

성장단계별 사료급여 방법이 육성-비육돈의 성장과 육질 그리고 생산비에 미치는 영향

정태삼 · 허필승 · 이근영 · 김동혁 · 주원석 · 김유용*

서울대학교 농업생명과학대학 농생명공학부

The Influence of Phase Feeding Methods on Growth Performance, Meat Quality, and Production Cost in Growing-Finishing Pigs

Tae Sam Jeong, Pil Seung Heo, Geon Young Lee, Dong Hyuk Kim, Won Seok Ju and Yoo Yong Kim*

School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University

ABSTRACT

This experiment was conducted to evaluate the influence of phase feeding methods on growth performance, carcass characteristics, pork quality, and economical efficiency in growing-finishing pigs. A total of 120 crossbred pigs ([Yorkshire × Landrace] × Duroc), average initial body weight 25.23 ± 2.66 kg, were allotted to 5 treatments by body weight and sex in a randomized complete block (RCB) design. Each treatment had 6 replicates with 4 pigs per pen. The treatments were 1) A (fed late weaner feed during whole phase), 2) B (fed late weaner feed in growing phase and grower feed in finishing phase), 3) C (fed grower feed during whole phase), 4) D (fed grower feed in growing phase and early finisher feed in early and late finishing phase), 5) E (fed grower feed in growing phase, early finisher feed in early finishing phase and late finisher feed in late finishing phase). Commercial diets bought from private feed company were used for this experiment. During the early growing phase (6 wks), treatments A and B showed higher growth performance than that of other treatments ($P < 0.05$). However, growth performance tended to be similar among treatments at 10 wks after feeding and there was no difference in time of market weight (13 wks). Moreover, blood urea nitrogen (BUN) concentration was lowered in treatment E than other treatments during whole experimental period ($P < 0.01$). Carcass characteristics and pork quality were measured when body weight of pigs reached at 110.33 ± 2.1 kg. Days to market weight (110 kg), quality grade, pork color, and pork pH did not show any significant difference among treatments. These results suggested that phase feeding based upon growth stages of pigs showed no detrimental effects on growth performance and the pork quality. Moreover, feed cost was saved approximately 37% by phase feeding method without delaying of days to market weight compared to general conventional feeding method (B) of swine farm in Korea.

(Key words : Growing-finishing pigs, Phase feeding method, Feed cost)

서 론

현재 우리나라는 한-칠레 FTA 체결을 시작으로 미국, EU 등의 여러 나라와도 FTA 협정을 앞두고 있으며 특히, EU와 FTA 체결이 확정되면 수입산 돈육에 부과되는 현행 22.5~25%의 관세가 냉동육은 5년, 냉장육 및 삼겹살은 10년 후에 무관세가 되므로 국내 양돈산업의 국제 경쟁력확보가 매우 시급한 실정이다. 우리나라에서 양돈생산비 중 사료비는 약 40~60% 차지하고 있는 실정이므로 사료비의 상승은 생산비 자체를 증가시킬 뿐만 아니라 생산성 악화와 함께 양돈농장들의 경영에 심각한 문제를 발생시키고 있다. 뿐만 아니라 국제곡물 시장에서의 사료용 곡물시세는 계속 상승하고 있으므로 양돈농가의 생산성 향

상과 생산비절감 없이는 국내 양돈산업이 지속 가능한 산업으로 생존할 수 없는 위기에 직면해 있다. 뿐만 아니라 국내에 만연한 소모성질환과 부적절한 사육방식 등으로 인해 우리나라의 MSY (모돈 두당 연간출하두수)는 국가별 도축체중의 차이를 감안하더라도 14.1두 (2008년)로 20두 이상인 양돈 선진국들에 비해 매우 낮은 생산성을 보이고, 비육돈 생산비도 도체중당 약 4,200원으로 유럽의 양돈선진국들에 비해 약 1,200원이나 높아 두당 생산비가 약 10만원이나 높게 나타나고 있다 (Danish report, 2008).

국내 양돈산업의 가장 안타까운 문제 중 하나는 낮은 양돈생산성과 사료비의 상승에도 불구하고 많은 농가들이 아직도 사료비 절감을 위한 노력에 무관심하다는 점이다. 2008년 국내 양돈

* Corresponding author : Yoo Yong Kim, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea.
Tel: +82-2-880-4801, Fax: +82-2-878-5839, E-mail: yooykim@snu.ac.kr

