

이유자돈 사료 내 동애등에(*Hermetia illucens*)의 첨가수준이 사양성적, 영양소소화율 및 경제성에 미치는 영향

최요한¹, 윤세영², 전세민², 이재영², 오승민³, 이승형⁴, 김진수^{2*}
¹농진청 국립축산과학원 양돈과, ²강원대학교 동물생명과학대학 동물산업융합학과,
³경상북도 축산기술연구소, ⁴농협사료 사료기술지원센터

Effects of Different Levels of *Hermetia Illucens* on Growth Performance and Nutrient Digestibility in Weaning Pigs

Yo-Han Choi¹, Se-Yeong Yoon², Se-Min Jeon², Jae-Young Lee²,
Seung-Min Oh³, Seung-Hyung Lee⁴, Jin-Soo Kim^{2*}

¹Swine Science Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

²Department of Animal Industry Convergence, College of Animal Life Sciences, Kangwon National University

³Gyeongsangbuk-do Livestock Research Institute, ⁴Feed Research Institute, Nonghyup Feed Inc.

요약 본 시험은 이유자돈 사료 내 동애등에(*Hermetia illucens*)의 사용 수준에 따른 성장, 영양소소화율 및 경제성을 평가하여 이유자돈 사료 내 동애등에의 적정 사용수준을 도출하기 위해 실시하였다. 본 시험을 위해 총 192 두의 이유자돈(Landrace × Yorkshire × Duroc; 6.51 ± 0.15 kg)을 공시하여 4 처리 6 반복, 반복당 8 두씩 완전임의 배치하였다. 시험 처리구는 옥수수-대두박 기초사료를 대조구로 하여 기초사료 내 동애등에를 각각 1, 2 및 3% 첨가하였다. Phase I, II 및 overall의 사양성적에서 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, overall의 일당증체량에서 동애등에 첨가수준에 따라 선형적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 건물 소화율이 동애등에 첨가수준에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났으나, 다른 항목에서 유의적인 효과는 나타나지 않았다. 경제성 분석에서 overall의 총증체량이 동애등에의 첨가수준이 증가함에 따라 증가하였으며($p < 0.05$), 이를 제외한 모든 항목에서 유의적인 효과가 나타나지 않았다. 본 연구결과를 요약하면, 사료 내 동애등에의 첨가는 경제성의 영향 없이 이유자돈의 성장과 건물 영양소소화율 개선에 유의한 효과를 미치며, 이는 이유자돈 사료 내 3%까지 사용이 가능한 것을 시사한다.

Abstract This trial was conducted to determine the optimal supplementation level of *Hermetia illucens* (HI) on the growth performance, the apparent total tract retention of nutrients and the economic efficiency in weaning pigs. A total of 192 weaned pigs (Landrace × Yorkshire × Duroc; 6.51 ± 0.15 kg) were randomly allotted to 4 treatments and 6 replicates on the basis of their initial body weight. The dietary treatments included a corn-soybean meal based diet supplemented with 0, 1, 2 or 3% HI. There were no significantly effects between the treatments in phases I, II and overall. But average daily gain was significant and linearly increased when HI was added to the diet in the overall group. Although digestibility of dry matter (DM) was increased by adding HI, digestibility responses were not observed by supplying HI in phase I. Also, all the parameters of economic efficiency were not significantly different according to the level of HI. The results showed that HI had beneficial effects on growth performance and digestibility of dry matter. However, there were no effects on economic efficiency by using HI in weaning pig diets

Keywords : *Hermetia Illucens*, Weaning Pigs, Growth Performance, Digestibility, Economic Efficiency

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호:PJ014485032019)의 지원과 2019년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Jin-Soo Kim(Kangwon national Univ.)

