卵接種前の人工飼料の表面加工および卵接種後に飼料に置く吸収紙の種類がイモゾウムシの生存に及ぼす影響

大野 豪¹⁾・浦崎貴美子²⁾・佐藤 幸恵²⁾・原口 大²⁾・小濱 継雄¹⁾
(¹⁾ 沖縄県農業研究センター・²⁾ 沖縄県ミバエ対策事業所)

Effects of surface processing of artificial diets before egg seeding and the type of absorbent paper placed on the diet after egg seeding on survival of the West Indian sweetpotato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). Suguru Ohno¹⁾, Kimiko Urasaki²⁾, Yukie Sato²⁾, Dai Haraguchi²⁾ and Tsuguo Kohama¹⁾ (¹⁾ Okinawa Prefectural Agricultural Research Center, Itoman, Okinawa 901-0336, Japan. ²⁾ Fruit Fly Eradication Project Office, Okinawa Prefectural Government, Naha, Okinawa 902-0072, Japan)

To improve the artificial rearing technique for *Euscepes postfasciatus*, we investigated the effects of surface processing of artificial diets before egg seeding and the type of absorbent paper placed on the diet after egg seeding on survival and development of the species. Two surface-processing methods (grooving in a cross-hatched pattern and punching many holes) and two types of absorbent paper (Kimwipes® and filter paper) were tested. Compared to the diet that was not surface processed, neither grooving nor punching significantly affected the survival rate when Kimwipes was used. When the diet surface was grooved, the survival rate with the use of filter paper was comparable to that with the use of Kimwipes; when the filter paper was used with non-processed or punched diet, the survival rate drastically decreased. A combination of non-processed diet and Kimwipes was considered to be the best for mass rearing of *E. postfasciatus* in terms of ensuring a higher survival rate of insects and reducing labor cost.

Key words : diet preparation, furcellaran, Okinawa, quarantine pest, sterile insect technique

緒 言

イモゾウムシ *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) (ゾウムシ科) は、サツマイモ *Ipomoea batatas* (L.) Lam. の世界的な大害虫である。西インド諸島原産と考えられる本種は、世界各地に侵入し、サツマイモ塊根の生産に深刻な被害を及ぼしてきた (Raman and Alleyne, 1991)。日本においても、20世紀半ばに沖縄本島で本種の侵入が確認されて以来、南西諸島のほぼ全域に分布を拡大して被害を及ぼしている (小濱, 1990)。本種は日本の植物防疫法で特殊害虫に指定されており、発生地から未発生地への寄主植物の移動が規制されているため、南西諸島で生産されたサツマイモを日本本土に出荷することができず、サツマイモ生産振興上の大きな障害となっている。この問題の根本的な解決のため、沖縄県は、不妊虫放飼法によるイモゾウムシ根絶の試みを久米島で開始した (久場ら, 2000)。これまで、イモゾウムシ成虫の生産には生の

サツマイモ塊根が用いられてきたが、サツマイモが高価であることと、予期せぬ生産数の低下がしばしば起こることにより、不妊虫放飼に十分な数の成虫が確保できない状況が続いている (大野ら, 2006a)。このため、本種の根絶成功のためには、原材料が安価であり、品質も安定している人工飼料を用いた大量増殖法の確立が欠かせない。

我々は、これまでに開発された本種の人工飼育法 (下地, 2004) を、不妊虫放飼に寄与しうる大量増殖法に拡張するために、飼料への卵接種法や飼料の作製法の改良を試みてきた (大野ら, 2006a)。卵接種法に関しては、煩雑であった従来の卵接種 (筆を用いて手作業で卵を飼料表面に並べる方法; 下地, 2004) にかわって、卵を海草由来の増粘安定剤の一種であるファーセララン (furcellaran) の水溶液と混合してから人工飼料表面に滴下するという簡便な卵接種法 (ワタミハナゾウムシ *Anthonomus grandis* (Boheman) の大量増殖に用いられた方法; Sikorowski et al.,

