

# 뽕나무발효톱밥 급여에 따른 흰점박이꽃무지의 발육 및 산란 특성

문형철\* · 임주락 · 박나영 · 전형권

전라북도농업기술원

## Development and Oviposition Characteristics of *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Cetoniidae) Fed Fermented Mulberry Sawdust

Hyung-Cheol Moon\*, Ju-Rak Lim, Na-Young Park and Hyong-Gwon Chon

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 54591, Korea

**ABSTRACT:** This study investigated the developmental and ovipositional characteristics of *Protaetia brevitarsis* individuals that were fed with fermented mulberry sawdust. The developmental periods of larvae were 164.0, 73.3, and 64.8 days at 25, 28, and 30°C, respectively. The maximum larval weight was 2.94 g at 25°C, and the weight of larvae decreased as temperature increased. The average weight of female adults were 0.94, 0.51, and 0.54 g at 25, 28, and 30°C, respectively. The weight of male adults was higher than that of females. The addition of 10% or 30% wheat bran to the fermented mulberry sawdust increased larval weight. It was possible to sell larvae from 75 days after mass rearing, when the cumulative rate of larvae that were heavier than 2.5 g was approximately 75%. The average number of eggs per female was 83.2 at 25°C, and this was the highest in the 5th week. Most of the eggs (73%) were oviposited between 3 and 8 weeks after adults emergence.

**Key words:** *Protaetia brevitarsis*, Insect industry, Mass rearing, Agricultural by-products

**초 록:** 뽕나무발효톱밥을 이용한 흰점박이꽃무지의 사육 가능성을 검토하기 위하여 발육 및 산란 특성을 조사하였다. 흰점박이꽃무지 유충의 발육기간은 25, 28, 30°C에서 각각 164.0일, 73.3일, 64.8일로 온도가 높을수록 짧아졌다. 평균 유충 최고 무게는 25°C에서 2.94 g으로 가장 높았으며 온도가 높아질수록 유충 무게는 감소하는 경향이였다. 우화한 암컷 성충의 평균 무게는 25, 28, 30°C에서 각각 0.94 g, 0.51 g, 0.54 g이였으며 수컷 성충 무게가 암컷보다 무거웠다. 뽕나무톱밥에 밀기울을 10% 또는 30% 첨가하여 발효시킨 것이 흰점박이꽃무지 유충 발육에 양호하였다. 유충 집단 사육시 2.5 g 이상인 유충의 누적비율이 75% 정도인 사육 후 75일부터 유충 판매가 가능하였다. 흰점박이꽃무지의 평균 산란수는 83.2개이였으며, 우화 후 3~8주 사이에 전체 산란수의 73%가 산란되었고, 5주째 산란수가 가장 많았다.

**검색어:** 흰점박이꽃무지, 곤충산업, 대량사육, 농업부산물

흰점박이꽃무지(*Protaetia brevitarsis*)는 딱정벌레목 풍뎉이과에 속하는 곤충으로 한국, 중국, 일본, 유럽 등에 분포하며 (Park et al., 1994), 성충은 주간에 활동하고 유충은 퇴비나 건초더미 등 유기물이 풍부한 부식성 토양에서 서식하는 것으로 보고되어 있다(Zanng, 1984). 흰점박이꽃무지 유충은 한의학에서 굼벵이 또는 제조라고 하며, 간장병, 아구창, 파상풍, 이노작용 등에 이용하여 왔으며(Hwang et al., 2005), 현재 항균성

단백질, 간 손상보호, 항암효과 등 기능성에 관한 연구가 진행된 바 있다(Kwon et al., 2013).

흰점박이꽃무지는 2016년 12월 식품의약품안전처에 식품으로 등록되었으며(Song et al., 2017b), 국내에서 흰점박이꽃무지를 사육하는 농가수는 2017년 1,195호로 국내 산업곤충 사육농가수의 55.9%, 판매액은 166억원으로 전체 곤충 판매액의 48%를 점유하는 등 국내 산업곤충 시장에서 가장 큰 규모를 차지하고 있다(MAFRA, 2018b).

