

モモの芯折れ調査によるナシヒメシンクイの発生予察の再検証

Re-analysis of Forecasting the Emergence of Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta* (Busck), by injured Shoots in Peach orchard

杉浦直幸・清永徹*・山田一字

Naoyuki SUGIURA, Toru KIYONAGA and Hirokazu YAMADA

要 約

熊本県内のモモ・ナシ産地では、ナシヒメシンクイの被害抑制のために交信かく乱剤が導入され、安定した防除法として定着している。しかしながら、交信かく乱剤の設置が普及した場合には、交信かく乱剤使用地域ではフェロモントラップによる発生予察が困難になることが予想される。このため、福島県では、交信かく乱剤設置園に隣接するモモ園において、モモ新梢の芯折れの発生消長や芯折れ内から捕獲された本種幼虫の発生消長から、成虫の発生時期を予察する手法が開発されている。そこで本研究では、福島県で開発されたナシヒメシンクイの予察手法を検証する目的で、熊本県果樹研究所内の交信かく乱剤処理園地に近接する交信かく乱剤未処理モモ園にて、芯折れ数調査と芯折れ内の幼虫による成虫の羽化調査を行い、フェロモントラップ調査の代替予察手法としての有効性を検討した。その結果、フェロモントラップによる各世代の雄成虫の誘殺盛期と芯折れ内の幼虫による各世代の成虫の羽化盛期は、早い世代ほど概ね近似した。さらに、芯折れ発生盛期を起算日として、幼虫捕獲日から成虫羽化日までの有効積算温度を活用することによって、成虫羽化日の予測が可能であることが示唆された。以上のことから、福島県で開発されたモモの芯折れ調査によるナシヒメシンクイの発生予察手法が熊本県でも活用できることが示された。

キーワード：ナシヒメシンクイ予察手法，交信かく乱剤，モモ新梢芯折れ，有効積算温度

I 緒言

ナシヒメシンクイ *Grapholita molesta* (Busck) は、モモ・ナシの新梢や果実を加害する重要害虫で、モモでは未展開の若葉の葉柄基部から梢頭にふ化幼虫が食入し、新梢の芯を空洞にしながら食い進み、木部に達すると別の新梢に移り、数本を食害する¹⁾。食入部は萎凋して下垂し、次第に枯死する症状、いわゆる、芯折れ(写真1)が引き起こされる²⁾。ナシでは果実の成熟に伴い、果実ていあ部から幼虫が食入し、果肉を侵食する果実被害が引き起こされる³⁾。ナシヒメシンクイは、北日本から西日本まで分布し、年間世代数は西日本では5～6であるとされており⁴⁾、熊本では年間5世代程度が確認される⁵⁾。熊本県果樹研究所内に設置した発生予察用のフェロモントラップによる誘殺数調査では、越冬世代の成虫が3月中旬頃から誘殺されはじめ、第5世代は11月上旬頃まで誘殺される⁵⁾。また、第1世代のナシヒメシンクイ幼虫による芯折れの発生は5月上旬から確認され、成虫の誘殺消長と同調しながら、第5世代の9月下旬まで確認される⁶⁾。

熊本県内のモモ・ナシ産地では、本種の被害抑制のために交信かく乱剤が導入され、安定した防除法として定



写真1 モモ新梢における芯折れ症状

着している。モモでは、オリフルア・トートリルア・ピーチフルア・ピリマルア剤(商品名「コンフューザーMM」)が使用され、コンフューザーMMについては県内のモモ栽培面積79ha⁷⁾に対して約56.5%の設置面積率となっている。また、ナシでは、オリフルア・トートリルア・ピーチフルア剤(商品名「コンフューザーN」)が使用され、コンフューザーNについては県内のナシ栽培面積485ha⁷⁾に対して約28.5%の設置面積率となっている(農業メーカー担当者聞き取り)。現在のところ、県内の

