マメハモグリバエの増殖に及ぼす寄主作物と温度の影響

小澤朗人・西東 力・池田二三高

静岡県農業試験場

Effect of Host Plant and Temperature on Reproduction of American Serpentine Leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess). Akihito Ozawa, Tsutomu Saito and Fumitaka Ikeda (Shizuoka Agricultural Experiment Station, Toyoda, Iwata, Shizuoka 438-0803, Japan). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 43: 41-48 (1999)

Abstract: The American Serpentine Leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) was reared at 25°C on kidney bean, pak-choi, tomato, cherry tomato, celery, gerbera, chrysanthemum and melon, and at different temperatures on tomato. The pupation rates at 25°C varied from 56.2% on melon to 97.8% on kidney bean and were significantly different between crops. The adult emergence rates varied from 82.8% on celery to 96.5% on tomato. There were no large differences in the mean generation time between crops. Large differences in the net reproductive rate were found between crops, ranging from 25.21 on tomato to 271.99 on pak-choi. The intrinsic rates of natural increase on kidney bean, pak-choi, tomato, cherry tomato, celery, gerbera, chrysanthemum and melon were 0.2384, 0.2268, 0.1607, 0.1684, 0.2008, 0.1866, 0.1709 and 0.1429, respectively. The reproductive rates per day varied from 1.269 on kidney bean to 1.154 on melon. The hatchabilities on tomato were not significantly different between different temperatures, but the pupation rates and emergence rates were significant different between temperatures. The female fecundity varied from 3.3 at 15°C to 29.4 at 25°C, and female longevity was negatively correlated with temperature. The mean generation times varied from 55.85 at 15°C to 14.27 at 30°C. The net reproductive rate was 25.21 at 25°C, and the intrinsic rates of natural increase at 15°C, 20°C, 25°C and 30°C were -0.0042, 0.0655, 0.1607 and 0.0995, respectively. The population growth rate of *L. trifolii* was highest at 25°C.

Key words: *Liriomyza trifolii*, reproduction, host plant, temperature, survival rate

緒 言

1990年に我が国で初めて発生が確認されたマメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* (Burgess) (西東, 1992; Sasakawa, 1993) は, その分布を急速に拡大しており, 全国的な重要害虫となりつつある (西東, 1993)。

我が国における本種の発生生態についてはいまだ不明な点が多いものの, トマトやキクなどの施設栽培ほ場では増殖速度がきわめて速いことが観察されており, オンシツコナジラミやミナミキイロアザミウマなど他の微小な侵入害虫と同様に増殖能力の高い害虫であることが推察される。本種の増殖能力に関しては, 主な寄主作物における発育日数や産卵数などが明らかにされており (西東ら, 1995a), 発育日数, 産卵数及び雌成虫の寿命は寄主作物を異にすると大きく変動することが判明している。

ところで, 一般に発育日数, 産卵数及び雌成虫の寿命は個体群の増殖能力に大きな影響を与える要因であるが, 同時に, 卵や幼虫の生存率も影響する。本種では, 卵のふ化率は寄主植物の影響をほとんど受けないとされている (Zoebisch et al., 1984) が, 幼虫の生存率は寄主植物の影響を強く受け, 例えばキク (末永ら, 1995) やトマトの品

種の違い (James et al., 1987) あるいはトマト葉内の窒素含有量 (James et al., 1987; Minkenberg and Ottenheim, 1990) が幼虫の生存率に影響することが知られている。こうしたことから, 寄主植物の種類によってマメハモグリバエの幼虫生存率は異なると考えられる。しかし, 我が国で発生している個体群については, 主な寄主作物における幼虫及び蛹の生存率や個体群の増殖能力は不明であり, これらを明らかにすることは各作物ごとに効果的な防除対策を構築する上での基礎的知見となる。また, 近年, 我が国でも本種に対して天敵寄生蜂を用いた生物的防除法の開発が試みられており (多々良ら, 1993; 小澤ら, 1993; 西東ら, 1995b, 1996; 西東, 1997), 天敵資材も現場で使用され始めている。一般に, 害虫の増殖能力の低い寄主植物の方が生物的防除は容易であること (Waage and Hassell, 1982) から, 広食性のマメハモグリバエについても, 本種の主要な寄主作物における増殖能力を明らかにしておくことは, 各作物における生物的防除の難易度をあらかじめ予測するために必要と思われる。さらに, 個体群の増殖能力は温度の影響を強く受けると考えられるが, 我が国のマメハモグリバエ個体群については, 増殖に及ぼす温度の影響は不明であり, 季節や作型に応じた効率的な防除対策を考えるた

