

ANIMAL

Comparison of growth performance of weaned pigs based on ideal protein of Korea swine feeding standard and US nutrient requirements of swine

Sangwoo Park^{1,†}, Jeong Jae Lee^{1,†}, Hyunjin Kyoung^{1,†}, Joowon Kang¹, Soyun Kim¹, Jeehwan Choe², Minho Song^{1,*}, Younghoon Kim^{3,*}

¹Division of Animal and Dairy Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Beef Science, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

³Department of Agricultural Biotechnology and Research Institute of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

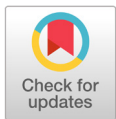
[†]These authors equally contributed to this study as first author.

*Corresponding author: mhsong@cnu.ac.kr, ykeys2584@snu.ac.kr

Abstract

This study was conducted to evaluate growth performance of weaned pigs using diets based on ideal protein of the Korea swine feeding standard (KFS) and US the nutrient requirements of swine (NRC). A total of 96 weaned (initial body weight of 6.12 ± 1.21 kg) pigs were randomly allocated into 2 dietary groups with 12 pens per diet (4 pigs-pen⁻¹) in a completely randomized design. The dietary treatments were corn and soybean meal-based diets formulated by the KFS and NRC nutrient requirements estimates for weaned pigs. Experimental diets were fed for 6 weeks in 2 phases feeding program based on age: 1) Phase 1 = week 1 to 3 (21 days); 2) Phase 2 = week 4 to 6 (21 days). During Phase 1 and 2, there were no differences ($p > 0.05$) for the initial and final body weights between the KFS and NRC groups. Additionally, the average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI), and gain to feed ratio (G : F) during overall experimental period were not different between the groups. In conclusion, weaned pigs fed the diet based on the KFS had a similar body weight and growth performance to those fed the diet based on the NRC. This suggests that the Korea swine feeding standard may be used for the diet formula of weaned pigs in Korea swine production compared with the US nutrient requirements of swine.

Keywords: growth performance, Korea swine feeding standard, nutrient requirements of swine, weaned pigs



OPEN ACCESS

Citation: Park S, Lee JJ, Kyoung H, Kang J, Kim S, Choe J, Song M, Kim Y. 2020. Comparison of growth performance of weaned pigs based on ideal protein of Korea swine feeding standard and US nutrient requirements of swine. Korean Journal of Agricultural Science 47:783-789. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20200065>

Received: August 25, 2020

Revised: September 07, 2020

Accepted: September 18, 2020

Copyright: © 2020 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

단백질은 동물의 체내에서 지속적으로 합성되고 분해되며 체 조직의 많은 부분을 차지하고 있기 때문에, 단백질을 구성하는 아미노산을 사료를 통해 적절하게 공급해주는 것은 동물

의 성장과 생산성에 큰 영향을 미치는 요소 중 하나라고 할 수 있다. 동물의 체내에서 생산되지 않거나 합성되더라도 아주 미량인 아미노산을 필수 아미노산이라고 하며, 이 중 부족해지기 쉬운 필수 아미노산을 제한 아미노산이라고 한다. 이들 중 한 종류라도 부족해진다면 동물의 유지, 성장, 생산에 부정적인 영향을 미치기 때문에, 동물영양학자들은 동물성단백질 및 합성 아미노산 등의 다양한 방법들을 통해 동물들에게 적절한 영양소를 경제적으로 공급해주기 위한 노력을 지속해오고 있다. 옥수수-대두박위주의 배합사료를 이용하는 양돈의 경우, 라이신(Lys), 트레오닌(Thr), 트립토판(Trp), 그리고 메싸이오닌+시스테인(Met + Cys) 등이 주요 제한 아미노산으로 나타난다. 이 중 라이신(Lys)의 경우, 대부분의 배합사료에서 제1제한아미노산으로 여겨지기 때문에 다른 아미노산들의 요구량을 라이신과의 상대비율로 표시하는 이상단백질의 개념을 이용하여 사료 배합에 활용할 수 있다. 이를 통해 적절한 영양소를 동물에게 효율적으로 급여할 수 있게 된다면, 단편적으로는 사료비의 절감뿐만 아니라 더 나아가 과도한 공급을 방지하여 환경보전에도 기여할 수 있을 것이다.