*県病害虫防除所

交信かく乱剤の設置面積率はここ数年横ばいで推移している（農薬メーカー担当者聞き取り）ものの、交信かく乱剤の設置が普及した場合には、交信かく乱剤使用地域ではフェロモントラップで使用する合成フェロモン剤では本種雄成虫が誘引できなくなり、フェロモントラップによる発生予察が困難になる可能性が考えられる。一方、交信かく乱剤未設置園からの既交尾雌の飛び込みによって被害を受けるため、交信かく乱剤設置園でも交信かく乱剤の設置のみでは被害を抑制できず、殺虫剤による幼虫の防除によって被害軽減を図る必要となる。しかしながら、交信かく乱剤設置園やその周辺など、交信かく乱剤の影響で精度の高いフェロモントラップ調査が困難になるため、有効な発生予察法がなく、防除適期も絞り込めないことから、新たな予察手法の開発が急務となっている。佐々木ら^{8), 9)}は交信かく乱剤設置園に隣接するモモ園において、ナシヒメシンクイのフェロモントラップに代わる発生予察法として、モモ新梢の芯折れの季節的消長や芯折れ新梢内から捕獲された本種幼虫の発生消長から、成虫の発生時期を予察する手法を報告している。特に、佐々木ら⁹⁾は、成虫の発生期間である5月～9月に、5日毎の新梢芯折れ数調査から、芯折れ内に生息する第1世代～第3世代における幼虫の発生始期や発生盛期の把握が可能であることを示した。さらに、それら幼虫を定温条件下（19～31℃）で飼育し、幼虫から羽化までの発育日数と温度に関する回帰式（ $y=35.58-0.82x$, y =発育日数, x =温度）を作成し、回帰式の変数として芯折れ発生盛期とその時期の平均気温を用いることで、成虫盛期の予測が可能であることを報じている。これら新規の発生予察手法は、福島県以外での検証事例はなく、後述する「発生予察の手法検討委託事業」で、農研機構果樹研究所と熊本県が共同参画し、茨城や熊本などの関東地方や九州地方のナシヒメシンクイ個体群で同様な手法が適用可能であるかを検証した。とりわけ、福島県と熊本県のナシヒメシンクイ成虫の活動期間と世代数を比べると、福島県では5月～9月の間に4世代であるのに対し、熊本県では3月～10月の間に5世代あることから、福島県の回帰式がそのまま適用できない可能性がある。さらに、熊本県ではモモよりもナシの栽培面積が広く重要品目として位置づけられるものの、ナシでは芯折れ状態が殆ど見られず、新梢の被害からナシヒメシンクイの発生状況を把握するのは困難である。しかしながら、ナシ園とモモ園が近接する場合にはナシヒメシンクイの成虫の発生が同調することから⁵⁾、モモでの調査データをナシでの発生予察に活用することが可能であると考えられる。

そこで本研究では、福島県で開発されたナシヒメシン

クイの予察手法を検証する目的で、熊本県におけるモモ園地での芯折れ数調査、芯折れ内の幼虫の羽化調査を行い、フェロモントラップ調査の代替予察手法としての有効性を検討した。

II 材料および方法

1. 調査地および調査樹

調査地は、福島県の予察手法に準じ、交信かく乱剤処理園に隣接した交信かく乱剤未処理モモ園とした。すなわち、熊本県農業研究センター果樹研究所（熊本県宇城市松橋町豊福 2566）内に調査園を設置し、モモ成木やナシ成木が慣行栽培されている交信かく乱剤処理園地から、最短で約 120m 離れているモモ苗木園（写真2）を供試した。福島県では、交信かく乱剤処理園と未処理園との距離が約 15m で熊本よりも近い距離にあるものの、交信かく乱未処理園ではフェロモントラップによるナシヒメシンクイ成虫の誘殺が交信かく乱剤によって殆ど阻害されないことが観察されている²⁾。したがって、熊本のモモ苗木園でも交信かく乱剤による成虫誘殺の阻害は殆ど起きていないものと考えられる。交信かく乱剤処理園では、7月～10月のナシでの被害軽減を目的に、交信かく乱剤を7月初頭にモモ園とナシ園に同時に処理した。交信かく乱剤には「コンフューザーMM」（サンケイ化学製）を10a当たり100本分設置した。一方、モモ苗木園では、交信かく乱剤は未処理とした。また、福島県では労力軽減のために成木ではなく若木（3～4年生）を供試していることから²⁾、本研究でも「日川白鳳」4年生のモモ鉢植えを用意し、15樹を供試した。

なお、モモ苗木園では、農薬による薬剤散布は一切行わなかった。



写真2 モモ苗木園

2. フェロモントラップによるナシヒメシンクイ雄成虫の誘殺数調査

モモ苗木園では1基の発生予察用のフェロモントラッ

ブを園中央部に設置した。トラップにはSEトラップ(サンケイ化学製)を用い、ナシヒメシクイの発生予察用フェロモン剤(サンケイ化学製)をSEトラップ内の粘着板の中心部に1個取り付け、調査期間中約1ヶ月毎にフェロモン剤を交換した。

フェロモントラップによるナシヒメシクイの雄成虫誘殺数の調査期間は、雄成虫発生時期である3月中旬～11月上旬を含む2014年3月7日～11月20日の間とした。調査間隔は、福島県ではフェロモントラップ調査を毎日実施しているが、熊本県では発生予察調査基準¹⁰⁾に準じて約5日間隔とした。