(1984)のイモゾウムシ飼育への導入を検討してきた(大野ら, 2006a)。この過程で、ファーセレラン水溶液の使用による、孵化後の生存率の著しい減少が問題となったが(Ohno et al., 2007)、この問題は、卵接種後の飼料表面にファーセレラン水溶液を吸収させるための紙(キムワイプ[®], 日本製紙クレシア)を置き、さらに飼育容器の通気性を確保して水溶液の水分の揮発を促進させることによっておおむね解決された(Ohno et al., 2009)。一方で, Ohno et al. (2007; 2009)の実験結果を通じて、生存率のさらなる向上に寄与しうる、2つの検討課題が残された。

ひとつは、卵接種前の飼料の表面加工の必要性の検討である。ファーセレラン水溶液を使用しない従来の卵接種法では、飼料表面に溝をつけてから卵を接種することにより明らかな生存率の向上がみられたが(下地, 2004)、ファーセレラン水溶液を使用した場合、接種前に溝をつけても生存率は有意に上昇しなかった(Ohno et al., 2007)。しかし, Ohno et al. (2007)による比較は、ファーセレラン水溶液の使用によって孵化後の生存率が低下した状態で行われたものであり、接種後の飼料表面への紙置きと容器の通気性確保によって生存率が向上した条件下(Ohno et al., 2009)における、表面加工の生存率への影響は明らかでない。ふたつ目は、飼料表面に置く吸収紙の種類の検討である。Ohno et al. (2009)は、接種後にキムワイプを1枚置いた場合と2枚重ねて置いた場合に、生存率に有意な差がみられないことを明らかにしたが、ろ紙のようなより吸水性が高いと考えられる紙を置いた場合の生存率への影響は不明である。

さらに、大量増殖向けに作製法が簡易化された人工飼料を用いた場合においても、ファーセレラン水溶液の使用が可能かどうかを確認する必要がある。従来のイモゾウムシ飼料の作製法は、原料の混合・加熱の際に、混合液の温度の変化に応じてそれぞれの原料を投入するという煩雑なものであった。浦崎ら(2009)は、すべての原料を混合した後に加熱するという簡易な作製法を試み、ファーセレラン水溶液を用いない飼育法の下では、この簡易化により2日程度の発育遅延が生じた。これは飼料の物性の変化、とりわけ簡易法で作製した飼料の表面がより湿った状態にあることと関連している可能性が指摘された(浦崎ら, 2009)。一方で、この発育遅延の程度は小さく(全発育期間の5%以下)、他の生存・発育の指標への悪影響もみられなかったことから、簡易法で作製した飼料は本種の大量増殖にとって有望であると考えられた(浦崎ら,

2009)。しかし、ファーセレラン水溶液の使用もまた発育遅延をもたらすため(Ohno et al., 2007)、簡易な方法で作製した飼料とファーセレラン水溶液を組み合わせ使用した場合に顕著な発育遅延が起らないことを確認する必要がある。

こうした背景から、本研究では、ファーセレラン水溶液を用いた卵接種法の下で、接種前の飼料の表面加工、接種後に飼料表面に置く紙の種類、および飼料作製法の簡易化の3つの要因が、イモゾウムシの生存・発育に及ぼす影響を調べた。本文に入るに先立ち、実験作業を手伝って下さった沖縄県ミバエ対策事業所の澤嶺美奈子氏にお礼申し上げる。

