

ナスミバエとミカンコミバエの飛翔能力の比較

平林千鶴・小森一也¹・城間良昭・岡本昌洋・濱上昭人²

那覇植物防疫事務所

Comparison of Flight Ability of Solanum Fruit Fly, *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) and Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). Chizuru Hirabayashi, Kazuya Komori¹, Yoshiaki Shiroma, Masahiro Okamoto, and Akito Hamagami² (Naha Plant Protection Station, 2-11-1 Minato-machi, Naha-shi, Okinawa 900-0001, Japan; E-mail: hirabayashit@pps.maff.go.jp). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* **48**: 19-26 (2012).

Abstract: The flight abilities of the solanum fruit fly (*Bactrocera latifrons*; hereinafter referred to *B.l.*) and the Oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*; hereinafter referred to *B.d.*) were compared using a flight mill and a speed gun. *B.d.* was eradicated from Japan in 1986, and so in this research we used a laboratory-reared population which had been introduced into the laboratory prior to the eradication date. The duration and frequency of *B.d.* flights were longer and higher than those of *B.l.* There were no significant differences in flight duration, frequency, and flight duration per flight between males and females of either species. Differences among ages were found in flight durations of male *B.d.* and *B.l.*: flight durations at 2 days old were the shortest, and the durations at 5 days for *B.d.* and 10 days for *B.l.* were longer than those of the other ages. On the other hand, there were no significant differences among ages for females. We conclude that the flight ability of *B.d.* is higher than that of *B.l.*, and that the males and females of both species disperse to almost the same extent in laboratory.

Key words: flight ability, pest control

緒 言

ミバエ類をはじめとする重要病害虫については、万一我が国に侵入・まん延した場合、農作物に多大な被害を及ぼす恐れがあるため、定期的な侵入警戒調査が行われている。

なかでもミバエ類については、侵入警戒トラップへの誘殺が確認された場合、誘殺されたトラップを中心とした一定の調査範囲を定めた上で寄主果実調査、トラップ調査が実施される。また、必要に応じて薬剤散布等の防除も行われる。そのため、侵入を警戒するミバエ類にどの程度移動・分散するための飛翔能力があるのかを測定したデータは、これらの防除対応を考えるうえでの基礎資料となる。

これまで、ミバエ類の飛翔能力の測定は、ウリミバエ (*Bactrocera cucurbitae*) (Nakamori and Simizu, 1983)、ミカンコミバエ種群 (*B. dorsalis*) 及びチチュウカイミバエ (*Ceratitis capitata*) (Sharp and Chambers, 1976) 等で行われてきたが、ナスミバエ (*Bactrocera latifrons*) については行われていない。

本試験では、ナスミバエとミカンコミバエ (*B. dorsalis*) の飛翔能力を比較するため、フライトミルを用いて両

種の飛翔時間、飛翔回数、フライト当たり飛翔時間を測定するとともに、スピードガンを用いて飛翔速度を測定した。

測定に用いたフライトミルは、実験室内で昆虫の飛翔を測定する手段として、宙づり飛翔法とともによく使用されるものである。今回は、角田・守屋 (2008) によって考案された、スピードガンで測定した飛翔速度にフライトミルで測定した飛翔時間に乗じる方法で飛翔距離の推定も行った。

材料及び方法

1. 供試虫

ミカンコミバエ、は農林水産大臣の許可を得て那覇植物防疫事務所の飼育施設内で約200世代にわたって累代飼育している沖縄本島産のもの（農林水産省指令63横植第2152号）を用いた。ナスミバエは、2000年に沖縄県与那国島のナス果実より採取し、沖縄県農業研究センター実験室内においてナス果実で6世代、その後約2年間人工幼虫培地（松山：未発表）で飼育した後（松山・久場：2005）、平成14年より那覇植物防疫事務所飼育施設内で、ミカンコミバエと同等の散逸防止措置を図ったうえでその後約

¹ 横浜植物防疫所企画調整担当

² 那覇植物防疫事務所那覇空港出張所

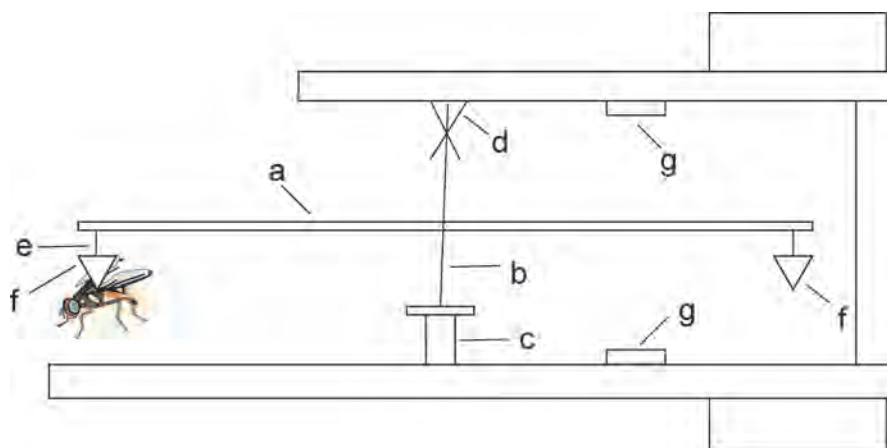


Fig. 1. Structure of the flight mill.