지속 가능한 양돈산업의 발전을 위해, 국외 양돈선진국의 경우 많은 연구결과 데이터를 기반으로 각 나라에 적합한 양돈사양표준을 지속적으로 개정해 나가고 있으며(NRC, 1994, 1998, 2012), 글로벌 인지도 및 활용도는 상당히 높다. 또한, 국외 양돈선진국의 경우 국가기관 혹은 사료 회사에서 여러 가지 간단한 핸드북 및 사료배합 프로그램 제작하여 양돈농가에 보급하여 활용하고 있다. 이에 맞춰 우리나라에서도 2017년에 3차 개정 한국돼지사양표준이 발간되었으나(RDA, 2017), 양돈현장에서 효과적으로 이용할 수 있는 간편한 핸드북은 제작되지 않았다. 국내 양돈농가의 경우, 원료 사료 평가와 사료배합 설계에 대한 지식이 부족하며, 주로 사료회사나 전문가가 작성한 배합비를 사용하고 있는 실정이다.

이처럼, 우리나라에서는 현재 양돈농가가 활용할 수 있는 사료배합 전산프로그램은 제한적이며, 사료공장 위주로 사용되는 외국산 전산프로그램은 가격이 비싸 사용하기는 어려움이 있기에 우리나라 환경에 맞는 사양표준이나 현장에 활용할 수 있는 가이드라인이 필요한 상황이다. 또한, 한국돼지사양표준의 3차 개정판을 준비하는 과정에서 돼지분야 영양소 수준, 첨가제 및 원료 사료 관련 연구의 많은 분량의 빅 데이터를 축적하였으나, 체계적인 분석을 통한 결과를 충분히 반영하지 못하였고, 활용된 빅 데이터의 많은 부분이 외국에서 연구된 데이터이기 때문에 더 나은 국내 양돈사양표준을 위해서는 많은 국내 연구 자료들이 필요한 실정이다.

따라서, 국내 연구를 통한 빅 데이터 수집은 국내 현실상 어려움이 많기에 현재까지 모아진 국내외 빅 데이터의 국내 활용 적합성평가를 하기 위해 본 연구를 수행하였다.

Materials and Methods

본 실험은 충남대학교 동물위원회 심의규정(CNU-01096)에 의해 검토된 후 충남대학교 동물자원연구센터에서 수행되었다. 본 실험에 공시된 돼지의 사양은 본 대학교 가축 사육 관리에 관한 지침에 따랐으며, 동물의 관리 및 취급은 본 대학 동물실험윤리위원회의 규정을 준수하고, 승인을 받았다.

공시동물 및 실험설계

총 96두의 이유자돈(Duroc × Landrace × Yorkshire)을 공시동물로 사용하였으며, 이유자돈들의 시작평균체중은 6.12 ± 1.21 kg이었다. 실험의 설계는 1) KFS (Korea swine Feeding Standard; 개정된 한국돼지사양표준 내 자돈의 이상단백질에 의거한 아미노산 배합사료), 2) NRC (미국의 National Research Council 내 자돈의 이상단백질에 의거한 아미노산 배합사료)로 총 2처리구이며, 처리구 당 12반복, 반복 당 실험동물을 4두씩 배치하여 실험을 실시하였다.

실험사료 및 사양관리

이 실험에서는 옥수수-대두박 위주의 배합사료가 이용되었으며, 자가 사료배합 전산프로그램을 활용한 3차 개정 한국돼지사양표준 RDA (2017) 및 미국 NRC (2012) 사양표준 내 자돈의 이상단백질에 의거한 아미노산 배합사료가 각각 설계되었다(Table 1). 실험은 나이에 따라 구간을 Phase 1 (1 - 3주)과 Phase 2 (4 - 6주)로 나누어 총 6주(42일)간 진행되었다. 전체 사양실험 동안 공시동물은 사료와 물을 자율 채식하였다.

Table 1. Ingredient and chemical composition of experimental diets, as-fed basis.

Items	Treatments			
	Phase 1 ^y		Phase 2 ^y	
	KFS	NRC	KFS	NRC
Ingredients (%)				
Corn	51.11	51.67	60.15	59.12
Soy protein concentrate	5.00	5.00		
Soybean meal	26.97	26.72	34.80	36.04
Spray-dried plasma	2.00	2.00		
Whey, dried	10.00	10.00		
Soybean oil	1.60	1.47	1.51	1.43
Limestone	1.00	1.00		
Dicalcium phosphate	1.20	1.26	2.51	2.58
Vitamin-mineral premix ^z	0.04	0.04	0.04	0.04
L-Lys-HCl	0.37	0.35	0.37	0.34
DL-Met	0.54	0.40	0.44	0.34
L-Thr	0.17	0.09	0.18	0.11
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated energy and nutrient level				
Digestible energy (Mcal·kg ⁻¹)	3.56	3.56	3.50	3.51
Metabolizable energy (Mcal·kg ⁻¹)	3.40	3.40	3.35	3.35
Crude protein (%)	22.44	22.20	21.00	21.35
Ether extract (%)	3.91	3.80	4.21	4.12
Crude fiber (%)	2.98	2.98	3.37	3.42
Ca (%)	0.81	0.82	0.68	0.70
P (%)	0.64	0.65	0.82	0.84
Lys (%)	1.56	1.53	1.39	1.40
Met + Cys (%)	0.94	0.87	0.83	0.79
Thr (%)	1.01	0.95	0.90	0.87

