

# ムギクロハモグリバエの未成熟期に おける死亡率とその要因<sup>1)</sup>

西 島 浩

(帯広畜産大学昆虫学研究室)

本 間 健 平

(農林省東北農業試験場園芸部)

奥 山 七 郎

(北海道農業試験場病虫課)

Mortality and its Factors in the Immature Stage of the Black  
Wheat Leaf Miner, *Agromyza albipennis* MEIGEN

By

Yutaka NISHIJIMA\*, Kenpei HONMA\*\* and Shichiro OKUYAMA\*\*\*

## 緒 言

昆虫の個体数の変動、特にその大発生に関与する要因の追究は、近代生態学の最も重要な  
部面であり、これに関する多くの総説が試みられている (ANDREWARTHA & BIRCH, 1954;  
THOMPSON, 1956; SOLOMON, 1957; NICHOLSON, 1958; RICHARDS, 1961; ITO, 1961)。これら  
においてはある昆虫の一般生態ばかりではなく、その要因別の死亡率、生存曲線あるいは生活  
表を作ることの必要性が特に強調されている。いうまでもなく、これらの調査がなくてはある  
昆虫の発生量の変動を評価し、またはそれを予察することはほとんど不可能である。RICHARDS  
(1961) の記述に従えば、それはすべての昆虫の population 研究の “Keystone” であるべきで  
ろう。しかし、この種の研究は容易ではないために、わが国では若干の重要害虫 (例えば *Chilo  
supressalis*, *Pieris rapae curcivora*, *Barathra brassicae*, *Meromyza saltatrix*) について行なわ  
れているに過ぎない。

ムギクロハモグリバエ (*Agromyza albipennis* MEIGEN) は北日本に広く分布する重要害虫  
であるが、その発生型は SCHWERDTFEGER (1954, 1957) のいわゆる “Parmanenter typ” に属  
する。本種はその未成熟期、特に幼虫期において高い死亡率を示すことが西島・中村 (1948) に  
よって指摘されているが、それがいかなる要因に基づくかは全く不明である。また未成熟期全

1) 帯広畜産大学昆虫研究室業績第3号。

\* Laboratory of Entomology, Obihiro Zootechnical University.

\*\* Morioka Branch, Horticultural Research Station, Ministry of Agr. & Forest.

\*\*\* Entomological Section, Hokkaido Agricultural Experiment Station.

体を通じて、どの程度の量の死亡がいつ、何によってひき起こされているかという重要な問題もほとんど明らかにされていない。

われわれは上述の諸点を明らかにし、本種の発生予察上の基礎資料を得る目的をもって、1957～1960年にわたって本研究を行なった。その結果若干の知見を得ることができたので、ここにその大要を報告する。

### 材 料 と 方 法

本研究は札幌市北大農学部附属農場の1部に設置した試験圃および同市琴似町北海道農業試験場の予察圃において行なわれた。これらの圃場は春播の場合「札幌六角」と「農林29号」、秋播の場合「細稈2号」と「ドーソン1号」よりなり、北大の圃場は1区2.5×1.8mで3連4区制の乱塊法とし、常法に従って肥培管理を行なった。調査は本害虫の活動盛期に相当する6月～7月上旬および9月～10月上旬に通常1乃至4日毎に定期的実施し、また随時所定の実験を行なった。卵および幼虫の生死は農試においては任意株17個体(1957)、同62個体(1958、大麦)、同64個体(1958、小麦)について葉位別に記録し、北大においては任意株12個体についてマーキング法により卵と幼虫の行動を詳細に追求し、さらに材料を採取して顕微鏡下で観察し必要に応じて随時飼育を行なった。蛹については圃場より任意に老熟幼虫を寄主ごとに採取し、その後の経過を調査した。

圃場内の小麦の草冠部における微気象のうち、温度および湿度は1958年6月2日より同月25日まで、毎日8～18時まで2時間毎に測定した。幼虫の棲息環境であるmine内部の温度は日射の影響によって外気温と異なる値を示すと考えられる(加藤, 1948)ので、気温や日射効果の大きな晴天無風の日を選び、サーミスタ温度計により合計24mineについて2時間毎に測定した。これらの結果に基づき、幼虫の対高温抵抗性に関する実験を行なった。すなわち、自然卵を寄主とともに採取してシャーレ内に置き、幼虫の体長が2mm以内の時期に所定温度(30, 35, 40°C)に一定時間(1, 3, 6h.)作用させ、幼虫の生死について対照区(16.0～23.5°C)と比較した。

なお、調査圃場には本種と同じ生活型をもつ類似種 *Cerodonta denticornis* PANZER (ムギキイロハモグリバエ) が普通に発生するので、本調査に先立って本種との区別点について検討した。その結果もっとも混同し易いと考えられた卵には、第1表のような差異が認められ、幼

第1表 2種のハモグリバエの卵の形態上の差異

種 名	形 状	透明度	測定数	長 径 (mm)		幅 径 (mm)	
				M	SD	M	SD
<i>Agromyza albipennis</i>	左右不対称長だ円形	小	29	0.53	± 0.018	0.19	± 0.007
<i>Cerodonta denticornis</i>	長 だ 円 形	大	35	0.39	± 0.021	0.15	± 0.002

虫は mine の形状とより (石谷, 1938), 蛹はその形態と蛹化場所により, われわれは両者を容易に区別することができた。北海道に分布する他の近似種 *Phytomyza nigra* MEIGEN (ムギスジハモグリバエ) は麦類圃場では一般に稀であって, 本調査圃場では被害が発見されなかった。

## 調査および実験結果

### 1. 卵期死亡率

卵は麦類の葉の上表より 1 個ずつ組織内に産まれる。その部分を表面から見ると, 卵の大部分が組織中にうまり, その後端部が僅かに露出するだけである。卵はこのような状態で野外では 4~8 日を経て孵化するが, この期間を経過しても孵化しなかったものは死亡と認め, 調査結果を整理すれば第 2 表の通りである。