흰점박이꽃무지 사육과정에서 사료비가 전체 생산비의 32%를 차지하고 있는데(Lee et al., 2018), 생산비 절감을 위하여 버

\*Corresponding author: hch0808@korea.kr

Received October 23 2018; Revised November 15 2018

Accepted November 26 2018

첫 수확 후 배지, 대두박, 알로에베라 등 농업부산물을 이용한 사육 효과가 보고되었다(Kang et al., 2012, Lee et al., 2018, Song et al., 2017b). 특히 Kim et al. (2005)은 장수풍뎅이 유래 셀룰로오스 분해균을 사과원 전정목 톱밥에 첨가할 경우 흰점박이꽃무지의 발육이 증진되었다고 보고하였다.

뽕나무(*Morus alba*)는 오디의 기능성이 알려짐에 따라 2003년 이후 재배가 증가하여(Sung et al., 2014) 2017년 현재 누에 사육용과 오디 생산용으로 1,789 ha 정도 재배되고 있다(MAFRA, 2018a). 누에 사육용 뽕나무는 봄에 누에 사육을 위해 잎을 수확한 후 가을 누에 사육을 위하여, 오디 생산용 뽕나무는 오디 수확 후 이듬 해 생산관리를 위하여 전정을 실시하고 있으나 전정된 가지 등은 상지차 생산을 위하여 일부 이용되고 있으나 대부분 버려지고 있다. 뽕나무 가지의 영양성분은 조단백질함량 4.5%, 조회분함량 3.1%, 조지방함량 1.5% 등으로(Kim, 2012), 조단백질과 조지방 함량이 각각 1.36%와 3.11% 정도인(Kim et al., 2015), 참나무류에 비하여 뽕나무 가지의 영양성분 함량이 높아 흰점박이꽃무지 사육에 유용할 것으로 판단되었다.

따라서 농업부산물인 뽕나무 전정 가지를 이용한 뽕나무발효톱밥을 먹이로 하여 흰점박이꽃무지의 발육을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험곤충 및 뽕나무발효톱밥

흰점박이꽃무지는 전북 장수군 사육농가에서 성충을 구입하여 전북농업기술원 잠사곤충시험장 사육실(25 ± 1°C, RH 50~60%)에서 뽕나무발효톱밥이 담긴 플라스틱박스(543 mm × 363 mm × 188 mm)에 넣고 사육하였다. 성충 먹이로 바나나

를 공급하였다. 뽕나무발효톱밥은 전북 고창군 곤충사육농가에서 뽕나무톱밥과 밀기울을 90:10, 80:20, 70:30 비율로 혼합하여 발효시킨 것을 구입하여 실험에 이용하였다. 뽕나무발효톱밥의 영양성분을 농업기술실용화재단에 의뢰하여 분석한 결과(Table 1), 조단백질함량은 1.74~2.26 mg/kg, 조지방 함량은 0.28~0.32 mg/kg이었다. 중금속 함량은 전북농업기술원 기후변화대응과에 의뢰하여 분석하였다. 현재 흰점박이꽃무지의 주 먹이원인 톱밥에 대한 중금속 기준이 설정되어 있지 않아 흰점박이꽃무지 유충의 중금속 함량기준(카드뮴 0.05 mg/kg, 납 0.3 mg/kg, 비소 0.1 mg/kg)과 비교한 결과 뽕나무발효톱밥에서의 중금속 함량이 낮은 것으로 분석되었다(Table 2).

### 흰점박이꽃무지 온도별 발육 특성 조사

뽕나무발효톱밥을 급이했을 때 흰점박이꽃무지 유충의 온도별 발육 특성을 조사하기 위하여 뽕나무발효톱밥(뽕나무톱밥 90 : 밀기울 10)을 페트리디쉬(φ100 × 40 mm)에 2/3 정도 채운 후 부화 1일째인 유충을 개체사육하며 유충 령기별 발육 기간, 유충 무게, 번데기 기간 및 성충 무게를 각각 조사하였다. 유충 령기는 유충 두폭의 크기를 측정하여 구분하였으며, 유충 무게는 2일 간격으로 일정시간에 실험용 정밀저울(PS 200/2000 R2, Radwag, Poland)을 이용하여 조사하였다. 번데기 기간은 고치(cocoon)를 형성한 날부터 성충이 고치를 뚫고 나오는 기간까지로 하였다. 곤충 사육농가에서 흰점박이꽃무지를 25~30°C 범위에서 주로 사육하고 있음에 따라 흰점박이꽃무지 유충의 발육시험은 25, 28, 30°C로 설정된 인큐베이터(비전과학, VS-1203PFCL)에서 실시하였으며 일장은 16L : 8D이었고 반복 당 20마리씩 3반복으로 실시하였다.

