

Effects of Dietary Animal Feed on the Growth Performance of Edible Insects

Myung-Ha Song, Heui-Sam Lee and Kwanho Park*

Industrial Insect Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Association, 166 Nongsaeongmyeong-ro, Wanju, Jeollabuk-do 55365, Korea

Received March 5, 2018 / Revised April 23, 2018 / Accepted April 24, 2018

The insect industry is a promising agricultural resource and expected to grow steadily. In Korea, *Gryllus bimaculatus* and the larvae of *Tenebrio molitor*, *Protaetia brevitarsis*, and *Allomyrina dichotoma* were listed as general food ingredients. As interest in these edible insects increases, rearing techniques and nutritious food sources are needed for mass production. In this study, wheat bran, dog feed, and pig feed were investigated for their effects on the larval growth of *P. brevitarsis* and *A. dichotoma*. When fermented sawdust with 30% wheat bran was used, the larval survival rate of *P. brevitarsis* and *A. dichotoma* ($p=0.244341$ and $p=0.007966$, respectively) and growth rate ($p=0.001400$ and $p=0.000051$, respectively) were significantly lower than those of the control (fermented sawdust with no supplement). Therefore, fermented sawdust with a high density of wheat bran was inappropriate for both insects. When fed fermented sawdust with 2.5 or 5% of dog and pig feed, the survival rate and growth rate of the larvae were higher than those of the control. Interestingly, the maximum larval weight with 2.5% dog feed was increased by 3.35 ± 0.10 g and 32.59 ± 0.79 g for *P. brevitarsis* and *A. dichotoma*, respectively. In addition, the larval period of both was shorter than that of the control by 40 days or more. Therefore, it is considered that animal feed can be used as a feed source for these edible insects.

Key words : *Allomyrina dichotoma*, animal feed, edible insect, growth, *Protaetia brevitarsis*

서 론

곤충은 식량[4, 6, 24, 26], 기능성 소재[7, 15, 26], 농업자재[20] 등 미래 농업자원으로 유망하며 용도확장에 따라 지속적인 시장성장이 예상되고 있다[9, 26].

곤충은 가축에 비해 사육 면적이 좁아 토지 이용 효율이 높고, 한번에 알을 수십 개에서 수백 개 낳으며, 1년에 세대가 여러 번 순환되므로 빠른 기간 내에 대량생산이 가능하다. 뿐만 아니라 사료 효율이 높아 곤충 사육에 드는 비용도 다른 가축에 비해 상대적으로 적다. 그리고 농업이나 축산업은 비료, 농약, 배설물 등으로 인한 토양오염과 폐탄가스로 인한 대기오염 등과 같은 환경 오염에 대한 우려가 크지만, 곤충에 의해 배출되는 유해가스의 양은 다른 가축의 10분의 1~100분의 1 수준에 불과해 곤충 산업은 다른 산업에 비해 환경에 미치는 영향이 적은 것으로 평가된다[18]. 또한 곤충을 사육할 때 분뇨나 퇴비 등을 활용할 수 있다는 점도 친환경적 장점으로 꼽힌다[16, 18, 25]. 영양적으로는 곤충이 대체 단백질원이

라고 할 수 있을 만큼 단백질(약 23~66 g/100 g 생중량)이 풍부하다[1, 4]. 혈행 개선 효과가 있다고 보고되어 있는 불포화 지방산이 총 지방산 중 70% 이상을 차지하며, 비타민과 미네랄 함량 또한 높아 영양적 가치가 높은 것으로 평가된다[2, 3, 27].

식량 공급원으로써 곤충의 이용은 완전히 새로운 개념이 아니라 이미 전통적으로 전세계 약 2억명의 인구가 1,900여종의 곤충을 섭취하고 있는 것으로 알려져 있으며, 실제로 영양 성분이 연구되어 식품 데이터베이스에 등재되어 있는 곤충도 약 450종에 이른다.