第 2 表 卵期死亡率の調査

年	月 日	品 種	総 卵 数	死 亡 卵 数	死亡率 (%)
1957	6.13~7.10	札 幌 六 角	329	34	10.3
1958	6. 9~7. 8	札 幌 六 角	706	83	11.8
1958	6. 9~7. 8	農 林 29 号	785	125	15.9
1958	6. 2~6.25	農 林 29 号	280	61	21.8
1958	9.10~9.30	細 稈 2 号	95	11	11.6
1959	6.10~6.30	農 林 29 号	304	42	13.8
1959	9.10~9.30	細 稈 2 号	136	9	6.6

第 2 表によれば, 卵期死亡率は 6.6~21.8% に亘り, かなりの変動が認められたが, 平均において 13.1% を示し比較的低率であった。この死亡率は秋期において稍低い傾向がうかがわれたが, 葉位別および大・小麦間では明瞭な相違が認められなかった。死亡卵は通常稍しなびた状態で褐変している。われわれは卵寄生蜂および捕食虫に関する調査をくり返したが, これらは全く発見出来なかった。ただし, アカダニの 1 種が, 僅かに葉の表面に露出している部分から, 卵を吸収している例を 2 回認めた。しかし, このダニは調査圃場内では個体数が少ないこと, およびシャーレ内では特に本種の卵だけを好食しないことなどから判断して, 卵期死亡をひき起こしている主要因とは考えられない。死亡卵には滲出液をともなって崩壊しているものも若干認められたので, 今後はさらに病源菌類, 葉の組織の状態および温度条件などの検討が必要であろう。

### 2. 幼虫期死亡率

本種の幼虫は夏季においては 10~12 日間であるが, その間幼虫は麦類の葉内組織を潜坑

し、老熟期までに通常長さ約 72 mm, 最大幅約 5 mm の mine を作り、体長も 5 mm 前後に達する。1 頭の幼虫は 3 齢を経過し、その間小麦においては 180~495 mm<sup>2</sup>, 16 個体平均 331 mm<sup>2</sup> の葉内組織を加害する。このような成長および加害過程において死亡した幼虫は、まず mine 中で不動となり、体色が白濁し、次第に褐色となり、数日後には黒褐色のミイラ状となる。これらの特徴は生存幼虫とは明らかに異なるので、われわれは幼虫の自然死亡を容易に確認できた。その結果は第 3 表に示される。

第 3 表 幼虫期死亡率の調査

年	月 日	品 種	総 幼 虫 数	死亡幼虫数	死亡率 (%)
1957	6.13~ 7.10	札幌 六角	295	151	51.2
1958	6. 2~ 6.25	農 林 29 号	219	156	71.2
1958	6. 9~ 7. 8	札幌 六角	623	287	46.1
1958	6. 9~ 7. 8	農 林 29 号	660	279	45.0
1959	6.10~ 6.30	農 林 29 号	205	128	62.4
1959	6. 3~ 7. 1	農 林 29 号	172	83	48.3
1959	6. 3~ 7. 1	札幌 六角	277	110	39.7
1957	9. 5~ 9.20	ドーソン 1 号	75	14	18.7
1958	9. 5~10. 2	ドーソン 1 号	49	5	10.2
1958	9.10~ 9.30	細 稈 2 号	103	23	22.3
1959	9. 5~10. 5	細 稈 2 号	133	31	23.3
1959	9. 5~10. 5	ドーソン 1 号	125	21	16.8

第 3 表に示したように、幼虫期死亡率は夏季(第 1 世代)において 39.7~71.2%, 平均 52.0%, 秋季において 10.2~23.3%, 平均 18.2% を示した。すなわち、統計的検定を行なうまでもなく、夏季における死亡率は秋季よりも著しく高率であるといえる。また後述するように死亡率は大・小麦間では著しい差異があるとはいえない。全体として、幼虫期死亡率は卵期のそれよりも遙かに高率である。幼虫期は 3 齢を経過するので、このような死亡がいつ起こっているかを確かめるため、死亡幼虫の大きさと、幼虫が死亡していた mine の長さについてそれぞれ検討した。それらの結果は第 4 および第 5 表に示される。

第 4 表 死亡幼虫の体長

体 長	個 体 数	百 分 率
1.4 mm 以下	78	26.4
1.5~2.5 mm	157	52.9
2.6~3.4 mm	44	14.9
3.5 mm 以上	17	5.8
合 計	296	100.0

第 5 表 死亡幼虫と mine の長さ

mine の長さ	個 体 数	百 分 率
9 mm 以下	12	12.6
10~19 mm	34	35.8
20~29 mm	29	30.5
30~39 mm	9	9.5
40 mm 以上	11	11.6
合 計	95	100.0

第4表に明らかなように、死亡幼虫の体長は2.5 mm以下のものが80%近くを占め、大きなものが非常に少なかった。幼虫の体長は第1齢において1.5 mm以下、第2齢1.6~2.5 mm前後、第3齢には急速に伸長して蛹化前までに約5 mmに達する。ゆえに死亡幼虫の大部分は第1~第2齢期に、特に第2齢の初期に生じていると断定されよう。第5表に示した死亡幼虫とmineの長さとの関係にも、これと同様な傾向がみられる。すなわち、mineの長さが29 mm以下の短い時期に、約80%の死亡幼虫が認められた。mineの長さは蛹化前までに50 mmを超えるのが普通であるから、mineの長さから判断しても、幼虫の死亡は主に若齢期に起こっているといえることができる。

次に葉位別の幼虫死亡について調査した結果を示せば、第6~8表の通りである。

第6表 葉位別の幼虫死亡率 (1957, 札幌六角)

調査月日	主 稈 葉 位									合 計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6.13	1		2	1						4
6.17			3	4	5					12
6.21			1	2	9	16	7			35
6.26				1		7	8	3		19
7. 1						2	22	19	4	47
7. 6							3	7	19	29
7.10								2	3	5
死亡幼虫計	1	0	6	8	14	25	40	31	26	151
孵化幼虫数	1	0	10	15	32	39	74	69	55	295
死亡率(%)	100	0	60.0	53.3	43.8	64.1	54.1	44.9	47.3	51.2

