

カボチャミバエの発生生態

中原 重仁¹⁾・佐々木 薫・肥後 雄一²⁾・岩泉 連³⁾

横浜植物防疫所調査研究部

Biological notes on the pumpkin fruit fly (*Bactrocera depressa*) (Diptera: Tephritidae). Shigehito Nakahara¹⁾, Nobu Sasaki, Yuichi Higo²⁾ and Ren Iwaizumi³⁾ (Research Division, Yokohama Plant Protection Station, 1-16-10, Shin-yamashita, Naka-Ku, Yokohama, 231-0801 JAPAN. ¹⁾Chubu Airport Sub-station, Nagoya Plant Protection Station. ²⁾Narita Airport Sub-station, Yokohama Plant Protection Station. ³⁾Yokohama, Kanagawa prefecture, Japan). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan.* 57: 17-22 (2022).

Abstract: Several surveys were conducted in the field and laboratory to obtain basic information to control the spread of the pumpkin fruit fly (*Bactrocera depressa*). During the survey, a total of 57 flies were trapped with the McPhail trap, implementing the protein bait method between mid-May and late-July, 2018. Of all flies, 93% were trapped in the morning. The same phenomenon was also observed with the pan trap. Accordingly, certain effectiveness of the protein bait trap as monitoring tool was demonstrated. Moreover, although all male flies captured after late May were already mature, the ovaries of the captured female flies on 7 July were immature. Males were captured until late July, but no further females were captured after early July. Besides, the mating behavior was observed during dusk, with light of less than 1,000 lux under laboratory conditions. This biological information would be useful when developing export quarantine measures for Cucurbit crops.

Key Words: pumpkin fruit fly, *Bactrocera depressa*, McPhail trap, monitoring, mating behavior

緒 言

カボチャミバエ (*Bactrocera depressa*) (以下本種という) はカボチャやユウガオ等のウリ科生果実寄生するミバエ科昆虫で、日本、韓国、台湾に分布する (White and Elson-Harris, 1992; Drew and Romig, 2013, Han *et al.*, 2017)。日本では、長野県、山梨県、東北地方の各県等で露地栽培におけるカボチャの害虫として以前から知られている (高松 1952)。本種は、本州中部以北では年1化とされ、初夏のころに成虫が出現して夏に産卵し、果実内で発育した幼虫は蛹となって越冬する (高松 1952)。日本における本種の研究事例では、高松 (1952) が長野県伊那谷における本種の発生状況や寄生性、交尾行動について、また土屋ら (1986) は、山梨県甲府市における本種の発生消長について報告しているが、近縁のミスジミバエやウリミバエに対するキュウリアのような効果的な誘引剤がなく、野外に

おいて発生状況を把握することは容易ではない。このようなことも影響してか、日本国内における本種の生態や防除についての詳細な研究は少ない。

一方、近年我が国の農産物の輸出が増加する中で、カボチャミバエが分布しない諸外国からはウリ科果菜類の害虫としての本種への関心が示されており、本種に対するシステムズアプローチ、臭化メチルや蒸熱による殺虫処理など、植物検疫上の措置の可能性を議論する上でも、モニタリング法や基礎生態についての情報が必要とされている。

そこで、筆者らは神奈川県横浜市において、ミバエ類の侵入警戒調査に使用される蛋白加水分解物を誘引源としたトラップによる本種のモニタリングの可否と捕獲された本種の生理状態を調べるとともに、鹿児島県屋久島産のオオカラスウリ生果実から採集したカボチャミバエの飼育下における日周活動について観察を行い、若干の知見を得たので報告する。

¹⁾名古屋植物防疫所

²⁾横浜植物防疫所成田支所

³⁾神奈川県横浜市

なお、近年ではカボチャミバエを *Zeugodacus* 属として扱う報告も複数あるが (Doorendeerd *et al.*, 2018; Siao, 2019)、本著では Drew and Romig (2013) に従い、*Bactrocera* 属とした。