めには温度別の増殖能力も明らかにしておく必要がある。

そこで、筆者らは、先に西東ら（1995a）が報告した主要寄主作物における本種の発育日数と産卵数に加えて、これらを寄主とした場合の幼虫と蛹の生存率を調べて寄主作物別の個体群の増殖能力を明らかにし、増殖に及ぼす寄主作物の影響を検討した。同様に、トマトを寄主として温度別の生存率と産卵数を調べ、温度が増殖能力に及ぼす影響についてもあわせて検討したので、その結果を報告する。

本論に入るに当たり、本稿の御校閲を賜った農林水産省農業環境技術研究所の矢野栄二博士に深く感謝する。

材 料 と 方 法

1. 供 試 虫

実験には、1991年に浜松市で採集した静岡農試果代飼育系統（西東ら、1992）を用いた。

2. 供試植物

西東ら（1995a）が報告した寄主作物（品種）からトマト（サンロード（静岡レッド））、ミニトマト（キャロルセブン）、ガーベラ（ラブリネル）、セルリー（コーネル619）、チンゲンサイ（青帝）、インゲンマメ（キーストンすじなし江戸川）、キク（秀芳の力）、メロン（PF70）の8種類を実験に供試した。実験には、原則として播種または移植2週間～1ヵ月後の鉢植えの健全な植物体を供試した。

3. 種々の寄主植物での増殖

各寄主植物を寄主とした場合の卵、幼虫、蛹各ステージの生存率は、すべて $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 、16L-8D の恒温実験室内で調査した。

1) 卵のふ化率

卵のふ化率は、トマトでのみ調べた。まず、マメハモグリバエ成虫約50頭が入ったケージ内に、トマトの小葉を1枚ずつ水差しした50mlの小型ガラス管瓶5個を入れ、これらに約12時間産卵させた。その後、実体顕微鏡下で産下された卵を確認して葉の表面にマジックインキでこれらをマークした。トマト小葉は水差しのまま恒温室内に5日間放置した後、マークされた卵について幼虫の発生状況を調べ、ふ化幼虫数/卵数をふ化率とした。

2) 幼虫及び蛹の生存率

ケージ内に鉢植えの寄主植物を入れ、これにマメハモグリバエ成虫約50頭を6～8時間接種して産卵させた。次に、ケージから植物を取り出して3～4日放置した後に、十分に展開した成熟葉について葉当たり10～30頭の1齢幼虫が発生している葉を選び、幼虫数を数えるために潜孔の先端をマジックインキでマークした。その翌日にマークされた潜孔中の幼虫を再度確認してマーク漏れの幼虫は先端が尖ったピンセットで取り除いた。さらに1～2日放置した後、3齢幼虫に発育した時点で幼虫が寄生した葉を切り取り、これらを水を湿らした濾紙を敷いたスチロール容

器に1枚ずつ入れた。容器収納3～4日後に、正常に蛹化した個体数と先に潜孔に付けたマーク数を数えて蛹数/マーク数を蛹化率とした。次に、正常に蛹化した蛹はそのまま容器内に約10日間放置し、成虫が羽化した後、成虫の数を数えて成虫数/蛹数を求め、これを羽化率とした。なお、チンゲンサイとセルリーでは、葉を切り取るとすぐに葉が萎れたため、葉は切り取らないでテトロンゴースの袋を葉全体にかぶせて同様に調べた。実験には、各作物3～5株（鉢）の植物体を供試し、蛹化率と羽化率の分散分析及び多重比較検定では供試株ごとにまとめた値（角変換値）を反復の単位とした。

3) 個体群の増殖能力の計算

これまでに得られた生活史パラメータを用いて個体群の増殖能力を寄主作物別に求めた。まず、卵のふ化率はトマトにおいて得られた結果を、蛹化率と羽化率は本実験で寄主作物別に得られた結果を用いた。また、発育期間と産卵数及び雌成虫生存率は西東ら（1995a）の結果を用いた。性比は Zehnder and Trumble (1983) に従い、1:1とした。これらのパラメータを使って、Birch (1948) に従い、1世代平均期間、1世代当たり純繁殖率、1日1雌当たり内的自然増加率 (r)、1日当たり増殖倍率 (λ) を寄主作物別に算出した。

4. 温度と増殖

トマト（品種：サンロード）を寄主として、15、20、30°C 条件下（25°C は前記3で実施）における生存率と産卵数を調べた。

まず、鉢植えにしたトマト（品種：サンロード）を寄主として、前述の寄主植物別の実験とほぼ同様の方法で、各温度条件の恒温器内で卵のふ化率、蛹化率及び羽化率を調べた。次に、産卵数と雌成虫生存率は、各処理温度で飼育した10～15頭の羽化直後の雌成虫を供試し、水差しの小葉を用いた西東ら（1995a）の方法と同様に日別の産卵数を調べた。産卵数の計測は Parrella and Robb (1982) の染色法により行い、全く産卵しなかった雌成虫は産卵数の計算から除外した。また、ふ化率は供試した小葉ごとの値を、蛹化率と羽化率は供試した株ごとにまとめた値（角変換値）を反復の単位として分散分析及び多重比較検定を行った。

