

アカマダラケシキスイ (コウチュウ目: ケシキスイ科) の 季節消長と生活史

貴志 学^{*,†}

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Seasonal Prevalence and Life History of the Sap Beetle *Phenolia (Lasiodites) picta* (Coleoptera: Nitidulidae). Manabu KISHI^{*,†} Japanese Apricot Laboratory, Wakayama Fruit Tree Experiment Station; 1416–7 Higashihonjo, Minabe, Wakayama 645–0021, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 64: 193–201 (2020)

Abstract: The sap beetle *Phenolia (Lasiodites) picta* (MacLeay) (Coleoptera: Nitidulidae) is widely distributed in Asia, Australia, and Africa, but its basic biology has not been studied. In the present study, the seasonal prevalence of *P. (L.) picta* was investigated using banana bait traps in two regions, Minabe and Arida, Wakayama Prefecture, Japan, from April to October 2015 and 2016. Adults of *P. (L.) picta* occurred from late April–late October in Minabe, and late April–early September in Arida, respectively. The presence of larvae was observed twice in May–July and August–October in Minabe, but only once in May–July in Arida. These results imply that *P. (L.) picta* is a bivoltine in Minabe. The beetles oviposit in leaf mold, and a successful artificial rearing method was established using banana fruit and leaf mold. The effects of long and short photoperiods (long photoperiod, 14.5L:9.5D; short photoperiod, 10L:14D) on the ovarian development of females during ‘larval and pupal’ and ‘adult’ stages, respectively, were also studied in the laboratory. Females reared with a long photoperiod across all stages had significantly higher percentages of ovarian development (77.3%) than those reared with a short photoperiod during either ‘larval and pupal’ stages (20.0%) or ‘adult’ stages (35.0%).

Key words: Bivoltinism; bait trap; developmental period; photoperiod

緒 言

地上徘徊性のアカマダラケシキスイ *Phenolia (Lasiodites) picta* (MacLeay) (コウチュウ目: ケシキスイ科) (以下、アカマダラ) は、国内では北海道を除く本州、四国、九州、南西諸島などに、また国外ではアジア全域、オーストラリア、アフリカ等に広く分布する (黒澤ら, 1985; Kirejtshuk and Kvamme, 2002; 森本, 2007). ケシキスイ類は広食性で、花、果物、菌類、樹液、昆虫の幼虫、動物の死骸、また穀類等を餌として利用する (久松, 1973). 本種の食性は樹液以外では、幼虫、成虫ともに熟した果実を特に好み、ウメやモモの圃場では落下した果実内部に食入することが知られている (貴志・松野, 2015). このような生態により完熟落下したウメ果実を用いた加工品から本種が異物として発見されることがある. こうした問題を解決するため、近年は加工前の果実の水浸漬による本種の除去処理

が行われている (中・間佐古, 2009). しかし、侵入した個体を完全に除去できず、その後の加工工程において1果実ずつ目視による検査が行われている. 特に幼虫は果実の侵入痕が小さく目立ちにくいいため、成虫よりも侵入個体の発見が困難である. したがって、ウメ産業従事者は果実採集前の段階で本種の幼虫を中心に駆除を行い、落下果実への侵入個体を確実に減少させる必要がある. そのためにはウメ圃場での本種に対する適切な殺虫剤の散布時期や散布場所、また間接的に駆除に繋がる可能性のある産卵場所及び越冬場所、また天敵等の情報が必要である. モモやネクタリン等の樹上の核果類やナツメヤシの実 (デーツ) を加害するデオケシキスイ属 *Carpophilus humeralis* (F.), キバナガデオキスイ *C. mutilatus* (Erichson) 及びクリヤケシキスイ *C. hemipterus* (L.) などは、季節消長、発育速度と温度の関係、また集合フェロモンに対する反応などが調査され、効率的な防除に活かす試みがなされている (Bartelt et

*E-mail: kishi@hotmail.co.jp

†現在 和歌山県工業技術センター

††Present address: Industrial Technology Center of Wakayama Prefecture (WINTEC), 60 Ogura, Wakayama, Wakayama 649–6261, Japan.

2020年2月18日受領 (Received 18 February 2020)

2020年9月4日登載決定 (Accepted 4 September 2020)

DOI: 10.1303/jjaez.2020.193

al., 1994; James et al., 1997; James and Vogeles, 2000). しかし、アカマダラについては近年、雌雄の判別法(貴志・松野, 2015)や行動についての報告(貴志・岸, 2019; 貴志・高梨, 2019)はあるが、発生時期や産卵場所など直接防除に活用できる基本的な生態は不明である。

そこで本研究では、まず本種の季節消長の把握を試みた。また得られた消長と環境条件との関係について気象データを用いて検討を行った。本種は幼虫、成虫ともに熟したバナナ果実を好む(幼虫: 貴志・高梨, 2019; 成虫: 貴志・岸, 2019)ことが知られており、ウメ樹の株元においてバナナ果実を餌としたベイトトラップ法による継続的な調査を行った。また実験室内でバナナ果実と腐葉土を用いた人工飼育が可能かどうか調べるとともに、本種の生活史と各ステージの発育期間を調査した。さらに、幼虫期及び成虫期の日長条件(短日条件と長日条件)が本種雌の卵巣発達に与える影響を調査し、日長による本種の休眠行動への影響について考察する。

本文に入るに先立ち、本稿の作成に有益な助言をいただいた高知大学農林海洋科学部の鈴木紀之博士と和歌山県立自然博物館の松野茂富学芸員に感謝の意を表す。また、本研究の一部は、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代農林水産業創造技術」(管理法人: 農研

機構生物系特定産業技術研究支援センター)によって実施された。

材料及び方法

1. アカマダラケシスイの季節消長と雌の卵巣発達

アカマダラの誘殺消長の調査は、2015年と2016年に和歌山県みなべ町東本庄の和歌山県果樹試験場うめ研究所(以下、うめ研究所)内研究圃場(標高115m, 面積2,080m², 33°82'N, 135°34'E)及び西本庄のウメ圃場(標高14m, 面積1,030m², 33°80'N, 135°33'E)、同県有田市の小規模ウメ圃場(標高28m, 面積30m², 34°08'N, 135°12'E)で行った。みなべ町と有田市の調査地は直線距離で南北に約37km離れている。また、みなべ町の2カ所の調査地の周囲数百メートルにはウメ以外に植栽された果樹は見当たらないが、有田市の調査地は農道を隔てて主にウンシュウミカンを植栽したカンキツ圃場に隣接し、さらに別のカンキツ圃場内(調査地から10m程度離れた場所)にはカキも植栽されている。加えて、みなべ町の調査地では完熟落下果実を地上で収穫しているが、有田市の調査地では他県のウメ産地と同様に樹上の未熟果実(青梅)を収穫している。

