チャ樹におけるクワシロカイガラムシ *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni の 発育と増殖の品種間差異

水田 隆史 *

宮崎県総合農業試験場茶業支場

Differences in Development and Reproduction of the Mulberry Scale, *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni (Hemiptera: Diaspididae), on Resistant and Susceptible Varieties of Tea Plant. Takashi MIZUTA Tea Branch, Miyazaki Prefectural Agricultural Experiment Station; Kawaminami 17070, Miyazaki 889-1301, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 47: 91-95 (2003)

Abstract: Differences in development and reproductive ability of the mulberry scale, *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni, were investigated using resistant and susceptible tea varieties. The developmental period of the second larval instar, the pupal stage, and the period from egg hatching to emergence in males was longer on the resistant varieties than on the susceptible ones. The second instar preoviposition period and period from egg hatching to the beginning of egg-laying in females were also retarded on the resistant varieties. Only 18.5% and 23.8% of neonate female larvae reached the adult stage on the resistant varieties, Hatsumomiji and Sayamakaori, respectively. In contrast, 42.4% and 59.5% of larvae developed to adults on the susceptible varieties, Yutakamidori and Takachiho, respectively. The number of laid eggs and ovarian eggs in females reared on the resistant varieties, Sayamakaori and Hatsumomiji, were reduced to 5.4% and 11.3%, respectively, of the susceptible variety, Takachiho.

Key words: *Pseudaulacaspis pentagona*; insect resistance; tea; reproductive parameter; antibiosis

結 言

クワシロカイガラムシ *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni は、日本ではチャ *Camellia sinensis* L. やクワ *Morus alba* L. の重要害虫である (南川ら, 1958; 酒寄, 1984)。チャにおける本種の発生は 1949 年頃より静岡市周辺のチャ園で本格化し、発生地域は他府県にも広がった (河合ら, 1997)。1995 年から 1996 年の多発年における全国での発生面積は 20,000 ha を越え、発生面積率も 40% を越えている (河合ら, 1997)。

本種はチャの樹冠内部に寄生するので発見が難しいうえ、薬剤による防除適期がふ化幼虫期に限られるため、防除が困難な害虫である (河合ら, 1997)。このため農家は、樹冠内部に薬剤がかかるように 10 a あたり 1,000 l の薬剤を散布している (河合ら, 1997)。このような薬剤散布は、チャ園における天敵類の重要な生息場所である樹冠内部の生態系を破壊する可能性があり (Kawai et al., 1999)、他害虫の生態的誘導多発生などを引き起こす恐れがある。

本種の園場寄生密度には明瞭な品種間差異があり、はつもみじ^{*}などの抵抗性品種では防除を必要としない程度に低密度で推移する (古野ら, 2001)。また、抵抗性は優性

の遺伝形質であると推定されている (古野ら, 2001) ことから、交配育種によって抵抗性品種の育成が可能である。抵抗性品種の有効利用を図るためには、品種抵抗性の発現要因の解明と評価方法の確立が必要である。これまでの調査で、抵抗性品種上では感受性品種に比べて幼虫生存率が低いこと、雌成虫の体サイズが小さいことおよび幼虫生存率を指標として抵抗性を評価できることを報告した (水田, 2001)。

本研究では、抵抗性・感受性のチャ品種におけるクワシロカイガラムシの発育速度と増殖能力について調査し、園場寄生密度の品種間差異の原因を明らかにするとともに、抵抗性の発現要因について考察した。さらに効率的な検定系の確立に有効な発育・増殖パラメーターを提案した。

本文に入るに先立ち、本稿のご校閲とご教示を賜った独立行政法人野菜茶業研究所茶栽培部虫害研究室 武田光能博士、宮崎大学農学部 大野和朗助教授および独立行政法人農業生物資源研究所昆虫・植物間相互作用研究チーム 服部 誠チーム長に厚くお礼申し上げる。

* E-mail: tmizuta@pref.miyazaki.jp

2002 年 12 月 6 日受領 (Received 6 December 2002)

2003 年 5 月 20 日登載決定 (Accepted 20 May 2003)

材料および方法

1. 供 試 虫

クワシロカイガラムシは、宮崎県総合農業試験場茶業支場（宮崎県児湯郡川南町）の無農薬栽培圃場（品種：‘やぶきた’）から2001年8月および10月に雌成虫が寄生した枝ごと採取した。実体顕微鏡下で抱卵している雌成虫の介殻を微針で剥がしながら、ふ化直前卵を捕虫管を用いて採取した。

