

北海道におけるアカザモグリハナバエの 生活史に関する研究

第3報 休眠と生活史の関係

奥 俊 夫†

STUDIES ON THE LIFE-HISTORY OF THE BEET-FLY, *Pegomyia hyoscyami* (PANZ.) IN HOKKAIDO

III. Pupal Diapause in relation to the Life Cycle

Toshio OKU

I 緒 言

昆虫類の休眠の生態的意義についてはすでに ANDREWARTHA¹⁾ (1952), LEES²⁾ (1955) らが広く既往の知見を引用して論じているが、アカザモグリハナバエ *Pegomyia hyoscyami* (PANZ.) においても休眠は生活環の上で重要な因子の1つである。堀田・奥³⁾ (1958) は本種の羽化率が秋期に低くなることを報告したが、休眠蛹の発生がその原因の1つとなつていられる。筆者は札幌市において昭和32年以来本種の休眠について調査し生活環における休眠蛹の役割りについて知見を得たので、ここに報告する。

本研究実施にあたり北海道立農業試験場病虫部長成田武四博士、農林省北海道農業試験場松本藩博士にひとかたならぬ御配慮をいただき、北海道立農業試験場病虫部富岡暢技師、奥山七郎技師、北海道専門技術員黒沢強技師、北海道大学農学部西島浩博士より御援助ならびに御助言をいただいた。各位に対し厚く謝意を表する。

II 調 査 結 果

(1) 休眠蛹の発生経過

札幌市琴似町の農業試験場圃場内で、随時老熟幼虫を寄主葉に潜入したまま採集し、大型暖干シャーレにおさめ、毎日蛹化個体を取り出し、採集後2日以内に蛹化したもののみを供試した。幼虫

は8月まではてん菜、飼料用てん菜、アカザより採集したが、9月以降はアカザおよびてん菜稚苗の葉*から採集した。蛹は R. H. 100% に保つたシャーレに移し**、ガラス張り 25°C の電気恒温器に保つた。ただし第1化期の蛹の一部のみは室温 (22°C以上) においた。羽化は毎日午前中に調査した。

本種の不休眠蛹は、25°Cでは11~16日、22°Cでは13~18日の間に羽化する**。不休眠蛹の羽化が終わつてのち、ある期間をおいて再び羽化がおこるが、これらは不休眠蛹とは別の羽化の山をつくる傾向があつて、不休眠蛹のうちの発育の遅れた個体ではなく、1種の休眠蛹であると思われるので、休眠蛹A型として記録し、以上のほかに翌春4月まで羽化しない個体は休眠蛹B型として記録した。

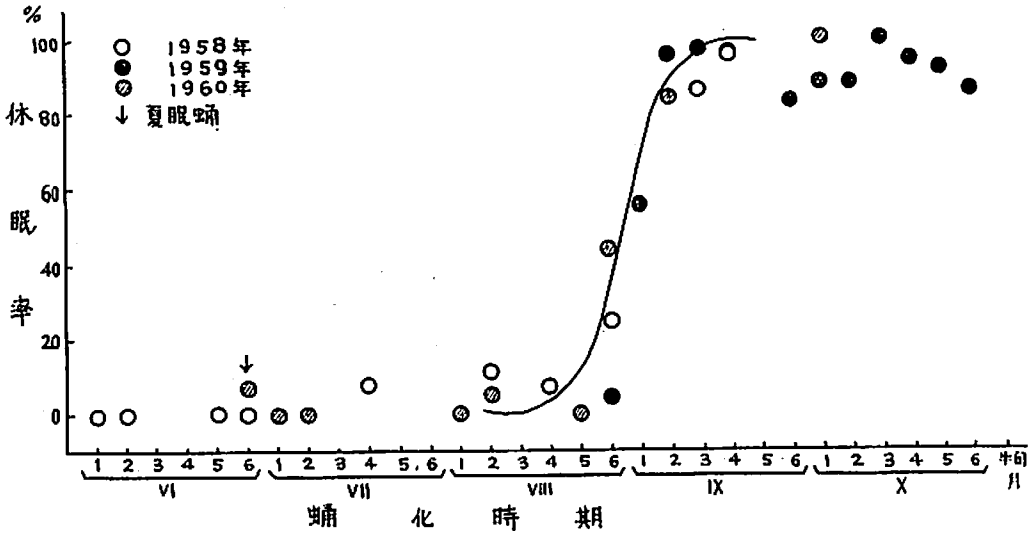
蛹化後1カ月間、度々蛹を直射日光にすかして死蛹および寄生蜂をとり除き、休眠率算出の際には除外した。死蛹は蛹化直後に多く、5~30%であつた。翌春4月調査終了時に、蛹殻を破つてみるとかなりの死蛹がみられたが、これらはすべて休眠蛹B型に含めた。