各世代の誘殺盛期を明らかにするため、調査間隔ごとの誘殺数データを日当たり誘殺数に変換し、グラフ化した誘殺消長のデータから誘殺盛期を探した。また、各世代の誘殺盛期の検出には、移動平均を用いた¹¹⁾。さらに、有効積算温度を用いて各世代の誘殺盛期を予測した。すなわち、福島県では、越冬世代成虫の発生盛期を起点に、本種の有効積算温度383.7日度、発育零度11.2℃、発育限界温度32℃を設定し、当年の日別最高気温と日別最低気温を用いた「三角法」を利用して、第1世代～第3世代の発生盛期を予測している⁸⁾。熊本県では、「三角法」よりも厳密な積算法となる毎正時の気温が活用できるJPP-NETの有効積算温度シミュレーション(version2)¹²⁾を用い、越冬世代の捕獲ピーク日を起算日とし、有効積算温度384日度、発育下限温度11.1℃¹³⁾、発育上限温度35.0℃⁸⁾、⁹⁾に設定して、第1世代～第5世代の誘殺盛期を予測した。有効積算温度の解析に用いた気温は、モモ苗木園に設置した温湿度測定器(商品名「おんどとり Jr. RTR-53」, T&D社製)で記録した。

3. 芯折れ数調査、芯折れ内のナシヒメシクイ幼虫の羽化数調査

芯折れ発生の確認については、新梢先端においてナシヒメシクイ幼虫による糞排泄が確認された新梢を芯折れとした。さらに、確認された芯折れの被害程度を下記の3段階に区分し、調査毎に新梢先端の芯折れ部分をハサミで切除し、回収した。

- ・ 芯折Ⅰ (新梢枯死が見られない)
- ・ 芯折Ⅱ (新梢枯死が進行中)
- ・ 芯折Ⅲ (新梢枯死がほぼ終了)

佐々木ら⁹⁾では、ナシヒメシクイ幼虫による被害間もない芯折れ(新梢先端部から糞を排泄)のみを芯折れとして採取して供試しており、上記の「芯折Ⅰ」に該当する。しかし、芯折れ内の幼虫の発育にばらつきがあると、芯折れ症状が進行した「芯折Ⅱ」および「芯折Ⅲ」が同一時期に混在する。このため、芯折れ数の発生消長をより正確に把握するためには「芯折Ⅰ」だけではなく、

「芯折Ⅱ」および「芯折Ⅲ」を含めた芯折れを供試した。

モモ苗木園では各供試樹全ての新梢を目視し、「芯折Ⅰ」～「芯折Ⅲ」までの芯折れ数を調べた(全調査期間中222本)。調査期間は、モモの新梢伸長期を含めるように2014年4月11日から11月7日の間とした。調査間隔は、福島県に準じて約5日間隔で行った。各世代の芯折発生盛期は、フェロモントラップの誘殺盛期と同調性があることから⁴⁾、前述のフェロモントラップの誘殺盛期を参照しながら、グラフ化した芯折れ発生消長のデータから、芯折発生盛期を探した。

モモ苗木園から回収した芯折れと芯折れ内の幼虫は、分離せずにそのまま室内に持ち帰り、飼育容器(商品名「インセクトブリーディングディッシュ SPL-310122」, SPL life science社製; 外寸直径120mm, 外寸高さ80mm, 通気孔サイズ40mm)に人工飼料(商品名「インセクタLFS」, ㈱日本農産工業社製)を約1cm立方分給餌して個別飼育した(写真3)。なお、福島県では飼育時にリンゴ幼果を幼虫に給餌しているが、上記の人工飼料でも飼育可能(佐々木, 私信)で、羽化までの発育に関して悪影響は全く認められなかった。



写真3 芯折れ内の幼虫の飼育状況

捕獲した幼虫は、成虫に羽化するまで毎日確認した。これらの幼虫が寄生蜂による捕食寄生等によって成虫の羽化が確認されなかった場合には、分析から除外した。なお、福島県ではタテスジヒメコバチなどの寄生蜂による寄生率がナシヒメシクイの第4世代で80～90%程度に達した²⁾が、本調査では多寄生性寄生蜂(種名不明)による寄生が数個体確認されたのみで、寄生蜂によるナシヒメシクイの羽化への悪影響は殆ど無視できると考えられた。

捕獲した幼虫の保管場所は、福島県では野外に設置した百葉箱としたが、熊本県では果樹研究所内の廊下とした。このため、野外条件下と室内飼育下での羽化日の相違を補正するため、野外のモモ苗木園に設置した温湿度