**Table 1.** General components (%) of the fermented mulberry sawdust used in this study

Mixed ratio (Mulberry sawdust : Wheat bran)	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash
90:10	67.7	1.74	0.29	1.30
80:20	77.6	2.26	0.28	2.68
70:30	72.0	2.46	0.32	2.89

**Table 2.** Heavy metal contents (mg/kg) of the fermented mulberry sawdust used in this study

Diets	Cr	Cd	Pb	Cu	Ni	Zn	As	Hg
FMS <sup>a</sup>	0.002	0.002	0.071	0.002	-	0.011	0.001	0.005
MRL by MFDS <sup>b</sup>		<0.05	<0.3				<0.1	

<sup>a</sup>FMS, fermented mulberry sawdust (mulberry sawdust : Wheat bran = 90:10).

<sup>b</sup>MRL by MFDS, Minimum residue level by the Ministry of Food and Drug Safty of Korea.

## 뽕나무톱밥과 밀기울 혼합비율에 따른 흰점박이꽃무지 유충 무게 변화

톱밥의 발효와 영양분을 공급하기 위하여 밀기울을 첨가하여 참나무톱밥을 발효시켜 흰점박이꽃무지 유충 사육에 이용하고 있음에 따라 뽕나무톱밥과 밀기울 혼합비율에 따른 흰점박이꽃무지 유충 무게변화를 조사하기 위하여 부화 1일째인 유충을 뽕나무톱밥과 밀기울을 각각 90:10, 80:20, 70:30 비율로 혼합하여 발효시킨 톱밥을 채운 페트리디쉬( $\phi 100 \times 40$  mm)에서 개체 사육하며 부화 후 99일까지 2일 간격으로 유충 무게를 조사하였다. 시험은 인큐베이터( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , L:D = 16:8)에서 혼합비율 별로 반복 당 20마리씩 3반복으로 실시하였으며, 전북 장수 지역의 곤충사육농가에서 구입한 참나무발효톱밥과 비교하였다.

## 유충 집단사육에 따른 출하시기 설정

뽕나무발효톱밥(뽕나무톱밥 90 : 밀기울 10)을 이용한 흰점박이꽃무지 유충 출하 가능시기를 설정하기 위하여 플라스틱 박스( $543 \text{ mm} \times 363 \text{ mm} \times 188 \text{ mm}$ )에 뽕나무발효톱밥을 2/3 정도 채운 후 부화 1일째인 유충 100마리를 넣고 30일부터 95일까지 일정 간격으로 2.5 g 이상인 유충수를 조사하였다.

## 흰점박이꽃무지 산란특성

흰점박이꽃무지의 산란특성을 조사하기 위하여 우화 1일째인 성충 1쌍을 뽕나무발효톱밥을 1/3 정도 채운 페트리디쉬( $\phi 120 \times 80$  mm)에 넣고 인큐베이터( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 일장L:D = 16:8)에서 사육하며 7일 간격으로 산란수를 조사하였다. 성충 먹이로 바나나를 공급하였으며 반복 당 5쌍씩 3반복으로 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 흰점박이꽃무지 온도별 발육 특성 조사