材料及び方法

(1) トラップによる発生調査について

神奈川県横浜市中区新山下の山手見晴らし公園内2地点(以下 Y-1, Y-2) 及び同市中区山手町1地点(以下 Y-3) の計3地点で平成30(2018)年4月1日～同年10月30日に、蛋白加水分解物を誘引源とするトラップによる発生調査を行った。調査地は、基本的に調査の前年までに寄主植物であるキカラスウリ (*Trichosanthes kirilowii*) の生育が確認された場所の周辺とした。Y-1、Y-2の2地点は海岸線から200mほど内陸にある海拔約30mの台地にある雑木林内で周囲は住宅と緑地が混在している。Y-3は海岸線から700m以上離れた海拔約35m台地の住宅街にある個人宅の庭で、緑地には隣接していないものの付近には所々雑木林が点在する地域である。トラップはプラスチック製ファネル型トラップを加工したトラップ(外寸:直径15cm×高さ18cm)と台湾型プラスチック製マックファイル型トラップ(外寸:直径12cm×高さ18cm)を使用した(Fig. 1) (以下いずれもマックファイルトラップ)。水道水で約50倍に希釈した蛋白加水分解物(プロテイン20E:サンケイ化学)100mLをトラップの底部に満たし、トラップ内に入ったミバエが直接蛋白加水分解物溶液に触れて腐敗することのないようにすのこを敷いた。また、トラップ内には0.5×0.5×2cmの直方体に切断した殺虫剤(有効成分ジクロロボス:バボナ殺虫プレート(アース製薬))を入れて1か月を目安に交換した。トラップは地上から約1.5mの高さに設置し、基本的に1週間に1回確認して雌雄ごとに誘殺虫数を記録し、1日あたりの1トラップの誘殺虫数(FTD)を算出した。



Fig.1 McPhail trap used in this study.

(2) 採餌活動時間調査

平成30(2018)年5月18日～6月14日の間、Y-1及びY-2において、毎日9時30分、13時00分、16時30分の3回、マックファイルトラップへの誘殺の有無を確認し、時間帯による誘殺虫数の変化を調べた。また、平成30年(2018)6月1日に

横浜市中区の本種の誘殺があったY-1のトラップ設置場所から約5m離れた林縁部(Fig. 2)に、プラスチック製バット(白色、27×37×6cm)に水道水で50倍に希釈した約150mlの蛋白加水分解物(プロテイン20E:サンケイ化学)を入れたパントラップを脚立上(地上約70cm)に置き、カボチャミバエの飛来を観察した。観察時間は9時30分～14時とした。調査日の天候は曇り時々晴れ、気温は摂氏23.2℃～24.4℃であった。



Fig.2 Area around the study site.

(3) 捕獲虫の生理状態調査

マックファイルトラップおよびパントラップによる捕獲調査で捕獲されたミバエうち、雄23頭、雌26頭についての腹部を切開し、雌については卵巣(片側)の大きさと受精囊中の精子の有無を、雄については射精甲の面積と自由精子の有無を調べた。これらの測定及び観察には実体顕微鏡(OLYMPUS SZX16)及び画像撮影装置(OLYMPUS FX630)を使用した。卵巣は半球楕円形と仮定し、横(w)と縦(l)をペトリ皿上で測定し、卵巣(片側)の体積(v)を $v = \pi w^2 l / 6$ で推定した。受精囊、精巣及び射精甲はスライドガラス上で確認した。

(4) 日周行動の調査

平成29(2017)年10月25日に鹿児島県熊毛郡屋久島町で採取したオオカラスウリ生果実から得た幼虫を、滅菌した砂を敷いたプラスチックカップに入れて15℃に設定した恒温器内に静置し、翌年の平成30(2018)年3月22日から4月10日までに羽化したカボチャミバエを用いた。

雌雄各15頭をアクリル製の飼育ケージ(25×28×30cm)1ケージに放飼して横浜植物防疫所調査研究部昆虫実験室(横浜市中区)(26℃恒温、自然日長)の明るい窓際に置き、オートリーゼイーストとグラニュー糖を混合した人工飼料と水を与えて飼育した。調査は平成30(2018)年4月23日、26日及び5月11日の3回実施した。いずれも8時～19時に約1時間おきにミバエの行動を観察するとともに1時間に1回以上デジタル照度計(DIGITAL LUX METER LX-1332; CUSTOM Co. Ltd.)により照度を測定した。