各調査地ではウメ「南高」の株元(地上部に隆起した根部と根部の間)1カ所に、それぞれバナナ果実30gを入れ

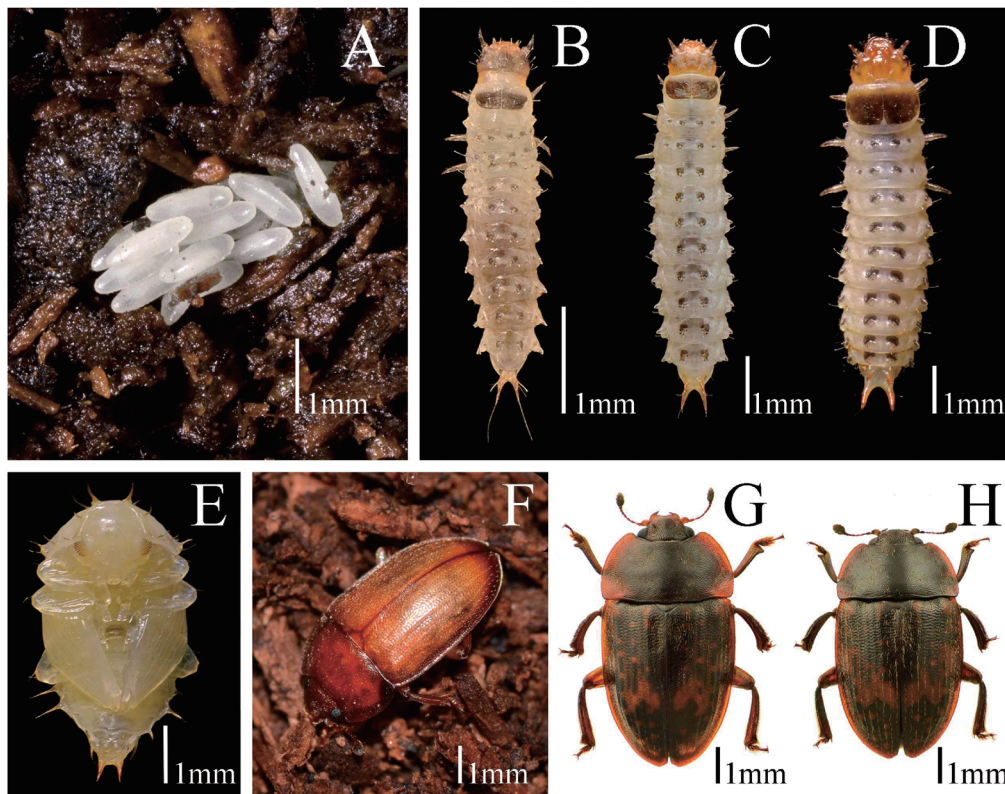


Fig. 1. Morphology of *Phenolia* (*Lasiodites*) *picta* in each developmental stage: (A) eggs laid in leaf mold; (B) first instar larva; (C) second instar larva; (D) third instar larva; (E) pupa; (F) teneral stage; (G) adult male; (H) adult female.

たバイトラップ(トラップ容器:ポリプロピレン製容器「アークふりかけポット」,容量220ml,ナカヤ化学産業株式会社,東大阪)1個を穴のある蓋部分が地表面と同じ高さになるよう容器下部を埋没させて設置し,採集個体を4月から10月にかけて暦日半旬毎(1か月を1日から5日毎に区切った期間.ただし,4,6,9月の6半旬は5日間,その他の月は6日間)に計数することにより実施した.採集した幼虫及び成虫は全て実験室に持ち帰り,若齢幼虫(1齢及び2齢幼虫),老齢幼虫(3齢幼虫),成虫に分けて計数した(Fig. 1).このとき若齢幼虫と老齢幼虫の判別は,主に頭幅のサイズの違いにより行った(頭幅:2齢幼虫,約0.7mm;3齢幼虫,約1.3mm).また全ての成虫は70%エタノールで保存し,実体顕微鏡(SMZ-B1,ニコン,東京)下で貴志・松野(2015)に従い,雌雄判別を行った.このとき卵巣の発達度合いを確認するため,実体顕微鏡下で半旬毎20個体を上限に雌個体の解剖を行った.なお,捕獲した雌個体が20頭に満たない場合は全頭解剖を行った.卵巣発達の程度の判断は,同じコウチュウ目のナミテントウ *Harmonia axyridis* Pallas の卵巣発達ステージ(1~5)(Osawa, 2005)を参考に「卵母細胞が見られない」個体(ステージ1)を「卵巣が未発達な雌」,「卵母細胞が見られる」個体(同2,3)を「卵巣が未成熟な雌」,また「成熟卵母細胞を有する」個体(同4,5)を「卵巣が成熟した雌」とした.ただし,本実験ではステージが2以上の個体は全て卵巣発達させている雌として集計した.

調査地域の気温データについては,みなべ町はうめ研究所の観測データ,また有田市は最寄りの観測点データ(気象庁,2015,2016;観測点:和歌山)をそれぞれ用いた.また両地域の日長については,国立天文台の「日の出・日の入りデータ」(国立天文台,2015,2016;観測点:和歌山)から算出した.

2. アカマダラケシキスイの生活史と各ステージの発達期間

2015年6月上旬にうめ研究所内研究圃場において落下したウメ果実からアカマダラ成虫約50頭を採集した.採集した成虫は採卵のため,ヨツボシケシキスイ *Librodor japonicus* (Motschulsky) (以下,ヨツボシ)の人工飼育(Okada and Miyatake, 2007)を参考に,腐葉土を半分程度満たした昆虫飼育ケース(飼育ランドCY-LL,幅42.5×奥行24.6×高さ28.5cm,アイリスオーヤマ株式会社,仙台)でバナナ果実10gを与えて気温 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$,日長14L:10Dに設定したインキュベータ内で飼育した.産卵は毎日チェックし,24時間以内に産卵された卵全てを採集し,得られた卵約150個のうち,無作為に選んだ60個を飼育実験に用いた.餌の交換は1日おきに行った.

孵化前期間の調査のため,まず千枚通しで蓋に約2mmの空気穴を約25個開けた無色透明のPET製容器(クリー

ンカップ,直径101×高さ45mm,リスカップ株式会社,大阪)を腐葉土で2/3程度満たし,バナナ果実5gを載せた小型プラスチックシャーレ(直径40×高さ13.5mm,アズワン株式会社,大阪;以下,小型シャーレ)を腐葉土表面の中央に配置した.卵は小型シャーレ周囲の腐葉土上に10個ずつ均等になるように配置した.その後,24時間毎に孵化幼虫を計数し,孵化前期間を算出した.このとき孵化幼虫は日別に一度まとめ,上述のPET製カップ1つ当たり5頭ずつ,10容器に分けて飼育した.