email: kjs896@kangwon.ac.kr

Received June 25, 2019

Revised July 17, 2019

Accepted September 6, 2019

Published September 30, 2019

1. 서론

돼지의 사료비 중 단백질 원료사료의 가격은 약 60~70%를 차지하고 있는 실정이며[1], 이유자돈에 있어 주요 원료 중 단백질은 소화효소가 적게 분비되는 생리적 특성으로 인해 소화율이 낮다. 따라서 이유자돈 사료 내 주요 단백질 원료사료는 농축대두단백, 어분, 혈장단백질, 유장분말 등과 같이 가격이 매우 높은 원료들로 구성하게 된다[2,3]. 최근 이와 같은 고가의 원료사료를 대체하기 위한 방안 중 곤충을 자원화 하는 연구들이 진행되어 오고 있다[4].

곤충은 어류나 포유류에 비해 성장속도가 우수하여 단위 시간당 단백질 및 지방과 같은 주요 영양소의 축적이 매우 높은 편이며[5,6,7], 사육비용이 비교적 저렴하기 때문에 근래에 들어 기존 원료사료 대체원으로써 주목하기 시작하였다. 세계 각국에서도 곤충을 중요한 미래의 산업자원으로 주목하고 있으며, 곤충산업 발전을 위하여 법과 다양한 제도를 마련하고 있다. 특히 미국이나 유럽을 중심으로 곤충을 자원화 및 상품화하기 위한 많은 노력을 하고 있는 상황이다[8]. 국제식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations)에서도 지구의 식량 수급 문제의 해결방안으로 곤충을 미래 일류의 단백질 공급 식품으로 지목하였다[9]. 국내의 경우 사료관리법에 따라 사용가능한 곤충은 밀웬, 귀뚜라미, 메뚜기, 동애등에 유충, 번데기, 장구벌레, 구더기, 벼메뚜기가 있으며, 사료화 된 종류로는 왕귀뚜라미, 파리유충, 누에동충하초 및 동애등에 등으로써 일부 곤충만으로 제한되어지고 있다.

곤충의 영양학적 함량은 종류에 따라 다양하게 나타나는데 건물기준으로 40~75%의 높은 비중을 차지하며, 이것은 쇠고기나 돼지고기와 같은 육류와 유사한 영양학적 성분으로 구성되어 있다[10]. 이외에도 칼슘, 아연 등의 광물질 및 지방질과 같은 영양소가 풍부하게 함유되어 있는 것으로 보고되어 있다[10,11]. 특히 동애등에의 경우, 단백질과 지방의 함량이 높아 좋은 단백질(40% 이상), 에너지(30% 이상) 사료자원으로써 활용도가 매우 높다[12].

근래 풍부한 영양소 구성을 가진 곤충을 사료자원화하기 위한 연구들이 진행되어오고 있다. 이유자돈 사료 내 고소애를 6.0%를 첨가하여 5 주간 자유채식 시킨 결과, 첨가구의 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율 등이 개선되었으며[13], 갈색거저리를 육계에게 급여한 결과 사료섭취량, 성장 및 육질에 부정적인 영향이 나타나지 않았다

[14]. 또한 육계에게 동애등에를 수준별로 급여한 결과 성장에 지장 없이 사료 내 6%까지 첨가가 가능하다[15]. 하지만 동애등에의 경우 어분에 비하여 함유량 아미노산의 함량이 낮아 사료 내 어분을 대체할 경우 필수아미노산의 균형에 유의해야 한다[16].

이와 같이 곤충을 이용한 사료는 안전하고 저가의 고품질 단백질 사료생산을 가능하게 할 수 있으나 대부분의 연구는 가금분야에서 연구되어 있어 양돈분야에서 곤충을 사료로 이용하기 위한 자원화 연구 및 응용 연구가 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 이유자돈 사료 내 동애등에의 적정 사용수준을 도출하고자 동애등에의 수준이 사양성적, 영양소소화율 및 경제성에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 시험동물 및 시험설계

동애등에의 첨가수준에 따른 이유자돈의 사양성적, 영양소소화율 및 경제성을 평가하기 위하여 평균 체중이 6.51 ± 0.15 kg인 3월 교잡종(Landrace × Yorkshire × Duroc)의 이유자돈 192 두를 공시동물로 사용하였다. 시험설계는 동애등에(*Hermetia illucens*) 무첨가구를 대조구로 하여 1, 2, 3% 첨가구로 하여 총 4처리 6반복, 반복당 8 두씩 완전임의 배치하였다.