국내에서는 이러한 곤충을 산업으로 육성하기 위해, 2010년 8월 「곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률」 제정과 2차례에 걸친 5개년 계획 수립·시행을 통해 시장규모가 2011년 1,680억 원에서 2015년 3,039억 원으로 2배 가까이 증가하였고, 사육농가수도 265호에서 724호로 2.7배나 증가하는 등 성장한 데 이어 오는 2020년에는 곤충산업 규모를 5,000억 원으로 확대하고 사육농가 1,200호를 육성할 것으로 전망되고 있다[10-12]. 이와 더불어 최근 갈색거저리 유충, 쌍별귀뚜라미, 흰점박이꽃무지 유충 및 장수풍뎅이 유충이 식품의약품안전처에서 정한 식품공전에 등록되어 일반식품원료로 인정[13-15]되면서 식용곤충에 대한 관심이 높아지고 곤충의 대량사육이 전국적으로 이루어지고 있다[23]. 따라서 위생적으로 표준화된 종합 관리기술 개발이 요구되고, 먹이원의 다양성 확보를 위해 안전하고 고영양성분이 포함된 식용곤충 전용 먹이원 개발에

*Corresponding author

Tel : +82-63-238-2994, Fax : +82-63-238-3833

E-mail : nicegano@korea.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

대한 연구[8, 21, 22]가 지속적으로 수행될 필요가 있다.

따라서, 본 연구는 식용곤충으로 많이 사육되고 있는 흰점박이꽃무지와 장수풍뎡이 등과 같은 부식성 식용곤충의 생육을 촉진하면서 안정적인 사육을 도모하기 위해 주먹이원인 발효톱밥에 밀기울과 애견사료 및 양돈사료를 농도별로 첨가하여 다양한 먹이원 급여에 따른 발육증진 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

실험곤충 및 사육조건

본 실험에 사용한 부식성 식용곤충인 흰점박이꽃무지(*Protaetia brevitarsis*)와 장수풍뎡이(*Allomyrina dichotoma*)는 경상남도 함천군의 희망곤충농장과 경상북도 경산시의 용암수경농원에서 각각의 2령 유충을 분양받아 3령 탈피 후 1주 이내의 유충을 실험에 사용하였다. 공시충은 국립농업과학원 곤충사육실(25±1℃, 60±5% RH)에서 사육하였다. 유충의 사육용기는 폴리프로필렌 재질의 투명한 상자(268×193×127 mm)를 사용하였다.

실험에 사용한 곤충의 먹이로는 참나무 발효톱밥과 밀기울을 5%와 15%, 30% 첨가한 발효톱밥, 시중에서 판매되는 애견사료(대한사료주식회사) 및 양돈사료(대한사료주식회사)를 각각 5%와 10% 첨가한 발효톱밥을 충분히 공급하였다. 애견사료는 펠렛사료로 곡류, 육골분, 박류, 곡물부산물류, 계속분, 닭기름, 과실 및 과채 추출물, 기타 첨가제 등이 포함되었으며 성분량은 조단백질 25% 이상, 조지방 12% 이상, 조섬유 5% 이하, 조회분 11% 이하, 칼슘 0.95% 이상, 인 1.3% 이하이다. 양돈사료는 크럼블 형태로 곡류, 박류, 유장, 대두유, 어분, 설탕, 강피류, 인산칼슘, 석회석 분말, 기타 첨가제 등이 포함되었으며 성분량은 조단백질 18% 이상, 조지방 5% 이상, 조섬유 4% 이하, 조회분 8% 이하, 칼슘 0.5% 이상, 인 0.8% 이하, 라이신 1.4% 이상이었다. 대조구는 무첨가 발효톱밥을 공급하였다.

유충 생육 조사

실험은 처리구당 20마리씩 이루어졌으며, 전체 유충이 용화 또는 사멸할 때까지 조사를 진행하였다. 처리구간 발육을 알아보기 위하여 유충의 생존율을 조사하고 체중을 측정하여 증가율을 알아보았다. 모든 실험은 3반복으로 수행되었다.

통계 분석

조사 결과는 SPSS (Statistical Package for the Social Science) WIN 12.0 프로그램을 이용하여 평균±표준편차로 표시하였고, 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 $p < 0.05$ 수준에 Tukey's Multiple Comparison test를 시행하였다.