사료 총 생산량 528만톤 중 자돈사료의 생산량은 155만톤 (29.4%), 육성돈사료 생산량은 244만톤 (46.1%)인 것으로 집계되었다. 하지만 일당 사료섭취량이 가장 높고 사육기간이 가장 긴 비육돈사료 생산량은 23만 톤으로 총 생산량 중 4.4%에 불과했다 (농림수산식품부, 2009). 이것은 아직도 국내 양돈업에 매우 전형적인 사료급여 시스템이 고쳐지지 않고 있다는 것을 의미한다. 이러한 성장 단계별로 돼지의 영양소 요구량에 맞지 않는 잘못된 사료급여에 대한 우려는 이 등 (1990)의 연구에서도 볼 수 있는데 비육후기에 NRC (1998)에서 제시한 수준보다 높은 단백질 사료의 급여가 사양성적을 개선시키지 못한다고 하였으며, 약 20년이 지난 현재에도 우리나라에서는 이러한 잘못된 사료급여 방법은 앞서 언급한 성장단계별 사료판매 실적을 볼 때 크게 개선이 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다. 많은 양육농가들의 이러한 사료 급여 방식은 자돈 또는 육성돈 사료에 포함된 항생제와 단백질을 비롯한 여러 영양소들이 높기 때문에 성장이 촉진되고 출하일령이 단축될 것이라는 막연한 기대에서 비롯되었다. 하지만 성장단계에서 요구하는 영양소보다 더 높은 과량의 영양소를 동물에게 급여하면 영양소 과잉으로 인한 돼지의 생리적인 불균형, 사료비 상승과 수입자원의 낭비, 소화되지 못한 영양소들에 의한 환경오염 (Jongblode and Lenis., 1998; Ferket 등, 2002) 등의 많은 문제점을 가지고 있으며, 이는 개인 농가에 큰 손실을 미치고 있을 뿐만 아니라 원료사료의 대부분을 수입에 의존하는 현 상황에서 국가적으로 막대한 손실을 초래하고 있다.

따라서 본 실험에서는 성장단계별 사료급여 방법이 육성-비육돈의 사양성적과 경제성 및 육질특성에 미치는 영향을 규명하여 경제적이고 올바른 양돈사료 급여 체계를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 시험 동물 및 실험 설계

평균체중 25.22 ± 0.04 kg인 삼원 교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 육성돈 120두를 공시하여, 육성전, 후기(6주), 비육전, 후기(7주)로 총 13주 동안 사양실험을 수행하였다. 총 5처리 6

반복으로 돈방 당 4두씩 성별과 체중에 따라 각 처리구에 난괴법 (RCBD; Randomized Complete Block Design)으로 배치하였다. 처리구는 1) A: 자돈사료(육성기), 자돈사료(비육전기), 자돈사료(비육후기) 2) B: 자돈 사료(육성기), 육성사료(비육전기), 육성사료(비육후기) 3) C: 육성사료(육성기), 육성 사료(비육전기), 육성사료(비육후기) 4) D: 육성사료(육성기), 비육전기사료(비육전기), 비육전기사료(비육후기) 5) E: 육성사료(육성기), 비육전기사료(비육전기), 비육후기사료(비육후기)로 하여 Table 1에 나타내었다.

2. 사양 실험 및 사료

사양실험 기간은 총 13주로, 성장단계에 따라 콘크리트-슬라바닥인 육성사 (1.26 \times 2.55 m²)와 비육사 (1.60 \times 3.00 m²)에서 사육되었으며 물과 사료는 자유 채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 실험기간중 돈방의 온도는 육성사 25 $^{\circ}$ C 전후, 비육사는 20 $^{\circ}$ C 전후를 유지하였다. 사육 단계의 변동 시점을 고려하여 실험 개시를 기점으로 각각 육성전기 3주, 육성후기 3주, 비육전기 4주 그리고 비육후기 3주령에 사료섭취량 및 체중을 측정하였으며, 이를 바탕으로 일당증체량(ADG; average daily gain), 일당사료섭취량(ADFI: average daily feed intake) 및 사료효율 (G:F ratio)을 계산하였다. 또한 혈중 요소태 질소 농도 측정을 위해 각 성장단계별 체중 측정 시 처리별 6두씩 총 30두의 혈액을 채취하여 4 $^{\circ}$ C에서 3,000 rpm으로 15분간 원심 분리하여 혈청을 분리한 후 분석 전 까지 -20 $^{\circ}$ C에 보관 하였다. 시험사료는 일반 사료 회사에서 생산되어 시중에 유통되고 있는 양돈용 일반배합사료를 사용하였으며 성장단계별로 실험처리에 따라 사료를 변경하여 급여하였다. 실험에 이용된 시험사료의 화학적 조성을 Table 2에 나타내었다.

3. 경제성 분석

실험 기간 동안 동일 환경에서 사육되었으므로 제반 부대비용을 고려하지 않았으며 사료비용만을 기준으로 계산하였다. 사양 실험 기간 중의 사료섭취량과 사료 단가(원/kg)를 이용하여 총

Table 1. Experimental design of different phase feeding methods

처리구	육성기 (6주)	비육전기 (4주)	비육후기 (3주)
A	자돈후기사료		
B	자돈후기사료	육성기사료	
C	육성기사료		
D	육성기사료	비육전기사료	
E	육성기사료	비육전기사료	비육후기사료

Table 2. Chemical compositions of experimental diets

Chemical Composition	Weaner feed	Grower feed	Early finisher feed	Late finisher feed
ME (kcal/kg)	3550.00	3600.00	3450.00	3450.00
Crude protein (%)	21.00	18.50	15.50	14.00
Crude fat (%)	4.00	4.00	4.00	4.00
Crude ash (%)	8.00	8.00	8.00	8.00
Lysine (%)	1.30	1.10	0.70	0.65
Ca (%)	0.70	0.60	0.40	0.35
P (%)	1.20	1.30	0.80	0.75

사료비와 증체 kg 당 사료비 그리고 110 kg 도달일령까지의 사료비를 각각 계산하여 처리구별로 비교하였다. 시험 사료의 kg 당 생산 가격은 일반양돈농가에 공급되는 가격으로 산정하였고 실험이 수행된 2009년 1월~2009년 4월까지의 각 단계별 시험 개시 당시 입고단가를 기준으로 계산하였다.