2. 抵抗性・感受性品種における発育期間

幼虫の放飼は、2001年8月24日と10月24日に2回実施した。試験に用いたチャ品種は、圃場での寄生密度が有意に異なるとされる抵抗性の‘はつもみじ’と‘さやまかおり’、感受性の‘たかちほ’と‘ゆたかみどり’とした（古野ら、2001）。供試品種の2年生苗を1回の試験に各品種3株用いた。供試苗にクワシロカイガラムシを放飼するため、眼点期の卵を4×4 cmの大きさにしたキムワイプ®に収めて苗の幹（地上約4 cmの位置）に巻き付けた。その上から同大のアルミ箔で巻いて固定し、25.5°C、14L-10D条件で維持してふ化幼虫を苗に強制的に寄生させた。卵の接種24時間後にキムワイプ®とともに未ふ化卵を除去し、供試虫の日齢を揃えた。その後発育状況は、実体顕微鏡下（25倍）で毎日観察した。1齢および2齢期間は脱皮殻の確認によって判断し、産卵前期間は虫体背面にある介殻を微針で静かに浮かせて卵の有無を確認する方法で行った。飼育は、25.5°C、14L-10D条件で行い、交尾は各供試品種の個体間で自由に行わせた。なお、成虫雌のほぼ全ての個体で産卵が確認されたことから、本法で十分な交尾が行われたと判断した。

3. 抵抗性・感受性品種における産卵数、卵巣内の卵数

発育期間の調査に用いた雌成虫の飼育を上記と同一の条件で継続した。調査日は、発育の遅延した抵抗性品種上の全ての雌が産卵を開始して1~2日後とした。すなわち、8

月の調査では10月9日（放飼46日後）、10月の調査では12月5~7日（放飼42~44日後）に生存する全雌成虫について個体ごとに産卵数と卵巣内卵数を計数した。卵数の調査は、生理食塩水を滴下したホールスライドグラスに雌成虫をのせ、微針を用いて虫体を解剖して計数した。計数する卵は、安田（1981）が示した卵の発育段階区分（第1期~第5期）の第3期以上のものとした。

結 果

1. 抵抗性・感受性品種における発育期間

雄のふ化~羽化までの期間は、感受性品種（‘ゆたかみどり’および‘たかちほ’）で飼育した個体群と比べて抵抗性品種（‘はつもみじ’および‘さやまかおり’）で飼育した個体群で有意に長く、その差は1.9~2.9日であった（Table 1）（Tukeyの多重比較検定、 $p<0.05$ ）。このほか、1齢期間、2齢期間および蛹期間でも発育が遅延する傾向がみられた（Table 1）。一方、雌の2齢期間、産卵前期間およびふ化~産卵開始までの期間は、抵抗性品種で飼育した個体群で有意に長く、ふ化~産卵開始までの期間での差は2.5~5.0日であった（Table 2）（Tukeyの多重比較検定、 $p<0.05$ ）。

2. 抵抗性・感受性品種における産卵数、卵巣卵数

抵抗性品種上でのクワシロカイガラムシの産卵開始期における産卵数は、3.4卵および7.2卵で、感受性品種の40.1卵および78.8卵に比べて有意に少なかった（Table 3）（Tukeyの多重比較検定、 $p<0.01$ ）。同様に抵抗性品種での卵巣卵数は、それぞれ2.0卵と4.1卵で、感受性品種の41.0卵と21.5卵に比べて有意に少なかった（Table 3）（Tukeyの多重比較検定、 $p<0.01$ ）。また、産卵数と卵巣内卵数の合計値は、抵抗性品種でそれぞれ5.4卵と11.3卵であり、感受性品種の81.1卵と100.3卵に比べて有意に少なかった（Table 3）（Tukeyの多重比較検定、 $p<0.01$ ）。

Table 1. Developmental period for *Pseudaulacaspis pentagona* males on four different tea varieties under a 14L : 10D photoperiod at 25.5°C

Variety	Developmental period (days) ^a			
	1st instar	2nd instar	Pupa	Hatching to emergence
Hatsumomiji	10.6±0.25 ab (39)	9.6±0.31 a (15)	4.6±0.31 a (14)	23.8±0.47 a (14)
Sayamakaori	11.0±0.27 a (39)	8.9±0.59 a (15)	3.4±0.48 ab (10)	23.3±0.75 a (10)
Yutakamidori	10.1±0.26 ab (38)	8.9±0.24 a (37)	3.1±0.20 b (30)	21.4±0.15 b (30)
Takachiho	9.9±0.15 b (35)	8.5±0.16 a (25)	2.4±0.13 b (25)	20.9±0.13 b (25)

^a Mean±SE. Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's test ($p<0.05$). Number of males observed are shown in parenthesis.