次に1齢から3齢の日数を調査するため,同日に孵化または飼育中に脱皮した幼虫5頭を1つの容器にそれぞれ集めた.残りの幼虫は,別容器でそれぞれ4頭か5頭になるようにして,飼育を続けた.観察のため準備した容器数(繰り返し)は開始時に1齢,2齢幼虫で6個,また3齢(終齢)幼虫で5個であった.しかし2齢幼虫の観察において,2個の容器で幼虫がバナナ内や腐葉土中で脱皮や死亡した際に見落としが生じたため,これらの容器を解析から除外した.このため最終的に解析に用いた容器数はそれぞれ6,4,5個であった.脱皮,また蛹化は毎日確認し,餌の交換は1日おきに行った.

蛹化した個体は,腐葉土で満たしたプラスチックシャーレ(直径90×高さ15mm,アズワン株式会社)の中央部にバナナ果実5gを載せた小型シャーレを配置し,周辺部に凹みを設け蛹化した日がそれぞれ分かるようにして1頭ずつ配置した(1シャーレ当たり,最大8頭).このとき,蛹が羽化するまでを蛹期間とした.その後,羽化した個体の鞘翅が柔らかく色の淡いテネラルな状態をテネラル期間とし,鞘翅が硬化し濃い褐色となった個体を成熟個体とした.成熟個体は全て70%エタノールで保存し,トラップ調査と同様の方法で雌雄判別を行った.なお,見落とし等のミスで日数が正確でない場合はいずれも解析から除外した.

孵化前期間及びその後の発育期間の調査に用いなかった残りの卵約90個から孵化した幼虫を2つのグループに分け,腐葉土を満たした小型昆虫飼育ケース(幅17.5×奥行11.8×高さ11.8cm,ナカヤ化学産業株式会社)でそれぞれ飼育した.餌は小型シャーレにバナナ果実を2個(合計10g)載せ,腐葉土上に設置した.餌の交換は1日おきに行った.このとき飼育中の発育速度についての調査は行わず,羽化した個体は全て70%エタノールで保存し,上記の方法で雌雄判別を行った.

なお,これら全ての飼育条件は,気温 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$,日長14L:10Dの条件下で行った.また,シャーレ以外での幼虫及び成虫の飼育時は,空気穴や蓋の隙間からの逃亡を防止するため,蓋と容器の間にナイロンゴースを挟み込んだ.

3. アカマダラケシキスイ幼虫-蛹期及び成虫期の日長条件が雌の卵巣発達に与える影響

供試虫は,2016年5月下旬にうめ研究所内研究圃場で採

集したアカマダラ成虫 129 頭から採卵し、得られた孵化幼虫 240 頭を用いた。幼虫は前項と同様に中央にバナナを載せた小型シャーレを配置した PET 製容器 16 個に 15 頭ずつ分け、孵化日から 8 週間インキュベータ内で飼育した。本実験では、同じ PET 製容器で餌交換のみを行い幼虫及び成虫を飼育した。容器 16 個のうち、8 個は 14.5L : 9.5D の長日条件下で、残り 8 個は 10L : 14D の短日条件下で飼育を開始した。長日及び短日条件下で飼育した容器のうち、それぞれ半分の 4 個については最初の羽化個体が確認されたとき、長日条件から短日条件に、また短日条件から長日条件に切り替えた。このようにして、孵化幼虫から最初の羽化個体が現れるまでの期間を幼虫-蛹期、その後を成虫期と区別し、4 種の日長条件区を設けた。なお、インキュベータ内の気温は全飼育期間を通じて、 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ の条件下で行った。孵化から 8 週間経過後、全個体を 70% エタノールで保存した。その後、実体顕微鏡下で雌雄判別を行い、テネラル個体を除く全雌個体の解剖を行った。卵巣発達の可否の判断は、トラップ調査と同様の判断基準を用いた。

4. 統計解析

全ての性比の偏りの検出には、雌雄それぞれの個体数に

対する 2 項検定を行った。またトラップ調査における採集年 (2015 年, 2016 年) による性比の違いを判断するため、Fisher の正確確率検定を行った。また飼育条件下での発達期間における雌雄差の検出については、Wilcoxon の順位和検定を用いた。

幼虫-蛹期及び成虫期の日長条件が卵巣発達に与える影響を検出するため、卵巣発達が見られた雌個体数と見られなかった雌個体数を応答変数とし、幼虫-蛹期及び成虫期の 4 種の日長条件を説明変数とし、二項分布を仮定した GLM にあてはめた。その後、Holm 法により調整された多重比較を行った。有意水準は全て 5% とした。

統計解析には統計ソフト R version 3.4.1 (R Core Team, 2017) を用い、パッケージには EZR ver. 1.40 (Kanda, 2013) を使用した。

結 果

2015 年及び 2016 年の調査の合計で、雌 2,082 頭、雄 1,652 頭及び幼虫 2,311 頭を採集した。Fig. 2, Fig. 3 及び Fig. 4 はそれぞれ、アカマダラ成虫の捕獲消長及び雌の卵巣発達率、幼虫の捕獲消長、平均気温及び日長データを示す。