材料および方法

1. 供試虫、卵接種液および人工飼料の調製

1994年8月に沖縄県読谷村のサツマイモ圃場で採集され、沖縄県ミバエ対策事業所において、 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、明期14時間：暗期10時間の条件下でサツマイモ塊根を用いて累代飼育(年当たり5世代)されたイモゾウムシを試験に用いた。2004年2月から4月にかけてサツマイモ塊根から自然脱出した成虫を用い、大野ら(2004)の方法で同年4月に採卵した。水道水中に集めた卵を黒色ナイロンゴースで濾しとった後、乾いたろ紙を敷いたプラスチックシャーレ内にゴースごと置き、 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度60-90%、明期14時間：暗期10時間に保たれた恒温器中に6日間保管した。ゴース上の卵は凝集して固まりになっているため、使用の直前に蒸留水をかけ、面相筆を用いて丁寧にほぐした。これらの卵約3万個を14%食塩水に浸漬し、容器の底に沈んだ卵(飼料の汚染源になる；大野・小濱, 2007)を除去してから蒸留水でよくすすいだ。大野ら(2006b)のメスシリンダーを用いた卵数推定法によって卵数を推定したのち、卵を70%エタノールへ5分間浸漬後5%ホルムアルデヒド液に20分間浸漬する方法(大野ら, 2008)により消毒した。消毒卵は、高圧蒸気滅菌(121°C , 40分)ののち室温に戻した0.6%ファーセレラン水溶液(蒸留水とファーセレラン粉末(伊那食品工業)を重量比500:3で混合したもの)と混合し、卵数推定結果に基づいて1 mlあたり55卵を含むように調整した。卵をファーセレラン水溶液中に均一に拡散させるため、混合液はよく攪拌した。以降の作業において、人工飼料およびファーセレラン水溶液と卵の混合液を扱う際の容器や器具はすべて、使用前に高圧蒸気滅菌(121°C , 40分)あるいは70%エタノール噴霧により消毒した。

従来の作製法による人工飼料には浦崎ら (2009) の飼料Bを、簡易な作製法による飼料には同文献の飼料Cを用いた。両飼料とも、原料の混合・加熱後、ガラスシャーレ (直径9 cm, 高さ2 cm) に23g ずつ分注して底面にまんべんなく延ばし、室温下で自然冷却した。飼料の作製は従来法・簡易法それぞれにつき3回行い、合計でそれぞれ33枚・35枚のシャーレを準備した。シャーレには蓋をし、使用まで冷蔵庫 (4℃) に保管し、作製日から2日以内に試験に用いた。

2. 飼料の表面加工, 卵接種および卵接種後の紙置き

飼料の表面加工に関し、溝付け加工に加えて、今回新たに、剣山を用いて穴をあける方法を試みた。溝付けには、ノコギリの刃を5 cm 程度の長さで切ったものを用い、シャーレ内の飼料表面に、幅・深さとも1 mm 程度の溝を、約6 mm 間隔で8本×8本の格子状に切った。穴あけについては、飼料表面の直径7 cmの範囲内に剣山を刺し、直径約1 mmの穴を330個あけた。従来法・簡易法で作製した飼料それぞれを、溝付け加工、穴あけ加工および表面加工を行わない無加工区の3群に分けた (各群11または12シャーレ)。

表面加工終了後すみやかに、合計68枚のシャーレそれぞれにつき、上記の卵とファーセラン水溶液の混合液2 mlを、マイクロピペット (卵が詰まらないよう先端から2 mm 程度を切り落としたチップを装着した) を用いて、飼料表面の中心からおおむね直径5 cmの範囲内に滴下した。この作業はクリンベチ内で行った。ファーセラン水溶液中に含まれる正確な卵数を推定するため、接種作業と並行し、卵とファーセラン水溶液の混合液から同一のマイクロピペットで2 mlをサンプリングし、プラスチックシャーレ内に滴下して実体顕微鏡下で卵を数数する作業を10回繰り返した。混合液2 mlあたりの平均卵数は107.8個 (± 3.2 ; 標準誤差) であった。

接種後に飼料表面に置く吸収紙として、Ohno et al. (2009) が使用したキムワイブに加えて、今回はろ紙 (ADVANTEC 2, 東洋濾紙) を比較のために用いた。いずれも使用前に6 cm×5.5cmの長方形に切り分け、高圧蒸気滅菌 (121℃, 40分) した。上記の飼料の表面加工時に11-12シャーレずつに分けた各群をさらに5-6シャーレを含む2群ずつに分け、ピンセットを用いて、一方にはキムワイブを、もう一方にはろ紙を1枚ずつ、飼料表面の卵とファーセラン水溶液の混合液が滴下された部分に紙が均一に貼り付くよう静かに置いた。紙置き後のシャーレは、通気性確保のために身と蓋を2 cm 幅のセロハンテープで2箇所止め

