山梨県のももにおけるウメシロカイガラムシおよびクワシロカイガラムシ (カメムシ目マルカイガラムシ科) の発生状況と ウメシロカイガラムシに対する各種薬剤の殺虫効果

内田 一秀*・村上 芳照†・綿打 享子・國友 義博
望月 孝一・功刀 幸博

山梨県果樹試験場

Occurrences of White Prunicola Scale, *Pseudaulacaspis prunicola*, and Mulberry Scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Hemiptera: Diaspididae), in Peaches in Yamanashi Prefecture, Japan, and the Control Effects of Various Insecticides on White Prunicola Scale. Kazuhide UCHIDA,* Yoshiteru MURAKAMI,†† Kyoko WATAUCHI, Yoshihiro KUNITOMO, Koichi MOCHIZUKI and Yukihiro KUNUGI Yamanashi Fruit Tree Experiment Station; 1204 Ezohara, Yamanashi, Yamanashi 405–0043, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 65: 45–56 (2021)

Abstract: In peach cultivation in Yamanashi Prefecture, fruit growers used insecticides to control *Pseudaulacaspis prunicola* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae), but serious damage occurred. Therefore, we investigated the dominant species of scale insects on peaches. *P. prunicola* has a closely related species, *P. pentagona* (Targioni-Tozzetti), and the occurrence period of *P. pentagona* larvae of the 1st generation has been observed 9–13 days later than that of *P. prunicola*. However, the dominant species observed was *P. prunicola*. We suspected a time lag due to climate change between the occurrence of the 1st generation of *P. prunicola* larvae and the spraying of insecticides. However, the peak time of larval occurrence calculated from the effective accumulated temperature (144.1 degree-days; lower development threshold temperature 10.0°C; calculated from January 1) matched the timing of spraying. Furthermore, we observed the highly control effects of buprofezin at variously timed applications on *P. prunicola* larvae collected from Japanese plums cultivated under low pest control pressure. Buprofezin has been used as a principal insecticide for *P. prunicola* in Yamanashi Prefecture. However, the effect of buprofezin on *P. prunicola*, collected from five peach orchards cultivated by the practice method, was low. This suggests that low sensitivity to buprofezin is one of the causes of the frequent occurrence of *P. prunicola*.

Key words: *Pseudaulacaspis prunicola*; *Pseudaulacaspis pentagona*; dominant species; seasonal occurrence; insecticide effects

緒 言

ウメシロカイガラムシ *Pseudaulacaspis prunicola* (Maskell) はカメムシ目マルカイガラムシ科シロカイガラムシ族クワシロカイガラムシ属に分類され (河合, 1980), 主に果樹類における重要な害虫として知られており, もも *Prunus persica* (L.) Batsch, ニホンスモモ *Prunus salicina* Lindl., ウメ *Prunus mume* Sieb. & Zucc., スイートチェリー *Prunus avium* (L.) L. など幅広い樹種に寄生する (日本応用動物昆虫学会, 2006). ウメシロカイガラムシに近縁な種として, 同じく *Pseudaulacaspis* 属のクワシロカイガラムシ

P. pentagona (Targioni-Tozzetti) があり, 日本国内においてももに寄生する既知の *Pseudaulacaspis* 属のカイガラムシはこの2種である (日本応用動物昆虫学会, 2006). 両種ともももに対して樹勢の低下や着色期の果実に1齢幼虫が定着することによる着色異常を引き起こして栽培上の問題になる. また, 長期にわたって同一種として扱われてきたように, 肉眼で区別するのは困難であるが (河合, 1980), 両種の1齢幼虫の発生期は異なり, クワシロカイガラムシの発生期が遅いことが先行研究で報告されている (行成, 1989; 木村ら, 2016).

山梨県におけるもも産地では, 従来からウメシロカイガ

*E-mail: uchida-yhm@pref.yamanashi.lg.jp

†現在 山梨県総合農業技術センター

††Present address: Yamanashi Prefectural Agritech Center, 1100 Shimo-Imai, Kai, Yamanashi 400–0105, Japan.

2020年 3月16日受領 (Received 16 March 2020)

2020年 10月21日登載決定 (Accepted 21 October 2020)

DOI: 10.1303/jjaez.2021.45

ラムシを主要害虫に位置づけており、生産者は時期ごとの防除薬剤を記載した果樹病害虫防除暦(全国農業協同組合連合会山梨県本部, 2016)に従って、幼虫発生期に防除を実施している。しかし、近年では被害が増加傾向にあり、原因の解明と防除対策の確立が求められている。

ところで、福島県、岡山県および和歌山県のモモ産地では、ウメシロカイガラムシを対象として幼虫発生期に防除を実施していたにもかかわらず、実際の優占種はクワシロカイガラムシであったとの報告がある(瀧田ら, 2012; 薬師寺, 2015; 木村ら, 2016)。また、近年では、ウメヤサクラ類 *Prunus* spp., ニホンナシ *Pyrus pyrifolia* (Burm. f.) Nakai, リンゴ *Malus pumila* Mill. において、発芽や開花などの春季における生物季節現象の前進が観察されており(藤沢・小林, 2007; 本條, 2007; Miller-Rushing et al., 2007; 樋口ら, 2009; 清水・大政, 2010; 気象庁, 2019), ウメシロカイガラムシの幼虫発生期にも変化が生じている可能性がある。併せて、チャ *Camellia sinensis* (L.) Kuntze のクワシロカイガラムシにおいて、既存の防除薬剤であるメチダチオン乳剤やブプロフェジン水和剤に対する感受性低下の事例が報告されており(小澤, 2010; 徳丸・山下, 2015), 近縁種であるウメシロカイガラムシにおいても同様に感受性の低下が懸念されている。

これらの状況から、山梨県のモモにおけるウメシロカイガラムシの多発要因として、防除対象とした種と実際の優占種との相違、気候変動による幼虫発生期と防除時期との不一致、あるいは、防除薬剤に対する感受性の低下が考えられた。そこで、本研究では、山梨県のモモにおける *Pseudaulacaspis* 属カイガラムシの種構成の実態を調査するとともに、標高の異なる3地点でウメシロカイガラムシとクワシロカイガラムシの第1世代1齢幼虫の発生消長を比較し、幼虫のふ化最盛期と有効積算温度との関係から、近年の幼虫発生期の変化を推定した。また、ウメシロカイガラムシ第1世代幼虫を防除対象として5月上旬に使用しているブプロフェジン水和剤の散布時期別の殺虫効果を調査し、幼虫発生期が前進しても有効であるか考察した。併せて、山梨県内の6地点から採集したウメシロカイガラムシを対象に、ニホンカボチャ *Cucurbita moschata* (Duchesne ex Lam.) Duchesne を用いて各種薬剤の常用濃度における殺虫効果を比較した。

材料および方法

1. 山梨県内のモモにおける *Pseudaulacaspis* 属カイガラムシの種構成

調査は山梨県内のモモ圃場を対象に、2010年に11地点、2015年に14地点、計25地点で実施した。モモ1~4樹からウメシロカイガラムシもしくはクワシロカイガラムシの雌成虫11~200頭をピンセットで剥がして小瓶に採集し、

ネオ・シガラール(志賀昆虫普及社、東京)を用いてプレパラートに封入して、顕微鏡(BX51, オリパス株式会社、東京)下にて形態を観察した。河合(1980)により、雌成虫の触覚の付属突起や、臀板周縁腺刺の数、形状からウメシロカイガラムシとクワシロカイガラムシを同定し、種別に個体数を数えた。

