匹敵し、トビハマキでは13時間弱、ほかの2種では13.5時間位の日長にあたる。またこの時期の気温はすでに休眠誘起の適温まで低下しているとみてよいであろう。第33図の斜線部に入ってから発生するステージは、トビハマキでは第2回発生の卵期以後、ほかの2種では第2回の第1齢幼虫期以後であって、これは全個体が休眠に入るに必要な条件をみたしている(Ⅱ-3-(5)参照)。したがって、いずれの種も年2化に終わることになる。これらの種の発生期の年次変動の幅は最大15日内外に達するようであるが、上記のように最も早く発生した場合であっても、年2化に終わり、札幌よりやや温暖な道南地方で早発した場合を想定しても年3化の可能性はほとんどない。逆に冷涼な道北部でおそく発生しても第1世



第33図 ハマキガ3種の出現消長と日長の関係

- 注) 1) ハマキガの出現期は、札幌市における最も早発の場合を想定
 2) 密な斜線は短日期間, 粗な斜線は中間日長期間を示す
 3) 日長は市民薄暮時間を含む。気温は最近10年間平均による
 4) カッコ内は越冬マユ形成期, (1)はトビハマキ, (2)はほかの2種
 5) Aは成虫, Eは卵, L1~4は各齢幼虫の出現期を示す

代が秋期の中間日長期以後に発育する可能性は全くない。それゆえ、これらの3種は北海道においては常に年2世代に終わると考えられる。第33図において想定した発生期と日長の関係から、越冬齢期はトビハマキは主として第2齢、リングモンハマキは第3~4齢、コカクモンハマキ第3齢と推定されるが、これは野外における越冬幼虫の調査結果とよく一致し(奥¹⁰⁷⁾, 1966), またコカクモンハマキは欧州の場合ともほぼ一致している(BENDER⁸⁾, 1952; GROVES³⁶⁾, 1952; JANSSEN³³⁾, 1985)。これらの種は潜在的には種々の齢で休眠する能力を持っていることはすでにのべたとおりで、第33図に示したよりも発生が遅れると、上記の調査例よりも越冬齢が若齢に片よると考えられるが、仮に15日間の遅れがあったとしても、その間に日

長は1時間内外短縮するにすぎないので、越冬齢期の大幅な変動は起こりがたく、かなり固定的になるであろう。また、同様の理由で、越冬齢期の地域的な変異もごく小さいと思われる。このように年次のおよび地域的な越冬齢期の変異が小さいために、リングモンハマキ、およびコカクモンハマキにおいて実験的に老齢で休眠させたときに起こる休眠深度の低下も、野外においては事実上起こるおそれはないように思われる。

なお、休眠は0°Cに150日間冷蔵することによって完全に消去されるが、北海道における冬期間の長さはこの条件をみたしているため、幼虫の活動は翌春の温度の上昇とともに始まると考えられ、これら3種の活動開始は *Pandemis cerasana* HÜBNER の場合と同様に (MINDER⁸³⁾, 1959), 半旬

第34表 ミダレカクモンハマキ活動期の地理的変異

調査地点	緯度	年平均気温(°C)	越冬卵期	成発生虫期	備考
江部乙町(北海道)	N 43°39'	6.7	5月中旬	7月上—中旬	本報1参照
札幌市(ク)	N 43°03'	7.4	5月中—下旬	7月中—下旬	
盛岡市(本州)	N 39°42'	9.3	5月上旬	6月下旬—7月上旬	菅原(1952)による*
京城市(朝鮮)	N 37°34'	11.1	4月下旬—5月上旬**	6月中—下旬**	
須坂市(本州)	N 36°40'	11.0	4月下旬—5月上旬	6月中—下旬	福田(1961)による
静岡市(ク)	N 34°58'	15.4	4月中旬	5月下旬—6月上旬	矢後(1931)による*

注) * カクモンハマキとして記録 ** 水原市の調査値による

平均気温が9~12°Cに達したころにあたる。

(2) 卵態で越冬する種類の休眠

ミダレカクモンハマキの胚子は洋梨形期において非常に長期間にわたり発育を停止し、梅谷¹³¹⁾, (1946) および UMEYA¹³²⁾, (1950) の分類による越冬胚子第1群に属する。本種の卵の野外における発育経過は、北海道においては朝鮮の水原地方よりやや遅い傾向があるが(梅谷*, 前出), 厳寒期に発育が停滞し, その前後にゆるやかに発育する点ではよく一致している。発育直前の卵を野外から採集して加温した場合, 長期間冷蔵した卵を加温した場合と逆に, 高温下で発育が抑制されることから, 冬期のゆるやかな発育は単なる低温による発育抑制の結果ではなく, 卵自体の内的な条件に基づく発育の抑制も関与しており, 1種の休眠的状态とみなされる。このことから考えると, BECK⁷⁾, (1968) の示唆したように, 休眠を1種の発育の遅延とみなし, その極端な場合に完全な休止状態となるとみるのが妥当のように思われる。ミダレカクモンハマキの休眠は長期の低温接触によってのみ消去されるので, 本種は年1回の発生に終わり, おそらく真の非休眠発育は厳寒期をすぎてから始まるであろう。したがって, 越冬卵のふ化は主として春期の気温条件に支配されると考えられる。実際, 第34表に示すように, 暖地に向かうにつれて本種の卵のふ化期が早まり, それにつれて成虫の出現期も早まっている。このことは春期に活動するほかの1化性の昆虫と全く同様である。(MASAKI⁷³⁾⁷⁴⁾, 1961, 1967; 正木⁷⁵⁾⁷⁶⁾1966, 1967)。ただし調査地点の北端にあたる江部乙町においての

みは, より温暖な札幌市よりもむしろ早く発生する傾向が認められ, *Teleogryllus yezoemma* OHMACHI et MATSUURA の場合に類似した (MASAKI, 1961), ほかに例の少ない特殊な様相を示す。しかし, その原因および生態的意義は現在のところ明らかでない。