(Ohno et al., 2009), 卵保管時と同一の条件に設定された恒温器中に保管した。恒温器中のシャーレの配置は、飼育終了まで少なくとも週1回、ランダムに入れ替えた。

3. 生存・発育の指標の測定および統計解析

Ohno et al. (2009) に準じ、虫の生存・発育の指標を以下のように測定した。幼虫の発育が進むと、幼虫はシャーレ底面に蛹室をつくるため (下地, 2004), 接種後7日に1回、すべてのシャーレについて、シャーレ底面を観察して羽化個体を計数した。卵接種から羽化までの週数を発育期間の指標とした。シャーレ外部から観察可能な個体の羽化が終了した時点で、飼料表面に置いた紙をはがして飼料表面を肉眼で観察したのち、飼料を取り出して分解し、シャーレごとの羽化成虫数を計数した。この値を生存率の指標とした。さらに、羽化成虫数が著しく減少しなかった処理区については、各シャーレから雌雄それぞれ1-4頭をランダムに選び、実体顕微鏡に設置した接眼マイクロメーターによって左上翅長を計測し、これを体サイズの指標とした。

シャーレあたりの羽化成虫数については、各データに0.5を足して平方根変換したのち、飼料の表面加工 (無加工・溝付け・穴あけ)、吸収紙の種類 (キムワイブ・ろ紙)、および飼料作製法 (従来法・簡易法) の3要因を処理効果に含めた分散分析によって検定した。検定後、有意な効果がみられなかった処理に関してデータをひとまとめにし、Tukey-KramerのHSD検定によって多重比較を行った。接種から羽化までの週数と上翅長については、羽化成虫数が著しく減少しなかった処理区だけを対象とし、同一処理区の異なるシャーレ由来のデータはひとまとめにして、データを常用対数に変換したのちに分散分析を行い、必要に応じて多重比較を行った。上翅長は雌のほうが長いため (大野ら, 2004; Ohno et al., 2009; 浦崎ら, 2009), 雌雄別に分析した。統計的有意性は5%水準で判定した。

結 果

シャーレあたりの羽化成虫数に対する分散分析の結果をTable 1に示した。飼料の表面加工と吸収紙の種類の効果、およびそれらの交互作用は有意であったが、飼料作製法の効果、および他のすべての交互作用は有意ではなかった。そこで、飼料作製法の差を考慮せずにデータをまとめたうえ、多重比較を行った。その結果、キムワイブを置いた3処理区については、飼料の表面加工の有無や種類にかかわらず、羽化成虫数に有

Table 1 ANOVA table listing the effects of the different treatments on the number of adults that emerged as an index of the survival rate of *E. postfasciatus*^{a)}

Factor	df	SS	F value	P
A : surface processing of diet ^{b)}	2	12.920	9.679	<0.001
B : type of absorbent paper ^{c)}	1	19.279	28.884	<0.001
C : diet preparation method ^{d)}	1	0.904	1.354	0.250
A × B	2	5.024	3.763	0.029
A × C	2	2.029	1.520	0.228
B × C	1	0.245	0.366	0.547
A × B × C	2	0.832	0.623	0.540
Error	56	37.377		

a) Five or six Petri dishes were used for each combination of surface processing of the diet, type of absorbent paper, and diet preparation method (three factors, a total of 12 treatments). An average of 108 eggs were seeded on 23 g of the diet with 2 ml of 0.6% furcellaran solution and incubated at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ under 14L10D for 12 weeks. Data (x) were transformed to $(x + 0.5)^{0.5}$.

b) Non-processed, grooved in a cross-hatched pattern (8×8 lines, each 1 mm in depth and width) or punched (330 holes, each with a diameter of 1 mm). c) A piece of Kimwipes® (Nippon Paper Crexia, Japan) or filter paper (Advantec 2; Toyo Roshi Kaisha, Japan), each cut into a 6cm×5.5cm rectangle. d) Diet prepared by a traditional method or a simple method using the same ingredients (see Urasaki et al., 2009 for details).