2. ウメシロカイガラムシとクワシロカイガラムシの第1世代1齢幼虫の発生消長および有効積算温度との関係

試験は2014~2015年に実施した。供試したウメシロカイガラムシは、山梨県果樹試験場(山梨県山梨市江曾原)で栽培されているニホンスモモから採集した。また、クワシロカイガラムシは2014年5月に山梨県山梨市牧丘町で栽培されているキウイ *Actinidia chinensis* Planch から採集した卵を、実験室内でニホンカボチャ(品種名:黒皮カボチャ)を給餌して1~2世代を累代飼育した後代の個体を用いた。2014年7月と9月に、ニホンスモモまたはニホンカボチャ上に寄生した雌成虫の介殻をピンセットで剥がし、雌成虫や介殻と一緒に卵(ふ化直後の1齢幼虫が一部混在)を採集した。小澤(2013)を参考に、プラスチック鉢(10号サイズ)に植えたカイガラムシ類が寄生していないモモの若木(品種名:なつっこ, 2年生)の主幹部に、上部がやや広がるようにブドウ栽培用の傘紙を巻き、その隙間に採集した卵を入れて1齢幼虫を寄生させた。モモ若木は両種のカイガラムシに対して9鉢ずつ供試した。その後、2014年12月下旬まで山梨県果樹試験場内(35°42'08"N, 138°39'43"E, 標高538m)で管理した。2014年12月22~24日に、山梨県山梨市下井尻(35°42'12"N, 138°42'43"E, 標高392m)と、山梨県山梨市牧丘町(35°44'42"N, 138°39'04"E, 標高746m)へ、ウメシロカイガラムシまたはクワシロカイガラムシを寄生させたモモ若木を3鉢ずつ移動し、山梨県果樹試験場を含む山梨県山梨市内の3地点を調査地点とした。

第1世代1齢幼虫の発生消長は、天野ら(2006)の方法に従い、1齢幼虫がモモの樹幹に巻いた毛糸の下に集まる習性を利用した「毛糸トラップ」により調査した。すなわち、モモ若木の幹に長方形の枠(10×5mm)を1か所記入し、その枠を覆うように毛糸を巻きつけ、2015年4~6月にかけて概ね2~3日間隔で毛糸を外し、枠内に定着した幼虫を計数した。なお、多発時にはデジタルカメラ(DSC-TX5, ソニー株式会社、東京)で接写のうえ、カラープリンターで拡大印刷して計数した。試験は1鉢を1反復とし、各地点3反復とした。調査は幼虫の誘殺が7日間以上認められなくなった場合に終了とした。

各調査地点における2種のカイガラムシの毛糸トラップへの誘殺虫数と、有効積算温度との関係から、ふ化最盛期を推定するため、ロジスティック回帰分析を行った。応答

変数には調査終了時の全誘殺虫について各調査日における既誘殺・未誘殺の2値を、説明変数には1月1日を起算日に日平均気温ならびに毎正時の気温より算出した各調査日の有効積算温度を用いた。これにより得られた回帰式から総誘殺虫数の50%が誘殺された時点(以下、50% 個体誘殺時)における有効積算温度を逆推定した。なお、本研究では全ての統計解析に JMP14.2.0 (SAS Institute, 2018) を用いた。気温データは、データロガーおんどとり Jr. RTR-502 (株式会社ティアンドデイ, 長野) を使用して収集し、1~24 時の毎正時の観測値を平均して日平均気温とした。データロガーのセンサー部分は、アルミホイルとプラスチック容器(直径12×深さ7cm)を用いて直射日光を避け、地上約1mの位置に固定した。なお、4月12~27日に欠測値が生じたため、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構が運用するメッシュ農業気象データシステム(The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO) が提供する気温データを使用した。メッシュ農業気象データシステムの気温データは実測値に極めて近く、特に日平均気温は実測値との誤差は小さい(大野ら, 2016)。また、毎正時の気温に基づく有効積算温度については、メッシュ農業気象データシステムには毎正時の気温データがないため、最高・最低気温を使用して三角法(坂神・是永, 1981)によって算出した。発育零点は、先行研究に基づきウメシロカイガラムシの卵は10°C(滝, 2006)、クワシロカイガラムシの卵は10.5°C(Takeda, 2004)とし、発育上限温度ならびに発育停止温度は設定しなかった。

3. ウメシロカイガラムシに対する各種薬剤の殺虫効果

ウメシロカイガラムシについて、1 齢幼虫に対するブプロフェジン水和剤の散布時期別殺虫効果と、山梨県内6地点から採集した1 齢幼虫に対する各種薬剤の殺虫効果を調査した。また、アセタミプリド水溶剤を処理した雌個体の発育に異常が認められたため産卵抑制効果について検討した。

これらの試験において、供試虫の採集や各種薬剤の処理、生存雌個体の計数などは同一の方法で実施した。すなわち、産卵~ふ化開始期に樹上のウメシロカイガラムシ雌成虫をピンセットで剥がし、介殻や雌成虫と一緒に卵(ふ化直後の1 齢幼虫が一部混在)を採集して、小澤(2013)を参考に、テトロンゴース(品名: テトロンシャー 9100 番, 光洋合繊加工株式会社, 京都)を用いて篩いかけ、卵を集めた。ウメシロカイガラムシはカボチャ果実を給餌しての飼育が可能であることから(小田・上住, 1977)、ニホンカボチャ(品種名: 黒皮カボチャ)のへたの周囲に卵0.02g(約8,000卵に相当)を静置して放虫、寄生させた。各供試薬剤を水道水で所定の濃度に希釈後、約30cm離れた位置からハンドスプレーを用いて70ml 散布した。その後は25°Cに保った自然日長条件の室内で管理し、1か月以上経過した後、ニホンカボチャの表面に寄生している生

存雌個体を計数した。計数は実体顕微鏡(SZX16, オリパス株式会社)下で行い、雌の介殻をピンセットで剥がし、虫体を潰した時に体液がにじむ雌を生存個体として数えた。各試験の詳細については以下のとおりである。

(1) 1 齢幼虫に対するブプロフェジン水和剤の散布時期別殺虫効果

試験は2017年に実施した。供試個体は山梨県果樹試験場内のニホンスモモから7月12日に採集し、翌日にニホンカボチャへ放虫した。供試薬剤のブプロフェジン水和剤(商品名: アプロードフロアブル, 有効成分: 20%, 希釈倍数: 1,000 倍)の散布時期により、放虫直前、放虫3, 7, 11 日後散布の計4区を設定した。また、対照として無処理区を設定し、ニホンカボチャ1個を1反復として4反復を実施した。生存雌個体の計数は放虫34~35 日後に行った。統計解析は生存雌個体数に0.5を加算し、自然対数変換した数値について一元配置分散分析を行い、事後検定としてTukeyのHSD検定を実施した(有意水準0.05)。

なお、放虫後に余った卵は、ミクロスパーテル1杯分ずつガラス瓶(容量30ml)に分包し、ニホンカボチャと同条件下で管理した。放虫時ならびに薬剤散布時に5瓶ずつ70%エタノールで固定し、1瓶につき50個体(計250個体)を実体顕微鏡下で卵と幼虫に分け、ふ化率を調査した。