さらに、本実験で得られたふ化率、蛹化率、羽化率及び産卵数と、先に西東ら（1995a）が報告した有効積算温度から算出された温度別の発育日数を用い、Birch (1948) に従い、1世代平均期間、1世代当たり純繁殖率、1日1雌当たり内的自然増加率 (r)、1日当たり増殖倍率 (λ) を温度別に求めた。なお、性比は1:1とした。

結 果

1. 種々の寄主植物での増殖

供試した8作物におけるふ化率（トマトのみ）、蛹化率及び羽化率を Table 1 に示した。蛹化率は供試作物間で有意な差がみられたが（角変換値の一元配置分散分析, $p < 0.05$ ）、インゲンマメ、チンゲンサイ、トマト、ミニトマト及びセルリーの5作物、セルリー、ガーベラ及びキクの3作物、ガーベラ、キク及びメロンの3作物間においては有意差は認められなかった（角変換値を用いた Scheffé の多重比較検定, $p > 0.05$ ）。供試した8作物の中では、メロンが 56.2% と最小値を示した。

一方、羽化率は 90% 以上を示した作物が多く、前述の蛹化率に比べると作物間の差は小さい傾向がみられたが、供試作物間の有意差は認められた（角変換値の一元配置分散分析, $p < 0.05$ ）。また、インゲンマメ、チンゲンサイ、トマト、ミニトマト、ガーベラ、キク及びメロンの7作物、セルリー、ガーベラ及びメロンの3作物間においては有意差は認められなかった（角変換値を用いた Scheffé の多重比較検定, $p > 0.05$ ）。なお、最小値はセルリーの 82.8% であった。

次に、寄主作物別の個体群増殖を示す各パラメータを Table 2 に示した。1世代平均期間はトマトが最も短く 20.08 日でキクが 24.78 日と最も長かった。1世代当たり

Table 1. Survival rate of larvae and pupae of *Liriomyza trifolii* fed on various crops

Crop	Cultivar	Hatchability (%)	Pupation rate (%)	Emergence rate (%)
Kidney bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Keystone-sujinasi-edogawa	—	97.8 a (N=448)	93.6 a (N=438)
Pak-choi (<i>Brassica campestris</i> L. (chinensis group))	F ₁ Shanghai-pak-choi	—	95.8 a (N=215)	95.2 a (N=206)
Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	Sunroad	95.1 (N=143)	97.1 a (N=650)	95.2 a (N=500)
Cherry tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	Carol7	—	96.2 a (N=342)	96.5 a (N=227)
Celery (<i>Apium graveolens</i> L.)	Cornell619	—	95.0 ab (N=318)	82.8 b (N=302)
Gerbera (<i>Gerbera</i> spp.)	Lablinel	—	82.0 bc (N=228)	92.1 ab (N=152)
Chrysanthemum (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat)	Syuuho-no-chikara	—	73.0 bc (N=370)	95.4 a (N=270)
Melon (<i>Cucumis melo</i> L.)	PF70	—	56.2 c (N=475)	89.5 ab (N=267)

Values with the same letters are not significantly different at $p=0.05$ by Scheffé's multiple range test using angular transformation value.

Table 2. Population growth of *Liriomyza trifolii* fed on various crops

Crop	Cultivar	Mean generation time (T) (days)	Net reproductive rate (R_0)	Intrinsic rate of natural increase/day (r)	Reproductive rate/day (λ)
Kidney bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Keystone-sujinasi-edogawa	22.77	227.81	0.2384	1.269
Pak-choi (<i>Brassica campestris</i> L. (chinensis group))	F ₁ Shanghai-pak-choi	24.71	271.99	0.2268	1.255
Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	Sunroad	20.08	25.21	0.1607	1.174
Cherry tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	Carol7	20.85	33.49	0.1684	1.183
Celery (<i>Apium graveolens</i> L.)	Cornell619	22.07	83.96	0.2008	1.222
Gerbera (<i>Gerbera</i> spp.)	Lablinel	21.64	56.79	0.1866	1.205
Chrysanthemum (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat)	Syuuho-no-chikara	24.78	69.06	0.1709	1.186
Melon (<i>Cucumis melo</i> L.)	PF70	23.60	29.13	0.1429	1.154

純繁殖率はインゲンマメとチンゲンサイが際だって高く、それぞれ 227.81, 271.99 であった。一方、トマトとメロンはそれぞれ 25.21, 29.13 と低かった。1 日 1 雌当たり内的自然増加率 (r) は、最も高い寄主作物はインゲンマメで 0.2384 を示し、最も低い作物はメロンで 0.1429 であった。さらに、1 日当たり増殖倍率 (λ) は、インゲンマメで 1.269, メロンで 1.154 であった。

