

포유단계에서 사회화 경험에 따른 이유자돈의 행동과 체중

황현수¹ · 이재강¹ · 엄태경¹ · 홍준기² · 최태정² · 임신재^{1*}

중앙대학교 생명자원공학부¹, 국립축산과학원 양돈과²

Behaviors and Body Weight of Weaned Piglets in Different Social Experiences During Suckling Period

Hyun-Su Hwang¹, Jae-Kang Lee¹, Tae-Kyung Eom¹, Joon-Ki Hong², Taejeong Choi²
and Shin-Jae Rhim^{1*}

¹*School of Bioresource and Bioscience, Chung-Ang University, Ansong 17546, Korea*

²*Swine Science Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Cheonan 31000, Korea*

ABSTRACT

This study was conducted to clarify behavior and body weight of weaned piglets between different social experiences during suckling period. Control (no social experience) and treatment (social experience) groups of weaned piglets were housed and observed with the aid of video technology for 8 consecutive hours in early (days 1 and 2) and late (days 22 and 23) periods after mixing. Inactive, locomotion and exploration were significantly different between control and treatment groups in early mixed period. Feeding differed between groups in late mixed period. In social behaviors, agonistic and interaction with adjacent pen were significantly higher in treatment group than in control group during early mixed period. However, social behaviors dramatically decreased in late mixed period. There was negative correlation between average daily gain of body weight and agonistic behavior. In social experienced weaned piglet groups, there were less agonistic behavior and more daily gain of body weight in this study. Social experience during suckling period would be useful for stable group management in swine industry.

(Key words: Agonistic behavior, Mixing, Social behavior, Video technology)

I. 서론

돼지는 사육환경 및 여건에 의해 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 사육환경의 변화는 곧바로 돼지의 물리적, 생리적 측면에 영향을 주며 대부분의 경우 스트레스의 형태로 나타나게 된다(Kutzer et al., 2009; Skok and Škorjanc, 2014). 환경변화는 돼지의 행동에 직접적인 변화를 가져오는 경우가 많은데, 특히 낯선 개체들을 합사하는 경우 급격

한 공격성의 증가를 비롯한 다양한 사회행동의 변화를 초래한다(Jensen, 2002; Hwang et al., 2016).

근래 양돈 산업에서 자돈의 합사는 보통 이유 후 실시하는데, 생산성의 향상 및 관리의 용이와 같은 목적으로 실시하고 있다. 그런데 새로운 물리적, 사회적 환경에 노출된 자돈은 매우 큰 스트레스를 받는 것으로 알려져 있다(Kanaan et al., 2012). 이러한 스트레스로 인해 생산성 저하뿐만 아니라 공격성의 증가는 동물복지의 측면에서도

* Corresponding author: Shin-Jae Rhim, School of Bioresource and Bioscience, Chung-Ang University, Ansong 17546, Korea, Tel: +82-31-670-4842, E-mail: sjrhim@cau.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.ko>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. The moral rights of the named author(s) have been asserted.

심각한 문제를 발생시킨다(Broom, 2011; Oostindjer et al., 2011). 그러므로 자돈의 합사 후 발생하는 스트레스의 감소 및 동물복지의 증가를 위한 방안에 대한 관심이 크게 증가하고 있는 실정이다(Verdon et al., 2016).

국내 대부분의 양돈농장에서는 자돈이 모돈별로 격리된 스톨에서 태어난다. 또한 자돈은 격리된 스톨에서 모돈 및 한배에서 출생한 자돈과 함께 이유 때까지 사육된다. 이유 후에는 모돈이 다른 자돈과 합사가 되어 사육되는데 이때 급격한 환경의 변화가 발생한다(Hong et al., 2017). 또한 합사 후 동물복지의 저하, 관리상의 어려움, 생산성 감소, 육질 저하 등의 많은 문제가 제기되고 있다(Hill et al., 1998; Benson and Rollin, 2004).

그에 따라 이유자돈이 합사 후 받게 되는 스트레스의 저감은 양돈 산업에서 해결해야만 하는 과제로 대두되고 있다(Varley and Wiseman, 2001). 그러므로 본 연구에서는 이유자돈이 포유단계에서 사회성에 대한 경험을 달리 했을 때, 합사 후 행동과 체중에 차이가 있는지를 파악하고자 하였다. 이를 통해서 합사로 인한 이유자돈의 스트레스 감소와 동물복지 향상을 위한 방안을 모색하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 국립축산과학원 부속 동물사육시설에서 3원 교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc) 이유자돈을 대상으로 실시하였다. 연구를 위하여 모돈(16마리) 및 그 자돈(155마리)의 사육방법을 달리하였다. 기존의 스톨(0.8×2.0m)에서 모돈과 자돈이 독립적으로 생활하는 경우와 면적이 넓은 스톨(1.8×2.4m)에서 3마리의 모돈과 그 자돈이 공동으로 생활하는 경우로 구분하여 모돈의 임신후기부터 자돈의 출생 및 이유시기까지 사육하였다. 실험에 사용된 모돈별 한배 새끼 수는 평균 9.94마리였으며, 자돈의 이유는 출생 후 25~28일에 실시하였다.

