

# 베리류 발효톱밥 종류에 따른 흰점박이꽃무지 발육 및 산란 특성

임주락\* · 문형철 · 박나영 · 이상식 · 이은진 · 남준희 · 김 웅 · 최창학 · 김희준

전라북도농업기술원 잠사곤충시험장

## Development and Oviposition Characteristics of *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Cetoniidae) fed with Fermented Sawdust from Different Berries

Ju-Rak Lim\*, Hyung-Cheol Moon, Na-Young Park, Sang-Sik Lee, Eun-Jin Lee, Jun-Hee Nam, Woong Kim, Chang-Hak Choi and Hee-Jun Kim

Sericulture and Entomology Experiment Station, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Buan 56339, Korea

**ABSTRACT:** Most pruning branches of mulberry, Korean raspberry (bokbunja), and blueberries are discarded without use. These discarded pruning branches were utilized as feed in the investigation of the development and oviposition characteristics of *Protaetia brevitarsis* with a focus on breeding possibilities. It was observed that the developmental period of *P. brevitarsis* larvae fed with berry fermented sawdust from mulberry, bokbunja, and blueberry was shortened to 157.3, 130.3 days, and 140 days, respectively, compared to 169.3 days for those fed with oak fermented sawdust. The weight and survival rate of the larvae also increased. Under all three types of fermented sawdust feed, the percentage of larvae with weight  $\geq 2.5$  g during the group was over 60% between 6-8 weeks after hatching; however under oak fermented sawdust feed, it was within 10%, and the percentage only increased after 10 weeks. The average number of eggs laid per female was  $\geq 80$ , with an average oviposition period of approximately 9 weeks; however, there was no significant difference owing to the large deviation per individual. Furthermore, mixed fermented sawdust from the three berries enhanced the growth rate of larvae, and there was no difference in the number of eggs laid compared to those fed with control oak fermented sawdust. Our study demonstrates berry fermentation sawdust is just as effective as oak fermentation sawdust in the breeding of *P. brevitarsis*.

**Key words:** *Protaetia brevitarsis*, Mulberry, Bokbunja, Blueberry, Fermented sawdust

**초 록:** 뽕나무, 복분자, 블루베리의 전정 가지 대부분은 버려지고 있다. 따라서, 이들 버려지는 전정 가지를 활용하여 흰점박이꽃무지의 사육 가능성을 검토하기 위하여 발육 및 산란 특성을 조사하였다. 베리류 발효톱밥을 먹인 흰점박이꽃무지 유충 발육 기간은 뽕나무 발효톱밥 157.3일, 복분자 발효톱밥 130.3일, 블루베리 발효톱밥은 140일로 참나무 발효톱밥 169.3일에 비하여 짧아지고, 유충 무게가 증가하였으며, 생존율이 높았다. 흰점박이꽃무지 유충 집단 사육시 2.5 g 이상인 유충 비율은 3종류의 발효톱밥 모두 6주에서 8주 사이에 60% 이상인 반면 같은 기간에 참나무 발효톱밥은 10% 이내였고, 10주가 지나야 2.5 g 이상인 유충의 비율이 높아졌다. 흰점박이꽃무지의 평균 산란수는 80개 이상으로 평균 산란기간은 9주정도 소요되었지만, 개체당 편차가 커서 유의차는 없었다. 3종류의 베리류 발효톱밥은 서로 혼합하여 사용해도 참나무 발효톱밥에 비해 유충 발육속도가 빠르고, 산란수는 차이가 없었다. 따라서, 흰점박이꽃무지를 사육하는데 있어서 베리류 발효톱밥이 참나무 발효톱밥에 비하여 효과적으로 추정된다.

**검색어:** 흰점박이꽃무지, 뽕나무, 복분자, 블루베리, 발효톱밥

Global Market Insight 보고서(Grand View Research Report, 2017)에 의하면 대체 단백질이 시대적 화두로 떠오르면서 곤충 단백질의 세계 시장의 규모가 2019년 1억 4,400만 달러(약 1,690

억원)에서 2025년 13억 3,600만 달러(1조 5,657억원)로 지속적으로 증가할 것으로 전망되었다. 세계은행(World Bank)에서는 ‘기후스마트 농업’의 일환으로 곤충산업에 주목하고 있으며, 곤충이 식량난에 허덕이는 아프리카의 기아 문제를 해결해 줄 수 있는 효과적인 수단으로 판단하고, 프로젝트를 추진중이다 (Nam et al., 2020).

\*Corresponding author: [gocond0617@korea.kr](mailto:gocond0617@korea.kr)

Received February 11 2022; Revised May 23 2022

Accepted May 27 2022

우리나라에서 식용곤충 흰점박이꽃무지는 실내사육을 통한 산란 및 발육 특성에 대한 연구가 이루어졌고(Park et al., 1994; Kim and Kang, 2005; Kim et al., 2005), 유충 발육 및 생존율 향상을 위한 대체 먹이원 또는 첨가제로 한약재 부산물(Kim, 2019), 표고버섯과 새송이버섯 수확후 배지(Lee et al., 2018), 비지박(Song et al., 2017), 콩비지(Choi et al., 2020), 발효 알로에(Kang, et al., 2012), 뽕나무발효톱밥(Moon et al., 2018), 산양삼(Choi et al., 2019), 가축사료(Song et al., 2018) 등의 이용 효과 및 생산비 절감과 기능성 효과 등이 보고되었다.