- (a) Rotor: balsa wood, 5mm square $\times$ 20 cm long. (b), (d) Metal pins. (c) Clincher (ϕ 1.8 $\times$ 3.2cm).
 (e) Extra-fine insect pin (16.5mm in length, 0.16mm in diameter; Shiga Konchu Fukyu).
 (f) Polyethylene foam or balsa wood. (g) LED sensor (PS-52T, Keyence; Photoelectric amplifier, PS-25, Keyence).

65世代にわたって累代飼育したものを用いた。なお、与那国島のナスミバエは2011年に根絶されている。両ミバエの累代飼育は温度 $26.5 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 10\%$ 、明期14時間:暗期10時間の条件下で行った。

採卵には、採卵器を使用した。採卵器はミカンコミバエについてはレモン果汁を入れたポリプロピレン製採卵容器（直径7.5cm、高さ13cm）を使用し、これをケージ内に2時間置き自由採卵させた。ナスミバエについては石田ら（2005）と同様のものを用い、同じく2時間自由採卵させた。

幼虫の飼育は、両種とも $4 \times 20 \times 27\text{cm}$ のプラスチック容器に300gの幼虫培地を5mm程度の厚さで入れ、人工採卵した約0.5mlの卵（約5,500卵）を接種し蛹になるまで飼育した。

ミカンコミバエの幼虫培地（1l当たり）は、小麦フスマ175g、グラニュー糖50g、乾燥酵母35g、塩酸（3.5%）20ml、安息香酸ナトリウム0.75g、ちり紙25g、水650mlを混合したものを使用した。pHは4.5～4.9であった。

ナスミバエの人工飼料は、幼虫培地（1l当たり）については、小麦フスマ162g、グラニュー糖46.2g、乾燥酵母32.4g、塩酸（3.5%）18ml、パラベン0.9g（*p*-ヒドロキシ安息香酸エチル0.45g：*p*-ヒドロキシ安息香酸メチル0.45g）、一味トウガラシ9.3g、ちり紙23.1g、水600mlを混合したものを使用した。pHは5.1～5.2であった。

得られた蛹は金属製ケージ（ $200 \times 200 \times 250\text{mm}$ ）で羽化させ、雌雄を分けずに飼育した。成虫飼料は両種とも加水分解酵母（AY-65, アサヒフードアンドヘルスケア）:グラニュー糖＝1:4を用い、給水には寒天（寒天48g:水道水5l）を使用した。

試験にはミカンコミバエ及びナスミバエの、羽化後日齢（以下、日齢とする）2、5、10、13、20日の個体を用いた。供試個体数は日齢ごとにミカンコミバエ雌雄各10～25頭、計189頭、ナスミバエ雌雄各20～30頭、計260頭とした。

2. 方法

フライトミルに虫体を接着させる際、供試虫には、低温麻酔（ 4°C , 12 $\pm$ 2分）を施した。当該麻酔時にはしばしば低温麻酔、または、低温麻酔と炭酸ガスを併用した麻酔が使われるが（後藤ら：2004; Nakamori and Simizu, 1983; 河本ら：1987）、今回は、久場ら（1982）によるウリミバエ不妊虫の麻酔法の検討を参考に、低温麻酔を採用した。麻酔を施すに際しては、プラスチック製遠沈管（centrifuge tubes, 15ml Type, IWAKI社製）の蓋及び側面に10個の通気孔を開けたものに供試虫を5頭入れ、これを冷蔵庫内に静置して行った。低温麻酔が虫体に及ぼす影響を調べるため、日齢ごとに照屋・西村（1986）の飛出虫率試験を行い3時間後の飛翔個体率を比較したが、麻酔を行った個体と行わなかった個体に有意な差は認められなかった（ χ^2 -検定、 $p > 0.05$ ）。ミバエの種類、雌雄の別、日齢ごとに5頭ずつ供試し、それぞれ1～3反復行った。

飛翔能力の測定は、フライトミル及びスピードガンを用いて以下の方法により実施した。測定はいずれも温度 $26.5 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 10\%$ 、明期14時間:暗期10時間の条件下で行った。

(1) フライトミルでの飛翔時間、飛翔回数の測定

フライトミルは伊藤・守屋（1985）を参考に作製した（Fig. 1）。ローターは長さ20cm（回転半径10cm）、回転軸は昆虫針5号（志賀昆虫普及社）を用い、平均重量は $0.53 \pm 0.25\text{g}$ であった。回転軸上部は昆虫針5号4本を交差させた中心に入れて保持し、下部はネジ釘を台座に用いた。フライトミルへの供試虫の接着は胸部背面へ接着剤（ボンドG17, コニシ社製）を用いて行った。