2.2 시험사료 및 사양관리

본 시험기간은 Phase I(0-14일)과 Phase II(15-28일)로 나누어 총 28일간 진행하였다. 시험에 사용된 기초배합사료는 National Research Council에 기준하여 권장하는 영양소 수준을 충족하거나 초과하도록 하였다[17]. 설정된 시험사료의 화학적 조성은 Table 1에 나타내었으며, 주요 단백질 원료인 대두박의 함량을 대체하여 동애등에(*Hermetia illucens*)를 사료 내 1, 2 및 3% 첨가하였다. 시험사료와 물은 시험동물이 원하는 시간에 먹을 수 있도록 자유채식 시켰으며, 기타 첨가제나 약품은 일체사용하지 않았다. 시험기간의 사양관리는 본 연구실의 관행법에 준하여 실시하였다.

Table 1. Chemical composition of the experimental diet

Items ¹	<i>Hermetia illucens</i> levels, %			
	0	1	2	3
Phase I (d 0-14)				
ME, kcal/kg	3,490	3,490	3,490	3,490
CP	21.00	20.98	20.99	20.99
C	0.85	0.85	0.85	0.85
P	0.69	0.67	0.64	0.61
Lys	1.40	1.40	1.40	1.40
Met + Cys	0.84	0.84	0.83	0.83
Phase II (d 15-28)				
ME, kcal/kg	3,350	3,350	3,350	3,350
CP	18.99	18.98	19.02	19.02
Ca	0.73	0.71	0.85	0.85
P	0.73	0.71	0.68	0.65
Lys	1.20	1.20	1.20	1.20
Met + Cys	0.71	0.72	0.72	0.71

¹ME, metabolizable energy; CP, crude protein; CA, calcium; P, phosphorus; Lys, lysine; Met, methionine; Cys, cysteine.

2.3 조사항목

2.3.1 사양성적

체중측정은 Phase I 과 Phase II 시험개시와 종료되는 시점에 실시하였으며, 사료섭취량을 측정하기 위하여 체중측정 시 사료급여기에서 사료잔량의 무게를 측정하여 총 사료급여량에서 공제하였다. 사양실험에서 얻어진 시험돈의 체중과 사료섭취량을 이용하여 일당증체량(ADG, average daily gain), 일일사료섭취량(ADFI, average daily feed intake) 그리고 사료효율(G:F, body weight gain to feed intake ratio)을 산출하였다.

2.3.2 영양소소화율

영양소소화율을 측정하기 위하여 Phase I 과 Phase II 종료 일주일 전부터 불소화지시제인 Chromic oxide(Cr₂O₃)을 시험사료 내 0.25%로 첨가하여 급여하였다. 분 채취는 Cr₂O₃을 첨가한 사료를 급여한 후 각 시험기간 종료 3 일 전부터 각 돈방에서 분을 채취하였다. 채취한 분을 혼합하여 60℃의 열풍건조기에서 72 시간 동안 건조시켜 1mm screen wiley mill로 분쇄 후 일반 성분 분석을 실시하였다.

사료와 분의 일반성분분석은 AOAC의 방법에 준하여 분석하였고[18], 에너지는 단열폭발열량측정기(Model 1241 Parr Instrument Co., Molin, IL)로 측정하였으

며, Cr₂O₃은 acid digestion method에 의하여 Spectrophotometer(Model V-550, Jasco Co., Japan)를 이용하여 측정하였다.