흰점박이꽃무지 유충의 배합사료는 그 조성물 중 대부분을 차지하는 참나무톱밥을 전량 외부에서 구입하기 때문에 비용 절감이 어렵고 대량 생산시 필연적으로 참나무의 훼손을 야기시키며, 일부에서는 참나무톱밥의 공급량 부족과 폐가구, 폐목재 사용으로 식용에 부적합한 문제가 대두되어 이를 대체 할 새로운 사료 개발이 필요한 실정이다(Kang, et al., 2012)

흰점박이꽃무지(*Protaetia brevitarsis*)는 딱정벌레목 풍뎅이과에 속하는 곤충으로 한국, 중국, 일본, 유럽 등에 분포하며, 성충은 주간에 활동하고 유충은 퇴비나 건초더미 등 유기물이 풍부한 부식성 토양에서 서식하는 것으로 보고되어 있다(Zhang, 1984; Park et al., 1994; Kim and Kang, 2005). 몸길이가 약 17~24 mm의 식식성(食植成) 곤충으로 성충은 야외에서 7월 상순부터 출현하여 8월 상순에 가장 출현 빈도가 높다. 유충은 미생물에 의해 발효된 참나무톱밥과 같은 부엽토 속에서 서식하여 10월 하순까지 3령 유충으로 월동에 들어간다(Kim and Kang, 2005).

흰점박이꽃무지 유충은 단백질 대체제뿐만 아니라 기능성 소재로써 한약재를 첨가한 유충 추출물이 알코올에 의한 간세포 손상에 대한 개선효과가 입증되었으며, 네덜란드, 프랑스, 영국, 벨기에, 미국, 캐나다 등지에서도 곤충이 하나의 단백질 자원을 넘어 고부가가치의 식품 또는 식량으로 인식되면서 식용곤충으로 육류를 대체할 수 있는 단백질 식품으로 알고 있으며, 필수아미노산, 불포화지방산, 무기질, 곤충 표피에는 기능성 물질인 키틴이 있어 우수한 영양학적인 가치가 있음을 인지하고 있다(Lim, 2019).

뽕나무(*Morus alba*), 복분자(*Rubus conreamus*), 블루베리(*Vaccinium corymbosum*)는 베리류 작물로 재배면적은 2020년 2,994 ha (뽕나무 84 ha, 복분자 971 ha, 블루베리 1,939 ha)이며, 이중 전북지역은 671 ha(복분자 393 ha, 오디 21 ha, 블루베리 257 ha)로 전국 재배면적의 22.4%를 차지하고 있다(Statistics Korea, 2020). 이들 세가지 작물은 항산화, 항당뇨 및 항암 작용이 우수한 것으로 밝혀져 있고(Kim, 2003; Song et al., 2014; Kim et al., 2015), 매년 2~3회 전정을 실시하고 있으나, 대부분 버려지고 있어 재활용 및 신소득 창출이 용이하며, 생산비 절감뿐만

아니라 기능성이 함유된 흰점박이꽃무지 사육에 유용할 것으로 판단되고 있다. 따라서 참나무톱밥을 대체하여 베리류 작물 전정가지로 제조한 베리류 발효톱밥을 활용하여 흰점박이꽃무지를 사육하고, 발육 및 산란 특성 등을 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 실험곤충 및 베리류 발효톱밥

실험에 사용된 흰점박이꽃무지는 전북 장수군 곤충사육 농가에서 성충과 참나무 발효톱밥을 구입하여 전북농업기술원 잠사곤충시험장 사육실(25±1°C, RH 50~60%)에서 참나무 발효톱밥이 담긴 플라스틱박스(543 mm × 363 mm × 188 mm)에 넣고 누대 사육하면서 실험에 이용하였다. 성충 먹이는 바나나를 공급하였다. 베리류 발효톱밥은 전북지역에서 재배되는 베리류 식물 3종류(뽕나무, 복분자, 블루베리)의 전정가지를 각각 농가에서 구입하여 잔가지 파쇄기와 분쇄기를 이용하여 각각의 톱밥으로 만들고, 밀기울과 혼합하여 발효시켜 실험에 이용하였다. 발효방법은 참나무톱밥 발효방법에 준하여 톱밥 30 kg 기준으로 밀기울 3 kg, 설탕 0.5 kg, 미생물제(EM) 300 ml를 첨가하여 90일간 발효시켜 사용하였다. 베리류 발효톱밥의 성분을 비교 분석한 결과 참나무 발효톱밥에 비해 뽕나무 발효톱밥은 조단백 함량과 C/N율이 유사하였고, 복분자와 블루베리 발효톱밥은 조단백 함량은 높았고, C/N율이 낮았으며, 중금속 함량은 모두 기준치 이하로 조사되었다(Table 1, 농업기술실용화재단, 2018).

