

# 사료 내 표준전장 인수준이 자돈의 성장 및 뼈특성에 미치는 영향

정용대, 김조은, 민예진, 최요한, 김영화, 진현주, 조은석  
농촌진흥청 국립축산과학원 양돈과  
e-mail:yongdaejeong@korea.kr

## Effects of dietary levels of Standardized Total Tract Digestible Phosphorus on Growth and Bone Characteristics in Young Pigs

Yong Dae Jeong, Jo-Eun Kim, Ye-Jin Min, Yo-Han Choi, Young Hwa Kim, Hyunju Jin, Eun Seok Cho  
Swine Science Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

### 요약

본 연구는 자돈사료 내 다양한 인수준이 성장 및 뼈 특성에 미치는 영향을 평가하기 위해 실시하였다. 사료 내 표준전장 인(standardized total tract digestible phosphorus, STTD P) 수준은 사양표준(NRC, 2012)의 권장비율인 0.33%를 기준으로 20%씩 각각 가감하여 0.20, 0.26, 0.33, 0.40 및 0.46%와 같이 총 5수준으로 구성하였다. 공시동물은 총 60두의 삼원 교잡돈(Landrace × Yorkshire × Duroc; barrow, 개시체중, 11.31 ± 0.04 kg)을 randomized complete block design을 이용해 처리구당 3반복, 반복당 4(암 2두, 수 2두)씩 배치하였고 사양시험은 4주간 실시하였다. 사양시험 종료일에 처리구당 4두씩 임의로 선발하여 다리뼈(대퇴골, 경골, 중수골)를 수집하여 길이 및 무게를 측정하였다. 일당중체량 및 사료 효율은 인수준에 따른 유의한 효과가 관찰되지 않지만 증체량은 인수준이 증가함에 따라 547~575 g/d같이 수치적으로 증가하였다. 일당사료섭취량은 STTD P 수준에 높을수록 quadratically marginal significance를 보였다( $p < 0.1$ ). STTD P의 섭취량 및 증체량 당 STTD P의 섭취량은 STTD P 수준이 높을수록 linear effect가 있으나( $p < 0.001$ ) quadratic effect는 없었다. 대퇴골, 경골, 중수골의 무게는 통계적인 차이를 보이지 않지만 부피의 경우 경골 및 중수골에서 linearly marginal significance가 확인되었다. 따라서, 본 연구에서 사료 내 표준전장 인은 성장 및 뼈의 발달에 영향을 미치는 경향이 확인되었으나 전체적으로 처리구간 유의성 없는 것으로 관찰되었다.

## 1. 서론

광물질은 체내에서 다양한 생리적 역할을 수행하고 있는 것으로 알려져 있다. 특히 인은 골격계의 발달 및 유지, 에너지대사, acid-base balance, 효소활성에 영향을 미치며 또한 DNA, 인지질, 인단백질의 필수구성 요소이다. 따라서, 적절한 인 공급은 가축의 생산성 유지 및 향상에 긍정적인 영향을 미친다. 사양표준에 의하면 인 요구량 설정을 통해 돼지의 사육단계별 일당 권장섭취량은 1.9~12.0 g/d 제시하고 있으며 사료 내 수준은 0.4~0.7%를 권장하고 있으나[1] 일반적으로 상업용 사료에는 권장량보다 많은 인이 포함되어 있다. 이러한 초과된 인 함량은 축산분뇨를 통한 인배출량을 증가시켜 환경오염을 발생시킬 수 있으며 사료비를 증가시키는 원인이다[2,3]. 그러므로 지속가능한 양돈산업의 영위를 위해 체내 요구량 대비 적절한 인 급여가 필요하다. 사료산업에서 활용되고 있는 인