4. 육질분석

13주간의 육성, 비육기 사양실험 종료 후 각 처리구별로 평균 체중 110.33 ± 2.1 kg의 비육돈 6두씩(암수 각각 3두) 총 30두를 선발하여 도축 후 늑골 마지막 부위 일정한 부분의 등심을 채취하여 육질분석에 이용하였고 일반조성분은 AOAC (1990) 방법에 준하여 분석하였다.

(1) 도체등급

출하체중 110.33 ± 2.1 kg로 선발한 비육돈 30두의 도체등급은 도축장의 등급판정사에 의해 측정되었다.

(2) 육색 / pH

사후 시간의 경과에 따른 육색과 pH 변화는 도축장의 여건을 고려하여 도축 후 2시간을 initial로 설정하고 이후 1.5 hr, 3 hr, 6 hr, 9 hr, 12 hr, 24 hr 경과 시에 각각 측정하였으며 육색은 Chromameter (CR-300, Minolta Camera Co, Japan)를 이용하여 CIE L*, b*, a*값을 측정하였고 등심근 pH는 pH meter (Model 720, Thermo Orion, U.S.A)를 이용하여 측정 하였다.

(3) 전단력 (shear force value)

등심근을 72℃로 가열한 후 원통형 표면 채취기(직경 1.27 cm)로 시료를 취하여(근섬유 방향과 나란하게), 이후 측정기기 (Series IX, Instron Corp, USA)로 원통형 시료를 원통형 축과 수직으로 자를 때 필요한 최대 힘(N)을 측정하였다.

(4) 가열감량(cooking loss)

사후 24시간 시점에 일정한 크기로 등심근을 잘라내어 무게를 잰 뒤 polyethylene bag으로 육표면이 닿지 않도록 썬 후 밀봉

하여 항온수조에 넣어 가열한다. 수조 내 시료의 심부 온도가 70℃에 이르렀을 때 꺼내어 냉각시킨 후 감량된 무게를 측정하여 처음 중량에 대비하여 백분율(%)로 산출하였다.

5. 화학분석 및 통계분석

실험사료의 일반조성분(건물, 수분, 조단백질, 조지방, 조회분) 분석은 AOAC (1990)의 방법에 따라 실시하였다. 통계분석은 SAS (2006)의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험에서 돈방을 실험 단위로 하여 최소 유의차(LSD) 다중검정법에 의해 처리한 결과를 비교하였고 육질분석은 실험돈 1두를 실험단위로 유의차가 있을 경우 $P<0.05$ 로, 고도의 유의차가 있을 경우 $P<0.01$ 로 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 사양성적 (Growth performance)

육성기 6주, 비육기 7주, 총 13주간의 성장단계별 사료급여 방법이 육성-비육돈의 성장능력에 미치는 결과를 Table 3에 나타내었다. 육성 3주차의 성장성적을 살펴보면 자돈사료를 섭취한 처리구 A와 처리구 B가 체중(BW), 일당증체량(ADG) 및 사료효율(G:F ratio)에 있어서 육성돈 사료를 급여한 처리구(C, D, E) 보다 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$), 육성기 전 기간 동안 상대적으로 높은 사양성적을 보였다. 이는 Greeley 등 (1964)이 육성기에 단백질 19%인 사료를 급여하였을 때 일당증체량과 사료섭취량이 그 이하의 단백질 함유 사료(17%, 15%, 13%)를 급여하였을 때보다 높게 나타난 것과 유사한 결과를 나타내었다. 하지만 실험개시 후 10주가 지난 비육전기(7~10주)에는 처리구 D를 제외하면 처리구간 체중과 일당증체량에 있어 뚜렷한 차이가 나타나지 않았으며, 사료효율의 경우 처리구 C가 가장 높게 나타났다($P<0.01$). 실험개시 후 13주령인 비육후기의 사양성적 또한 10주령 결과와 마찬가지로 처리구 D를 제외하고 일당증체량의 차이가 없었다. 처리구 D의 경우 비육전기까지 처