자돈이 포유단계에서 모돈과 독립적으로 생활하여 다른 모돈의 자돈과 사회화 경험이 없는 그룹을 대조구(control)로 하였다. 또한 3마리의 모돈 및 자돈이 함께 생활함으로써 다른 모돈의 자돈과 사회화 경험이 있는 자돈의 그룹을 처리구(treatment)로 하였다. 대조구와 처리구별로 이유자돈은 임의로 4마리씩 선발하여 돈방에 합사였으며 그룹별로 각각 4개의 돈방에 합사하였다.

이유자돈을 합사해서 사육한 돈방의 크기는 1.8×1.4m였으며, 바닥은 플라스틱 슬랏으로 처리하였다. 돈방에는 열

등(heat lamp)을 설치하여 기온을 28~29℃로 일정하게 유지하였다. 점등시간은 오전 8시부터 오후 6시까지 10시간 동안 하였으며, 나머지 14시간 동안은 소등을 하였다. 그룹별 각각의 돈방에는 사료 급이기와 급수 니플을 설치하였으며 물과 먹이는 무제한으로 섭취할 수 있도록 하였다. 합사 당일과 합사 후 30일에 모든 이유자돈의 체중을 측정하였다. 이유 시 자돈의 평균 체중은 대조구(7.93±0.26kg)와 처리구(8.16±0.31kg)에서 차이가 없었다(Mann-Whitney U test, Z=-0.37, p=0.71). 본 연구에서 모돈 및 자돈의 사육 및 실험에 관한 방법은 국립축산과학원 동물실험윤리위원회(Institutional Animal Care and Use Committee)의 심의를 거쳐 실시하였다(심의 번호: NIAS 2014-289).

각각 4개씩의 대조구와 처리구 돈방의 천장에 비디오파카메라를 설치하여 이유자돈의 행동을 촬영 및 분석하였다. 촬영은 합사 후 1일과 2일, 22일과 23일 등 총 4일에 걸쳐 오전 9시부터 오후 5시까지 매일 8시간씩 연속으로 실시하였다. 촬영한 영상은 합사 초기(합사 후 1일과 2일)와 합사 후기(합사 후 22일과 23일)로 구분하여 이유자돈의 행동을 분석하였다. 하루 8시간동안 촬영한 영상은 1시간 간격으로 구분하였으며, 각 시간대별로 10분 동안의 영상을 임의로 추출하였다.

각 시간대별로 추출한 10분간의 영상에서 이유자돈의 모든 행동을 유형별로 구분하여 유형별 행동의 지속시간(duration)과 빈도(frequency)를 분석하였다. 이유자돈의 행동은 개체유지행동과 사회행동으로 구분하였다. 개체유지행동은 물 마시기, 먹이 먹기, 미활동, 이동, 탐색, 배설, 기타 등으로 나누었다. 또한 사회행동은 적대행동, 벨리노우징(belly nosing), 옆 돈방의 자돈과의 상호행동, 꼬리물기, 기타사회행동 등으로 구분하였다(Table 1).

개체별로 수집된 모든 자료는 SAS 분석패키지를 이용하여 분석하였다. 분석된 자료는 정규성을 보이지 않았으므로 Mann-Whitney U test를 이용하여 대조구와 처리구 사이의 차이를 분석하였다. 또한 Spearman's rank correlation analysis를 통해서 일당평균증체량 및 행동유형 사이의 연관관계를 파악하였다. 통계적 유의차는 유의수준 0.05 이하에서 인정하였다.

III. 결과 및 고찰

전체 실험 기간 동안 이유자돈의 개체유지행동을 살펴보면 대조구와 처리구에서 모두 움직임이 없는 미활동 시

Table 1. Ethogram of behavioral categories and definitions (adapted from Statham et al., 2011; Hwang et al., 2016)

Behavior	Description
Self-maintenance behavior	
Drinking	Drinking water or manipulating the drinker with or without ingestion of water
Feeding	Head positioned in the feeder or chewing food displaced from the feeder
Inactive	Motionless and sleeping
Locomotion	Any movement including walking, running, scampering and rolling
Pen exploration	Sniffing, touching, sucking or chewing any object that is part of the pen
Elimination	Defecating or urinating
Other	Other individual maintenance behaviors not listed above
Social behavior	
Agonistic	Biting, head-thrusting, ramming or pushing another piglet
Belly nosing	Repeated thrusting or snout into the belly of another piglet
Interaction with adjacent pen	Any social interaction with piglets in adjacent pen
Tail biting	Having the tail of another piglet in its mouth and biting or pulling hard enough to cause a reaction in the other piglet
Other	Other social behaviors not listed above