### 개체사육에 따른 베리류 발효톱밥 종류별 흰점박이꽃무지 유충 발육 특성

상기에서 제조된 베리류 발효톱밥 종류별 흰점박이꽃무지 유충의 발육 특성을 조사하기 위하여 뽕나무, 복분자, 블루베리 각각의 발효톱밥을 페트리디쉬(φ100 × 40 mm)에 각각 2/3 정도 채운 후 부화 1일째인 유충을 넣고 개체 사육하면서 유충 령기별 발육 기간, 유충 무게, 번데기 기간 및 유충 생존율을 조사하였다. 유충 령기는 유충 두쪽의 크기를 측정하여 구분하였다. 유충 무게는 2~3일에 한번씩 조사하였으며, 동시에 생존 여부를 확인하였다. 번데기 기간은 번데기 방(cocoon)을 형성한 날부터 성충이 번데기 방을 뚫고 나오는 기간까지로 하였다. 사육 및 실험은 온도 25±1°C, 습도 60%인 사육실(3\*3 m<sup>2</sup>)에서 실시하였으며, 일장은 16(L):8(D)이었고, 반복 당 20마리씩 3반복 하였다. 발육특성은 참나무 발효톱밥을 대조로 비교하였고, 참

**Table 1.** General components of fermented sawdust used in this study

Contents	Crude protein (%)	C/N ratio (%)	Heavy metal contents (mg/kg)		
			Pb	Cd	As
Mulberry fermented sawdust	9.1	63.2	0.072	0.002	0.001
Bokbunja fermented sawdust	9.8	15.2	0.026	0.001	0.001
Blueberry fermented sawdust	12.8	17.6	0.026	0.001	0.001
Oak fermented sawdust	8.8	67.5	0.075	0.001	0.001

나무 발효톱밥은 전북 장수군 흰점박이꽃무지 사육 농가(백만 돌이농장, 나만수)에서 구입하여 사용하였다.

### 집단사육에 따른 발효톱밥 종류별 흰점박이꽃무지 유충 발육 특성

베리류 발효톱밥을 이용한 흰점박이꽃무지 유충 집단사육에 따른 발육 특성을 조사하기 위하여 20 L 리빙박스(플라스틱 박스 543 × 363 × 188 mm)에 뽕나무와 복분자, 블루베리 각각의 발효톱밥을 2/3정도 채운 후 부화 1일째인 유충 100마리를 넣고 2주 간격으로 번데기가 되기 전까지 유충 무게와 발육기간 동안 출하기준인 2.5 g 이상 유충 수 및 생존율을 조사하였다. 참나무 발효톱밥도 같은 방법으로 집단사육하여 발육 특성을 비교하였고, 유충 무게 측정은 실험용 정밀저울 (PS R2 H, Radwag, 유원테크, 대한민국)을 이용하였다.

출하기준으로 제시한 유충 무게 2.5 g은 제시된 근거는 없지만, 흰점박이꽃무지를 수확할 때 적당한 무게 기준으로 유충이 충분히 성장한 무게이며, 일반적으로 흰점박이꽃무지 사육농가에서 리빙박스내(유충 100~150마리)에 코쿰(번데기방)이 1~2마리 형성되기 시작할 때 수확을 하게 되는데 이때 유충의 평균 무게가 2.5 g 정도 된다.

### 베리류 발효톱밥 종류별 흰점박이꽃무지 성충 산란 특성

베리류 발효톱밥 종류별 흰점박이꽃무지의 산란 특성을 조사하기 위하여 각각의 발효톱밥으로 사육하여 우화된 성충을 대상으로 우화 1일째인 성충 1쌍씩을 발효톱밥 종류별로 1/3 정도 채운 페트리디쉬(φ120 × 80 mm)에 넣고 인큐베이터(25 ± 1°C, 일장L:D=16:8)에서 사육하며 7일 간격으로 산란 수와 산란기간을 조사하였다. 성충 먹이로 바나나를 공급하였으며, 처

리당 1쌍씩 10반복으로 조사하였다. 산란수는 암컷성충 1개체당 평균 산란수를 조사하였고, 산란기간은 암컷성충 1개체당 평균 산란기간을 조사하였다. 보다 정밀한 산란 양상을 분석하기 위하여 10쌍씩 집단으로 3반복하여 산란수와 산란기간을 조사하였다. 산란수와 산란기간은 참나무 발효톱밥으로 사육하여 우화된 성충의 산란수와 산란기간을 대조로 비교하였다.

### 베리류 발효톱밥 혼합에 따른 흰점박이꽃무지 발육 특성

혼합된 3종류의 베리류 발효톱밥이 흰점박이꽃무지 유충의 발육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 뽕나무톱밥에 복분자와 블루베리톱밥을 각각 비율별로 혼합하여 발효시켜 흰점박이꽃무지 발육 특성을 조사하였다. 혼합방법은 뽕나무와 복분자, 뽕나무와 블루베리 2처리로 혼합하였다. 혼합비율은 뽕나무톱밥에 복분자톱밥과 블루베리톱밥을 각각 20%씩 혼합하여 사용하였다. 발육 특성은 참나무 발효톱밥을 대조로 하여 각각 유충 출하기준(100일) 내 무게 분포 비율과 성충무게, 산란수를 조사하였다. 유충 무게 분포비율은 부화후 100일째에 2.3 g 이하, 2.3~2.5 g, 2.5 g 이상의 3단계로 나누어 유충수를 조사하고, 비율을 환산하였다. 성충 무게는 각각의 혼합톱밥으로 사육하여 갓 우화된 성충을 대상으로 성충 암컷과 수컷의 무게를 측정하였고, 산란수는 발효톱밥 종류별 흰점박이꽃무지 성충 산란 특성 조사와 같은 방법으로 1쌍씩 10반복하여 각각 산란을 받으면서 7일 간격으로 산란수를 조사하고, 혼합톱밥 종류별로 암컷 1개체당 평균 산란수를 조사하였다.