KFS, a com-soybean meal-based diet formulated by Korea swine feeding standard (Korea) requirement; NRC, a com-soybean meal-based diet formulated by National Research Council (USA) requirement.

^y Phase 1 = week 1 to 3 (21 days), phase 2 = week 4 to 6 (21 days), overall = week 1 to 6 (42 days).

^z Provided per kilogram of diet: Vitamin A, 12,000 IU; vitamin D₃, 2,500 IU; vitamin E, 30 IU; vitamin K₃, 3 mg; D-pantothenic acid, 15 mg; nicotinic acid, 40 mg; choline, 400 mg; vitamin B₁₂, 12 µg; Fe, 90 mg from iron sulfate; Cu, 8.8 mg from copper sulfate; Zn, 100 mg from zinc oxide; Mn, 54 mg from manganese oxide; I, 0.35 mg from potassium iodide; Se, 0.30 mg from sodium selenite.

조사항목

모든 공시동물의 체중과 사료섭취량은 각 구간의 시작과 끝에 측정하고 기록되었으며, 일당증체량은 종료 체중과 시작 체중 차이를 사육 일수로 나누어 계산하였고, 일일사료섭취량은 급여된 사료의 총 양과 잔량의 차이를 사육 일수로 나누어 구간별로 계산하였다. 사료효율의 경우 일당증체량과 일일사료섭취량의 비율로 계산되었다.

통계분석

얻어진 자료의 통계 분석은 SAS program (ver. 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용 PROC·GLM 실시한 후 평균(mean) 및 평균값간의 표준오차(standard error of the means)를 제시하였다. 통계적 유의성 및 경향은 각각 $p < 0.05$ 과 $0.05 \leq p < 0.10$ 로 고려되었다.

Results and Discussion

전체 실험기간 동안 자돈들의 음수 및 사료 섭취는 원활하게 이루어졌으며 폐사 및 질병과 같은 증상 없이 건강한 상태로 유지되었다. 개정된 한국돼지사양표준 RDA (2017) 및 미국 NRC (2012) 내 이유자돈의 이상단백질에 의거한 아미노산 배합사료에 따른 돼지의 생산성은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Effect of dietary supplementation (KFS or NRC) on the growth performance in weaned pigs^y.

Items	Treatments		SEM	p-value
	KFS	NRC		
Phase 1 ^z				
Initial body weight (kg)	6.17	6.06	0.348	0.824
Final body weight (kg)	11.98	11.77	0.781	0.853
ADG (g·d ⁻¹)	277	272	26.714	0.904
ADFI (g·d ⁻¹)	408	416	32.205	0.856
G : F ratio (g·g ⁻¹)	0.67	0.65	0.036	0.675
Phase 2 ^z				
Initial body weight (kg)	11.98	11.77	0.781	0.853
Final body weight (kg)	25.54	25.28	1.117	0.872
ADG (g·d ⁻¹)	646	643	24.977	0.948
ADFI (g·d ⁻¹)	1,048	1,057	44.977	0.892
G : F ratio (g·g ⁻¹)	0.62	0.61	0.020	0.783
Overall ^z				
Initial body weight (kg)	6.17	6.06	0.348	0.824
Final body weight (kg)	25.54	25.28	1.117	0.872
ADG (g·d ⁻¹)	461	455	22.704	0.854
ADFI (g·d ⁻¹)	728	740	37.691	0.828
G : F ratio (g·g ⁻¹)	0.63	0.62	0.016	0.434

KFS, a corn-soybean meal-based diet formulated by Korea swine feeding standard (Korea) requirement; NRC, a corn-soybean meal-based diet formulated by National Research Council (USA) requirement; SEM, standard error of the mean; ADG, average daily gain; ADFI, average daily feed intake; G : F ratio, gain to feed ratio.

