

ミカンキジラミ *Diaphorina citri* KUWAYAMA の耐寒性と 繁殖能力に関する研究

—九州南部地域における越冬の可能性—

水野孝彦*・米田雅典**・水庭慎一郎***・土肥野利幸

那覇植物防疫事務所・*名古屋植物防疫所・**神戸植物防疫所大阪支所・***横浜植物防疫所

Studies on cold hardiness and fecundity of the Asian citrus psylla *Diaphorina citri* KUWAYAMA (Homoptera: Psyllidae) —Possibility of over-wintering of the Asian citrus psylla in the southern part of Kyushu—. Takahiko MIZUNO*, Masanori YONEDA**, Shin-ichiro MIZUNIWA***, Toshiyuki DOHINO (Naha Plant Protection Station, 2-11-1, Minatomachi, Naha, Okinawa 900-0001, Japan, * Nagoya Plant Protection Station, ** Osaka Sub-station Kobe Plant Protection Station and *** Yokohama Plant Protection Station). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* **40**: 89-93 (2004).

Abstract: The Asian citrus psylla *Diaphorina citri* KUWAYAMA, is assumed to be a vector of citrus greening disease (CG) *Liberobacter asiaticum*. In Japan, this insect is distributed only in the Ryukyu Archipelago and the Amami Archipelago between Taiwan and Kyushu (Japan proper). There is concern that it is might invade and become established on Kyushu. The cold hardiness and fecundity of *D. citri* adults were investigated with the laboratory experiments to determine the possibility of this insect over-wintering on a seedling/tree (*Murraya paniculata*) in Kagoshima city in the southern part of Kyushu. The first experiment imitated the winter season (from December to February), and the insects were subjected to three kinds of imitative thermal conditions, as follows treatment I [December (as a daily minimum temperature (min.), 4.4°C, and a daily maximum temperature (max), 14.6°C, for 30 days)→January (min, 2.6°C, max, 12.2°C, for 30 days)→February (min 3.7°C, max 13.1°C for 30 days): total 90 days], II [January→February: total 60 days] and III [February: 30days] under 10L:14D, respectively. In the second experiment, the insect was placed to 0°C under 10L:14D for 1-7 days. Consequently, the survivings insect that had been exposed to the treatment I, II, III and 0°C for 2-4 days could produce offsprings.

Key words: *Diaphorina citri* KUWAYAMA, cold hardiness, fecundity, over-wintering, Kagoshima city

はじめに

ミカンキジラミ *Diaphorina citri* KUWAYAMA は、南アジアの熱帯・亜熱帯地域、フィリピン、インドネシア、台湾及び我が国の南西諸島（奄美大島以南）に分布し（芦原，1997）、カンキツグリーンング病（Citrus greening disease, 学名 *Liberobacter asiaticum*: 以下CGと略す）の媒介昆虫として知られている（McCLEAN and SCHWARZ, 1970; ABERT, 1985）。当該虫は、ミカン科の植物、特にグッキツ *Murraya paniculata* (L.) JACK に多く寄生する（芦原，1997）。また、CGは、アフリカ、アラビア半島、南アジア、東南アジア、中国、台湾及び日本（沖縄県）のカンキツ園に発生している重要な病害である。CG罹病樹は、始

めに亜鉛欠乏症のような葉の黄化及び葉脈間の退緑が見られ、やがて、病徴は他の枝にも発現し、最終的にしばしば枯死に至る。マンダリンとオレンジは、最もこの病原菌に感受性が高いと考えられている（GOTTWALD *et al.*, 1989; 渡久地・河野，1997）。現在、CGは徳之島（奄美諸島）まで分布を拡大し（義永，2003）、ミカンキジラミはそれよりも北方にある屋久島（大隅諸島）で発生が確認されている（牛牧，2002）。

これまでの研究で、本種は成虫態が最も耐寒性が高く、鹿児島県枕崎市及び長崎県口之津町の冬期を想定した条件において越冬可能であることが報告されている（芦原，1997，2000）。しかしながら、ミカンキジラミが南西諸島よりさらに気温の低い本土に侵入し越冬