### 통계처리

실험에서 얻어진 결과는 SPSS 프로그램(PASW statistic 18)을 이용하여 T-test 및 ANOVA 분석한 후 5% 수준에서 DMRT

(Duncan's multiple range test)를 실시하여 처리 평균간 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 개체사육에 따른 베리류 발효톱밥 종류별 흰점박이꽃무지 발육 특성

베리류 발효톱밥을 먹인 흰점박이꽃무지 유충이 번데기가 되기까지 발육기간은 참나무톱밥에서 169.3일에 비하여 뽕나무톱밥은 157.3일, 복분자톱밥은 130.3일, 블루베리톱밥은 140일로 베리류톱밥에서 발육기간이 짧은 경향이며, 특히 복분자톱밥에서 가장 짧았다. 령기별 유충 발육기간 역시 참나무톱밥 1령 16.2일, 2령 24.4일, 3령 135.6일에 비해 1령은 5~6일정도, 2령은 5~7일정도, 3령은 8~34일 정도 짧아지는 경향이였다. 번데기 기간은 참나무톱밥 38일, 뽕나무톱밥 38.2일, 복분자톱밥 37.1일, 블루베리톱밥 36.6일로 처리간에 차이가 없었다. 유충 발육기간 동안 생존율은 뽕나무톱밥은 92.7%, 복분자톱밥은 95.5%, 블루베

리톱밥은 93.6%로 참나무톱밥 생존율 90.5%에 비해 높았다 (Table 2). 또한, 베리류 발효톱밥을 먹인 흰점박이꽃무지 령기별 평균 유충 무게는 참나무톱밥 1령 0.07 g, 2령 0.45 g, 3령 2.18 g에 비해 복분자톱밥에서 1령 0.09 g, 2령 0.59 g, 3령 2.43 g으로 발육이 가장 좋았고, 블루베리톱밥과 뽕나무톱밥은 비슷하거나 약간 좋았다. 3령 유충의 무게는 번데기가 되기 전 약간 감소하는 경향이였고, 3령 유충의 최고 무게는 참나무톱밥 2.69 g, 뽕나무톱밥 2.82 g, 블루베리톱밥 2.93 g, 복분자톱밥 3.07 g으로 베리류 톱밥을 발효시켜 사육한 처리에서 참나무 발효톱밥에 비해 발육속도가 빠르고, 발육이 좋았다(Table 3).

베리류 발효톱밥에서 흰점박이꽃무지 유충의 발육 기간이 짧고, 무게가 증가하는 것은 새송이버섯 수확 후 배지를 급이한 흰점박이꽃무지 유충사육 기간이 짧아지고, 체중이 증가하였다는 결과(Lee et al., 2018)와 유사하였고, 콩비지 배지 처리에서 단백질 함량이 높아 유충의 증체율과 사료효율이 증가된다는 보고(Choi et al., 2020)와도 유사하다. 또한, 완숙된 발효톱밥에서 부숙된 톱밥보다 발육기간이 짧고, 1~2령에서 발육기간이 완숙된 발효톱밥에서 현저하게 짧아진다고 한 보고(Kim

**Table 2.** Developmental periods and survival rates of *P. brevitarsis* fed with different fermented sawdust

Contents	Developmental periods of larval instar(days)				Pupal period (days)	Survival rate (%)
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Total		
Mulberry fermented sawdust	9.9	19.5	128.0	157.3 b	38.2 a	92.7 ab
Bokbunja fermented sawdust	10.5	18.6	101.5	130.3 a	37.1 a	95.5 a
Blueberry fermented sawdust	11.6	17.1	111.2	140.0 ab	36.6 a	93.6 ab
Oak fermented sawdust	16.2	24.4	135.6	169.3 c	38.0 a	90.5 b

\*DMRT 5%.

**Table 3.** Larval weights of *P. brevitarsis* fed with different fermented sawdust

Contents	Weight of larval instar (g)			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Maximum of 3 <sup>rd</sup>
Mulberry fermented sawdust	0.08 ab	0.53 ab	2.26 ab	2.82 ab
Bokbunja fermented sawdust	0.09 a	0.59 a	2.43 a	3.07 a
Blueberry fermented sawdust	0.08 ab	0.46 b	2.39 a	2.93 ab
Oak fermented sawdust	0.07 b	0.45 b	2.18 b	2.69 b

\*DMRT 5%.

and Kang, 2005)로 볼 때 본 시험에서 사용한 톱밥이 모두 90일 동안 발효시켜 사용하였기 때문에 같은 발효 기간이지만 참나무 발효톱밥에 비해 베리류 발효톱밥이 비교적 빠르게 완숙 발효되었기 때문으로 추정된다. 이는 Table 1에서 베리류 작물이 참나무에 비해 조단백 함량이 높고, C/N율이 낮기 때문에 판단되나, 생존율의 경우 C/N율이 높을수록 생존율이 떨어진다는 결과(Lee, 1995)와도 일치한다. 다만 3령 유충보다는 1~2령 유충의 발육기간이 현저하게 길어진 것은 본 결과와 상이하게 나타나 추후 자세한 검토가 필요할 것으로 보인다.