意な差がなかった (Fig. 1)。ろ紙を置いた3処理区については、飼料表面に溝付けを行った区をのぞいて、キムワイプを置いた処理区群よりも顕著に羽化成虫数が少なく、この差は有意だった (Fig. 1)。羽化虫数が少なかった2つの処理区 (無加工+ろ紙区・穴あけ

+ろ紙区) では、どのシャーレでも例外なく、ろ紙をはがしたあとの飼料表面に多数の1齢幼虫の死骸が観察された。一方、残りの4処理区では飼料表面上の死亡幼虫はほとんど観察されなかった。これにより、上記2処理区においては、虫の死亡が主に飼料への食入前に起こっていることがわかった。

卵接種から羽化までの週数の比較においては、羽化虫数が顕著に少なかった2つの処理区 (無加工+ろ紙区・穴あけ+ろ紙区) のデータは除外し、別々の要因として分散分析に含めていた飼料の表面加工と吸収紙の種類を、ひとつの「接種前後の処理」としてまとめ (無加工+キムワイプ、穴あけ+キムワイプ、溝付け+キムワイプ、溝付け+ろ紙の4処理区)、これと飼料作製法との2要因の分散分析を行った。その結果、接種前後の処理と飼料作製法の両方の効果が有意であり、それらの交互作用は有意ではなかった (Table 2)。接種前後の処理と飼料作製法のどちらかまたは両方が互いに異なる8処理区間で多重比較したところ、溝付け+ろ紙区において他の区よりも発育が短縮される傾向、および簡易な方法で作製した飼料で発育が延長する傾向があるように思われたが、多くの場合でその差は統計的には有意ではなかった (Fig. 2A)。同一の飼料作製法内で見ると、溝付け+ろ紙区より有意に発育期間が延長したのは穴あけ+キムワイプ区だけであった。また、同一の接種前後処理内で見ると、いずれの場合でも簡易法で作製した飼料のほうが平均発育期間が長かったが、有意差はなかった (Fig. 2A)。異なる飼料間での平均発育期間の差は、同一の接種前後

Fig. 1 Number of *E. postfasciatus* adults that emerged (mean $\pm$ SE) as an index of the survival rate in relation to surface processing of artificial diets before egg seeding and the type of paper placed on the diet after egg seeding. Data from different diet preparations (Table 1) were pooled for each treatment group. Bars followed by the same letters are not significantly different (Tukey-Kramer HSD test was performed on data transformed to $(x + 0.5)^{0.5}$, $N = 11-12$ for each group).

Table 2 ANOVA tables presenting the effects of treatment on weeks from egg seeding to adult eclosion as an index of the developmental period and elytron length as an index of the adult body size of *E. postfasciatus*^{a)}

Factor	df	SS	F value	P
Weeks from egg seeding to adult eclosion				
A : treatments before/after egg seeding ^{b)}	3	0.0455	5.578	0.001
B : diet preparation method	1	0.0362	13.327	<0.001
A × B	3	0.0078	0.953	0.415
Error	763	2.0738		
Left elytron length (male)				
A	3	0.0007	1.148	0.331
B	1	0.0004	2.163	0.143
A × B	3	0.0011	1.795	0.150
Error	162	0.0333		
Left elytron length (female)				
A	3	0.0034	4.925	0.003
B	1	0.0007	3.173	0.077
A × B	3	0.0006	0.794	0.499
Error	153	0.0356		

a) Data of the treatment groups in which the number of adults was significantly lower than that in the other groups (see Fig. 1) were not included. Data were $\log_{10}$ -transformed. b) Two treatment factors (A and B in Table 1) were combined into one factor, resulting in four treatment groups (i.e., “non-processed diet with Kimwipes”, “punched diet with Kimwipes”, “grooved diet with Kimwipes”, and “grooved diet with filter paper”).