영양소소화율은 다음의 계산식에 의하여 산출하였다.

영양소소화율(%) = {1-(사료 중의 Cr₂O₃ 함량, % × 분 중의 영양소함량, %) / (분 중의 Cr₂O₃ 함량, % × 사료 중의 영양소함량, %)} × 100

2.3.1 경제성

경제성 분석은 실험기간동안 제반 부대비용을 고려하지 않고, 사료비용만을 기준으로 하여 총 증체량(TWG, total weight gain), 총 사료섭취량(TFI, total feed intake)과 원료사료들의 단가를 조사하여 계산한 후 시험동물이 1 kg 성장하는데 필요한 사료비(FCG, feed cost per 1 kg weight gain)를 산출하였다.

2.3.4 통계분석

본 연구에서 도출된 값의 통계적 분석을 위해 통계프로그램 SAS(version 8.2)의 general linear model procedure를 이용하였으며, 사료 내 동애등에 첨가수준에 따른 linear와 quadratic 효과를 분석하였다[19]. 통계분석을 위해 시험구의 반복별 평균값을 이용하였으며, 통계 유의적 차이는 유의수준 0.05 이하에서 인정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 사양성적

이유자돈 사료 내 동애등에의 수준별 급여에 따른 사양성적 결과를 Table 2에 나타내었다. Phase I 과 II의 일당증체량(ADG)은 동애등에 첨가수준에 따른 유의적인 변화는 나타나지 않았으나, overall의 일당증체량은 동애등에의 첨가수준이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 일일사료섭취량(ADFI)과 사료효율(G:F)은 동애등에 수준에 따른 유의적 변화는 나타나지 않았다.

사료원료로써의 곤충에 대한 연구결과는 매우 부족한 실정이며, 진행되어온 대부분의 연구가 가금에서 이루어진 상황이다[20, 21, 22]. 육계 사료 내 동애등에를 수준별 첨가한 결과 10%까지는 증체량이 개선된다고 보고되었으며[23, 24], 이유자돈 사료 내 갈색겨저리를 1.5%에서 6.0%까지 첨가한 결과 증체량이 유의적으로 개선되었

Table 2. Effects of dietary supplementation of *Hermetia illucens* on growth performance of weaning pigs¹

Items	<i>Hermetia illucens</i> , %				SEM ²	<i>p</i> -value ³	
	0	1	2	3		L	Q
Phase I (d 0-14)							
ADG, g/d	256	263	265	268	12.05	0.496	0.873
ADFI, g/d	368	365	370	372	0.749	0.749	0.808
G:F, g/kg	696	722	716	720	0.605	0.605	0.690
Phase II (d 15-28)							
ADG, g/d	425	431	444	441	0.127	0.127	0.924
ADFI, g/d	698	704	712	715	0.281	0.281	0.906
G:F, g/kg	609	611	625	633	0.334	0.334	0.894
Overall (d 0-28)							
ADG g/d	340	347	354	354	0.044	0.044	0.964
ADFI g/d	533	535	541	544	0.348	0.348	0.942
G:F, g/kg	640	649	656	663	0.251	0.251	0.929

¹Data represent means based on six replicates per treatment.

²SEM, Standard error of means.

³L, Linear effect; Q, Quadratic effect.

BW, body weight; ADG, average daily gain; ADFI, average daily feed intake; G:F, gain to feed intake ratio.

다는 기존의 연구 결과[13]와 일치하는 것으로 나타났다. 하지만 이유자돈 사료 내 동애등에를 각각 5, 10% 첨가한 결과 증체량에서는 첨가구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다는 연구결과[25], 이유자돈 사료 내 동애등에를 각각 4, 8% 첨가한 결과 증체량에서는 유의적인 차이가 없다는 반대되는 결과가 보고되었다[26]. 본 시험 결과 이유자돈 사료 내 동애등에 3% 함량은 성장에 부정적인 영향이 없으며, 단백질 원료로써 부분적 활용이 가능한 것으로 판단된다.

