Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 20, No. 4 pp. 428-434, 2019

https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.4.428
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

환경보조물이 임신모돈의 생산성 및 행동특성에 미치는 영향

정용대, 김두완, 민예진, 정현정, 조은석, 김영화*
농촌진흥청 국립축산과학원 양돈과

Effects of environmental enrichments on performance and behavior characteristics of sows during gestating period

Yong-Dae Jeong, Doo-Wan Kim, Ye-Jin Min, Hyun-Jung Jung, Eun-Seok Cho, Young-Hwa Kim*

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

요 약 동물복지의 관심고조는 전 세계적인 동향이며 최근 국내 소비자들의 복지는 반려동물에서 경제동물인 가축으로 확산되고 있다. 환경보조물은 동물복지수준 강화에 유용한 수단으로 활용되고 있으나 임신돈에서는 관련 연구는 제한적이다. 따라서, 본 연구는 환경보조물이 임신모돈의 생산성 및 행동특성에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다. 시험동물은 30두의 임신돈(랜드레이스)를 준비하였고, 완전임의배치법에 의거하여 3개 처리구(대조구; T1, 플라스틱 소재 놀이기구; T2, 볏짚)에 처리구당 10두씩 배치하였다. 사양시험은 임신 28-105일령동안이며 볏짚과 놀이기구는 시험돈방(11.6×6.0m) 중앙에 배치하였다. 시험 종료일에 체중 및 등지방두께를 측정하였으며 혈중 코티졸 농도를 분석하였다. 행동특성 분석을 위해 임신 91일령에 행동패턴을 24시간 촬영하였고 행동특성을 분석하였다. 시작 및 종료체중은 대조구 및 처리구간 차이를 나타내지 않았다. 등지방두께는 대조구보다 T2에서 감소하였다(C, 16.56mm vs. T2, 15.73mm; p>0.05). 총산자수, 실산자수는 처리구간 차이가 없다. 사산수는 T1 및 T2에서 대조구보다 감소하였다(1.00 and 0.63 vs. 1.50두; p>0.05). 분만폐사율은 사산수와 유사한 경향을 보였다(C, 8.68%; T1, 6.86%; T2, 3.40%). 혈중 코티졸은 대조구 및 처리구간 차이가 없다. 섭취행동은 T2에서 대조구 및 T1 처리구보다 감소하였다(1.81 vs. 9.68 and 6.99%; p<0.05). 놀이 및 파헤치기 행동은 각각 T1와 T2 처리구에서만 확인되었다(p<0.05). 반면에 사육시설에 문지르기 행동은 대조구에서만 관찰되었다(p<0.05). 이러한 결과는 환경보조물 제공이 임신돈의 생산성에 부정적인 영향을 미치지 않으면서 돼지의 행동특성은 복지향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

Abstract Many countries have interested animal welfare. Similarly, domestic people have concern for the welfare from companion animals to livestock. Environmental enrichments (EE) are tool to enforce the welfare, however, research with sows is limited. Therefore, this study was investigate to effects of environmental enrichments on performance and behavior properties of gestating sows. A total of 30 pregnant sows (Landrace) were assigned into three treatments that control, T1 (plastic device) and T2 (Rice straw). Period of trial was from Mar. 03. 18. to Mary 19. 18. The EE were allotted to center of experimental pen (11.6×6.0 m). Body weight (BW), backfat thickness (BF) and cortisol were identified at experimental initial or end date. Behavior was recorded during 24 hours on days 91 of gestation, and then analyzed the patterns. BF was reduced (15.73 vs. 16.56 mm; p>0.05) in T1 than control, but Ending BW, total litter size and alive piglets did not differ. Born dead piglets showed lower tendency (1.00 and 0.63 vs. 1.50 heads; p>0.05) in T1 and T2 than control. Similarly, the enrichments declined farrowing mortality (C, 8.68%; T1, 6.86%; T2, 3.40%; p>0.05). Cortisol was not differed among treatments. In the behavior characteristics, eating showed lower (1.81 vs. 9.68 and 6.99%; p<0.05) in T2 than control and T1. Furthermore, playing or digging were only observed (0.33 and 2.10%; p<0.05) in T1 and T2, respectively, whereas rubbing (0.91%, p<0.05) only showed in the control. These results suggest that the provision of EE would be not negatively affected the performance of the gestating sows and could be led to improvement of the livestock welfare.