測定器の他に、室内にも温湿度測定器（商品名「おんどとり Jr. RTR-53」、T&D 社製）を設置し、毎正時の気温を記録した。

記録した野外と室内の気温データを基に、捕獲された幼虫が成虫に羽化するまでに要した有効積算温度（発育下限温度は 11.1℃に設定）における野外と室内の日度差を羽化個体全てについて調べ、実測した室内での成虫羽化日から、推定される野外での成虫羽化日を算出した。

さらに、芯折れ症状の進行程度（「芯折Ⅰ」～「芯折Ⅲ」）の違いにより、幼虫捕獲から成虫羽化までの日数や有効積算温度に差があるか否かを調べるため、各世代における芯折れ症状別（「芯折Ⅰ」と「芯折ⅡおよびⅢ」）の有効積算温度について統計的な有意差検定を行った（Wilcoxon の順位和検定）。

4. ナシヒメシンクイ成虫発生盛期の予測精度の検証

フェロモントラップ調査の代替法としての芯折れ調査の有効性を検証するため、佐々木ら⁹⁾の検証法に準じ、各世代の芯折れ発生盛期を起算日として、各世代において捕獲された幼虫が成虫に羽化するまでに要する有効積算温度を用いて、成虫の羽化盛期が予測できるかを検証した。

まず、フェロモントラップによるナシヒメシンクイの誘殺盛期（実測日）と芯折れ調査で捕獲した幼虫を用いた成虫の羽化盛期（実測日）の日偏差を各世代で調べた。次に、フェロモントラップ調査について、越冬世代誘殺盛期を起算日とした各世代の誘殺盛期の予測日と実測日との日偏差を調べた。さらに、芯折れ数調査について、各世代の芯折れ盛期を起算日として、芯折れ回収時に捕獲された幼虫が成虫に羽化するまでに要する有効積算温度を用いて、成虫の羽化予測日を世代ごとに求めた。この幼虫捕獲日から成虫羽化日までの有効積算温度は、捕獲時点の幼虫の発育ステージによって異なることが推測されるため、各世代の有効積算温度の平均値を算出して、成虫の羽化盛期予測日を求めた。このようにして求めた羽化盛期予測日と実際の羽化盛期日との日偏差を調べた。

なお、フェロモントラップによる誘殺盛期の予測と、芯折れ盛期を起算日とした成虫の羽化盛期の予測には 2014 年と平年の気温を用いた。2014 年の気温は前述のモモ苗木園に設置して記録した毎正時の気温を使用し、平年値は果樹研究所モモ苗木園に近傍なアメダス甲佐の毎正時の気温（2 地点間の標高補正を実施）を使用した。

III 結果

1. フェロモントラップによるナシヒメシンクイ雄成虫の誘殺数調査

フェロモントラップによる雄成虫の誘殺数は、季節を通して確認され、各世代の誘殺盛期が認められた（第 1 a 図）。3 月 28 日には越冬世代の誘殺盛期が確認され、6 月 2 日、7 月 1 日、8 月 1 日、9 月 1 日、9 月 19 日に、第 1 世代～第 5 世代の誘殺盛期が認められた。

2. 芯折れ数調査、芯折れ内のナシヒメシンクイ幼虫の羽化数調査

芯折れの発生も季節を通して確認され、各世代の発生盛期が明らかに認められた（第 1 b 図）。すなわち、その発生消長から、5 月 2 日、6 月 9 日、7 月 18 日、8 月 13 日、8 月 24 日に第 1～第 5 世代の芯折れ発生盛期が確認された。