(3) 生活環の気候に対する適応性

温帯地方に定住する昆虫の生息環境に対する適応上, 最も問題になるのは気候条件に対するその昆虫の活動期の適合性である。トビハマキ, リンゴモンハマキ, およびコカクモンハマキは, 北海道では常に年2化に終わり, 幼虫は5~10月の間に活動し, 成虫は6~9月に出現して産卵するので, 本章1の(2)にのべた発育適温はこれらの種の活動期の野外気温にかなりよく適合している。これらの種の年間世代数は場所によって異なり, その地方の暖候期における有効温量に応じて年間2~3回の発生が認められている (BENDER⁹⁾, 1952; BÜHM⁹⁾, 1957; BROSKUS et al.¹⁰⁾, 1958; GEIER²⁹⁾, 1953; GROVES³⁰⁾, 1952; 本間⁴⁰⁾, 1967; 今井ら⁴⁷⁾, 1954; JANSSEN⁵³⁾⁵⁴⁾, 1958, 1959; 長野農試⁸⁹⁾⁹⁰⁾, 1935, 1936; 中山⁹⁶⁾⁹⁷⁾, 1937, 1943; STEINHAUSEN¹¹⁹⁾, 1954; 菅原¹²⁰⁾, 1952; 氏家¹²⁸⁾, 1966; 氏家・菅原¹²⁹⁾, 1967; ZECH¹³⁸⁾, 1957)。また本間(私信)によると, リンゴ系統のコカクモンハマキでは, その分布の南限付近に年間4世代以上の地方もあると考えられるという。本報にのべたように, これらの種の世代数は日長と温度の季節的推移に支配される休眠現象によって調節されるので, ANDREWARTHA²⁾(1952), DANILEVSKY¹²⁾¹⁴⁾(1956, 1965), LEES⁶⁶⁾⁶⁷⁾(1955, 1956), MASAKI⁷³⁾(1961), 正木⁷⁶⁾(1967)らが多くの例をあげて強

* カクモンハマキとして記述した。

調したと同様に、これらにおいても休眠が年間の世代数および活動期間の決定を通じて生活環の気候に対する適応上最も重要な役割をはたしていると考えられる。

一方、ミダレカクモンハマキにおいては、胚子の休眠により、春のふ化が十分に高温になってから始まることが保証されており、本種の幼虫および蛹の発育下限温度が比較的高いことから考えると、休眠が気候適応上重要な役割をはたしていることは疑いない。しかし前にのべたように本種の非休眠発育に要する期間は比較的短いので、有効温量から計算すると、北海道において年2回の発生は十分に可能である。本種の幼虫の発育高限界が30°C近くにあること、および、休眠が高温下で持続することから、この休眠は一見夏期の高温回避に役立っているかのように思われ、実際温暖な地方においては、そのような機能をはたしているかも知れない*。しかし、本種がリンゴに大害を与えている北海道や東北地方の北部においては、盛夏にも本種の非休眠発育に有害なほどの高温が長期間持続することがなく、これらの地方において胚子の休眠が高温回避の積極的な意義を有するかどうか、はなはだ疑問である。したがって、本種の休眠の生態的意義を、本種が多発している地域の気候のみから直接説明することは困難であって、その解明のためには、寄主植物の発育経過との関係等、気候以外の要因をも考慮に入れる必要がある。

VI 生活環の特性からみた 防除に関する考察

落葉果樹のハマキガ類の防除については、BARNES⁵⁾(1959)および福田²⁵⁾(1961)による総説があるが、それらによると、現在のところでは一般に幼虫、特に殺虫剤に対する感受性の高い若齢幼虫の活動期に殺虫剤の散布を行なうのが効果的であるという。したがって、ほかの有効な防除手段が導入されない限りは、防除は主として殺虫剤にたよらざるを得ず、その場合、防除の的確を期するには幼虫の出現期を知ることが重要である。本

* 本種は九州地方まで分布している。

報にのべた重要害虫4種の生活環からみて、防除適期の判定上考慮すべき点は次のとおりである。

- 1) 越冬態にかかわらず、休眠は冬期間中に消去されるので、越冬後の活動開始期は主として春期の気温に支配される。
- 2) 幼虫態で越冬するトビハマキ、リンゴモンハマキ、およびコカクモンハマキはいずれも北海道では年2世代を経過する。
- 3) 卵態越冬のミダレカクモンハマキは常に年1化に終わるため、防除の機会は開花前後の比較的短期間に限られる。

北海道におけるリンゴのハマキガの防除については、本研究の実施中からすでに逐次その成果を病害虫防除暦にとり入れてきたが、上記の3点に関連し、ここに防除上の問題点をあらためて総括的にのべておきたい。

リンゴの新芽の展開は、周知のように春期の気温に支配されるので、上記の1)より明らかのように、芽の発育状況は幼虫の出現の1指標となりうるであろう。筆者の4年間の観察では、幼虫態越冬の3種ではリンゴの中生品種の展葉初期、卵態で越冬するミダレカクモンハマキでは開花の5~10日前ころが活動開始期にあたる。ただし後者の越冬卵がふ化を完了し全個体が活動に入るのは開花中である。

2)に示したように、幼虫態越冬の3種には年2回の活動期があるが、春期と夏期では幼虫の経過習性に次のような相違がある。

a) 3種とも若齢で越冬するため、春期には若齢の幼虫がそろって活動するが、その後の経過は種によって異なるのみならず、脱皮数の変異があることからわかるように同種内でも経過の変異が大きく、夏期には種々の発育段階の個体が混在する。

b) 越冬後の幼虫は、新芽に完全に食入するまで葉片を摂取せず、食入後は10日内外ではかの芽に移ることが多い。夏世代の幼虫は若齢期を葉の下面で過ごし、その後葉を巻くようになる。

最初のにべたように、若齢期をねらって散布を行なうとするならば、上記のa)から春期に重点を置くべきであろう。ただし、この場合注意すべ

きことは、ほかの鱗翅目でも知られている b) にあげた特異な習性 (FRANZ²⁰⁾, 1940; PACK¹¹²⁾, 1930) で、春期の幼虫には消化中毒剤は効果がとぼしいと考えねばならない。食入後の幼虫はリンゴシロハマキの場合と同様 (WIESMANN¹³³⁾, 1926), 何回か別の芽に移るので、被害を最少限におさえるには食入後約 10 日 (芽出し後約 2 週間) 以内の散布が適当である。オオギンスジハマキ, リンゴシロハマキ等,ほかの幼虫越冬の種類も活動開始はこれらとほぼ同時であるから, この散布によって防除できる。なおトビハマキ, リンゴモンハマキ, およびコカクモンハマキの 3 種の夏世代の幼虫活動期は 7~8 月にあたり, 北海道ではモモンクイガの産卵期にほぼ一致する (宮下ら⁸⁵⁾, 1955) ので, 後者との同時防除もある程度期待できよう。