Keywords : Environmental Enrichments, Behavior, Animal Welfare, Gestation, Sows

본 논문은 농촌진흥청 연구사업 '돼지 친환경사육을 위한 모돈 생산시스템 연구(PJ01198001)' 의 지원에 의해 이루어진 것임
*Corresponding Author : Young-Hwa Kim(National Institute of Animal Science)
Tel: +82-41-580-3446 email: yhkim@korea.kr
Received January 9, 2019 Revised February 17, 2019
Accepted April 5, 2019 Published April 30, 2019

1. 서론

생산성 향상 및 축산농가의 수익 증대를 위해 국내 축산업은 소규모 형태에서 대형화 또는 기업형으로 생산방식이 변화되어 왔다[1]. 이러한 과정에서 노동 및 농장관리의 효율 극대화를 통해 농가 경영성을 개선해왔다. 그러나, 효율성 추구는 동물의 생리적, 생태학적, 또는 종특이적 특성을 고려하지 않은 채 노동자 위주의 사육방식, 제한된 환경 등으로 인해 농장 내 동물의 복지는 열악한 상황이다[2-4]. 일부 국가들은 농장 내 동물복지 향상을 위해 사육환경 조건을 규제하고 있다. EU는 임신돈 사육시설로서 관행적으로 이용되고 있는 스톨사육을 2013년부터 전면금지하여 동물복지 수준을 강화하고 있으며 국내의 스톨사육 규제는 농림수산식품부에서 논의단계에 있다. 이러한 국내외 스톨사육 금지 또는 동향은 임신돈의 그룹사양 따른 개체별 급이사양관리를 권장하고 있다[5].

동물복지 선진국인 EU는 다양한 규제 또는 지침을 통해 동물복지를 충족시킬 수 있는 사육환경을 제공하고 있다. 동물복지 지침 중 하나인 directive 2001/93/EC는 '돼지는 짚, 건초, 나무, 톱밥, 버섯배지 등과 같은 적절한 탐색 및 조작이 가능한 환경보조물(environmental enrichment)에 자유롭게 접근할 수 있게 해야 한다' 를 명시하고 있다[6]. 그리고 국내 동물복지 인증기준에도 돼지의 생태학적 요구 또는 호기심을 충족할 수 있는 보조물을 제공하도록 되어 있다[1].

환경보조물은 동물의 특성에 따른 다양한 행동패턴 및 빈도를 증가시켜 복지수준 향상에 도움을 줄 수 있는 사육시설을 지칭한다[4]. Kim et al.[1]은 육성비육돈에서 현수형 또는 바닥형 보조물 제공은 스트레스를 저감시켜 행동학적 특성이 개선되었고 현수형보다 바닥형을 더 선호한다고 보고하였다. 포유 및 이유자돈들은 큐브형 및 쇄기형보다 벽돌형을 더 선호하며[7] 환경보조물 제공은 노는 행동(playing), 씹기(chewing), 활동(activity)을 증가시켰다[8]. 포유자돈은 이유 후 사육공간에 짚을 제공하면 활동을 왕성하게 하는 것으로 보고되고 있다[9]. 또한, 임신돈에서 깔짚은 스트레스 호르몬의 감소와 면역글로불린G(IgG)를 증가시키는 것으로 알려져 있다[10]. 게다가 어린 자돈에 깔짚을 제공하면 행동특성, 면역반응에 긍정적인 영향을 미쳤다[2]. 이와 같이 환경보조물은 행동패턴, 면역성 강화에 효과적인 것을 알 수 있다. 그러나, 자돈 또는 육성비육돈 대비 임신돈 관련 연구는 상대적으로 제한적이다. 따라서, 본 연구는 임신기간동안 모돈에 환경보조물 제공이 생산성 및 행동특성에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시동물 및 시험설계

인공수정한 미경산돈(Landrace) 중 종부 28일령에 초음파검사를 통해 임신유무를 확인하였고 총 30두의 임신돈을 선발하여 공시동물로서 사용하였다. 시험디자인은 대조구 및 환경보조물 2종(T1, Bite-Rite Ikadan System; T2, rice straw)을 각각 제공한 2개 처리구로 구성하였고 처리구당 10두씩 임신군사에 배치하였다(Fig. 1).