Table 2. Developmental period for *Pseudaulacaspis pentagona* females on four different tea varieties under a 14L : 10D photoperiod at 25.5°C

Variety	Developmental period (days) ^a			
	1st instar	2nd instar	Preoviposition	Hatching to oviposition
Hatsumomiji	9.6±0.16 a (64)	12.8±0.25 a (39)	19.9±0.47 ab (12)	42.5±0.63 a (12)
Sayamakaori	9.2±0.20 a (75)	12.3±0.25 a (54)	22.0±0.56 a (20)	43.1±0.47 a (20)
Yutakamidori	9.3±0.23 a (52)	10.9±0.29 b (43)	19.8±0.55 ab (25)	40.0±0.40 b (25)
Takachiho	9.0±0.15 a (35)	10.8±0.25 b (26)	18.4±0.46 b (22)	38.1±0.36 c (22)

^a Mean±SE. Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's test ($p<0.05$). Number of females observed are shown in parenthesis.

Table 3. Number of eggs laid, numbers of ovarian eggs and expected fecundity of *Pseudaulacaspis pentagona* on four different tea varieties under a 14L : 10D photoperiod at 25.5°C

Variety	N ^a	No. of eggs laid ^{bc}	No. of ovarian ^d	Expected fecundity ^{bc} (laid+ovary)
Hatsumomiji	36	7.2±0.72 c	4.1±0.62 c	11.3±0.97 c
Sayamakaori	48	3.4±0.72 c	2.0±0.73 c	5.4±1.26 c
Yutakamidori	50	40.1±4.12 b	41.0±3.45 a	81.1±4.42 b
Takachiho	28	78.8±5.92 a	21.5±3.3 b	100.3±5.23 a

^a Number of females tested.

^b Mean±SE. Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's test ($p<0.05$).

^c Eggs on plants were counted the 1st 2 days of the oviposition period.

^d Number of mature eggs remaining in the ovary after oviposition began.

^e Expected fecundity shows total number of eggs laid and number of ovarian eggs.

Fig. 1. Survival rate from hatching to adult emergence in *Pseudaulacaspis pentagona* reared on four different tea varieties under a 14L : 10D photoperiod at 25.5°C. Asterisks show a significant difference compared with Takachiho in a chi-square test ($p<0.01$). 'Yutakamidori' (▲); 'Takachiho' (●); 'Hatsumomiji' (△); 'Sayamakaori' (○).

3. 抵抗性・感受性品種における生存率の推移

ふ化幼虫の生存率は、感受性品種に比べて抵抗性品種で低く推移した (Fig. 1). 抵抗性品種と感受性品種での生存率の差は、雄では1 齢と2 齢で大きく、蛹期ではほとんど

変わらなかった。これに対し、雌では両者の差は産卵前期間で大きくなった。

雄の成虫化率は、感受性品種では59.5%と71.4%であったのに対し、抵抗性品種では15.5%と24.9%で有意に低

かった (χ^2 検定, $p < 0.05$). 同様に雌の成虫化率は, 感受性品種では 42.4% と 59.5% であったのに対し, 抵抗性品種では 18.5% と 23.8% で有意に低かった (χ^2 検定, $p < 0.05$).