뽕나무발효톱밥을 이용하여 흰점박이꽃무지 온도별 발육 기간을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 흰점박이꽃무지 유충의 1령 기간은 9.2~10.0일, 2령 기간은 17.1~20.7일로 사육온도에 따른 1령과 2령 유충의 발육기간 차이는 없었다(1령  $df=2$ ;  $F=1.7$ ;  $P=0.26$ , 2령  $df=2$ ;  $F=1.9$ ;  $P=0.23$ ). 그러나 3령 유충기간이 28°C와 30°C에서 각각 44.5일과 37.7일로 25°C에 비하여 매우 짧아지는 경향이였다( $df=2$ ;  $F=429.9$ ;  $P<0.0001$ ). 총 발육기간은 28°C와 30°C에서 각각 73.3일과 64.8일로 큰 차이는 없었다( $df=2$ ;  $F=278.3$ ;  $P<0.0001$ ). 25°C에서의 흰점박이꽃무지 유충 발육기간으로 Kim and Kang (2005)은 참나무발효톱밥에서 71.1일, Park et al. (1994)은 발효빛ջ에서 65일이라고 보고하여 본 시험 결과와 큰 차이가 있었다. 그러나 Song et al. (2017b)은 3령 유충 발육기간이 참나무발효톱밥에서 121.09일이라고 보고하여 본 시험 결과와 비슷한 경향이였다. 30°C에서 흰점박이꽃무지 유충 발육기간으로 Kim and Kang (2005)은 66.1일이라고 보고하였고, Kwon (2009)은 부화 후 전용까지 약 10주정도 소요된다고 하였으며, Kim et al. (2002)은 28°C에서 흰점박이꽃무지의 유사종인 점박이꽃무지 (*P. orientalis*)의 유충 발육기간이 67.4일이라고 보고하여 본 시험 결과와 유사한 경향이였다. 뽕나무발효톱밥과 밀기울 혼합비율에 따른 사육온도별 흰점박이꽃무지 3령 노숙 유충의 최고무게는 28°C와 30°C에서 각각 2.23 g과 2.18 g으로 발육기간이 길었던 25°C에서의 2.94 g에 비하여 매우 가벼운 경향이였다( $df=2$ ;  $F=122.9$ ;  $P<0.0001$ ) (Table 4). 흰점박이꽃무지 3령 노숙유충의 최고무게가 25°C에서 2.33~2.69 g으로 보고되

**Table 3.** Developmental periods of *Protaetia brevitarsis* fed with fermented mulberry sawdust at three different temperatures

Temp. (°C)	Instar (days)					Pupa (days)
	n	1st	2nd	3rd	Total	
30	60	10.0 ± 1.8a	17.1 ± 8.0a	37.7 ± 16.1a	64.8a	27.0 ± 3.0(54) <sup>a</sup>
28	60	9.2 ± 1.3a	19.6 ± 8.9a	44.5 ± 32.8a	73.3a	29.3 ± 3.6(48)a
25	60	9.9 ± 0.9a	20.7 ± 4.7a	135.1 ± 20.2b	165.7b	42.1 ± 4.4(55)b

\*Mean ± SD, DMRT 5%, ( )<sup>a</sup>: no. of tested pupa.

**Table 4.** Maximum weight of the 3rd instar *Protaetia brevitarsis* at different temperatures

Temp.(°C)	n	30	28	25
Weight (g)	60	2.18 ± 0.21b	2.23 ± 0.20b	2.94 ± 0.32a

\*Mean ± SD, DMRT 5%.

**Table 5.** The average adult weight of *Protaetia brevitarsis* at different temperatures

Temp.(°C)		30	28	25
Weight (g)	♀	0.54 ± 0.06(32) <sup>a</sup> b	0.51 ± 0.09(25)b	0.94 ± 0.13(30)a
	♂	0.58 ± 0.08(22)b	0.53 ± 0.08(23)b	0.96 ± 0.14(25)a

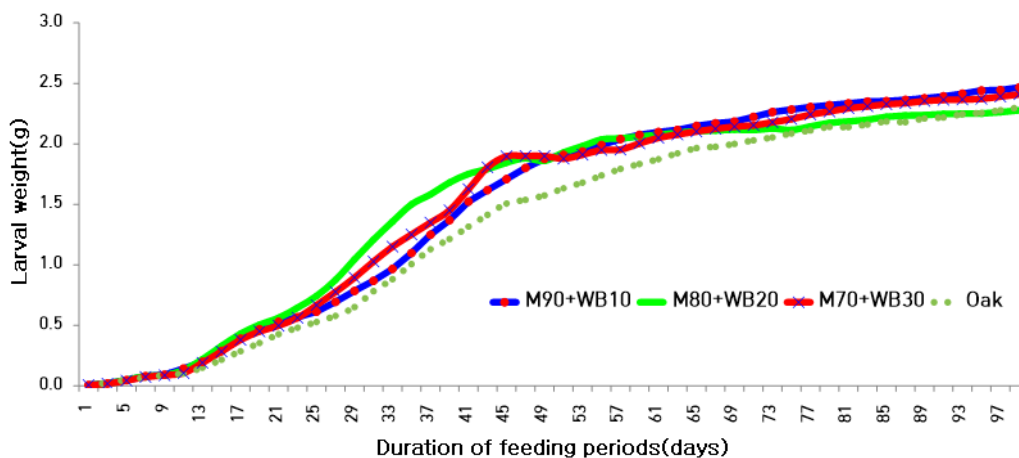
\*Mean ± SD, DMRT 5%, ( )<sup>a</sup>: no. of tested adults.