(A) (B) (C)

Fig. 1. Image of environmental enrichments provided in experimental pen for pigs. (A) control without enrichments, (B) a plastic device, (c) a rice straw.

사양시험은 임신 28일령부터 임신 105일령동안 총 11주간 실시한 뒤 분만사로 이동시켰으며 분만사에서는 환경보조물 및 볏짚을 제공하지 않았다. 시험돈방의 면적은 11.6×6.0 m이며 시험기간동안 국립축산과학원 실험동물 윤리위원회의 가이드라인을 준수하여 공시축을 관리하였다. 사료는 임신단계에 따라 제한 급여하였고 물은 무제한 공급하였다. 시험사료의 배합비 및 화학적 조성은 Table 1에 나타내었다.

2.2 생산성

사양시험 시작 및 종료일에 체중을 측정하였고 등지방은 시험종료일에 확인하였다. 번식성적은 총산자수, 생존산자수, 사산수, 분만시 폐사율을 비교하였다.

Table 1. Formula and chemical compositions of the experimental diets

Ingredients	%
Corn	65.79
Soybean meal	15.00
Wheat	6.00
Wheat bran	2.09
Beet pulp	5.00
Molasses	2.00
Limestone	0.89
Animal fat	1.00
L-Lysine	0.12
DL-Methionine	-
Mono-calcium phosphate	1.31
Salt	0.30
Mineral premix[1]	0.25
Vitamin premix[2]	0.25
Chemical compositions	
Digestible energy (kcal/kg)	3,300
Crude protein (%)	14.47
Crude fat (%)	3.75
Crude fiber (%)	3.21
Calcium (%)	0.83
Phosphorus (%)	0.62
Lysine (%)	0.80
Methionine (%)	0.23

[1] Provided the following quantities per kg of complete diet: Cu, 87.5 mg as copper sulfate; Fe, 125 mg as iron sulfate; I, 1.0 mg as potassium iodate; Mn, 75 mg as manganese sulfate; Se, 0.25 mg as sodium selenite; and Zn, 60 mg as zinc oxide.
[2] Provided the following quantities per kg of complete diet: vitamin A, 12,500 IU; vitamin D3, 1,000 IU; vitamin E, 125 IU; vitamin K3, 6.3 mg; thiamin, 6.3 mg; riboflavin, 25.0 mg; pyridoxine, 12.5 mg; vitamin B12, 0.1 mg; pantothenic acid, 100 mg; folic acid, 7.5 mg; niacin, 225 mg; and biotin, 0.5 mg.

2.3 코티졸 농도

시험돈을 분만사로 이동하기 전 처리구당 5두씩 임의로 선발하여 경정맥에서 채혈하였다. 분리된 혈액은 3,000 rpm에서 20분동안 원심분리하여 혈청을 분리한 후 혈중 코티졸 수준은 ELISA kit (CSB-E6811p, Cusabio Co. Ltd. China)를 이용하여 분석하였다.

2.4 행동특성

행동특성은 환경보조물 제공에 따른 일시적인 행동특성을 배제하고자 시험시작 후 9주 뒤인 임신 91일령에 조사하였다. 돈방에 총 12개(4 camera per treatment)의 YI Action Camera(YDXJ01XY, China)를 설치하여 8시간동안 연속으로 촬영 및 녹화하였다. 촬영영상 내 공시동물의 식별을 위해 적색, 청색, 녹색, 흑색, 황색 락커로 머리 및 꼬리에 마킹하였다. 영상분석은 Kim et al. [1]의 방법에 의거하여 다음과 같이 실시하였다. 촬영된 24시간 영상을 vegas Pro 13.0 프로그램을 이용하여 각각 1시간 단위로 구분해 편집한 뒤 각 시간대별 전체 영상을 대상으로 분석하였다. 분석 시 사용된 행동유형은 Table 2에 나타내었다. 분석된 행동유형들은 각각 지속시간 및 빈도를 파악 후 백분율로 환산하여 나타내었다.