回転回数及び回転時間は赤外線センサー（PS52T, Keyence社製）及び光電センサアンプ（PS-25, Keyence社製）に接続したパソコンで集計した。集計ソフトとしてはDaisy Lab[®] 7.0J（日本語版）、ADTEC SYSTEM SCIENCE社製を用いた。

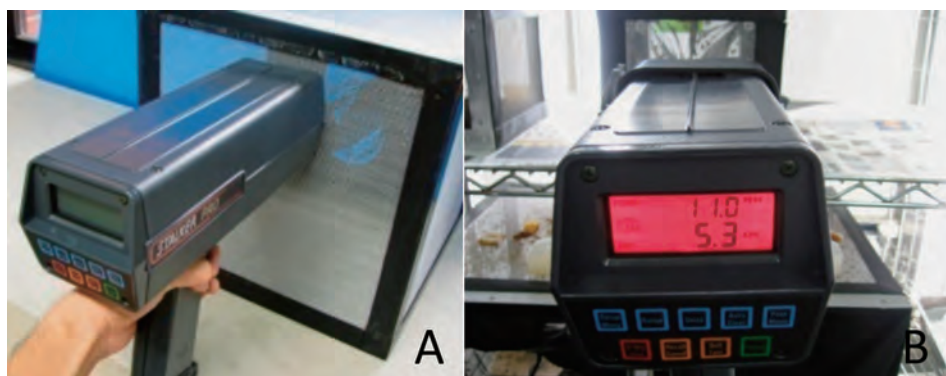


Fig. 2. Detecting flight speed with speed gun.
 (A) Detecting flight speed of flies in flight in the cage.
 (B) Upper value indicates highest speed; lower value is current speed.

測定1回につき雌雄各5頭ずつを接着し、自力飛翔させた。測定は、ミバエ類の飛翔が活発であるおおむね午前9時に開始し、薄暮期を含む12時間の飛翔時間（以下、12時間当たりトータル飛翔時間とする）及び飛翔行動を行った回数（以下、飛翔回数とする）を5秒間の間隔で測定した。事前の観察から、5秒間に6回以上回転した個体を飛翔個体とみなした。供試した虫は、フライトミルへ接着する直前まで水及び餌を与え、低温麻酔して接着した。

なお、測定中に装置から脱落した個体（ミカンコミバエ雌1頭）はデータから除外した。

(2) スピードガンでの飛翔速度測定

スピードガンはApplied Concepts社製「Stalker Pro」[®]を用いた（Fig. 2）。飛翔速度の測定は、両種の2日齢の雌雄各50頭を20×20×25cmのケージ内へ放飼し、飛翔する供試虫を3分間測定した。この個体群はそのままケージ内で飼育を続け、5、10、13、20日齢についても同様に測定した。この、2日齢～20日齢の測定を2～5回繰り返し、各日齢の最高値を飛翔速度とした。

(3) 統計解析

供試虫グループを、ミカンコミバエ雄、同雌、ナスミバエ雄、同雌の4グループとした。飛翔能力を、①12時間当たりトータル飛翔時間、②飛翔回数、③フライトあたり飛翔時間、④飛翔速度の四つの形質で評価するため、①～③については得られた測定値を対数変換後に平均し、供試虫グループと日齢を2要因とする二元配置分散分析を行った。なお、対数変換に際しては山村（2002）に従い、測定値に0.5を加える補正を行った。④飛翔速度については、測定値のまま、供試虫グループと日齢を2要因とする二元配置分散分析を行った。また、日齢間に差の認められた飛翔形質については、各グループにおいて、日齢間の多重比較検定（Tukey-Kramer's HSD test）を行うとともに、最大の飛翔能力を発揮した日齢を選んでグループ間の多重比較検定（Tukey-Kramer's HSD test）を行った。これらの解析には、統計解析ソフトのJMP[®] Var.9.0.0（SAS Institute社製）を用いた。

結 果

(1) 12時間当たりのトータル飛翔時間

測定を行った12時間のうち、活発な飛翔が見られたのは午前中であった。12時間当たりトータル飛翔時間の各日齢での平均は、ミカンコミバエ雄：402～2,982（秒）、雌：1,012～3,120（秒）、ナスミバエ雄：150～876（秒）、雌：329～926（秒）であり、供試虫グループ間（対数変換後二元配置分散分析、 $F(3)=12.6318$, $p<0.05$ ）、日齢間でもそれぞれ有意差が認められた（対数変換後二元配置分散分析、 $F(4)=4.8035$, $p<0.05$ ）。また、供試虫グループと日齢に交互作用は認められなかった（対数変換後二元配置分散分析、 $F(12)=1.3543$, $p>0.05$ ）。