第7表 葉位別の幼虫死亡率 (1958, 札幌六角)

調査月日	主 稈 葉 位									合 計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6. 9	1	1	2	3						7
6.13	1		9	5	1					16
6.17			4	8	6	1				19
6.21				9	11	3				23
6.25				3	13	37	17	3		73
6.30					5	17	35	40	10	107
7. 4						1	9	10	12	32
7. 8							3	6	1	10
死亡幼虫計	2	1	15	28	36	59	64	59	23	287
孵化幼虫数	2	2	37	80	106	165	116	83	32	623
死亡率(%)	100	50.0	40.5	35.0	34.0	35.8	55.2	71.1	71.9	46.1

第 8 表 葉位別の幼虫死亡率 (1958, 農林 29 号)

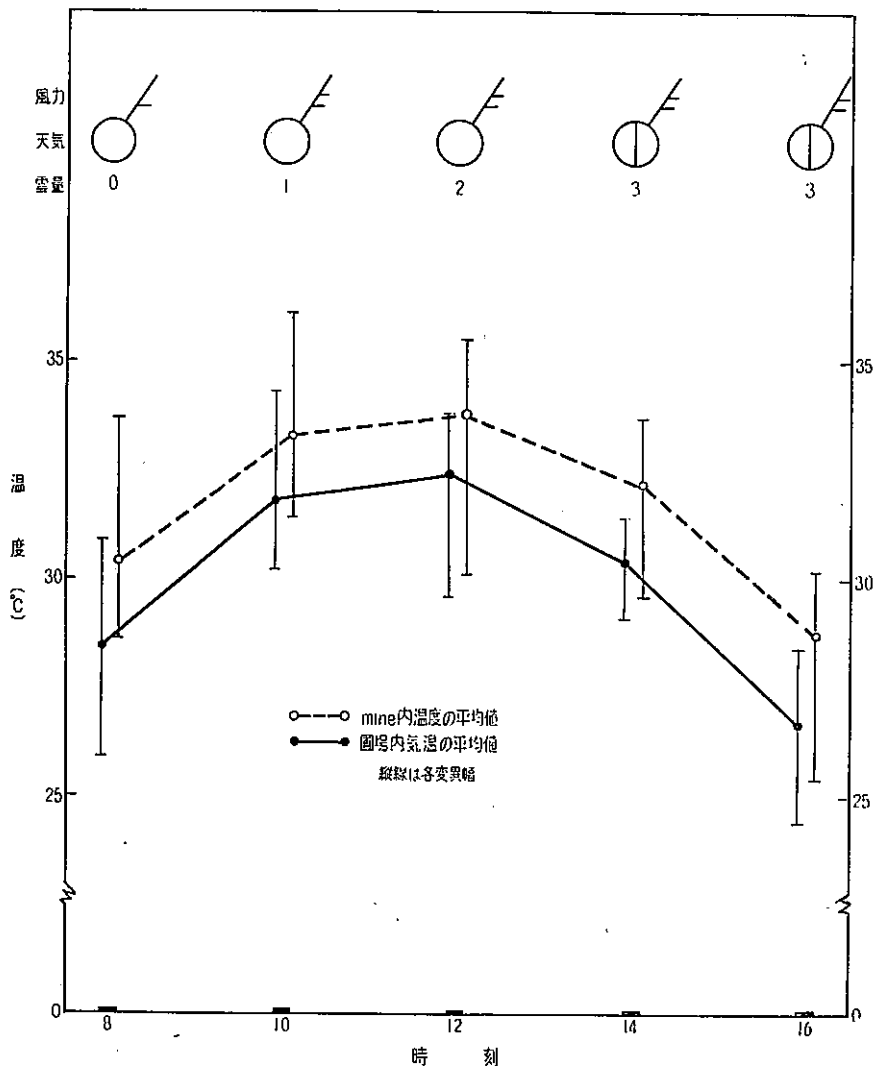
調査月日	主 稈 葉 位								合 計
	1	2	3	4	5	6	7	8	
6. 9			4	3					7
6.13			5	2	1				8
6.17		1	7	8	5				21
6.21			2	5	13	4			24
6.25				6	27	53	22	1	109
6.30					18	14	39	24	95
7. 4			1	1	1	1	9	14	27
7. 8						2	1	3	6
死亡幼虫計	0	1	19	25	65	74	71	42	297
孵化幼虫数	1	2	34	65	193	177	136	52	660
死亡率 (%)	0	50.0	55.9	38.5	33.7	41.8	52.2	80.8	45.0

第 6~8 表に示したように、幼虫死亡率は、加害数の少ない下位葉は別として、寄生した麦類の葉位によって、かなりの変動が認められた。とくに 1958 年の結果は第 8~9 葉、すなわち最上位およびその直ぐ下の葉において高い死亡率を示した。また時期別では 6 月下旬に死亡数が顕著に多くなっているが、これはその時期が丁度若齢期幼虫の最盛期に相当するので、既述の調査結果に徴して、むしろ当然といえよう。

### 3. 幼虫の死亡要因の検討

本種の幼虫は孵化直後から老熟期まで、麦類の葉組織中に mine を形成し、その中で生活する。この mine 内の湿度は常に飽和状態であって、幼虫の生活に不相当とは考えれないからわれわれは幼虫の死亡要因として湿度条件を考慮外においた。しかし、前章に述べたように、幼虫の死亡は若齢期に起こること、秋季よりも夏季に多いこと、上位葉に多い傾向があること、さらに加藤 (1948) の *Agromyza oryzae* MUNAKATA (イネハモグリバエ) に関する報告などから、われわれはまず温度条件、特に高温の影響を重視し、これに関する検討を行なった。

温度条件： 1958 年において幼虫の死亡が最も多く認められた 6 月 13~25 日までの圃場内気温の日中の変化は、小麦の下葉部において 11.9~36.1°C、草冠部において 11.7~34.7°C の範囲内であった。最高気温は 30°C 以上の時がかなりあることがわかった。晴天の日に mine 内の温度を測定し、これを同日の圃場内気温 (下葉部と草冠部気温の平均をもって示す) と比較した結果は第 1 図に示される。