後、繁殖可能であるか否かについては報告はされていない。そこで、ゲッキツ苗木に寄生したミカンキジラミの成虫が、物流によって南西諸島から九州南部地域へ輸送されたと仮定し、輸送先で越冬後に繁殖可能かどうかを調べるため、鹿児島市の冬期（12、1、2月）を模倣した温度・日長条件下で飼育した成虫の繁殖能力の有無を調査したので報告する。

材料及び方法

1. 供試虫

2001年7月、沖縄県浦添市にあるゲッキツ樹よりミカンキジラミ成虫を採取した。那覇植物防疫事務所新港調査室においてゲッキツ樹（鉢植え3年生）を用い、25℃・70RH・14L:10D（以下、常温条件下）で累代飼育した。その中から羽化後1～5日及び20～25日経過した成虫を採集し、同じ割合になるように混ぜて供試虫として用いた。

2. 鹿児島市の冬期を模倣した条件下における飼育とその後の繁殖能力

ゲッキツ樹（鉢植え3年生）に寄生させた成虫を、低温順化のため恒温器内15℃、12L:12Dに24時間静置した後、これら成虫をゲッキツ樹に寄生させたまま Fig. 1 に示すとおり、1カ月を30日間とし、30日間ごとに鹿児島市の12月、1月及び2月の気温を模倣した条件に設定した恒温器内で飼育した。試験区として、12～2月の条件下で90日間飼育した区（試験

区I）、1～2月の条件下で60日間飼育した区（試験区II）、2月の条件下で30日間飼育した区（試験区III）の3つを設けた。鹿児島市の12月、1月、2月の各月別の日最高温度の平均及び日最低温度の平均は、国立天文台編（2000）の気象データを基に決定し、各月別に恒温器の1日あたりの温度条件（日最高平均温度及び日最低平均温度に各10時間ずつ、各温度の移行に2時間ずつ）を設定した。また、日長条件は10L:14Dに設定した。飼育個体の生死判定は、試験区ごとに常温条件下に戻した翌日に実体顕微鏡下で行った。

各試験区ごとに生存していた雌雄成虫を、1対ずつペアにして新たなゲッキツ実生苗（鉢植え0.5年生）に寄生させ、その上からプラスチックコップの底を切除して目の細かい白い布を接着させたものをかぶせて常温条件下で30日間飼育し、雌の生存数と繁殖能力の有無を調べた。繁殖能力はその産卵数と産下卵の孵化率で調査した。対照区として常温条件下で飼育した雌雄10対の各ペアごとの産卵数とその孵化率も調査した。

3. 真冬日（日最高気温が0℃未満の日）条件下における飼育とその後の繁殖能力

鹿児島市での冬季における真冬日は記録されていないが（国立天文台編、2000）、前項の試験に加え、本市で真冬日が生じた場合を想定してゲッキツ樹（鉢植え）に寄生させた雌雄成虫を低温順化のため15℃・12L:12D、引き続き5℃・12L:12Dにそれぞれ24時

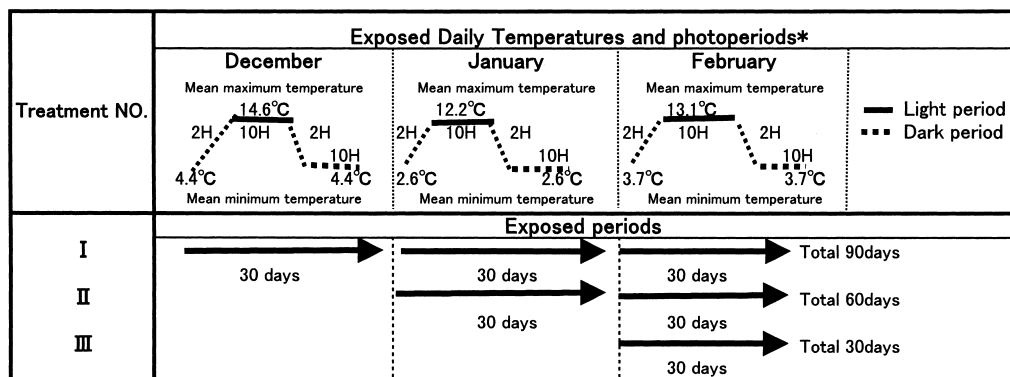


Fig. 1. Outline of experimental plot on study of cold hardiness and fecundity *Diaphorina citri* adults placed to the imitative winter season (from December to January) at Kagoshima city, the southern part of Kyushu in Japan.