3.2 영양소소화율

이유자돈 사료에 동애등에의 수준별 급여에 따른 영양소 소화율 결과는 Table 3과 같다. Phase I에서 동애등에의 수준별 급여에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Phase II에서 동애등에의 수준별 급여에 따라 건물(dry matter)의 소화율이 유의적으로 개선되는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

이유자돈 사료 내 동물성 사료원료는 식물성 원료사료에 비하여 체내 이용성이 높고 아미노산 균형에 효과적인 것으로 잘 알려져 있다[27]. 종은 다르지만 육계 전기(0-21일)사료 내 유충박을 10%까지 첨가하여도 영양소 소화율에 유의적인 차이가 나타나지 않았다는 연구결과[28]와 본 연구결과가 유사하였으나, 육계 사료 내 파리

Table 3. Effects of dietary supplementation of *Hermetia illucens* on apparent total tract digestibility (%) of nutrients in weaning pigs¹

Items	<i>Hermetia illucens</i> , %				SEM ²	<i>p</i> -value ³	
	0	1	2	3		L	Q
Phase I (d 11-14)							
Dry matter	86.99	86.84	87.35	87.54	0.32	0.147	0.604
Gross energy	84.62	84.49	85.01	84.59	0.40	0.816	0.728
Crude protein	82.51	82.99	82.72	82.80	0.57	0.817	0.728
Calcium	53.20	53.49	54.37	54.48	0.97	0.287	0.931
Phosphorus	47.87	48.70	47.99	47.75	1.11	0.835	0.637
Phase II (d 25-28)							
Dry matter	83.81	84.48	84.76	84.94	0.27	0.006	0.370
Gross energy	82.01	82.65	82.56	82.68	0.53	0.465	0.744
Crude protein	79.56	79.75	80.50	80.07	0.55	0.370	0.577
Calcium	46.36	45.68	46.91	46.87	0.72	0.405	0.657
Phosphorus	43.14	44.12	43.53	43.71	0.71	0.733	0.578

¹Data represent means based on six replicates per treatment.

²SEM, Standard error of means.

³L, Linear effect; Q, Quadratic effect.

유충을 첨가한 결과 조단백질과 아미노산 소화율이 개선된다고 반대 결과도 있다[29]. 또한 갈색겨저리의 이유자돈 사료 내 급여수준에 따라 건물과 조단백질 소화율이 개선된다는 연구결과도 있으나[13], 영양소소화율의 변화는 장내 용모발달 정도의 차이 또는 원료사료에 따라 달리 나타날 수 있다[30]. 본 시험결과 이유자돈 사료 내 3%수준의 동애등에 첨가는 단백질과 에너지 소화율에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

3.3 경제성

이유자돈 사료 내 동애등에의 수준별 급여에 따른 경제성 결과를 Table 4에 나타내었다. Phase I, II의 모든 항목에서 동애등에 첨가수준에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 overall에서 동애등에의 첨가수준이 증가함에 따라 총증체량(TWG)이 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 총사료섭취량(TFI)과 1 kg 증체당 사료비는 동애등에 첨가수준에 따른 유의적인 변화가 없는 것으로 나타났다.

이유자돈 사료 내 동애등에의 수준별 급여에 따른 경제성 결과에 대한 선행연구가 매우 부족한 실정이다. 본 시험결과를 보아 이유자돈 사료 내 동애등에 3% 수준은 이유기 총 증체량을 증가시키며, 경제성에 부정적인 영향 없이 이유자돈 사료에 활용이 가능한 것으로 판단된다.