(2) 山梨県内6地点から採集した1 齢幼虫に対する各種薬剤の殺虫効果

試験は2015年4~10月に実施した。供試個体は慣行防除が実施されているにもかかわらずウメシロカイガラムシが多発している山梨県内5地点(山梨市内3地点、甲州市内2地点)のモモと、山梨県果樹試験場内のニホンスモモから採集した。供試した殺虫剤は、山梨県の果樹病虫害防除暦で使用している薬剤や、今後の活用が見込まれる薬剤から選択し、濃度は常用濃度とした。すなわち、ブプロフェジン水和剤(商品名: アプロードフロアブル, 有効成分: 20.0%, 希釈倍数: 1,000 倍), メチダチオン水和剤(商品名: スプラサイド水和剤, 有効成分: 36.0%, 希釈倍数: 1,500 倍), スルホキサフロル水和剤(商品名: トランスフォームフロアブル, 有効成分: 9.5%, 希釈倍数: 1,000 倍), アセタミプリド水溶剤(商品名: モスピラン顆粒水溶剤, 有効成分: 20.0%, 希釈倍数: 2,000 倍), ピリフルキナゾン水和剤(商品名: コルト顆粒水和剤, 有効成分: 20.0%, 希釈倍数: 2,000 倍)の5剤を水道水で所定の濃度に希釈した。また、対照には水道水のみを用いて、ニホンカボチャ1個を1反復として3反復を実施した。薬液の散布はニホンカボチャへの放虫3日後に実施し、生存雌個体の計数は放虫後32~44 日後に行った。なお、統計解析は、供試個体群によって対照区における生存雌個体数が大きく振れたため、個体群ごとに供試薬剤について一元配置分散分析を実施した。生存雌個体数に0.5を加算し、自然

対数変換した数値について一元配置分散分析と事後検定に Tukey の HSD 検定を行った (有意水準 0.05)。

(3) アセタミプリド水溶剤を処理した雌個体における産卵抑制効果

試験は 2017 年に実施した。8 月 29 日に山梨県果樹試験場内のニホンスモモから卵を採集、直ちにニホンカボチャへ放虫し、3 日後にアセタミプリド水溶剤 (希釈倍数 2,000 倍) と対照である水道水を散布した。放虫 48 日後に任意の生存雌個体 200 頭について介殻をピンセットで剥がし、産卵の有無を調査した。統計解析は産卵の有無別の個体数について Fisher の正確確率検定を行った (有意水準 0.05)。

結 果

1. 山梨県内のモモにおける *Pseudaulacaspis* 属カイガラムシの種構成

各調査圃場における採集頭数ならびにウメシロカイガラムシとクワシロカイガラムシの比率を Fig. 1 に示す。破損により同定できなかった個体を除く 2,070 頭のうち 1,825 頭 (88.2%) がウメシロカイガラムシであり、また、調査を実施した 25 圃場のうち 21 圃場は、ウメシロカイガラムシが同定可能であった個体数の 84.4~100% を占める優占種であった。山梨市 b 圃場はウメシロカイガラムシとクワシロカイガラムシの比率が約 2:3 と混在していたが、その他のモモ圃場ではウメシロカイガラムシもしくはクワシロカイガラムシのいずれかに比率が偏っていた。クワシロカイガラムシが優占であった 4 圃場は、特定の地域に集中せず、山梨県内に散在していた。

2. ウメシロカイガラムシとクワシロカイガラムシの第 1 世代 1 齢幼虫の発生活消長および有効積算温度との関係

毛糸トラップに誘殺された第 1 世代 1 齢幼虫の総誘殺虫数に対する各調査日までの累積誘殺虫数の比を Fig. 2 に示す。毛糸トラップへの誘殺が認められる時期は供試虫ならびに調査地点で異なったが、いずれも累積誘殺虫数はシグモイド曲線状に増加した。標高が 392m と最も低い山梨市下井尻ではウメシロカイガラムシ 1 齢幼虫の誘殺は 4 月 24 日から観察され、5 月 18 日の調査時まで継続した。一方、クワシロカイガラムシ 1 齢幼虫は 5 月 4 日から 6 月 4 日まで観察された。また、標高が 746m と最も高い山梨市牧丘町ではウメシロカイガラムシ 1 齢幼虫の誘殺は 5 月 4 日から 5 月 28 日まで、クワシロカイガラムシ 1 齢幼虫は 5 月 13 日から 6 月 17 日の調査時まで観察された。標高 538m の山梨県果樹試験場におけるウメシロカイガラムシ 1 齢幼虫の誘殺は、山梨市下井尻と同日の 4 月 24 日から始まり、5 月 18 日の調査時まで継続した。クワシロカイガラムシ 1 齢幼虫についても山梨市下井尻とほぼ同時期の 5 月 6 日から 6 月 1 日の調査時まで観察されたが、両種とも

Fig. 1. Species composition of scale insects of *Pseudaulacaspis* genus in peaches in Yamanashi Prefecture.

^aDue to sample damage.

累積誘殺虫数の増加ペースは山梨市下井尻のほうがわずかに早かった。

供試した 9 鉢のモモ若木から得られたロジスティック回帰式の各パラメータと、逆推定された 50% 個体誘殺時における有効積算温度、およびその該当日を Table 1 に示す。50% 個体誘殺時における有効積算温度の平均値は、ウメシロカイガラムシでは日平均気温を用いると 144.1 日度、毎正時の気温を用いると 192.4 日度であった。クワシロカイガラムシでは日平均気温を用いると 209.0 日度、毎正時の気温を用いると 258.2 日度であった。調査地点によって 50% 個体誘殺時の該当日には早晩が認められたが、有効積算温度の値には大きな差はなかった。一方、ウメシロカイガラムシとクワシロカイガラムシでは 50% 個体誘殺時の有効積算温度に種間差が認められ、その該当日は山梨市下井尻では 12~13 日間、山梨県果樹試験場ならびに山梨市牧丘町では 9~13 日間、クワシロカイガラムシのほうが遅かった。

Fig. 2. Changes of the ratio between the cumulative number of 1st instar larvae captured on each survey day to the total number. (See Table 1 for total number.)

3. ウメシロカイガラムシに対する各種薬剤の殺虫効果

(1) 1 齢幼虫に対するブプロフェジン水和剤の散布時期別殺虫効果

Table 2 に散布時期別の生存雌個体数と卵のふ化率を示す。卵のふ化率は、ニホンカボチャへの放虫 3 日後には 88%, 7 日後には 94%, 11 日後には 93% と急激に上昇し、放虫 7 日後にはふ化がほぼ終了した。卵の静置直後から 1 齢幼虫がニホンカボチャ上に発生しており、全ての散布時期において、多数の幼虫がブプロフェジン水和剤の希釈液に接した。各散布時期における生存雌個体数の対無処理比は、放虫直前、放虫 3, 7, 11 日後で、それぞれ 0, 1, 4, および 7% と低く、いずれの散布時期においてもブプロフェジン水和剤の高い殺虫効果が示された。各散布時期の生存雌個体数における一元配置分散分析の結果は有意であり ($df=4$, $SS=73.91$, $F=11.88$, $p=0.0002$)、事後検定の結果、散布時期による差は認められなかったが、無処理区とは有意な差が認められた (Tukey の HSD 検定, $p<0.05$)。