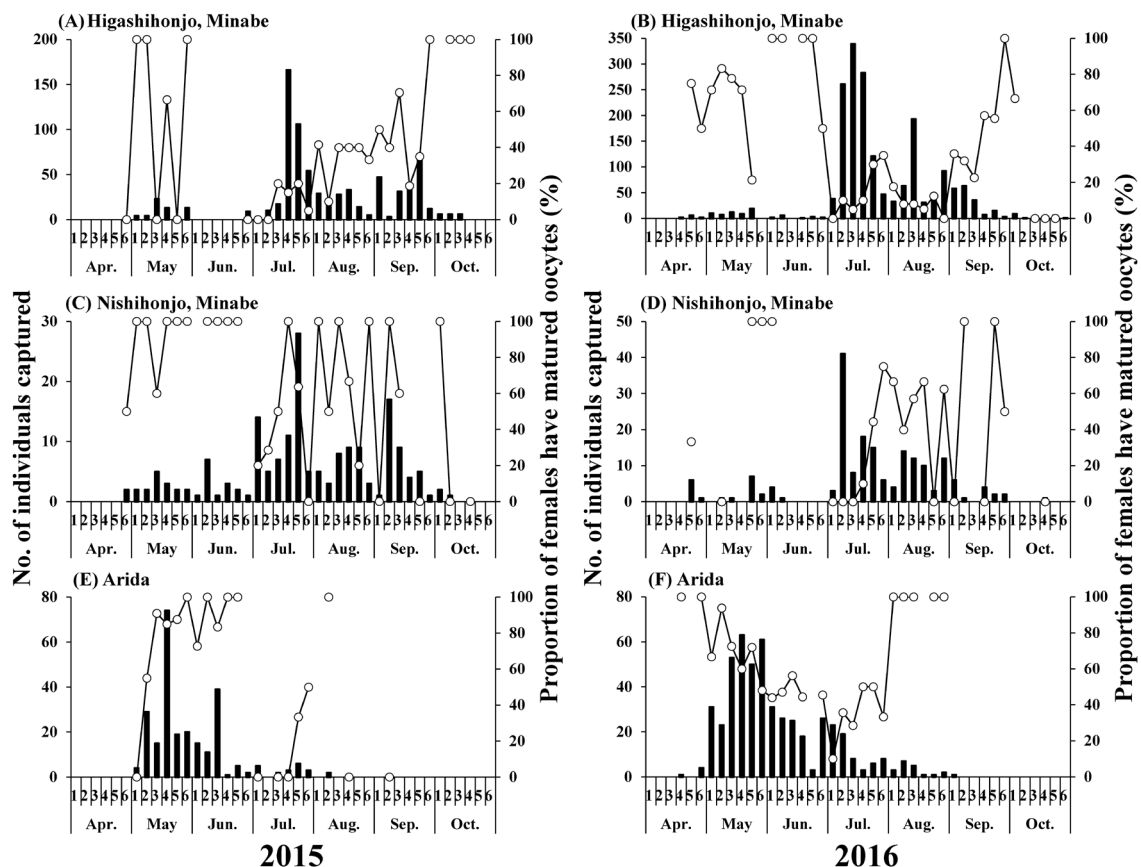


Fig. 2. Seasonal variation in the number of *P. (L.) picta* adults attracted to the bait trap at Higashihonjo, Minabe: (A) and (B), at Nishihonjo, Minabe: (C) and (D), and at Arida: (E) and (F). Closed bars indicate the number of adults; open circles indicate the percentages of reproductive *P. (L.) picta* females. The left and right columns show the data for 2015 and 2016, respectively.

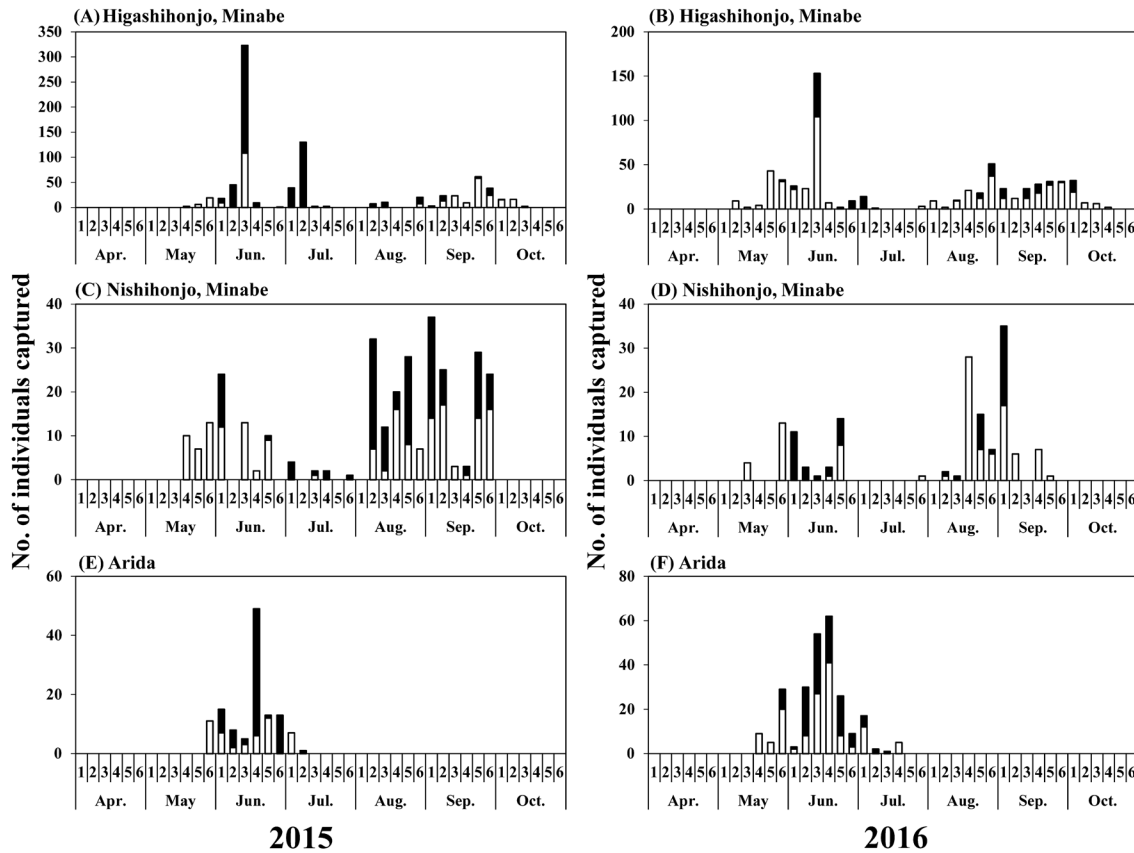


Fig. 3. Seasonal variation in the number of *P. (L.) picta* larvae attracted to the bait trap at Higashihonjo, Minabe: (A) and (B), at Nishihonjo, Minabe: (C) and (D), and at Arida: (E) and (F). Open and closed parts of the bars indicate the numbers of young (first and second instar) and old (third instar: last instar) *P. (L.) picta* larvae, respectively. The left and right columns show the data for 2015 and 2016, respectively.