2. 温度と増殖

15~30°C における卵のふ化率、蛹化率及び羽化率を Table 3 に、産卵数と雌成虫の寿命を Table 4 に、温度別の雌成虫の生存曲線と産卵曲線を Fig. 1 に示した。卵のふ化率はいずれの温度区も 90% 以上と高く、処理間で有意差は認められなかった (角変換値の一元配置分散分析, $p > 0.05$)。

一方、羽化率、蛹化率は、ともに 25°C 条件が最も高く、低温の 15°C または高温の 30°C では低下する傾向がみられた。有意差検定の結果、蛹化率では 25°C と 30°C の間に、羽化率では 15°C と 20°C 及び 25°C との間で有意差が認められ (角変換値を用いた Scheffé の多重比較検定, $p < 0.05$, Table 3), 幼虫や蛹の生存に温度の影響があることは明らかであった。また、幼虫と蛹の日当たり死亡率を、 $-\ln(1-M)/t$ (ただし M は各ステージにおける死亡率, t は各ステージの発育日数) の計算式から求めた結果、幼虫、蛹ともに 30°C > 15°C > 20°C > 25°C の順に日当たり死亡率は高かった (Table 3)。

1 雌当たりの総産卵数と日当たり産卵数は 25°C が最も多く、これより高温の 30°C, 低温の 20°C 及び 15°C では総産卵数は 25°C に比べて有意に少なかった (Scheffé の多重比較検定, $p < 0.05$, Table 4)。また、15°C では総

産卵数 3.3 個、日当たり産卵数 0.4 個と他の温度区に比べて極端に少なかった (Table 4)。なお、産卵は羽化当日から始まり、そのピークはいずれの温度でも羽化後 3 日以内に現れた (Fig. 1)。一方、雌成虫の平均寿命は温度が高くなるに従って短くなり、15°C が 7.9 日で最も長く、30°C は 2.2 日と最も短かった (Table 4, Fig. 1)。なお、有意差検定の結果、15°C と 20°C, 25°C 及び 30°C との間と、20°C と 30°C との間には有意差が認められた (Scheffé の多重比較検定, $p < 0.05$, Table 4)。

Fig. 1. Survival rate and daily egg production of *Liriomyza trifolii* females on tomato at different temperatures.

Table 3. Survival rate of eggs, larvae and pupae of *Liriomyza trifolii* on tomato at different temperatures

Temperature (°C)	Hatchability (%)	Pupation rate (%)	Mortality of larvae/day (%)	Emergence rate (%)	Mortality of pupae/day (%)
15	93.8 (N=145) n.s.	76.4 (N=110) ab	2.0	72.5 (N= 84) b	1.1
20	99.2 (N=123)	86.5 (N=392) ab	1.9	90.8 (N=339) a	0.7
25	95.1 (N=143)	97.1 (N=650) a	0.6	95.2 (N=500) a	0.5
30	96.7 (N=122)	68.5 (N=295) b	9.5	82.6 (N=202) ab	2.7

Values with the same letters are not significantly different at $p=0.05$ by Scheffé's multiple range test using angular transformation value.

Table 4. Fecundity and longevity of female of *Liriomyza trifolii* on tomato at different temperatures

Temperature (°C)	Fecundity/female (mean±S.D.)	Fecundity/female/day	Longevity of female (days) (mean±S.D.)
15	3.3± 2.6 (N=15) a	0.4	7.9±1.9 (N=15) a
20	17.6±14.1 (N=12) a	3.5	5.1±1.0 (N=12) b
25	54.7±29.4 (N=12) b	14.4	3.7±1.1 (N=12) bc
30	15.1±10.3 (N=10) a	6.9	2.2±0.4 (N=10) c

Values with the same letters are not significantly different at $p=0.05$ by Scheffé's multiple range test.

Table 5. Population growth of *Liriomyza trifolii* fed on tomato at different temperatures

Temperature (°C)	Mean generation time (T) (days)	Net reproductive rate (R_0)	Intrinsic rate of natural increase/day (r)	Reproductive rate/day (λ)
15	55.85	0.79	-0.0042	0.996
20	29.13	6.73	0.0655	1.068
25	20.08	25.21	0.1607	1.174
30	14.27	4.13	0.0995	1.105

次に、これらのデータから、幼虫と蛹の日当たり死亡率、日当たり雌当たり産卵数及び雌成虫の寿命と温度との関係を検討した。その結果、日当たり幼虫死亡率 (Y) と温度 (X) は2次の曲線回帰を当てはめて $Y=0.000842X^2-0.0337X+0.343$, $r=0.902$ の回帰式を、同様に日当たり蛹死亡率 (Y) は $Y=0.000258X^2-0.0107X+0.114$, $r=0.958$ の回帰式を、日当たり雌当たり産卵数 (Y) と温度 (X) との関係は Logan-Type の曲線回帰 (Logan et al., 1976) を当てはめて $Y=0.00327\exp(0.385X)-0.000458\exp(0.450X)$, $r=0.999$ の回帰式を、雌成虫の平均寿命 (Y) と温度 (X) は $Y=-0.366X+12.976$, $r=0.985$ の単回帰式を得た。