両種とも雄では日齢間で飛翔時間に有意差が認められ、2日齢に比べ5日齢以降の飛翔時間が長かった（Tukey-Kramer's HSD test $p<0.05$ ）。一方、雌では日齢間で飛翔時間に有意差は認められなかった（Tukey-Kramer's HSD test $p>0.05$ ）（Fig. 3）。

最長の飛翔時間を示した日齢を選んで供試虫グループ間の多重比較を行った結果、ミカンコミバエ雌雄はナスミバエ雌雄より有意に長かった（Tukey-Kramer's HSD test, $p<0.05$ ）（Fig. 4）。

(2) 12時間の測定期間中に観察できた飛翔回数

飛翔回数の各日齢での平均は、ミカンコミバエ雄：23.62～55.95（回）、雌：35.05～63.91（回）、ナスミバエ雄：5.78～22.32（回）、雌：11.21～19.56（回）で、供試虫グループ間に有意差が認められたが（対数変換後二元配置分散分析、 $F(3)=24.5763$, $p<0.05$ ）、日齢間には有意差は認められなかった（対数変換後二元配置分散分析、 $F(4)=2.3779$, $p>0.05$ ）。供試虫グループと日齢に交互作用は認められなかった（対数変換後二元配置分散分析、 $F(12)=1.0346$, $p>0.05$ ）。

最多の飛翔回数を示した日齢を選んで供試虫グループ間の多重比較を行った。その結果、ミカンコミバエ雌はナスミバエ雌雄より、より多くの飛翔行動を行っていた。また、ミカンコミバエ雄は、ナスミバエ雌雄と比較して統計的な

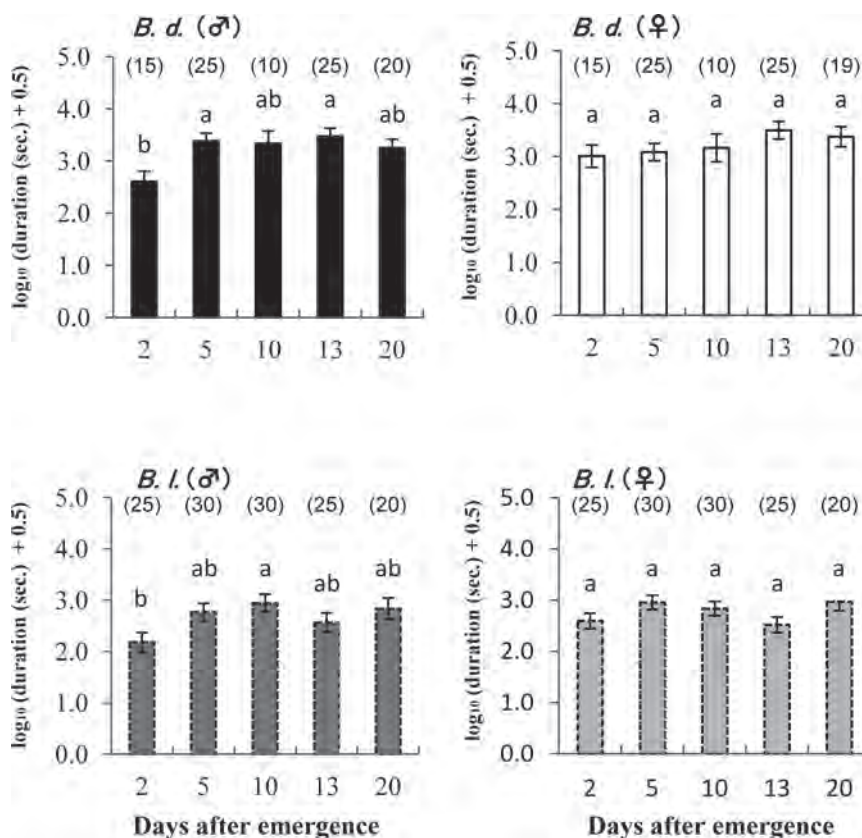


Fig. 3. Flight duration of *B. dorsalis* (*B.d.*) and *B. latifrons* (*B.l.*).

Flight duration of *B. dorsalis* (*B.d.*) and *B. latifrons* (*B.l.*), measured with a flight mill.

Tests were usually conducted from 09:00 to 21:00. Numbers in parentheses are replications of different individual insects.

Data were $\log_{10}$ transformed prior to ANOVA. There was no significant difference among values. Bars show the standard error. Values accompanied by different letters were significantly different (Tukey-Kramer's HSD test, $p < 0.05$).

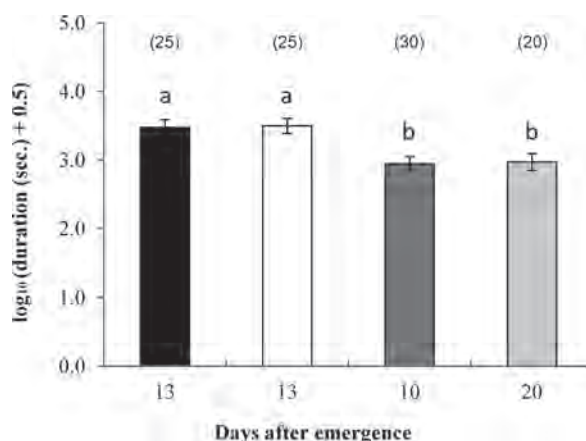


Fig. 4. Comparison of flight duration of *B. dorsalis* and *B. latifrons*.