まず、A、B両型を含む休眠蛹全体の発生経過を蛹化時期別に示すと第1図のとおりである。供試個体数は1958~'59年には各半月50~380個体

* 採種圃場のこぼれ種子より生じたもの。

** 第2報 (奥, 堀田¹⁰⁾, 1961) 参照。

第1図 休眠蛹の発生経過



(注) 半月ごとの合計値を示す。

1960年には20~80個体であつた。休眠蛹は6月にすでに出現した年もあるが一般にはほとんど問題にならず、7月から8月中旬にかけてやや増加しているが、なお15%に満たなかつた。しかし、8月下旬からは急激に増加し、9月初めにほぼ50%に達し、3半月にはほとんど100%となつた。その後の休眠率は常に80%以上であつて、事実上全個体休眠に入るとみてよく、8月下旬から9月上旬にかけて明らかに休眠率の転換がおこつている。この時期の休眠率の変化は8月3半月に始まり6月初めを中心として9月4半月に終わるS字状曲線をもつて現わすことができる。

次に休眠蛹A型の発生経過を休眠蛹全体に対する比率で現わすと第1表および第2図のようになる。表によれば当初A型の出現率が高く、季節の進むにつれて低下している。1959年の10月3半月以降に再びA型の出現率が高くなつてゐるが、当時のA型出現率と食草の関係を示すと第2表のとおりで、てん菜稚苗を食した場合にのみ出現率が著しく高くなつてゐる。この時期には、すでにてん菜は完熟期に入つており、普通にはてん菜は栽培されておらず、幼虫はアカザに少数見られただけであつて、A型休眠蛹は野外ではほとんど出現

第1表 休眠蛹A型出現率

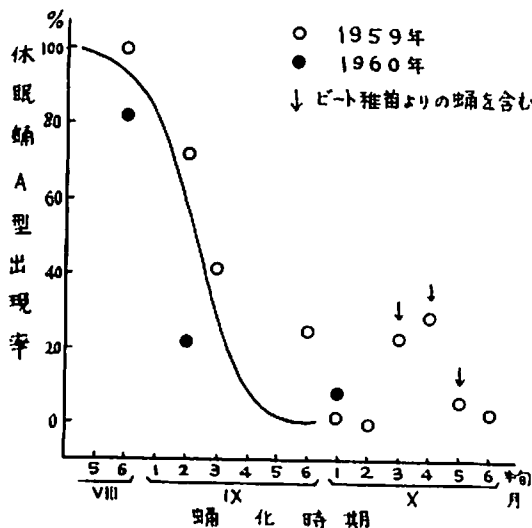
年次	蛹化時期	供試数	A型蛹数	B型蛹数	A型出現率	
					%	
1959	Ⅷ. 6	3	3	0	100.0	
	Ⅸ. 2	28	20	8	71.4	
		3	41	17	41.5	
		6	25	5	25.0	
		Ⅹ. 1	64	1	63	1.6
	2		53	0	53	0
	3		13	3	10	23.1
	4		58	13	45	28.9
	5		82	5	77	6.1
	6		68	2	66	2.9
1960	Ⅵ. 6	1	1	0	100.0	
	Ⅷ. 2	1	1	0	100.0	
		6	23	19	4	82.6
	Ⅸ. 2	23	5	18	21.7	
		Ⅹ. 1	35	3	32	8.6