어(Park et al., 1994; Kim and Kang, 2005; Song et al., 2018) 본 조사 결과보다 가벼운 경향이였다. 흰점박이꽃무지 유충 무게는 사육 밀도가 낮고 사육기간이 긴 경우 유충의 무게가 많이 나가는 경향이 있는데(Song et al., 2017a), 본 실험에서도 유충 사육기간이 길어짐에 따라 무게가 더 증가한 것으로 판단된다. 흰점박이꽃무지 번데기 기간은 30°C에서 27.0일로 Kim and Kang (2005)이 보고한 30.4일과 비슷하였으나 25°C에서는 42.1일로 Kim and Kang (2005)과 Park et al. (1994)의 결과로 비교하여 길어지는 경향이였다( $df=2$ ;  $F=109.7$ ;  $P<0.0001$ ). 유충 발육기간이 길었던 25°C에서 우화된 성충의 무게가 0.94~0.96 g으로 가장 무거웠으며(Table 5), 성충의 무게가 0.93~0.94 g 이였다고 보고한 Park et al. (1994)의 결과와 유사하였다.

### 뽕나무톱밥과 밀기울 혼합비율에 따른 흰점박이꽃무지 유충 무게 변화

뽕나무발효톱밥과 밀기울의 적합한 혼합비율을 설정하기 위하여 밀기울 첨가비율별 흰점박이꽃무지 유충 무게변화를 조사한 결과 곤충사육농가에서 구입한 참나무 발효톱밥에 비

하여 유충 무게 증가가 빠른 경향이였다(Fig. 1). 흰점박이꽃무지 유충 체중은 3령 탈피 이후인 27~30일경부터 20일 정도 급격히 증가하고 이후 완만하게 증가하였다. 밀기울 20% 첨가구에서의 2령 중기~3령 초기인 부화 후 17일부터 55일까지는 유충의 무게가 빠르게 증가하였으나 이후부터는 체중 증가가 밀기울 10%와 30% 첨가구에 비하여 낮아져 유충 최고 무게 역시 2.28 g으로 가장 낮았다. 밀기울 10%와 30%에서의 유충 최고무게는 각각 2.47 g, 과 2.41 g으로 큰 차이는 없었다. Kim et al. (2008)은 흰점박이꽃무지의 사육을 위하여 참나무발효톱밥 제조시 밀기울을 10~30%첨가하여 제조할 경우 자연발효톱밥에 비하여 유충 성장이 1.7배 촉진되고 성충 무게 역시 1.8배 증가한다고 보고하여 본 결과와 비슷한 경향이였다. 따라서 뽕나무톱밥을 이용하여 흰점박이꽃무지 사육을 위하여 뽕나무톱밥을 발효시킬 때 밀기울을 10% 또는 30% 첨가하는 것이 효과적 일 것으로 생각된다. 그러나 Song et al. (2018)은 참나무발효톱밥에 밀기울 첨가량이 5~30%로 많아질수록 기본 발효톱밥 내 영양성분이 희석되어 유충 증체량이 감소한다고 하였다. 또한 본 실험에서 조단백질, 조지방 등 영양성분 함량이 적은 밀기울 10% 첨가구에서 3령 초기에는 유충 무게 증가 속도가 20%와



(M90 + WB10 = fermented mulberry sawdust 90% + wheat bran 10%,  
M80 + WB20 = fermented mulberry sawdust 80% + wheat bran 20%,  
M70 + WB30 = fermented mulberry sawdust 70% + wheat bran 30%)

**Fig. 1.** Body weight changes of *Protaetia brevitarsis* larvae fed with food fermented at different mixing rates of mulberry sawdust and wheat bran.