(2) 山梨県内 6 地点から採集した 1 齢幼虫に対する各種薬剤の殺虫効果

供試個体群ごとに実施した一元配置分散分析の結果、全ての個体群において散布した殺虫剤間に有意差があることが明らかとなった ($p<0.0001$; Table 3)。事後検定の結果、慣行防除が実施されていてもウメシロカイガラムシが多発している山梨県内 5 地点のモモから採集した個体は、ブプ

ロフェジン水和剤の殺虫効果が低く (Table 4)、生存雌個体数の対照区 (水道水) との比は 62~133% であり、有意差は認められなかった (Tukey の HSD 検定, $p>0.05$)。これに対し、山梨県果樹試験場内のニホンスモモから採集した個体については、生存雌個体数の対照区との比が 2% と、ブプロフェジン水和剤に高い殺虫効果が認められた。また、メチダチオン水和剤における生存雌個体数の対照区との比は 0~3%、スルホキサフルム水和剤も 0~2% といずれの供試個体群でも高い殺虫効果が認められた。アセタミプリド水溶剤ならびにピリフルキナゾン水和剤における生存雌個体数の対照区との比は、それぞれ 9~64%, 18~85% と殺虫効果は不安定であった。

(3) アセタミプリド水溶剤を処理した雌個体における産卵抑制効果

アセタミプリド水溶剤を処理したニホンカボチャ上でも、生存雌個体が認められ、そのうち 200 頭を調査したが、産卵している雌は確認されなかった (Table 5)。これに対し、水道水を散布した区では半数近くの雌が産卵していた。産卵個体の比率は、アセタミプリド水溶剤を散布した区と水道水を散布した対照区で有意な差が認められた (Fisher の正確確率検定, $p<0.0001$)。

考 察

山梨県内 25 地点の圃場において、モモへ寄生した

Table 1. Inverse estimation of the effective cumulative temperature by logistic regression analysis when 50% of the 1st instar larvae were captured

			Based on daily mean temperatures						
Survey location (Elevation)	Surveyed peach trees	Total number of larvae captured	Likelihood ratio Chi-square test			Parameter estimates ^a		Inverse estimation: Effective cumulative temperature ^b when 50% of the larvae were captured	
			<i>df</i>	Chi-square	<i>p</i> -value	<i>a</i>	<i>b</i>	Estimate value (Degree- days)	Upper and lower 95% confidence limits (Degree-days)
<i>P. prunicola</i> (Lower development threshold temperature 10.0°C)									
Shimoiijiri,	1	276	1	2,340	<0.0001	0.05511	−7.815	141.8	(139.5–144.1)
Yamanashi City	2	558	1	4,816	<0.0001	0.06722	−10.163	151.2	(149.7–152.6)
(392 m)	3	592	1	5,079	<0.0001	0.06785	−10.158	149.7	(148.3–151.1)
Yamanashi Fruit Tree	1	546	1	4,898	<0.0001	0.06120	−8.188	133.8	(132.4–135.2)
Experiment Station	2	573	1	5,072	<0.0001	0.06258	−9.205	147.1	(145.8–148.4)
(538 m)	3	454	1	3,942	<0.0001	0.06600	−8.764	132.8	(131.3–134.3)
Makioka,	1	817	1	7,646	<0.0001	0.06041	−9.070	150.1	(149.0–151.3)
Yamanashi City	2	541	1	4,709	<0.0001	0.06847	−9.991	145.9	(144.7–147.2)
(746 m)	3	477	1	3,786	<0.0001	0.08558	−12.384	144.7	(143.5–145.9)
Mean								144.1	(138.9–149.3)
<i>P. pentagona</i> (Lower development threshold temperature 10.5°C)									
Shimoiijiri,	1	388	1	3,306	<0.0001	0.04969	−11.185	225.1	(223.1–227.1)
Yamanashi City	2	547	1	7,024	<0.0001	0.05815	−12.812	220.3	(218.8–221.9)
(392 m)	3	298	1	2,565	<0.0001	0.06560	−14.394	219.4	(217.5–221.4)
Yamanashi Fruit Tree	1	343	1	2,555	<0.0001	0.09997	−19.037	190.4	(189.0–191.9)
Experiment Station	2	200	1	1,620	<0.0001	0.06057	−11.906	196.6	(194.1–199.1)
(538 m)	3	661	1	5,445	<0.0001	0.06772	−14.000	206.7	(205.4–208.1)
Makioka,	1	332	1	1,820	<0.0001	0.06269	−12.506	199.5	(197.7–201.3)
Yamanashi City	2	578	1	8,683	<0.0001	0.05765	−12.770	221.5	(219.9–223.2)
(746 m)	3	480	1	5,908	<0.0001	0.04882	−9.837	201.5	(199.7–203.3)
Mean								209.0	(199.2–218.8)

^a Logistic regression equation $p = e^{ax+b} / (1 + e^{ax+b})$.^b Calculated from January 1.

Pseudaulacaspis 属カイガラムシの種構成を調査した結果では、同定した個体の 88.2% がウメシロカイガラムシであり、圃場数においても 21 圃場でウメシロカイガラムシが多数を占めていた。また、11 圃場を調査対象とした 2010 年、14 圃場を調査対象とした 2015 年ともにクワシロカイガラムシが優占種である圃場は 2 地点に留まり、種構成の調査年による差異は認められなかった (Fig. 1)。瀧田ら (2012)、薬師寺 (2015)、木村ら (2016) の報告のように、ウメシロカイガラムシを防除対象としていたが実際にはクワシロカイガラムシが主要な加害種であった事例は山梨県には該当せず、大半のモモ圃場において優占種と防除対象種は同じウメシロカイガラムシであった。したがって、近年の山梨県のモモにおけるウメシロカイガラムシの多発原

因は、優占種がクワシロカイガラムシであったことによる防除対象種との相違ではなかったと示唆される。ただし、一部の圃場ではクワシロカイガラムシが優占種となっていた (Fig. 1)。このような圃場においては防除対象種の誤認が生じる可能性があり、注意が必要である。なお、山梨県山梨市内の標高が異なる 3 地点において、ウメシロカイガラムシとクワシロカイガラムシの第 1 世代 1 齢幼虫の発生消長を観察したところ、全ての調査地点において両種の幼虫発生期は明確に異なり、ウメシロカイガラムシ幼虫が先行して発生した後、10 日間程度遅れてクワシロカイガラムシ幼虫の発生が観察された (Fig. 2)。このことは、行成 (1989) が約 6 日間、木村ら (2016) が 5~10 日間の差を観察した結果を支持するものであった。カイガラムシ類