結果及び考察

(1) トラップによる発生調査

横浜市では、調査した3地点において5月中旬～7月下旬ま

での間に雄 25 頭 (FTD = 0 ~ 0.67)、雌 32 頭の合計 57 頭 (FTD = 0 ~ 1.33) が誘殺された (Fig. 3)。最初の誘殺は 5 月 17 日に横浜市中区山手の公園の Y-1 で雄 3 頭、雌 2 頭が確認され、その後同地点では調査期間中に計 43 頭が誘殺された。Y-2 では 5 月 29 日に初めて誘殺があり、調査期間中の誘殺は 13 頭であった。また地点 Y-3 では 2019 年 7 月 26 日に雄 1 頭が捕獲されたが、この 1 頭を除き他のすべての個体は Y-1 と Y-2 (前年に本種の寄生が確認されたキカラスウリの株からそれぞれ約 10m と 30m にある) で捕獲された。Y-3 は Y-1, Y-2 から直線距離にしておよそ 1,100m 離れた住宅街にある個人宅の庭先であり、付近において寄主植物の存在は確認できなかった。この個体がどこから飛来したかは不明であるが、成虫が緑地にとどまらず活発に移動・分散している可能性が示唆された。

マックファイルトラップへの誘殺のピークは 6 月上旬であり (6 月 1 日 ~ 5 日の雌雄合わせた FTD は 2.0)、6 月 4 日には Y-1 で雄 5 頭、雌 11 頭の計 16 頭が、地点 2 では雄 2 頭、雌 1 頭の計 3 頭が誘殺された。誘殺数はその後減少したものの 7 月下旬まで続き、7 月 26 日を最後にそれ以降は誘殺されなかった。誘殺状況から、横浜では 5 月中旬ごろから羽化が始まり 6 月上旬にピークを迎えるようである。7 月末以降に誘殺が途絶えたことについては、周辺における微気象や植生の変化、あるいは交尾・産卵活動等のための移動・分散等様々な理由が考えられるが、特に気になる事象として前年まで確認されていた調査場所のキカラスウリの株が、調査を実施した平成 30 (2018) 年は衰退し、開花及び着果が見られなかったことが挙げられる。5 月 ~ 7 月は前年の果実で発育して春に羽化した個体が少しずつトラップされていたが、その後これらの個体が移動・分散するとともに、寄主植物の衰退によりトラップ周辺に他の場所から成熟個体が飛来しなかったことが要因かもしれない。

本調査結果から、蛋白加水分解物 (プロテイン 20E) を誘引源としたトラップによりカボチャミバエを捕獲できることがわかった。今後は、より適切な設置場所や設置時期など、本種の発生の有無を確実に把握するための利用条件を明らかにしていく調査が必要であると考える。また Kim and Ahn (2020) は、韓国における野外調査

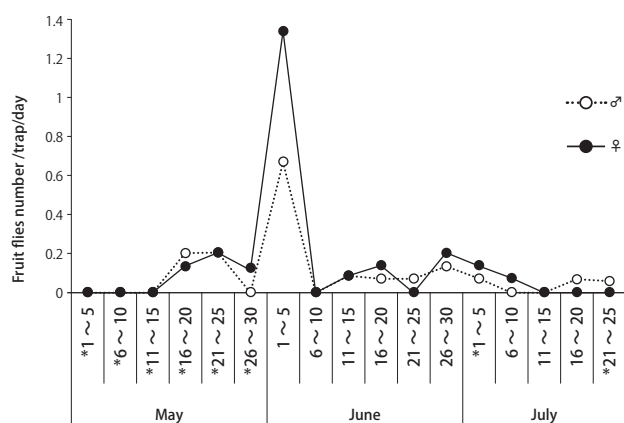


Fig.3 Seasonal variation in the number of *B. depressa* to the protein bait trap in Yokohama. The solid and open circles indicate the FTD of females and males respectively. Asterisks indicate protein bait that was replaced during the period.