The highest values recorded (average) for each day were used to compare each group.

Numbers in parentheses are replications of different individual insects. Data were $\log_{10}$ transformed prior to ANOVA. There were no significant differences among values. Bars show the standard error. Values accompanied by different letters were significantly different (Tukey-Kramer's HSD test, $p < 0.05$).

■ *B. dorsalis* (♂), □ *B. dorsalis* (♀), ■ *B. latifrons* (♂), ■ *B. latifrons* (♀).

有意差は認められなかったものの、飛翔回数が多い傾向にあった (Tukey-Kramer's HSD test, $p > 0.05$) (Fig. 6)。

(3) 1回のフライト当たり飛翔時間

フライト当たり飛翔時間の各日齢での平均は、ミカンコミバエ雄：16.64 ~ 64.54 (秒)、雌：24.04 ~ 58.64 (秒)、

ナスミバエ雄：24.25 ~ 59.89 (秒)、雌：18.58 ~ 50.34 (秒)であり、供試虫グループ間には有意差は認められなかったが (対数変換後二元配置分散分析, $F(3) = 0.216$, $p > 0.05$)、日齢間には有意差が認められた (対数変換後二元配置分散分析, $F(4) = 3.5098$, $p < 0.05$)。また、供試虫

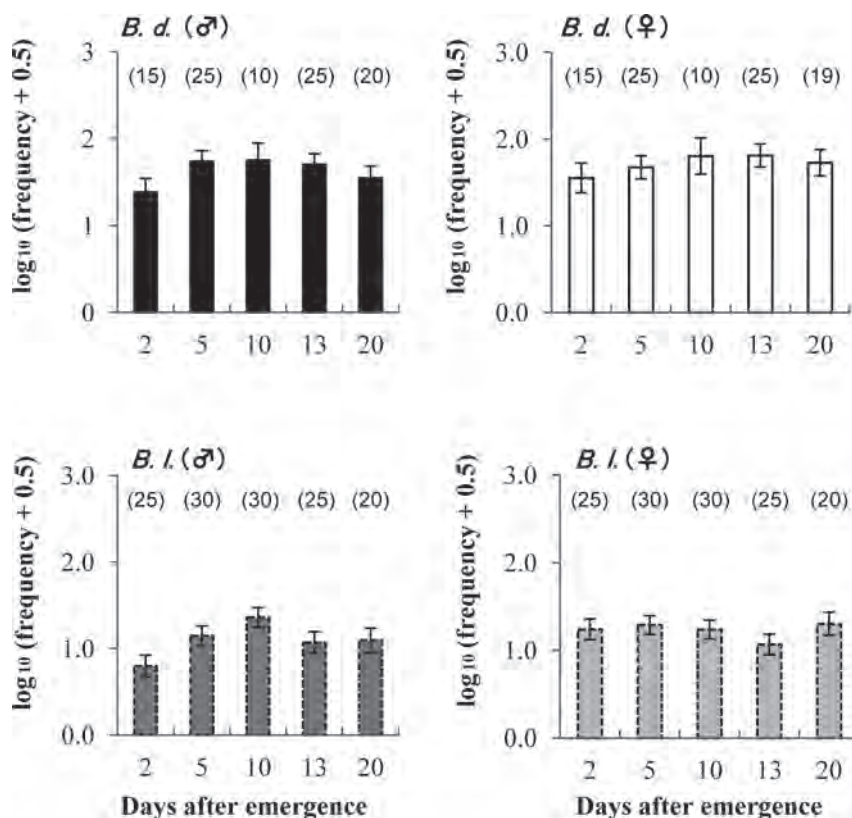


Fig. 5. Flight frequency of *B. dorsalis* (*B.d.*) and *B. latifrons* (*B.l.*), measured with a flight mill. Tests were usually conducted from 09:00 to 21:00. Numbers in parentheses are replications of different individual insects. Data were $\log_{10}$ transformed prior to ANOVA. There were no significant differences among values. Bars show the standard error.

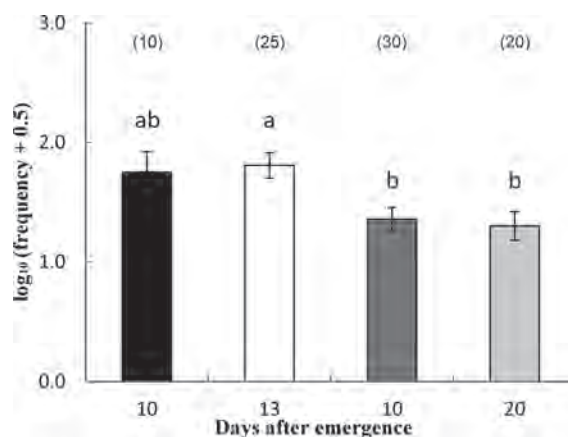


Fig 6. Comparison of flight frequency of *B. dorsalis* (*B.d.*) and *B. latifrons* (*B.l.*).