결과 및 고찰

유충의 생존율

부식성 식용곤충의 사육을 위한 먹이원은 일반적으로 참나무 톱밥에 당류, 유용미생물(EM) 발효액 등을 혼합하여 발효한 발효톱밥으로, 본 실험에서는 기본 발효톱밥을 대조구로 사용하고 영양분을 보충하기 위하여 밀기울과 시판 중인 가축사료(애견사료, 양돈사료)를 첨가하여 사육하였다.

흰점박이꽃무지

대조구인 기본 발효톱밥 100%와 발효톱밥에 밀기울, 애견사료, 양돈사료를 농도별로 첨가한 처리구에서의 유충 생존율을 비교관찰하였다. 먹이원에 따른 생존율은 대조구를 포함한 모든 처리구에서 80% 이상으로 높게 관찰되었다(Fig. 1A). 특히, 애견사료와 양돈사료를 첨가한 처리구의 생존율은 95% 이상으로 높게 나타났다.

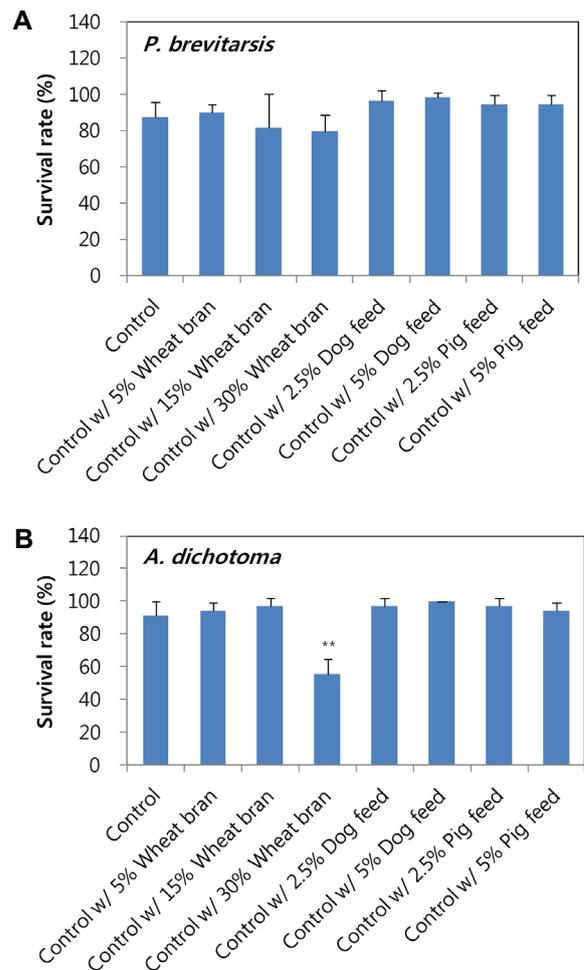


Fig. 1. The average survival rates of *P. brevitarsis* larvae (A) and *A. dichotoma* larvae (B) by eight feeds. The means and standard deviations (SD) were analyzed with a confidence interval of 95% by one-way ANOVA and Tukey's multiple comparison test. ** $p < 0.01$.

장수풍뎅이

가축용 사료를 첨가한 발효톱밥을 이용하여 장수풍뎅이를 사육한 결과 생존율은 대조구를 포함한 모든 처리구에서 95% 이상으로 전반적으로 높게 조사되었다. 반면에, 밀기울 함량에 따른 유충의 생존율은 밀기울 30%가 첨가된 조건(55.6%)에서 기본 발효톱밥 대조구(91.7%)에 비해 현저히 낮은 수준을 나타냈다(Fig. 1B). 밀기울은 가축의 사료자원으로 활용되고 있으며 급여 시 장관 내 미생물의 활성을 자극하고, 생성된 발효산물이 장내 유익균의 성장을 촉진시켜 장내 환경을 유익하게 변화시킨다고 보고된 바 있다[19]. 그러나 부식성 곤충의 주먹이원인 발효톱밥에 다량의 밀기울을 첨가함으로써 인해 먹이원 내 과발효가 진행되고, 이로 인해 발생된 다량의 유기산이 곤충 장내 pH에 급격한 변화를 일으켜 곤충의 생존율 감소에 영향을 미친 것으로 판단된다.