最近リンゴの有袋栽培は非常に減少したが, 現在でもサビ防止等の目的で袋かけが行なわれることがある。この場合ハマキガの幼虫が好んで袋内に侵入し, 早期の被害果は落下し, 後期被害果も著しく品質を損ずる (FULTON⁷⁷⁾, 1920)。それゆえ, ハマキガの密度が高ければ春期の防除のみに依存することは危険である。リンゴモンハマキやコカクモンハマキが主体の地域では, 袋かけ直前の殺虫剤散布で被害を防止でき, 実際, 旭川市でこの方法により顕著な効果をあげた例がある。しかしトビハマキが多発する札幌市近郊等では袋かけ前の散布でしばしば被害防止に失敗している。このよう

な地域では 7 月下旬の殺虫剤散布が必要となる。

次に 3) にあげたミダレカクモンハマキは年 1 化で幼虫の発育も比較的齊一であるが, ふ化期が開花期と部分的に重複するため防除上次のような困難がある。

a) 若齢幼虫は開花直前から活動するが, 訪花昆虫や天敵の保護上この時期の殺虫剤散布は制限される。

b) 落花後は幼虫が老齢に達しているため殺虫剤の効果が低いことがある。

a) の中で近年問題とされているものはハナバチ等の訪花昆虫で, 前田・北村⁷⁰⁾⁷²⁾, (1964, 1966) によれば, 開花中はもちろん開花直前にも接触中毒剤の散布は好ましくない。消化中毒剤も有害である (ANDERSON & ATKINS¹³⁾, 1967) が, 開花前の散布は害が少ない (前田・北村⁷¹⁾, 1965; 前田⁶⁹⁾, 1969)。次に *Eriosoma lanigera* HAUSMANN リンゴワタムシの有力な寄生蜂である *Aphelinus mali* HALDMAN ワタムシヤドリコバチは北海道にも導入されて顕著な効果を示した (豊島¹²⁴⁾, 1939) が, 近年再び道央部でリンゴワタムシの多発が問題となった。江部乙町における調査では, ワタムシヤドリコバチの第 1 回の羽化は開花直前にすでに始まるので, 本種の保護上も開花直前の接触中毒剤の散布は好ましくない。要するに開花直前は消化中毒剤の使用が望ましいが, この時期の散布は開花中にふ化するミダレカクモンハマキの一部の幼

第 35 表 北海道におけるリンゴのハマキガ類の薬剤防除時期

時 期	対 象	備 考
芽出し 2 週間後まで (5 月 2~3 半旬)	幼虫越冬種の越冬世代 幼虫活動初期	深達性の接触中毒剤を使用, 幼虫越冬種防除の最重点期
開 花 直 前 (5 月 3~4 半旬)	卵越冬種のふ化幼虫	訪花昆虫およびワタムシヤドリコバチの保護上, 接触中毒剤の使用は望ましくない
落 花 直 後 (6 月上旬)	卵越冬種の残存幼虫	老齢幼虫が多いため, 殺虫剤の選択に留意のこと
摘 果 期 以 後 (6 月末~8 月下旬)	幼虫越冬種の夏世代幼虫	無袋栽培ではモモンクイガと同時防除, 有袋栽培ではリンゴモンハマキ, コカクモンハマキには着袋時, トビハマキには 7 月下旬に防除

虫に効果が低く、一方落花後は筆者の経験ではD D T, 砒酸鉛, マラソン, バイジット, ライニアはほとんど効果がない。このような難点があるため、落花後は使用薬剤の選択に注意を要する。以上を総括すれば第35表のようになる。

最近衛生上、経済上の見地から、殺虫剤の使用を節減することが要求されるようになったが、北海道でもスピードスプレーヤーの導入後大面積の適期散布が可能になったため、リンゴの各種害虫、特にハマキガの密度は非常に低下(安藤³⁾, 1958)し、その点からみると殺虫剤節減の余地もあると考えられる。また北海道では多化性のハマキガのおもな種の繁殖加害の機会が年2回に限られ、本州諸地域のように3回以上に及ばず、それに伴い、リンゴの発育経過とハマキガの出現経過の関係も、本州諸地域と多少とも相違することは薬剤散布暦の立案にあたって考慮すべきことである。最少限の散布回数にとどめて、ほかの散布を省略し、あるいはほかの防除手段とおきかえようとするならば、以上にのべたところから、幼虫越冬の種類には、春期を重点とすること、卵越冬の種類に対してはふ化完了後である落花直後を重点として、むしろ翌年度の多発を予防する考えにたつのが妥当である。しかし、CHISWELL¹¹⁾ (1969)の示したように、1年間の殺虫剤散布の省略により、ハマキガ類の密度が一挙に20倍に達した例もあり、部分的な散布の省略にも細心の注意を払った試験が必要なことはいうまでもない。

VII 摘 要

北海道においてリンゴを加害するカクモンハマキ族の重要な種類の生活史について研究を行ない下記の結論を得た。

1 北海道においてリンゴを加害するカクモンハマキ族

北海道においてリンゴを加害するハマキガ科の食葉性害虫は28種にのぼり、それらのおもなものは老熟幼虫によって識別することが可能である。またこのうち19種はカクモンハマキ族に属し、そのおもなものは次の4種である。

Pandemis heparana

(SCHIFFERMÜLLER et DENIS) トビハマキ
Archippus breviplicanus (WALSINGHAM)

リンゴモンハマキ

Adoxophyes orana (F. v. RÖSLERSTAMM)

コカクモンハマキ

Archips fuscocupreanus WALSINGHAM

ミダレカクモンハマキ

以上のうち、前3者は多化性であって、若齢の幼虫体で樹皮につづりつけた枯葉下、または粗皮下で越冬し、越冬齢期はそれぞれ主に第2齢、第3~4齢、および第3齢である。越冬幼虫はリンゴの中生品種の展葉期ころに新芽に食入して甚害を与え、夏世代の幼虫は葉を加害するほか、果実の表面を浅く食する。成虫の出現期は、トビハマキは7月上旬~8月上旬、および8月中旬~9月下旬、リンゴモンハマキでは6月中旬~7月下旬、および8月上旬~9月中旬、コカクモンハマキはリンゴモンハマキとほぼ同時である。

ミダレカクモンハマキは1化性であって、樹皮上に産下された卵塊のままで越冬する。開花直前から開花中にかけてふ化した幼虫は、花と幼果を好食し、葉も加害する。成虫は6月下旬~8月上旬に出現する。