* The daily temperatures and photoperiods of 'December', 'January' and 'February' set to imitate winter season at Kagoshima city, respectively.

The adults on *Murra paniculata* were kept at 15℃ (12L:12D) for 24 h and transferred to the imitative winter season (December–February).

Table 1. Survival rate of adults of *D. citri* exposed to the imitative winter season of Kagoshima city.

Treatment* ¹	No. of tested			No. of survivor	Survival rate (%) ^{*2}
	♂	♀	Total		
I	52	45	97	42	43.3a
II	20	13	33	3	9.1b
III	23	18	41	34	82.9c

*¹ Treatment I-III indicate the 3 different treatment conditions in Fig. 1.

*² Value with different letters were significantly different ($p < 0.0001$ by chi-square test).

Table 2. Fecundity of *D. citri* adults after exposed to the imitative winter season of Kagoshima city.

Treatment No.	No. of pairs tested* ¹	No. of surviving female	Total no. of eggs laid/ surviving female* ²	Hatchability (%) ^{*3}
I	20	4	44.5 ± 57.7a	82.9 ± 13.1
II	1	1	13.0* ⁴	84.6* ⁴
III	15	3	14.7 ± 19.3b	98.2 ± 3.1
Control	10	10	64.2 ± 21.9a	88.0 ± 7.2

*¹ A pair of adults was reared on *Murrya paniculata* at 25°C and 70RH under a photoperiod of 14L:10D for 30 days. Control indicates the pairs of adult had been reared on *Murrya paniculata* at 25°C and 70 RH under a photoperiod of 14L:10D and Treatment I-III indicate the pairs survived after the 3 different treatment conditions in Fig. 1.

*² Values are given as mean ± SD. Values with different letters indicated significantly different ($p < 0.05$ by Scheffe's *F* test).

*³ Values are given as mean ± SD. No significant difference was obtained ($p > 0.05$ by Kruskal-Wallis test).

*⁴ Statistical analyses were not performed.

間静置した後、0°C条件下（0°C・10L:14D; 以下真冬日条件下とする）に移行し飼育した。真冬日条件下での飼育期間は最長7日間とし、試験区は1日間隔で7区設定した。

さらに、真冬日条件下で生存していた各調査日ごとの成虫は、上記2.の調査同様、常温へ戻した翌日に生死判定を行い、生存虫についてはその後30日間の繁殖能力（産卵数、産下卵の孵化率）も併せて調査した。なお、25°C・10L:14Dでの飼育個体を対照区として設定した。

結果及び考察

ミカンキジラミ成虫を鹿児島市の冬期間（12, 1, 2月）を模倣した条件下で飼育した場合の生存率をTable 1に示した。試験区I, II, IIIの間には有意な差があり（カイ2乗検定 $p < 0.0001$ ）、すべての試験区（I~III）で雌雄成虫の生存が認められた。ミカンキジラミ成虫が鹿児島市の冬期間を模倣した条件下で生存していた場合の繁殖能力（産卵数・産下卵の孵化率）をTable 2に示した。すべての試験区（I~III）で本虫の産卵が確認できた。産卵数は、対照区、試験区I, II,

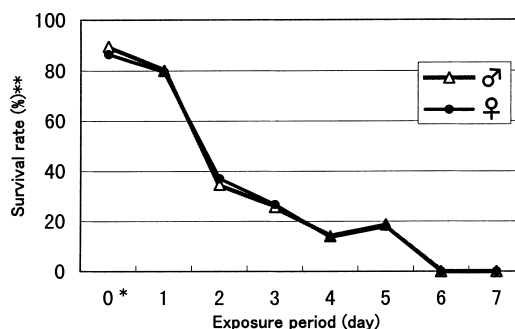


Fig. 2. Survival rate of *D. citri* adults exposed to 0°C under a photoperiod of 10L:14D for 1–7 days.

