

## ヒメトビウンカの幼虫発育に不可欠な無機塩

小山 健二<sup>1)</sup>・三橋 淳<sup>2)</sup>

農林水産省農業環境技術研究所昆虫管理科

Essential Inorganic Salts for Nymphal Growth of the Planthopper, *Laodelphax striatellus* FALLEN (Hemiptera: Delphacidae). Kenji KOYAMA<sup>3)</sup> and Jun MITSUHASHI<sup>4)</sup> (Division of Entomology, National Institute of Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan). *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* **35**: 137-143 (1991)

Essential inorganic salts for the nymphal growth of *Laodelphax striatellus* FALLEN were examined by changing their composition, and the concentrations of  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  and  $KH_2PO_4$  in the MED-1 holidic diet. Mg, K and  $PO_4$  were found to be essential.  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  could be used as Mg source instead of  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ . The  $KH_2PO_4$  could be substituted with either  $K_2HPO_4$  or  $K_3PO_4$ . When  $H_3PO_4$  was present, KCl,  $KHCO_3$ ,  $C_6H_5K_3O_7 \cdot H_2O$  and  $CH_3COOK$  showed about the same nutritive values. When KCl was present,  $H_3PO_4$ ,  $NaHPO_4 \cdot 2H_2O$ ,  $Na_2HPO_4$  and  $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$  showed similar effects on the nymphal growth.

*Key words*: essential inorganic salts, *Laodelphax striatellus*, planthopper holidic diet, artificial rearing

## 緒 言

ウンカ・ヨコバイ類の人工飼料による飼育は、小山・三橋 (1969) により始められ、人工飼料ならびに飼育方法の改良により、植物にまったく接触させることなく、ヒメトビウンカ (MITSUHASHI and KOYAMA, 1971; 三橋・小山, 1972), イナズマヨコバイ (小山, 1973), ツマグロヨコバイ (小山, 1973; Hou and LIN, 1979), アスターヨコバイ (Hou and BROOKS, 1975), トビイロウンカ (小山, 1979), セジロウンカ (小山・三橋, 1980), セジロウンカモドキ (小山ら, 1981) などの人工飼育が可能となった。栄養生理については、ヒメトビウンカでは、幼虫発育に不可欠なアミノ酸 (KOYAMA and MITSUHASHI, 1975), ビタミン (小山・三橋, 1977), 微量元素 (小山・三橋, 1979), 利用可能な炭水化物 (MITSUHASHI and KOYAMA, 1969) などのそれぞれの種類と濃度について明らかにしてきた。また、トビイロウンカでは、糖類の水溶液上での幼虫の生存期間 (小山, 1981), 幼虫の発育に対する糖類の栄養価 (KOYAMA, 1984, 1985a, 1988), 幼虫の発育に不可欠なアミノ酸 (KOYAMA, 1984, 1985b,

1988), ビタミン (KOYAMA, 1984, 1986, 1988) を明らかにした。今回は、ヒメトビウンカの幼虫発育に不可欠な無機塩の種類と濃度を明らかにし、さらに人工飼料 (MED-1) に加えられている化合物以外の無機塩についても、より有効な物質があるかどうかを検討したので報告する。

## 材料および方法

実験に供したヒメトビウンカは、実験室内でイネ芽出しを用いて継代飼育してきた埼玉県産の個体群である。採卵は MITSUHASHI (1970) の人工採卵容器を用いて行い、えられた卵は小型のシャーレに水を入れ、その中に保存し、ふ化直前の卵を湿った濾紙の上に移しふ化させた。ふ化した幼虫はそれぞれの人工飼料に移した。飼育容器は径 30 mm で高さ 30 mm のガラスびんを使用した。人工飼料としては MED-1 飼料を基本にした (MITSUHASHI and KOYAMA, 1971; 三橋・小山, 1972)。MED-1 飼料が含有する無機塩は、飼料 100 ml 中に  $KH_2PO_4$  (500 mg/100 ml) および  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  (200 mg/100 ml) だけである。この飼料より各無機塩を除去

1) 現在 野菜・茶業試験場環境部

2) 現在 東京農工大学農学部

3) Present address: National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea, Ano, Mie 514-23, Japan.

4) Present address: Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183, Japan.