2 幼虫態で越冬する種類の発育および休眠

トビハマキ、リンゴモンハマキ、およびコカクモンハマキの3種の夏世代は非休眠性であるが、越冬世代は秋期に休眠し、越冬中に休眠を離脱する。幼虫の脱皮回数は主としてトビハマキでは5~6回、リンゴモンハマキでは5~7回、コカクモンハマキでは4~5回であるが、栄養条件が不良なときはさらに増加する。幼虫の頭幅の成長係数の変化により、幼虫期を若齢期と老齢期にほぼ2等分することができる。

これらの種の休眠は、一般に短日低温によって誘起され、長日高温によって抑制される。しかし、トビハマキの実験では極端な短日は抑制的、極端な長日は促進的な効果をあらわした。休眠誘起の臨界日長はトビハマキでは13.8時間内外、リンゴモンハマキおよびコカクモンハマキでは14.3時間内外、また休眠誘起の高温はいずれも15°C内外であった。日長効果の感受期は卵の後期以後

で、トビハマキでは第2 齡幼虫期、リンゴモンハマキおよびコカクモンハマキでは第3 齡幼虫期までに達する。一般に、与えられた休眠誘起条件の強さが大きいほど若齢で休眠する傾向があるが、感受期間の幅が種によって異なるため、トビハマキは若齢、リンゴモンハマキは若～中齢、コカクモンハマキは若齢から老齢までの種々の時期に休眠させることができる。しかし後2 者が中齢以後において休眠すると休眠深度が低下し、完全な静止状態とならず成長をとまなわない脱皮をくりかえす。3 種を通じ休眠は0~5°C, 150 日間の冷蔵によって完全に消去される。北海道における野外条件から推測すれば、これら3 種は常に年2 化に終わると考えられる。

3 卵態で越冬する種類の発育および休眠

ミダレカクモンハマキは定時休眠性で、野外では夏期から翌春にいたる長期間を卵態で経過する。しかし卵のふ化後は発育を継続して羽化にいたる。幼虫の脱皮回数は主として4 回で、まれにあらわれる3 回および5 回脱皮個体は非常に死亡率が高い。頭幅の成長係数の変化により、幼虫期は若齢期と老齢期に2 等分される。

卵内の胚子は産卵後間もなく、洋梨形期まで発育して完全な休止に入り、初冬に発育を再開する。しかし越冬中の胚子発育は非休眠の場合と逆に低温下で促進され、高温下で抑制されるので、越冬期間中にも休眠による内的な発育抑制は持続しており、真の非休眠発育は越冬後に始まると考えられる。この休眠は0~3°C に約120 日間冷蔵したとき完全に消去された。

4 防 除

以上4 種の生活環の特性、幼虫の習性、リンゴの発育経過および有益昆虫との関係を考慮して殺虫剤による防除上の諸問題を論じた。最少限度の殺虫剤散布によって防除しようとする場合は、幼虫越冬の種類に対しては芽出し後2 週間以内、卵越冬の種類に対しては落花直後に散布を行なうのが合理的である。また、本州諸地方と異なり、多化性の3 種の繁殖、加害の機会は北海道では年2 回に限られることも防除計画に注目を要する点である。

引 用 文 献

- 1) ANDERSON, L. D. & E. L. ATKINS, Jr. 1967; Pesticide usage in relation to beekeeping. Ann. Rev. Ent. 12: 213-238.
- 2) ANDREWARTHA, H. G., 1952; Diapause in relation to the ecology of insects. Biol. Rev. 27: 50-107.
- 3) 安藤千代蔵, 1959; スピードスプリーヤーの効用について. 北海の果樹 66: 6-12.
- 4) BAIRD, A. B., 1918; Some notes on the control of cherry tree ugly-nest Tortricid. Agr. Gaz. Canad. 5: 766-771.
- 5) BARNES, M. M., 1954; Deciduous fruit tree insects and their control. Ann. Rev. Ent. 4: 343-362.
- 6) BEAN, J. L. & H. O. BATZER, 1957; Mean head width for spruce budworm larval instars in Minnesota and associated data. J. econ. Ent. 50(4): 499.
- 7) BECK, S. E., 1968; Insect photoperiodism. Academic press.
- 8) BENDER, E., 1952; Die wickler *Capua reticulana*. Badische Obst- u. Gartenbau 5: 177-178. (cited from Zts. Pflkr. 6: 200. 1953)
- 9) BÖHM, H., 1957; Zum Auftreten des Fruchtschalenwicklers *Capua (Adoxophyes) reticulana* Hb. in Österreich. Pflsch. Ber. 19: 159-175.
- 10) BROZKUS, W., K. G. ADLUNG, & W. MADEL, 1958; Lepidopterologische Beobachtungen in einer Ingelheimer Apfelanlage mit besonderer Rücksichtigung der Tortriciden. Anz. Schädl. 31 (2): 20-23.
- 11) CHISWELL, J. R., 1964; Control of the fruit tree tortrix, *Archips podana* (Scop.), on apple with summer sprays. 51st Rep. East Malling Res. Sta. 1963: 133-137.
- 12) DANILEVSKY, A. S., 1956; Photoperiodism as the regulator of seasonal cycles of insects. (In Russian) Acad. Sci. USSR., M-L: 5532-. (cited from DANILEVSKY, 1965)
- 13) ————, 1957; Photoperiodism as a factor in the formation of geographical races of insects. (In Russian). Ent. Obozr. 36 (1): 6-27.
- 14) ————, 1965; Photoperiodism and