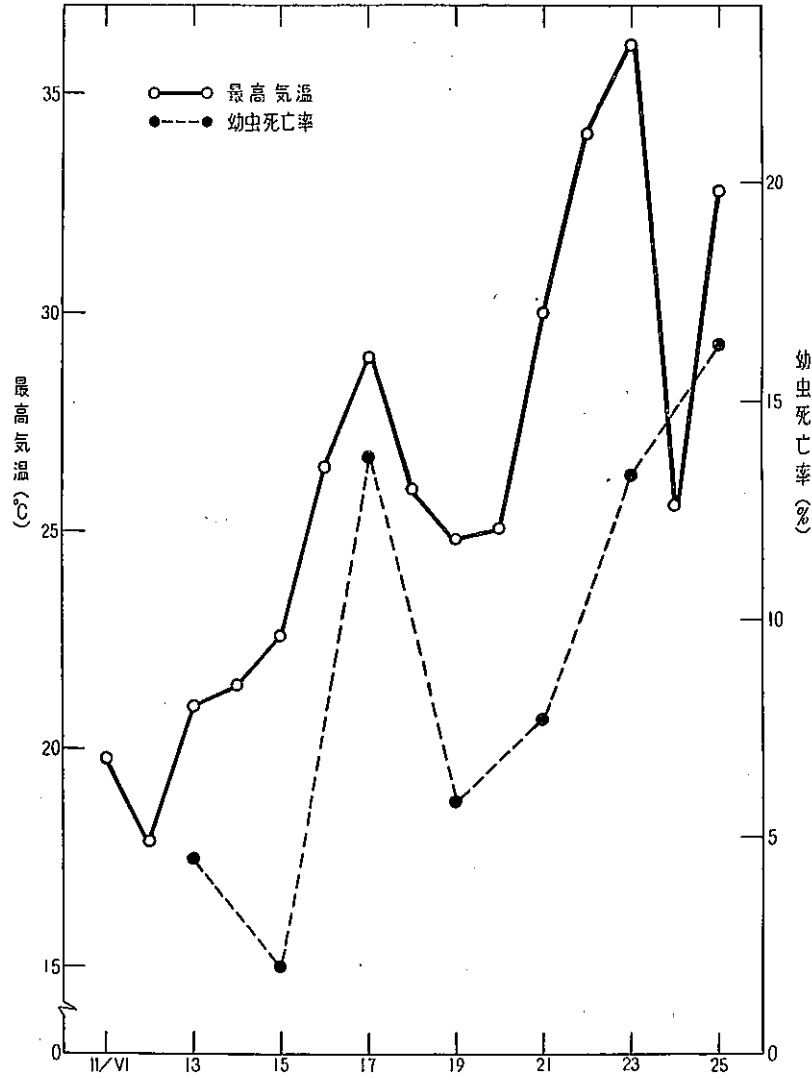


第1図 mine内温度と圃場内気温の比較例

第1図に明らかなように、mine内の温度も気温と同様に、かなりの変異を示している。しかし少数の例外を除いて、mine内の温度は気温より遙かに高く、両者の差は $-0.9\sim 4.6^{\circ}\text{C}$ 、平均 $1.6^{\circ}\text{C}$ であった。この差は時間的に平行して認められるので、mine内の温度は圃場内の気温よりも一般に高いといえることができる。両者の差は晴天の日に著しく、曇天では少なくなるがいずれも平行的に変化する。

そこで高温が幼虫の自然死亡率に影響しているかどうかを確かめるため、まず1958年6月における圃場内最高気温と、同圃場でマーキング法によって追求した幼虫死亡率との推移を検討する(第2図)。

第2図によれば、幼虫の死亡率は6月13~17日に増加したが、しかし、この間の気温は比較的低温を経過した。また高温を記録した6月17日の直後において、死亡率は逆に減少した。同月21日以後には比較的高温が続き、死亡率も次第に上昇した。以上の経過を総合すれば、最高



第 2 図 圃場内最高気温と幼虫死亡率 (1958)

気温と幼虫死亡率の推移は、かならずしも一致しなかった。

既述のように、mine 内の温度 ( $Y$ ) と圃場内の気温 ( $X$ ) とは平行的な関係にあるから、両者の各時間毎 (8~16 時) の測定値から、次の関係式が求められる。すなわち、

$$Y_8 = 1.7X_8 + 0.001, \quad Y_{10} = 1.05X_{10} + 0.055$$

$$Y_{12} = 1.05X_{12} - 0.505, \quad Y_{14} = 1.05X_{14} - 0.025$$

$$Y_{16} = 1.07X_{16} - 0.029$$

これらの関係式から測定日以外の 6 月中の mine 内の温度を推定し、これに mine 内温度の変異幅の  $1/2$  を加えたものを mine 内最高温度の推定値とし、この値が  $30^\circ\text{C}$  を超えた場合の持続時間を第 9 表に示す。



第9表 mine 内最高温度とその持続時間推定値 (h.)

日 (6月)	2	7	8	17	21	22	23	25
30°C 以上持続時間	4	2	5	5	5	7	7	6
35°C 以上 同上		5				1	5	3
40°C 以上 同上		>1					>1	

上表のように、1958年6月において mine 内最高温度が 30°C 以上の場合は 8 回、その持続は 1~7 時間、平均 5.1 時間、35°C 以上の場合は 4 回、その持続は 1~5 時間、平均 3.5 時間、40°C に達する場合は 2 回、その持続は 1 時間に満たないと推定された。これらの推定値に基づいて、われわれは既述のような実験を計画し、幼虫の対高温抵抗性について検討を加えた。その結果は第 10 表に示される。