유충무게

흰점박이꽃무지

시판 중인 가축사료 첨가 먹이원의 급여에 따른 증체량은 기본 발효톱밥대조구 보다 높은 증체율을 보였으며, 특히 애견사료를 2.5%(173.5%, $p=0.002472$)와 5% 첨가(179.2%, $p=0.006069$)한 처리구에서 대조구(126.8%) 대비 유의적으로 많은 증체를 하였다(Fig. 2). 또한, 애견사료 2.5%를 첨가했을 때 유충의 최고 무게는 3.35 ± 0.10 g으로 가장 무거웠다. 뿐만 아니라, 애견사료 첨가 처리구가 최고 무게에 도달하는 데에 소요되는 기간은 60일 미만으로 대조구 대비 20일 이상 빨리 도달하는 것으로 조사되었다(Table 1). 시판 중인 애견 및 양돈 사료 첨가구들은 전체적으로 대조구보다 단시간에 많은 증체량을 보였다.

반면에, 밀기울을 첨가한 처리구의 증체율은 전체적으로 대조구보다 낮았고, 밀기울 30% 첨가 처리구의 증체율(60.1%)은 기본 발효톱밥 대조구 대비 절반의 수준에도 미치지 못했다(Fig. 2). 유충의 무게는 밀기울 첨가 처리구에서 2.5 g 미만이었으며, 특히 밀기울을 30% 첨가했을 때에는 1.88 ± 0.12 g으로 가장 가벼웠다(Table 1). 일반적으로 발효톱밥을 제조하는 과정에서 사용되는 수준의 밀기울 첨가(1~2%)는 곤충의 증체율을 높일 수 있을 것으로 보여지나, 본 실험에서 밀기울 첨가량이 5~30%로 많아질수록 증체량이 대조구 대비 감소한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 사료 내 밀기울을 추가로 첨가하여 기본 발효톱밥 내 영양성분이 희석되었기 때문이라고 예상된다.

장수풍뎅이

밀기울 및 가축사료 첨가 먹이원에 따른 증체율은 Fig. 2에서 나타낸 바와 같이, 애견사료 및 양돈사료의 첨가로 인한 총 증체율이 약 300% 정도로 대조구(145.4%) 대비 2배 이상의 높은 결과를 보였다. 밀기울 30% 첨가 처리구의 경우 증체율이 90.4%로 기본 발효톱밥을 사용한 대조구보다 낮았다.

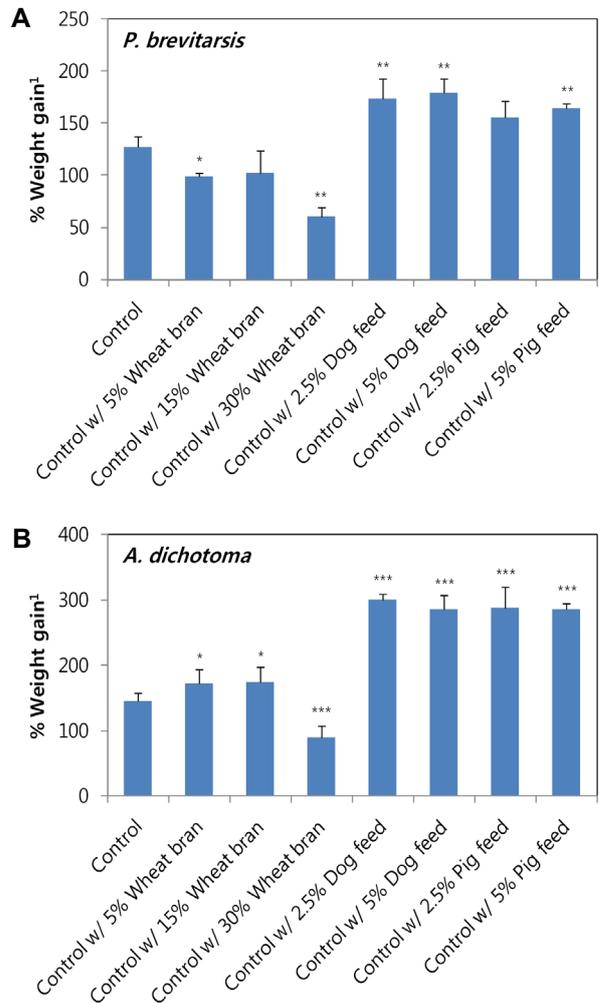


Fig. 2. Change in rate of larval weight gain following feeding eight different feeds. The weight of each larva at end of trial was compared to its own weight at the initial of trial. This provided total % weight gains of *P. brevitarsis* (A) and *A. dichotoma* (B) with feeding different feeds. The asterisk is used to indicate the statistical differences according to one-way ANOVA and Tukey's multiple comparison test. * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$. % Weight gain = (final weight - initial weight) \times 100 / initial weight.