Table 1. Continued

Survey location (Elevation)	Based on hourly temperatures							Estimated day when 50% of the 1st instar larvae were captured
	Likelihood ratio Chi-square test			Parameter estimates ^a		Inverse estimation: Effective cumulative temperature ^b when 50% of the larvae were captured		
	<i>df</i>	Chi-square	<i>p</i> -value	<i>a</i>	<i>b</i>	Estimate value (Degree- days)	Upper and lower 95% confidence limits (Degree-days)	
<i>P. prunicola</i> (Lower development threshold temperature 10.0°C)								
Shimoijiri, Yamanashi City (392m)	1	2,341	<0.0001	0.05372	−10.279	191.4	(189.0–193.7)	May 1, 2015
	1	4,821	<0.0001	0.06666	−13.406	201.1	(199.7–202.5)	May 2, 2015
	1	5,085	<0.0001	0.06725	−13.426	199.6	(198.2–201.0)	May 2, 2015
Yamanashi Fruit Tree Experiment Station (538m)	1	4,901	<0.0001	0.06035	−10.806	179.1	(177.6–180.5)	May 3, 2015
	1	5,073	<0.0001	0.06202	−11.942	192.5	(191.2–193.9)	May 5, 2015
	1	3,946	<0.0001	0.06542	−11.653	178.1	(176.6–179.6)	May 3, 2015
Makioka, Yamanashi City (746m)	1	7,659	<0.0001	0.05930	−11.852	199.9	(198.8–201.0)	May 13, 2015
	1	4,719	<0.0001	0.06703	−13.111	195.6	(194.3–196.9)	May 12, 2015
	1	3,798	<0.0001	0.08359	−16.252	194.4	(193.2–195.6)	May 12, 2015
Mean						192.4	(185.9–199.0)	
<i>P. pentagona</i> (Lower development threshold temperature 10.5°C)								
Shimoijiri, Yamanashi City (392m)	1	3,309	<0.0001	0.04957	−13.643	275.2	(273.2–277.2)	May 14, 2015
	1	7,028	<0.0001	0.05794	−15.667	270.4	(268.9–272.0)	May 14, 2015
	1	2,566	<0.0001	0.06537	−17.619	269.5	(267.6–271.5)	May 14, 2015
Yamanashi Fruit Tree Experiment Station (538m)	1	2,556	<0.0001	0.09950	−23.521	236.4	(235.0–237.9)	May 14, 2015
	1	1,621	<0.0001	0.06025	−14.610	242.5	(240.0–245.0)	May 15, 2015
	1	5,447	<0.0001	0.06756	−17.074	252.7	(251.4–254.1)	May 16, 2015
Makioka, Yamanashi City (746m)	1	1,820	<0.0001	0.06166	−15.469	250.9	(249.0–252.7)	May 22, 2015
	1	8,690	<0.0001	0.05711	−15.600	273.2	(271.5–274.9)	May 25, 2015
	1	5,914	<0.0001	0.04832	−12.220	252.9	(251.1–254.7)	May 22, 2015
Mean						258.2	(247.2–269.1)	

幼虫に対する殺虫剤での防除は、発生期に合わせて実施しないと十分な効果が得られず、クワシロカイガラムシの場合では、薬剤によっても異なるが、防除適期は数日間程度と短いことが報告されている(小澤, 1994, 2012; 多々良, 1999)。そのため、今後も観察を継続してモモ樹上における優占種の変遷を把握するとともに、ウメシロカイガラムシとクワシロカイガラムシの1齢幼虫発生期の違いを認識することは、防除効率を向上するうえで重要であると考えられる。

気候変動によってウメシロカイガラムシ幼虫の発生期が前進し、従前の薬剤散布時期と真の防除適期に差が生じて、防除効果が低下している可能性も想定された。しかし、本研究で推定されたウメシロカイガラムシ第1世代1齢幼虫の50%個体誘殺時における有効積算温度(日平均気温に基づく144.1日度)について、山梨県の主要な

果樹生産地帯である甲州市勝沼町のアメダス(標高394 m)の2001～2015年(15年分)における日平均気温データをもとに、その該当日を算出したところ、山梨県の果樹病害虫防除暦でのウメシロカイガラムシ第1世代幼虫を対象とした薬剤散布時期(5月上旬)から逸脱したのは、2002年(4月24日)、2004年(4月29日)、2010年(5月11日)の3年だけであり、恒常的な1齢幼虫発生期の前進は認められなかった。併せて、ウメシロカイガラムシ第1世代幼虫に対する防除薬剤としているブプロフェジン水和剤の散布時期別殺虫効果の試験では、ニホンカボチャへの1齢幼虫の放虫直前から放虫11日後までの長期間にわたって高い効果を示し(Table 2)、数日程度の発生時期の変動は防除効果に影響はないと考えられた。クワシロカイガラムシ幼虫を対象とした研究ではあるが、多々良(1999)はブプロフェジン水和剤を使用した場合の防除適期はメチダチオン

Table 2. Effectiveness of buprofezin^a on the 1st instar larvae of *P. prunicola* (collected from Japanese plums at Yamanashi Fruit Tree Experiment Station) in the control with sprayings at various times

Time of spraying	Number of surviving females at each spraying time	Hatching rate at each spraying time (%) (<i>n</i> =250)
Just before release	8 (0) ^b a ^c 0–4 ^d	34
3 days after release	21 (1) a 1–17	88
7 days after release	73 (4) a 5–37	94
11 days after release	113 (7) a 0–104	93
Control (no spraying)	1,729 (100) b 368–516	—

^a Formulation: suspension concentrate; active ingredient: 20.0%; dilution rate: 1/1,000.

^b Total number of surviving females in four replicates. Numerals in parentheses indicate % to the number of control (no spraying). The number of females 34–35 days after releasing insect eggs (0.02 g) on the pumpkins.

^c The same lowercase letters at each spraying time indicate that there is no significant difference in the number of surviving females in Tukey HSD test ($p>0.05$) after one-way ANOVA ($df=4$, $SS=73.91$, $F=11.88$, $p=0.0002$). Data (number/pumpkin) were transformed by logarithmic transformation ($\ln(x+0.5)$) before statistical processing.

^d Minimum–maximum number in four replicates.

乳剤と比較して長く、8～10日間程度と本研究結果と近い報告をしており、小澤 (1994) も防除適期をやや過ぎても、ブプロフェジン水和剤に比較的高い効果があったとしている。これらのことから、1 齢幼虫発生時期の変化による防除薬剤の効果低下は、山梨県におけるウメシロカイガラムシ多発の原因ではないと示唆される。

なお、50% 個体誘殺時の有効積算温度を推定した際に、発育零点の設定根拠とした先行研究では、ふ化最盛期における有効積算温度は 1 月 1 日を起算日に、ウメシロカイガラムシでは日平均気温で 140 日度に達した時 (滝, 2006)、クワシロカイガラムシでは毎正時の気温で 287.6 日度に達した時としている (Takeda, 2004)。これらの結果について、2015 年の山梨市下井尻における日平均気温ならびに毎正時の気温を用いて、該当日を算出すると、ウメシロカイガラムシを対象とした日平均気温による 140 日度は 5 月 1 日、クワシロカイガラムシを対象とした毎正時の気温による 287.6 日度は 5 月 16 日となった。同様に、Table 1 に示した 50% 個体誘殺時における有効積算温度の推定値の平均について、山梨市下井尻の日平均気温ならびに毎正時の気温を用いて該当日を算出すると、ウメシロカイガラムシを対象とした日平均気温による 144.1 日度は 5 月 2 日、

Table 3. Results of one-way ANOVA; effects of insecticides on the number of parasitic female adults of *P. prunicola*^a by each collection location (populations)

Collection location (populations)	Factors	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>F</i> -value	<i>p</i> -value
Yamanashi City 1	Insecticides	5	88.79	40.10	<0.0001
	Residuals	12	5.31		
	Total	17	94.10		
Yamanashi City 2	Insecticides	5	43.19	44.62	<0.0001
	Residuals	12	2.32		
	Total	17	45.51		
Yamanashi City 3	Insecticides	5	89.21	96.14	<0.0001
	Residuals	12	2.23		
	Total	17	91.43		
Koshu City 1	Insecticides	5	64.21	15.76	<0.0001
	Residuals	12	9.78		
	Total	17	73.99		
Koshu City 2	Insecticides	5	56.95	16.59	<0.0001
	Residuals	12	8.24		
	Total	17	65.19		
Y.F.T.E.S. ^b	Insecticides	5	118.33	55.70	<0.0001
	Residuals	12	5.10		
	Total	17	123.43		

^a Data (number/pumpkin) were transformed by logarithmic transformation ($\ln(x+0.5)$) before ANOVA.