第10表 高温処理と幼虫の死亡との関係

処理温度	1 時 間			3 時 間			6 時 間		
	供試数	死亡数	$\chi^2$ 検定	供試数	死亡数	$\chi^2$ 検定	供試数	死亡数	$\chi^2$ 検定
40°C	33	6	—	54	27	*	56	48	*
35°C	34	3	—	54	2	—	55	10	*
30°C	32	2	—	67	3	—	58	5	—
対 照 区	20	1		55	0		56	1	

備考： $\chi^2$  検定は 5% 水準をもって示す。

第 10 表に明らかなように、幼虫は 30°C において 6 時間経過しても大部分のものが mine 内で対照区とほとんど変わりなく摂食していた。その死亡は 35°C において 6 時間以上、40°C においては 3 時間近く経過して、はじめて対照区と有意な差が生じている。換言すれば、対照区と有意差を認める程度の死亡を幼虫に引き起こすためには、圃場におけるよりも遙かに長時間高温を幼虫に作用させなければならない。mine 内の温度は、圃場内の微気象的な気温よりも概して高く、また一般の指標とされる大気候上の気温よりも著しく高いが、そのような温度でさえも、夏季(第 1 世代)幼虫の直接的な致死因子となることは稀であろうと思われる。また同年 6 月中の最低気温は 5°C 以下を示していないから、低温条件が幼虫の致死因子となることは考えられない。したがって、われわれは温度条件を幼虫死亡の主要因と認めることができない。

棲息密度：本種の幼虫は孵化した葉から他葉へ移動できないから、一種の閉鎖環境内で生活することになる。この場合もし overpopulation になれば、その結果として密度効果が現われ易い。したがって、それは幼虫の死亡要因ともなり得る。この点について確かめるため、1957~1958 年に 1 葉当り産卵数について調べた。それらの結果を第 11 表に示した。

第11表 1葉当り産卵数の調査

年 (品種)	1葉当り卵数	1	2	3	4	5	6	7	8	合計
1957 (農林29号)	葉数	75	40	21	10	3	0	1	0	150
	卵数	75	80	63	40	15	0	7	0	280
	対合計卵数 (%)	26.8	28.6	22.5	14.3	5.4	0	2.5	0	100.1
1958 (農林29号)	葉数	89	61	38	24	4	4	1	0	222
	卵数	89	122	117	96	20	24	7	0	475
	対合計卵数 (%)	18.7	25.7	24.6	20.2	4.2	5.1	1.5	0	100.0
1959 (札幌六角)	葉数	75	49	26	16	7	3	1	1	178
	卵数	75	98	78	64	35	18	7	8	383
	対合計卵数 (%)	19.6	25.6	20.4	16.7	9.1	4.7	1.8	2.1	100.0

1葉当り産卵数は4卵までのものが非常に多く、これが総産卵数の84.4~92.2%に達した。これらの卵がそれぞれの葉において全部孵化したとしても、幼虫の摂食面積から判断すれば、幼虫は全部発育できる計算となる。したがって、1葉に5卵以上産まれた場合、すなわち1957年7.9%、1958年10.8%、1959年15.6%においてのみ幼虫の死亡を考慮すべきかもしれないが、実際は必ずしもそうではないようである。葉身内の卵の分布状態について、葉身を3等分して調査すると、先端部59.6%、中部32.4%、基部8.0%となった。すなわち、富岡・奥山(1959)が指摘したように、卵の大部分は葉身の中部から先端に向って、集中的に産まれているのである。したがって、互いに近接して孵化した幼虫間に、あるいは先に孵化した幼虫と近くの未孵化卵との間に競合が起こり、若干のものが死亡する可能性があるかもしれない。これについては今後十分な調査が必要であろう。

しかし、これまでに観察した限りでは、1葉に数頭の幼虫が孵化しても、それぞれのmineが合流しないうちに死亡する場合が普通であった。また各mineが合一して大きなblotchを形成した場合でも、2頭以上の幼虫が共に正常に発育することも稀ではなかった。結局、本調査年次においては、密度条件の影響を正確に評価できなかったが、それは幼虫の死亡に関して、少なくとも重要な要因ではなかったと考えられる。なお、本種と類似の生活型をもつ *Cerodonta denticornis* は、そのmineが葉身においては極めて細い線状であって、主に葉鞘を加害するため、本種の幼虫に及ぼす影響は殆んど認められなかった。

食物条件： 本種の幼虫は大・小麦のほかに、数種のイネ科植物を食するが、特に大麦に加害が多く、小麦に少ないといわれている(桑山, 1946)。したがって、幼虫期の高い死亡率は、寄主の種類との関係において、なんらかの傾向を示すかもしれない。この点について1958年6月、圃場から任意に採取した材料に基づいて調査した結果は、第12表に示される。

第12表 大麦と小麦における死亡幼虫の比較

寄主	死亡幼虫数	脱出幼虫数	未熟幼虫数	合計
大麦	89	40	135	264
小麦	92	32	153	277
合計	181	72	288	541

備考:  $\chi^2=1.413, 0.5 > p > 0.3$ .

上表の通り、死亡幼虫数は大・小麦間に有意差が認められない。したがって、幼虫期の高い死亡率は、寄主の差異によるものとはいえない。しかし、葉内の組織の硬軟、栄養的あるいは成長抑制的成分などが、寄主の種類にかかわらず共通的に、幼虫の死亡に影響する場合も考えられるが、これらについては今後の研究にまたなければならない。

敵虫条件: mine内および幼虫の死体を精査することによって、われわれは5種の寄生蜂を発見できた。これらはいずれも Eulophidae (ヒメコバチ) 科に属する微小種で学名未詳のため、亜科別に観察結果を示した(第13表)。

第13表 幼虫期寄生蜂に関する調査

亜科名	寄生状態	蛹の色	蛹期間	備考	寄生率*
Tetrastichinae (A)	外部寄生	淡緑	3~5日	卵は乳白, meconium の柱を形成, 多 個体数少	} 31.4%
Tetrastichinae (B)	外部寄生	緑	3~5日		
Tetrastichinae (C)	外部寄生	緑黒	4~5日		
Entecloninae	内部寄生	黒	7~8日	meconium の柱を形成, 普通	20.8%
Eulophinae	不明	黒	不明	♂1頭を得たのみ	