処理内で見ると、最大でも0.3週（2.1日）であった（無加工＋キムワイプ区の値）。

上翅長に対しても同様な分散分析を行ったところ、雄では接種前後の処理、飼料作製法および交互作用のいずれも有意ではなかったが、雌においては、接種前後の処理だけが有意だった（Table 2）。そこで、雌上翅長に対し、飼料作製法の差を考慮せずにデータをまとめて多重比較を行ったところ、飼料表面に溝付け加工をした区の値は無加工の区の値に比べて有意に小さく、穴あけ加工をした区の値はそれらの値の間であり、どちらも有意差がなかった（Fig. 2B）。

考 察

本研究では、ファーセラン水溶液を用いた卵接種法下における卵接種前の飼料の表面加工、接種後に飼料表面に置く紙の種類、および飼料作製法の簡易化がイモゾウムシの生存・発育に及ぼす影響を調べた。どの処理の効果も、多くの場合では従来の方法と羽化虫数において同等であり、場合によっては羽化虫数を減らすこともあった。いくつかの場合では発育期間や上翅長に有意な影響がみられた。以下、これら3つの処理それぞれについて、イモゾウムシの生存・発育への影響および人工飼料を用いた本種の大量増殖への導入

可能性を議論する。

1. 飼料の表面加工

溝付け加工は、ファーセラン水溶液の乾燥を早めるために飼育容器の通気性を確保した条件下においても期待された生存率向上効果を示さないことがわかり、これは通気性が確保されていない条件下で実験を行った Ohno et al. (2007) と同様な結果であった。また、溝付け加工は発育を早めることはなく、一方で雌の体サイズを小型化させる影響があることがわかった。本種の大量増殖の効率に及ぼす雌の小型化は、それに伴って産卵数の減少や成虫寿命の低下をまねく恐れがあり、少なくとも増殖にとって効果的であるとは考えにくい。したがって、溝付け加工をイモゾウムシの大量増殖に導入することに利点はなく、作業上の手間を増やすだけになると考えられる。同様に、剣山による穴あけ加工も、本種の生存・発育に有意な影響を及ぼすことはなかったため、大量増殖に導入する利点はないと考える。

Ohno et al. (2007) は、ファーセラン水溶液を使用した場合に溝付けの生存率上昇効果がみられなかった原因として、二つの説明を考えた。ファーセラン水溶液が存在すると、たとえ孵化幼虫が溝の中にいたとしても幼虫の正常な動きが妨げられ、溝が幼虫の飼料への食入を助ける効果を覆い隠す可能性と、ファー

Fig. 2 Developmental period (weeks from egg seeding to adult eclosion) (A; mean $\pm$ SE, $N=78-120$ for each group) and female elytron length (B; mean $\pm$ SE, $N=37-48$ for each group) of *E. postfasciatus* in relation to the diet preparation method, surface processing of artificial diets before egg seeding, and the type of paper placed on the diet after egg seeding. Bars followed by the same letters are not significantly different (Tukey-Kramer HSD test was performed on $\log_{10}$ -transformed data).

セレラン水溶液により飼料表面がいくらか軟化されるため、溝と他の部分で幼虫の食入のしやすさに差がなくなる可能性である。もし前者が正しければ、通気性確保によってファーセレラン水溶液の乾燥が促進された場合、覆い隠されていた溝の生存率への正の効果が表れてくることが予想される。しかし、通気性を確保して飼育した本研究ではこのような正の効果は検出できなかったため、得られた結果は後者の可能性に都合がよい。同様な議論は、剣山による穴あけ加工によって生存率が上昇しなかった事実にも適用できるであろう。

溝付け加工によって、雌の体サイズの小型化が生じ

た理由は明らかではないが、ひとつの可能性として、この加工によって飼料が外気と触れる面積が増加し、それによって飼料の乾燥が促進され、虫の生育に悪影響を及ぼしたことが考えられる。幼虫の発育中に飼料が乾燥した場合、幼虫の摂食行動あるいは摂食後の消化を阻害しうる。雄よりも体サイズが大きい雌に影響がより表れやすいのかもしれない。