30% 첨가구에 비하여 낮았으나, 3령 유충 중기 이후에는 무게가 더 증가하는 경향을 보이고 있어 유충 발육단계별 영양 요구성에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

### 유충 집단사육에 따른 유충 출하시기 설정

뽕나무발효톱밥을 이용하여 흰점박이꽃무지 유충을 집단 사육하여 2.5 g 이상인 유충의 누적 비율을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 유충 부화 후 75일째에 체중이 2.5 g 이상인 유충의 누적비율은 75%이었으며 95일에 91.1%로 개체사육에 비하여 (Fig. 1) 유충 무게 증가가 빠른 경향이였다. 흰점박이꽃무지 유충의 생충율은 부화 후 30일에 91.6%이었으며 이후 감소하여 75일에는 81.5%이었다(Fig. 3). 이러한 결과는 참나무발효톱밥에 가축사료를 첨가하여 유충을 사육한 결과 용화시까지 생충율이 80% 이상이었다는 결과(Song et al., 2018)와 비슷하였다. 흰점박이꽃무지 사육농가에서는 2.5 g 이상이면 출하가능한 것으로 판단하고 있어(Song et al., 2018) 뽕나무발효톱밥을 이용할 경우 부화 후 75일경부터 유충 출하가 가능할 것으로 판단된다.

### 흰점박이꽃무지 산란특성

뽕나무발효톱밥으로 사육 후 우화한 흰점박이꽃무지 성충의 평균 산란수는 83.2개로 참나무발효톱밥으로 사육 후 우화한 성충의 산란수보다 약간 많은 경향이였으나 유의성은 없었다 ( $df = 1; F = 0.57; P = 0.457$ ) (Table 6). 또한 성충 개체간 산란수는 유충시기의 먹이 종류와 상관없이 편차가 큰 경향이였다. 평균산란기간 9.1~9.6주로 역시 톱밥 종류에 따른 차이는 없었다. 성충의 산란 특성을 조사한 결과(Fig. 4), 유충시기의 먹이 원과 상관없이 우화 후 7일경부터 산란을 시작하여 우화 후 8주째까지 총산란수의 80%를 산란하였다. 참나무발효톱밥으로 사육 후 우화한 성충은 3주째부터 8주째까지 균등하게 산란하였으나, 뽕나무발효톱밥으로 사육 후 우화한 성충은 우화 후 5~7주 사이에 주로 산란이 이루어지는 경향이였다. Park et al. (1994)은 흰점박이꽃무지 성충은 교미 후 4~7일 이내부터 평균 68개의 알을 45일간에 걸쳐 산란한다고 하였으며, Kim et al. (2002)은 점박이꽃무지의 평균산란수는 82.8개이며, 산란을 시작하는 시점에서 5일 이내에 가장 많은 산란이 이루어지고 최장 산란기간은 50일이라고 보고하였다. Kim and Kang (2005)은 흰점박이꽃무지의 평균산란수가 151.9개이며 평균

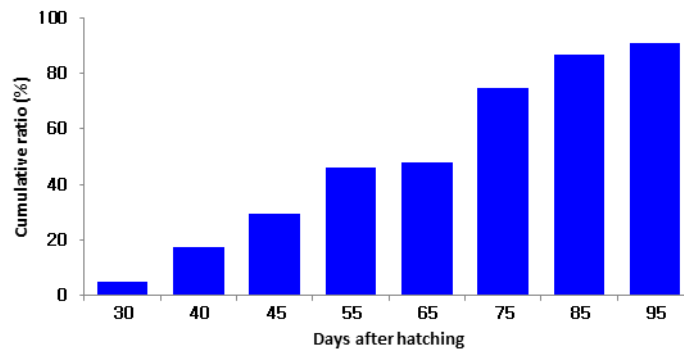


Fig. 2. Cumulative ratio of *Protactia brevitarsis* larvae over 2.5 g among the larvae fed with fermented mulberry sawdust at 25°C.