Table 4. Effects of dietary supplementation of *Hermetia illucens* on economic efficiency in weaning pigs¹

Items	<i>Hermetia illucens</i> , %				SEM ²	<i>p</i> -value ³	
	0	1	2	3		L	Q
Phase I(d 0-14)							
TWG, kg/pig	3.58	3.68	3.71	3.75	0.16	0.494	0.872
TFI, kg/pig	5.15	5.11	5.18	5.21	0.14	0.750	0.801
FCG, W/kg gain	1.424	1.376	1.408	1.415	51.44	0.981	0.607
Phase II(d 15-28)							
TWG, kg/pig	5.95	6.03	6.21	6.33	0.19	0.129	0.927
TFI, kg/pig	9.77	9.86	9.96	10.01	0.16	0.281	0.900
FCG, W/kg gain	1.130	1.139	1.140	1.140	33.92	0.831	0.992
Overall (d 0-28)							
TWG, kg/pig	9.53	9.71	9.92	10.09	0.19	0.044	0.963
TFI, kg/pig	14.92	14.97	15.14	15.22	0.24	0.810	0.942
FCG, W/kg gain	1.234	1.228	1.235	1.235	26.14	0.997	0.912

¹Data represent means based on six replicates per treatment.

²SEM, Standard error of means.

³L, Linear effect; Q, Quadratic effect.

⁴TWG, total weight gain per pig; TFI, total feed intake per pig; FCG, feed cost per kg weight gain.

3. 요약 및 결론

본 연구는 이유자돈 사료 내 동애등에의 첨가수준에 따른 사양성적, 영양소소화율 및 경제성에 미치는 영향을 알아보고 이유자돈 사료 내 적정사용 수준을 도출하기 위해 실시하였다. 연구결과 동애등에 첨가수준이 증가함에 따라 일당증체량과 총증체량이 개선되는 것으로 나타났다. 사료 내 최대 3%까지 첨가하였을 경우 대조구의 체중 대비 약 4% 개선되는 것으로 나타났다. 반면 영양소소화율과 경제성에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 이유자돈 사료 내 동애등에를 3%까지 첨가하여도 영양소소화율과 경제성에 영향을 미치지 않으며, 일당증체량의 개선효과가 있음을 시사한다.

References

[1] T. Veldkamp, G. van Duinkerken, A. van Huis, C. M. M. Lakemond, E. Ottewanger, G. Bosch, M. A. J. S. van Boeke 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. Wageningen UR Livestock Production, Wageningen, the Netherlands, Report no.638, pp.1-48.

[2] D. B. Okai, F. X. Aherne, R. T. Hardin, "Effects of

creep and starter composition on feed intake and performance of young pigs". *Canadian Journal of Animal Science*, Vol.56, No.3, pp.573-586, Sept. 1976. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjas76-070>

[3] S. S. Dritz, K. Q. Owen, J. L. Nelssen, R. D. Goodband, M. D. Tokach, "Influence of weaning age and nursery diet complexity on growth performance and carcass characteristics and composition of high-health status pigs from weaning to 109 kilograms", *Journal of Animal Science*, Vol.74, No.12, pp.2975-2984, Dec. 1996. DOI: <https://doi.org/10.2527/1996.74122975x>

[4] H. S. Choi, S. A. Kim, H. J. Shin, "Present and perspective on insect biotechnology", *Korean Society for Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 30, No. 6, pp. 257-267, Dec. 2015. DOI: <https://doi.org/10.7841/ksbbj.2015.30.6.257>

[5] J. S. Teotia, B. F. Miller, "Nutritive content of house fly pupae and manure residue", *British Poultry Science*, Vol.15, No.2, pp.177-182, 1974. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071667408416093>

[6] J. S. Teotia, B. F. Miller, "Fly pupae as a dietary ingredient for starting chicks", *Poultry Science*, Vol.52, No.5, pp.1830-1835, Sept.1973. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0521830>

[7] B. S. Park, G. H. Kim, "Effects of dietary dried house fly larvae on carcass characteristics and growth performance in broiler chickens", *Annals of Animal Resource Science*, Vol.17, No.2, pp.10-20, 2006.