간이 전체의 60% 이상으로 대부분을 차지하였다. 그 밖에 이동, 탐색, 먹이 먹기, 물 마시기, 배설, 기타 등의 행동을 하는 것으로 나타났다(Figs. 1 and 2). 합사 초기에 미활동은 60% 이상의 지속시간과 빈도를 보였으며, 합사 후기에는 80% 이상의 지속시간과 빈도를 보여 그 비율이 매우 높았다. 즉 이유자돈이 합사된 이후 미활동이 대부분을 차지하였으며, 합사 초기에 비해 합사 후기에는 미활동의 비율이 더욱 커지는 것으로 나타났다.

개체유지행동의 지속시간은 합사 초기 미활동(Mann-Whitney U test, $Z=-3.09$, $p<0.01$)과 이동($Z=-3.30$, $p<0.01$), 탐색($Z=-2.59$, $p<0.05$)에서 유의한 차이를 보였다. 미활동의 지속시간은 대조구에서 높은 것으로 나타났으며, 이동과 탐색은 처리구에서 높은 것으로 나타났다. 합사 후기 행동의 지속시간은 먹이 먹기($Z=-3.41$, $p<0.01$)를 제외한 모든 행동에서 대조구와 처리구 사이에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Fig. 1).

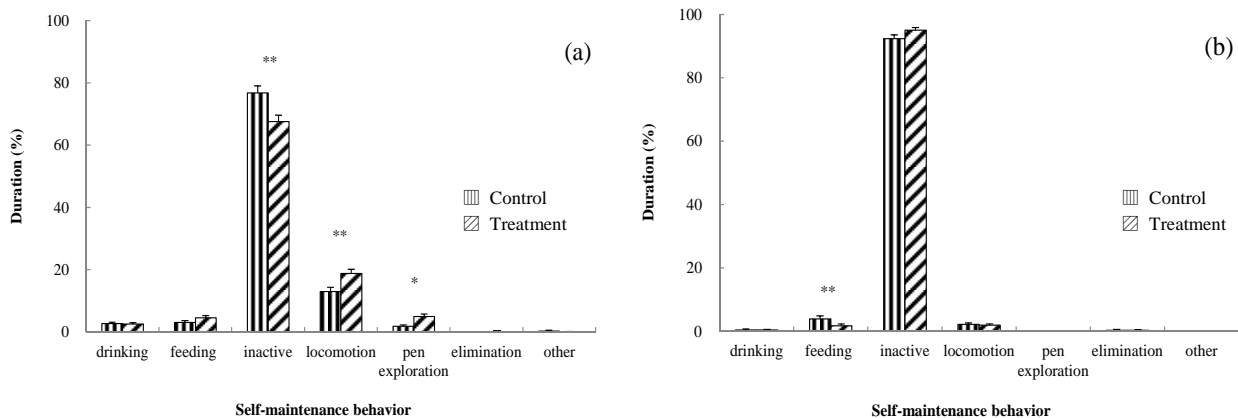


Fig. 1. Duration of time spent in self-maintenance behavior of weaned piglets between control and treatment in early (a) and late (b) periods after mixing.

* $p<0.05$, ** $p<0.01$.

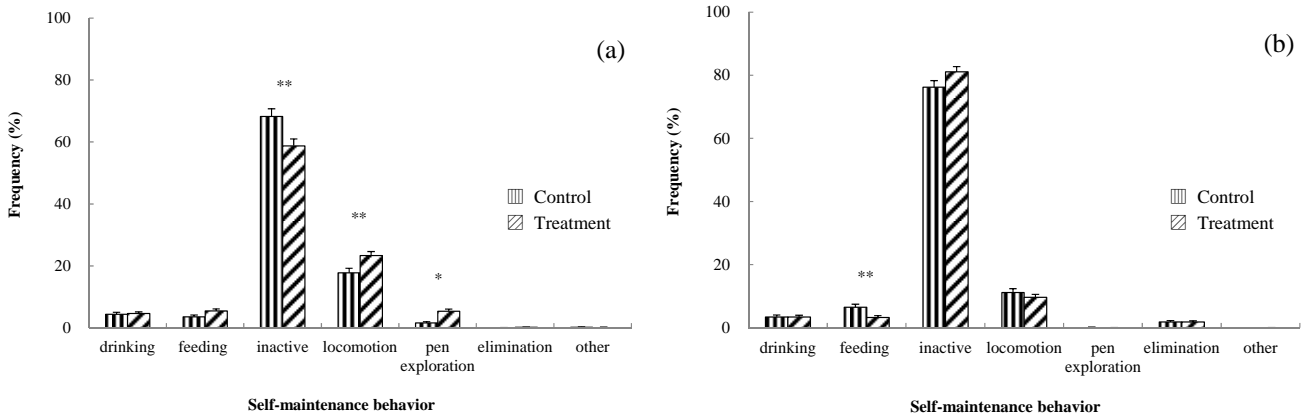


Fig. 2. Frequency of time spent in self-maintenance behavior of weaned piglets between control and treatment in early (a) and late (b) periods after mixing.
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