考 察

これまでマルカイガラムシ科 (Diaspididae) の发育や増殖に影響する要因についての研究は, 主に寄主の餌としての質や気温や湿度等の環境要因についてのものが大半であり (McClure, 1990), 寄主の品種間での相違について調査した報告は少ない (Rosen, 1990a, b). 古野ら (2001) は, 圃場における各品種の蝨の発生量を 5 段階に指数化する方法でクワシロカイガラムシに対するチャの品種間差異を調べた. この中で, 宮崎県で 13 品種・系統を用いて行った調査と鹿児島県で 12 品種を用いて行った調査で発生量に有意な品種間差異が認められることを報告した. 同時に, 2 圃場における 77 品種・系統でのクワシロカイガラムシの雄蝨発生量には有意な相関関係が認められることを示した (古野ら, 2001). この報告の中では, 本試験で供試した 'はつともみじ', 'さやまかおり', 'ゆたかみどり' および 'たかちほ' での寄生程度 (無 1~5 基) は, それぞれ 1.0, 1.4, 3.7 および 4.3 とされている. そこで本研究では, 前二者を抵抗性品種, 後二者を感受性品種と考えて发育や増殖に関するパラメーターを調査した. なお, 本種は雄のみが完全変態を行い蛹期を経るので, 古野ら (2001) が行った蝨発生量の結果は, 雄の発生量を示している.

本試験における抵抗性品種上でのクワシロカイガラムシの发育は, 雌の 1 齢期を除き, 調査した全发育ステージで遅延する傾向がみられた. 抵抗性品種での发育段階ごとの生存率の推移を雌雄で比較すると, 雄では幼虫期に, 雌では成虫化後に低下した (Fig. 1). このように抵抗性品種で飼育するとクワシロカイガラムシの发育や生存は, 阻害されることが明らかとなった. なお, 发育や生存が阻害されるステージは雌雄で異なる傾向がみられたが, その理由は判然としなかった.

室内で実施した本試験において, 感受性品種上での 1 雌あたりの産卵数と卵巣卵数は 80~100 卵であり, 南川ら (1958) が圃場から採取した枝条での産卵数と同程度であることから, 本試験は本種にとって好適な環境で実施されたと推察された.

クワシロカイガラムシの産卵開始期における卵巣内卵は, ほとんどが安田 (1981) の示す发育段階区分で第 3 期~第 5 期のものである (安田, 1981). 圃場から採取した個体群で産卵開始期に第 1 期~第 2 期の卵巣内卵の割合を調査すると, 全体の 1.9% であった (水田, 未発表). このことから, 本試験における産卵数と卵巣卵数の和は, 生涯産卵数を示していると考えられる. 本試験では抵抗性品種上での

1 雌あたりの推定産卵数は, 感受性品種 'たかちほ' の 5.4% と 11.3% と極端に少なく, 卵生産能力が強く抑制されていた (Table 3). また, 抵抗性品種では成虫化率の低下 (Fig. 1), 体サイズの小型化および幼虫生存率の低下 (水田, 2001) 等の发育阻害が認められ, 複数の发育・増殖パラメーターに対して阻害作用が観察された.

ところで, これらの发育・増殖パラメーターに作用する因子として摂食阻害が考えられる. クワシロカイガラムシのロウ質分泌物は, 感受性品種では堅牢で大きな虫体被覆物を形成する程に大量に分泌されているが, 抵抗性品種では虫体が被覆できない程に僅かしか分泌されていない. 一般にマルカイガラムシ科 (Diaspididae) に属するカイガラムシは, 甘露や水溶性排泄物として排泄される物質の中からロウ質分泌物を構築する (Foldi, 1990) ことから, 抵抗性品種上ではクワシロカイガラムシが何らかの理由によって十分な栄養摂取を行うことができず, そのために发育や増殖が阻害されている可能性がある. これらの点については摂食行動を正確にモニターするとともにロウ質分泌物の定量的な比較を行う必要がある.

水田 (2001) は, 交雑育種におけるクワシロカイガラムシ抵抗性系統の選抜方法として, 幼虫の定着から約 2 週間後における幼虫生存率を指標として選抜することを提案した. しかし, この方法は簡便性に欠けるため, より効率的で再現性の高い抵抗性検定法の確立が望ましい. 本研究で行った産卵開始 1~2 日後の産卵数と卵巣内残存成熟卵数から求められる推定産卵数を調査することで, 比較的簡便に抵抗性を評価できると考えられる. これまでに調査された種々のカイガラムシ類と同様 (McClure, 1990), クワシロカイガラムシの産卵は, 寄主の栄養条件や環境条件等によって影響される (Yasuda, 1983a, b). 従って, これらの条件を揃えた検定系を構築することで推定産卵数を抵抗性検定の指標に利用することが可能になると思われる.