1990年8月22日受領 (Received August 22, 1990)

1990年12月18日登載決定 (Accepted December 18, 1990)

第1表  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  濃度とふ化後15日目までの累積死亡率, 幼虫期間および成虫化率

$\text{KH}_2\text{PO}_4$ $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 濃度	累積死亡率 (%)								平均幼虫期間 ±標準偏差 (日)	成虫化率 (%)
	ふ化後の日数									
	1	3	5	7	9	11	13	15 (日)		
C <sup>1)</sup>	8	12	22	22	22	28	31	37	16.8±2.6	50
C×1/2	7	12	20	23	24	29	33	41	16.7±3.0	40
C×1/4	1	7	8	9	10	12	14	24	17.4±2.9	53
C×1/8	7	9	11	25	37	39	45	51	17.9±3.4	36
C×1/16	6	7	13	20	26	30	33	33	29.2±6.6	41
C×1/32	8	21	28	42	49	61	68	69	5 齢幼虫で死亡	0
C×1/64	5	27	43	55	68	82	88	91	2 齢幼虫で死亡	0
0	51	73	81	95	97	100			1 齢幼虫で死亡	0

<sup>1)</sup> 濃度: 飼料 100 ml 中  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  500 mg,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  200 mg.

したり, あるいは濃度を変えた飼料を調製し, 水素イオン濃度を NaOH または HCl で pH 6.5 に調節して, それぞれの実験に供した。くわしい実験方法はそれぞれのところで述べる。飼料は, 引き伸ばしたフジ・シーロンフィルムを通して吸汁させ, 1日おきに更新した。飼育は, 25°C 長日条件 (16L-8D) 下で行った。供試虫数は各区 100 頭とし, 発育状態を記録した。結果は主として成虫化率, 幼虫期間により示したが, これまでの研究により飼料組成が初期死亡率に影響を与えることが多い傾向がみられたので, ふ化後15日までの累積死亡率も記録した。

## 結 果

### 1. $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ の濃度と幼虫の発育

ヒメトビウンカの幼虫発育に及ぼす  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  と  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  の影響を明らかにするため, MED-1 飼料に加えられている濃度比はそのままで濃度を 1/2 ずつ希釈した飼料で飼育した (第1表)。飼料にこれらの無機塩をまったく加えない場合は, 飼育開始後1日で半数が死亡し, 11日目までにすべての個体が死亡し, 2齢になった個体はなかった。MED-1 飼料に加えられている量の 1/32 の濃度 ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  は 15.625 mg,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  は 6.25 mg/100 ml) 以下では成虫まで発育することができず, 1/64 の濃度では 2 齢まで, 1/32 の濃度では 5 齢まで達し, ふ化後 15 日までの累積死亡率はそれぞれ 91% および 69% であり, 1/16 の濃度以上の各区に比し, 初期の死亡が高かった。1/16 の濃度では成虫まで発育したが, 平均幼虫期間が大幅に遅延した。

### 2. $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ の濃度と幼虫の発育

$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  を飼料より除去するとヒメトビウンカは, 4 齢までにすべての個体が死亡し, ふ化後 15 日までの累積死亡率は 97% であった。MED-1 飼料に加え

られている量の 1/64 の濃度 (3.125 mg/100 ml) では 5 齢まで発育することができたが, 成虫まで発育しなかった。ふ化後 15 日目の累積死亡率は 80% であった。1/32 の濃度以上では, 幼虫期間と成虫化率は MED-1 飼料とほとんど同じであり, ふ化後 15 日目の累積死亡率いずれも 50% 以下で, 各区間に大きな差はみられなかった。一方, MED-1 飼料に加えられている濃度より濃くした場合は, 4 倍 (800 mg/100 ml) までは幼虫期間に差がなく, 成虫化率は若干高くなった。8 倍にすると, 幼虫期間がやや長くなり, 成虫化率は低くなった。16 倍では, 2 齢幼虫まで発育したがふ化後 7 日までに死亡した (第2表)。