(注) 1958年は蛹化1カ月後に蛹殻を破つて内部を検したため、休眠型判定を行なわない。

しないのが普通であらうと思われる。従つてA型の発生経過は、おおむね、8月中~下旬に始まり9月末に終わる逆S字状曲線で示すことができると考えられる。

いま仮りに以上にのべたS字状および逆S字状曲線がそれぞれ正絛曲線に一致するとし、両者を

第2図 休眠蛹A型の発生経過

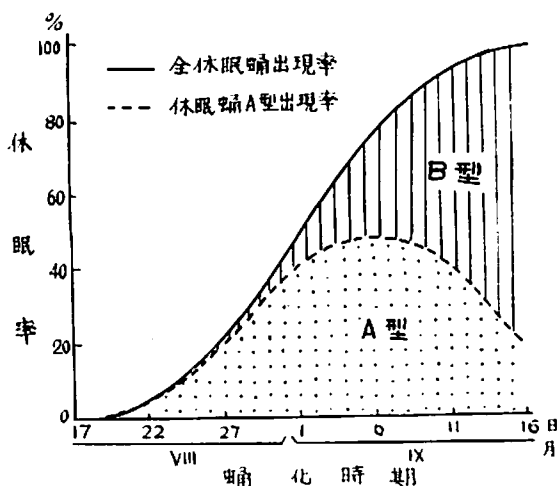


(注) 休眠蛹全体に対する比をもつて示す。

第2表 休眠蛹A型の出現と食草の関係 (1959)

蛹化時期	食草	供試数	A型蛹数	B型蛹数	A型出現率%
8月	アカザ成体	28	0	28	0
13	てん菜稚苗	6	1	5	16.7
14	ク	7	2	5	28.6
17-18	ク	34	21	13	61.9
17-18	アカザ成体	24	0	24	0
21-22	てん菜稚苗	14	4	10	28.6
21-22	アカザ成体	68	1	67	1.5

第3図 休眠蛹出現経過模式図



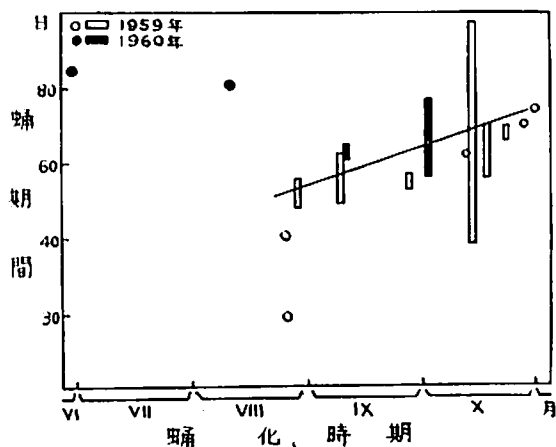
(注) 全蛹数を100とした比を示す。

くみ合わせた休眠蛹の出現率を模式的に示すと第3図のようになる。

(2) 休眠蛹A型の蛹期間および羽化時期

(1)にのべた方法で保存した休眠蛹A型の蛹化時期と蛹期間の関係は第4図のようになる。A型が多く出現する8月下旬以降では当初25°Cにおける蛹期間は40~60日であるが、蛹化時期が遅れるにつれて次第に延長し、10月には60~80日に達している。1958年の9月上旬に採集した休眠蛹を野外よりやや高温の室内においたところ、10月下旬になつても全く羽化しなかつた。蛹化時期から考えてこれらの蛹には多くのA型が含まれていると思

第4図 蛹化時期と蛹期間の関係 (25°C)



(注) 1個体のみの場合は点、2個体以上の場合は柱状95%信頼限界を以つて示す。ただし1959年8月27日蛹化分は個別の値を示す。6月蛹化分のみ室温で飼育 (-22°C)

われるので、秋期に生じたA型は越年するものと思われる。8月下旬以前にも少数ながらA型の休眠蛹を生ずるが、6月末に蛹化した個体は室温*で85日を経て9月23日に羽化し、いわゆる夏眠蛹に相当すると思われる。8月10日に蛹化した個体は81日を経て11月1日に羽化したか、蛹化時期が遅いので野外においては年内に羽化せず、越年するものと推測される。