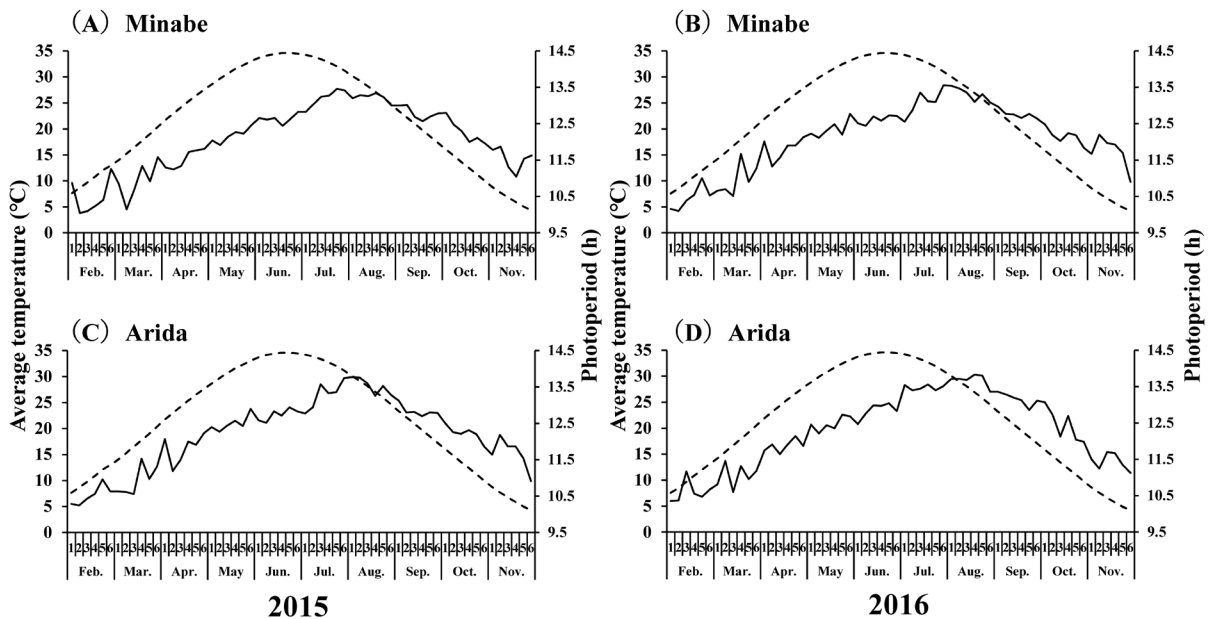


Fig. 4. Average temperature and photoperiod at Minabe: (A) and (B) and at Arida: (C) and (D) areas. Solid and broken lines indicate the temperature and photoperiod, respectively. The left and right columns show the data for 2015 and 2016, respectively.

1. アカマダラケシキスイの季節消長と雌の卵巣発達

みなべ町の2圃場では、アカマダラ成虫は2015年、2016年とも4月下旬ごろに成虫の発生が見られるようになり、6月下旬ごろまで少数の発生が断続的に続いた。その後、7月に1度急増し、8月(2016年)または9月(2015年)に再度増加した(Fig. 2A, B, C, D)。幼虫の発生は2015年、2016年とも5月中旬ごろから7月上旬に1度目、また東本庄では8月上旬から10月上旬(Fig. 3A, B)、西本庄では9月まで(Fig. 3C, D)が2度目となる2山型の発生パターンが見られた。有田市の圃場でも2015年、2016年ともみなべ町の圃場と同様に4月下旬ごろに成虫の発生が見られるようになった。しかし、5月上旬に急増した成虫発生数は5月中旬にピークを迎え6月下旬には減少した。その後はやや発生数が増加したが、大きな増加は見られず9月上旬にかけて少数の発生が見られるだけであった(Fig. 2E, F)。有田市の圃場での幼虫の発生は2015年、2016年とも、5月中下旬ごろから7月上旬にかけて1度のみ見られ、1山型の発生パターンであった(Fig. 3E, F)。

卵巣が発達した雌の割合はそれぞれの圃場の年度内でも変動が大きく、圃場間や年次変動に特徴的な違いは見られなかった(Fig. 2)。みなべ町で捕獲された雌成虫は、越冬直後の4月下旬は卵巣が発達した個体の割合が低かった。その後5月中旬から6月中旬にかけて卵巣が発達した雌の割合は増加したが、6月下旬から7月上旬にその割合は急減した。また7月中旬から9月中旬までは変動が大きいが、一定の割合で卵巣が発達した雌が見られた。また9月下旬から10月下旬に捕獲された雌は、卵巣が発達した雌の割合が高かった(Fig. 2A, B, C, D)。有田市において卵巣が発達した雌の割合の推移は、2016年の4月中下旬に2015年の有田市や2015年及び2016年のみなべ町の圃場と比べ高い値を示した場合を除き、みなべ町と同様の傾向を示した。有田市でも7月上旬に卵巣が発達した雌の割合が急減したが、その後7月下旬から8月中旬にかけてその割合は増加した(Fig. 2E, F)。

採集したアカマダラ成虫の性比は2015年、2016年ともに、雌に有意な偏りを示した(二項検定、2015年、雌:雄=666:544, $p<0.001$; 2016年、雌:雄=1,416:1,103, $p<0.001$)。これらの採集年の性比に有意な違いは認められなかった(Fisherの正確確率検定, $p=0.550$)。

2. アカマダラケシキスイの生活史と各ステージの発達期間

本種はバナナのみの給餌で68%の幼虫を成熟成虫まで飼育することができた。採卵時に本種の産卵場所は餌のバナナではなく、腐葉土中であることを確認した(Fig. 1A)。幼虫は腐葉土中に作った蛹室内で蛹化した(Fig. 1E)。羽化後、成虫の体色は乳白色から淡い褐色のテネラルな状態を経て、濃い暗褐色に変化した(テネラル成虫: Fig. 1F,

成熟成虫: Fig. 1G, H)。各ステージの発達期間はTable 1に示す。発達期間を観察していた容器から羽化した成虫は性比に偏りが見られたが(雌:雄=26:8, 二項検定, $p=0.003$; Table 1)、同時期に同じ親から得られた幼虫から羽化した成虫を合計すると性比に有意な偏りは見られなかった(雌:雄=49:52, 二項検定, $p=0.84$)。雌雄間の成虫前期間に有意な違いは見られなかった(Wilcoxonの順位和検定, $W=70.5$, $p=0.273$; Table 1)。

3. アカマダラケシキスイ幼虫-蛹期及び成虫期の日長条件が雌の卵巣発達に与える影響

幼虫-蛹期及び成虫期における日長条件は、雌の卵巣発達に有意な影響を与えた(GLM, photoperiodic conditions: $z=-2.54$, $p=0.011$; Table 2)。このとき幼虫-蛹期と成虫期とも継続的に長日条件で飼育された雌が卵巣を発達させた割合は、幼虫-蛹期または成虫期のいずれかを短日条件で飼育された雌に比べて有意に高かった(Table 2)。なお、異なる日長条件で飼育した幼虫についても、羽化した成虫の性比に有意な偏りは見られなかった(雌:雄=95:99, 二項検定, $p=0.83$)。