Before the adults on *Murrya paniculata* were transferred to 0°C (10L:14D), they were kept at 15°C (12L:12D) and 5°C (12L:12D) for 24 h, respectively.

* Untreated adults pairs were kept on *Murrya paniculata* at 25°C under a photoperiod of 10L:14D for 7 days.

** No significant difference was obtained on survival rate between male and female in each exposure period.

Table 3 Fecundity of *D. citri* adults exposed 0°C under a photoperiod of 10L:14D.

Exposure period (day)* ¹	No. of pairs tested* ²	No. of surviving females	Total no. of eggs laid/surviving female* ³	Hatchability (%)* ³
0	10	10	64.2±21.9	88.0±7.2
1	5	5	0	—
2	5	2	6.0±3.0	100
3	5	1	1.0	100
4	5	1	2.0	100
5	5	5	0	—

*¹ Untreated adult pairs had been reared on *Murrya paniculata* at 25°C and 70RH under a photoperiod of 14L:10D.

*² A pair of adults was reared on *Murrya paniculata* at 25°C and 70RH under a photoperiod of 14L:10D for 30 days.

*³ Values are given as mean±SD.

IIIの順で減少し、対照区と比較して試験区IIIが有意に少なかった。(シェッフェの多重比較検定 $p<0.05$)。また、すべての試験区において対照区と同様に卵の孵化が確認され、対照区と試験区間の孵化率には有意な差が認められなかった(クラスカル・ウォリス検定 $p>0.05$)。なお、試験区IIの産卵数と孵化率はデータが1つであったため、上記統計処理は実施しなかった。

ミカンキジラミ成虫を真冬日条件下で飼育した場合の生存率をFig. 2に示した。雄雌成虫とも飼育期間が長くなるにつれて生存率が低下し、6日間以上真冬日条件下にさらされた場合、すべての個体が死滅した。また、飼育期間ごとに雌雄間の生存率を比較すると、有意な差は認められなかった(マンテル・ヘンツェル法 $p>0.05$)。真冬日条件下で生存していたミカンキジラミ成虫の繁殖能力(産卵数・産下卵の孵化率)をTable 3に示した。1及び5日間生存していた成虫は産卵が認められなかったため、繁殖能力の有無が確認できなかった。しかし、真冬日条件下で2~4日間生存していた成虫は、産卵とその卵の孵化が確認できた。

これらの結果より、本種成虫が亜熱帯気候の南西諸島から最も温度条件が厳しい時期(1月)から鹿児島市に侵入した場合、その生存率はかなり低下することが予想された。また、冬期(2月)から侵入した場合、低温にさらされる期間が短くなり、成虫の生存率は高くなると考えられた。一方、冬期(12月)から侵入した場合、1月及び2月の低温条件にさらされるが、ミカンキジラミは徐々に体の順化を行い耐寒性を獲得するためか約4割の成虫が長期間生存することが可能であった。さらに、九州南部地域の鹿児島市において冬期(12, 1, 2月)を模倣した条件下で、ミカンキジ

ラミは雌雄偏ることなく成虫態で越冬し、産卵数のバラツキが認められるが、次世代生産が可能であることが明らかになった。加えて、仮に鹿児島市において真冬日が4日間続いた場合でも生存が可能で、繁殖能力を失わないことも確認できた。それゆえ、実際の気候に類似するよう、温度、湿度及び日長条件をより緻密にプログラムできる人工気象器で再検討する必要があるが、ミカンキジラミは九州南部地域の鹿児島市において越冬後、十分繁殖可能であることが示唆される。