2.5 통계분석

분석 및 수집된 결과들은 통계프로그램 SAS ver. 9.1을 이용하여 분석분석을 실시하였다. 처리구간 유의성은 행동특성을 제외한 모든 조사항목에서 모수분포 검정법인 tukey법을 사용하였고 행동유형 자료는 비모수 검정법인 Kruskal-Wallis test를 이용하여 $p<0.05$일 때 인정하였다.

Table 2. Behavior classification of pigs

Behavior names	Description
Eating	Eating the feed with a head in the feed hopper, or similar action
Drinking	Drinking water with a head in the water supplier, or similar action
Laying	Ventral and lateral laying
Sitting	Front foots upright with hips glued on ground
Standing	Standing with motionless
Activity	All actions such as walking
Excretion	Defecation and urination
Hitting	Heading or pushing with another pig
Rubbing	Rubbing self to bran facility
Playing	Biting or sucking toys with mouth
Digging	Hollow out toys with a mouth or legs
Other	Other unlisted activity

3. 결과

3.1 생산성

환경보조물 제공이 임신돈의 생산성에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 대조구 및 처리구들의 종료체중은 처리구간 차이는 나타내지 않았다. 등지방두께에서

환경보조물 제공에 따른 처리구간 통계적인 변화는 관찰되지 않았다. 총산자수, 실산자수, 사산수 및 분만폐사율은 처리구간 차이를 나타내지 않았다.

3.2 코티졸 농도

동물복지 분야에서 일반적으로 이용되고 있는 스트레스 지표인 혈중 코티졸 농도는 Table 3에 나타내었다. 임신기간동안 모돈에 환경보조물 제공은 혈중 코티졸 농도에 영향을 미치지 않았다.

3.3 행동특성

환경보조물들이 임신돈의 행동 유형별 지속시간 비율 및 빈도에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 먹는 동작(eating)의 지속시간 및 빈도는 T2에서 대조구 및 T1보다 유의하게 감소하였다($p<$ 0.05). 몸비비기(rubbing)는 대조구에서만 관찰되었고 대조구보다 T1, T2에서 통계적으로 감소하였다($p<0.05$). 환경보조물을 갖고 노는 행동(playing)은 T1 처리구에서만 관찰되었고 파헤치기(digging)는 T2 처리구에서만 확인되었다. 음수(Drinking), 눕기(Laying), 앉기(Sitting), 서있음(Standing), 활동(activity), 부딪힘(Hitting) 및 기타행위(Other)는 환경보조물 제공에 따른 변화를 나타내지 않았다($p<0.05$).

4. 고찰

동물복지에 대한 관심이 고조됨에 따라 돈방구조, 사육면적, 사료급이기형태, 합사(Social stress) 등 다양한 요인을 이용하여 농장 내 돼지의 행동학적 특성연구를 해왔다[4, 9, 11-13]. 특히, EU를 비롯한 축산선진국에서는 돼지 사육시설에 동물복지를 위해 환경보조물을 설치 또는 비치를 규제화하였다. 또한 국내 동물복지 인증기준에 따르면 돼지의 경우, 코로 파헤치기 등과 같은 생태적 행동요구 충족 가능한 환경보조물 또는 비정상적인 행동특성 관찰 시 흥미를 느낄 수 있는 환경보조물을 제공하게 되어 있다[1]. 따라서, 본 연구는 양돈농장에서 손쉽게 이용 가능한 볏짚과 시판 플라스틱 놀이기구를 임신돈에 제공하여 환경보조물이 임신돈의 생산성 및 행동특성에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