^b Y.F.T.E.S. is the abbreviation for Yamanashi Fruit Tree Experiment Station.

クワシロカイガラムシを対象とした毎正時の気温による 258.2 日度は 5 月 12 日となった。先行研究と本研究では幼虫の発消長の調査方法やふ化最盛期の判定基準などが異なっているものの、それぞれの有効積算温度の該当日の差はウメシロカイガラムシで+1 日、クワシロカイガラムシで-4 日とわずかであった。これらは単年度の結果ではあるが、今後も有効積算温度とモモにおけるウメシロカイガラムシおよびクワシロカイガラムシの幼虫発生期の関連について、調査を継続することで有効積算温度に基づく防除適期予測法の開発につながると考えられる。

山梨県内 6 地点から採集したウメシロカイガラムシ 1 齢幼虫に対する各種薬剤の殺虫効果については、メチダチオン水和剤ならびにスルホキサフル水和水剤が全ての個体群で高かったが、ピリフルキナゾン水和水剤については個体群によって効果に差があった (Table 4)。また、慣行防除が実施されているにもかかわらずウメシロカイガラムシが多発しているモモから採集した現地個体群は、一様にブプロフェジン水和剤への感受性が低かったが、山梨県果樹試験場内のニホンスモモから採集した個体群は高い感受性を示した。山梨県内のモモ生産者が薬剤散布のガイドラインと

Table 4. Effect of various insecticides on the 1st instar larvae of *P. prunicola*

Insecticides (formulation, %AI) ^a	Dilution rate	Number of surviving females at each collection location (populations)						Yamanashi Fruit Tree Experiment Station
		Yamanashi City 1	Yamanashi City 2	Yamanashi City 3	Koshu City 1	Koshu City 2		
Buprofezin (SC, 20.0)	1/1,000	481 (62) ^b a ^c 112–192 ^d	833 (85) a 227–342	346 (121) a 62–147	643 (133) a 152–256	288 (100) a 63–135		45 (2) a 11–18
Methidathion (WP, 36.0)	1/1,500	1 (0) b 0–1	26 (3) b 3–12	1 (0) b 0–1	15 (3) b 0–13	7 (2) b 0–6		2 (0) b 0–2
Sulfoxaflor (SC, 9.5)	1/1,000	4 (1) b 0–3	22 (2) b 5–11	0 (0) b 0–0	9 (2) b 0–5	4 (1) b 0–3		2 (0) b 0–1
Acetamiprid (WSG, 20.0)	1/2,000	73 (9) c 5–48	183 (19) c 29–79	184 (64) ac 45–71	124 (26) a 29–49	177 (61) a 16–98		294 (14) ac 23–149
Pyrifluquinazon (WDG, 20.0)	1/2,000	136 (18) ac 43–47	460 (47) ac 104–206	67 (23) c 18–30	412 (85) a 73–176	129 (45) a 22–57		833 (40) cd 185–334
Control (tap water)	—	777 (100) a 228–291	976 (100) a 270–391	287 (100) a 44–134	483 (100) a 149–181	289 (100) a 53–142		2,070 (100) d 479–802

^a SC: suspension concentrate; WP: wettable powder; WSG: water-soluble granules; WDG: water-dispersible granules.

^b Total number of surviving females in three replicates. Numerals in parentheses indicate % to the number of control (tap water). The number of females 32–44 days after releasing insect eggs (0.02 g) on the pumpkins. Insecticides were sprayed three days after the release.

^c The same lowercase letters at each collection location (populations) means that there is no significant difference in Tukey HSD test ($p > 0.05$) after one-way ANOVA. See Table 3 for details.

^d Minimum–maximum number in three replicates.

Table 5. Effect of acetamiprid on the egg-laying status of female adults of *P. prunicola* (collected from Japanese plums at Yamanashi Fruit Tree Experiment Station)

Treatment	Number of egg-laying adult females		Fisher's exact test
	Number surveyed	Egg-laying adult females	
Acetamiprid ^a	200	0	$p < 0.0001$
Control (tap water)	200	98	

^a Formulation: water-soluble granules; active ingredient: 20.0%; dilution rate: 1/2,000.

している果樹病害虫防除暦では、1997年からブプロフェジン水和剤をウメシロカイガラムシ幼虫の発生期である5月上旬に採用し、2003年以降は散布回数を追加して、年間にウメシロカイガラムシ幼虫に対して2回、ナシマルカイガラムシ幼虫に対して1回と、最大で計3回の散布を記載してきた。本研究において供試個体を採集した現地圃場のモモでも、その防除記録から年間2～3回の使用が認められている。その一方で、山梨県果樹試験場内のニホンスモモでは2006年から本試験を実施した2015年10月までの10年間に、ブプロフェジン水和剤の使用回数は計3回と極めて少なく、さらに散布規模は枝単位であり、ニホンスモモ圃場全体への散布を実施することはなかった。過去のブプロフェジン水和剤の使用頻度が供試個体群による効果差の一因であり、現地のモモ栽培圃場における個体群は本剤に対する感受性が低下していると推察された。

本研究と同様に、カイガラムシ類に対してブプロフェジン水和剤の感受性の低下が疑われる結果は、静岡県や京都府のチャにおけるクワシロカイガラムシや(小澤, 2010; 徳丸・山下, 2015)、愛媛県や和歌山県のカンキツ類 *Citrus* spp. におけるヤノネカイガラムシ *Unaspis yanonensis* (Kuwana) で報告されている(大橋・中, 2001; 大西ら, 2006)。本研究では山梨県内6個体群のウメシロカイガラムシが供試されたに過ぎず、ブプロフェジン水和剤に対する県内全域にわたる感受性実態は把握できていない。しかし、本研究の結果からウメシロカイガラムシに対する基幹薬剤としていたブプロフェジン水和剤に対する感受性の低下が、近年における多発の一要因であることが強く示唆される。これらの結果を受けて、山梨県ではブプロフェジン水和剤にかわる代替剤を検討しており、2017年より果樹病害虫防除暦におけるウメシロカイガラムシ防除薬剤にフェンピロキシメート・ブプロフェジン水和剤(商品名: アブロードエースフロアブル)を採用して防除効率の向上に努めている。フェンピロキシメート・ブプロフェジン水和剤については、小澤(2010)もクワシロカイガラムシに対する高い防除効果を報告している。

また、有機リン系殺虫剤であるメチダチオン水和剤は本研究においてはいずれの個体群に対しても高い殺虫効果を示しており(Table 4)、優れた防除効果が期待される。しかし、小澤(2010)は静岡県のチャから採集したクワシロカイガラムシにおいて、メチダチオン乳剤の感受性低下を報告している。また、同じマルカイガラムシ科

のカイガラムシ類では、アカマルカイガラムシ *Aonidiella aurantii* (Maskell) やキマルカイガラムシ *Aonidiella citrina* (Coquillett), ナシマルカイガラムシ *Diaspidiotus perniciosus* (Comstock) においても、メチダチオンに対して効果が低下している事例が報告されている (Grafton-Cardwell and Vehrs, 1995; Buzzetti et al., 2016). 山梨県のモモ栽培でもメチダチオン水和剤を使用しており、今後、ウメシロカイガラムシの感受性が低下する可能性もあるため十分な警戒が求められる。