でテルピニルアセテート (terpinyl acetate) にカボチャミバエを誘引する効果があることを報告しており、このような情報を参考に捕獲効率のよりよいモニタリング方法を検討する必要があるだろう。

(2) 採餌活動時間調査

5 月 18 日 ~ 6 月 14 日の間に 2 つのマックファイルトラップで合計 27 頭のミバエが誘殺されたが、このうち 24 頭は 13 時の調査時に確認され、9 時 30 分と 16 時 30 分の調査時には、それぞれ 2 頭 (雌雄各 1 頭) と雌 1 頭が確認されたのみであった。また、パントラップへの飛来観察では、9 時 47 分に最初の飛来が確認され、その後 11 時 11 分までにのべ 9 回の飛来が確認された (Fig. 4)。飛来個体が同一個体か別の個体かは確認できなかった。パントラップ設置場所の周辺の草むらるを飛び回る個体が 11 時 36 分まで観察されたがその後姿が見えなくなり、14 時の調査終了時まで飛来は確認されなかった。パントラップを用いた観察は 6 月 1 日のみの事例であり、また 14 時以降の飛来についても未調査であるが、誘殺結果 (Table 1) から、本種は主に午前中に活発に摂食活動することが明らかとなった。そのため、食餌物質を誘引源とする本種のモニタリングは、本種の活動が活発な午前中に実施すると効果的であると考えられた。

Table 1 Number of adult flies trapped in each time zone.

Monitoring period	Male	Female
9:30 ~ 12:30	10	14
12:30 ~ 16:00	0	1
16:00 ~ 9:30	0	1

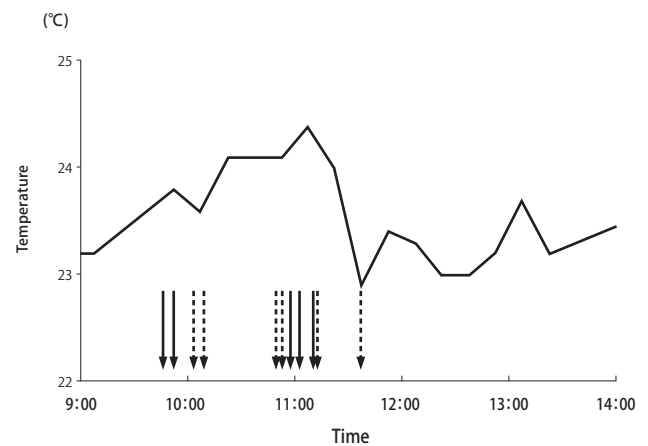


Fig.4 Daily variation in the appearance of *B. depressa* attracted to protein bait as of 1 June 2018 at Yokohama. Solid and dashed arrows indicate females and males respectively.

(3) 捕獲虫の生理状態調査

ミバエ類の雄の射精甲は性成熟度に比例して発達することが知られている (Drew, 1969; Raghu *et al.*, 2003; Kaneda *et al.*, 2018)。また、ミバエの雄の精子の状態は羽化後の日齢に合わせて変化し、精子細胞は精子束の状態を経て自由精子へと発達する (坂之内ら 1985、小谷ら 1991)。本調査においてカボチャミバエの射精甲は誘殺初期の 5 月中旬には 100,000 ~

150,000 μm^2 と小さく、自由精子も確認されなかったが、5月29日には300,000 μm^2 以上に発達した個体が見られた。6月上旬までの個体の射精甲サイズにはばらつきが見られたが、6月1日以降のすべての個体で自由精子が観察された (Fig. 5)。このことから、雄は6月になると交尾の準備ができていると推察された。

雌も季節の経過とともに卵巣の発育は進む傾向が見られたが、7月7日に誘殺された個体の卵巣は0.8mm³に達していなかった。また、5月下旬から7月上旬に捕獲されたすべての個体で貯精嚢に精子は確認されず、未交尾の状態であった。このことから、これらの雌は性成熟前と考えられた。その一方で、過去に筆者らが行った観察では、1999年7月1日に同地域でキカラスウリ生果実へ飛来したカボチャミバエ雌成虫13頭は成熟卵を有し、交尾済であることを確認しており、本調査結果は過去の観察と食い違いが認められた。その理由は不明であるが、この時期、先に性成熟した雌成虫は分散し、トラップに捕獲されなかったことも可能性の一つとして考えられる。