- seasonal development of insects. (English ed.) Oliver & Boyd.
- 15) DUMBLETON, L. J., 1939; Contribution to the physical ecology of *Tortrix postvittana* WALKER. Bull. ent. Res. 30: 309-319.
 - 16) DYAR, H. G., 1890; The number of moults of lepidopterous larvae. Psyche 5: 420-422.
 - 17) 遠藤和衛・森芳夫, 1957; 北海道病虫害防除提要, 北海道植防協会.
 - 18) ESCHERICH, K., 1931; Die Forstinsekten Mitteleuropas. Ein Lehr- u. Handbuch. III Bd. Berlin.
 - 19) EWEN, A. D., 1966; A possible endocrine mechanism for inducing diapause in the eggs of *Adelphocoris lineolatus* (GOEZE). Experimentia 22: 470. (cited from BECK, 1968)
 - 20) FRANZ, J., 1940; Der Tannentriebwickler *Cacoecia murinana* Hb. Beiträge zur Bionomie und Ökologie. Zts. angew. Ent. 27: 345-407.
 - 21) FROST, S. W., 1922; Ecdysis in *Tomtocera ocellana* SCHIFF. Ann. ent. Soc. Amer. 15: 164-168.
 - 22) ————, 1926; Apple leaf-rollers of the genera *Amorbia*, *Archips*, *Eulia*, *Pandemis*, and *Peronea*. J. econ. Ent. 19(6): 813-819.
 - 23) 深谷昌次, 1959; 休眠の内分生理, 実験形態学新説: 23-33. 養賢堂.
 - 24) FUKAYA, M. & J. MITSUHASHI, 1961; Larval diapause in the rice stem borer with special reference to its hormonal mechanism. Bull. Inst. agr. Sci. (C) 13: 1-32.
 - 25) 福田仁郎, 1961; 果樹害虫篇, 養賢堂.
 - 26) Fukuda, S., 1951; The production of the diapause egg by transplanting the suboesophageal ganglion in the silkworm. Pr. Jap. Acad. 27: 672-677.
 - 27) FULTON, B. B., 1920; Insect injuries in relation to apple grading. N. Y. agr. Exp. Sta. Bull. 475: 1-42.
 - 28) GAINES, J. C. & F. L. CAMPBELL, 1935; DYAR's rule as related to the number of instars of the corn ear worm, *Heliothis obsoleta* (FAB.), collected in the field. Ann. ent. Soc. Amer. 28: 445-461.
 - 29) GEIER, P., 1953; *Adoxophyes orana* F. R. (= *Capua reticulana*) une nouvelle tordeuse observée dans les vergers romandes en 1953. Rev. rom. Agr. 9(10): 83-84. (cited from Rev. appl. Ent. A, 43: 338, 1955)
 - 30) GEISPITZ, K. F., 1949; Light as a factor regulating the developmental cycle of the pine moth. (In Russian) Rep. Acad. Sci. USSR. N. Ser. 68(4): 781-784. (cited from Lees, 1955)
 - 31) GEISPITZ, K. F., 1953; The reaction of univoltine Lepidoptera to day-length. (In Russian) Ent. Obozr. 33: 17-31.
 - 32) ————, 1960; The effect of the conditions in which preceding generations were reared on the photoperiodic reaction of geographical forms of the cotton spider mite (*Tetranychus urticae* KOCH). (In Russian) Tr. peterhof biol. Inst. Leningr. Univ. 18: 169-177. (cited from Danilevsky, 1965)
 - 33) GILLIATT, F. C., 1928; A preliminary report on some of the bud-moths and leaf-rollers of Nova Scotia. 58th Ann. Rep. ent. Soc. Ontario 1927: 227-239.
 - 34) ————, 1930; The bionomics of the white triangle leaf-roller *Cacoecia persicana* FITCH. Sci. Agr. 10(10): 631-653.
 - 35) GOLDSCHMIDT, R., 1934; *Lymantria*. Bibliogr. Genet. 11: 1-186.
 - 36) GROVES, J. R., 1952; A preliminary account of summer fruit Tortricid *Adoxophyes orana* (F. R.) in great Britain. 39th Rep. East Malling Res. Sta. 1951: 152-154.
 - 37) GUENNELON, G., 1955; Contribution à l'étude des Tortricides nuisibles au fenillage des arbres fruitiers dans la basse vallée du Rhône. Ann. Epiphyt. 6(2): 165-183. (cited from Rev. appl. Ent. A, 44: 142-143, 1956)
 - 38) ————, 1966; Contribution à l'étude de la diapause embryonnaire chez *Archips rosana* L. (Lepidoptera: Tortricidae). Inst. nat. Rech. Agr. (Thèses Fac. Sci. Univ. Paris)
 - 39) HALL, J. A., 1930; Leaf rollers attacking the apple in the Norfolk county, Ontario. 60th ann. Rep. ent. Soc. Ontario 1927: 137-139. (cited from Rev. appl. Ent. A, 19: 41-42, 1931)
 - 40) HARVEY, G. T., 1953; The occurrence and nature of diapause-free development in the spruce budworm *Choristoncura fumiferana* (CLEM.) (Lepidoptera: Tortricidae). Canad. J.