アセタミプリド水溶剤に関しては、室内試験ではあるもののウメシロカイガラムシに対する産卵抑制効果を確認した (Table 5). 本剤については、薬師寺 (2016) も高い防除効果を報告している。本剤に曝露した個体は死亡には至らなくても、造卵不全など発育に異常を生じる可能性は高く、栽培現場における防除薬剤としての有効性を検証する必要がある。

本研究では、山梨県のモモ栽培におけるウメシロカイガラムシの被害増加の原因解明と防除対策の確立を目的に、*Pseudaulacaspis* 属カイガラムシの種構成や第1世代1齢幼虫の発生活長と有効積算温度との関係、また、ウメシロカイガラムシに対する各種薬剤の殺虫効果について調査した。今後も、引き続きモモにおけるカイガラムシの種構成を観察し、その変化を調査するとともに、1齢幼虫の発生活長データを蓄積して、有効積算温度による防除適期の予測技術を確認する必要がある。また、有効薬剤を組み合わせた効率的な防除体系の構築により、一層の品質向上と収量増加に寄与したい。

摘 要

山梨県のモモ栽培では、ウメシロカイガラムシを対象として薬剤防除を実施しているにもかかわらず、その被害が問題となっている。そこで原因の解明と対策の確立を目的に調査を実施した。ウメシロカイガラムシならびに近縁種で他のモモ産地で優占種となっているクワシロカイガラムシを対象に、山梨県内の25圃場で種構成を調査したところ、21圃場ではウメシロカイガラムシが優占であり、本県モモにおける優占種と防除対象種に差異はなかった。第1世代1齢幼虫の発生時期を山梨県山梨市内の標高の異なる3地点で毛糸トラップを用いて調査したところ、クワシロカイガラムシの幼虫発生期は遅く、ウメシロカイガラムシの幼虫発生期と9~13日間の差が認められた。また、第1世代幼虫のふ化最盛期 (トラップへの総誘殺虫数の50%が誘殺された時) における有効積算温度 (1月1日起算) の推定値は、ウメシロカイガラムシ (発育零点 10°C) では日平均気温を用いると 144.1 日度、毎正時の気温を用いると 192.4 日度であり、クワシロカイガラムシ (発育零点 10.5°C) では日平均気温を用いると 209.0 日度、毎正時

の気温を用いると 258.2 日度であった。これらの有効積算温度から山梨県で5月上旬としてきたウメシロカイガラムシ第1世代幼虫の防除時期は、幼虫発生期と概ね適合していたと推定された。併せて、山梨県果樹試験場内のニホンスモモから採集したウメシロカイガラムシを対象に、第1世代幼虫に対する防除薬剤としているブプロフェジン水和剤の散布時期別殺虫効果について調査したところ、放虫直前から放虫11日後までの比較的長期間にわたって高い効果が得られた。山梨県内6地点から採集したウメシロカイガラムシ1齢幼虫に対する各種薬剤の殺虫効果を調査したところ、メチダチオン水和剤ならびにスルホキサフロル水和剤は全ての個体群において効果が高かったが、ピリフルキナゾン水和剤については個体群によって効果に差があった。アセタミプリド水溶剤に関しては産卵抑制効果が認められた。ウメシロカイガラムシが多発している現地圃場のモモから採集した個体群は、一様にブプロフェジン水和剤の効果が低かった。山梨県において基幹薬剤としてきたブプロフェジン水和剤に対する感受性の低下が、近年におけるウメシロカイガラムシ多発の一要因であることが示唆される。

引 用 文 献

- 天野絵美・佐幸歌菜・國友義博・村上芳照・功刀幸博 (2006) 山梨県のモモ圃場におけるナシマルカイガラムシの発生実態。関東病虫研報 53: 137-140. [Amano, E., S. Sako, Y. Kunitomo, Y. Murakami and Y. Kunugi (2006) Occurrence of *Comstockaspis perniciosus* in peach orchards in Yamanashi prefecture. *Ann. Rept. Kanto Pl. Prot. Soc.* 53: 137-140.]
- Buzzetti, K. A., R. A. Chorbajian, E. Fuentes-Contreras, M. Gutiérrez, J. C. Ríos and R. Nauen (2016) Monitoring and mechanisms of organophosphate resistance in San Jose scale, *Diaspidiotus perniciosus* (Hemiptera: Diaspididae). *J. Appl. Entomol.* 140: 507-516.
- 藤沢茉莉子・小林和彦 (2007) 日本におけるリンゴの発育早期化にみられる温暖化の影響。農業気象 63: 185-191. [Fujisawa, M. and K. Kobayashi (2007) Accelerating phenology of apple trees in Japan as influenced by rising air temperature. *J. Agric. Meteorol.* 63: 185-191.]
- Grafton-Cardwell, E. E. and S. L. C. Vehrs (1995) Monitoring for organophosphate- and carbamate-resistant armored scale (Homoptera: Diaspididae) in San Joaquin valley citrus. *J. Econ. Entomol.* 88: 495-504.
- 樋口広芳・小池重人・繁田真由美 (2009) 温暖化が生物季節、分布、個体数に与える影響。地球環境 14: 189-198. [Higuchi, H., S. Koike and M. Shigeta (2009) Effects of climate change on the phenology, distribution, and population of organisms. *Chikyu Kankyo* 14: 189-198.]
- 本條 均 (2007) 気候温暖化が落葉果樹の休眠、開花現象に及ぼす影響。園学研 6: 1-5. [Honjo, H. (2007) Effects of global warming on dormancy and flowering behavior of temperate fruit crops in Japan. *Hort. Res. (Japan)* 6: 1-5.]