* 当初平均22°C、その後徐々に上昇し8月上旬の29°Cを最高に、再び低下して、9月中旬には再び22°C内外となる

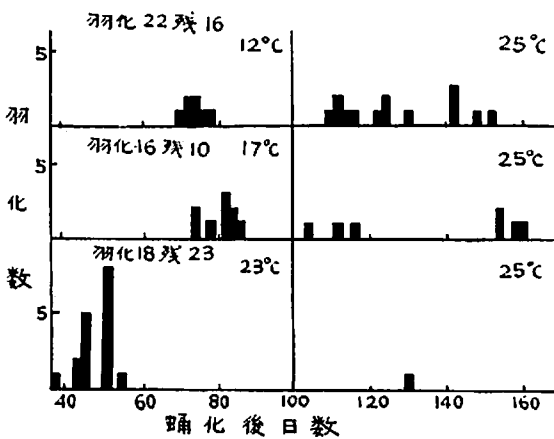
以上のように、A型の休眠蛹には初夏に形成されて秋に羽化する夏眠蛹と、翌年まで羽化しない越冬蛹の、生態的に異なつた性質の蛹が含まれていることになる。

(3) 越冬蛹の低温接触と羽化との関係

1959年9月上旬に採集された休眠蛹を30日間25°Cに保つたのち、種々の温度で低温処理し再び25°Cに加温した。

まず、12°、17°、23°Cに70日間処理した場合の羽化状況は第5図のとおりである。各温度とも羽化数は全体の61%以下で、約半数は羽化せず翌年

第5図 低温処理と羽化の関係 (1)



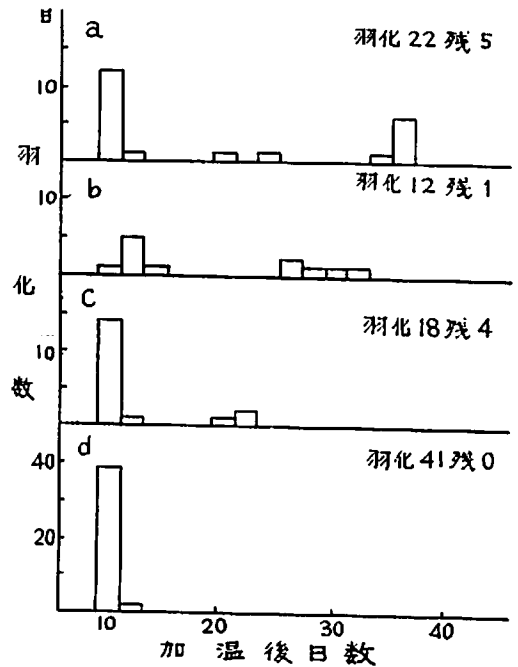
(注) 蛹化後30日間25°C、その後70日間低温処理し、再び25°Cへ戻す。羽化数は2日ごと合計を示す。

まで残つた。9月上旬に生じた休眠蛹には50%前後のB型蛹が含まれていると考えられるので、これらが羽化せずに残つたと思われる。羽化した個体の蛹期間から、不休眠蛹期間*をさし引いてみると、休眠期間は100日以上に達するものがあり、25°C定温の場合よりも著しく長くなつている。このような個体は12°および17°Cで処理した場合特に多かつたが、低温処理によつてA型の休眠期間が延長したためか、あるいはB型の一部が休眠消去され遅れて羽化したことによるかは明らかでない。

次に、5°Cに30、70、105および150日間冷蔵したのちに25°Cに加温すると、結果は第6図のと

* 以下、不休眠蛹については第2巻参照

第6図 低温処理と羽化の関係 (2)



(注) 5°C冷蔵日数a 30日、b 70日、c 105日d 150日。羽化数は2日ごとの合計値を示す。

おりで、冷蔵日数が長くなるにつれ羽化率一となり、150日では全個体が羽化している。冷蔵日数105日以下の場合でも羽化しない個体は非常に少なく、20%以下であつた。このような状況からみれば、5°Cで処理されるとA型のみならずB型も休眠消去されるものも多く、150日では100%羽化可能となると考えられる。