- Zool.35: 541-572.
- 41) HASEGAWA, K. 1952; Studies on the voltinism in the silkworm, *Bombyx mori* L., with special reference to the organs concerning determination of voltinism. J. Fac. Agr. Tottori Univ. 1: 83-124.
 - 42) HEY, S. & I. THOMAS, 1933; On the biology of *Cacoecia crataegana* Hüb. on fruit trees in the wisbech area. Ann. appl. Biol. 20(3): 439-467.
 - 43) HOCHMUT, R., 1954; A contribution to the study of the morphology, bionomics and population dynamics of *Archips crataeganus*. (In Czech) práce výzkum Ústvě lesn. CSR. 16: 23-58. (cited from Rev. appl. Ent. A, 49: 137, 1961)
 - 44) HONMA, K., 1966; photoperiodic responses in two local populations of the smaller tea tortrix, *Adoxophyes orana* FISCHER VON RÖSLERSTAMM (Lepidoptera: Tortricidae). Appl. Ent. Zool. 1(1): 32-36.
 - 45) 本間健平, 1967; リンゴにつくハマキムシの生態と防除. 植防 21(3): 94-98.
 - 46) 一瀬太良・渋谷成美, 1959; タマナギンウワバおよびその近似種(ヤガ科)の生態に関する研究. II. タマナギンウワバの発育に及ぼす温度の影響, 応動昆 3(3): 156-163.
 - 47) 今井栄一・熊倉正昭・遠藤金弥, 1954; 各種の灯火の誘殺効果, 北日本病虫研報 5: 171-174.
 - 48) 井上 寿, 1966; イネハモグリバエの不休眠蛹の発生原因について, 北農 33(4): 17-23.
 - 49) 石井象二郎, 1952; 二化蠶虫人工培養の現状, 応昆 8(3): 93-98.
 - 50) IWAO, S., 1962; Studies on the phase variation and related phenomena in some lepidopterous insects. Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ. 84: 1-80.
 - 51) JACOBSON, L. A. & P. E., BERKELEY, 1960; Survival, development, and fecundity of the pale western cutworm, *Agrotis orthogonia* MORR. (Lepidoptera: Noctuidae), after starvation. Canad. Ent. 92(3): 184-188.
 - 52) JANJUA, N. A., 1940; On the biology of *Cacoecia sarcostega* MEYR. in Bulchistan. Ind. J. Ent. 2(2): 145-154.
 - 53) JANSSEN, M., 1958; Biologie, Massenwechsel und Bekämpfung von *Adoxophyes orana* FISCHER VON RÖSLERSTAMM. Beitr. Ent. 8: 291-324.
 - 54) ————, 1959; Tortriciden in Rheinischen Obstanlagen. Anz. Schädli. 32: 6-8.
 - 55) 上条一昭, 1968; トドマツ造林地におけるハマキガの被害. 北方林業 228: 77-82.
 - 56) 木村重義・五十嵐正俊, 1963; 齢期別に短日処理したマツケムシの発育経過について. 第74回日本林学会講演集: 329-333.
 - 57) KIND, T. V., 1965; Neurosecretion and voltinism in *Orgyia antiqua* L. (In Russian) Ent. Obozr. 44: 326-327.
 - 58) 清久正夫・佃田律子, 1967; ハスモンヨトウの半合成飼料による集団飼育. 応動昆中国支部報 9: 28-30.
 - 59) 小林森巳, 1955; ハマキガの夜間活動と環境条件. 北日本病虫研報 6: 112-114.
 - 60) 見玉 行, 1956; リンゴを加害するハマキガ科(Tortricidae)幼虫の分類. 大阪府大農学部, 昆虫出版 2: 1-13.
 - 61) 小浜礼孝, 松沢 寛, 1965; コウモリガの発育に関する知見. 応動昆 9(2): 129-131.
 - 62) KUDLER, J. & R. HOCHMUT, 1959; *Cacoecia crataegana* Hb. als derzeitiger Grossschädling in den Mährischen Eichenbeständen. Zts. Pflkr. 66: 142-149.
 - 63) 桑山 覚, 1926; 北海道農園芸害虫目録. 北農試集報 42, 1-130.
 - 64) ————, 1936; 北海道における苹果の害虫. 園芸講習会要録 4: 87-118.
 - 65) LEES, A. D., 1953; Environmental factors controlling the evocation and termination of diapause in the fruit tree spider mite, *Metatetranychus ulmi* KOCH (Acarina: Tetranychidae). Ann. appl. Biol. 40: 449-486.
 - 66) ————, 1955; The physiology of diapause in Arthropods. Cambridge University press.
 - 67) ————, 1956; Physiology and biochemistry of diapause. Ann. Rev. Ent. 1: 1-16.
 - 68) LONG, D. E., 1953; Effects of population density on larvae of Lepidoptera. Tr. roy. ent. Soc. Lond. 104: 541-591.
 - 69) 前田泰生, 1969; 野生花蜂の利用. 落葉果樹 22(1): 53-58.
 - 70) ————・北村泰三, 1964; ツツハナバチ属によるリンゴのポリネーションに関する研究 (I) 本邦でリンゴのポリネーターとして利用されているツツハ

- ナバチ属利用の動機と現状. 東北昆虫研究 1 (2): 45-52.
- 71) ————, 1965; 同上 (II) ポリネーターとしてのツツハナバチ属利用の特性と問題点. 昆虫 33 (1): 17-34.
- 72) ————, 1966; 野生蜂マメコバチを利用したリンゴの授粉. 落葉果樹 19 (3): 13-16.
- 73) MASAKI, S., 1961; Geographical variation of diapause in insects. Bull. Fac. Agr. Hirosaki Univ. 7: 66-98.
- 74) ————, 1967; Geographic variation and climatic adaptation in a field cricket (Orthoptera: Gryllidae). Evolution 21(4): 725-741.
- 75) 正木進三, 1966; 昆虫の気候適応と地理的変異. 植防 20: 243-249.
- 76) ————, 1967; 生活史の適応. 昆虫 35 (3): 205-220.
- 77) 松村松年, 1899; 日本害虫篇. 裳華房.
- 78) ————, 1910; 大日本害虫全書. 六盟館.
- 79) ————, 1920; 大日本害虫全書 (増訂). 六盟館.
- 80) MCGINNIS, A. & R. KASTING, 1959; Nutrition of the pale western cutworm, *Agrotis orthogonia* MORR. (Lepidoptera: Noctuidae). I. Effects of under feeding and artificial diets on growth and development, and a comparison of wheat sprouts of Thatcher, *Triticum aestivum* L. and Golden Ball, *T. durum* DESF. as food. Canad. J. Zool. 37(3): 259-266.
- 81) 南川仁博, 1953; コカクモンハマキの生態学的研究 (第2報). 茶技研 9: 18-23.
- 82) ————, 1958; 同上 (第4報). 茶技研 19: 27-31.
- 83) MINDER, I. F., 1959; Leaf-rollers injurious to fruit crops in the flood-plain of the oak river. (In Russian) Ent. Obozr. 38(1): 98-110.
- 84) MITSUHASHI, J., 1963; Histological studies on the neurosecretory cells of the brain and on the corpus allatum during diapause in some lepidopterous insects. Bull. Inst. agr. Sci (C) 16: 67-121.
- 85) 宮下揆一・川村英五郎・池内 茂, 1955; モモシンクイガの生態に関する研究. 第1報 モモシンクイガの発生時期について. 北農試彙報 68: 71-78.
- 86) 北海道農事試験場, 1908; 苹果害虫およびその駆除法. 北農試彙報 5: 1-47.
- 87) ————, 1922; 苹果害虫の防除. 北農試彙報 27: 1-77.
- 88) MOROHOSHI, S., 1957; Physiogenetical studies on moltinism and voltinism in *Bombyx mori*: a new hormonal antagonistic balance theory on the growth. Jap. Soc. Prom. Sci, Tokyo.
- 89) 長野県農業試験場, 1935; 苹果葉捲虫に関する調査及試験. 昭和8年業務概要: 205-212.
- 90) ————, 1936; 同上. 昭和9年業務概要: 130-138.
- 91) NAGASAWA, S., 1957; Problems on the breeding of insects for biological assay of insecticides. XVII. On the number of larval moults in the "Takatsuki" race of the gypsy moth, *Lymantria dispar* L. Jap. J. appl. Ent. Zool. 1(1): 27-31.
- 92) 長沢純夫, 1957; 野辺地系マイマイガの幼虫期における脱皮回数について. 殺虫剤の生物試験用昆虫の飼育にかんする諸問題 (第18報). 防虫化学 22(2): 255-259.
- 93) ————, 1958; 弘前系マイマイガの幼虫期における脱皮回数について. 同上 (第19報). 防虫科学 23 (1): 31-39.
- 94) ————・中山 勇, 1968; 倉敷系マイマイガの成長とその変異. 同上 (第47報). 昆虫 36 (3): 237-249.
- 95) 中山昌之助, 1936; カクモンハマキ *Cacoecia xylosteana* LINNÉ に関する研究 第1報. 朝鮮農試彙報 8 (4): 205-212.
- 96) ————, 1937; アトボシハマキ *Cacoecia longicellana* WALS. の生態学的研究. 朝鮮農試彙報 9 (3): 417-423.
- 97) ————, 1943; リンゴ栽培と病虫害. 明文堂.
- 98) NEWCOMER, E. J., & F. W. CARLSON, 1952; The leaf roller moth *Pandemis pyrusana*. J. econ. Ent. 45(6): 1079-1080.
- 99) 丹羽四郎, 1910; 桑ヲ害スル葉捲蛾科ノ調査. 蚕事報告 39: 7-26.
- 100) OKU, T. 1957; Description of a new species of *Acleris* HUEBNER with notes on synonymy. (Notes on Tortricidae of Japan I) Ins. Mats. 21(1-2): 74-76.
- 101) ————, 1965; Discovery of *Epinotia signatana* (DOUGLAS) in Japan. Ins. Mats. 28(1): 68.
- 102) 奥 俊夫, 1957; 北海道に於いてリンゴを加害するハマキガ類について. 札幌農林学会報 39(6): 46-47.
- 103) ————, 1961-a; ハマキガ類に関する研究 (第1