沖縄県でのCG発生に伴い、CG及び媒介昆虫であるミカンキジラミは、本土への移動禁止有害動植物になった。また、CGの寄主植物は移動制限植物になり、植物防疫(事務)所の植物防疫官による検査(病徴診断、接木検定、PCR検定)の結果、無病と診断されたものののみ移動が可能となった。しかし、ミカンキジラミは本土への移動規制の対象となるカンキツ類よりはむしろ、規制の対象とならないゲッキツを好適寄主としている(渡久地・河野, 1997)。今後、越冬後の当該虫のCG媒介能力の有無を確認しなければならないが、CGを媒介する本虫がゲッキツの移動に伴い九州本土に侵入・定着しないよう注意しなければならないといえる。また、CGの分布拡大には保毒したミカンキジラミの風による移動の可能性も指摘されていることから(GOTTWALD *et al.*, 1989)、CG発地域における本虫の密度抑圧も重要であると考えらる。

摘 要

ミカンキジラミ *Diaphorina citri* KUWAYAMA は、カンキツグーニング病(CG)、*Liberobacter asiaticum* の媒介昆虫として知られている。本種は、日本において台湾と九州(日本本土)の間に位置する琉球諸島・奄美諸島のみ分布している。それゆえ、本種の九州へ

の侵入と定着が危惧されている。ゲッキツ苗木 (*Murrya paniculata*) に寄生したミカンキジラミの九州南部地域の鹿児島市における越冬の可能性を調査するため、室内実験により本種の耐寒性と繁殖能力を調べた。1 つ目として鹿児島市の冬期 (12, 1, 2 月) を模倣した 3 種類の処理 I~III の温度条件; 処理 I [12 月 (日最低温度 (=最低) 4.4℃, 日最高温度 (=最高) 14.6℃として 30 日間処理)→1 月 (最低 2.6℃, 最高 12.2℃として 30 日間処理)→2 月 (最低 3.7℃, 最高 13.1℃として 30 日間処理): 合計 90 日間処理]、処理 II [1 月→2 月: 合計 60 日間処理] 及び処理 III [2 月: 合計 30 日間処理] でそれぞれ 10L: 14D 光条件下のもと当該虫を静置した。2 つ目として 0℃の温度条件で、10L: 14D 光条件下のもと 1~7 日間当該虫を静置した。

その結果、処理 I, II, III 及び 0℃で 2~4 日間にさらされていても生存していたミカンキジラミ成虫は、次世代虫を生産した。

引用文献

- ABERT, B. (1987) *Trioza erytreae* DEL GUERCIO and *Diaphorina citri* KUWAYAMA (Homoptera: Psyllodea), the two vectors of Citrus Greening Disease: Biological aspects and possible control strategies. *Fruit* **42**: 149-162.
- 芦原 亘 (1997) カンキツグリーニング病の媒介昆虫ミカンキジラミの生態と防除. 植物防疫 **51**: 312-315.
- 芦原 亘 (2000) ミカンキジラミの耐寒性. 第 44 回応用動物昆虫学会講演要旨集 p. 22.
- 国立天文台編 (2000) 理科年表 平成 12 年 丸善株式会社, 東京, 1100 pp.
- GOTTWALD, T. R., B. ABERT and Z. Xue-Yaun (1989) Preliminary analysis of citrus greening (Huanglungbin) epidemics in the People's Republic of China and French Reunion Island. *Phytopathology* **79**: 687-693.
- MCCLEAN, A. P. D. and R. E. SCHWARZ (1970) Greening of blotchy-mottle disease in citrus. *Phytophylactica* **2**: 177-194.
- 牛牧 昭 (2002) ミカンキジラミが屋久島で発生. 九州植物防疫 第 582 号: p. 5.
- 渡久地章男・河野伸二 (1997) 沖縄県におけるカンキツグリーニング病の発生状況および防除対策. 植物防疫 **51**: 565-570.
- 義永秀親 (2003) 平成 15 年度施策方針産業の振興対策について 農業の振興. 平成 15 年 4 月号 広報せとうち.