체내 화학적 또는 영양학적 조성은 동물의 성장 및 영양대사에 밀접한 연관성을 가지는 것으로 알려져 있으며 특히 지방함량은 모돈의 번식에 지대한 영향을 미친다[14]. 따라서, 모돈에서 체중 및 등지방두께는 번식효율 관리를 위한 간접적인 지표로서 활용하고 있다. 본 연구에서 종료체중 및 등지방두께는 T2 처리구에서 대조구 및 T1처리구에 보다 수치적으로 감소하였으나 처리구간 유의한 차이를 나타내지 않았다(Ending BW, 221 vs 222 and 226 kg; BF, 15.7 vs 16.6 and 16.1 mm, respectively). 이러한 결과들은 사육공간 내 환경보조물 제공이 임신돈의 건강 및 체성장에 부정적인 영향을 미치지 않음을 나타낸다.

혈액은 체내 조직에 각종 영양물질 전달 및 신진대사 후 발생된 노폐물을 배뇨기관으로 전달하는 기능을 가지며 내부의 대사작용들 및 외부 자극들으로부터 발생되는 각종 호르몬, 대사물질을 포함되어 있다[1]. 이중 코티졸은 외부 스트레스에 의해 증가하는 스테로이드성 호르몬 중 하나이며 스트레스 지표로서 활용하는 바이오 마커이다[1, 14-16]. 돼지에서 코티졸 농도는 생리기능주기(circadian rhythm)에 의해 밤보다 낮에 증가하며 또한, 생리기능주기는 blunted period가 존재하여 출생 후 15주령에 가장 높은 농도가 관찰되고, 그 후 22주령까지 점진적으로 낮아진다고 보고되었다[17]. 또한 고온 노출 및 비노출 육성돈과 비육돈의 코티졸 농도를 비교한 결과, 육성돈에서는 변화가 관찰되지 않았지만 비육돈에서는 고온에 더 취약하여 코티졸 농도가 증가된다[15]. 이와 같이 코티졸은 내외부 요인에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 그러나, 본 연구에서 환경보조물 제공에 따른 혈중 코티졸의 처리구간 변화는 나타나지 않았다. De Jong et al.[17]은 외부 요인에 의해 증가된 코티졸은 스트레스 요인이 지속되더라도 코티졸 농도가 점진적으로 감소됨을 보고하였다. 따라서, 본 연구에서 코티졸 농도의 차이 없음은 환경보조물에 11주간 노출되어 외부 자극에 대해 둔감(sensitive slowdown)된 결과로 판단되며 추가연구로서 환경보조물 제공 기간동안 코티졸 농도의 모니터링 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 확인된 행동들 중 지속시간비율 및 빈도가 가장 높은 것은 눕기로 분석되었고 처리구간 차이는 없지만 T1과 T2 처리구에서 대조구에 비해 지속시간이 약간 증가하였다(83.4 and 82.9 vs. 76.6%, respectively). 먹는 동작의 지속시간비율은 T2 처리구에서 T1과 대조구보다 유의하게 감소됨이 관찰되었다(1.81 vs. 6.99 and 9.68%, respectively; $p<0.05$). 또한, 통계적인 차이는 없

Table 4. Effect of environmental enrichments on action duration ratio and frequency by behavioral classification in gestating sows (n=30)