그리고 애견사료를 2.5%를 첨가했을 때 약 93일 경과 후 유충 최고무게인 32.59 ± 0.79 g에 도달하는 것으로 나타나 대조구를 포함한 모든 처리구 중에서 가장 빠른 시간에 가장 무거운 유충을 생산할 수 있는 것을 확인하였다(Table 2).

유충의 발육기간

흰점박이꽃무지

밀기울 5%와 15% 첨가 처리구의 유충 발육기간은 대조구 (107.42 ± 2.34 일)와 비슷한 수치를 나타냈고, 밀기울 30%가 첨가된 조건(121.20 ± 2.80 일)에서는 유충 발육기간이 대조구보다

Table 1. Mean period of larvae with maximum weight and maximum larval weight by supplying various feeds

Feeds	<i>P. brevitarsis</i>		<i>A. dichotoma</i>	
	Maximum larval weight (g)	Duration to reach max. weight (day)	Maximum larval weight (g)	Duration to reach max. weight (day)
Control	2.69±0.14	80.67±12.34	23.54±1.68	120.33±8.66
Control w/ 5% Wheat bran	2.37±0.07*	85.67±8.50	22.09±1.90	113.75±12.87**
Control w/ 15% Wheat bran	2.41±0.24	78.00±12.77	21.78±1.97	115.50±10.64
Control w/ 30% Wheat bran	1.88±0.12**	88.67±2.02	18.14±2.08***	128.43±6.85
Control w/ 2.5% Dog feed	3.35±0.10**	57.67±6.51	32.59±0.79***	93.13±11.10***
Control w/ 5% Dog feed	3.33±0.16**	56.67±2.52*	31.33±1.83***	98.88±12.32**
Control w/ 2.5% Pig feed	3.04±0.20	61.67±4.51	31.98±2.44***	103.43±10.36**
Control w/ 5% Pig feed	3.14±0.08**	60.33±6.03	31.00±2.36***	102.38±9.55**

* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$.

길게 관찰되었다(Table 2).

가축사료를 첨가한 처리구에서 유충의 발육기간이 통계적으로 유의하게 단축되는 것을 확인할 수 있었다(Table 2). 가축사료 첨가에 따른 유충의 발육기간이 대조구 대비 35일 이상 단축된 것은 시판 중인 가축사료에 포함된 단백질 및 기타 영양성분이 유충의 발육에 도움을 준 것으로 판단된다.

장수풍뎅이

밀기울 함량에 따른 모든 처리구의 유충기간은 기본 발효톱밥을 사용한 대조구보다 길게 관찰되었다(Table 2). 특히, 밀기울 함량이 30%인 발효톱밥을 급여하였을 때 유충기간이 174.75±12.80일로 가장 긴 것으로 조사되었으며 이와 같은 결과는 위에 서술한 흰점박이꽃무지를 대상으로 한 결과와 유사하였다. 생산비 절감 측면에서 곤충사육 농가입장에서는 양질의 곤충을 최대한 짧은 기간에 생산하는 것이 최대 고려사항이다. 장수풍뎅이 유충의 먹이원으로 밀기울을 첨가한 발효톱밥을 이용할 경우 기본 발효톱밥 이용 시 보다 유충 사육기간이 길어지기 때문에 적절한 먹이원으로 활용하기에는 부적합한 것으로 판단된다.

애견사료와 양돈사료를 첨가한 모든 처리구에서 유충기간은 대조구보다 약 40일 정도 단축되었다(Table 2). 특히, 애견사료 2.5% 첨가 처리구의 유충기간이 116.13±9.78일로 가장

짧았고, 이는 통계적으로 유의한 수준이었다($p=0.00000595$).