함량에 대한 지표는 총인 또는 유효인 함량을 표기하고 있다. 이러한 지표들은 소화율을 기반으로 하고 있으나 내생인을 고려하지 않고 있다. 따라서 내생인을 고려한 표준전장 인(STTD P, standardized total tract digestible phosphorus)에 대한 소화율 연구가 수행되어 왔고 표준전장 인요구량을 통계적으로 추정하였다(NRC, 2012). 그러나 실증 데이터를 이용한 표준전장 인 요구량 설정은 일부 사육구간에 대해 보고되었다. 따라서, 본 연구는 자돈에서 다양한 표준전장 인수준 사료의 급여를 통해 생산성과 뼈발달에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시동물 및 시험설계

#### 2.1.1 공시동물

본 연구에서 이용된 공시돈은 국립축산과학원 양돈과 시험

돈사에서 생산된 3원교잡돈을 이용하였고 국립축산과학원 표준사양가이드에 따라 사육하였다. 생산된 자돈의 체중이

약 11kg에 도달했을 시 각각 30두의 수컷 및 암컷을 선발하여 총 60두를 시험돈으로 사용하였다.

Table 1. Formula and chemical composition in the experimental diets

Ingredients <sup>1</sup> , %	Dietary STTD P <sup>2</sup> , %				
	0.20	0.26	0.33	0.40	0.46
Corn	65.28	64.77	64.27	63.77	63.27
SBM <sub>47%</sub>	29.99	30.07	30.14	30.21	30.29
Limestone	1.01	1.10	1.20	1.29	1.38
MCP	0.22	0.56	0.89	1.23	1.56
SBM oil	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
Salt	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
L-Lys, 78%	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
DL-Met, 99%	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
L-Thr, 98%	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
L-Trp, 98%	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Valine, 99%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vit*Min premix <sup>3</sup>	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated analysis <sup>4</sup>					
ME, kcal/kg	3,320	3,315	3,310	3,305	3,300
NE, kcal/kg	2,509	2,505	2,501	2,498	2,494
CP, %	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
Fat, %	3.73	3.72	3.71	3.69	3.68
Fiber, %	2.37	2.32	2.28	2.23	2.19
Ash, %	3.45	3.74	4.03	4.32	4.61
Total Ca, %	0.41	0.48	0.56	0.63	0.70
Total P, %	0.33	0.39	0.45	0.50	0.56
Available P, %	0.09	0.15	0.21	0.27	0.33
ATTD P, %	0.12	0.16	0.20	0.25	0.29
STTD P, %	0.14	0.19	0.24	0.29	0.34
Ca:total P	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
SID AA <sup>5</sup>					
Arg, %	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
His, %	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Ile, %	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
Leu, %	1.16	1.16	1.16	1.17	1.17
Lys, %	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Met, %	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Met+Cys, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Phe, %	0.60	0.61	0.61	0.61	0.61
Phe+Tyr, %	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Thr, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Trp, %	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Val, %	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53

<sup>1</sup>SBM, soybean meal; MCP, mono-calcium phosphate

<sup>2</sup>STTD P, standardized total tract digestible phosphorous.

<sup>3</sup>Provided per kg as vitamin: 10,000 IU of vitamin A, 1,500 IU of vitamin D<sub>3</sub>, 80 IU of vitamin E, 4 mg vitamin K<sub>3</sub>, 10 mg of riboflavin, 8 mg of pyridoxine, 0.1 mg of vitamin B<sub>12</sub>, 0.3 mg of biotin, 50 mg of pantothenic acid, 50 mg of niacin, 5 mg folic acid.

<sup>4</sup>Provided per kg as mineral: 100 mg of Cu as copper sulfate, 60 mg of Fe as iron sulfate, 1 mg of I as calcium iodate, 30 mg of ME as manganese sulfate, 0.3 mg of Se as sodium selenite, 40 mg of Zn as zinc sulfate.

<sup>5</sup>ATTD, apparent total tract digestible; CP, crude protein; ME, metabolizable energy; NE, net energy.

<sup>6</sup>SID AA, standardized ileal digestible amino acids.