Items (%)	Action duration ratio			Action frequency ratio		
	C[1]	T1	T2	C	T1	T2
Eating	9.68±3.20 [a]	6.99±2.70 [a]	1.81±1.37 [b]	5.45±1.82 [a]	4.43±1.53 [a]	0.89±0.66 [b]
Drinking	3.16±1.12	1.15±0.45	0.81±0.39	4.67±1.31	3.02±1.08	1.99±0.87
Laying	76.62±5.09	83.41±4.55	82.89±4.69	73.32±5.39	80.72±4.87	78.72±4.80
Sitting	1.09±0.94	0.16±0.11	0.74±0.43	0.60±0.42	0.55±0.39	2.83±1.43
Standing	0.31±0.24	0.19±0.14	0.81±0.63	0.52±0.37	0.56±0.41	1.49±1.06
Activity	7.33±1.91	7.37±2.71	10.52±3.24	12.19±2.61	8.58±2.29	10.57±2.87
Excretion	0.48±0.28	0.07±0.07	0.00±0.00	1.56±0.88	0.14±0.14	0.00±0.00
Hitting	0.12±0.12	0.33±0.24	0.00±0.00	0.60±0.60	1.13±0.72	0.00±0.00
Rubbing	0.91±0.63 [a]	0.00±0.00 [b]	0.00±0.00 [b]	0.79±0.46 [a]	0.00±0.00 [b]	0.00±0.00 [b]
Playing	0.00±0.00 [b]	0.33±0.20 [a]	0.00±0.00 [b]	0.00±0.00 [b]	0.89±0.51 [a]	0.00±0.00 [b]
Digging	0.00±0.00 [b]	0.00±0.00 [b]	2.10±0.84 [a]	0.00±0.00 [b]	0.00±0.00 [b]	3.51±1.33 [a]
Other	0.12±0.12	0.00±0.00	0.00±0.00	0.30±0.30	0.00±0.00	0.00±0.00

[ab] means ± standard error with different superscript in same row differ below 0.05 of p value.
[1]C, not provided the enrichment; T1, plastic device; T2, rice straw.

지만 T1의 먹는 동작은 대조구에 비해 감소하는 경향을 보였다(6.99 vs. 9.68%). 음수행위는 대조구에서 3.16%, T1에서 1.15% 그리고 T2에서 0.81%로 관찰되어 사료 및 물과 같은 식이 관련 동작들은 대조구에 비해 T1 및 T2에서 감소하였다. 반면에 휴식행위인 눕기는 T1 및 T2에서 각각 83.41 및 82.89%로 대조구의 76.62% 보다 증가하는 경향을 보였다. 걷기와 같은 활동 동작은 대조구, T1, T2에서 각각 7.33, 7.37, 10.52%으로 분석되었다. 이와 같이, 환경보조물을 제공한 처리구들의 식이행동의 감소는 눕기와 활동의 행동에 소비한 시간이 증가에 기인하는 것으로 보인다. 더욱이 본 연구에서 사용된 환경보조물에 따른 행동패턴이 관찰되었다. T1 처리구에서는 파헤치기, T2처리구에서는 노는 행동 그리고 대조구에서는 문지르기가 각각 확인되었다. T1 처리구에 제공된 볏짚은 직사각형형태로 잡아당기면 볏짚이 움직일 수 있는 구조로 되어 있으며 T2 처리구의 놀이기구는 원뿔형태에 문어발처럼 4개의 가지가 있는 구조이다. 이러한 각각의 환경보조물의 형태는 돼지의 생태적 욕구인 파헤치기와 호기심 충족으로 인해 노는 행동 또는 파헤치기의 행동특성이 발현된 것으로 판단된다. 대조구에서 나타난 사육시설에 문지르기는 대표적인 이상행동 하나이며 관행사육형태인 스톨사 내 임신돈에서 빈번하게 관찰된다[12]. 따라서, 환경보조물의 제공은 일부 행동특성을 개선시켜 동물복지 향상에 긍정적 영향을 미치는 것으로 사료된다.

현재 동물복지관련 연구들은 행동학적 또는 생리생화학적 지표들을 이용하여 수행되어 왔다. 이러한 연구는 연구자가 주체로서 동물을 객체로 평가하여 정성적인 측면에는 적절한 방법일지도 모른다[18]. 그러나, 최근에는 관찰자의 견해에서 독립적인 동물의 억압, 행복도를 측정하는 qualitative behavior assessment term 의 도입 및 지수화하여 동물복지 평가에 적용하고 있다[3, 19]. 따라서, 환경보조물 제공에 따른 질적인 복지평가 관련 추가연구가 필요하다.