Table 1. Developmental period of *P. (L.) picta* at $25\pm 1^\circ\text{C}$ under a 14L:10D photoperiod

	<i>n</i>	Developmental period (days, mean \pm SD)
Egg	50	4.5 \pm 0.7
1st instar	28	2.7 \pm 0.6
2nd instar	18	2.1 \pm 0.3
3rd instar	24	16.8 \pm 2.3
Pupa	26	6.6 \pm 0.6
Teneral	30	4.3 \pm 0.6
Egg-adult		
Total	34	28.9 \pm 3.3
Female	26	28.5 \pm 3.2
Male	8	30.0 \pm 3.5

Table 2. The effects of photoperiodic conditions on ovarian development of *P. (L.) picta* females

Photoperiodic conditions ^a		<i>n</i>	Condition of ovary development		
Larval and pupal stages	Adult stage		Matured	Not matured	% of reproductive females ^b
Long	Long	22	17	5	77.3 a
Long	Short	20	7	13	35.0 b
Short	Long	25	5	20	20.0 b
Short	Short	18	8	10	44.4 ab

^a Long and short photoperiod conditions indicate 14.5L:9.5D and 10L:14D, respectively.

^b The same letters indicate no significant difference between treatments by GLM followed by Holm method ($p>0.05$).

考 察

アカマダラケシキスイ成虫の季節消長は、和歌山県のみなべ町では気温が15°Cを上回る4月下旬に始まり、10月下旬まで続いた (Fig. 2A, B, C, D; Fig. 4A, B). 成虫の発生は幼虫に先立つことから、ヨツボシ (Okada and Miyatake, 2007) と同様に成虫態で越冬しているものと考えられた。したがって、4月下旬以降に捕獲される成虫は越冬成虫であり、続いて5月から7月にかけて出現する幼虫は、越冬成虫が産出した第1世代と考えられた (Fig. 3A, B, C, D). 成虫の季節消長のパターンは、少数の発生が続く4月から6月までの越冬世代と発生数が急増する7月以降の第1世代以降に、見かけ上大きく2つに分けられた (Fig. 2A, B, C, D). この7月以降に見られる発生数の急増は、低下したトラップの捕獲効率が回復したことによると考えられる。これは6月中下旬はウメ落下果実が急増し、成虫は身近な果実に定着することでトラップの捕獲効率が低下していることが考えられるが、7月以降は樹上からの果実の供給がほぼ無くなり、アカマダラなどによる消費や腐敗などにより落下果実は急減するためである。7月から10月に発生した成虫は発生ピークが曖昧なため、成虫数の増減から世代数を判断することは難しかった。しかし、幼虫は2山型の発生パターンを示す (Fig. 3A, B, C, D) ことから、5月から7月に発生する幼虫を第1世代、また8月から10月に発生する幼虫を第2世代と考えると、アカマダラのみなべ町での年間世代数は2であることが推定された。このような季節消長は5月に発生のピークを示すウスオビカケシキスイ *Pocadites dilatimanus* (Reitter) やネアカマルケシキスイ *Neopallodes inermis* (Reitter) (山本・久松, 2015) や、4月から6月に発生ピークを示すヨツボシと大きく異なる (Okada and Miyatake, 2007)。また孵化から羽化までの発育期間を25°Cで50日以上必要とするヨツボシが年1化を示し (Okada and Miyatake, 2007)、同様の飼育条件で発育期間が25~35日である *C. humeralis*、キバナガデオキスイ *C. mutilatus* 及びクリヤケシキスイ *C. hemipterus* が年2化性を示す (James and Vogeles, 2000) ことが分かっている。これらの種はいずれも低温などの特殊な処理を必要とせず、同じ環境条件下で累代飼育が可能であることから、ヨツボシが年1化を示すのは他種に比べ長い発育期間を必要とすることが1つの要因であると考えられた。アカマダラの発達期間は約30日 (Table 1) であり、多化性を示す *C. humeralis* などと同程度であることも、本種はみなべ町で年2化を採る可能性が高いことを示唆している。

また、有田市のウメ圃場では4月下旬ごろから9月上旬までアカマダラ成虫が捕獲され、5月に大きなピークが見られた (Fig. 2E, F). このような成虫の発生パターンに加え、幼虫の発生も6月にピークを持つ1山型 (Fig. 3E, F) であ

り、成虫及び幼虫ともにみなべ町でのアカマダラの発生パターンと異なっていた。ここで5月にピークを示す成虫は越冬成虫であり、6月にピークを示す幼虫は越冬成虫の産出した第1世代と推測される。続いて、この幼虫が羽化したものと考えられる7月から8月に発生する第1世代成虫は卵巣を発達させていたが、その後第2世代幼虫は発生していないことから、ウメの株元に設置したトラップ周辺には産卵していないことが推測された。これは有田地域のトラップ付近にはウメ (収穫期: 6月中下旬) とは収穫期の異なるカキ (同: 9月下旬から12月上旬) やウンシュウミカン (同: 10月上旬から12月下旬) が植栽されており、7月から8月に発生したアカマダラ成虫が落下果実の無いウメ樹のトラップ周辺から他の果樹の株元に移動した可能性が考えられた。実際にアカマダラ幼虫の食性は果実以外不明であるが、オーストラリアでは核果類を加害する *Carpophilus* 属の幼虫は春から秋にかけてカンキツの落下果実を餌として利用することが報告されている (James and Vogeles, 2000)。本種は有田地域で見かけ上年1化を示したが、有田地域の気温や日長の気象条件はみなべ町と比べて大きな違いはなく、もう1世代発生することは十分に可能であると考えられた。この仮説を検証するには、ウメとウメ以外の果樹付近でのトラップ調査やアカマダラの産卵場所や越冬場所が落下果実 (餌) の有無に関係しているか等の追加調査が必要である。仮にアカマダラがウメ収穫期の後、ウメとは収穫適期が異なるカキ等の果樹の株元に移動し、産卵や越冬していることが調査で確認できれば、繁殖期や越冬時に土壌を中耕する等の方法で本種の発生を殺虫剤を用いずに抑制できる可能性がある。

一方で、みなべ町では土壌に落下果実が全く存在しない8月以降も、ウメ圃場でアカマダラの成虫や若齢・老齢幼虫の発生が確認された (Fig. 2A, B, C, D; Fig. 3A, B, C, D)。ケシキスイ類は非常に食性が広いこと (久松, 1973)、本種の幼虫は酵母の発酵臭 (エタノール) によく誘引されること (貴志, 2020)、また菌類は昆虫を含む節足動物にとって好ましい栄養源であること (岡部, 2006) から、ウメ果実の無い時期に本種は土壌中の酵母等の微生物など何らかの栄養分を摂取している可能性が考えられた。ウメ果実の無い時期の本種の栄養源については今後さらに調査が必要である。