さらに、これまでに得られたデータから計算された温度別の個体群増殖の各パラメータを Table 5 に示した。1世代平均期間は温度が高くなるにつれて短くなり、15, 20, 25, 30°C ではそれぞれ 55.85, 29.13, 20.08, 14.27 日であった。純繁殖率は、25°C>20°C>30°C>15°C の順に高く、特に 25°C における純繁殖率は 25.21 を示し、これは 20°C の 6.14 の約 4 倍であった。内的自然増加率 (r) は、25°C で 0.1607 と最大値を示し、15°C, 20°C 及び 30°C ではそれぞれ -0.0042, 0.0655, 0.0995 であった。1日当たり増殖倍率 (λ) も同様に 25°C で 1.174 倍と最大値を示した (Table 5)。

考 察

本種の卵は葉肉に産み込まれるため、実体顕微鏡を用いても卵を探すことは容易でなく、ふ化率に言及した報告は少ない (Minkenberg, 1988; Zoebisch et al., 1984; Zoebisch and Schuster, 1987)。我が国で発生しているマメハモグリバエ個体群のふ化率は不明であったが、本研究により、25°C でのふ化率は95%以上と高く、卵の死亡要因として15~30°C の範囲では温度の影響はほとんどないことが明らかになった。今回得られたトマトでのふ化率は、Minkenberg (1988) の報告による 77~88% に比べるとやや高かったが、Zoebisch et al. (1984) の報告による 95.7% あるいは Zoebisch and Schuster (1987) の報告による 93.5% とほぼ同じ値であった。本種のふ化率は、寄主植物 (Zoebisch et al., 1984; Zoebisch and Schuster, 1987) や温度 (Minkenberg, 1988) の影響はほとんど受けないとされ

ているので、本研究で得られたふ化率は我が国の主要な寄主植物において普遍的と思われる。

潜葉虫では、葉の栄養価値や植物化学的な防御反応に起因する頑強さと化学組成が幼虫期死亡の重要な要因となること (Faeth, 1986; Potter and Kimmerer, 1986; Auerbach and Alberts, 1992; Marino et al., 1993) から、マメハモグリバエについても幼虫期における死亡要因として寄主植物の種類や品種が大きく関与すると考えられる。本研究で供試した寄主作物の種類によって蛹化率に約 40% の差がみられた。供試作物の中ではインゲンマメ、チンゲンサイ、トマト、ミニトマト及びセルリーで蛹化率が 95% 以上と高かったこと (Table 1) から、これらの作物は幼虫にとって好適な寄主であり、ガーベラ、キクではやや低かったことから前者に比べるとやや好適ではなく、メロンは蛹化率 56.2% と低かったことからそれほど好適な寄主植物とはいえない。メロンでの蛹化率が低い理由については、葉内に幼虫期の死亡率を高める何らかの阻害物質あるいは生存に必須な養分の欠如などが関与している可能性があるが現時点では不明である。ただし、Minkenberg and Ottenheim (1990) も指摘するように、同一種の寄主植物でも葉のステージや窒素含有量が幼虫期の死亡率に影響するため、今回得られた結果は、必ずしも種または品種特有の普遍的な数値ではないと思われる。事実、最も蛹化率の低かったメロンでは、今回供試した植物よりさらに若いステージの苗を与えた場合には、蛹化率はさらに低かった (小澤ら、未発表)。従って、本研究で得た寄主植物別の蛹化率は、あくまでもある程度生育した植物体の成熟葉の場合であり、極端に若かったり老化した植物の場合には異なる可能性がある。

本種の羽化率は寄主植物の影響を受けない (Zoebisch et al., 1984; Zoebisch and Schuster, 1987) とされているが、本研究でも寄主作物間の差は小さかった。これは蛹は寄生葉の外部にいたので、寄主植物の影響を受けにくいと思われる。羽化率はむしろ湿度 (Keularts and Lindquist, 1989) の影響の方が大きいと思われる。今回の実験では湿度は厳密に調整しなかったが、湿度変化が羽化率に影響した可能性もあった。