下地 (2004) は、イモゾウムシの人工飼料表面への溝付け加工が虫の生存率を1.6倍上昇させることを示し、これは溝が幼虫の飼料への食入を助けたことによると結論した。類似した飼料の表面加工は、他のゾウムシ科昆虫種の人工飼育においても行われている (Moore and Whisnant, 1985; Brossey et al., 2000; Fisher and Bruck, 2004)。これら他種の例では、表面加工の虫の生存に対する影響は示されていないため、実際に表面加工が役に立っているかどうかは明らかでない。一方で、ファーセレラン水溶液とともに卵を接種した Ohno et al. (2007) と本研究は、下地 (2004) とは異なり、飼料表面への溝付け (さらには穴あけ) が虫の生存に有意な影響を及ぼさないことを示した。我々が得たこれらの結果は、ゾウムシ類の人工飼育において、飼料の表面加工が不可欠でないことを実験的に示した点で重要である。なお、ワタミゾウムシでも、理由は明示されていないが、ファーセレラン水溶液を用いない累代飼育法において採用された飼料の表面加工 (Moore and Whisnant, 1985) が、ファーセレラン水溶液が導入された大量増殖法においては採用されていない (Sikowski et al., 1984)。

2. 飼料表面に置く紙の種類

飼料の表面加工なし、あるいは穴あけ加工をした場合では、ろ紙を使用した場合のほうがキムワイプを使用した場合と比べて、羽化成虫数が顕著に少なく、溝付け加工をした場合に限って、キムワイプとろ紙間で同等であった (Fig. 1)。これにより、ろ紙の使用は虫の生存に顕著な悪影響を及ぼす場合があることが明らかになった。同一の飼料内で見た場合、溝付け+ろ紙区の発育期間は、穴あけ+キムワイプ区のそれよりも有意に短かったが、他の処理区の値とは有意差はなかった (Fig. 3A)。溝付け+ろ紙区の雌の体サイズは、無加工+キムワイプ区のそれより有意に小さく、他の区の値とは有意に異ならなかった (Fig. 2B)。全体として、溝付け+ろ紙区の発育期間や体サイズが、キムワイプを置いた処理区群のそれと比べて顕著に異なるという証拠はなかった。以上の結果は、イモゾウムシの人工飼育におけるファーセレラン水溶液の吸収紙と

して、ろ紙はキムワイプと比べると適用範囲が狭いことを示す。溝付け加工が期待された羽化虫数の増加をもたらさなかった以上、溝付け加工を採用してまでもろ紙を使用する積極的な利点はない。このため、イモゾウムシの大量増殖において、ろ紙はキムワイプの代替資材としては有効でないと結論する。

無加工＋ろ紙区および穴あけ＋ろ紙区においては、ろ紙が幼虫の飼料への正常な食入を阻害していることが強く示唆された。この原因として、ろ紙がキムワイプの場合よりも、飼料表面にすき間なく密着することにより、孵化幼虫の正常な行動を妨げた可能性が考えられる。溝付け＋ろ紙区だけにおいて、キムワイプを置いた処理区群と同程度の数の羽化成虫が得られた理由は、溝付け加工によって、ろ紙がもたらす圧迫から幼虫が逃れやすくなったためであると考えられることができる。したがって、今後さらに吸水性の高い代替資材を検討する場合、キムワイプと同程度に柔らかな素材の使用を試みるべきであろう。

3. 飼料作製法の簡易化

従来法で作製した飼料と簡易法で作製した飼料の間では、羽化虫数に有意な差はみられず (Table 1)、飼料作製法の簡易化による生存率への悪影響はないというこれまでの結果 (浦崎ら, 2009) が、ファーセレン水溶液を卵接種液として使用した場合でも確かめられた。雌雄の体サイズへの飼料作製法の影響も検出されなかった (Table 2)。一方で、発育期間に対する飼料作製法の効果は有意であったため (Table 2)、ファーセレン水溶液の使用下においても、飼料作製法が発育期間に影響することがわかった。しかし、簡易法で作製した飼料とファーセレン水溶液の相乗効果によって顕著な発育遅延が起こることはなかった。これらの結果から、浦崎ら (2009) による飼料の簡易作製法は、ファーセレン水溶液を使用するイモゾウムシの大量増殖に導入可能であると結論する。