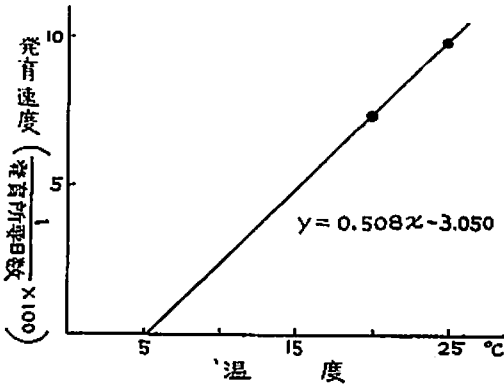
(4) 越冬蛹の休眠後発育と温度との関係

1958年の9月下旬に採集した休眠蛹を30日間室温においたのち、5°Cに150日間冷蔵し、25°および20°Cに加温した結果は第3表のとおりである。これらの数を積算温度の法則にあてはめてみると第7図のようになる。この場合供試数が少なく、実験温度範囲も狭いので実験誤差はかなり大きいかも知れない。しかし蛹休眠の種では一般に休眠

第3表 休眠後発育と温度の関係

処理温度	供試数	休眠後発育所要日数(平均)	発育臨界温度
25°C	31	10-12日 (10.37日)	6.0°C
20°C	27	13-15 (14.07)	有効積算温度 197.0日度

第7図 休眠後発育と温度の関係



後発育と温度の関係が不休眠蛹の場合とほぼ一致するので、本実験と不休眠蛹に関する実験結果から、発育臨界温度 6°C 内外、有効積算温度 200 ~ 240 日度内外と考えてよいであろう。

(5) 越年蛹の蛹化深度

1959年の9月上旬に、木箱に約11cmの深さに土を入れて移植されたてん菜の稚苗に本種が発生し、同月16日には大部分が蛹化した。直ちに箱内の土を土表より2cmごとに区切つて取り出し、水洗によつて土中から蛹を分離した。蛹は蛹化深度別にシャーレにおさめて直ちに25°Cに保存し、毎日羽化を調査したところ、羽化は採集後12日以内と40日以降の2回に分かれておこり、残りは翌春まで羽化しなかつた。てん菜が移植されてから間もないので12日以内に羽化した個体は不休眠蛹であつたと思われ、40日以降に羽化した個体は明らかに休眠蛹A型に、羽化せずに残つた個体はB型に相当すると考えられる。

各型の蛹数を蛹化深度別に示せば第4表のようになる。どの型の蛹においても2~4cmの深さ

第4表 蛹化深度別蛹数

土表よりの深さ	不休眠蛹	休眠蛹型 A	休眠蛹型 B	合計
0~2cm	2 (25.0)	24 (25.0)	10 (25.0)	36 (25.0)
2~4cm	6 (75.0)	43 (44.8)	24 (60.0)	73 (50.7)
4~6cm	0 (0)	22 (22.9)	5 (12.5)	27 (18.7)
6~8cm	0 (0)	7 (7.3)	0 (0)	7 (4.9)
8cm以上	0 (0)	0 (0)	1 (2.5)	1 (0.7)

(注) 括弧内は各型全体を100とした%。

に最も個体数が多く、蛹の型による蛹化深度の差は認められなかつた。

III 論 議

(1) 休眠蛹の類別と発生経過

MASAKI¹⁰⁾ (1961)によれば、広い範囲に分布する昆虫は同一種内でも、色々の異なつた性質の休眠蛹を生ずることによつて環境によく適応しており、地域によつて個体群の休眠性も異なつてゐるという。双翅目においては多様な休眠があることが知られ、北海道のムギクロハモグリバエ *Agromyza albipennis* MEIG. は1化期に少数の不休眠蛹のほかに多くの越年蛹と夏眠蛹を生じ、秋期にはすべて越年蛹となるという(西島・中村,¹³⁾ 1949)。ハナバエ科では、クマネギバエ *Hylemyia antiqua* MEIG. はドイツでは1化期から越年蛹を生じ夏眠蛹は知られていないが(KÄSTNER,⁹⁾ 1929)、秋田県(西出,¹²⁾ 1953)、イスラエル(RIVENY,¹⁷⁾ 1958)では多くの夏眠蛹を生じ、筆者の観察ではギンギンモグリハナバエ *Pegomyia bicolor sapporensis* KATO は1化期に多くの夏眠蛹と少数の不休眠蛹および越年蛹を生ずるようである。アカザモグリハナバエの場合にもこれらと同様に種々の休眠蛹を生じ、地域によつてそれらの出現率が異なるように思われる。