흰점박이꽃무지와 장수풍뎅이와 같은 부식성 식용곤충의 먹이원은 참나무 톱밥, 밀기울, 당류 및 EM 발효액 등을 혼합하여 발효된 발효톱밥으로, 사육 농가별로 다양한 첨가물을 혼합하여 사육하고 있다. 밀기울은 대부분 가축의 사료자원으로 활용되고 있으며, 급여 시 가축의 장관 내 미생물을 활성화하여 유익한 장내 환경을 조성한다고 보고된 바 있다[17]. 그러나 본 연구에서 밀기울 5~30% 처리구는 부식성 곤충의 먹이원 소재로 사용되기에 부적합한 발효양상을 나타내었다. 기본 발효톱밥을 사용한 대조구와 비교했을 때, 흰점박이꽃무지와 장수풍뎅이 유충의 생존율은 낮은 수준이었고(Fig. 1), 유충 무게 및 증체율도 현저히 낮게 나타났다(Fig. 2). 이는 밀기울 특유의 이취로 인해 기호성이 낮아지고, 다량의 밀기울 첨가로 기본 발효톱밥 내 영양성분이 희석된 결과인 것으로 생각된다. 밀기울은 미생물 생육 효과를 가지고 있어 대부분 가축사료 제조 시 보조사료용 생균제의 배지로 이용되고 있다. 따라서 부식성 식용곤충의 먹이원인 발효톱밥 제조 시 생톱밥의 발효를 촉진시키기 위해 밀기울을 1~2% 정도로 소량 첨가하여 사용하는 것이 적당한 것으로 생각된다.

흰점박이꽃무지와 장수풍뎅이의 먹이 첨가물로서 시판 중인 가축사료 중애견사료를 이용할 경우, 2.5% 첨가 조건의 유충 무게는 각각 3.35±0.10 g과 32.59±0.79 g으로 가장 무거웠으며(Table 1), 두 곤충의 유충기간은 대조구에 비해 40일 이상 짧게 관찰되었다(Table 2). 모든 조건을 고려했을 때, 부식성 식용곤충을 사육하는 데 있어 애견사료의 함량이 2.5% 첨가된 조건일 때 기존의 일반 발효톱밥을 이용한 사육방법 보다 높은 효율성을 보일 것으로 생각된다. 일반적으로 흰점박이꽃무지와 장수풍뎅이 사육 농가에 있어서 유충의 무게가 각각 약 2.5 g과 25 g 이상이면 출하 가능한 것으로 판단하는 것을 고려했을 때, 시판 가축사료를 소량 첨가하는 것으로 건강한 유충을 생산하고 생산된 유충의 출하시기를 앞당길 수 있어 궁극적으로 곤충 사육 농가에 도움이 될 것으로 기대된다. 다른 식용곤충인 갈색거저리를 이용한 실험에서도 가축사료 중 양

Table 2. Larval period with different feed compositions

Feeds	Larval period (day)	
	<i>P. brevitarsis</i>	<i>A. dichotoma</i>
Control	107.42±2.34	157.63±10.91
Control w/ 5% Wheat bran	104.25±0.66	157.75±13.16
Control w/ 15% Wheat bran	107.79±0.88	157.63±10.73
Control w/ 30% Wheat bran	121.20±2.80***	174.50±12.57**
Control w/ 2.5% Dog feed	66.73±3.88***	116.13±9.78***
Control w/ 5% Dog feed	68.93±0.54***	118.88±8.58
Control w/ 2.5% Pig feed	72.21±2.53***	120.38±6.50
Control w/ 5% Pig feed	70.56±1.95***	118.50±8.52