The highest values recorded (average) or each day were used to compare each group.

Numbers in parentheses are replications of different individual insects. Data were $\log_{10}$ transformed prior to ANOVA. There were no significant difference among values.

Bars show the standard error. Values accompanied by different letters were significantly different (Tukey-Kramer's HSD test, $p < 0.05$).

■ *B. dorsalis* (♂), □ *B. dorsalis* (♀), ■ *B. latifrons* (♂), ■ *B. latifrons* (♀),

グループと日齢に交互作用は認められなかった(対数変換後二元配置分散分析, $F(12) = 0.5889$, $p > 0.05$)。

なお、日齢間で有意差が認められたのはミカンコミバエ雄のみであり、2日齢と比較して13日齢では有意に長く、統計的な有意差は認められないものの、5日齢、10日齢、20日齢でも長い傾向が認められた(Tukey-Kramer's HSD

test, $p < 0.05$) (Fig. 7)。一方、ミカンコミバエ雌、ナスミバエ雄及び雌には、フライト当たり飛翔時間に日齢間で有意差は認められなかった(Tukey-Kramer's HSD test, $p > 0.05$) (Fig. 7)。

(4) 飛翔速度

飛翔速度は、ミカンコミバエ雄：10.9～14.7km/h、雌：

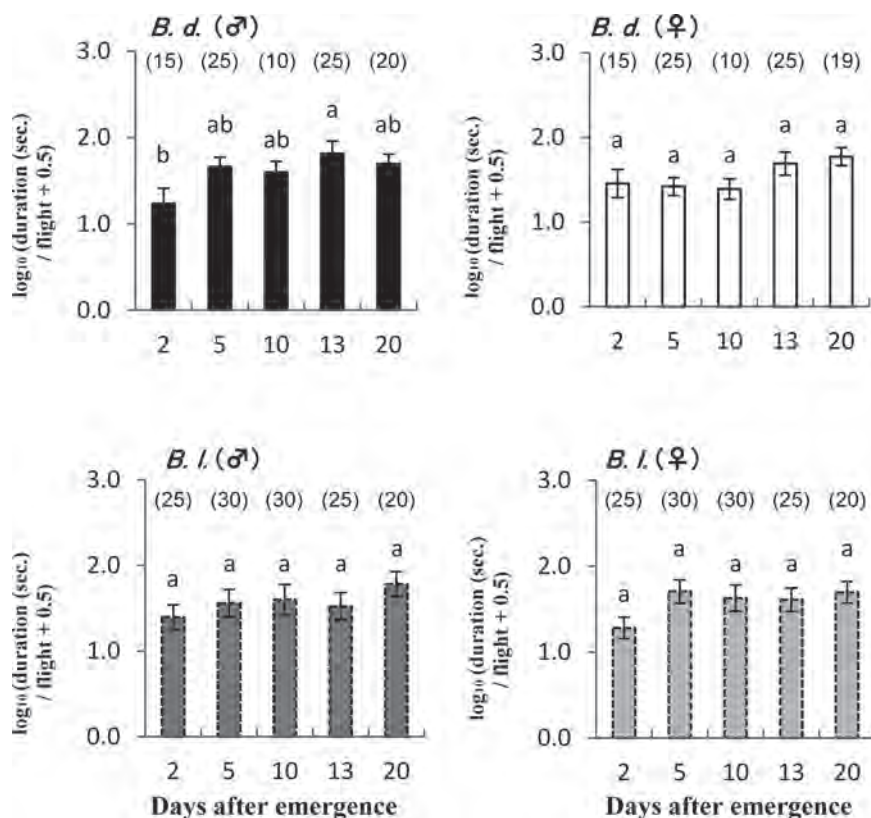


Fig. 7. Flight duration per flight of *B. dorsalis* (*B.d.*) and *B. latifrons* (*B.l.*), measured with a flight mill. Tests were usually conducted from 09:00 to 21:00. Numbers in parentheses are replications of different individual insects. Data were $\log_{10}$ transformed prior to ANOVA. There were no significant differences among values. Bars show the standard error. Values accompanied by different letters were significantly different (Tukey-Kramer's HSD test, $p < 0.05$).