生態的にみれば、休眠蛹は初夏に形成されて秋に羽化する夏眠蛹と、盛夏以降に多く現われる越年蛹に分けられるが、夏眠蛹は九州(福岡農試,³⁾ 1950、大分農試,¹⁴⁾ 1958 YASUMATSU & SASAGAWA,²¹⁾ 1953)、パレスチナ(WILCOCKS,²⁰⁾ 1922)のような暖地で多く発生し、夏期の高温に対する適応現象と考えられる。札幌では非常に少なく、一般に温度条件が本種の繁殖に好適な北海道ではほとんど問題にならないと思われる。

次に、越年蛹は札幌においては8月下旬から9月上旬にかけて急激に増加し(第1図)、ドイツや(BREMER & KAUFMANN,²⁾ 1931)、北フランスにおける場合と同様であつて(MISSONIER,¹¹⁾ 1958)、発生経過は一般の長日性昆虫の場合とよく一致してゐる。長日性昆虫では一般に秋口におこる休眠は短日条件によつて誘導され、休眠の発生経過は毎

年ほぼ一定しているが、本種の場合も3年間同一の傾向を示し、主な支配要因は日長条件であると思われ、9月上旬に限界日長に達すると推測される。多くの場合限界日長は北上するにつれて延長し、休眠に入る季節が早まる傾向があるが、北海道は北緯42°~45°の範囲にあり、既知例では休眠に入る時期に大きな地域差を生ずるほどではなく、各地ともほぼ同様と考えてよいであろう。英国では越冬蛹の出現率は7月中にすでに40%内外に達しているが (ROBECK et al.,¹⁸⁾ 1945)、似た例はイネハモグリバエ *Agromyza oryzae* MATS. で知られており、この種は北海道では高温年には7月から多くの越冬蛹を生じ、低温年には8月に入ってから多くなるといわれ (桑山・西島,¹⁹⁾ 1947) 休眠誘導条件が秋の休眠蛹の場合と異なるように思われる。札幌におけるアカザモグリハナバエも盛夏に越冬蛹を生ずるが、非常に少なく、生態的には重要な意義を持たないと思われる。

前述の英国における7月に発生する越冬蛹は、秋に発生したものよりも翌春はなほ早く羽化するというのが、これは前者が冬までに休眠を完了し発育がかなり進んでいたためと考えられる。札幌における越冬蛹の内、9月中旬以前に生ずるものの多くは、低温接触しなくても休眠を完了するが、このような蛹が多く出現する時期は英国におけるより遅いので、冬までに発育する可能性は少なく、翌春の羽化が著しく早まることはないであろう。また、このような蛹は低温接触しなくても羽化できるので、低温期間の短い暖地でも羽化できる。岡山県におけるクネバエ *Hylemya platura* MEIG. はこのような例と思われ (春川ほか,²⁰⁾ 1933)、アカザモグリハナバエでも暖地では同様の状態が考えられるが、このような性質の北海道における生態的意義は明らかでない。この型の蛹は札幌では温度のかなり高い間に多く、温度が低下してからはてん菜の稚苗を食害した場合に多くなっているため、温度や食物条件が発生要因となつている可能性がある。

越冬蛹がある期間低温接触してから羽化可能となる例は非常に多くの昆虫で知られており、本種についても早くから記録されている (BREMER &

KAUFMANN,²¹⁾ 1931)。このような蛹は札幌では9月中旬以降増加すると思われる (第3図)。内田ほか¹⁹⁾ (1960) は筆者とほぼ同様の結果を得ているが、春からすでにこの種の蛹が記録されているので、条件によつては年中を通じ発生すると考えられる。しかし9月以前の発生はきわめて少なく、実際にはほとんど問題とならないであろう。

(2) 北海道における生活環と休眠との関係

札幌において本種は年3世代を経過するが、年により第4化に当たる秋期発生をみる (奥,¹⁵⁾ 1961)。本種の越冬蛹の発生は毎年8月下旬から9月上旬にかけて急激に増加するので、秋期発生の多少は晩夏世代の蛹化時期の遅速によつて決定されると考えられる。すなわち、蛹化盛期が9月初めに当たると50%内外羽化して秋世代を生じ、発生が早く進んで蛹化盛期が8月5半旬以前になると大部分羽化するので秋世代は非常に多くなり、逆に経過が遅れ蛹化盛期が9月2半旬以降となれば大部分が休眠に入つて秋世代はほとんど発生しないことになる (第3図)。1958年~1960年の野外観察の結果はこの推測と非常によく一致した。年間の発生経過の遅速は6月までの気温によつて大きく左右されるので (奥・駒田,¹⁶⁾ 1961)、春期の気温から秋期発生の多少を推測することができると思われる。