### 3. $\text{KH}_2\text{PO}_4$ の濃度と幼虫の発育

$\text{KH}_2\text{PO}_4$  を欠く飼料では幼虫はすべて 1 齢で死亡したが, ふ化後 15 日目までの累積死亡率は 96% であった。MED-1 飼料に加えられている量の 1/64 の濃度 (7.8125 mg/100 ml) および 1/32 濃度では, 成虫まで発育した個体はなかったが, 前者では 2 齢まで後者では 4 齢まで発育し, ふ化後 15 日目の累積死亡率はそれぞれ 80% および 74% であった。1/16 の濃度では幼虫期間がやや遅延したが, 成虫まで発育した。しかし成虫化率は MED-1 飼料に比べてかなり低かった。1/8~2 倍の範囲では幼虫期間および成虫化率に大きな差はなく, ふ化後 15 日目の累積死亡率は 35~44% の範囲にあった。さらに濃度を増すと発育が阻害される傾向がみられ, 4 倍濃度 (2,000 mg/100 ml) では成虫化率が激減し, ふ化後 15 日目の累積死亡率は 55% であった。8 倍の濃度では, ふ化後 5 日目までにすべての個体が 1 齢幼虫で死亡した (第3表)。

### 4. KCl および $\text{H}_3\text{PO}_4$ の濃度と幼虫の発育

以上の実験で MED-1 飼料中の  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  はヒメトビウンカの幼虫発育に不可欠であることがわかったので,

第2表 MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 濃度とふ化後15日目までの累積死亡率, 幼虫期間および成虫化率

MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O 濃度	累積死亡率 (%)								平均幼虫期間 ±標準偏差 (日)	成虫化率 (%)
	ふ化後の日数									
	1	3	5	7	9	11	13	15 (日)		
C <sup>1)</sup>	8	17	22	22	22	28	31	37	16.8±2.6	50
C×2	5	11	13	16	17	21	23	23	16.7±1.5	66
C×4	1	16	22	24	24	27	33	35	17.8±2.0	62
C×8	3	22	32	35	41	45	45	46	23.0±2.5	39
C×16	10	91	99	100					2 齢幼虫で死亡	0
C×1/2	1	26	33	35	36	39	41	46	17.9±3.9	35
C×1/4	18	25	25	27	33	35	41	45	18.0±2.0	42
C×1/8	10	15	16	18	20	23	28	43	16.4±2.2	45
C×1/16	6	10	15	19	20	23	30	39	17.2±2.4	51
C×1/32	12	25	27	29	33	37	40	44	17.4±2.2	45
C×1/64	15	29	36	52	60	68	74	80	5 齢幼虫で死亡	0
0	20	37	50	72	79	86	90	97	4 齢幼虫で死亡	0

<sup>1)</sup> 濃度: 飼料 100 ml 中 MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 200 mg.

第3表 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 濃度とふ化後15日目までの累積死亡率, 幼虫期間および成虫化率

KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 濃度	累積死亡率 (%)								平均幼虫期間 ±標準偏差 (日)	成虫化率 (%)
	ふ化後の日数									
	1	3	5	7	9	11	13	15 (日)		
C <sup>1)</sup>	8	17	22	22	22	28	31	37	16.8±2.6	50
C×2	12	23	25	27	29	30	41	44	18.2±2.1	61
C×4	6	38	41	45	47	48	55	55	23.9±3.7	27
C×8	16	97	100						1 齢幼虫で死亡	0
C×1/2	0	13	17	18	26	31	33	39	20.2±2.3	41
C×1/4	0	15	18	26	31	31	34	35	19.8±3.4	36
C×1/8	17	22	25	29	32	34	38	40	19.9±2.8	46
C×1/16	11	30	36	40	45	48	51	51	25.6±4.1	24
C×1/32	11	24	27	34	45	63	69	74	4 齢幼虫で死亡	0
C×1/64	7	21	31	38	46	58	69	80	2 齢幼虫で死亡	0
0	35	44	53	59	66	87	95	96	1 齢幼虫で死亡	0

<sup>1)</sup> 濃度: 飼料 100 ml 中 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 500 mg.