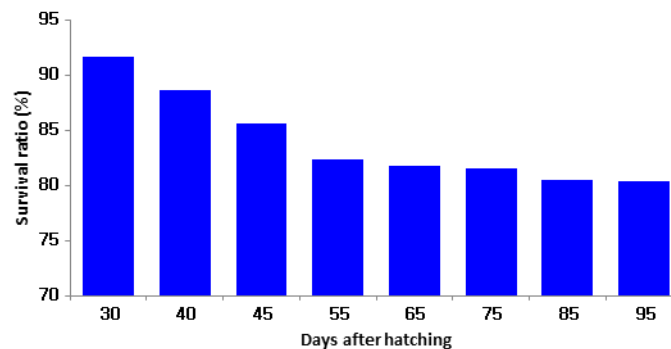
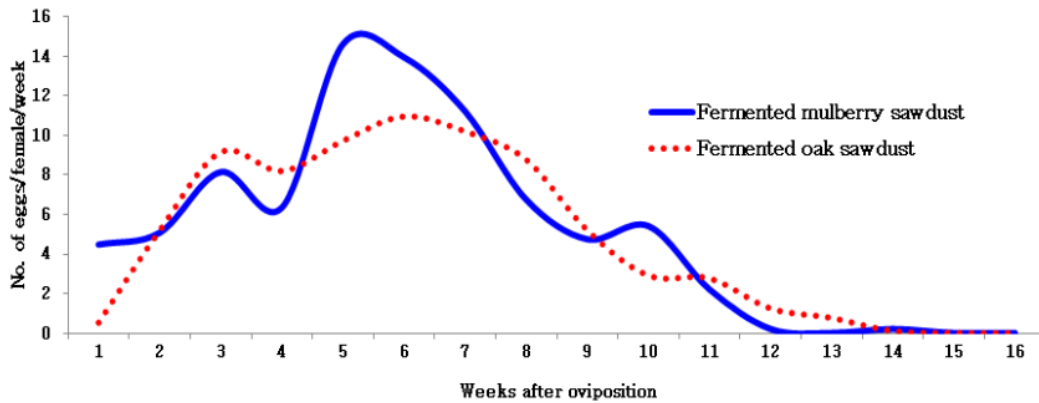


Fig. 3. Survival ratio of *Protactia brevitarsis* larvae fed with fermented mulberry sawdust at 25°C.

**Table 6.** Number of eggs and oviposition periods of *Protaetia brevitarsis* at 25°C

Diet	n (pair)	No. of eggs/female		Oviposition periods (weeks)
		Mean	Range	
Fermented mulberry sawdust	15	83.2 ± 31.4a	45~139	9.1 ± 2.0a
Fermented oak sawdust	15	75.6 ± 24.7a	44~145	9.6 ± 1.7a

\*Mean ± SD, DMRT 5%.



**Fig. 4.** Ovipositional pattern of *Protaetia brevitarsis* adult female at 25°C.

78일에 걸쳐 산란한다고 하여 사육 조건에 따라 산란 특성이 다소 차이가 있었다. 발효톱밥의 수분함량, 시험성충의 활력, 사육환경조건에 따라 산란수의 차이가 발생한다고 하므로(Kim et al., 2002; Kim et al., 2005), 앞으로 흰점박이꽃무지의 최적 산란조건에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각한다.

이상의 결과 뽕나무발효톱밥을 이용한 흰점박이꽃무지의 사육이 가능할 것으로 판단하며, 뽕나무발효톱밥 이용에 따른 유충의 영양성분 및 증급속 함량 등에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 지역특화작목기술개발과제(과제번호: PJ012574)의 지원에 의하여 연구가 수행되었습니다.