** $p<0.01$; *** $p<0.001$.

계사료를 혼합하여 급여한 결과 증체량이 증가하였다[5]. 따라서 부족한 영양성분을 보충할 수 있는 가축사료 또는 기능성 성분을 혼합하여 영양성분이 높은 사료를 공급하는 것이 유충을 효율적으로 사육할 수 있는 것으로 판단된다. 가축사료 첨가 먹이원에 따른 유충의 용화율이나 우화율, 그리고 발생한 성충의 산란율 등에 대한 데이터가 보충된다면 본 연구결과를 더욱 효과적으로 뒷받침할 수 있을 것이라 생각된다. 따라서 이에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다. 뿐만 아니라, 흰점박이꽃무지나 장수풍뎅이와 같은 부식성 식용곤충을 대량 사육할 때 경제성을 높이기 위해 가축사료를 첨가한 고영양 사료를 유충의 증체율이 높은 특정 시기에 집중적으로 공급하거나 밀기울 이외의 다른 부산물 사료를 활용한 연구[8, 22]를 통해 유충을 더욱 효율적으로 생산할 수 있을 것으로 생각된다. 특히 장수풍뎅이의 경우, 자연 상태에서 약 1년 동안의 긴 생활사 주기를 가지므로 곤충 사육장의 온도를 조절하거나 가축사료 등과 같은 고영양성분을 포함하는 먹이원을 공급하여 장수풍뎅이 유충의 발육기간을 단축하거나 우화시기를 조절하는 등의 경제적 사육방법에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 시판 중인 가축사료를 첨가하였을 때 기본 발효톱밥을 급여한 대조구에 비해 흰점박이꽃무지와 장수풍뎅이 유충의 생존율 및 증체율이 높고 유충기간이 단축되었다. 부식성 식용곤충을 사육하는 데 있어 먹이원 내의 영양성분이 곤충의 생육에 직접적인 영향을 미치는 것으로 보아 고영양성분이 포함된 식용곤충 전용 먹이원 개발에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 애견사료와 양돈사료를 첨가했을 때 기본 발효톱밥을 이용한 사육에 의한 흰점박이꽃무지 및 장수풍뎅이 유충의 발육양상보다 우수한 효과를 보여 가축사료는 부식성 식용곤충의 먹이원 소재로서의 가능성이 있으며, 더불어 곤충생산 농가의 소득을 증진시켜 곤충산업의 활성화에 기여할 것으로 기대하고 있다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업기초기반연구사업(과제번호: PJ012024032018)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

References

- Baek, M., Hwang, J., S., Kim, M., A., Kim, S., H., Goo, T., W. and Yun, E. Y. 2017. Comparative analysis of nutritional components of edible insects registered as novel foods. *J. Life Sci.* **27**, 334-338.
- Bukkens, S. G. F. 1996. The nutritional value of edible insects. *Ecol. Food Nutr.* **36**, 287-319.
- Chung, M. Y., Kwon, E. Y., Hwang, J. S., Goo, T. W. and Yun, E. Y. 2013. Analysis of general composition and harmful material of *Protaetia brevitarsis*. *J. Life Sci.* **23**, 664-668.
- FAO. 2013. Edible Forest Insects. Human bite back. Rome
- Jiraphon, S. and Tasanee, J. 2001. Industrial mass rearing of mealworm beetle (*Tenebrio molitor* L.). *Kaen Kaset Khon Kaen Agri. J.* **29**, 194-200.
- Jongema, Y. 2012. List of Edible Insects of the World. <http://www.ent.wur.nl>.
- Kim, H. A., Lee, S. H., Choi, Y. C., Park, K. H., Hwang, J. S., Kim, N. J. and Nam, S. H. 2013. Comparison of fibrinolytic activity from Korean indigenous insects. *J. Seric. Entomol. Sci.* **51**, 147-152.
- Kim, S. Y., Chung, T. H., Kim, S. H., Song, S. H. and Kim, N. J. 2014. Recycling agricultural wastes as feed for mealworm (*Tenebrio molitor*). *Kor. J. Appl. Entomol.* **53**, 367-373.
- Kim, Y., Han, H. and Park, Y. 2015. The plan for activation of insect industry. Korea rural economic institute, Korea.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2011. The first five-year plan to nurture the edible insect industry.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2016. The second five-year plan to nurture the edible insect industry.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2010. Act on fosterage and support of the insect industry, Ministry of Government Legislation.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2010. Guideline for safety evaluation of new food materials.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2014. Korean Food Standards Codex (2014-106).
- Ministry of Food and Drug Safety. 2016. Food Sanitation Act, revised notice (2016-18).
- Nakagaki, B. J. and Defoliart, G. R. 1991. Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera, Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *J. Econ. Entomol.* **84**, 891-896.
- Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D. and Charrondiere, U. R. 2016. Review of food composition data for edible insects. *Food Chem.* **193**, 39-46.
- Oonincx, D. G., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J. W., van den Brand, H., van Loon, J. J. A. and van Huis, A. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS One* **5**, 1-7.
- Rosenfelder, P., Eklund, M. and Mosenthin, R. 2013. Nutritive value of wheat and wheat by-products in pig nutrition: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* **185**, 107-125.
- Sah, L. P. and Jung, C. E. 2012. Global perspective of edible insects as human food. *Kor. J. Soil Zool.* **16**, 1-8.
- Song, M. H., Han, M. H., Lee, S., Kim, E. S., Park, K. H., Kim, W. T. and Choi, J. Y. 2016. Effect of different diets on growth and development of the two-spotted cricket, *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera: Gryllidae). *Int. J. Indust. Entomol.* **33**, 59-62.
- Song, M. H., Han, M. H., Lee, S., Kim, E. S., Park, K. H., Kim, W. T. and Choi, J. Y. 2016. Growth performance and nutrient composition in the white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Scarabaeidae) fed agricul-