Table 3. Influence of phase feeding methods on growth performance

Criteria	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	D ¹⁾	E ¹⁾	SEM ²⁾
Body weight, kg						
Initial	25.20	25.23	25.20	25.22	25.25	0.52
3 weeks	41.21 ^{ab}	41.93 ^a	39.41 ^{bc}	39.02 ^c	39.12 ^c	0.69
6 weeks	56.61	58.16	54.75	55.33	54.92	0.95
10 weeks	84.39	84.35	83.43	80.86	83.84	1.09
13 weeks	107.88	106.76	106.25	102.65	107.10	1.18
ADG, g						
0~3 weeks	762 ^{ab}	795 ^a	677 ^{bc}	657 ^c	660 ^c	17
3~6 weeks	733	773	730	776	752	22
0~6 weeks	748	784	704	717	706	14
6~10 weeks	992 ^{ab}	935 ^{ab}	1,024 ^a	912 ^b	1,033 ^a	16
10~13 weeks	1,119	1,067	1,087	1,038	1,108	16
0~13 weeks	909	896	891	851	899	11
ADFI, g						
0~3 weeks	1,345	1,369	1,281	1,341	1,343	23
3~6 weeks	1,648	1,764	1,561	1,825	1,642	50
0~6 weeks	1,497	1,567	1,421	1,583	1,493	33
6~10 weeks	2,133	2,258	2,105	2,275	2,399	61
10~13 weeks	2,792 ^b	3,194 ^a	3,211 ^a	3,200 ^a	3,404 ^a	66
0~13 week	1,979	2,146	2,039	2,160	2,197	36
G/F						
0~3 weeks	0.568 ^a	0.583 ^a	0.529 ^b	0.492 ^c	0.490 ^c	0.010
3~6 weeks	0.448	0.437	0.477	0.425	0.465	0.013
0~6 weeks	0.501 ^a	0.501 ^a	0.499 ^a	0.453 ^b	0.476 ^{ab}	0.008
6~10 weeks	0.470 ^{ab}	0.420 ^b	0.495 ^a	0.408 ^b	0.436 ^{ab}	0.013
10~13 weeks	0.405 ^a	0.335 ^b	0.338 ^b	0.325 ^b	0.328 ^b	0.008
0~13 weeks	0.462 ^a	0.418 ^{bc}	0.438 ^{ab}	0.395 ^c	0.410 ^c	0.007

¹⁾ A: (fed weaner feed during whole phase)

B: (fed weaner feed in growing phase and grower feed in finishing phase)

C: (fed grower feed during whole phase)

D: (fed grower feed in growing phase and early finisher feed in early finishing phase)

E: (fed grower feed in growing phase, early finisher feed in early finishing phase, late finisher feed in late finishing phase)

²⁾ Standard error of mean.^{abc} Means in a same row with different superscript letters were significantly different($P<0.05$).

리구 E와 같은 사료를 급여하였으나 낮은 성장을 보였으며, 이는 D 처리구내 한 반복의 설사 발생이 비육전기의 성장정체로 이어진 것으로 판단된다. 비육후기에 처리구 A가 유의적으로 다른 처리구에 비해 낮은 사료섭취량과 높은 사료효율을 보였으며 이러한 경향은 전 사양기간에 걸쳐 나타났다($P<0.05$). 이는 Smith 등 (1999)의 사료 내 에너지 함량의 증가와 Hansen 등 (1993)과 Baker 등 (1975)의 사료 내 요구량 이상의 단백질 함량이 육성-비육돈의 사료 섭취량을 감소시킨다는 결과와 유사한 결과이다. 또한, 이 등 (1990)의 연구에서도 비육후기에 단백질 함량이 13.5%인 사료와 15.5%인 사료를 급여하였을 때 두 처리구 간의 일당증체량과 사료섭취량에 유의적인 차이가 발생

하지 않았다고 보고하였다.

사양실험 전 기간을 기준으로 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량에 있어서 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 사료효율에 있어서는 처리구 A가 가장 높게 나타났고 처리구 D와 E가 다른 처리구보다 통계적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 결과적으로 육성기에는 영양소 함량이 높은 자돈 사료를 급여한 처리구 A와 B가 다른 처리구에 비해 높은 성장능력을 보였으나 비육기에는 일당증체량의 차이가 나타나지 않았고 실험종료시의 체중 측정결과 다른 처리구들과 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다. 이 등 (2000)의 연구에 의하면 육성-비육기 동안 영양소 함량이 높은 사료를 급여하는 것이 사양성적을 다소 개선시키는 경향은

보이지만 전체적인 사양성적에 있어서는 차이가 없다고 발표했고 본 연구에서도 높은 영양소 함량의 처리구와 일반적인 영양소 함량의 단계별 급여간의 성장 차이는 크게 나타나지 않았다.

2. 혈중 요소태 질소 (Blood urea nitrogen)

육성-비육기의 사료급여 방법이 혈중 요소태 질소(BUN) 농도에 미치는 영향을 Table 4에 나타내었다. 일반적으로 혈중 요소태 질소는 사료의 단백질과 사료 섭취량과 관련이 있으며 (Fuller 등, 1979), 섭취한 질소의 체내 유지에 관여한다고 보고되었다 (Whang 등, 2000). 혈중 BUN은 일반적으로 돼지의 체내 아미노산 이용효율에 대한 지표로 이용되어 왔다 (Nam 등, 1995). 또한, Enfrigh 등 (1990)은 근내 질소의 축적과 단백질 합성이 증가하면 혈중요소태질소의 함량이 감소한다고 발표 하였다. 실험결과에 의하면 육성기(6주)에 육성기 사료를 급여한 처리구 C, D, E의 혈중요소태질소의 함량이 단백질 수준이 높은 자돈 사료를 급여한 처리구 A, B 보다 유의적으로 낮게 나타났다 ($P<0.05$). 또한, 비육후기(13주)에 비육전기 사료를 급여한 처리구 D와 비육후기 사료를 급여한 처리구 E의 혈중요소태질소의 함량도 자돈 사료를 급여한 처리구 A와 육성기 사료를 급여한 처리구 B와 처리구 D 보다 유의적으로 낮게 나타났다 ($P<0.01$).