\* 死体調査159個体中の比率, 共寄生3.3%。

幼虫の死体の周辺には、上表のような5種の寄生蜂の卵、幼虫または蛹が発見され、それらの寄生蜂は外部寄生31.4%、内部寄生20.8%、共寄生3.3%、合計55.5%に達した。寄生の様相は一般に単寄生であるが、時には多寄生も認められた。寄生蜂のうち最も多く発見されたものは、Tetrastichinae (A)であった。本種の産卵はmine内の寄主体表に行なわれるが、この時寄主はすでに不活動状態となる。卵はだ円形で長径0.27mm、幼虫は寄主体表に吸いつき、約1.5mmに成長する。Entecloninae 亜科に属する寄生蜂も普通に発見されたが、Eulophinaeの1種は1♂を得たのみであった。しかし、われわれは上述の結果から、死亡幼虫の半数以上は寄生蜂によるものと結論できる。

なお、幼虫が捕食性昆虫、ダニ類および病菌によって死亡したと判断される場合は発見できなかった。

## 4. 蛹期死亡率

蛹の死亡はすでに良く知られているように寄生蜂による場合が多い。これについて1958～1960年の調査結果を示せば、第14～15表の通りである。

第14表 夏季(第I世代)の蛹における寄生率

蛹化年月日	総蛹数	不休眠型 <sup>1)</sup>				短休眠型 <sup>2)</sup>				長休眠型 <sup>3)</sup>			
		ハモグリバエ(A)	コマユバチ(B)	コバチ類(C)	寄生率(%)	ハモグリバエ(A)	コマユバチ(B)	コバチ類(C)	寄生率(%)	ハモグリバエ(A)	コマユバチ(B)	コバチ類(C)	寄生率(%)
1958.6.23	170	0	27	2	100	0	26	1	100	0	5	50	100
6.25	161	0	14	2	100	0	33	0	100	0	7	30	100
6.27	180	0	13	8	100	0	35	3	100	0	13	38	100
6.30	130	0	12	2	100	0	19	0	100	0	13	35	100
7.3	131	0	9	2	100	0	7	2	100	0	18	51	100
7.5	152	0	13	5	100	1	5	6	91.7	0	18	46	100
合計	924	0	88	21	100	1	125	12	99.3	0	74	250	100
1959.6.14	67	18	5	11	47.1	6	0	0	0	0	0	0	—
6.16	139	7	17	19	83.7	6	10	2	66.7	0	1	25	100
6.20	62	1	5	3	88.9	2	6	0	75.0	0	1	4	100
6.22	246	5	10	7	77.3	5	20	6	83.9	0	0	6	100
6.25	48	1	1	2	75.0	3	0	2	40.0	0	0	11	100
合計	562	32	38	42	71.4	22	36	10	67.6	0	2	46	100
1960.6.27	24	0	5	3	100	1	1	0	50.0	0	0	0	—
6.28	54	1	11	7	94.7	0	6	2	100	0	0	2	100
7.5	265	0	8	23	100	0	5	27	100	0	1	56	100
7.8	121	0	0	13	100	3	0	18	85.7	0	0	25	100
7.12	102	0	1	9	100	0	0	10	100	0	0	9	100
7.15	71	4	0	2	33.3	4	1	12	76.5	0	0	7	100
合計	637	5	25	57	94.3	8	13	69	91.1	0	1	99	100

備考: 1) 蛹期間15日前後で羽化する蛹。 2) 蛹期間80日前後で羽化する蛹。

3) 翌年まで羽化しない蛹。 4) 算出は  $\frac{B+C}{A+B+C} \times 100$  とした。

第15表 秋季の蛹における寄生率

蛹化年月日	総蛹数	ハモグリバエ(A)	コマユバチ(B)	コバチ類(C)	寄生率(%)
1958.10.12	150	67	0	4	5.6
1959.10.4~9	325	61	50	86	69.0
1960.10.10	214	28	75	0	72.8

第14～15表に示したように、コマユバチおよびコガネコバチ類によって斃される蛹は非常に多く、それらの寄生率は第1世代において極めて高かった。それは平均において1958年99.8%、1959年79.7%、1960年95.1%に達している。秋季における寄生率は1958年には例外的な低率を示したが、その後の2年間は70%前後であった。これらの数値から明瞭なように、蛹の寄生率は一般に高率ではあるが、年次間および夏季と秋期間において、かなりの変動が認められる。例えば前述のように1958年夏季の寄生率はほとんど100%近くに達したが、同年秋季には僅かに5.6%を示している。一般に夏季よりも秋季の寄生率が低いことは、翌年の発生量に關聯して注意すべき事実であろう。

本種の蛹には蛹化後15日前後で羽化する不休眠型、同80日前後を経て羽化する短休眠型および翌年春まで羽化しない長休眠型がある。これらの各型の発生は夏季においてほぼ一定の割合で変化し、秋季には全部長休眠型となる。蛹の寄生蜂もまた、それぞれの蛹から寄主の成虫が羽化する時期と前後して羽化する故に、蛹の型別に寄生率の調査が可能となる。蛹の型別に寄生率をみると、1959年には長休眠型と他の2型間に有意差が認められるが、他の2カ年では著しい変動があるとはいえない。しかし、夏季に発生した長休眠型の蛹は、コマユバチよりもコガネコバチ類に多く寄生され、その寄生率は3カ年とも100%を示していることは特に注目されよう。

上述の寄生率とは逆に、総蛹数に対する本種の羽化数の比率、すなわち生存率を計算すると、夏季においては1958年0.11%、1959年9.61%、1960年2.04%、秋季にはそれぞれ42.7%、18.8%、31.1%となり、第1世代の生存率が極めて低いことが明らかである。これらの結果は既述のように、老熟幼虫を室内で蛹化させた蛹を材料として得られたものである。したがって、幼虫がmineから脱出して土中に潜入蛹化するまでの短時間内に捕食虫などに食われるもの、土中において何かの原因で死亡する蛹などは考慮されていない。これらは僅少であろうと考えられるが、それらを含めると蛹期間死亡はさらに高率となるであろう。著者の1人奥山は本調査後、圃場の土中より自然蛹化の蛹を約1,000頭採取して寄生率を調査したが、その結果は本調査の結果とほぼ同様であった。したがって蛹期間における死亡の主要因もまた幼虫期のそれと同様に、寄生蜂群によるものと結論されよう。