横浜市の調査地周辺においてカボチャミバエが寄主とするキカラスウリは6月下旬頃から雌花が開花しはじめ、7月上旬には肥大途中の未熟果が見られる。一方、長野県伊那地方における本種成虫の出現は7月下旬～9月下旬とされているが(高松, 1952)、これは雌成虫のカボチャ果実への飛来時期と推定される。また、山梨県では8月1日以降のカボチャ果実に産卵が確認されている(土屋, 1986)。さらに、宮城県多賀城市のカボチャを栽培する家庭菜園で2018年8月19日に採集されたカボ

チャミバエの卵巣は成熟していたことを筆者は確認している。昆虫の発育が温度に依存することからも、横浜より寒冷な地方では果実への飛来と産卵時期は遅くなると予想される。今後本種の地理的な条件による発生時期の違いを比較、検討するためには、蛹、成虫産卵前期間等の発育零点や有効積算温度等発育パラメーターを求めるとともに、地域における主要な野生寄主植物のフェノロジー、カボチャの栽培暦についても詳細な情報を得る必要があるだろう。

(4) 日周行動の調査

いずれの調査日も観察開始時から14時ごろまでは、一時的に摂食行動が見られたものの、ほとんどの時間は飼育ケージの天井や側面に静止しており、活発な動きは観察されなかった (Fig. 6)。4月26日(晴れ)と5月11日(薄曇り)の日中の照度は5,000ルクス以上であったが、15時以降に3,000ルクス程度に低下したところから雌雄ともに盛んに歩行や飛翔するようになり、1,000ルクス以下になると雄が盛んに前翅を振動させる行動が観察された。その後500ルクス程度まで照度が低下すると、雄が雌に飛びかかり交尾を試みる交尾前行動が見られたが、交尾は成功しなかった。4月23日は曇りで午前中からとくに照度が低く、14時には2,100ルクス程度に低下した。この際歩行活動は照度の高かった4月26日及び5月11日より早い15:00頃から始まり、前翅の振動行動は1,000ルクスほどに低下した16時から見られた。その後16時30分以降に複数のペアで雄が雌にとびかかる行動が観察され、そのうち1ペアで16:30～18:00まで連続して交尾が観察された。Kim and Jeon (2008)は、野外ケージでカボチャミバエの交尾行動を観察し、翅の振動や配偶行動が150ルクス程度から始まると報告しているが、今回の観察ではそれより高い照度でも配偶行動が誘起された。

多くの昆虫は日長の明暗サイクルに同調する概日リズムを持っている(ソーンダース, 1976)。例えばカボチャミバエと同属の*Bactrocera tryoni*では、野外において暗期前30分に交尾が集中する(Tychsen and Fletcher, 1971)。またミカンコミバエでは暗期前に照度が360ルクスになると翅の振動活動を始め、280ルクスで交尾行動が見られる(Arakaki *et al.*, 1984)。ナガドキノコバエ成虫の交尾活動は暗期の前後で活発になることが報告されている(北島・所, 2012)。本調査の結果は、カボチャミバエが他の多くの昆虫と同様に概日リズムを有している可能性が高いことを示しており、本種の配偶行動調査やフェロモン抽出等の解析は、暗期直前の時間帯に行うことが適切であろうと考えられた。

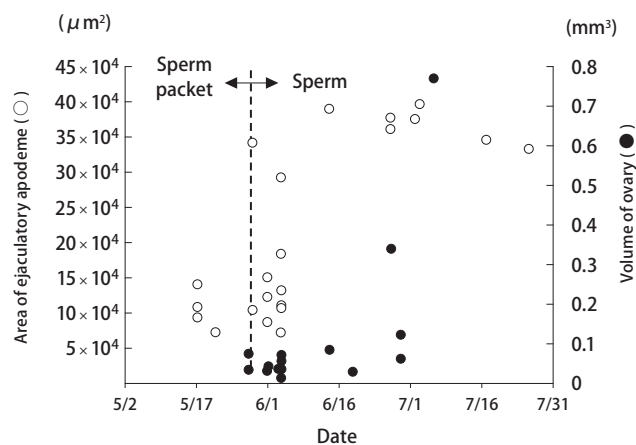


Fig.5 Seasonal variation in size of ejaculatory apodemes and ovaries. Solid circles indicate the volume of ovaries and open circles indicate areas of ejaculatory apodemes. male; n=23, female: n=26.