또한, 톱밥 종류별로는 베리류 작물 3가지 모두 참나무톱밥에 비해 흰점박이꽃무지 유충의 발육 기간을 단축시키고, 무게가 증가하면서 생존율이 높아 흰점박이꽃무지 유충 사육에 효과적인 것으로 판단된다. 그러나, 유충 발육기간은 발효벚짚에서 65일, 참나무 발효톱밥에서 121일, 부화후 70일이라는 보고(Park et al., 1994; Song et al., 2017; Kwon, 2009)와 흰점박이꽃무지의 유사종인 점박이꽃무지(*P. orientalis*)의 유충 발육기간이 67.4일이라고 한 보고(Kim et al., 2002) 등으로 볼 때 시험에 따라 발육기간에 차이가 있는 것으로 여겨지며, 알로에, 사과, 바나나, 단감, 단호박 등 보조사료를 급이한 흰점박이꽃무지 유충의 발육이 유의적으로 차이가 있다고 한 결과(Yoon et al., 2016)로 보면 먹이원과 영양성분 등의 차이에 의하여 유충의 발육에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 사육환경이나 톱밥의 부숙정도 등에 의한 차이도 있을 것으로 사료된다.

### 집단사육에 따른 발효톱밥 종류별 흰점박이꽃무지 유충 발육 특성

톱밥 종류별로 100마리씩 집단 사육한 흰점박이꽃무지 유충 무게는 출하기준인 2.5 g 이상의 유충수가 참나무톱밥 51마

리에 비하여 뽕나무톱밥 88마리, 복분자톱밥 84마리, 블루베리 톱밥 83마리보다 30% 이상 많았다. 베리류톱밥에서는 발육 기간동안 6주에서 8주 사이에 2.5g 이상의 유충수가 60% 이상이었으며, 참나무톱밥에서는 10주 이후에 많이 나타나는 것으로 조사되었다. 집단 사육에서 생존율은 모두 참나무톱밥 87%에 비해 높게 나타나 정상적인 발육이 이루어진 것으로 사료되나, 개체 사육 생존율(Table 2)에 비해서는 약간 떨어지는 경향이 었다(Table 4).

이는 베리류톱밥에서 참나무톱밥에 비해 흰점박이꽃무지 유충의 발육속도가 빠르다는 것으로 해석이 가능하며, 앞에서 유충 발육기간이 짧고, 무게가 증가하는 이유와 마찬가지로 베리류톱밥이 참나무톱밥에 비해 단백질 함량이 높고, C/N율이 낮아 톱밥 발효속도가 빨라지고, 흰점박이꽃무지 유충의 섭식 및 발육에 좋은 영향을 미쳤기 때문으로 추정된다. 또한, 집단 사육에서 개체사육보다 생존율이 떨어지는 이유는 지렁이에서 사육밀도가 높을수록 증체속도가 떨어지고, 생존율이 떨어진다는 결과(Lee, 1995)와 유사한 것으로 한정된 공간에서 먹이량과 활동 공간이 제약이 되었기 때문으로 판단되며, 국내 식용 곤충 사육 선도농가 실태조사에서 흰점박이꽃무지 유충은 사육밀도가 낮고 사육기간이 긴 경우 유충의 무게가 많이 나간다는 보고(Song et al., 2017)로 볼 때 추후 사육밀도에 대한 정밀한 검토가 필요하다.

### 발효톱밥 종류별 흰점박이꽃무지 산란 특성

베리류톱밥을 이용하여 사육한 흰점박이꽃무지 성충의 평균 산란수는 블루베리톱밥에서 103.2개로 가장 많았고, 뽕나무 톱밥 79.9개, 복분자톱밥 92.6개로 참나무톱밥 78.1개에 비하여 블루베리톱밥과 복분자톱밥에서 많이 산란하였다. 그러나,

**Table 4.** Number of *P. brevitarsis* larvae over 2.5 g every 2 weeks after hatching according to different fermented sawdust feed

Contents	No. of larval over 2.5g after hatching					Total	Survival rate (%)
	4 weeks	6 weeks	8 weeks	10 weeks	over 10 weeks		
Mulberry fermented sawdust	10	31	35	7	5	88 a	90 a
Bokbunja fermented sawdust	8	45	13	7	1	84 ab	92 a
Blueberry fermented sawdust	7	44	19	11	2	83 ab	88 a
Oak fermented sawdust	0	3	6	19	23	51 b	87 a

\*DMRT 5%.

성충 개체간 산란수는 유충시기의 먹이 종류와 상관없이 편차가 컸다. 산란기간은 성충 개체별 평균 8.6주~9.3주로 처리간에 차이는 없었다(Table 5). 흰점박이꽃무지 성충의 산란수는 학자마다 약간의 차이가 있는데, Park et al. (1994)은 평균 65개, Kim et al. (2002)은 82.8개, Kim and Kang (2005)은 151.9개라고 보고하였다. 또한, 흰점박이꽃무지 성충의 산란수는 발효톱밥의 수분함량, 시험 성충의 활력, 사육 환경 조건에 따라 산란수의 차이가 발생한다고 보고하였다(Kim et al., 2002; Kim et al., 2005). 따라서, 흰점박이꽃무지의 최적 산란 조건에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

베리류톱밥 종류별로 사육한 흰점박이꽃무지 10쌍씩을 집단 사육하면서 산란기간별 산란양상을 비교해본 결과(Fig. 1) 성충 우화후 7~10일후부터 산란을 시작하였고, 베리류톱밥은 우화 후 5주차에 산란피크를 보였으며, 참나무톱밥은 우화후 8주차에 산란피크를 보였다. 4주에서 10주 사이에 거의 대부분 산란이 이루어졌고, 이후 감소하는 경향이였다. 이는 흰점박이