次にカリウムとリン酸の必要量を別々に検討した。まず飼料から KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> を除去し, そのかわりにリン酸源としては H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, カリウム源としては KCl をそれぞれ 500 mg/100 ml 加えた飼料を調製し, さらに KCl 濃度をかえて幼虫の發育を調査した。その結果 KCl を欠く場合はすべての幼虫が5日目までに1齢幼虫で死亡し, 1/16の濃度 (31.25 mg/100 ml) では, 3齢に達する個体はえられず, ふ化後15日目の累積死亡率は96%であった。1/8の濃度では, およそ半数が成虫まで發育し, 幼虫期間, 成虫化率にほとんど差がなかった。ふ化後15日までの累積死亡率は, 1/8の濃度以上では25~39%の範囲であった (第4表)。

次にリン酸の必要性を明らかにするため, 上記飼料の H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> の濃度を変えて幼虫の發育を調査した。その結果 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> をまったく欠く飼料では, 幼虫は13日目までに1齢ですべての個体が死亡し, 1/32の濃度 (15.625

mg/100 ml) では, 幼虫期間が大幅に遅延し成虫化率が低く, ふ化後15日までの累積死亡率は71%と高かった。しかし, 1/16の濃度では, 幼虫期間, 成虫化率ともあまり違わなかった。また, ふ化後15日までの累積死亡率は, 1/16以上では17~39%と低かった (第5表)。

##### 5. リン酸カリウムと幼虫の發育

MED-1 飼料には, リン酸カリウムとして KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> を用いているが, それを同量の K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> または K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> でおきかえた場合, 幼虫發育がどうなるかを検討した。結果は第6表に示したように, 幼虫期間は3種の化合物の間で差がなかった。しかし, 成虫化率は若干異なり K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> がいちばん高く, 次に K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> の順であった。

##### 6. マグネシウム化合物と幼虫の發育

MED-1 飼料には, マグネシウム源として MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (200 mg/100 ml) が加えられているが, これ以外

第4表 KCl 濃度とふ化後 15 日目までの累積死亡率, 幼虫期間および成虫化率

KCl 濃度	累積死亡率 (%) ふ化後の日数								平均幼虫期間 ±標準偏差 (日)	成虫化率 (%)
	1	3	5	7	9	11	13	15 (日)		
C <sup>1)</sup>	7	26	27	33	36	38	39	39	19.5±3.1	50
C×1/2	7	22	23	27	29	32	32	33	18.1±1.8	58
C×1/4	11	17	20	21	22	23	25	25	19.3±2.5	68
C×1/8	5	16	22	25	25	27	29	30	20.3±3.3	46
C×1/16	3	15	35	62	75	90	95	96	2 齢幼虫で死亡	0
0	18	83	100						1 齢幼虫で死亡	0

<sup>1)</sup> 濃度: 飼料 100 ml 中 KCl 500 mg.

第5表 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 濃度とふ化後 15 日目までの累積死亡率, 幼虫期間および成虫化率

H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 濃度	累積死亡率 (%) ふ化後の日数								平均幼虫期間 ±標準偏差 (日)	成虫化率 (%)
	1	3	5	7	9	11	13	15 (日)		
C <sup>1)</sup>	7	26	27	33	36	38	39	39	19.5±3.9	50
C×1/2	7	13	16	21	22	22	24	28	18.2±3.9	75
C×1/4	3	7	9	11	12	12	13	18	18.0±2.5	73
C×1/8	0	9	9	11	15	15	17	17	21.0±3.0	66
C×1/16	0	7	10	15	17	19	22	32	27.6±4.6	66
C×1/32	6	23	29	40	50	57	64	71	53.3±8.7	6
0	33	47	64	87	94	96	100		1 齢幼虫で死亡	0

<sup>1)</sup> 濃度: 飼料 100 ml 中 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 500 mg.

第6表 リン酸カリウムの化合物とふ化後 15 日目までの累積死亡率, 幼虫期間および成虫化率

リン酸カリウムの 化合物 <sup>1)</sup>	累積死亡率 (%) ふ化後の日数								平均幼虫期間 ±標準偏差 (日)	成虫化率 (%)
	1	3	5	7	9	11	13	15 (日)		
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	8	17	22	22	22	28	31	37	16.8±2.6	50
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	12	21	24	25	26	32	35	35	16.7±2.0	58
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10	14	16	16	20	23	26	30	16.2±2.9	66

<sup>1)</sup> 濃度: 飼料 100 ml 中 500 mg.