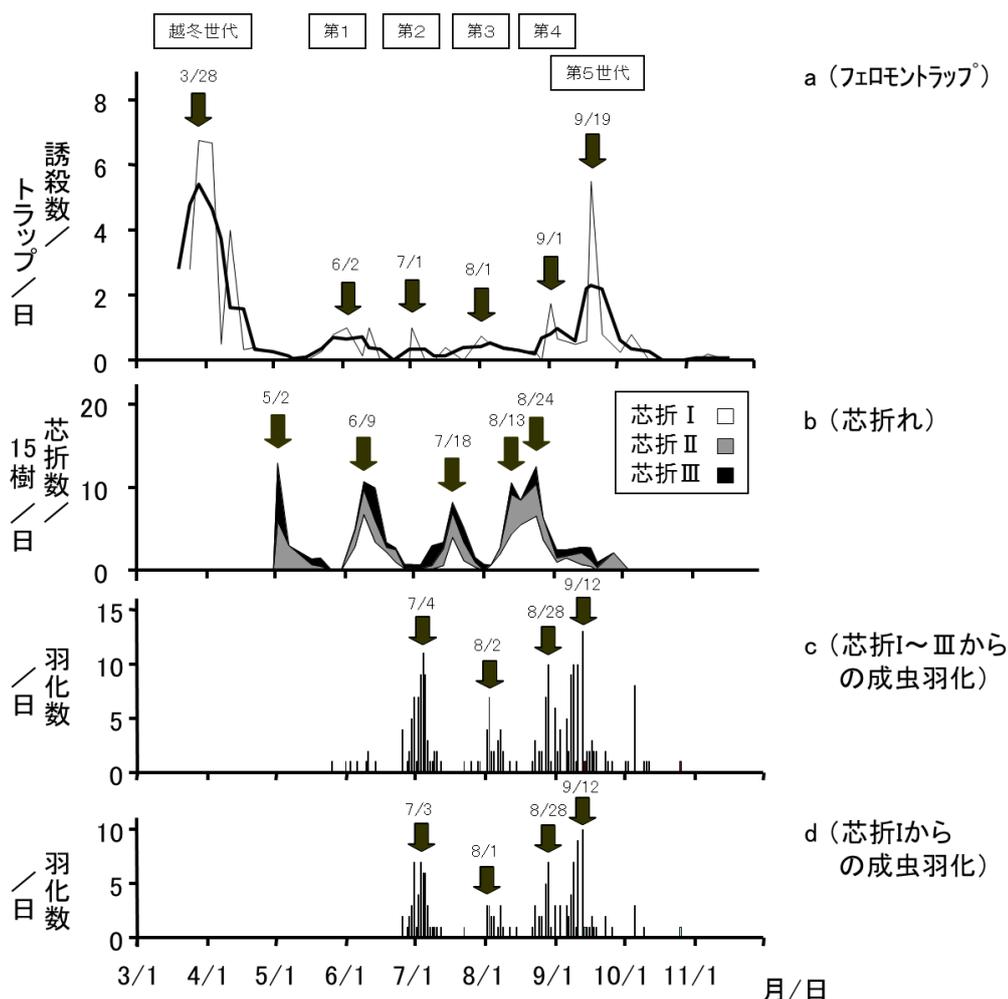
芯折れ症状の進行程度別に発生消長を分類すると、第 1 世代については「芯折Ⅱ」と「芯折Ⅲ」の症状のみ確認され、第 2 世代以降からは「芯折Ⅰ」～「芯折Ⅲ」のすべての症状が確認された（第 1 b 図）。

芯折れ内の幼虫を飼育室内で羽化させた成虫個体について、羽化日と日当たり羽化数を調べ、室内飼育下で測定した有効積算温度を野外条件下での羽化日に補正して羽化消長を示した（第 1 c 図、第 1 d 図）。「芯折Ⅰ」～「芯折Ⅲ」の芯折れからの羽化消長では、7 月 4 日、8 月 2 日、8 月 28 日、9 月 12 日に羽化盛期が確認され、「芯折Ⅰ」の芯折れからの羽化消長では、7 月 3 日、8 月 1 日、8 月 28 日、9 月 12 日に羽化盛期が確認され、両者の各世代における羽化盛期はほぼ一致した。また、芯折れ症状の進行程度の違いにより、幼虫捕獲日から成虫羽化日までの有効積算温度に差があるか否かを検討するため、「芯折Ⅰ」の有効積算温度と「芯折Ⅱ」および「芯折Ⅲ」の有効積算温度を比較し、幼虫捕獲日から成虫羽化日までの有効積算温度について各世代において統計的な有意差検定を行ったところ、いずれの世代においてもそれぞれの有効積算温度の間には有意差は認められなかった（第 1 表；Wilcoxon の順位和検定、 $p < 0.05$ ）。

3. ナシヒメシンクイ成虫発生盛期の予測精度の検証

フェロモントラップによるナシヒメシンクイの誘殺盛期（実測日：第 1 a 図の矢印）と、芯折れ調査で捕獲した幼虫を用いた成虫の羽化盛期（実測日：第 1 c 図の矢印）の日偏差を各世代で示すと、第 2 世代では 3 日（7 月 1 日と 7 月 4 日）、第 3 世代では 1 日（8 月 1 日と 8 月 2 日）、第 4 世代では 4 日（9 月 1 日と 8 月 28 日）、第 5 世代では 7 日（9 月 19 日と 9 月 12 日）であった。

次に、フェロモントラップ調査について、越冬世代の誘殺盛期を起算日とした各世代の誘殺盛期の予測日と誘殺盛期の実測日との日偏差を比較すると、2014 年の気温を用いた予測日と実測日との偏差は 0 日～11 日、平年値を用いた予測日と実測日との偏差は 0 日～14 日であった。