次に、種々の寄主作物における増殖能力の比較では、1世代平均期間は寄主作物間の差は4日以内と小さかった

が、純繁殖率では最高 271.99 (チンゲンサイ)～最低 25.21 (トマト) と寄主植物によって 10 倍以上の差があった (Table 2). さらに、内的自然増加率 (r) は最高 0.2384 (インゲンマメ)～最低 0.1429 (メロン) であり、最高値のインゲンマメと最低値のメロンとでは約 1.5 倍もの差がみられた。このことから、マメハモグリバエは寄主作物によって増殖能力が大きく異なることが判明した。得られた内的自然増加率から大まかに各寄主作物を分けると、増殖率の高い順にインゲンマメ及びチンゲンサイ>セルリー及びガーベラ>キク及びミニトマト>トマト>メロンの 5 つのグループに分けられる。なお、メロンでは 1 雌当たりの産卵数は 108.0 個とトマトの 54.7 個に比べて明らかに多い (西東ら, 1995a) もの、前述のように蛹化率が低いために個体群の増殖率は供試作物中で最も低い結果となった。従って、メロンは本種の増殖にとって好適でない作物であることが示唆されたが、これは静岡県産地では、マメハモグリバエよりもむしろ同属のナスハモグリバエ *Liriomyza bryoniae* (西東, 1988) で被害が問題となっていることを裏付けていると思われる。また、現地ではミニトマトは大玉トマトよりマメハモグリバエが発生しやすい傾向にあるが、内的自然増加率は前者の方が高い数値を示したことから、増殖率の違いも要因の一つといえよう。

ところで、天敵寄生蜂による生物的防除が実用化されたトマトは、マメハモグリバエの増殖率が低い寄主作物の一つであることが判明した。一般に、害虫の増殖能力の低い寄主作物の方が生物的防除は容易であること (Waage and Hassell, 1982) から、トマトは生物的防除に適した作物といえよう。一方、増殖率の高い寄主作物であるチンゲンサイやインゲンマメでは、実用化された寄生蜂の一種である *Dacnusa sibirica* の増殖率 (25°C で $r=0.163$; Minkenberg, 1990) よりも寄主であるマメハモグリバエの増殖率の方が高い。このため、本天敵のみの放飼によりマメハモグリバエ個体群の増殖を抑制しようとする、トマトなど増殖率の低い作物に比べて蜂の放飼数を増やす必要があり、防除コストの面から実用的でないと考えられる。この場合、寄主よりもさらに増殖率の高い *Diglyphus isaea* (25°C で $r=0.273$; Minkenberg, 1989) など別の天敵を導入するか、薬剤防除を追加する必要がある。いずれにしてもチンゲンサイやインゲンマメでは、増殖率の低いトマトなどに比べると生物的防除は困難となる可能性が高く、これらの作物では生物的防除のみに頼ることは難しいと考えられる。

増殖能力に及ぼす温度の影響では、蛹化率と羽化率は 15°C の低温条件や 30°C の高温条件で低い傾向がみられたこと (Table 3) から、本種の幼虫や蛹にとっては 20～25°C の温度帯が生存に好適と考えられた。また、日当たり幼虫死亡率と日当たり蛹死亡率を求め、これらのパ

ラメータと温度との関係を検討したところ、得られた回帰曲線から 20～25°C 付近に最も日当たり死亡率の低い温度帯があることが示唆された。また、回帰式から日当たり幼虫死亡率が最小値を示す温度は 20.2°C、同様に日当たり蛹死亡率の最小値は 21.0°C となった。従って、21°C 前後の温度が本種の幼虫及び蛹の生存には最も好適な温度と考えられる。一方、1 雌当たりの産卵数は 25°C が最も多く、15°C における産卵数は極めて少なかった (Table 4, Fig. 1)。ここで、温度と日当たり産卵数との関係から得られた回帰式より、日当たり産卵数が最大となる温度は 27.9°C となった。従って、本種にとって産卵に最も好適な温度は 28°C 前後と考えられる。また、雌成虫の平均寿命は温度と反比例する傾向が明確で、30°C の高温条件ではわずか 2 日と短命であった。観察によると、盛夏期の施設トマトにおいては、マメハモグリバエの発生ピークは明確でかつ短く、また世代の重なりはほとんどない。これは、前述のように高温条件では雌成虫の寿命が短くなったためであろう。

次に、個体群の増殖能力に及ぼす温度の影響では、内的自然増加率 (r) は 25°C での値が 0.1607 と最も高く、ついで 30°C、20°C、15°C の順に小さくなり、15°C では $r=-0.0039$ と負の数値となった (Table 5)。このことから、本種の増殖能力は 25°C 前後の温度条件の時に最も高くなり、30°C の高温期にはむしろ低下することが判明した。野外における発消長調査でも 7～8 月の盛夏期はむしろ密度は低下し、6 月と 9～10 月の 2 山型のピークを示すことが多く、また冬期の密度は極めて低く推移した (小澤ら, 1995)。こうした野外での発消長パターンは、本研究で実験的に明らかにした増殖能力に及ぼす温度の影響からも裏付けられる。なお、Minkenberg (1988) は、25°C におけるトマトを寄主とした場合の本種の内的自然増加率を $r=0.1254$ と報告しており、本研究で得られた値はこれより明らかに高い。この理由としては、1 雌当たりの産卵数は 54.7 個 (西東ら, 1995a) と 59 個 (Minkenberg, 1988) とほぼ同じであるのに対して、Minkenberg (1988) の実験では卵から成虫までの生存率がわずか 40% であり、一方、本研究では約 88% と高かったためと思われる。なお、生存率の違い理由については、供試したトマト品種やマメハモグリバエ個体群の遺伝的特性の違いが考えられる。