のマグネシウムの化合物で, ヒメトビウカの幼虫発育に有効なものがあるかどうかを検討した。そのため MED-1 飼料の MgCl<sub>2</sub>・6H<sub>2</sub>O をそれぞれの化合物でおきかえた飼料を調製した。結果は第7表に示すとおりである。MgF と Mg-EDTA を用いた場合は, 成虫まで発育する個体はえられなかったが, その他の化合物ではいずれの場合もヒメトビウカは成虫まで発育した。また, 平均幼虫期間が MgCl<sub>2</sub>・6H<sub>2</sub>O と比べて遅延しなかったのは MgSO<sub>4</sub>・7H<sub>2</sub>O だけであった。

### 7. カリウム化合物と幼虫の発育

MED-1 飼料にリン酸源として H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> を 500 mg/100 ml 加えた場合, 上記3種のリン酸カリウムおよび KCl のほかにカリウム源として, 有効な物質があるか否かを検索するために各種のカリウム化合物を飼料 100 ml 中

に 500 mg 加えた。結果は第8表に示すとおりで, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOK, K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>・xH<sub>2</sub>O, KF, KI, K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> では成虫まで発育する個体はえられなかったが, 他の化合物を用いた場合は, いずれも成虫まで発育した。しかしその平均幼虫期間は K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> と KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>・4H<sub>2</sub>O を用いた場合はやや長くなった。成虫化率は K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> で顕著に低かった。一方, KCl と同等またはそれ以上の発育・成虫化率を示したものは, KHCO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>K<sub>3</sub>O<sub>7</sub>・H<sub>2</sub>O, CH<sub>3</sub>COOK であった。

### 8. リン化合物と幼虫の発育

MED-1 飼料の KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> の代りに KCl (500 mg/100 ml) を用い, リン源としてリン酸カリウムおよび H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> のほかに有効なリン化合物があるかどうかを検討した。そのため各種リン化合物を 500 mg/100 ml 上記飼料に

第7表 マグネシウムの化合物とふ化後15日目までの累積死亡率、幼虫期間および成虫化率

マグネシウムの 化合物 <sup>1)</sup>	累積死亡率 (%)								平均幼虫期間 ±標準偏差 (日)	成虫化率 (%)
	ふ化後の日数									
	1	3	5	7	9	11	13	15 (日)		
Mg(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	15	25	30	32	36	39	42	46	18.2±3.0	46
MgBr <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	10	18	25	26	27	28	32	34	17.6±2.4	56
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	8	17	22	22	22	28	31	37	16.8±2.6	50
Mg <sub>3</sub> (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> ·14H <sub>2</sub> O	10	26	27	31	33	34	38	42	18.3±3.0	54
MgF <sub>2</sub>	12	42	81	92	98	0			3 齢幼虫で死亡	0
Mg(OH) <sub>2</sub>	21	23	26	27	29	29	31	34	17.9±2.5	52
MgC <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub> ·3H <sub>2</sub> O	1	11	13	20	21	22	27	30	17.5±2.6	62
Mg(C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	9	18	19	21	22	24	27	29	18.1±2.7	68
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	17	28	32	35	35	42	46	46	16.7±2.1	48
Mg <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ·5H <sub>2</sub> O	2	25	29	31	31	34	37	42	20.1±2.6	50
Mg-EDTA	11	24	32	54	68	80	85	95	2 齢幼虫で死亡	0

<sup>1)</sup> 濃度：飼料 100 ml 中 200 mg.

第8表 カリウムの化合物とふ化後15日目までの累積死亡率、幼虫期間および成虫化率

カリウムの 化合物 <sup>1)</sup>	累積死亡率 (%)								平均幼虫期間 ±標準偏差 (日)	成虫化率 (%)
	ふ化後の日数									
	1	3	5	7	9	11	13	15 (日)		
CH <sub>3</sub> COOK	9	22	25	26	27	28	28	28	19.3±2.9	64
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOK	28	87	100						1 齢幼虫で死亡	0
K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	81	100							1 齢幼虫で死亡	0
K <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	45	100							1 齢幼虫で死亡	0
KBr	12	42	48	51	55	60	60	66	20.5±2.2	26
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	7	15	18	19	20	20	22	24	18.6±1.9	67
KCl	7	26	27	33	36	38	39	39	19.5±3.1	50
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> K <sub>3</sub> O <sub>7</sub> ·H <sub>2</sub> O	10	14	15	19	21	21	23	28	19.5±3.5	60
KC <sub>6</sub> H <sub>7</sub> O <sub>7</sub>	11	35	40	42	44	49	52	52	21.8±2.2	39
KHCO <sub>3</sub>	5	9	12	14	15	16	16	17	17.8±2.2	66
KHSO <sub>4</sub>	40	51	55	48	60	61	74	76	19.8±1.9	30
KF	72	100							1 齢幼虫で死亡	0
K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	34	62	80	82	82	84	84	84	25.6±1.1	5
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	40	45	50	50	51	51	52	53	19.5±2.3	38
KI	56	92	98	100					1 齢幼虫で死亡	0
K <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	85	100							1 齢幼虫で死亡	0
KNaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> ·4H <sub>2</sub> O	10	29	30	41	47	49	49	49	23.7±3.4	38

<sup>1)</sup> 濃度：飼料 100 ml 中 500 mg.