- tural by-product, soybean curd cake. *J. Life Sci.* **27**, 1185-1190.
23. Song, M. H., Han, M. H., Lee, S., Kim, E. S., Park, K. H., Kim, W. T. and Choi, J. Y. 2017. A field survey on edible insect farms in Korea. *J. Life Sci.* **27**, 702-707.
24. Srivastava, S. K., Badu, N. and Pandey, H. 2009. Traditional insect bioprospecting-As human food and medicine. *Indian J. Tradit. Know.* **8**, 485-494.
25. van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev. Entomol.* **58**, 563-583.
26. Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
27. Yoo, J., Hwang, J. S., Goo, T. W. and Yun, E. Y. 2013. Comparative analysis of nutritional and harmful components in Korean and Chinese mealworms (*Tenebrio molitor*). *Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **42**, 249-254.

초록 : 가축사료를 첨가한 먹이원의 급여가 부식성 식용곤충의 생육에 미치는 영향

송명하 · 이희삼 · 박관호*

(농촌진흥청 국립농업과학원 곤충산업과)

곤충은 식량·기능성 소재·농업자재 등 미래의 농업자원으로 유망하며, 지속적인 시장성장이 예상되고 있다. 또한 갈색거저리 유충, 쌍별귀뚜라미, 흰점박이꽃무지 및 장수풍뎅이의 유충이 일반식품원료로 인정됨에 따라 식용 곤충에 대한 관심이 높아지고, 이에 대량생산을 위한 사육기술의 표준화 및 먹이원 개발에 관한 연구가 요구되고 있다. 본 연구는 흰점박이꽃무지와 장수풍뎅이 유충의 발육촉진 효과를 확인하기 위해 애견사료 및 양돈사료와 같은 시판 중인 가축사료와 밀기울을 첨가한 발효톱밥을 이용하였다. 밀기울 첨가 처리구는 흰점박이꽃무지와 장수풍뎅이의 생존율과 증체율이 현저히 낮은 수준으로 곤충 먹이원의 소재로 사용되기에 부적합한 발육양상을 보였다. 애견사료 및 양돈사료를 첨가한 먹이원을 급여하였을 때 흰점박이꽃무지와 장수풍뎅이 모두에서 유충의 생존율 및 증체율이 높고 유충기간이 단축되는 것으로 나타났다. 특히, 애견사료 5% 첨가 조건에서 흰점박이꽃무지 유충의 증체율은 초기 무게와 대비하여 179.2%로 가장 높았고, 장수풍뎅이 유충의 증체율은 애견사료 2.5% 첨가 조건에서 299.9%로 가장 높았다. 또한, 애견사료 2.5% 첨가 사료를 급여했을 때 흰점박이꽃무지와 장수풍뎅이의 유충기간은 약 67일과 116일로 기본 발효톱밥을 급여한 대조구에 비해 40일 이상 짧게 조사되었다. 따라서 가축사료는 부식성 식용곤충에 우수한 발육 효과를 나타내는 곤충 먹이원의 소재로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.