## 2.1.2 시험설계

사료 내 표준전장 인수준은 NRC(2012)에서 권장하는 0.33%를 기준으로 20%씩 가감하여 0.20, 0.26, 0.33, 0.40 및 0.46%로 설정하여 사료처리구는 5 처리구로 구성하였다. 처리구별 공시돈의 할당은 처리구당 3반복, 반복당 4두(암 2두, 수 2두)씩 배치하였다. 시험사료의 배합표 및 영양소함량은 Table 1에 나타내었고 사료 내 칼슘 및 인비율은 1.25:1으로 고정하였다. 사양시험은 4주간 수행하였고 시험기간동안 사료 및 물은 무제한 제공하였다.

## 2.1.3 시료채취

사양시험 종료일에 처리구별 임의로 4두씩 선발하여 국립축산과학원 동물윤리 가이드라인에 의거하여 시험도축하였고 다비백인 대퇴골, 경골, 중수골을 수집하였다. 수집된 시료는 분석 전까지 -20°C에서 보관하였다.

## 2.2 조사항목

### 2.2.1 생산성

사양시험의 시작일 및 종료일에 체중, 사료의 공급량 및 잔량을 측정하였다. 일당증체량(average daily gain, ADG) 및 일당사료섭취량(average daily feed intake, ADFI)은 개시 및 종료일간 체중차이와 사료섭취량을 각각 사육일수로 나누어 산출하였다. 사료효율(feed to gain ratio, Feed:Gain)은 사료섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다. 표준전장 인섭취량(intake of STTD P, iSTTD)은 사료섭취량에 사료 내 STTD P 수준을 곱하여 구하였고 iSTTD to gain ratio (iSTTD:Gain)은 iSTTD를 증체량으로 나누어 나타냈다.

### 2.2.2 뼈특성

수집된 시료들은 상온에서 12시간 해동 후 근육, 지방 및 결체조직을 제거하였다. 그리고 뼈의 무게 및 부피를 측정하여 사료 내 표준전장 인에 따른 뼈발달을 확인하였다.

## 2.3 통계분석

수집된 결과들은 SAS ver 9.1을 사용해 분석하였고 통계처리 시 생산성 데이터의 시험단위(experimental unit)는 반복이며 뼈 데이터는 개체반복으로 하였다. 사료 내 STTD P 수준에 따른 linear 및 quadratic 효과를 확인하기 위해 polynomial contrast분석을 실시하였다. 처리구간 유의성은  $p < 0.05$ 시 인정하였고  $0.05 < p < 0.1$ 은 주변적 유의성(marginally significant)으로 간주하였다.

### 3. 결과

#### 3.1 생산성

사료 내 STTD P 수준이 생산성에 미치는 영향은 Table 2와 같다. 일당증체량은 547~575 g/d로 확인되었고 STTD P수준이 높을수록 증가하지만 linear 및 quadratic effect는 존재하지 않았다. 일당사료섭취량은 STTD P 수준에 따른 linear effect는 없지만 quadratic effect는 marginal significance를 나타내었다( $p < 0.1$ ). 사료효율은 일당증체량과 동일한 결과를 나타냈으나 처리구간 linear 및 quadratic effect는 나타나지 않았다. STTD P의 섭취량(iSTTD)은 STTD P수준에 따라 linear 증가를 나타내지만( $p < 0.001$ ) quadratic effect는 보이지 않았다. 증체량 당 iSTTD는 iSTTD와 동일하게 STTD P수준이 높을수록 linear effect가 확인되었으나( $p < 0.001$ ) quadratic effect는 없었다.