以上のように、本種の増殖能力は寄主作物や温度条件によって異なるものの、温度や寄主が好適である場合、本種の内的自然増加率は、同様に施設栽培で問題となっている微小害虫のオンシツコナジラミ ($r=0.09$, トマト: 矢野, 1989) やミナミキイロアザミウマ ($r=0.134$, キュウリ: 河合, 1985, 1986), ミカンキイロアザミウマ ($r=0.141$, キクの小花: 片山, 1997) に比べても高かった。従って、

本種は、施設内の主要微小害虫の中ではアブラムシ類やハダニ類に次ぐ増殖率の高い害虫の一つといえよう。また、本種は潜葉性の害虫であることから、直接的・即効的に加害葉の光合成能力を低下させるため、幼虫1頭当たりの被害はコナジラミなどの吸汁性の害虫より深刻と思われる。事実、観察によると、増殖に適した温度条件下の温室内で栽培されたトマトでは、初発生からわずか2~3世代の経過でほぼ全葉が枯死してしまうほど甚大な被害が発生する。このことから、チンゲンサイなど増殖率の高い寄主作物では、トマトやメロンなど増殖率の低い作物に比べ、物理的、耕種の防除法など様々な防除手段を加えたより綿密な防除対策が必要となろう。

なお、本研究で実験的に得られた個体群の増殖能力が実際のは場においても実現されているかどうかは、今後検証する必要がある。

摘 要

マメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* 個体群の増殖能力に及ぼす寄主植物と温度の影響を室内実験によって検討した。

1. 8種類の寄主作物を供試して、25°C 条件における蛹化率及び羽化率を調べた結果、蛹化率は56.2% (メロン)~97.8% (インゲンマメ) と寄主によって有意に異なった。一方、羽化率は82.8% (セルリー)~96.5% (ミニトマト) と寄主による差は小さかった。

2. 次に、これまでに得られた数値から、25°C における8種類の寄主植物における個体群増殖のパラメータを求めた。その結果、1世代平均期間、純繁殖率、1雌1日当たり内的自然増加率(r)及び1日当たり増殖倍率(λ)は、それぞれ20.08日(トマト)~24.78日(キク)、25.21倍(トマト)~271.99倍(チンゲンサイ)、0.1429(メロン)~0.2384(インゲンマメ)、1.154倍(メロン)~1.269倍(インゲンマメ)となり、寄主作物によって増殖能力は大きく異なった。

3. 15, 20, 25及び30°Cにおけるトマトを寄主とした場合の卵のふ化率、蛹化率、羽化率、産卵数及び雌成虫の寿命を調べた。その結果、蛹化率と羽化率には温度の影響が認められたが、ふ化率では認められなかった。また、産卵数は25°C条件が最も多く、雌成虫の寿命は温度が高いほど短かった。

4. 得られた数値から、トマトを寄主とした場合の温度別の個体群増殖のパラメータを求めた。その結果、1世代平均期間は55.85日(15°C)~14.27日(30°C)、純繁殖率は0.79倍(15°C)~25.21倍(25°C)、1雌1日当たり内的自然増加率(r)は-0.0042(15°C)~0.1607(25°C)となり、25°Cが個体群の増殖にとって最も好適な温度であった。