引用文献

- Brossey, B., D. Eberts, E. Morrison and T. R. Hunt (2000) Mass rearing the weevil *Hylobius transversovittatus* (Coleoptera: Curculionidae), biological control agent of *Lythrum salicaria*, on semiartificial diet. J. Econ. Entomol. 93: 1644-1656.
- Fisher, J. R. and D. J. Bruck (2004) A technique for continuous mass rearing of the black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus*. Entomol. Exp. Appl. 113: 71-75.
- 小濱継雄 (1990) 沖縄におけるアリモドキゾウムシ及びイモゾウムシの侵入の経過と現状. 植物防疫44: 115-117.
- 久場洋之・照屋 匡・榊原充隆 (2000) 不妊虫放飼法によるゾウムシ類の根絶 (9) 久米島における根絶実証事業. 植物防疫54: 483-485.
- Moore, R. F. and F. F. Whisnant (1985) *Anthonomus grandis*. In: Handbook of Insect Rearing, Vol. 1 (Singh, P. and R. F. Moore eds.). Elsevier Science Publishers (New York): pp. 217-225.
- 大野 豪・佐々木智基・浦崎貴美子・小濱継雄 (2004) エタノールによる卵表面処理がイモゾウムシの孵化後の生存・発育に及ぼす影響. 九病虫研会報50: 40-43.
- 大野 豪・原口 大・浦崎貴美子・小濱継雄 (2006a) サツマイモの大害虫イモゾウムシ—久米島における発生生態と防除の現状. 昆虫と自然41 (14): 25-30.
- 大野 豪・佐々木智基・中村隆文・原口 大・浦崎貴美子・小濱継雄 (2006b) メスピペットとメスリッダーを用いたイモゾウムシ卵の簡易計数法. 応動昆虫50: 51-56.
- 大野 豪・小濱継雄 (2007) 食塩水に沈む卵の除去によるイモゾウムシ人工飼料の細菌汚染の低減. 九病虫研会報53: 56-58.
- Ohno, S., T. Sasaki and T. Kohama (2007) Effect of furcellaran solution as an egg-seeding agent on post-hatching survival and development of the West Indian sweetpotato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). J. Asia-Pac. Entomol. 10: 1-7.
- 大野 豪・佐々木智基・佐藤幸恵・浦崎貴美子・原口 大・小濱継雄 (2008) イモゾウムシ卵のエタノールまたはホルマリンへの浸漬および2種消毒液の組み合わせ処理による人工飼料のバクテリア汚染抑制. 昆虫 (ニューシリーズ) 11: 169-178.
- Ohno, S., T. Sasaki, K. Urasaki and T. Kohama (2009) Improvement of survival of the West Indian sweetpotato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae), by placing absorbent paper on the artificial diet after egg seeding and ensuring air permeability of the rearing tray. Appl. Entomol. Zool. 43: 13-22.
- Raman, K. V. and E. H. Alleyne (1991) Biology and management of the West Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus*. In: Sweet Potato

- Pest Management: A Global Perspective (Jansson, R. K. and K. V. Raman eds.). Westview Press (Boulder) : pp. 263-281.
- 下地幸夫 (2004) サツマイモ害虫イモゾウムシの人工飼育法. 沖縄県特殊病虫害特別防除事業特別研究報告 3 : 1 -73.
- Sikorowski, P. P., J. G. Griffin, J. Roberson and O. H. Lindig (1984) Boll Weevil Mass Rearing Technology. University Press of Mississippi (Jackson), pp. 172.
- 浦崎貴美子・大野 豪・原口 大・小濱継雄 (2009) 幼虫用人工飼料作製法の簡易化がイモゾウムシの生存と発育に及ぼす影響. 応動昆53 : 1 -6.
- (2009年2月13日受領 ; 5月8日受理)