#### 3.2 뼈 특성

사료 내 인수준은 동물의 골격계 발달에 지대한 영향을 미치며 다리뼈는 돼지의 경제적 장수성과 연관이 있는 것으로 보고되고 있다. 따라서, 체내 뼈중 장골에 속하는 다리뼈를 채취하여 대퇴골, 경골, 중수골로 분류 후 무게 및 부피 측정 값 시 오류를 최소화하고자 힘줄, 혈관, 지방 및 근육 등 뼈에 부착된 조직은 최대한 제거하였고 다리뼈들의 무게 및 부피의 결과는 Table 3에 제시하였다. 수집된 대퇴골, 경골, 중수골의 무게는 STTD P수준에 따른 linear 및 quadratic effect

는 없었다. 대퇴골의 부피는 contrast effect는 나타나지 않았다. 사료 내 STTD P수준이 높을수록 경골의 부피는 55~64 mL로 증가하였고 linearly marginal significance가 존재하지만( $p = 0.056$ ) quadratic effect는 없었다. 중수골의 부피는 quadratic effect는 확인되지 않지만 STTD P수준이 증가할수록 20~23 mL과 같이 linearly marginal significance가 존재하였다( $p = 0.06$ ).

#### 참고문헌

- [1] NRC (National Research Committee), Nutrient requirements of swine (11th rev. ed.), p.400, National Academy Press, 2012, pp.24-79, 210-213.
- [2] C. M. Vier, S. S. Dritz, F. Wu, M. D. Tokach, J. M. Derouchey, R. D. Goodband, M. A. D. Gonçalves, U. A. D. Orlando, J. C. Woodworth, "Effects of standardized total tract digestible phosphorus on growth performance of 11- to 23-kg pigs fed diets with or without phytase", *Journal of Animal Science*, Vol.97, No.10, pp.4032-4040, 2019.
- [3] C. M. Vier, S. S. Dritz, F. Wu, M. D. Tokach, J. M. Derouchey, R. D. Goodband, M. A. Gonçalves, U. A. Orlando, K. Chitakasempornkul, J. C. Woodworth, "Standardized total tract digestible phosphorus requirement of 24- to 130-kg pigs", *Journal of Animal Science*, Vol.97, No.10, pp.4023-4031, 2019.

Table 2. Growth performance of young pigs to fed diets including 5 levels of standardized total tract digestible phosphorous

Items	Dietary STTD P, %					SEM	Contrast	
	0.14	0.19	0.24	0.29	0.34		Linear	Quadratic
ADG, g/d	547.02	546.13	571.43	577.08	575.00	12.12	0.900	0.389
ADFI, kg/d	0.94	0.88	0.82	0.93	0.92	0.02	0.236	0.951
Gain:Feed, g/g	0.58	0.62	0.70	0.62	0.63	0.02	0.263	0.427
iSTTD, g/d	1.86	2.32	2.70	3.69	4.24	0.41	<.001	0.591
iSTTD:Gain, g/kg	3.41	4.26	4.75	6.42	7.41	0.04	<.001	0.761
Initial body weight, kg	11.22	11.39	11.33	11.33	11.28	0.04	0.763	0.830
Ending body weight, kg	26.53	26.68	27.33	27.48	27.38	0.36	0.910	0.401

Abbreviations: STTD P, standardized total tract digestible P; ADG, average daily gain; ADFI, average daily feed intake; iSTTD, intake of STTD P; SEM, standard error of means.

Table 3. Bone characteristics of young pigs to fed diets including 5 levels of standardized total tract digestible phosphorous

Items	Dietary STTD P, %					SEM	Contrast	
	0.14	0.19	0.24	0.29	0.34		Linear	Quadratic
Bone weight, g								
Femur	100.25	102.25	102.00	97.50	107.75	1.70	0.408	0.404
Tibia	60.75	66.75	66.75	63.50	70.25	1.38	0.111	0.876
Metacarpal	22.50	25.00	23.50	24.00	26.00	0.66	0.224	0.861
Bone volume, mL								
Femur	94.25	97.00	97.75	99.00	96.00	2.03	0.734	0.567
Tibia	55.25	58.50	60.75	57.75	63.75	1.19	0.056	0.979
Metacarpal	20.25	21.50	22.25	22.75	23.25	0.51	0.060	0.684

Abbreviations: STTD P, standardized total tract digestible P; SEM, standard error of means.