[8] I. H. Chang, "International trends of insects industry and its legislative issues in South Korea", *Studies on American Constitution*, Vol.25, No.1, pp.331-351, Apr. 2014.

[9] J. Berg, K. Wendin, M. Langton, A. Josell, F. Davidsson, "State of the art report: Insects as food and feed", *Annals of experimental Biology*, Vol. 5, No. 2, pp.1-9, 2017.

[10] A. Van Huis, J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, P. Vantomme, Edible insects: Future prospects for food and feed security, FAO Forestry Paper 171, Food and agriculture organization of the United Nations, pp.89-93.

[11] A. Van Huis, "Potential of insects as food and feed in assuring food security", *Annual Review of Entomology*, Vol.58, No.1, pp.563-583, Jan. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>

[12] G. S. Ojewola, A. S. Eburuaja, F. C. Okoye, A. S. Lawal, A. H. Akinmutimi, "Effect of inclusion of grasshopper meal on performance, nutrient utilization and organ of broiler chicken", *Journal of Sustainable Agriculture and the Environment*, Vol.5, No.1, pp. 19-25, 2003.

[13] X. H. Jin, P. S. Heo, J. S. Hong, N. J. Kim, Y. Y. Kim, "Supplementation of dried mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs", *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Vol.29, No.7, pp.979-986, Jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0535>

- [14] J. Ramos-Elorduy, E. A. Gonzalez., A. R. Hernandez, J. M. Pino, "Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens", *Journal of Economic Entomology*, Vol.95, No.1, pp.241-220, Feb. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.214>
- [15] J. Ramos-Elorduy, E. A. Gonzalez., A. R. Hernandez, J. M. Pino, "The effect on growth performance of chicken meat in broiler chicks by dietary supplementation of black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* (Diptera : Stratmyidae)", *Journal of Sericultural and Entomological Science*, Vol.51, No.1, pp.30-35, Apr. 2013.
DOI: <https://doi.org/10.7852/jses.2013.51.1.30>
- [16] T. Veldkamp, G. Bosch, "Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets", *Animal Frontiers*, Vol.5, No.2, pp.45-50, Apr. 2015.
- [17] NRC, "Nutrient requirements of swine", *Livestock Production Science*, pp.4-64, The national academies press, 2012.
- [18] AOAC. 2007. Official methods of analysis (18th ed.). Association of Official Agricultural Chemists. Washington, DC, USA.
- [19] SAS. 2012. SAS Software for PC. Release 9.3, SAS Institute. Ins. Cart, NC, USA.
- [20] T. A. M. Awoniyi, V. A. Aletor, J. M. Aina, "Performance of broiler-chickens fed on maggot meal in place of fishmeal", *International Journal of Poultry*, Vol.2, No.4, pp.271-274, 2003
DOI: <https://doi.org/10.3923/ijps.2003.271.274>
- [21] H. Shen, X. L. Pan, J. G. Wang, "Effect of *Tenebrio molitor* L. supplementation on growth performance and protein deposition in broilers", *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, Vol.8, pp.61-62, 2006.
- [22] M. Mehri, V. Sabaghi, F. Bagherzadeh-Kasmani, "Mentha piperita (peppermint) in growing Japanese quails diet: performance, carcass attributes, morphology and microbial populations of intestine", *Animal Feed Science and Technology*, Vol.207, pp.104-111, Sept. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.05.021>
- [23] A. Schiavone, S. Dabbou, M. De Marco, M. Cullere, I. Biasato, E. Biasibetti, M. T. Capucchio, S. Bergagna, D. Dezzutto, M. Meneguz, F. Gai, A. Dalle Zotte, L. Gasco, "Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source", *Animal: the International Journal of Animal Biosciences*, Vol.12, No.10, pp.2032-2039, Oct. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731117003743>
- [24] S. Dabbou, F. Gai, I. Biasato, M. T. Capucchio, E. Biasibetti, D. Dezzutto, M. Meneguz, I. Plachà, L. Gasco, A. Schiavone, "Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features", *Journal of animal science and biotechnology*, Vol.9, No.49, pp.1-10, Jul. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0266-9>
- [25] I. Biasato, M. Renna, F. Gai, S. Dabbou, M. Meneguz, G. Perona, S. Martinez, A. C. B. Lajusticia, S. Bergagna, L. Sardi, M. T. Capucchio, E. Bressan, A. Dama, A. Schiavone, L. Gasco, "Partially defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets: effects on the growth performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology and histological features.", *Journal of animal science and biotechnology*, Vol.10, No.12, pp.1-10, Feb. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0325-x>
- [26] T. Spranghers, J. Michiels, J. Vrancx, A. Owyn, M. Eeckhout, P. De Clercq, S. De Smet, "Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets", *Animal Feed Science and Technology*, Vol.235, pp. 33-42, Jan. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.012>
- [27] G. L. Cromwell. Feeding swine. In: *Livestock Feeds and Feeding*, 4th ed. USA. p. 354, 1998.
- [28] K. K. Yaseen, A. N. Rasul, F. H. Ling, Z. A. N. Mohd, S. Nurhazirah, L. T. Chwen, A. M. Idris, "Effect of feeding larvae meal in the diets on growth performance, nutrient digestibility and meat quality in broiler chicken", *Indian Journal of Animal Research*, Vol. 88, No. 10, pp. 1180-1185, Oct. 2018.
- [29] J. Hwangbo, E. C. Hong, A. Jang, H. K. Kang, J. S. Oh, B. W. Kim, B. S. Park, "Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens", *Journal of Environmental Biology*, Vol.30, No.4, pp.609-614, Jul. 2009.
- [30] V. Rezaei-pour, O. A. Nejad, H. Y. Miri, "Growth performance, blood metabolites and jejunum morphology of broiler chickens fed diets containing earthworm (*Eisenia foetida*) meal as a source of protein", *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, Vol.2, No.8, pp.2483-2494, Sept. 2014.