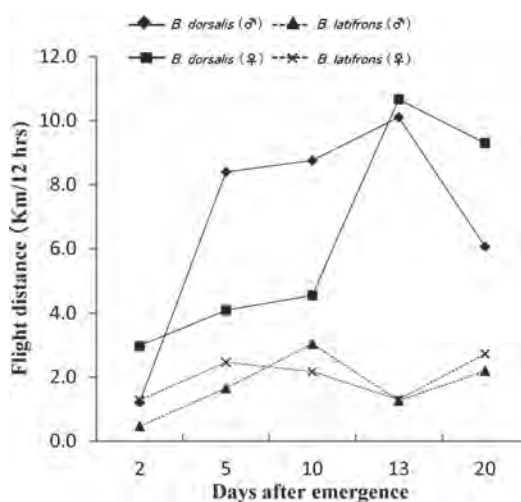


Fig. 8. Flight distance per 12 hrs (usually 09:00-21:00) of *B. dorsalis* (*B.d.*) and *B. latifrons* (*B.l.*). Flight distances were estimated as flight velocity multiplied by flight duration.

10.6 ~ 14.2 km/h、ナスミバエ雄：10.2 ~ 12.5 km/h、雌：9.8 ~ 14.2 km/hで、供試虫グループ間に有意差が認められたが（二元配置分散分析、 $F(3) = 3.4049$, $p < 0.05$ ）、日齢間には有意差は認められなかった（二元配置分散分析、 $F(4) = 0.9889$, $p > 0.05$ ）。また、供試虫グループと日齢に交互作用は認められなかった（二元配置分散分析、 $F(12) = 1.644$, $p > 0.05$ ）。

(5) 飛翔距離の推定

各供試虫グループの日齢ごとの飛翔速度の平均に、日齢ごとの12時間当たりトータル飛翔時間を乗じて12時間の飛翔距離を推定した（Fig. 8）。各供試虫グループの飛翔距離（日齢）は、ミカンコミバエ雄10.1 km（13日齢）、同雌10.7 km（13日齢）、ナスミバエ雄3.0 km（10日齢）、同雌2.7 km（20日齢）であった。また、各供試虫グループのう

ち最も飛翔した個体の12時間の飛翔距離は、ミカンコミバエ雄55.4km (13日齢)、雌71.1km (2日齢)、ナスミバエ雄19.8km (2日齢)、雌30.1km (13日齢)であった。

考 察

(1) 飛翔能力の比較

ミカンコミバエ及びナスミバエの雌雄それぞれについて飛翔能力を比較した結果、12時間当たりトータル飛翔時間はミカンコミバエ雌雄がナスミバエ雌雄に比べて有意に長かった (Fig. 4)。また、飛翔回数についても、ミカンコミバエ雌はナスミバエの雌雄と比べて有意に多かった (Fig. 6)。ミカンコミバエ雄についても、有意差は認められなかったものの、各日齢の平均飛翔回数はナスミバエ雌雄の平均飛翔回数をすべて上回っていた (Fig. 5)。フライト当たり飛翔時間については供試虫グループ間に差は認められなかったことから (Fig. 7)、ミカンコミバエのトータル飛翔時間が長くなったのは飛翔回数が多いためと考えられた (Fig. 4)。

2種の飛翔能力を比較した場合、ミカンコミバエのほうが12時間当たりトータル飛翔時間、飛翔回数が多い傾向にあり、推定される飛翔距離も長くなった (Fig. 8)。このことから、ミカンコミバエはナスミバエに比べ、より飛翔能力が高いと考えられる。ミカンコミバエが侵入警戒トラップに誘殺された場合、誘殺されたトラップを中心に調査範囲を設定し、フェロモントラップによるモニタリングと寄主果実調査が行われている。ナスミバエについては、現在のところ強力な誘引剤は知られていない。そのため、ミバエ類等侵入警戒調査実施要領ではタンパク質加水分解物を食餌誘引剤としたマックファイルトラップを使用するほか、与那国島においては、寄主果実調査や黄色粘着トラップによる調査が行われた (小濱・松山：2010)。この場合、今回明らかとなったミカンコミバエに対するナスミバエの相対的飛翔能力の低さから考えて、発見時の調査範囲はミカンコミバエと同等かそれ以下の設定を適用してもよいと考える。

また、ミカンコミバエ及びナスミバエの雌雄を比較したところ、12時間当たりトータル飛翔時間、飛翔回数及びフライト当たり飛翔時間に有意差は認められなかったことから (Fig. 4, 6)、少なくとも実験室内では雌雄の飛翔能力はほぼ同様であると考えられる。

(2) 日齢による飛翔能力の変化

ミカンコミバエ雄及びナスミバエ雄は、2日齢の12時間当たりトータル飛翔時間が最も短く、その後急激に伸びた (Fig. 3)。羽化直後の飛翔時間が短いという報告は、ウリミバエ雌雄 (0～1日齢) でも同様の報告がされているが、羽化直後であるため、十分に外骨格と飛翔筋が発達していないことが原因であると考えられている (Nakamori and Simizu, 1983)。今回の結果は、ミカンコミバエ雄、ナスミバエ雄でも同様のメカニズムがあることを示しているも