## Literature Cited

- Hwang, S.Y., Kim, Y.B., Lee, S.H., Yun, C.Y., 2005. Preventive effect of a chafer, *Protaetia brevitarsis* extract on carbon tetrachloride liver injuries in rats. *Korean J. Oriental Med. Physio. Pathol.* 19, 1337-1343.
- Kang, M.G., Kang, C.G., Lee, H.K., Kim, E.K., Kim, J.S., Kwon, O.S., Lee, H.K., Kang, H.J., Kim, C.H., Jang, H.S., 2012. Effects of fermented aloe vera mixed diet on larval growth of *Protaetia brevitarsis seulensis* (Kolbe) (Coleoptera: Cetoniidae) and protective effects of its extract against CCl<sub>4</sub>-induced hepatotoxicity in sprague-dawley rats. *Entomol. Res.* 42, 111-121.
- Kim, C.H., Lee, J.S., Go, M.S., Park, K.T., 2002. Ecological characteristics of *Protaetia orientalis submarmorea* (Burmeister) (Coleoptera: Cetoniidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 41, 43-47.
- Kim, H.G., Kang, K.H., 2005. Bionomical characteristic of *Protaetia brevitarsis*. *Korean J. Appl. Entomol.* 44, 139-144.
- Kim, N.J., Hong, S.J., Kim, S.H., Ahn, N.H., Park, H.C., Seol, K.R., 2008. Conservation of genetic resources and rearing through the year of insects for exhibition. *Annual Report of NAAS (agricultural biology)*. pp. 413-427.
- Kim, S.J., Lee, S.S., Baek, Y.C., Kim Y.S., Park, M.J., Ahn, B.J., Cho, S.T., Choi, D.H., 2015. Manufacturing and feed value evaluation of wood-based roughage using lumber from thinning of oak and pitch pine. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 43, 851-860.
- Kim, S.J., Park, C.W., Han, S.C., Yi, Y.K., Kim, Y.G., 2005. A grub (*Protaetia brevitarsis seulensis*) rearing technique using cellulose-digesting bacteria and natural recycling of rearing byproduct to an organic fertilizer. *Korean J. Appl. Entomol.* 44, 189-197.
- Kim, Y.M., 2012. Chemical components and physiological activities of different part from mulberry (*Morus alba*). *Food Ind. Nutr.* 17, 28-35.
- Kwon, E.Y., Yoo, J.M., Yoon, Y.I., Hwang, J.S., Goo, T.W., Kim, M.A., Choi, Y.C., Yun, E.Y., 2013. Pre-treatment of the white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis*) as an ingredient for novel foods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42, 397-402.

- 
- Kwon, O.S., 2009. Effect of different diets on larval growth of *Protaetia brevitarsis seulensis* (Kolbe) (Coleoptera: Cetoniidae). Entomol. Res. 39, 152-154.
- Lee, S.B., Kim, J.W., Bae, S.M., Hwang, Y.H., Lee, B.J., Hong, K.P., Park, C.G., 2018. Evaluation of spent mushroom substrates as food for white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis seulensis* (Coleoptera: Cetoniidae). Korean J. Appl. Entomol. 57, 97-104.
- MAFRA. 2018a. 2017 current state of functional sericulture industry. 17 pp.
- MAFRA. 2018b. 2017 report of survey of farms of insect industry in Korea. 7 pp.
- Park, H.Y., Park, S.S., Oh, H.W., Kim, J.I., 1984. General characteristics of the white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis* reared in the laboratory. Korean J. Entomol. 24, 1-5.
- Park, H.Y., Park, S.S., Oh, H.W., Kim, J.I., 1994. General characteristics of the white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis* reared in the laboratory. Korean J. Entomol. 24, 1-5.
- Song, M.H., Han, M.H., Lee, S.H., Kim, E.S., Park, K.H., Kim, W.T., Choi, J.Y., 2017a. A field survey on edible insect farms in Korea. J. Life Sci. 27, 702-707.
- Song, M.H., Han, M.H., Lee, S.H., Kim, E.S., Park, K.H., Kim, W.T., Choi, J.Y., 2017b. Growth performance and nutrient composition in the white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Scarabaeidae) fed agricultural by-product, soybean curd cake. J. Life Sci. 27, 1185-1190.
- Song, M.H., Lee, H.S., Park, K.H., 2018. Effects of dietary animal feed on the growth performance of edible insects. J. Life Sci. 28, 563-568.
- Sung, G.B., Kim, H.B., Kang, P.D., Kim, K.Y., Ji, S.D., 2014. Breeding of early maturing mulberry cultivar 'Suhyang' (*Morus alba* L.) for mulberry fruit production. J. Seric. Entomol. Sci. 52, 64-72.
- Zang, Z.L., 1984. Economic insect fauna of china. Fasc. 28. Coleoptera: larva of Scarabaeidae Press, Beijing, pp. 27-28.