ベイトトラップを用いて捕獲されたアカマダラ成虫の性比は、有意に雌に偏ったが、幼虫から飼育して羽化した成虫の性比は概ね1:1であり、雌雄に偏りは見られなかった。ウメ圃場でのウメ果実1果当たりの調査とバナナへの誘引試験で、アカマダラ雌は雄よりも餌に強く誘引されることが報告されており (貴志・岸, 2019)、本調査の結果は雌の餌に対する誘引性が雄よりも強いことを支持するものであった。ただし、有意差は見られなかったものの雌の発育期間が雄より短い傾向があったこと、捕獲された幼虫

2,311頭の性比が反映されていないこと等が、トラップされた成虫の雌比の偏りに影響している可能性もあるため、本現象の解釈にはさらに知見の集積が必要と考えられた。

室内でのバナナと腐葉土を用いた人工飼育により、アカマダラの生活史が明らかになった。ヨツボシの人工飼育では産卵場所は給餌したバナナ果実の周縁部であった (Okada and Miyatake, 2007) が、アカマダラの産卵場所は腐葉土中であり (Fig. 1A), 餌の中や周縁への産卵は全く見られなかった。このアカマダラの産卵場所は、ホオズキカメムシ *Acanthocoris sordidus* (Thunberg) が非宿主植物に産卵する (Nakajima and Fujisaki, 2010) ようにアカマダラ雌が肉食性ダニ類等の捕食者による卵の発見を回避するため産卵場所を餌から遠ざけている可能性がある。また本種の成虫及び幼虫は、本研究と同じ環境条件であれば、ヨツボシ (Okada and Miyatake, 2007) と同様にバナナのみを給餌で少なくとも3世代の飼育が可能であった。それ以上の累代飼育も可能と思われたが、飼育室においては、成虫の体表面や体節部に寄生するダニ類の発生と卵を吸汁するダニ類がそれぞれ大発生したことにより中止せざるを得なかった。実際、成虫の体表に寄生するダニ類は、野外で採集した成虫の解剖時に複数の成虫で確認されている。このような肉食性ダニ類による寄生はハチノスムクゲケシキスイ *Aethina tumida* (Murray) の飼育における報告 (Strauss et al., 2010) や他のコウチュウ目 (クワガタ類: Goka et al., 2004) でも見られることから、ダニ類は本種の天敵の1つと考えられた。ケシキスイ類の天敵としての捕食者は、ダニ類の他にハネカクシ類、サシガメ類またクモ類等が確認されている (Emekei and Moore, 2015) が、残念ながら防除への応用は報告されていない。

幼虫-蛹期及び成虫期の日長条件について、幼虫-蛹期及び成虫期を継続的に長日条件で飼育された雌が卵巣を発達させている割合は、どちらかの時期を短日条件で飼育された雌よりも有意に高かった。このことから本種の卵巣発達は幼虫から成虫期にかけての継続的な長日条件により促進されることが推測された (Table 2)。野外では7月から8月に発生する成虫が長日条件にさらされるため、多くの雌が卵巣を発達させているものと考えられる。おそらく7月の上旬に見られる卵巣が発達した雌の一時的な急減は、越冬世代から第1世代への切り替わり時期であることを反映していると考えられた。また短日条件での飼育は卵巣発達を必ずしも抑制しなかった。実際に野外で採集された雌成虫は越冬後の4月下旬から5月上旬や7月上旬を除き、一定の割合で卵巣の発達が見られた (Fig. 2A, B, C, D)。特に冬眠に入ると考えられる9月以降の雌成虫でも一部の個体に卵巣発達が見られたことは、継続的な短日条件での飼育でも一部の雌が卵巣を発達させた本実験の結果と一致するものであった。ただし9月や10月に卵巣を発達させてい

る雌個体の割合が高いのは、冬眠に入らない生殖的非休眠個体のみが捕獲されているためと推測される。野外では8月や9月に羽化した成虫が越冬後よりも暖かく十分に活動可能な20°Cを超える気温条件でも休眠に入ること、また継続的な長日条件で飼育した場合でも卵巣が未発達な雌が20%程度生じたことから、本種の生殖休眠及び冬眠に対する内的・外的要因の理解には、さらに日長と気温との組み合わせを操作した実験による検証が必要である。

本研究の結果により、アカマダラケシキスイの基本的な生態の一部が明らかになった。実際に、みなべ町で大きな問題となるアカマダラ幼虫の発生時期は主に5月中旬から7月中旬であり、加工品用のウメ落下果実の収穫時期が主に6月中下旬であることを考えると、殺虫剤による防除適期は5月下旬から6月上旬頃と考えられた。今後は本種の発生時期の予測を行うための発育速度と気温の関係 (James and Vogeles, 2000), また光を用いた防除 (Shimoda and Honda, 2013) に利用するための走光性など、生態についての理解をさらに深めることで、効率的な防除技術の開発に繋げていくことが期待される。

摘 要

アカマダラケシキスイ *Phenolia (Lasiodites) picta* (MacLeay) はコスモポリタンな分布を示す種であるが、その生態の多くは不明である。本研究では、まず2015年と2016年に和歌山県みなべ町及び有田市でベイトトラップを用いて成虫と幼虫の季節消長を調査した。みなべ町での成虫の発生は4月下旬から10月下旬まで、また有田市では4月下旬から9月上旬に見られた。しかし幼虫の発生は、みなべ町が5月から7月と、8月から10月と2度見られたのに対し、有田市では5月から7月の1度のみであった。したがって、少なくともみなべ町では年2化性を採ることが示唆された。本種はバナナと腐葉土のみで人工的に累代飼育することが可能であり、腐葉土中に産卵した。さらに本種の幼虫を、幼虫-蛹期と成虫期で日長条件 (長日: 14.5L : 9.5D ; 短日: 10L : 14D) を切り換え飼育した。幼虫-蛹期と成虫期を常に長日条件で飼育した雌が卵巣を発達させた割合 (77.3%) は、幼虫-蛹期のみを短日で飼育した雌 (20%), また成虫期のみを短日で飼育した雌 (35.0%) に比べ有意に高かった。

引用文献

- Bartelt, R. J., R. S. Vetter, D. G. Carlson and T. C. Baker (1994) Influence of pheromone dose, trap height, and septum age on effectiveness of pheromones for *Carpophilus murilatus* and *C. hemipterus* (Coleoptera: Nitidulidae) in a California date garden. *J. Econ. Entomol.* 87: 667-675.
- Emekei, D. and D. Moore (2015) Sap beetle. In *Sustainable Pest Management in Date Palm: Current Status and Emerging*