第1図 フェロモントラップによるナシヒメシンクイ雄成虫の誘殺数、芯折れ数、芯折れ症状別の成虫羽化数の季節的消長(2014年)
 a: フェロモントラップ調査の細線は実際の誘殺数, 太線は移動平均値(3区画)を示す。
 矢印は各世代の誘殺盛期を示す。
 b: 矢印は各世代の芯折れ発生盛期を示す。
 c, d: 矢印は各世代の羽化盛期を示す。

第1表 芯折れ症状の進行程度がナシヒメシンクイの有効積算温度に及ぼす影響

世代	芯折れ症状 I		芯折れ症状 II および III		I と II・III の有意差検定 ^{b)}
	羽化個体数	有効積算温度 ^{a)}	羽化個体数	有効積算温度	
越冬	—	—	8	242.9 ± 14.1	—
第1	47	237.2 ± 4.8	19	226.8 ± 8.8	n.s.
第2	18	259.5 ± 4.8	12	264.0 ± 13.2	n.s.
第3	72	254.4 ± 4.4	26	262.2 ± 9.3	n.s.
第4	5	261.4 ± 6.3	9	249.0 ± 8.7	n.s.

^{a)} 芯折れ内幼虫の幼虫捕獲日から成虫羽化日までの有効積算温度(発育零点11.1°C, 発育上限温度35.0°C). 数値は平均値 ± SE.

^{b)} Wilcoxon の順位和検定($p < 0.05$). n.s. は有意差なしを示す。

第2表 フェロモントラップによるナシヒメシロクイの誘殺盛期予測日と実測日の偏差

世代	フェロモントラップによる誘殺盛期			予測日と実測日との偏差(日)	
	予測日		実測日 ^{c)}	a-c	b-c
	2014年 ^{a)}	平年 ^{b)}			
越冬	-	-	3月28日	-	-
第1	5月27日	5月30日	6月2日	6	3
第2	7月1日	7月1日	7月1日	0	0
第3	7月27日	7月26日	8月1日	5	6
第4	8月21日	8月18日	9月1日	11	14
第5	9月18日	9月11日	9月19日	1	8

第3表 芯折盛期を起算日としたナシヒメシロクイ成虫の羽化盛期予測日と実測日の偏差

世代	芯折発生盛期 実測日 ^{a)}	羽化個体の 平均有効積算 温度(日度) ^{b)}	成虫の羽化盛期			予測日と実測日との偏差(日)	
			予測日		実測日 ^{e)}	c-e	d-e
			2014年 ^{c)}	平年 ^{d)}			
越冬	-	-	-	-	-	-	-
第1	5月2日	242.9 (n= 8)	5月30日	5月30日	(不明)	-	-
第2	6月9日	234.2 (n=66)	6月30日	6月27日	7月4日	4	7
第3	7月18日	261.3 (n=30)	8月2日	8月2日	8月2日	0	0
第4	8月13日	255.8 (n=98)	8月30日	8月28日	8月28日	2	0
第5	8月24日	253.4 (n=14)	9月10日	9月9日	9月12日	2	3

た(第2表).

さらに、芯折れ数調査について、各世代の芯折れ盛期を起算日として、世代ごとに羽化個体から求めた平均有効積算温度を用いて、成虫の羽化盛期予測日を算出したところ、各世代の羽化個体の平均有効積算温度は234.2日度~261.3日度の範囲であった(第3表)。また、成虫の羽化盛期における予測日と実測日との日偏差を比較すると、成虫の羽化盛期が確認された第2世代~第5世代では、2014年の気温を用いた予測日と実測日との偏差は0日~4日、平年値を用いた予測日と実測日との偏差は0日~7日であった(第3表)。

IV 考察

1. 芯折れ調査の発生予察手法としての有効性

本研究や福島県の芯折れ調査では、芯折れ内の幼虫を発生予察の指標の一つに用いることから、芯折れ症状の進行程度の違いによって幼虫の発育状況が大きく異なり、予測値にも大きな誤差を生じさせる可能性が考えられた。佐々木ら⁹⁾の調査においても、ナシヒメシロクイ幼虫による食害間もない芯折れを供試していることから、この予察手法では、ある程度発育ステージが揃った幼虫を供試の方が望ましいことが推測された。本研究では、「芯折I」だけでは発生盛期が検出できない世代がある