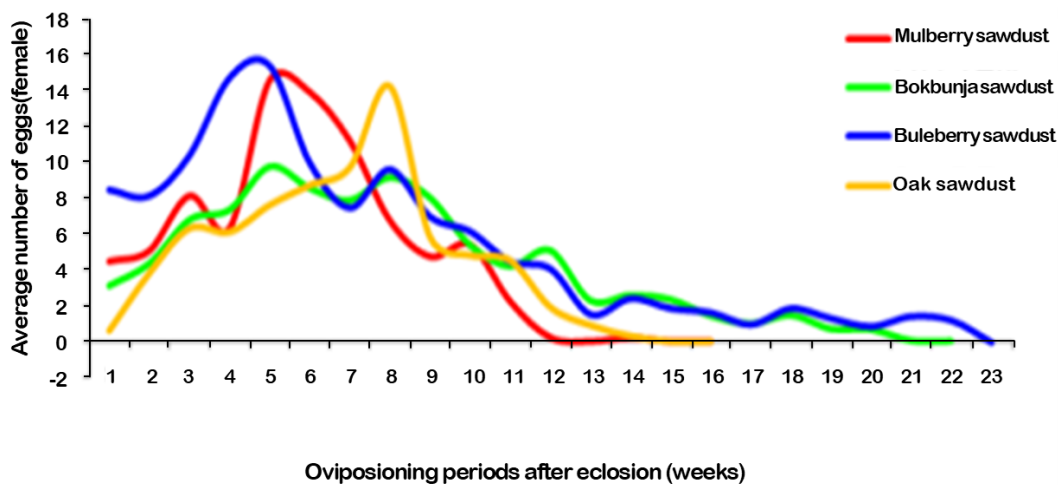
꽃무지 성충은 교미 후 4~7일 이내부터 평균 68개의 알을 45일 간에 걸쳐 산란한다는 보고(Park et al., 1994)와 유사하였고, 산란을 시작하는 시점에서 5일 이내에 가장 많은 산란이 이루어진다는 보고(Kim et al., 2002)와는 상이하였다. 또한, Kim and Kang (2005)은 흰점박이꽃무지의 평균산란수가 151.9개이며 평균 78일에 걸쳐 산란한다고 하여 산란수와 산란기간은 연구자에 따라 다양하였다. 그렇지만, 성충의 산란시기는 뽕나무발효톱밥으로 사육 후 우화한 성충과 참나무발효톱밥에서 우화한 성충 모두 우화 후 7일 이내부터 산란을 시작하여 산란전 기간은 비슷하였으나, 산란최성기는 뽕나무톱밥으로 사육 후 우화한 성충은 5주째로, 참나무발효톱밥으로 사육 후 우화한 성충의 산란최성기가 8주째인 것에 비하여 빠른 경향이라는 보고(Moon et al., 2018)와는 매우 유사한 경향이였다.

집단사육시 암컷 한 마리당 총산란수는 그림에는 나타나지 않지만, 뽕나무톱밥이 79.8개, 복분자톱밥이 92.6개, 블루베리톱밥이 96.8개, 뽕나무톱밥 75.8개로 앞에서 성충 개체별 산란

**Table 5.** Number of eggs and oviposition periods of *P. brevitarsis* fed with different fermented sawdust

Contents	No. of eggs/female		Oviposition periods (weeks)
	Mean	Range	
Mulberry fermented sawdust	79.9±32.09 b	45~139	9.3±1.59 a
Bokbunja fermented sawdust	92.6±31.76 ab	46~149	9.1±3.36 a
Blueberry fermented sawdust	103.2±40.09 a	55~182	8.6±2.79 a
Oak fermented sawdust	75.1±23.84 b	41~145	8.7±2.22 a

\*mean±SD, DMRT 5%.



**Fig. 1.** Ovipositional patterns of *P. brevitarsis* adult females fed with different fermented sawdust.

양상과 유사하였다. 그렇지만 총 산란기간은 복분자톱밥과 블루베리톱밥에서 22~23주 정도로 뽕나무톱밥과 참나무톱밥 15~16주보다는 길어지는 경향이었으며, 개체별 평균 산란 기간 9주에 비해서는 길게 나타났다. 이는 산란 전 기간이 개체별로 많은 차이가 있었기 때문이며, 개체에 따라서는 중간에 산란을 중지하였다가 후기에 산란하는 경우도 있었다. 따라서, 집단 사육시 우화된 성충의 산란기간은 길어질 수밖에 없을 것으로 보이며, 실제 농가에서 흰점박이꽃무지를 누대 사육할 경우에 고려할 사항으로 판단된다.

### 베리류톱밥 혼합에 따른 흰점박이꽃무지 발육 특성

뽕나무톱밥과 복분자톱밥을 혼합하여 흰점박이꽃무지를 사육하였을 때 유충 출하기준(100일) 내 무게 분포 비율 조사 결과(Table 6) 2.5 g 이상 비율이 63.6%로 참나무톱밥 26.9%에 비해 2배 이상 높게 나타났고, 뽕나무톱밥과 블루베리톱밥을 혼합하여 사육한 경우에도 2.5 g 이상 비율이 51.5%로 참나무톱밥보다 높게 나타났다. 이는 앞에서 톱밥종류별 유충 발육 특성 조사결과 베리류톱밥 3종류 모두 참나무톱밥에 비해 발육기간이 단축되고, 유충 무게가 증가한 결과와 유사한 결과로 보여지며, 뽕나무와 복분자 또는 뽕나무와 블루베리의 톱밥을 혼합해서 발효시켜 흰점박이꽃무지 유충을 사육해도 베리류 각각의 발효톱밥으로 사육한 결과와 동일한 효과를 나타내는 것으로 추정

로 추정이 가능하다.