^y Values are presented as the least squares mean of 12 replicates (4 pigs·replicate⁻¹).

^z Phase 1 = week 1 to 3 (21 days), phase 2 = week 4 to 6 (21 days), overall = week 1 to 6 (42 days).

Phase 1 (1 - 3주)에서, KFS와 NRC의 시작 체중(6.17 vs. 6.06 kg)과 종료 체중(11.98 vs. 11.77 kg)은 그룹간 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 처음 3주간의 실험 기간에, 일당증체량(277 vs. 272 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$)과 일일사료섭취량(408 vs. 416 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$)에서 그룹간 유의적인 차이가 발견되지 않았다($p > 0.05$). 사료효율(0.67 vs. 0.65 $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)에서도 KFS와 NRC 간의 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$).

Phase 2 (4 - 6주)에서, KFS는 NRC 그룹과 비교하여 시작 체중(11.98 vs. 11.77 kg)과 종료 체중(25.54 vs. 25.28 kg)에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 이 기간 동안, 이유자돈의 일당증체량(646 vs. 643 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$), 일일사료섭취량(1,048 vs. 1,057 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$), 그리고 사료효율(0.62 vs. 0.61 $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)에 있어서 KFS와 NRC 그룹간 유의적인 차이를 발견하지 못했다($p > 0.05$).

전체 실험 기간(1 - 6주)에서, 시작 체중(6.17 vs. 6.06 kg)과 종료 체중(25.54 vs. 25.28 kg)은 그룹간 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$). 총 6주간의 실험에서, 설계된 사료를 이유자돈에게 급여하였을 때 일당증체량(461 vs. 455 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$), 일일사료섭취량(728 vs. 740 $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$) 및 사료효율(0.63 vs. 0.62 $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)에서 KFS와 NRC 간 유의적인 차이를 발견하지 못했다($p > 0.05$).

본 실험에서 자가 사료배합 전산프로그램을 활용한 3차 개정 한국돼지사양표준 RDA (2017) 및 미국 NRC (2012) 사양표준 내 이유자돈의 이상단백질에 의거한 아미노산 배합사료를 설계하여 6주 동안 급여하였을 때, 이유자돈의 일당증체량, 일일사료섭취량 및 사료효율에서 처리구간 차이가 없었다. 그동안 미국의 NRC 사양표준의 경우, 많은 연구결과들의 데이터를 기반으로 각 나라에 적합한 양돈사양표준을 지속해서 개정해 나가고 있으며(NRC, 1994, 1998, 2012), 그 글로벌 인지도 및 활용도는 상당히 높게 평가되어 국내외 많은 양돈 실험에 이용되었다(Song et al., 2015; Jang et al., 2020; Kim et al., 2020; Lee et al., 2020; Park et al., 2020b). 본 실험의 결과를 통해 개정 한국돼지사양표준 또한 미국의 NRC 사양표준만큼 우리나라에서 이용할 수 있을 것으로 사료되며, 국내 양돈농가의 원료 사료 평가와 사료배합 설계에 대한 교육 및 자료보급에도 편리하게 활용할 수 있을 것이다. 또한, 자원 절감 및 농가소득 증대를 통한 효율적인 축산을 달성하기 위해 정밀사양과 관련하여 다양한 요인들이 국내외 많은 실험들을 통해 연구되고 있는 만큼(Heo et al., 2009; Kil et al., 2013; Choe et al., 2018; Park et al., 2020a), 축산의 국내 각 지역 및 환경에 맞는 고유의 사양표준을 연구하여 정밀하게 된다면, 정밀사양을 통해 사료의 낭비를 막아 생산비를 줄이고 더불어 환경오염 물질의 배출량을 줄일 수 있고(Bellego et al., 2002; Park et al., 2016) 결과적으로 지속 가능한 친환경적인 축산으로의 발전 또한 기대된다.

Conclusion

우리나라 양돈농가에서 쉽게 활용할 수 있는 사료배합 전산프로그램이 제한적인 상황에서 독자적인 기술력을 갖추기 위해, 현재까지 모아진 국내외 빅 데이터의 국내 활용 적합성평가를 하기 위해 본 연구를 수행하였다. 총 96두의 이유자돈에게, 3차 개정 한국돼지사양표준 RDA (2017) 및 미국 NRC (2012) 사양표준을 기준으로 배합된 각 사료를 6주간 급여하였을 때, 이유자돈의 체중과 성장성적에서 처리구간에 전체적인 차이가 없었다. 따라서 개정된 한국돼지사양표준에 의거한 핸드북 제작 및 사료배합 프로그램 개발 활용이 가능할 것으로 사료되며, 향후 이를 통해 정밀사양 관리를 전면적으로 실현할 경우 양돈의 사료비용 절감 및 환경보전의 효과가 기대된다.