#### 論議および総括

著者らの調査結果を総合すると、ムギクロハモグリバエの個体群の制限要因は、一般に卵期において弱く、幼虫期は中位に、蛹期において最も強く働いていることが明らかである。幼虫期では孵化から若齢期までに著しい。これらの傾向は、夏世代(第1世代)と秋世代(第2+第3世代)との間にかかなりの変動が認められたが、制限要因は全体として夏世代に著しく強く働いていることが判明した。その総合効果は、1958年において99.99%、1959年には91.2%に

達した。これは HUGHES & SALTER (1959) がイギリスにおいてハナバエ科の1種 *Erioschia brassicae* の第1世代未成熟期における自然死亡率について5カ年にわたって調べた結果に匹敵する。この最も重要な制限要因は卵期における捕食虫群であるが、本種の場合のそれは、幼虫期および蛹期ともに寄生蜂群、特にヒメコバチ科、コマユバチ科の *Opius* 属およびコガネコバチ科に属する合計9種のものが重要な役割を演じている。

加藤(1948, 1953)は本種と近縁のイネハモグリバエ *Agromyza oryzae* における幼虫死亡率の地域的差異を認めたが、その要因については、天敵群の影響を評価することなく、単に幼虫の温度反応と微気象の高温条件との関係において説明している。しかし、本種の幼虫の場合は、夏季において mine 内の温度がしばしば 30°C を超える高温環境にさらされるけれども、それが幼虫の死亡要因とは断定できないことは、既述の調査および実験結果に徴して明らかであろう。幼虫の死亡が若齢期に起こり、秋季よりも夏季に上位葉に多いという事実は、高温に結びつけて考えられ易い条件ではあるが、そのような条件は同時に、寄生蜂群の host finding を含む諸活動に都合のよい条件ではなかろうか。幼虫期に限らず卵期および蛹期においても、春から晩秋までの間に、温度条件が直接致命的に働いたと考えられる例は認められなかった。

幼虫の死亡の半数以上はヒメコバチ群の寄生によるものであるが、残りのものの要因は不明のままに残された。これについては寄主植物の組織や栄養などとの関係において、今後の検討を要する。OATMAN (1960) はメロンハモグリバエ *Liriomyza pictella* の種内競合による幼虫期死亡率の増加を実験的に証明した。われわれの今回の調査においては、棲息密度に直接的に関係した幼虫の死亡を確認できなかった。しかし、本種の卵は1葉当り20個に達することもあり、そこで孵化した幼虫は1種の閉鎖環境で生活することになるから、発生量が多い時には密度の影響もまた検討を要するところであろう。OATMAN の言うように、これが案外寄生蜂の増加前における個体群の急激な衰退現象を説明する1助になるかもしれない。

最後に、この研究から考えられる本種の発生予察上の問題点について簡単にふれておきたい。われわれの今回の研究の1つの弱点は、越冬蛹の自然条件下における調査を欠くことである。秋季に得られた蛹は室内の一定条件下で調査したもので、この結果が自然と類似のものと見なし得る根拠はないから、年次間の問題については今後の検討を要する。しかし、夏季における各態の死亡率から、その環境抵抗の程度を計算すると、1958年の夏にはそれが著しく強かったが、同年秋の成虫の発生量は少なかった。1959年には夏の環境抵抗が比較的弱かったが、同年秋の発生は著しく増加した。これらの事実から、夏季における各態の死亡率を基礎として秋季における発生量を予察できる可能性がまず考えられよう。さらに本種の個体群を制限している最も支配的な要因は寄生蜂群であるから、MORRIS (1959) の“Single factor analysis”の可能性も亦考慮されよう。彼は *Acleris variana*, *Gilpinia hercyniae* などの森林害虫における世代間の量的変動の“Key factor”として敵虫の寄生性を利用し、それが発生量の予察上、利用

価値の高いものであることを述べているが、本種の場合にも、この方法によって信頼度の高い発生量の予察が可能となろう。但し MORRIS (1957) も強調するように、死亡率から個体数の変動を論ずるには、まず population の大きさを考慮する必要があり、また死亡率そのものの高低よりも、その変異幅がより重要な意味をもつゆえに、本種については今後さらに基礎的なデータの集積が必要である。

### 摘 要

北日本に広く分布する麦類の重要な害虫、ムギクロハモグリバエ *Agromyza albipennis* の未成熟期における死亡率、死亡時期および死亡要因を確かめるため、1957~1960年にわたって各種の調査と実験を行なった。その結果次のことが判明した。

- 1) 卵期死亡率は平均 13.1% を示し、比較的低率である。
- 2) 幼虫期死亡率は、平均において夏季 52.0%、秋季 18.2% を示し、夏季において著しく高い。
- 3) 幼虫の死亡は大部分が若齢期に起こり、上位葉に多い傾向がある。
- 4) 幼虫の死亡数と mine 内および圃場の微気象との関係、幼虫の対高温抵抗性実験によれば、温度条件は幼虫の死亡の主要因ではない。
- 5) 幼虫の棲息密度および食物条件においても、明瞭な死亡要因は確認できない。
- 6) 死亡幼虫の周辺から、ヒメコバチ科に属する 5 種の寄生蜂を発見した。これらは外部寄生 31.4%、内部寄生 20.8%、共寄生 3.3% で合計 55.5% に達した。
- 7) 蛹期死亡率は夏季において 90% 以上を示すことが多いが、秋季には一般に低い。死亡はほとんどコマユバチ科およびコガネコバチ科の寄生蜂によるものである。
- 8) 結局、本種の個体群を制限している最も重要な要因は寄生蜂群である。
- 9) 制限要因は一般に、卵期において弱く、幼虫期は中位に、蛹期において最も強く働いている。
- 10) 以上の諸結果から、本種の発生量に関する予察上の問題点について論じた。