또한, 뽕나무와 복분자, 또는 뽕나무와 블루베리 톱밥을 혼합하여 유충 사육 후 우화된 흰점박이꽃무지 성충의 무게는 참나무톱밥으로 사육한 성충의 무게와 차이가 없었지만, 참나무톱밥에 비해 베리류를 혼합한 처리에서 산란수가 많았고, 특히 뽕나무와 블루베리 혼합에서 104.9개로 가장 많았다(Table 7).

흰점박이꽃무지 성충의 크기와 무게에 따른 산란수는 유의차가 없지만, 유충의 먹이와 성충의 세대간에 나타나는 산란양상이 다르게 나타나고, 항온에서 실내사육을 하면서 몇 세대를 거듭하자 산란수가 확연히 감소된다는 보고(Jang, 2010)로 볼 때 사육조건에 따라 다양하게 나타날 수 있는 것으로 추정된다. 그러나, 참나무톱밥에 비해 베리류톱밥이 흰점박이꽃무지 산란에 효과적이며, 뽕나무톱밥에 블루베리톱밥을 혼합한 처리에서 뽕나무톱밥에 복분자톱밥을 혼합한 처리보다 산란수가 많았는데, 이는 앞에서 베리류톱밥 종류별 산란수에서 블루베리톱밥이 산란수가 가장 많았던 결과가 반영된 것으로 보이나, 산란 최적 환경조건에 대한 정밀한 검토가 필요하다. 또한, 본 실험에서 검토하지 못한 복분자와 블루베리를 혼합한 처리와 뽕나무, 복분자, 블루베리 3가지를 모두 혼합한 처리는 추후 검토가 필요하지만, 앞에서 베리류톱밥 각각의 흰점박이꽃무지 유충에 미치는 영향을 고려해 볼 때 유사한 결과가 나올 것으로 추정해볼 수 있다.

**Table 6.** Larval weight distribution ratio of *P. brevitarsis* within 100 days after of hatching fed with mixed berries fermented sawdust

Fermented Sawdust	Larval weight distribution ratio (%)		
	< 2.3g	2.3~2.5g	2.5g <
Mulberry:Bokbunja (80%:20%)	14.0±5.99	22.4±0.85	63.6±6.45
Mulberry:Blueberry (80%:20%)	25.8±1.41	22.7±3.43	51.5±3.02
Oak sawdust	38.8±2.74	34.3±4.56	26.9±2.96

\*mean±SD.

**Table 7.** Adult weights of and number of eggs laid by *P. brevitarsis* fed with mixed berries fermented sawdust

Fermented Sawdust	Adult weight (g)		No. of eggs/female
	Female	Male	
Mulberry:Bokbunja (80%:20%)	0.8±0.12	0.8±0.22	81.7±26.28 ab
Mulberry:Blueberry (80%:20%)	0.9±0.13	0.9±0.10	104.9±31.62 a
Oak sawdust	0.8±0.11	0.9±0.13	75.6±24.71 b

\*mean±SD, DMRT 5%.

## 고찰

이상에서 베리류 발효톱밥을 먹인 흰점박이꽃무지 유충 발육 기간은 참나무 발효톱밥에 비하여 짧아지고, 유충 무게가 증가하였으며, 생존율이 높았다. 또한, 흰점박이꽃무지 유충 집단 사육시 2.5 g 이상인 유충 비율이 높아지고, 산란수 증가에도 효과적임이 확인되었다. 베리류톱밥 3가지 종류 각각은 물론이고, 베리류를 혼합한 톱밥도 모두 흰점박이꽃무지 유충 발육과 성충 산란 특성에 있어서 참나무톱밥에 비해 유리한 결과를 보였다. 따라서, 베리류 발효톱밥으로 참나무 발효톱밥을 대체하는 것이 가능하고, 경제적인 측면에서 발육기간 단축으로 인한 생산비 절감과 생산량 증대가 기대되며, 흰점박이꽃무지 사육에 효과적일 것으로 판단된다. 그러나, 베리류톱밥의 발효속도가 참나무톱밥에 비해 빠른 것으로 여겨지기 때문에 참나무톱밥 발효방법과는 다른 톱밥발효 방법이 요구되고, 표준 발효 방법에 대한 검토가 필요하다. 또한, 베리류톱밥을 사용하기 위해서는 베리류 작물을 재배하는 농가와 연계가 필요하고, 발효 톱밥 제조시설이 갖추어져야 공급이 원활하게 이루어질 수 있을 것으로 여겨져 앞으로 대책 마련이 필요하다.

뽕나무, 복분자, 블루베리는 재배과정에서 년 2~3회 정도 가지 전정이 이루어진다. 전정후 가지는 파쇄기가 있는 농가에서 일부는 파쇄하여 퇴비용도로 활용이 되고 있지만, 대부분의 전정가지는 버려지기 때문에 버려지는 전정가지를 이용하여 톱밥으로 분쇄하여 흰점박이꽃무지를 생산하는데 사용할 수 있다면, 효율적으로 재활용이 가능하고, 부가적인 소득을 창출할 수 있다. 또한, 흰점박이꽃무지 사육농가는 버려지는 전정가지를 재활용하여 사료원으로 확보가 용이하고, 참나무톱밥에 비해 발효비용 및 생산비용이 절감되고, 생산량이 증대하여 고품질의 식용곤충 생산이 가능하며, 가공 원료로써 가치가 증대할 것으로 예상된다. 다만, 추후 베리류발효톱밥을 먹인 유충의 식품 안전성과 품질의 균일성이 검증된다면 소비자 신뢰 확보와 소비 확대가 이어질 것으로 기대된다.