一方、「芯折I」から「芯折III」までのすべての芯折れを供試する方が各世代の芯折れ発生盛期を検出しやすかった(第1b図)。また、佐々木²⁾は芯折れ症状の経時変化を調べ、食害5日後には芯折れ部の新梢の葉と茎の部分が萎え黒褐色に変色するが、芯折れ内には幼虫が息をすること、そして、食害7日後には新梢先端部が黒褐色に変色枯死し、幼虫が確認されなくなることを示している。本研究では、芯折れ調査の間隔が約5日毎であったことから、幼虫不在の芯折れを供試するリスクが軽減され、各世代の芯折れ発生盛期が明確に検出されたと思われる。

芯折れ内の幼虫を用いた成虫への羽化盛期については、「芯折I」から捕獲した幼虫の羽化盛期と、「芯折I」から「芯折III」までのすべての芯折れから捕獲した幼虫の羽化盛期はほぼ一致した(第1c, 1d図)。また、幼虫捕獲日から成虫羽化日までの有効積算温度は、各世代の「芯折I」からの羽化個体の有効積算温度と「芯折II」および「芯折III」からの羽化個体の有効積算温度には有意差は認められなかった(第1表)。よって、羽化盛期の予測についても、「芯折I」から「芯折III」までのすべての芯折れの活用は、平均有効積算温度に相違がないため、羽化盛期の予測に影響を及ぼさないと考えられた。

本研究では、芯折れ発生盛期を起算日として、幼虫捕獲

日から成虫羽化日までの有効積算温度を活用することによって、成虫羽化日の予測が可能であることが示唆された(第3表)。佐々木ら⁹⁾は、発育日数を半旬別平均気温から求めた回帰式を算出し、芯折れ発生日と回帰式から求めた発育日数を用いて成虫の発生日を予測できることを示している。本研究では、有効積算温度を指標としたため、回帰式は作成していないが、今後、調査データを蓄積し、回帰式の作成を試みる必要があると思われる。

また、フェロモントラップによる誘殺盛期と芯折れ内幼虫個体による羽化盛期は早い世代ほど概ね近似した(第1a図、第1c図)。さらに、フェロモントラップによる越冬世代の誘殺盛期を起算日とした各世代の誘殺盛期の予測(第2表)と各世代の芯折盛期を起算日とした各世代の幼虫捕獲日から成虫羽化日までの有効積算温度を用いた羽化盛期の予測(第3表)を比べると、フェロモントラップによる誘殺盛期予測よりも芯折盛期を起算日とした羽化盛期予測において、予測日と実測日との誤差(日偏差)がやや小さい傾向が見られた。これは、フェロモントラップによる誘殺盛期予測については、すべての世代の予測盛期が、越冬世代の誘殺盛期をそれらの起算日としているため、後半の世代ほど誤差が大きくなる傾向にあるのに対し、芯折盛期を起算日とした羽化盛期予測の場合には、各世代の芯折盛期をそれぞれの起算日としているため、後半の世代でも誤差が大きくならなかったと推測される。

さらに、芯折盛期を起算日として、幼虫捕獲日から成虫羽化日までの有効積算温度を用いた羽化盛期の予測(第3表)において、羽化盛期の予測日を調査年(2014年)と平年と比較したところ、平年の方が予測日と実測日の誤差(日偏差)がやや大きくなる場合があったものの、概ね一致する傾向が見られた(第3表)。生産現場においてこの予察手法を調査期間中に使用する場合には、調査日までは調査年の気温を用い、調査日以降は平年値の気温を用いて予測する¹²⁾ことから、生産者がリアルタイムで予察する手法としても活用できることが示唆された。

2. シンクイムシ類の発生予察調査基準の改訂に向けて

農林水産省発行の「発生予察事業の調査実施基準」¹⁰⁾では、シンクイムシ類の欄には「フェロモントラップへの雄成虫の誘殺状況、幼虫によるモモの心折れ及び果実被害の発生状況を主体として発生予察を行う」としており、モモの芯折れ調査は「管理の良好な園及び不良な園から各3～5樹を選定し、新しい心折れ数を調査し、1樹当たりの心折れ数を求める」と記載されている。しかしながら、芯折れ調査による成虫の発生予察の具体的な調査基準は明示されておらず、本研究を含む「発生予察

の手法検討委託事業」の研究成果によって初めて改訂案が示されることになる。佐々木ら⁹⁾は、芯折れの発生消長と芯折れ内の幼虫の発育データを用いることによって、成虫の発生盛期の予測が可能であることを示した。本研究においても、芯折発生盛期を起算日として幼虫捕獲日から成虫羽化日までの有効積算温度を用いた羽化盛期予測は、フェロモントラップによる越冬世代誘殺盛期を起算日とした各世代誘殺盛期予測の代替法としても有効であることが示唆され、福島県で開発された予察手法が熊本県でも活用できることが示された。