加えた飼料を調製し実験に用いた。結果を第9表に示す。AlPO<sub>4</sub>, CaH<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O, CO<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O, H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 24 WO<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>HPO<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>·12MoO<sub>3</sub>を用いた飼料では、ヒメトビウカの幼虫は成虫まで発育できなかった。その他の化合物を用いた場合は、いずれも成虫まで発育した。しかし NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, CaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>を用いた場合、平均幼虫期間が長くなり、また、NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>の場合は成虫化率が著しく低くなった。一方、H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>と同等またはそれ以上の効果を示したものは NaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>Oであった。

## 考 察

これまでウンカ・ヨコバイ類では、いわゆる微量元素として鉄、銅、亜鉛が不可欠要素であることが明らかにされているが(小山・三橋, 1979), その他の無機物の必要性については検討されていなかった。本研究では、無機塩として飼料に加えられている塩化マグネシウムとリン酸カリウムのうち、マグネシウム、カリウム、リン酸が幼虫発育に不可欠であることを明らかにした。しかし、ナトリウムについては飼料がアスコルビン酸ナトリウムを含んでいることおよび pH を水酸化ナトリウムで

第9表 リンの化合物とふ化後15日目までの累積死亡率, 幼虫期間および成虫化率

リンの化合物 <sup>1)</sup>	累積死亡率 (%)								平均幼虫期間 ±標準偏差 (日)	成虫化率 (%)
	ふ化後の日数									
	1	3	5	7	9	11	13	15 (日)		
AlPO <sub>4</sub>	3	12	18	26	33	47	55	64	4 齢幼虫で死亡	0
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	10	46	75	83	92	94	94	94	27.5±4.0	3
CaH <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	7	7	8	11	19	29	43	52	3 齢幼虫で死亡	0
CaHPO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	14	28	33	39	44	50	51	51	25.2±2.5	27
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	10	12	22	26	30	38	39	42	31.7±4.7	23
CO <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O	43	100							1 齢幼虫で死亡	0
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7	26	27	33	36	38	39	39	19.5±3.1	50
HPO <sub>3</sub>	11	27	30	33	33	34	35	38	23.5±4.0	37
H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>	3	21	32	42	56	70	83	92	3 齢幼虫で死亡	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ·24WO <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O	39	99	100						1 齢幼虫で死亡	0
NaHPO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	27	32	32	36	38	39	42	42	17.9±2.1	51
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	8	16	20	23	25	26	28	30	18.4±2.4	66
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O	15	22	24	25	26	28	29	30	18.1±2.0	59
Na <sub>2</sub> HPO <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	14	32	38	46	63	71	84	89	2 齢幼虫で死亡	0
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ·12MoO <sub>3</sub>	7	39	44	54	69	80	87	88	3 齢幼虫で死亡	0

<sup>1)</sup> 濃度: 飼料 100 ml 中 500 mg.

調整したため, その必要性を決定することはできなかった。また, 塩素についても無機塩の形で含まれている以外にアミノ酸やビタミンの塩酸塩, 塩化物として含まれているのでその必要性を決定することができなかった。これまで吸汁性昆虫では, ウンカ・ヨコバイ以外では, アブラムシ, カメムシなどの人工飼育が試みられ, アブラムシの一部では継代飼育が可能となったものもあるが, 栄養要求についてはほとんど研究されておらず, とくに無機塩に関する要求性についての知見は皆無である。しかし, それら飼料はいずれもカリウム, マグネシウムおよびリン酸を無機物の主体としており (MITTLER and DADD, 1962; AUCLAIR, 1965; KIECKHEFER and DERR, 1967; VANDERZANT, 1967; ERHARDT, 1968; AKEY and BECK, 1971; 河田, 1971; CRESS and CHADA, 1971), 要求性もヒメトビウンカと類似していると想像される。本研究ではカリウム, マグネシウムおよびリン酸がヒメトビウンカの幼虫発育に不可欠であることを明らかにしたが, また, これら要素を含む化合物中有効なものおよびそれらの飼料中における適量も検討した。化合物や濃度が不適当であった場合, ヒメトビウンカは発育途上で死亡したが, いずれの場合も死亡は1齢初期に多く起こり, 1~2 齢期ですべて死亡する場合はふ化後1週間以内に死亡し, 3~4 齢まで発育する場合でも2週間以内に大部分死亡することが明らかになった。