前述のことから、本種の晩夏世代の蛹化盛期が8月中に当たる地域では、毎年秋期発生がみられることになる。木村²²⁾ (1961) によれば北見地方では2化期の蛹化盛期が8月中になり、秋に若干の3化期の発生があると思われる。同様に道南の一部では3化期の発生が早く、蛹化は8月中に終わると思われ、常に秋には4化期の発生をみるであろう。第1報において、ハウレンソウの秋期栽培の際には年によつて本種の被害をほとんど完全に免れうることを指摘したが、道北、道南の一部では被害回避は困難であると思われる。

越冬蛹は5°C冷蔵150日間で完全に休眠消去される。北海道では気温が5°C以下となる期間は4~5カ月に及ぶので、越冬蛹は春までに休眠を終わり地温の上昇と同時に発育を始めると思われる。越冬蛹の蛹化部位の地温を知ることによつて

羽化時期を推定できると考えられるが、耕起作業によつて蛹の位置が変化すると思われるので、この点についてはなお検討を要する。

IV 摘 要

1958~'60年に札幌市においてアカザモリグリハナバエの休眠蛹について調査し次の知見を得た。

1. 休眠蛹は生態上次のように類別できる。

夏眠蛹：初夏に形成され秋に羽化するが発生は少ない。

越年蛹：年中発生すると思われるが、8月中旬までの発生はきわめて少なく、同月下旬から9月上旬にかけて急激に増加する。これらは更に生理的性質が異なると思われる2型に区別できる。すなわち、その第1は低温接触しなくても羽化できるが、年内に发育の進む可能性は少なく、9月中旬以前に多く形成される。第2はある期間低温接触しなければ羽化できないもので9月中旬以降多くなる。これら両者は翌春ほとんど同時に羽化すると思われる。

2. 越年蛹は5°C150日冷蔵によつて完全に休眠消去されるので、野外では春までに休眠を終わり地温の上昇と同時に发育を始めると思われる。休眠後发育の臨界温度は約6°C有効積算温度は200~240日度と計算され、休眠蛹の位置する部分の地温を知ることによつて成虫の羽化時期を推測できると思われる。

3. 休眠蛹の発生期は毎年同一の傾向を示し、晩夏世代の蛹化が8月中に終われば50%以上羽化して秋世代の発生が多くなり、蛹化が9月3半月以降になると秋世代はほとんど発生しない。道北、道南の一部では晩夏世代の蛹化が8月中になるので毎年秋世代が発生すると考えられ、道央では低温年には晩夏世代の蛹化が9月に入るのので、このような年には秋期発生は非常に減少すると考えられる。

引用文献

1. ANDREWARTHA, H. G. 1952; Diapause in relation to the ecology of the insects. Biol. Rev., 27: 50-106.

2. BREMER, H. & O. KAUFMANN 1931; Die Rübenfliege, *Pegomyia hyoscyami* Pz. Monogr. Pflsch., Berlin. pp. 110.

3. 福岡農試 1950; アカザモリグリハナバエの生態並びに防除に関する試験. 昭22~24業務年報, 194~199.

4. 春川忠吉, 高戸竜一, 熊代三郎 1933; 種蠅に就きて. 第4報. 農学研究, 21: 222~259.

5. 堀田豊, 奥俊夫 1958; アカザモリグリハナバエの生態に関する3・3の調査(予報). 北日本病虫研究会年報, 9: 94~95.

6. KÄSTNER, A. 1929; Untersuchungen zur Lebensweise und Bekämpfung der Zwiebelfliege (*Hylemyia antipua* MEIGEN). III. Zeits. pflkr., 39: 122-139.

7. 木村宏 1961; 甜菜のアカザモリグリハナバエと褐斑病. 農薬の進歩, 7(2): 37~42.