- 河合省三 (1980) 日本原色カイガラムシ図鑑. 全国農村教育協会, 東京. 455 pp. [Kawai, S. (1980) *Scale Insect of Japan in Colors*. Zenkoku Noson Kyoiku Kyokai, Tokyo. 455 pp.]
- 木村 学・大谷洋子・南方高志・森本涼子・藤本欣司 (2016) 和歌山県のモモ園における2種カイガラムシの発生と秋冬防除. 関西病虫研報 58: 83–86. [Kimura, M., Y. Otani, T. Minakata, R. Morimoto and K. Fujimoto (2016) The occurrence of two scale insects in peach orchards of Wakayama pref., and its chemical control in autumn-winter. *Ann. Rept. Kansai Pl. Prot.* 58: 83–86.]
- 気象庁 (2019) 気候変動監視レポート 2018. 気象庁, 東京. 86 pp. [Japan Meteorological Agency (2019) *Climate Change Monitoring Report 2018*. Japan Meteorological Agency, Tokyo. 86 pp.]
- Miller-Rushing, A. J., T. Katsuki, R. B. Primack, Y. Ishii, S. D. Lee and H. Higuchi (2007) Impact of global warming on a group of related species and their hybrids: cherry tree (Rosaceae) flowering at Mt. Takao, Japan. *Am. J. Bot.* 94: 1470–1478.
- 日本応用動物昆虫学会 (編) (2006) 農林有害動物・昆虫名鑑 (増補改訂版). 日本応用動物昆虫学会, 東京. 387 pp. [Japanese Society of Applied Entomology and Zoology (ed.) (2006) *Major Insect and Other Pests of Economic Plants in Japan*. Japanese Society of Applied Entomology and Zoology, Tokyo. 387 pp.]
- 小田道宏・上住 泰 (1977) カキのクワシロカイガラムシの生態ならびにその寄生性について. 奈良農試研報 8: 66–73. [Oda, M. and Y. Uesumi (1977) On the ecology and their parasitism-inclinations of mulberry scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni) on Japanese persimmon tree. *Bull. Nara Agr. Expt. Sta.* 8: 66–73.]
- 大橋弘和・中 一晃 (2001) ヤノネカイガラムシに対するブプロフェジン水和剤の防除効果低下と代替薬剤. 関西病虫研報 43: 41–42. [Ohashi, H. and K. Naka (2001) Diminishing efficacy of buprofezin against the arrowhead scale, *Unaspis yanonensis* (Kuwana), and the substitute insecticides. *Proc. Kansai Pl. Prot.* 43: 41–42.]
- 大野宏之・佐々木華織・大原源二・中園 江 (2016) 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象 16: 71–79. [Ohno, H., K. Sasaki, G. Ohara and K. Nakazono (2016) Development of grid square air temperature and precipitation data compiled from observed, forecasted, and climatic normal data. *Climate in Biosphere* 16: 71–79.]
- 大西諭平・青野光男・金崎秀司 (2006) 基幹薬剤に対して防除効果が低下したヤノネカイガラムシの出現と代替剤. 2005年度 (平成 17 年度) 近畿中国四国農業研究成果情報: 85–86. [Onishi, R., M. Aono and S. Kanezaki (2006) “Occurrence of arrowhead scale, *Unaspis yanonensis* (Kuwana), with reduced control effect on key insecticides, and substitutes for key insecticides.” “*Agricultural Research Results for Western Region 2005*”: 85–86.]
- 小澤朗人 (1994) チャ寄生クワシロカイガラムシの発生消長と薬剤防除 第3報 各種薬剤の防除効果. 関東病虫研報 41: 257–259. [Ozawa, A. (1994) The occurrence of white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni), in tea fields and its chemical control. III. Effect of various pesticides in control of the scale. *Ann. Rept. Kanto Pl. Prot. Soc.* 41: 257–259.]
- 小澤朗人 (2010) チャ寄生クワシロカイガラムシの薬剤感受性. 応動昆 54: 205–207. [Ozawa, A. (2010) Insecticide susceptibility of the white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni) (Homoptera: Diaspididae), infesting tea trees. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 54: 205–207.]
- 小澤朗人 (2012) シミュレーションによるチャ寄生クワシロカイガラムシの最適防除時期の推定. 関東病虫研報 59: 99–101. [Ozawa, A. (2012) Estimation of optimum timing of insecticide application for the white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni) (Homoptera: Diaspididae), on the basis of a simulation method. *Ann. Rept. Kanto Pl. Prot. Soc.* 59: 99–101.]
- 小澤朗人 (2013) 植物防疫基礎講座: 殺虫剤感受性検定マニュアル (1) クワシロカイガラムシ. 植物防疫 67: 183–186. [Ozawa, A. (2013) Methods for testing the effect of pesticides on the white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni) (Homoptera: Diaspididae). *Plant Prot.* 67: 183–186.]
- 坂神泰輔・是永龍二 (1981) 有効積算温度の簡易な新算出法 “三角法” について. 応動昆 25: 52–54. [Sakagami, Y. and R. Korenaga (1981) “Triangle Method,” a simple method for the estimation of total effective temperature. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 25: 52–54.]
- SAS Institute (2018) *JMP 14.2.0*. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- 清水 庸・大政謙次 (2010) 1961 年～2007 年のウメの開花に関する経年変化・地域的傾向の解析. 農業気象 66: 279–288. [Shimizu, Y. and K. Omasa (2010) Trends in flowering date of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) between 1961 and 2007. *J. Agric. Meteorol.* 66: 279–288.]
- Takeda, M. (2004) Effects of temperature on oviposition in overwintering females and hatch in first-generation larvae of *Pseudaulacaspis pentagona* (Hemiptera: Diaspididae). *Appl. Entomol. Zool.* 39: 15–26.
- 滝 修三 (2006) 福井県のウメにおけるウメシロカイガラムシの発生と対策. 今月の農業 50(8): 21–23. [Taki, S. (2006) “Occurrence and measures of white prunicola scale *Pseudaulacaspis prunicola* (Maskell) on Japanese plum in Fukui prefecture.” *Japan Agricultural Technology* 50(8): 21–23.]
- 瀧田克典・佐々木正剛・星 博綱 (2012) 福島県県北地方のモモに寄生するクワシロカイガラムシ属の優占種と防除法. 東北農業研究 65: 113–114. [Takita, K., M. Sasaki and H. Hoshi (2012) Dominant species and control of the genus *Pseudaulacaspis* in peach orchards in Ken-poku district of Fukushima prefecture. *Tohoku Agric. Res.* 65: 113–114.]
- 多々良明夫 (1999) 粘着トラップによるチャのクワシロカイガラムシの防除適期把握. 植物防疫 53: 229–232. [Tatara, A. (1999) Determination of optimal spray timing for chemical control of mulberry scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni) by sticky trap in tea field. *Plant Prot.* 53: 229–232.]
- 徳丸 晋・山下幸司 (2015) ジャガイモ塊茎浸漬法によるチャ寄生クワシロカイガラムシの薬剤感受性. 関西病虫研報 57: 125–127. [Tokumaru, S. and K. Yamashita (2015) Pesticide susceptibility of the white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona*

- (Targioni) (Hemiptera: Diaspididae) by potato tuber dipping method. *Ann. Rept. Kansai Pl. Prot.* 57: 125–127.]
- 薬師寺賢 (2015) 岡山県の実に発生しているカイガラムシ類の種類及び防除対策. *果樹* 69(11): 6–8. [Yakushiji, S. (2015) “Species and control measures of scale insects on peaches in Okayama prefecture.” *Kaju* 69(11): 6–8.]
- 薬師寺賢 (2016) モモのウメシロカイガラムシ防除に有効な薬剤. 岡山県農林水産総合センター農業研究所 平成 27 年度試験研究主要成果: 45–46. [Yakushiji, S. (2016) “Effective pesticides for controlling white prunicola scale *Pseudaulacaspis prunicola* (Maskell) on peach.” *Research Institute for Agriculture, Okayama Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry, and Fisheries* “Main Results of Research 2015”: 45–46.]
- 行成正昭 (1989) ウメシロカイガラムシとクワシロカイガラムシの幼虫ふ化消長と寄生性天敵昆虫. 徳島県試研報 17: 11–20. [Yukinari, M. (1989) Seasonal prevalence of occurrence of first instar larvae of *Pseudaulacaspis prunicola* Maskell and *P. pentagona* Targioni (Hemiptera: Diaspididae), and their parasitoids. *Bull. Tokushima Hort. Exp. Sta.* 17: 11–20.]
- 全国農業協同組合連合会山梨県本部 (編) (2016) 平成 28 年度果樹病害虫防除暦. 全国農業協同組合連合会山梨県本部, 山梨. 34 pp. [National Federation of Agricultural Cooperative Associations in Yamanashi Prefecture (ed.) (2016) “*Fruit Tree Pest Control Calendar 2016*.” National Federation of Agricultural Cooperative Associations in Yamanashi Prefecture, Yamanashi. 34 pp.]
-