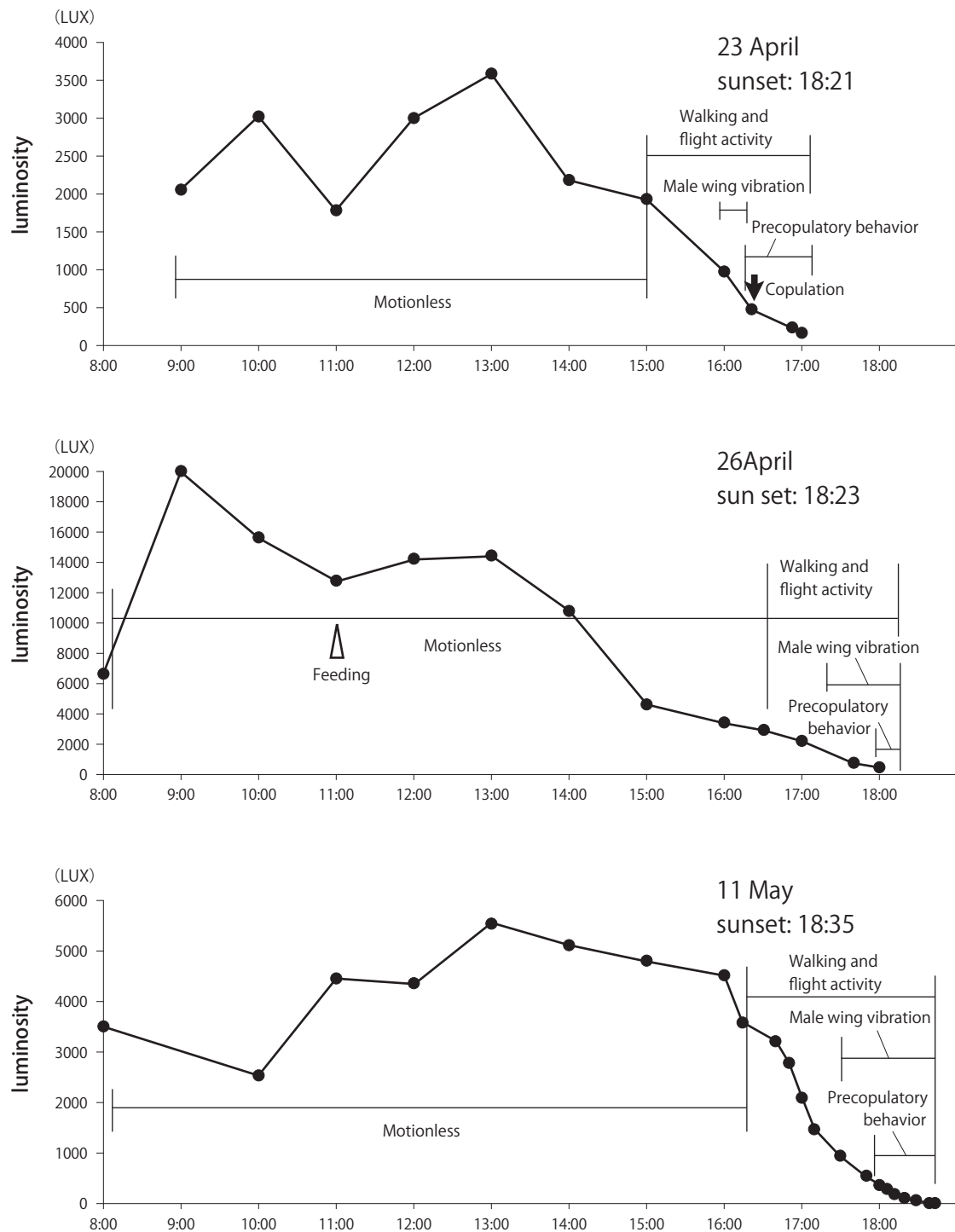


Fig.6 Daily variation in the activity of mature adults under laboratory condition.