- 報)北海道における農園芸害虫としてのハマキガ類. 北日本病虫研報 12: 84-86.
- 104) ———, 1961-b; 同上(第2報)ミダレカクモンハマキの各態発育について. 北日本病虫研報 12: 86-87.
- 105) ———, 1964; 同上(第6報)北海道におけるリンゴのハマキガとその分布. 北日本病虫研報 15: 114-115.
- 105) ———, 1965; 同上(第9報)高温短日下における数種ハマキガ幼虫の異常行動について. 北日本病虫研報 16: 88.
- 107) ———, 1966; 数種ハマキガの幼虫期前半における休眠Ⅰ, 休眠前行動および生活環の特異性. 昆虫 34(2): 144-153.
- 108) ———, 1967-a; 北海道における農園芸害虫としてのハマキガ類とその寄主植物. 道農試集報 16: 44-62.
- 109) ———, 1967-b; ミダレカクモンハマキの地域的変異に関する2,3の知見 Ⅰ. 若干の幼虫形質の変異について. 東北虫研究 3(1-2): 14-18.
- 110) 奥山七郎・富岡 暢・森川美智子, 1962; アワヨトウに関する研究. 第1報 幼虫の発育と食草との関係(1). 北日本病虫研報 13: 99-100.
- 111) ———・———・井上 寿, 1966; 同上 第4報 幼虫期における頭部の成長と食餌植物の関係. 北日本病虫研報 17: 75.
- 112) PACK, H. J. 1930; The "spitting" habit of lepidopterous larvae. J. econ. Ent. 23(4): 736-738.
- 113) PARADIS, R. O., & E. J. LEROUX, 1965; Recherches sur la biologie et la dynamique des populations naturelles d' *Archips argyrospilus* (WALK.) (Lépidoptères: Tortricidae) dans le sud-ouest de Quebec. Mém. Soc. ent. Canada 43: 1-77.
- 114) PETERSON, A. & G. J. HÄUSSLER. 1930; Some observations on the number of larval instars of the oriental peach moth, *Laspeyresia molesta* BUSCK. J. econ. Ent. 21(6): 843-852.
- 115) 酒井文三郎, 1926; 塙厩降灰ノ添食ガ蚕児ニ及ボス影響ニ就テ. 長野蚕試報 1: 65-148.
- 116) 札幌管区気象台(編), 1964; 新版 北海道の気候. 気象協会北海道支部.
- 117) 佐々木 静, 大槻松夫, 1951; 桑葉と三眠蚕発生の関係. 蚕糸雑 20(5): 346-350.
- 118) 清水三雄, 1959; 相対生長. 協同出版社.
- 119) STEINHAUSEN, W., 1954; Der Apfelschalenwickler, *Capua reticulana* Hb., ein neuer Obstschädling. Anz. Schädli. 27: 86-87.
- 120) 菅原寛夫, 1952; リンゴのハマキムシ. 湯浅・河田編 農作害虫新説: 291-301.
- 121) 杉本 毅, 1962; タケノホソクロバ幼虫の集団の大きさがその発育と死亡率に及ぼす影響. 応動昆6(3): 196-199.
- 122) 高橋史樹, 1961; コナマダラメイガの増殖能力におよぼす生息密度の影響 VII. 幼虫の齢数および齢期間におよぼす生息密度の影響. 応動昆5(3): 185-190.
- 123) 高橋 奨, 1930; 果樹害虫各論 上巻. 明文堂.
- 124) 豊島在寛, 1939; 綿虫寄生小蜂に関する研究 第1報. 苹果試験場報告: 1-23.
- 125) ———, 1950; リンゴ, ミザクラの害虫. 湯浅, 朝日山編 病害虫の生態と防除. 果樹篇: 51-108.
- 126) ———・小林森巳, 1957; リンゴの葉に加害する未記録のハマキガ (*Cacoecia* sp.) に関する研究(予報). 東北農試研報 11: 52-58.
- 127) 津川 力・山田雅輝・白崎将英・小山信行, 1965; ミダレカクモンハマキの休眠終了時期. 北日本病虫研報 16: 85-86.
- 128) 氏家 武, 1966; リンゴ樹を加害するハマキガ科の種類について. 北日本病虫研報 17: 83.
- 129) 氏家 武・菅原寛夫, 1967; リンゴ園の害虫相に関する研究 第1報. 新植樹における害虫相の実態と変化. 園試報 C, 5: 21-45.
- 130) 梅谷与七郎, 1939; 家蚕の幼虫期における特殊な生理的境界および越冬現象. 動雑 51(7): 445-462.
- 131) ———, 1946; 蚕の越冬卵より見たる昆虫の卵越冬現象. 蚕試報 12(4): 393-480.
- 132) UMEYA, Y., 1950; Studies in embryonic hibernation and diapause in insects. Pr. imp. Acad. Jap. 26(6): 1-9.
- 133) WIESMANN, R., 1926; Die beiden Knospenschädlinge: *Tometocera ocellana* und *Olethreutes variegana* als Knospenschädlinge der Apfelbäume in Wallis. Anz. schädli. 3(8): 87-91.
- 134) WIGGLESWORTH, V. B., 1964; The hormonal regulation of growth and reproduction in insects. Advances in Ins. Physiol. 2: 247-336.
- 135) WITTIG, G., 1959; Morphologie und Entwicklung der Raupen des Tannentriebwicklers. I. Die Untersuchungen der Larvenstadien. Zts. Pflkr.