これまでのヒメトビウンカの栄養要求に関する研究を総括すると, 糖ではスクロースが最適であり (MITSUHASHI and KOYAMA, 1969), アミノ酸ではシステイ

ン (シスチン) とメチオニン (KOYAMA and MITSUHASHI, 1975), ビタミンではチアミン, ピリドキシンおよびパントテン酸 (小山・三橋, 1977), 無機物ではカリウム, マグネシウムおよびリン酸, また微量元素としては鉄, 銅および亜鉛が不可欠要素であることがわかった (小山・三橋, 1979)。しかし, これら不可欠要素だけからなる飼料ではヒメトビウンカは発育を完了することはできない。しかし, これら不可欠要素を基本として可欠要素をできるだけ除くことにより, さらに飼料の単純化, 改良が可能であると考えられる。

## 摘 要

ヒメトビウンカの幼虫発育に不可欠な無機塩の種類と濃度を明らかにした。マグネシウム, カリウム, リン酸はヒメトビウンカの幼虫発育に不可欠な無機塩であることが明らかになった。マグネシウム源として MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O を用いた場合の最低有効濃度は 6.25 mg/100 ml 付近であると推定された。カリウム源として KCl を用いた場合最低有効濃度は 62.5 mg/100 ml 付近であった。リン酸源として H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> を用いた場合の最低有効濃度は 15.625 mg/100 ml 付近であった。

リン酸カリウムとしては, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> のかわりに K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> および K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> を与えた場合, 幼虫期間は3種の化合物の間で差はなかった。

マグネシウム化合物としては, Mg(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, MgBr<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, Mg<sub>3</sub>(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>)<sub>2</sub>·14H<sub>2</sub>O, Mg(OH)<sub>2</sub>, MgC<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>6</sub>·3H<sub>2</sub>O, Mg(C<sub>18</sub>H<sub>35</sub>O<sub>2</sub>), MgSO<sub>4</sub>·

7H<sub>2</sub>O および Mg<sub>3</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>8</sub> · 5H<sub>2</sub>O で幼虫から成虫まで発育した。

カリウム化合物としては、リン酸カリウムのほか CH<sub>3</sub>COOK, KBr, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, KCl, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>K<sub>3</sub>O<sub>7</sub> · H<sub>2</sub>O, KH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>, KHCO<sub>3</sub>, KHSO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> および KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> · 4H<sub>2</sub>O で成虫まで発育した。

リン化合物としては、NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, CaHPO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HPO<sub>3</sub>, NaHPO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> および Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> · 12H<sub>2</sub>O で幼虫から成虫まで発育した。