のと思われる。また、雌については、両種とも2日齢ですでに一定程度移動を開始する性質を持つと考えられる

今回の測定はおおむね午前9時に開始し、12時間行ったが、活発な飛翔が見られたのは午前中のみであった。ミバエ類は午前中と午後の薄暮期に活発に飛翔することが知られているが、今回の測定では薄暮期の活発な飛翔は見られなかった。これは、午前中に測定を開始してから供試虫への餌、水の供給を絶っているため、飛翔を継続するためのエネルギーが失われた結果と考えられる。そのため、今回の12時間の測定結果を2倍して単純に1日の飛翔距離とすることは困難であるが、今後、午前中と午後 (薄暮期) の飛翔を分けて測定することで、より正確な飛翔能の把握が可能であると考えられる。

また、ウリミバエでは、累代飼育を行った結果、累代15世代及び51世代では野生虫と比較して飛翔時間が低下していたとの報告がある (Nakamori and Simizu, 1983)。そのため、今回供試した2種でも同様に累代飼育によって飛翔能力が低下していることが考えられるため、今後はより累代世代数の少ない個体での測定が求められる。

フライトミルのみで飛翔距離を測定する従来の方法では、実際の飛翔距離を過小評価している可能性が高いと考えられている (角田・守屋：2008)。一方、フライトミルとスピードガンを組み合わせた今回の方法では、飛翔距離を過大評価してしまう可能性もあるため、フライトミルによる飛翔距離にスピードガンで得られた飛翔速度とフライトミルで得られた飛翔速度の比を乗じて補正するという改良が提唱されている (守屋：私信)。いずれにしても、室内の特殊な条件下で得られた飛翔距離を野外での飛翔距離として扱うことは適当ではないと考えられる。今回の結果については、あくまでミカンコミバエとナスミバエの飛翔能力の比較を行ううえでの一つの指標ととらえるべきであろう。

謝 辞

フライトミルの作成及び実験方法について多大なご助言をいただきました独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センターの守屋成一博士、及びデータ統計解析に際し丁寧なご指導をいただきました独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センターの光永貴之博士、考察するに当たりご助言いただきました沖縄県病害虫防除技術センターの松山隆志博士、論文の書き方全般に関し細やかなご指導をいただきました横浜植物防疫所調査研究部害虫担当の大戸謙二氏、佐藤雅氏に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 石田龍顕・中原重仁・箕浦和重・土肥野利幸 (2005) 与那国島産マレーシアミバエ *Bactrocera latifrons* (Hendel) の発育と増殖能力. 植防研報 41: 39-42.
伊藤清光・守屋成一 (1985) フライトミルの作り方と取り扱い.

- 植物防疫 **39**: 183-185.
- 奥村正美・高木茂・井手敏和 (1981) ウリミバエの生育限界に関する調査. 植防研報 **17**: 51-56.
- 後藤純子・樋口博也 (2004) 宙吊り飛翔法で測定したアカヒゲホソミドリカスミカメの飛翔能力. 応動昆 **48**: 219-224.
- 河本賢二・白井洋一・岡田利承 (1987) フライトミル法によるハイマダラノメイガの飛しょう能力推定. 野茶研報告 **A.1**: 147-156.
- 久場洋之・瀧野英二・小山重郎 (1982) ウリミバエ不妊虫放飼法に関する研究 1. 成虫の餌と麻醉法の検討. 沖縄農試研報 **7**: 101-108.
- 小濱継雄・松山隆志 (2010) 不妊虫放飼法による与那国島のナスミバエまん延防止防除事業の現状. 植物防疫 **64**: 762-765.
- 佐伯聰・片山満・奥村正美 (1980) ミカンコミバエの生育限界に関する調査. 植防研報 **16**: 73-76.
- 角田隆・守屋成一 (2008) フライトミルとスピードガンを組み合わせた昆虫の飛翔距離推定法. 植物防疫 **62**: 393-396.
- 照屋匡・西村真 (1985) 大量増殖されたウリミバエ, *Dacus cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) の羽化直後の給餌条件と飛翔能力および寿命への影響. 沖縄農試研報 **11**: 67-62.
- 松山隆志・久場洋之 (2005) ミバエ類の再侵入対策技術の確立ナスミバエの人工採卵器適応系統の育成. 沖縄県農業試験場病虫部病害虫試験成績書 (2005年1月)
- Nakamori, H. and K. Simizu (1983) Comparison of Flight Ability between Wild and Mass-Reared Melon Fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae), Using a Flight Mill. *Appl. Ent. Zool.* **18**: 371-381.
- 野田隆志・釜野静也 (1988) フライトミルによるハスモンヨトウの飛翔能力の測定 とくに日齢と性による飛翔性の違いについて. 応動昆 **32**: 227-229.
- Sharp, J. L. and D. L. Chambers (1976) Gamma Irradiation Effect on the Flight Mill Performance of *Dacus dorsalis* and *Ceratitis capitata*. *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* **22**: 335-344.
- 山村光司 (2002) 正しい分散分析結果を導くための変数変換法. 植物防疫 **56**: 436-441.