摘 要

チャ樹におけるクワシロカイガラムシの发育と増殖の品種間差異について, 抵抗性・感受性の各 2 品種を用いて調査した. 雄のふ化~羽化までの期間は抵抗性品種で延長し, 1 齢期間, 2 齢期間および蛹期間でも延長する傾向を示した. 雌の 2 齢期間およびふ化~産卵開始までの期間もまた抵抗性品種で長くなり, 産卵前期間も延長する傾向がみられた. 雌の成虫化率は, 感受性品種では 42.4% と 59.5% であったのに対し, 抵抗性品種では 18.5% と 23.8% であった. 抵抗性品種で飼育した雌の産卵数と卵巣内卵数は, 感受性品種のそれぞれ 5.4% と 11.3% であった.

引 用 文 献

Foldi, I. (1990) Internal anatomy. In *Armored Scale Insects, Their Biol-*

- ogy *Natural Enemies and Control*. vol. 4A (D. Rosen ed.). Elsevier, Amsterdam, pp. 65–80.
- 古野鶴吉・長友 繁・野中寿之・重 光雄・田中敏弘 (2001) チャにおけるクワシロカイガラムシ抵抗性の品種・系統間差異. *茶研報* 91: 5–12. [Furuno, T., S. Nagatomo, H. Nonaka, M. Shige and T. Tanaka (2001) Varietal difference of tea plant to the infestation of *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni. *Tea Res. J.* 91: 5–12.]
- Kawai, A., K. Kohata and Y. Yamaguchi (1999) Deposition of chemicals on various parts of tea bushes sprayed on the plucking surface. *Appl. Entomol. Zool.* 34: 387–389.
- 河合 章・多々良明夫・神寄保成 (1997) 1994, 1995 年のクワシロカイガラムシの多発生と防除・研究上の問題点. *茶研報* 85: 13–25. [Kawai, A., A. Tatara and Y. Kouzaki (1997) The outbreak of mulberry scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni), at tea fields in Japan in 1994 and 1995. *Tea Res. J.* 85: 13–25.]
- McClure, M. S. (1990) Influence of environmental factors. In *Armored Scale Insects, Their Biology Natural Enemies and Control*. vol. 4A (D. Rosen ed.). Elsevier, Amsterdam, pp. 319–330.
- 南川仁博・久保田幸弘・吉田正義 (1958) クワカイガラムシの生態学的研究. *茶技研* 18: 24–33. [Minamikawa, J., Y. Kubota and M. Yoshida (1958) Ecological studies of the mulberry scale (Tozzetti) on the tea plant. *Study of Tea* 18: 24–33.]
- 水田隆史 (2001) チャの品種によるクワシロカイガラムシ生存率の違いと生存率に基づく抵抗性検定. *九病虫研究会報* 47: 135–139. [Mizuta, T. (2001) Differences in survival rate of the mulberry scale, *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni (Hemiptera: Diaspididae) in tea cultivars and its use for evaluation of insect resistance. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 47: 135–139.]
- Rosen, D. (ed.) (1990a) *Armored Scale Insects, Their Biology Natural Enemies and Control*. vol. 4A. Elsevier, Amsterdam, 384 pp.
- Rosen, D. (ed.) (1990b) *Armored Scale Insects, Their Biology Natural Enemies and Control*. vol. 4B. Elsevier, Amsterdam, 688 pp.
- 酒寄健二 (1984) クワシロカイガラムシの生態について I. 茨城蚕試報 38: 48–51. [Sakayori, K. (1984) Ecology of mulberry scale on the mulberry plant I. *Bull. Ibaraki Seric. Exp. Stn.* 38: 48–51.]
- 安田壮平 (1981) クワシロカイガラムシの生殖について. 応動昆 25: 39–46. [Yasuda, S. (1981) Reproduction of *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni (Hemiptera: Diaspididae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 25: 39–46.]
- Yasuda, S. (1983a) Effect of fertilization in mulberry plants on the sex ratio of eggs of the mulberry scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni). *J. Seric. Sci. Jpn.* 52: 9–12.
- Yasuda, S. (1983b) Effects of thermal conditions on the sex ratio of *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni (Hemiptera: Diaspididae), at the early stage of ovigenesis and egg batch size. *J. Seric. Sci. Jpn.* 52: 106–109.