- Challenges* (W. Wakil, J. R. Faleiro and T. A. Miller, eds.). Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, pp. 205–237.
- Goka, K., H. Kojima and K. Okabe (2004) Biological invasion caused by commercialization of stag beetles in Japan. *Global Environ. Res.* 8: 67–74.
- 久松定成 (1973) ケシキスイの生活. *インセクトリウム* 10: 196–199. [Hisamatsu, S. (1973) Life histories of Nitidulid beetles. *Insectarium* 10: 196–199.]
- James, D. G. and B. Vogeles (2000) Development and survivorship of *Carpophilus hemipterus* (L.), *Carpophilus mutilotus* Erichson and *Carpophilus humeralis* (F.) (Coleoptera: Nitidulidae) over a range of constant temperatures. *Aust. J. Entomol.* 39: 180–184.
- James, D. G., R. J. Faulder, B. Vogeles, R. J. Bartelt and C. J. Moore (1997) Phenology of *Carpophilus* spp. (Coleoptera: Nitidulidae) in stone fruit orchards as determined by pheromone-trapping: Implication for prediction of crop damage. *Aust. J. Entomol.* 36: 165–173.
- Kanda, Y. (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transpl.* 48: 452–458.
- Kirejtshuk, A. G. and T. Kvamme (2002) Revision of the subgenus *Lasiodytes* Jelínek, 1999, stat. nov. of the genus *Phenolia* Erichson. 1843 from Africa and Madagascar (Coleoptera: Nitidulidae). *Mitt. Zool. Mus. Berl.* 78: 3–70.
- 貴志 学 (2020) 酵母と果実由来の香気成分に対するアカマダラケシキスイの誘引反応. *関西病虫研報* 62: 27–30. [Kishi, M. (2020) Response of the sap beetle '*Phenolia* (*Lasiodytes*) *picta*' (Coleoptera: Nitidulidae) to different flavor components from a yeast and fruits. *Ann. Rept. Kansai Pl. Prot.* 62: 27–30.]
- 貴志 学・岸 茂樹 (2019) アカマダラケシキスイ成虫(コウチュウ目: ケシキスイ科)の雌雄にみられる分布様式と嗅覚反応の差異. *応動昆* 63: 175–180. [Kishi, M. and S. Kishi (2019) Sex differences in the distribution and olfactory response of the sap beetle *Phenolia* (*Lasiodytes*) *picta* (Coleoptera: Nitidulidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 63: 175–180.]
- 貴志 学・松野茂富 (2015) アカマダラケシキスイ(コウチュウ目: ケシキスイ科)成虫の生体による雌雄判別法. *応動昆* 59: 138–139. [Kishi, M. and S. Matsuno (2015) Distinguishing method between adult sexes of the sap beetle, *Phenolia* (*Lasiodytes*) *picta* (Coleoptera: Nitidulidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 59: 138–139.]
- 貴志 学・高梨琢磨 (2019) 振動が誘発するアカマダラケシキスイ(コウチュウ目: ケシキスイ科)幼虫の逃避行動. *応動昆* 63: 150–154. [Kishi, M. and T. Takanashi (2019) Escape behavior induced by substrate-borne vibrations in larvae of the sap beetle, *Phenolia* (*Lasiodytes*) *picta* (Coleoptera: Nitidulidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 63: 150–154.]
- 気象庁 (2015) 気象観測データ. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> [Japan Meteorological Agency (2015) Weather observation data. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>]
- 気象庁 (2016) 気象観測データ. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> [Japan Meteorological Agency (2016) Weather observation data. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>]
- 国立天文台 (2015) 各地のこよみ. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/> [National Astronomical Observatory of Japan (2015) Local calendar. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/>]
- 国立天文台 (2016) 各地のこよみ. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/> [National Astronomical Observatory of Japan (2016) Local calendar. <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/>]
- 黒澤良彦・久松定成・佐々治寛之 (1985) 原色日本甲虫図鑑 (III). 保育社, 東大阪市. 500 pp. [Kurosawa, Y., S. Hisamatsu and H. Sasaji (1985) *The Coleoptera of Japan in Color*. Vol. III. Hoikusha Publishing Co., Ltd., Higashiosaka. 500 pp.]
- 森本 圭 (2007) 原色昆虫大図鑑 第II巻 (甲虫編) (新訂版). 北隆館, 東京. 526 pp. [Morimoto, K. (2007) *Iconographia Insectorum Japonicorum Colore Naturali Edita*. Vol. II (Coleoptera). New ed. Hokuryukan Co., Ltd., Tokyo. 526 pp.]
- 中 一晃・間佐古将則 (2009) ウメの水浸漬処理によるケシキスイの物理的防除技術. *農業および園芸* 84: 1106–1108. [Naka, K. and M. Kansako (2009) Cultural control of the sap beetles infests Japanese apricot by water dipping method. *Agriculture and Horticulture* 84: 1106–1108.]
- Nakajima, Y. and K. Fujisaki (2010) Fitness trade-offs associated with oviposition strategy in the winter cherry bug, *Acanthocoris sordidus*. *Entomol. Exp. Appl.* 137: 280–289.
- 岡部貴美子 (2006) 日本における食用きのこの害虫. *森林総合研究所研究報告* 5: 119–133. [Okabe, K. (2006) Pests on commercial mushrooms in Japan. *Bulletin of FFPRI* 5: 119–133.]
- Okada, K. and T. Miyatake (2007) *Librodor japonicus* (Coleoptera: Nitidulidae): life history, effect of temperature on development, and seasonal abundance. *Appl. Entomol. Zool.* 42: 411–417.
- Osawa, N. (2005) The effect of prey availability on ovarian development and oosorption in the ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Eur. J. Entomol.* 102: 503–511.
- R Core Team (2017) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org/>
- Shimoda, M. and K. Honda (2013) Insect reactions to light and its applications to pest management. *Appl. Entomol. Zool.* 48: 413–421.
- Strauss, U., H. Human, R. M. Crewe and C. W. W. Pirk (2010) The first report of storage mites, *Caloglyphus hughesi* (Acaridae) on laboratory-reared *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae) in South Africa. *Afr. Entomol.* 18: 379–382.
- 山本雅則・久松定智 (2015) 滋賀県で採集されたケシキスイ科の記録と季節消長について. *さやばねニューシリーズ* 17: 26–31. [Yamamoto, M. and S. Hisamatsu (2015) Records of nitidulid beetles (Coleoptera: Nitidulidae) collected in Shiga Prefecture, Japan and their seasonal prevalence. *SAYABANE N. S.* 17: 26–31.]