사양성적과의 상관관계를 비교해 보면 육성기와 비육후기의 일당증체량에 있어 차이가 나지 않았지만 BUN 수치는 유의적으로 높게 나타난 자돈사료를 급여한 A 처리구와 자돈사료-육성돈 사료를 급여한 B 처리구의 경우 과잉의 단백질 수준이 돼지의 체단백질 합성에 이용되지 못하고 체외로 배출되었다는 것을 뚜렷이 보여 주고 있다. 따라서, 성장단계별로 과잉의 영양소가 함유된 사료 급여는 사료의 이용효율을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 과잉의 질소, 인 등의 영양물질들도 배출하므로 환경오염의 원인이 될 수 있음을 알 수 있었다.

3. 경제성 분석

Table 5에 육성-비육기의 사료급여 방법이 사료비에 미치는 영향에 대한 경제성 분석결과를 나타내었다. 실험 당시 사료의

공급단가를 적용하여 계산한 출하체중 110 kg 기준 비육돈 두당 총 사료비용은 A, B, C, D의 순으로 사양단계에 적합한 사료를 급여한 E 처리구에 비해 각각 51,240원 (54.22%), 35,134원 (37.19%), 17,172원 (18.18%), 7,275원 (7.7%)이 추가적으로 소요되었다. 실험 전기간 동안의 두당 사료섭취량은 A 처리구에서 151 kg였고, E 처리구는 169 kg로 A처리구보다 약 10%가 더 높았지만, kg당 사료가격이 A 처리의 사료가 E 처리의 사료에 비해 약 98%나 비싼 이유로 두당 총 사료비용은 오히려 A 처리구가 가장 높게 나타났다.

실험 전 기간 동안 처리구간 일당 증체량 (ADG)과 일당사료 섭취량 (ADFI)의 차이는 나타나지 않았지만 성장단계별 사료비용은 자돈사료와 육성돈사료만을 급여한 처리구(A, B, C)가 육성, 비육돈 사료를 급여한 처리구(D, E) 보다 사료 섭취량이 높은 비육기에 큰 차이를 보이고 있다. 또한, 처리구 D의 증체량이 낮아 110 kg 도달 일령이 길어짐에도 불구하고 사료비는 육성돈 사료만 급여한 처리구 C보다도 낮게 나타났다. 이는 이전 연구에서 처리구 E와 같이 돼지의 성장단계에 맞는 사료급여가 과잉 영양소 사료를 급여할 때보다 사료비용이 적게 나왔다고 보고한 바 (정, 1993)와 같은 결과로, 사료 내 단백질 공급원이 일반적으로 탄수화물 공급원에 비해 높은 가격대를 형성하고 있으며, 배합사료 가격결정의 주요인이기 때문이다. 따라서 동물의 영양소 요구량보다 높은 수준의 영양소를 함유한 사료의 급여는 생산비 중 사료비가 차지하는 비율이 큰 농가일수록 두당 소요되는 사료비가 높아져 생산비의 상승을 가져올 것으로 판단된다. 본 실험의 결과 성장단계별 영양소 요구량을 초과하는 영양소 함량의 사료를 급여한 처리구 A, B, C, D가 사양단계에 적합한 사료를 급여한 처리구 E 보다 뚜렷한 성적향상을 보이지 않았기에 이러한 사양단계별 과잉 영양소 사료 급여는 높은 공급가격으로 인한 생산비의 증가만을 야기시키는 것으로 나타났다. 110 kg 도달 일수는 각 처리구에 따라 93.1일~97.1일로 나타났으며 특히 성장단계별로 사료를 급여한 E 처리구와 고영양사료를 급여한 A 처리구의 출하일령 차이는 불과 0.5일에 지나지 않았다.

4. 육질 분석

육성-비육기의 사료급여 방법이 육질에 미치는 영향을 Fig.

Table 4. Influence of phase feeding methods on BUN concentration

BUN(mg/dL)	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	D ¹⁾	E ¹⁾	SEM ²⁾
Initial	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	—
3 weeks	16.73 ^{AB}	18.20 ^A	13.50 ^{BC}	12.98 ^C	12.98 ^C	1.09
6 weeks	15.08 ^b	18.42 ^a	11.23 ^c	10.07 ^c	12.47 ^c	1.49
10 weeks	18.43 ^a	13.05 ^{bc}	14.07 ^b	11.85 ^{bc}	10.92 ^c	1.31
13 weeks	23.78 ^a	18.87 ^b	18.33 ^b	12.88 ^c	11.75 ^c	2.19

¹⁾ Treatments are the same as described in Table 3.

²⁾ Standard error of mean.

^{A,B,C} Means in a same row with different superscript letters were significantly different ($P<0.05$).