### 引用文献

- AKEY, D.H. and S.D. BECK (1971) Continuous rearing of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*, on a holidic diet. *Ann. Ent. Soc. Am.* **64**: 353—356.
- AUCLAIR, J.L. (1965) Feeding and nutrition of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae), on chemically defined diets of various pH and nutrient levels. *Ann. Ent. Soc. Am.* **58**: 855—867.
- CRESS, D.C. and H.L. CHADA (1971) Development of a synthetic diet for the green bug, *Schizaphis graminum*. 1. Green bag development on two synthetic diets. *Ann. Ent. Soc. Am.* **64**: 1237—1240.
- ERHARDT, P. (1968) Nachweis einer durch symbiontische Mikroorganismen bewirkten Sterinsynthese in künstlich ernährten Aphiden (Homoptera, Rhynchota, Insecta). *Experientia* **24**: 82—83.
- HOU, R.F. and M.A. BROOKS (1975) Continuous rearing of the aster leafhopper *Macrostelus fascifrons* on a chemically defined diet. *J. Insect Physiol.* **21**: 1481—1483.
- HOU, R.F. and L.C. LIN (1979) Artificial rearing of rice green leafhopper, *Nephotettix cincticeps*, on a holidic diet. *Entomol. Exp. Appl.* **25**: 158—164.
- 河田和雄 (1971) アブラムシの人工飼育 (第1報). *農学研究* **54**: 23—29.
- KIECKHEFER, R. and R. DERR (1967) Rearing three species of cereal aphids on artificial diets. *J. Econ. Entomol.* **60**: 663—665.
- 小山健二 (1973) 完全合成飼料によるイナズマヨコバイとツマグロヨコバイの人工飼育. *応動昆* **17**: 163—166.
- 小山健二 (1979) 完全合成飼料によるトビイロウンカの人工飼育. *応動昆* **23**: 39—40.
- 小山健二 (1981) 数種糖類の水溶液上でのトビイロウンカ幼虫の生存期間. *応動昆* **25**: 125—126.
- KOYAMA, K. (1984) Nutritional physiology of the brown rice planthopper, *Nilaparvata lugens* STÅL (Hemiptera: Delphacidae). *中華昆虫* **4**: 93—105.
- KOYAMA, K. (1985 a) Nutritional physiology of the brown rice planthopper, *Nilaparvata lugens* STÅL (Hemiptera: Delphacidae). I. Effect of sugars on nymphal development. *Appl. Ent. Zool.* **20**: 292—298.
- KOYAMA, K. (1985 b) Nutritional physiology of the brown rice planthopper, *Nilaparvata lugens* STÅL (Hemiptera: Delphacidae). II. Essential amino acids for the nymphal development. *Appl. Ent. Zool.* **20**: 424—430.
- KOYAMA, K. (1986) Nutritional physiology of the brown rice planthopper, *Nilaparvata lugens* STÅL (Hemiptera: Delphacidae). III. Essential vitamins for the nymphal development. *Appl. Ent. Zool.* **21**: 252—257.
- KOYAMA, K. (1988) Artificial rearing and Nutritional physiology of the planthoppers and leafhoppers (Hemiptera: Delphacidae and Deltocephalidae) on a holidic diet. *JARQ* **22**: 20—27.
- 小山健二・三橋 淳 (1969) ヒメトビウンカの人工摂食. *応動昆* **13**: 89—90.
- KOYAMA, K. and J. MITSUHASHI (1975) Essential amino acids for the growth of the smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus* FALLÉN (Hemiptera: Delphacidae). *Appl. Ent. Zool.* **10**: 208—215.
- 小山健二・三橋 淳 (1977) ヒメトビウンカの幼虫発育に不可欠なビタミン. *応動昆* **21**: 23—26.
- 小山健二・三橋 淳 (1979) ヒメトビウンカの幼虫発育に不可欠な微量元素. *応動昆* **23**: 173—177.
- 小山健二・三橋 淳 (1980) 完全合成飼料によるセジロウンカの人工飼育. *応動昆* **24**: 117—119.
- 小山健二・三橋 淳・奈須壮兆 (1981) 完全合成飼料によるセジロウンカモドキの人工飼育. *応動昆* **25**: 198—200.
- MITSUHASHI, J. (1970) A device for collecting planthopper and leafhopper eggs (Hemiptera: Delphacidae). *Appl. Ent. Zool.* **5**: 47—49.
- MITSUHASHI, J. and K. KOYAMA (1969) Survival of smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus* FALLÉN, on carbohydrate solutions (Hemiptera: Delphacidae). *Appl. Ent. Zool.* **4**: 185—193.
- MITSUHASHI, J. and K. KOYAMA (1971) Rearing of planthoppers on a holidic diet. *Entomol. Exp. Appl.* **14**: 93—98.
- 三橋 淳・小山健二 (1972) ヒメトビウンカの人工飼育. 特に1齢幼虫の飼育条件の検討. *応動昆* **16**: 8—17.
- MITTLER, T.E. and R.H. DADD (1962) Artificial feeding and rearing of the aphid, *Myzus persicae* (SULZER), on a completely defined synthetic diet. *Nature* **195**: 404.
- VANDERZANT, E.S. (1967) Rearing *Lygus* bugs on artificial diets. *J. Econ. Entomol.* **60**: 813—816.