Acknowledgements

본 논문은 2020년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-전통문화융합연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF2016M3C1B590705722).

Authors Information

Sangwoo Park, <https://orcid.org/0000-0003-2288-1374>
Jeong Jae Lee, <https://orcid.org/0000-0002-3455-0102>
Hyunjin Kyoung, <https://orcid.org/0000-0001-5742-5374>
Joowon Kang, <https://orcid.org/0000-0001-7340-1479>
Soyun Kim, <https://orcid.org/0000-0002-9845-2368>
Jeehwan Choe, <https://orcid.org/0000-0002-7217-972X>
Minho Song, <https://orcid.org/0000-0002-4515-5212>
Younghoon Kim, <https://orcid.org/0000-0001-6769-0657>

References

- Choe J, Kim S, Cho JH, Lee JJ, Park S, Kim B, Kim J, Baidoo SK, Oh S, Kim HB, Song M. 2018. Effects of different gestation housing types on reproductive performance of sows. *Animal Science Journal* 89:722-726.
- Heo JM, Kim JC, Hansen CF, Mullan BP, Hampson DJ, Pluske JR. 2009. Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. *Journal of Animal Science* 87:2833-2843.
- Jang K, Purvis JM, Kim SW. 2020. Supplemental effects of dietary lysophospholipids in lactation diets on sow performance, milk composition, gut health and gut associated microbiome of offspring. *Journal of Animal Science* 98:1-11.
- Kil DY, Ji F, Stewart LL, Hinson RB, Beaulieu AD, Allee GL, Patience JF, Pettigrew JE, Stein HH. 2013. Effects of dietary soybean oil on pig growth performance, retention of protein, lipids, and energy, and the net energy of corn in diets fed to growing or finishing pigs. *Journal of Animal Science* 91:3283-3290.
- Kim K, Ji P, Song M, Che TM, Bravo D, Pettigrew JE, Liu Y. 2020. Dietary plant extracts modulate gene expression profiles in alveolar macrophages of pigs experimentally infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 11:1-14.
- Le Bellego L, Van Milgen J, Noblet J. 2002. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 80:691-701.
- Lee JJ, Kang J, Park S, Cho JH, Oh S, Park D, Perez-maldonado R, Cho J, Park I, Kim HB, Song M. 2020. Effects of dietary protease on immune responses of weaned pigs. *Journal of Animal Science and Technology* 62:174-179.
- NRC (National Research Council). 1994. Nutrient requirements of swine, 9th rev. ed. The National Academies Press, Washington, D.C., USA.
- NRC (National Research Council). 1998. Nutrient requirements of swine, 10th rev. ed. The National Academies Press, Washington, D.C., USA.
- NRC (National Research Council). 2012. Nutrient requirements of swine, 11th rev. ed. National Academy Press, Washington DC, D.C., USA.

- Park S, Kang J, Lee JJ, Kyoung H, Kim SK, Choe J, Song M, Lee SK. 2020a. Growth performance and nutrient digestibility of growing-finishing pigs under different energy concentrations. *Korean Journal of Agricultural Science* 47:275-282.
- Park S, Kim B, Kim Y, Kim S, Jang K, Kim Y, Park J, Song M, Oh S. 2016. Nutrition and feed approach according to pig physiology. *Korean Journal of Agricultural Science* 43:750-760. [in Korean]
- Park S, Lee JJ, Yang BM, Cho JH, Kim S, Kang J, Oh S, Park D, Perez-Maldonado R, Cho JY, Park IH, Kim HB, Song MH. 2020b. Dietary protease improves growth performance, nutrient digestibility, and intestinal morphology of weaned pigs. *Journal of Animal Science and Technology* 62:21-30.
- RDA (Rural Development Administration). 2017. Korean feeding standard for swine. 3rd edition. National Institute of Animal Science, Jeonju, Korea. [in Korean]
- Song M, Liu Y, Lee JJ, Che TM, Soares-Almeida JA, Chun JL, Campbell JM, Polo J, Crenshaw JD, Seo SW, Pettigrew JE. 2015. Spray-dried plasma attenuates inflammation and improves pregnancy rate of mated female mice. *Journal of Animal Science* 93:298-305.