^{a,b,c} Means in a same row with different superscript letters were significantly different ($P<0.01$).

Table 5. Influence of phase feeding methods on economical efficiency

Criteria	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	D ¹⁾	E ¹⁾
Body weight gain, kg/head					
0~6 weeks	31.41	32.93	29.55	30.11	29.66
6~10 weeks	27.79	26.19	28.68	25.54	28.93
10~13 weeks	23.49	22.42	22.82	21.79	23.26
0~13 weeks	82.68	81.53	81.05	77.43	81.85
Feed Intake, kg/head					
0~6 weeks	52.38	54.16	49.73	54.78	51.65
6~10 weeks	49.77	55.43	55.48	55.26	58.54
10~13 weeks	48.85	55.29	56.19	55.38	58.68
0~13 weeks	151.00	164.87	158.40	165.42	168.87
Feed cost ²⁾ per weight gain, won/kg					
0~6 weeks	1,365	1,315	1,039	1,107	1,100
6~10 weeks	1,663	1,395	1,206	1,066	997
10~13 weeks	1,931	1,625	1,623	1,252	1,180
0~13 weeks	1,696	1,512	1,288	1,170	1,103
Total feed cost per pig, won/head					
0~6 weeks	48,633	50,286	32,767	36,093	34,034
6~10 weeks	46,216	36,523	34,579	27,222	28,839
10~13 weeks	45,360	36,429	37,027	27,279	27,437
0~13 weeks	140,208	123,237	104,374	90,595	90,310
Total feed cost per pig, won/head (reached 110kg BW)	145,704	129,614	111,652	101,755	94,480
Feed cost per weight gain, won/kg (reached 110kg BW)	1,718	1,529	1,317	1,200	1,115
Days to market weight (reached 110kg BW)	93.1	94.0	94.4	97.1	93.6

¹⁾ Treatments are the same as described in Table 3

²⁾ Weaner feed : 928.52 won/kg, grower feed : 658.92 won/kg, early finisher feed : 492.60 won/kg, late finisher feed : 467.60 won/kg by feed companies.

1과 Table 6에 나타내었다. 육질 및 육량 등급판정결과 처리구 B의 등급이 수치적으로 낮게 나타났지만 처리구간 유의차는 나타나지 않았다. 본 실험의 결과 성장단계에 맞지 않는 고영양 사료급여를 통한 육량, 육질 등급의 향상 가능성은 없는 것으로 사료된다.

도축 후 돈육의 pH 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 사후 근육에 혈액공급이 중단되면 근육에 저장되어 있는 글리코겐의 혐기적 해당작용에 의해 젖산 생성이 증가되어 근육의 pH가 감소하게 된다. 이러한 pH 저하는 도축 전, 후의 취급 상태와 개체의 유전능력 (Warris 등, 1995), 혐기적해당작용의 속도 정도 (Bendall & Swatland, 1998)에 의해 영향을 받는다고 보고되었다. 돈육의 급격한 pH 저하는 근육의 단백질 구조를 변형시켜 육질의 유출을 촉진하고 표면의 육즙 유출은 빛을 산란시켜 돈육을 창백하게 보이게 하며 결과적으로 PSE돈육이 발생하게 된다. James (1972)는 pH가 8.0 이상 일 때 부패단계에 접어들었다고 보고하였지만, 본 실험에서는 돈육을 냉장보관 하였으므로 전체적으로 돈육의 pH는 6.0 미만을 나타내었다. 분석결과 처리구간 유의차가 발생하지 않았으며 이는 단백질 수준이나 에너지함량의 증가가 pH의 변화에 영향을 미치지 않는다는 Szabo 등 (2001)의 보고와 유사한 결과로 사료된다.

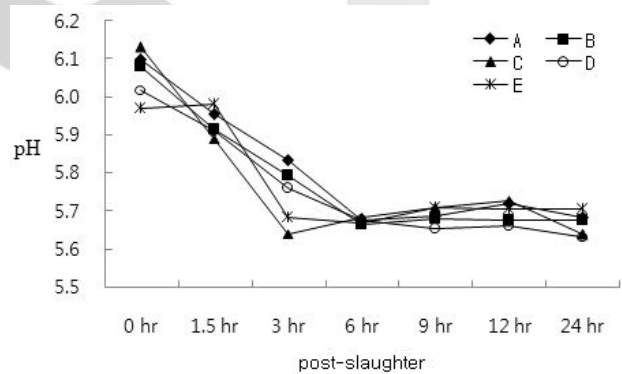


Fig. 1. Influence of phase feeding methods on pH of pork.