## 사사

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

## 저자 직책 & 역할

임주락: 전라북도농업기술원, 연구사; 실험설계 및 논문작성  
문형철: 전라북도농업기술원, 연구사; 실험수행

박나영: 전라북도농업기술원, 연구사; 실험수행  
이상식: 전라북도농업기술원, 연구사; 자료수집 및 분석  
이은진: 전라북도농업기술원, 연구사; 자료수집 및 분석  
남준희: 전라북도농업기술원, 연구사; 자료수집 및 분석  
김 응: 전라북도농업기술원, 연구관; 자료분석 및 검토  
최창학: 전라북도농업기술원, 연구관; 자료분석 및 검토  
김희준: 전라북도농업기술원, 연구관; 자료분석 및 검토

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였습니다.

## Literature Cited

- Choi, M.H., Kim, K.H., Yook, H.S., 2019. Antioxidant activity and quality evaluation of the larvae of *Protaetia brevitarsis* after feeding with Korean panax ginseng. *J. Korean Soc. Food Cult.* 48, 403-409.
- Choi, S.U., Choi, I.H., Chung, T.H., 2020. Effects of four different feeds on larval weight and survival rate of *Protaetia brevitarsis seulensis*. *J. Environ. Sci. Int.* 29, 939-941.
- Grand View Research Report, 2017. Wheat protein market analysis by product (Wheat Gluten, Wheat protein isolate, Textured, Hydrolyzed), by concentration (75%, 80%, 95%), by application (Dairy, Bakery, Supplements, Animal feed), and Segment forecasts, 2018-2025. North America, Europe, Asia-Pacific, Latin America, Middle East & Africa.
- Jang, H.S., 2010. Study on the oviposition of *Protaetia brevitarsis*. MS. Thesis, Kyungpook National University. p. 37.
- 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 aloevera mixed diet on larval growth of *Protaetia brevitarsis seulensis* (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.B., Seok, Y.S., Seo, S.D., Sung, G.B., Kim, S.K., Jo, Y.Y., Kweon, H.Y., Lee, K.G., 2015. Anti-oxidative capacity of mulberry genetic resources. *J. Seric. Entomol. Sci.* 53, 71-77.
- Kim, H.G., Kang, K. H., 2005. Bionomical characteristic of *Protaetia brevitarsis*. *Korean J. Entomol.* 44, 139-144.
- Kim, H.Y., 2003. Antidiabetic effects of Bokbunja (*Rubus coreanus* Miquel). MS. Thesis, Inje University. p. 54.
- Kim, M.H., 2019. Effect of herbal medicine by-products on the growth of white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis seulensis*). MS. Thesis, Gyeongsang National University. p. 29.
- 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.
- Kwon, O. 2009. Effect of different diets on larval growth of *Protaetia brevitarsis seulensis* (Kolbe) (Coleoptera: Cetoniidae). Entomol. Res. 39, 152-154.
- Lee, J.S., 1995. Effects of population density and C/N ratios of feed on the growth and cast production of the earthworm (*Eisenia foetida*). J. Livestock Fac. Environ. 1, 65-75.
- 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.
- Lim, Y.J., 2019. Effect of *Protaetia brevitarsis* extract on improving liver function. MS. Thesis, Woosuk University. p. 43.
- Moon, H.C., Lim, J.R., Park, N.Y., Chon, H.G., 2018. Development and oviposition characteristics of *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Cetoniidae) fed fermented Mulberry sawdust. Korean J. Appl. Entomol. 57, 373-379.
- Nam, S.H., Kim, M.A., Park, K.H., Kim, S.H., Kim, S.Y., Yoon, H.J., Hwang, J.S., Kim, Y.S., Park, H.C., Kim, I.W., Song, J.H., Lee, K.Y., Kim, E.S., Seo, M.C., Lee, J.H., Bang, H.S., 2020. Development policy and plans for Korean insect industry. National Academy of Agricultural Science, RDA, Jeonju, Korea, p. 81.
- 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, H.N., Park, M.S., Youn H.S., Park, S.J., Hogstrand C., 2014. Nutritional compositions and antioxidative activities of two Blueberry varieties cultivated in South Korea. Korean J. Food Preserv. 21, 790-798.
- Song, M.H., Han, M.H., Lee, S.H., Kim, E.S., Park, K.H., Lim W.T., Choi, J.Y., 2017. 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.
- Statistics Korea, 2020. Funtional Sericulture Industry Status (2013~2020), Fruit Production and Cultivated Area. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=114&tblId=DT\\_114\\_2013\\_S0028&conn\\_path=I3](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=114&tblId=DT_114_2013_S0028&conn_path=I3) (accessed on 6 August, 2021).
- Yoon, C.H., Song, H.S., Lee, B.J., Son, D., Jeon, S.H., Cho, Y.S. 2016. Effects of feeds on larval development of white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis seulensis*. J. Kor. Soc. Int. Agric. 28, 541-546.
- Zhang, Z.L., 1984. Ecomomic insect fauna of China. Fasc. 28. Coleoptera: larva of Scarabaeidae Press, Beijing. pp. 27-28.