本委託事業では、ナシヒメシンクイのフェロモントラップに代わる調査手法として、本研究で示したモモの芯折れを用いた発生予察の他に、サクラに設置したフェロモントラップによるナシヒメシンクイ成虫の誘殺盛期予測についても調査・開発が行われている⁵⁾。サクラに設置したフェロモントラップを用いてナシヒメシンクイ成虫の発生消長を調べる手法は、熊本県や茨城県などでは実施できるものの、福島県などの北日本地域など、サクラにナシヒメシンクイが発生しない地域では実施できない⁶⁾。また、本研究で示した代替法についても、芯折れ調査と芯折内の幼虫飼育には労力・コスト面で負担が大きいため、交信かく乱剤によってフェロモントラップによる誘殺調査が困難な地域で実施・運用するのが望ましいと思われる。

現在、発生予察事業の調査実施基準の改訂作業が農林水産省や関係機関で進められている。本委託事業で取り組まれた発生予察手法については、各都道府県での実証調査を踏まえたうえで、新実施基準として掲載するか否かの判断がなされる予定である。今後、実証調査を積み重ね、各地域に適した手法に改良することが重要であると思われる。

VI 引用文献

- 1) 奥 俊夫(2016):日本農業害虫大辞典 インターネット版. 全国農村教育協会, 東京, http://www.boujo.net/gaichujiten/book01_425_gaichu.html?type=jiten-gaicyu05 (2016年1月16日閲覧)
- 2) 佐々木正剛(2015):ナシヒメシンクイの発生をモモの新梢被害から予測する. 植物防疫, 69, 230-236.
- 3) 平松高明(1999):「農業総覧 原色 病虫害診断防除編 6」, 農山漁村文化協会, 11-16.
- 4) 田中福三郎・矢吹 正(1978):性フェロモントラップによるナシヒメシンクイの発生時期の予察. 日本応用動物昆虫学会誌, 22: 162~168.
- 5) 杉浦直幸(2015):サクラに設置したフェロモントラップによるナシヒメシンクイ成虫の発生予察. 植物

- 防疫, 69, 237-241.
- 6) 果樹研究所(編)(2015):「平成26年度 発生予察の手法検討委託事業 フェロモン剤等外部因子に影響されない発生予察手法の確立事業調査報告書」, 果樹研究所, 19-25.
- 7) 熊本県(編)(2014):「平成24年産熊本県果樹振興実績書」, 熊本県, 4-7.
- 8) 佐々木正剛・瀧田克典・星 博綱(2013a): 交信かく乱剤処理園に隣接したモモ園におけるフェロモントラップに代わるナシヒメシンクイの発生時期の予察手法 1 バンドトラップ. 北日本病害虫研究会報, 64: 210-213.
- 9) 佐々木正剛・瀧田克典・星 博綱(2013b): 交信かく乱剤処理園に隣接したモモ園におけるフェロモントラップに代わるナシヒメシンクイの発生時期の予察手法 2 モモ芯折れの季節変動. 北日本病害虫研究会報, 64: 214-217.
- 10) 農林水産省(2015): 発生予察事業の調査実施基準. 農林水産省生産局植物防疫課, 東京, http://www.jppn.ne.jp/jpp/bouteq/hasseyosatu_kijyun.html (2015年9月23日閲覧)
- 11) Masui, S. (2008): Estimation of the immigration time of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) adults in citrus orchards as a function of the total effective temperature. *Applied Entomology and Zoology*, 43(4): 511-517.
- 12) JPP-NET (2015): 病害虫発生予測データベース 有効積算温度計算シミュレーション version2. 一般社団法人 日本植物防疫協会, 東京, <http://www.jppn.ne.jp/member/> (2015年8月15日閲覧)
- 13) 渡辺和弘・結城昭一(1993): ナシヒメシンクイ成虫の発生時期予測. 北日本病害虫研究会報, 44: 164-166.

Summary

Re-analysis of Forecasting the Emergence of Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta* (Busck), by injured Shoots in Peach orchard

Naoyuki SUGIURA, Toru KIYONAGA and Hirokazu YAMADA

To evaluate the effectiveness as an alternative forecasting method for the emergence of Oriental Fruit Moth *Grapholita molesta* (Busck), occurrences of injured peach shoots by larvae in mating disruptor non-treated peach orchards were investigated. The peaks of injured shoots were detected in each generation. The peaks of emergence were also detected in each generation by rearing the larvae in the injured shoots in our laboratory. Based on the peaks of injured shoots, the peaks of emergence were capable to be forecasted in each generation. Therefore, injured peach shoots and emergence were suggested to be effective as an alternative to pheromone trap.