육성-비육기의 사료급여 방법이 돈육의 육색에 미치는 영향을 살펴보면 육색은 소비자의 고기 구입여부를 결정하는 주된 기준으로 Van der Wal 등 (1995)은, 수송 중이나 도축 전후의 stress로 인한 체내의 열 발생으로 인한 단백질 변성에 의해 육색이 변한다고 하였고, Offer 등(1989)은 해당과정으로부터 pH 저하가 근원섬유들의 빛 투과율을 감소시킴으로써 고기의 빛 산란을 증가시켜 육색이 변하게 된다고 보고하였다. 고기의 명도

Table 6. Influence of phase feeding methods on pork quality

Items	A ¹⁾	B ¹⁾	C ¹⁾	D ¹⁾	E ¹⁾	SEM ²⁾
No. of carcass	6	6	6	6	6	
Moisture, %	71.50	72.43	72.29	72.80	72.54	0.17
Crude protein, %	23.03	23.06	22.43	22.58	22.96	0.11
Crude fat, %	4.88 ^a	3.04 ^b	3.25 ^b	2.31 ^b	2.01 ^b	0.30
Crude ash, %	1.33	1.32	1.27	1.33	1.41	0.02
CIE color (0h) ³⁾						
L*	44.15	43.73	44.35	46.02	45.19	0.58
a*	1.41	1.29	1.92	2.40	1.93	0.21
b*	5.00	4.78	5.32	5.66	5.35	0.14
CIE color (24h)						
L*	49.83	50.99	50.27	50.54	48.85	0.40
a*	4.20	4.07	4.41	4.10	3.59	0.25
b*	7.23	7.30	7.54	7.03	6.87	0.14
Shear force, kg/0.5inch ²	3.13 ^{de}	3.24 ^d	3.24 ^d	3.10 ^e	3.21 ^{de}	0.02
Cooking loss, %	33.77 ^e	33.65 ^e	34.33 ^{de}	36.03 ^d	35.06 ^{de}	0.32
Carcass grade ⁴⁾	4.8	4.4	4.6	4.8	4.6	0.11

¹⁾ Treatments are the same as described in Table 3.

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ CIE L : luminance or brightness (vary from black to white), a: red-green component (+a=red, -a=green), b: yellow-blue component (+b=yellow, -b=blue).

⁴⁾ Converted to a numeric : carcass grade = quality grade + yield grade

Quality grade: 1+ = 3, 1 = 2, 2 = 1, 3 = 0, yield grade: A = 3, B = 2, C = 1, D = 0

^{a,b} Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.01).

^{d,e} Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.10).

를 나타내는 L*값과 소비자가 돈육을 선택하는데 있어 가장 중요한 지표로 뽑히는 적색도를 나타내는 a*값 및 황색도를 나타내는 b*값에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한, Kauffman 등 (1993)의 보고에 의하면 도축 후 24시간이 경과하였을 때 L* 값이 58 이상이면 PSE 돈육이라고 밝혔는데, 본 실험에서는 모든 처리구에서 PSE 돈육이 발생하지 않았다.

사료급여 방법이 돈육의 전단력 (shear force)과 가열감량 (cooking loss)에 미치는 영향을 살펴보면 처리구 A와 B의 가열감량이 다른 처리구에 비해 낮은 경향을 보였으며 (P<0.10), 전단력의 경우 처리구 D를 제외하고 처리구간 유의차는 나타나지 않았다. 가열감량은 간접적인 보수력의 지표 중 하나로 일반적으로 가열감량이 낮을수록 보수력이 높은 것으로 알려졌다 (Hamm, 1986). 보수력은 고기의 가공 시 또는 내외적 환경변화에 대한 수분함량의 변화로 결정되고 pH와도 밀접한 연관성을 가지며, 고기의 향미와 조직감의 변화를 간접적으로 알 수 있는 지표이다. Bouton 등 (1983)은 보수력이 낮아지면 고기의 전단력은 높아진다고 보고하였고 Goerl 등 (1995)의 연구에 의하면 지방 함량이 증가함에 따라 보수력이 증가하여 육즙감량이 낮아지고, 전단력이 약해지는 것으로 밝혀졌다. 돈육의 일반성분 분석결과에 따르면 사양단계에 따라 적합한 사료를 급여한 처리구 E의 지방함량이 가장 낮게 나타났고 영양소 함량이 높은 사료를 급여한 처리구 A와 처리구 B가 가장 높게 나타났으며, 수분, 조회분 그리고 단백질 함량에서는 유의차가 나타나지 않았다. 분석결과를 종합해 보면 이전 연구결과와는 달리 영양소 함량이

높은 사료를 급여할 경우 지방함량과 가열감량에 따른 전단력의 연관성은 나타나지 않았지만 요구량에 맞는 영양소 함량의 사료를 급여한 처리구 E에 비해 수치적으로 낮은 가열감량과 높은 지방 함량을 나타내는 것을 고려할 때 영양소 함량이 높은 사료의 급여는 지방 함량과 보수력을 증가시킬 수 있는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구는 사료급여 방법에 있어서 사양 단계별 영양소 요구량을 충족하는 사료급여와 요구량보다 높은 수준의 영양소 사료급여간 육성-비육돈의 사양성적과 경제성, 도체등급 그리고 육질특성에 미치는 영향을 규명하기 위해 수행되었다. 실험결과 성장성적에 있어서 전 기간 (13주) 동안 자돈사료를 급여한 실험 처리구의 사료효율 (G:F ratio)이 높았지만 (P<0.01) 일당증체량 (ADG)과 일당사료 섭취량 (ADFI) 그리고 총 증체량 (body weight gain)에 있어서는 통계적인 유의차가 발견되지 않았으며, 도체등급 (육질)과 육질등급에 있어서도 처리구간 통계적 유의차가 보이지 않았다. 출하체중을 110 kg 기준으로 볼 때 경제성 분석에 있어서 처리구간 110 kg 도달 일령의 차이는 D 리구를 제외하고 나타나지 않았지만 비육돈 두당 총 사료 비용은 자돈 사료만을 급여한 처리구 (A), 육성기에 자돈사료를 그리고 비육기에 육성사료를 급여한 처리구 (B), 전기간 육성사료만 급여한 처리구 (C), 육성기에 육성사료를 그리고 비육전후기에 비육전기 사료를 급여한 처리구 (D)의 순으로 육성기-비육전기-비육후