- 66: 401-409.
- 136) 矢後正俊, 1931; カクモンハマキに関する研究 (第1報). 静岡農試臨報 22: 1-14.
- 137) 吉田竜夫, 1952; りんご芯喰虫発生と土壌管理との関係. 北大附属農場特報 10: 52-59.
- 138) ZECH, E., 1957; Die Flugzeiten des Blattwicklers (*Capua reticulana* Hb.) in Jahre 1955 und der Flugverlauf während der Abend und Nächte. NachrBl. PflschDienst. (N. F.) 11(2): 27-32. (cited from Rev. appl. Ent. 47: 349, 1955)

STUDIES ON LIFE-HISTORIES OF APPLE LEAF-ROLLERS BELONGING TO THE TRIBE ARCHIPSINI

(Lepidoptera : Tortricidae)

by
Tosho OKU

Summary

According to the literature there have been known to occur twenty-eight species of Tortricid leaf-rollers which cause injury to apple in Hokkaido. In the present paper is given a key to the species of Tortricid apple leaf-rollers based on the mature larvae which have been examined by myself. As the following four species belonging to the tribe Archipsini are the most important pests among the apple leaf-rollers, they are principally discussed in this paper.

1. *Pandemis heparana* (SCHIFFERMÜLLER et DENIS)

In the field the adult is seen from early July to early August, and again from mid August to late September. The egg mass is deposited on the upper surface of the leaf. The newly hatched larva feeds at first on the lower surface of the leaf, and rolls the leaf in later instars. The larva also feeds shallowly on the fruit especially which is covered with a paper bag for the protection from the rust disease and fruit borers. In the autumn the larva enters a facultative diapause mainly at the second instar in a crevice of the bark or below a piece of leaf spun with the twig. The overwintering larva resumes activity at the beginning of May, boring into the growing bud.

From the results of laboratory experiments the theoretical zero point for the diapause-free development is calculated as 5.0°C for the egg, 3.8°C for the larva, and 5.1°C for the pupa, respectively. In common the diapause-free larva moults five to six times before reaching maturity, but the number of moult tends to increase under poor nutritional conditions. In the induction of larval diapause the leading rôle is taken by the photoperiod and the temperature but not by the host nutrition. The diapause is induced by a certain range of the short-day with its critical day-length at about 13.8 hours. The sensitivity to the photoperiod is found from the later stage of the embryonic development to the second larval instar. Low temperature at about 15°C is favourable for the induction of diapause. Under artificial conditions the larval instar in diapause could be varied within a certain range, becoming older in parallel with the decrease of the incidence of diapause. From this phenomenon it is suggested that the diapausing instar is determined by the time required for the physiological pre-determination of diapause. A cold storage at 0 to 5°C for 150 days is satisfactory for the complete elimination of the diapause.

2. *Archippus breviplicanus* (WALSINGHAM)

This species differs from *Pandemis heparana* in the following aspects:— The adult appears from mid June to late July, and again from early August to mid September. In the field

the larva overwinters at the third or fourth instar. The larva moults mainly five to seven times before pupation. From the results of laboratory experiments the theoretical zero point for the diapause-free development is calculated as 7.1°C for the egg, 6.0°C for the larva, and 5.9°C for the pupa, respectively. The critical day-length of the larval diapause lies at about 14.3 hours. The sensitivity to the photoperiod is found from the later stage of the embryonic development to the third larval instar. When the diapause is evoked at older instars, many of larvae do not become completely inactive, but continue to feed sporadically and repeatedly moult with little growth.

3. *Adoxophyes orana* (F. V. RÜSLERSTAMM)

In many aspects this species is much similar to *Archippus breviplicanus*, from which it differs by the following points:—

The larva moults mainly four or five times before pupation, and overwinters in common at the third larval instar. From the results of laboratory experiments the theoretical zero point for the diapause-free development is calculated as 6.9°C for the egg, and 7.4°C for the pupa, respectively.

4. *Archips fuscocupreanus* WALSIMGHAM

This species differs from the preceding three species in having an obligatory embryonic diapause, by which it is engaged for the monovoltine annual cycle. The adult is seen from late June to early August. The egg mass is deposited on the branch or the trunk but not on the leaf. In a few days after oviposition a firm embryonic diapause supervenes at so-called "pyriform stage", persisting until late November in the field. The embryonic development proceeds much gradually through winter apart from severe cold months. The hatching occurs in mid May, coming out to the blooming period of apple. The larva feeds preferably on the flower and the young fruit. Pupation occurs in a spun cluster of leaves at the later half of June.

From the results of laboratory experiments the theoretical zero point for the diapause-free development is calculated as 7.3°C for the egg, 8.1°C for the larva, and 10.7°C for the pupa, respectively. In common the larva reaches to maturity after four moults. When the egg in diapause is incubated at early winter, the embryonic development is suppressed by higher temperature on the contrary to the diapause-free development. This seems to indicate that a growth inhibition derived from diapause is maintained through the gradual development in winter. The diapause is completely eliminated by a prolonged cold storage at 0 to 5°C for about 150 days.

On the basis of the results of the present investigations the timing of insecticidal sprays is discussed with reference to the side effect to the pollinators of apple and the parasite of the woolly apple aphid. In conclusion, it is suggested that for the effective control of the leaf-rollers it is necessary to keep at least two sprays in the general spray program in Hokkaido, namely:—earlier one at the mouse-ear stage of the apple bud against the overwintering larvae, including *Pandemis heparana*, *Archippus breviplicanus*, *Adoxophyes orana*, and some other species hibernating at larval stage, and later one just after the petal-fall stage of the apple flower against the larvae of species hibernating at the embryonic stage, among which *Archips fuscocupreanus* is principal pest throughout Hokkaido.