8. 桑山覚, 西島浩 1947; 甜菜潜蠅の越年型と不越年型について. 寒地農学, 1(3): 315~323.

9. LEES, A. D. 1955; The physiology of diapause in arthropods. Cambridge. pp. 150.

10. MASAKI, S. 1961; Geographic variation of diapause in insects. Bull. Facul. Agric. Hirosaki Univ., 7: 66-98.

11. Missonier, J. 1958; Contribution à l'étude la diapause de *Pegomyia betae* CURT. et de *P. hyoscyami* PANZ. (Diptères muscidae). Compt. rend l' Acad. Sci., 247: 1673-1675.

12. 西出隆 1953; タマネギバエの観察. 新昆虫, 6(6): 22~23.

13. 西島浩, 中村克巳 1949; ムギクロハモグリバエとその防ぎ方. 北農, 15(1) 6~12.

14. 大分農試 1958; アカザモリグリハナバエの生態並びに防除に関する研究. 昭和31年業務成績, 病虫, 35~42.

15. 奥俊夫 1961; 北海道におけるアカザモリグリハナバエの生活史に関する研究. 第1報. 野外における周年経過. 北海道立農試集報, 8.

16. , 堀田豊 1961; 同上. 第2報. 各態に対する温度の影響. *ibid.*, 8.

17. RIVNEY, G. 1958; On the diapause of some Mediterranean insects. Pr. 10th Intern. Congr. Ent., 2: 743-745.

18. ROEBECK, A., F. T. BAKER, & J. H. WHITE; 1945 Observations on the biology and experiments on control of the mangold fly (*Pegomyia betae* CURTIS). Ann. Appl. Biol., 32(2): 164-170.

19. 内田登, 西島浩, 南部敏明 1960; アカザモリハナバエ *Pegomyia hyoscyami* (PANZER) の天敵について. 甜菜研究会報, 2: 143~149.

20. WILCOCKS, F. C 1922; A survey of the more important economic insects and mites of Egypt. Sult. Agric. Soc. Tech. Sect. Bull., 1. (reviewed in 2).

21. YASUMATSU, K. & M. SASAGAWA 1953; Egg-

laying habits of a spinach leaf-miner. *Pegomyia hyosegyami* PANZER (Diptera). Jour. Facul. Agric. Kyūsyū Univ., 10 (2) : 169-183.

Summary

At Sapporo there are three complete generations of the beet-fly, *Pegomyia hyosegyami* (PANZ.), occurring in a year, but often a partial fourth occurs in autumn as the present writer has stated in the previous paper. For such variable voltinism pupal diapause may be responsible. During the 1958 to 1960 period investigations were carried out in order to ascertain the significance of the diapause in the life-cycle.

Observations were made on pupae derived from larvae reaching maturity in field and kept at 25°C or at room temperature above average of 22°C. Aestivation diapause which lasted from late June to mid-September seems to be of little ecological importance because of its low incidence. In every year the proportion of pupae entering hibernation diapause was below 15% until the middle of August, but thereafter increased progressively up to almost 100% at mid-September or later. Judging from this annual trend in the occurrence of hibernation pupae, if the pupation in the late summer brood completed before the late August, a high proportion of the pupae may produce adults so that a large population will be

built up in the autumn generation. On the contrary, the later the pupation occurs following late August, the higher the proportion which may enter hibernation. At the same time the abundance of the autumn brood may be decreased. For prediction of the abundance of the autumn generation, the spring temperature which may be highly influential upon the time of pupation in a season (cf. OKU & HORITA, 1961) appears to be of importance.

In the pupae which have entered hibernation diapause two types were recognized: the first type occurring mainly before mid-September gave rise to adults between about 40 to 80 days after pupation in 25°C without exposure to cold. However, under field condition these pupae appear not to metamorphose in the same year as the pupation occurred. The second type appearing increasingly beyond the early part of September, needed prolonged exposure to cold for termination of diapause. Exposure of 150 days to 5°C may be satisfactory for that completion of the diapause development. As there are about 5 months of cold period in Hokkaido, hibernated pupae may be in quiescence already released from the diapause in early spring. The threshold of development and total effective temperature of hibernated pupae were calculated as about 6°C and 200 to 240 day-degrees, respectively.