### 引用文献

- 1) ANDREWARTHA, H. G. & BIRCH, L. C. (1954): The distribution and abundance of animals. Chicago, The Univ. Chicago Press, 784 pp.
- 2) HUGHES, R. D. & SALTER, D. D. (1959): Natural mortality of *Erioschia brassicae* (BOUCHÉ) (Diptera, Anthomyiidae) during the immature stage of the first generation. J. Anim. Ecol., 28: 231-241.
- 3) 石谷福信 (1938): 東京附近に産する麦葉潜蠅の種類. 応用昆虫, 1: 101-109.
- 4) ITO, Y. (1961): Factors that affect the fluctuations of animal numbers, with special reference to insect outbreaks. Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Ser. C, 13: 57-89.
- 5) 加藤陸奥雄 (1948): 稲葉潜蠅に関する生態学的研究. 第 4 報, 稲葉潜蠅の発生環境について. 農試彙報,

- 4: 35-37.
- 6) 加藤陸奥雄 (1953): 作物害虫学概論. 東京, 養賢堂, 306頁, 特に 59-72頁.
  - 7) 桑山 覚・田中一郎 (1946): 麦類の病害虫. 札幌, 柏葉書院, 116頁, 特に 75-79頁.
  - 8) MORRIS, R. F. (1957): The interpretation of mortality data in studies on population dynamics. *Canad. Ent.*, **89**: 49-68.
  - 9) MORRIS, R. F. (1959): Single factor analysis in population dynamics. *Ecology*, **40**: 580-588.
  - 10) NICHOLSON, A. J. (1958): Dynamics of insect populations. *Ann. Rev. Ent.*, **3**: 107-136.
  - 11) 西島 浩・中村克己 (1948): ムギクロハモグリバエとその防ぎ方. *北農*, **15**: 6-12.
  - 12) OATMAN, E. R. (1960): Intraspecific competition studies of the melon leaf miner, *Liriomyza pictella* (THOMSON) (Diptera, Agromyzidae). *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **53**: 130-131.
  - 13) RICHARDS, O. W. (1961): The theoretical and practical study of natural insect populations. *Ann. Rev. Ent.*, **6**: 147-162.
  - 14) SCHWERDTFEGGER, F. (1954): Grundsätzliches zur Populationsdynamik der Tiere. *Allg. Forest. u. Jagdzeit.*, **125**: 200-209.
  - 15) SCHWERDTFEGGER, F. (1957): Die Waldkrankheiten. Berlin, Zweite Auf., besonders S. 267-274.
  - 16) SOLOMON, M. E. (1957): Dynamics of insect populations. *Ann. Rev. Ent.*, **2**: 121-141.
  - 17) THOMPSON, W. R. (1956): The fundamental theory of natural and biological control. *Ann. Rev. Ent.*, **1**: 379-402.
  - 18) 富岡 暢・奥山七郎 (1959): ムギクロハモグリバエの産卵習性. *北日本病虫研年報.*, **10**: 104-105.

### Summary

To determine the mortality occurring in the immature stage of the black wheat leaf miner, *Agromyza albipennis* MEIGEN, and to ascertain the factors affecting it, an investigation was undertaken in 1957-1960 in Hokkaido, where the occurrence of the pest is chronically severe. In June-July and September, each corresponding to the active season of the first and second plus third generations, numbers of individuals dead in eggs and larvae were counted by marking method on wheat and barley plants. To supplement such field data, a closer examination concerning parasitism was conducted on naturally dead eggs and larvae, and also on the pupae reared from full-grown larvae. The temperature within the blotch mine, where the larvae are living, was measured by thermistor thermometer, together with air temperatures at the two levels of growing wheat. In the light of the results, the resistance to high temperature in young larvae was tested. The findings are summarized as follows.

The total mortality attributable to various factors fluctuated among the years concerned, but it was always high in summer, indicating that controlling factors have strongly operated on the first generation, the average mortalities in the egg, larva and pupa being 14.7, 52.0 and 91.5 per cent in summer, 9.1, 18.2 and 49.1 per cent in autumn respectively. About 80 per cent of the dead larvae occurred in young stage until the body attained 2.5 mm in length. There was a tendency for the larval death to increase in relatively young leaves of the host plants.

In analysis of mortality factors affecting each stage, egg parasites were not observed. No possible cause concerning food and intraspecific competition could be found for the death of larvae. The temperature within the mine, which was usually higher than air



temperatures in the field, often exceeded 30°C in June, but no increased number of dead larvae was recorded with such high temperature. This was confirmed by the result of laboratory experiment that high temperatures necessary to destroy many young larvae must be over 6 hours at 35°C and about 3 hours at 40°C. As these conditions were not estimated in the mine, it provided an evidence that high temperature was not the principal factor in the larval mortality.

However, the amount of larval mortality succumbed to the parasites, including five species belonging to the family Eulophidae, reached 55.5 per cent. Pupal mortality was caused mainly by the parasites of four species, two Braconids and two Pteromalids. The average percentages of the parasitism from 1958 to 1960 were 99.8, 79.7 and 95.1 in summer, 5.6, 69.0 and 72.8 in autumn respectively.

From the above results, it was concluded that the main factor controlling the population of *Agromyza albipennis* is attributable to the agency of the parasite complex, with evidence that such a factor operates moderately on the larvae, and the most strongly on the pupae. Finally, problems on some methods for forecasting fluctuations of the species population were briefly discussed.

## 図 版 説 明

- A. 成虫の産卵状態
- B. ムギクロハモグリバエの卵
- C. ムギキイロハモグリバエの卵
- D. 外部寄生蜂による死亡幼虫 (矢印は寄生蜂幼虫)
- E. 内部寄生蜂による死亡幼虫 (黒い部分は寄生蜂幼虫)
- F. Tetrastichinae (A) の卵 (矢印)
- G. 同上の幼虫
- H. 同上の蛹