4. 결론

본 연구의 결과를 종합해보면, 임신돈의 생산성, 혈중 코티졸 호르몬에 환경보조물의 제공에 의한 변화는 나타나지 않았다. 이러한 변화는 임신기간동안 보조물은 모돈에 부정적 또는 스트레스 요인으로 작용하지 않음을 시사한다. 일부 행동특성들에서는 동물복지 개선에 긍적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서, 임신돈에서 환경보조물의 제공은 동물복지 개선에 부분적으로 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

References

[1] D. W. Kim, Y. H. Kim, Y. J. Min, D. J. Yu, Y. D. Jeong, “Effecs of floor type and hanging type environment on the behavior of growing pigs”, Journal

of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 18, no. 11, pp. 282-289, 2017.
DOI: https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.11.282

[2] I. D. E. van Dixhoorn, I. Reimert, J. Middelkoop, J. E. Bolhuis, H. J. Wisselink, P. W. G. Koerkamp, B. Kemp, N. Stockhofe-Zurwieden, "Enriched housing reduces disease susceptibility to co-infection with porcine reproductive and respiratory virus (PRRSV) and Actinobacillus pleuropneumoniae (A. pleuropneumoniae) in young pigs", PloS one, vol. 11, no. 9, e0161832. 2016.
DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161832

[3] F. Wemelsfelder, "How animals communicate quality of life: the qualitative assessment of behaviour", Animal Welfare, vol. 16, no. Suppl 1, pp. 25–31 2007.

[4] H. A. Van de Weerd, C. M. Docking, J. E. L. Day, S. A. Edwards, "The development of harmful social behaviour in pigs with intact tails and different enrichment backgrounds in two housing systems", Animal Science, vol. 80, no. 3, pp. 289-298, 2005.
DOI: https://doi.org/10.3390/ani7120091

[5] H. J. Kim, J. T. Hong, B. K. Yu, S. C. Kim, K. H, Choi, H. H. Chang, " Development of an electronic sow liquid feeding system using RFID (1) - Development and performance test of the protype-", Journal of Biosystems Engineering, vol. 37, no. 6, pp. 373-384, 2012.
DOI: http://dx.doi.org/10.5307/JBE.2012.37.6.373

[6] M. B. M. Bracke, J. J. Zonderland, P. Lenskens, W. G. P. Schouten, H. Vermeer, H. A. M. Spoolder, H. J. M. Hendriks, H. Hopster, "Formalised review of environmental enrichment for pigs in relation to political decision making", Applied Animal Behaviour Science, vol. 98, no. 3-4, pp. 165-182, 2006.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.08.021

[7] J. A. Winfield, G. F. Macnamara, B. L. F. Macnamara, E. J. S. Hall, C. R. Ralph, C. J. O'Shea, G. M. Cronin, "Environmental enrichment for sucker and weaner pigs: the effect of enrichment block shape on the behavioural interaction by pigs with the blocks", Animal, vol. 7, no. 12, pp. 91, 2017.
DOI: https://doi.org/10.3390/ani7120091

[8] M. Oostindjer, H, van den Brand, B, Kemp, J. E. Bolhuis, "Effects of environmental enrichment and loose housing of lactating sows on piglet behaviour before and after weaning", Applied Animal Behaviour Science, vol. 134, no. 1-2, pp. 31-41, 2011.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.06.011

[9] D. S. Arey, M. F. Franklin, "Effects of straw and unfamiliarity on fighting between newly mixed growing pigs", Applied Animal Behaviour Science, vol. 45, no. 1, pp. 23-30, 1995.
DOI: https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00600-W

[10] E. Merlot, C. Calvar, A. Prunier, "Influence of the housing environment during sow gestation on maternal health, and offspring immunity and survival", Animal Production Science, vol. 57, no. 8, pp. 1751-1758, 2017.
DOI: http://dx.doi.org/10.1071/AN15480

[11] J. I. Song, J. H. Kim, J H. Jeon, J. Y. Lee, "The Effects of housing design on the feeding behaviors of group housed pregnant sow with electronic sow feeder", Journal of Animal Environmental Science, vol. 20, no. 4, pp. 167-172. 2014.
DOI: http://dx.doi.org/10.11109/JAES.2014.20.4.167

[12] D. H. Kim, J. Y. Park, J. H. Woo, "Effecs of gestation housing and parity o the farrowing performance and behaviour of sows during the pregnancy, farrowing and lactation", Journal of Animal Science & Technology, vol. 45, no. 6, pp. 1067-1078, 2003.