謝 辞

本調査を行うにあたり、門司植物防疫所名瀬支所の北田真之氏、榎本竜二氏、宮木裕司氏、里山雅人氏をはじめ、名瀬支所の諸氏には奄美大島における本種の生態について貴重な情報を頂いた。また調査研究部害虫担当の金田昌士氏には本著をまとめるにあたり技術的助言を頂いた。この場を借りて謝意を表す。

Arakaki, N., H. Kuba and H. Soemori (1984) Mating behavior of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae). *Appl. Ent. Zool.* **19**(1): 42-51.

Doorendeerd, C., L. Leblanc, A. L. Norrbom, M. San Jose and D. Rubinoff (2018) A global checklist of the 932 fruit fly species in the tribe Dacini (Diptera, Tephritidae). *ZooKeys* **730**: 17-54. doi: 10.3897/zookeys.730.21786 (<http://zookeys.pensoft.net>).

Drew, R. A. I. (1969) Morphology of the reproductive system of

- Strumeta tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae) with a method of distinguishing sexually mature adult males. *J. Aust. Ent. Soc.* **8**: 21-32.
- Drew, R. A. I. and M. C. Romig (2013) Tropical fruit flies of Southeast Asia. CAB International, Wallingford, UK: 653pp.
- Han, H. Y., D. S., Choi and K.-E., Ro (2017) Taxonomy of Korean *Bactrocera* (Diptera: Tephritidae: Dacinae) with review of their biology. *J. Asia Pac. Entomol.* **20**: 1321-1332.
- Kaneda, M., T. Kamiji and M. Sakaki (2018) Development of ejaculatory apodeme of *Bactrocera correcta* (Bezzi) (Diptera: Tephritidae) as an indicator of male sexual maturity. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* **54**: 69-74.
- Kim, T. H. and S. W., Jeon (2008) Mating behavior of the Pumpkin fruit fly [*Bactrocera (Paradacus) depressa* (Shiraki)] in a field cage. *Korean J. Appl. Entomol.* **47**(4): 487-490.
- Kim, Y. and J. J., Ahn (2020) Monitoring technique of pumpkin fruit flies using terpyril acetate-protein diet lure and development of its spraying formulation for the fly control. *Korean J. Appl. Entomol.* **59**(1): 15-22.
- 北島博・所雅彦 (2012) 菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエの日周活動. 応動昆 **56**(1): 19-22.
- 小谷康弘・桜井宏紀・照屋匡・伊藤嘉昭・武田亨 (1991) ウリミバエ放射線不妊化の機構に関する研究. 岐阜大農研報 **56**: 51-57.
- Raghu, S., P. Halcoop and R. A. I., Drew (2003) Apodeme and ovarian development as predictors of physical status in *Bactrocera cacuminata* (Hering) (Diptera: Tephritidae). *Aus. J. Entomol.* **42**: 281-286.
- 坂之内踐行・大戸謙二・佐土嶋敏明・福島満 (1985) ウリミバエ雄生殖細胞の観察による不妊虫と野生虫の識別について. 植防研報 **21**: 17-26.
- ソーンダース D. S. (1976) [正木進三 訳, 1981] 昆虫時計. サイエンス社 東京 日本: 387pp.
- Shiao, S. F. (2019) Species Checklist of *Zeugodacus* (DIPTERA: TEPHRITIDAE: DACINI) in Taiwan. *Formosan Entomol.* **39**: 36-45.
- 高松好文 (1952) カボチャミバエの生態について. 応動昆 **8**: 14-18.
- 土屋重文・小菅喜久弥・佐藤信男・鈴木恵三 (1986) 山梨県におけるカボチャミバエの発生消長. 関東東山病害虫研究会年報 **33**: 210-210.
- Tychsen, P. H. and B. S. Fletcher (1971) Studies on the rhythm of mating in the Queensland fruit fly, *Dacus tryoni*. *J. Insect Physiol.* **17** (11): 2139-2156.
- White, I. M. and M. M. Elson-Harris (1992) Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. CAB International, Wallingford, UK: 601pp.