최요한(YoHan Choi)

[정회원]



- 2015년 2월 : 강원대학교 동물생명과학전공 (농학석사)
- 2019년 2월 : 강원대학교 동물생명과학전공 (농학박사)
- 2019년 4월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원

<관심분야>

가축영양, 가축사양

윤 세 영(Se-Yeong Yoon)

[정회원]



- 2009년 2월 : 강원대학교 동물자원과학전공 (농학석사)
- 2018년 3월 ~현재 강원대학교 동물산업융합전공 박사과정

<관심분야>

가축영양, 가축사양, 사료가공

오 승 민(Seung-Min Oh)

[정회원]



- 2018년 2월 : 강원대학교 동물생명과학전공 (농학석사)
- 2018년 1월 ~ 현재 : 경상북도 축산기술연구소 농업연구사

<관심분야>

가축영양, 가축사양

전 세 민(Se-Min Jeon)

[정회원]



- 2016년 2월 : 강원대학교 동물생명과학전공 (농학석사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 동물산업융합전공 박사과정

<관심분야>

가축영양, 가축사양

이 승 형(Seung-Hyung Lee)

[정회원]



- 2002년 2월 : 강원대학교 축산학 (농학석사)
- 2007년 2월 : 강원대학교 축산학 (농학박사)
- 2015년 11월 ~ 현재 : 농협사료사료기술지원센터 양돈팀장

<관심분야>

가축영양, 가축사양

이 재 영(Jae-Yeong Lee)

[준(학생)회원]



- 2019년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 동물산업융합전공 석사과정

<관심분야>

가축영양, 가축사양

김 진 수(Jin-Soo Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 강원대학교 동물영양학(농학석사)
- 2012년 2월 : 강원대학교 동물영양학(농학박사)
- 2017년 2월 : 강원대학교 동물산업융합 학과 조교수

<관심분야>

가축영양, 가축사양