[13] D. S. Arey, "The effect of bedding on the behaviour and welfare of pigs", Animal Welfare, vol. 2, no. 3, pp. 235-246, 1993.

[14] R. Charette, M. Bigras-Poulin, G. P. Martineau, "Body condition evaluation in sows", Livestock Production Science, vol. 46, no. 2, pp. 107-115, 1996.
DOI: https://doi.org/10.1016/0301-6226(96)00022-X

[15] J. L. Barnett, G. M. Cronin, T. H. McCallum, E. A. Newman, D. P. Hennessy, "Effects of grouping unfamiliar adult pigs after dark, after treatment with amperozide and by using pens with stalls, on aggression, skin lesions and plasma cortisol concentrations", Applied Animal Behaviour Science, vol. 50. no. 2, pp. 121-133, 1996.
DOI: https://doi.org/10.1016/0168-1591(96)01084-2

[16] G. D. Bottoms, O. F. Roesel, F. D. Rausch, E. L. Akins, "Circadian variation in plasma cortisol and corticosterone in pigs and mares", American Journal of Veterinary Research, vol. 33, no. 4, pp. 785-790, 1972.

[17] I. C. de Jong, I. T. Prelle, J. A. van de Burgwal, E. Lambooij, S. M. Korte, H. J. Blokhuis, J. M. Koolhaas, "Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning, and memory, and the circadian rhythm in cortisol in growing pigs", Physiology & behavior, vol. 68, no. 4, pp. 571-578, 2000.
DOI: https://doi.org/10.1016/S0031-9384(99)00212-7

[18] C. Douglas, M. Bateson, C. Walsh, A. Bédué, S. A. Edwards, "Environmental enrichment induces optimistic cognitive biases in pigs", Applied Animal Behaviour Science, vo. 139, no. 1-2. pp. 65-73, 2012.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.018

[19] D. Temple, A. Dalmau, J L. R. de la Torre, X. Manteca, A. Velarde, "Application of the Welfare Quality® protocol to assess growing pigs kept under intensive conditions in Spain", Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research, vol. 6, no. 2, pp. 138-149, 2011.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jveb.2010.10.003

정 용 대(Yong-Dae Jeong) [정회원]

- 2008년 2월 : 전북대학교 축산학 가금영양생리전공 (농학석사)
- 2016년 2월 : 전북대학교 축산학 분자영양생리 (농학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원

<관심분야>
동물영양생리, 단위동물사양

정 현 정(Hyun-Jung Jung) [정회원]

- 1998년 2월 : 서울대학교 농생명공학부 (농학석사)
- 2002년 2월 : 서울대학교 농생명공학부 (농학박사)
- 2005년 5월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구관

<관심분야>
동물영양, 가축사양

김 두 완(Doo-Wan Kim) [정회원]

- 1998년 2월 : 전남대학교 농과대학 축산학과 (축산학학사)
- 2016년 2월 : 전북대학교 축산학과 (식육가공석사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>
가축사양, 식육

조 은 석(Eun-Seok Cho) [정회원]

- 2007년 3월 : 경남과학기술대학교 동물소재공학과 (농학석사)
- 2011년 8월 : 경상대학교 응용생명공학 (이학박사)
- 2012년 1월 ~ 2015년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원
- 2015년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>
가축육종, 유전체학

민 예 진(Ye-Jin Min) [정회원]

- 2016년 2월 : 충남대학교 농과대학 동물자원생명과학과 (농학학사)
- 2016년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>
동물영양, 가축사양

김 영 화(Young-Hwa Kim) [정회원]

- 1997년 2월 : 전남대학교 대학원 축산학과 (농학석사)
- 2002년 2월 : 경상대학교 대학원 축산학과 (농학박사)
- 1987년 5월 ~ 1991년 12월 : 영천군농촌지도소 농촌지도사
- 1992년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>
동물영양, 가축사양