기의 각 성장단계에 적합한 사료를 급여한 처리구 (E)에 비해 각각 51,240원(54.22%), 35,134원(37.19%), 17,172원(18.18%), 7,275원(7.7%)이 추가적으로 소요되었다. 혈중요소태질소 (BUN)를 통한 단백질 이용효율에서도 적정수준 보다 높은 단백질 수준의 사료를 급여한 처리구들 (A, B, C, D)의 단백질 이용효율이 성장단계에 적합한 수준의 단백질 사료를 급여한 E 처리구보다 유의적으로 낮게 나타났다 ($P<0.05$).

본 실험결과를 종합해 보면 성장단계별 영양소요구량보다 높은 수준의 영양소 함량을 가진 사료를 급여할 경우가 성장단계별 요구량에 맞는 사료를 급여하였을 경우 보다 사양성적에 있어서 사료효율은 소폭 증가 하지만, 성장능력, 출하일령 및 돈육 품질은 뚜렷하게 개선되지 않았다. 또한, 육성-비육돈에게 성장단계별 사료급여 방법대신 고영양소 사료를 급여한 처리구에서는 사료비가 적게는 7.7%에서 많게는 54.2%까지 증가하여 양돈 농가들에게는 많은 경영부담이 되는 것으로 나타났다. 따라서 우리나라 양돈장에서 육성-비육돈을 사육할 때에는 성장단계별로 사료를 급여하는 것이 경제적으로 가장 효과적인 사료급여방법인 것을 제시할 수 있다.

사 사

본 연구는 2008~2009년 양돈자조금위원회의 연구개발사업의 지원에 의해 이루어졌기에 이에 감사 드립니다.

인 용 문 헌

AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist. Washington, DC. USA.
Bouton, P. E., Carrol, F. D., Fisher, A. L., Harris, P. V. and Shorthose, W. R. 1983. Influence of pH and fiber contraction state up on factors affecting the tenderness of bovine muscle. J. Food. sci.38, 404.
Ferket, P. R., E. van Heugten, T. A., T. G. van Kempen and

Angel, R. 2002. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. J. Anim. Sci. 80:E168-E182.
Goerl, K. F., Eilert, S. J., Mandigo, R. W., Chen, H. Y. and Miller, P. S. 1995. Pork characteristics as affected by two populations of swine and six crude protein levels. J. Anim. Sci. 1995. 73:3621-362.
Greeley, M. G., Meade, R. J., Hanson, L. E. and Nordstrom, J. 1964. Energy and protein intakes by growing swine. II. Effects on Rate and Efficiency of Gain and on Carcass Characteristics. J. Anim. Sci. 1964. 23:816-822.
Hansen, B. C. and Lewis, A. J. 1993. Effects of dietary protein concentration (corn : soybean meal ratio) on the performance and carcass characteristics of growing boars, barrows, and gilts: mathematical descriptions. J. Anim. Sci. 1993. 71: 2122-2132.
Joo, S. T., Kauffman, R. G. and Kim, B. K. 1994. The relationship between color and Water-holding capacity in postrigor porcine longissimus muscle. Journal of Muscle Food, Vol 6, issue 3, 211-226.
NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, D. C.
Smith, J. W., Tokach. M. D., O'Quinn, P. R., Nelssen, J. L. and Goodband, R. D. 1999. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and carcass characteristics of growing finishing pigs. J. Anim. Sci. 77: 3007-3015.
송두한, 이관용, 현성현. 2009. 4. 1. 국제 곡물상품시장 전망과 농협의 대응 방향. 2009 NHERI 리포트 제 50호.
이상환, 권오석, 홍종옥, 홍의철. 2000. 육성비육돈에 있어서 고-저 영양소 수준의 사료 급여가 생산성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42(5):571-578.
이종제, 정정수, 정영철. 1990. 사료의 단백질 함량이 비육후기 암퇘지의 생산성에 미치는 영향. 한국영양사료협회지. 14 (5):187-190.
안상돈, 김태성, 김해석, 2008.10.22. 원료곡물가격과 환율변동이 배합사료 원가에 미치는 영향과 대응 방향. CEO Focus 제203호.
정완태. 1993. 사료비 절감을 위한 돼지 사양관리. 농림부 축산기술연구소. (접수일자: 2009. 10. 9 / 수정일자: 2009. 12. 9 / 채택일자: 2009. 12. 15)