引用文献

- Auerbach, M. J. and J. D. Alberts (1992) Occurrence and performance of the aspen blotch miner, *Phyllonorycter salicifoliella*, on three host-tree species. *Oecologia* 89: 1-9.
- Birch, L. C. (1948) The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26.
- Faeth, S. H. (1986) Indirect interactions between temporally separated herbivores mediated by the host plant. *Ecology* 67: 479-494.
- James, A. B., M. P. Parrella and J. T. Trumble (1987) Effect of tomato cultivar and fertilizer regime on the survival of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *J. Econ. Entomol.* 80: 200-203.
- 片山晴喜 (1997) ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis* (Pergande) の发育と産卵に及ぼす温度の影響. 応動昆 41: 225-231.
- 河合 章 (1985) ミナミキイロアザミウマ個体群の生態学的研究. VII. 増殖能力に及ぼす温度の影響. 応動昆 29: 140-143.
- 河合 章 (1986) ミナミキイロアザミウマ個体群の生態学的研究. X. 異なる作物上での増殖の比較. 応動昆 30: 7-11.
- Keularts, J. L. W. and R. K. Lindquist (1989) Increase in mortality of prepupae and pupae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) by manipulation of relative humidity and substrate. *Environ. Entomol.* 18: 499-503.
- Logan, J. A., D. J. Wollkind, S. C. Hoyt and L. K. Tanigoshi (1976) An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. *Environ. Entomol.* 5: 1133-1140.
- Marino, P. C., H. V. Cornell and D. H. Kahn (1993) Environmental and clonal influences on host choice and larval survival in a leafmining insect. *J. Anim. Ecol.* 62: 503-510.
- Minkenberg, O. P. J. M. (1988) Life history of the agromyzid fly *Liriomyza trifolii* on tomato at different temperatures. *Entomol. Exp. Appl.* 48: 73-84.
- Minkenberg, O. P. J. M. (1989) Temperature effects on the life history of the eulophid wasp *Diglyphus isaea*, an ectoparasitoid of leafminers (*Liriomyza* spp.), on tomatoes. *Biology* 115: 381-397.
- Minkenberg, O. P. J. M. (1990) Reproduction of *Dacnusa sibirica* (Hymenoptera: Agromyzidae) on tomatoes, at constant temperature. *Environ. Entomol.* 19: 625-629.
- Minkenberg, O. P. J. M. and J. J. G. W. Ottenheim (1990) Effect of leaf nitrogen content of tomato plants on preference and performance of a leafmining fly. *Oecologia* 83: 291-298.
- 小澤朗人・小林久俊・天野高士・井狩 徹・西東 力 (1993) 輸入寄生蜂によるマメハモグリバエの防除. II 施設ミニトマトにおける現地試験事例. 関東東山病虫研報 40: 239-241.
- 小澤朗人・大石剛裕・西東 力・池田二三高 (1995) 露地キクは場におけるマメハモグリバエの発消長. 関東東山病虫研報 42: 223-226.
- Parrella, M. P. and K. L. Robb (1982) Technique for staining eggs of *Liriomyza trifolii* within chrysanthemum, celery, and tomato leaves. *J. Econ. Entomol.* 75: 383-384.

- Potter, D. A. and T. W. Kimmerer (1986) Seasonal allocation of defensive investment in *Ilex opaca* Aiton and constraints on a specialist leaf-miner. *Oecologia* 69: 217-224.
- 西東 力 (1988) メロンを加害するナスハモグリバエの発生生態. 関西病虫研報 30: 49-55.
- 西東 力 (1992) マメハモグリバエのわが国における発生と防除. 植物防疫 46: 103-106.
- 西東 力 (1993) マメハモグリバエの最近における発生と防除. 植物防疫 47: 123-124.
- 西東 力 (1997) マメハモグリバエ寄生蜂 *Hemiptarsenus varicornis*. 植物防疫 51: 530-533.
- 西東 力・池田二三高・小澤朗人 (1996) 静岡県におけるマメハモグリバエの寄生者相と殺虫剤の影響. 応動昆 40: 127-133.
- 西東 力・大石剛裕・池田二三高・沢木忠雄 (1992) マメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* (Burgess) に対する各種殺虫剤の効力. 応動昆 36: 183-191.
- 西東 力・大石剛裕・小澤朗人・池田二三高 (1995a) マメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* (Burgess) の発育と産卵に対する温度, 日長, 寄主作物の影響. 応動昆 39: 127-134.
- 西東 力・小澤朗人・池田二三高 (1995b) マメハモグリバエに対する輸入寄生蜂の放飼効果. 関東東山病虫研報 42: 235-237.
- Sasakawa, M. (1993) Notes on the Japanese Agromyzidae (Diptera), 1. *Jpn. J. Ent.* 61: 149-155.
- 末永 博・石田和英・田中 章 (1995) マメハモグリバエの加害に対するキクの感受性の品種間差. 応動昆 39: 245-251.
- 多々良明夫・古木孝典・原川勝好 (1993) 輸入寄生蜂によるマメハモグリバエの防除. I 日本における寄生性の確認及び薬剤の影響. 関東東山病虫研報 40: 235-238.
- Waage, J. K. and M. P. Hassell (1982) Parasitoids as biological control agents — a fundamental approach. *Parasitology* 84: 241-268.
- 矢野栄二 (1989) オンシツコナジラミ個体群の増殖に影響する要因. 応動昆 33: 122-127.
- Zehnder, G. W. and J. T. Trumble (1983) Monitoring leafminer activity in pole tomatoes. *Proc. 3rd Ann. Ind. Conf. Leaf-miner* (S. L. Poe ed.): 153-162.
- Zoebisch, T. G. and D. J. Schuster (1987) Suitability of foliage of tomatoes and three weeds hosts for oviposition and development of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *J. Econ. Entomol.* 80: 758-762.
- Zoebisch, T. G., D. J. Schuster and J. P. Gilreath (1984) *Liriomyza trifolii*: oviposition and development in foliage of tomato and common weed hosts. *Florida Ent.* 67: 250-254.
-