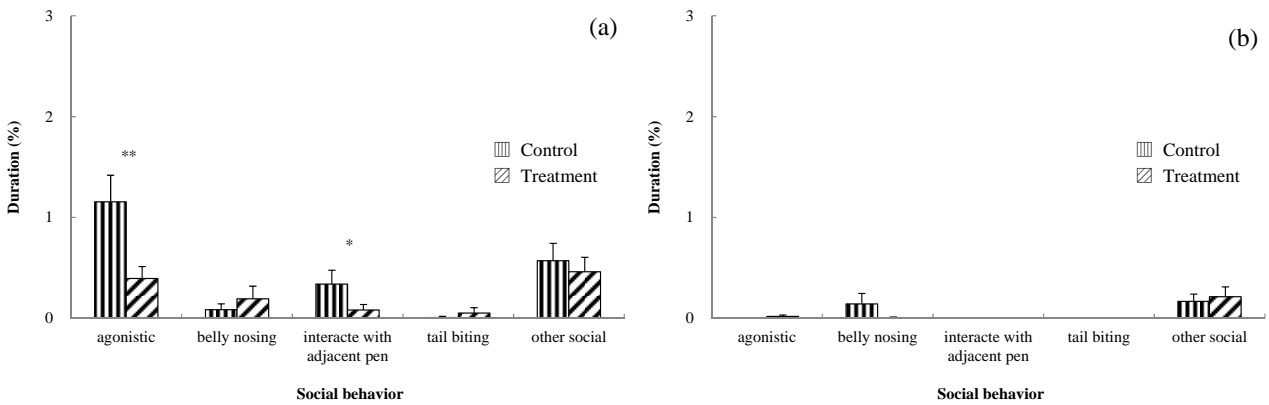


Fig. 3. Duration of time spent in social behavior of weaned piglets between control and treatment in early (a) and late (b) periods after mixing.
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

개체유지행동의 빈도 역시 지속시간과 동일한 유형과 양상을 보였다. 합사 초기에는 미활동($Z = -2.64$, $p < 0.01$)과 이동($Z = -2.89$, $p < 0.01$), 탐색($Z = 2.10$, $p < 0.05$)에서 유의한 차이를 보였다. 합사 초기 미활동은 대조구에서 높았으며, 이동과 탐색은 처리구에서 높은 것으로 나타났다. 합사 후기의 행동을 살펴보면 미활동의 빈도가 대부분이었으며 대조구와 처리구 사이의 유의한 차이는 없었다. 합사 후기의 행동 역시 먹이 먹기($Z = -3.39$, $p < 0.01$)를 제외한 모든 행동에서 대조구와 처리구 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 2).

일반적으로 돼지는 합사 이후에 서열이 안정되면 여유있게 사료를 섭취하는 경향을 보인다(Varley and Wiseman, 2001). 그런데 본 연구의 대조구에서는 합사 초기에 비해 합사 후기에 먹이 먹는 지속시간과 빈도가 증가하는 경향을 보였으나, 처리구에서는 반대로 약간 감소하는 경향을 나타냈다. 그 결과 합사 초기에는 대조구와 처리구 사이

에 먹이 먹는 행동에서 차이가 나지 않았으나, 합사 후기에는 대조구에서 먹이 먹는 시간과 빈도가 모두 유의하게 높은 것으로 나타났다(Figs. 1 and 2).

사회행동은 개체유지행동과 비교했을 때 지속시간과 빈도 모두 크게 적은 것으로 나타났다. 모든 사회행동의 지속시간과 빈도는 전체 행동의 3% 미만으로 상대적으로 낮은 값을 보였다(Figs. 3 and 4). 합사 초기 사회행동의 지속시간은 적대행동의 비율이 가장 높았으며, 기타사회행동, 옆 돈방의 자돈과의 상호행동, 벨리 노우징(belly nosing), 꼬리 물기 순으로 나타났다. 또한 적대행동($Z = -3.19$, $p < 0.01$)과 옆 돈방의 자돈과의 상호행동($Z = -2.49$, $p < 0.05$)은 처리구에 비해서 대조구에서 유의하게 높은 것으로 나타났다. 이에 비해 합사 후기에는 사회행동이 급격하게 감소하였으며, 대조구와 처리구 사이의 차이도 크지 않은 것으로 나타났다(Fig. 3).

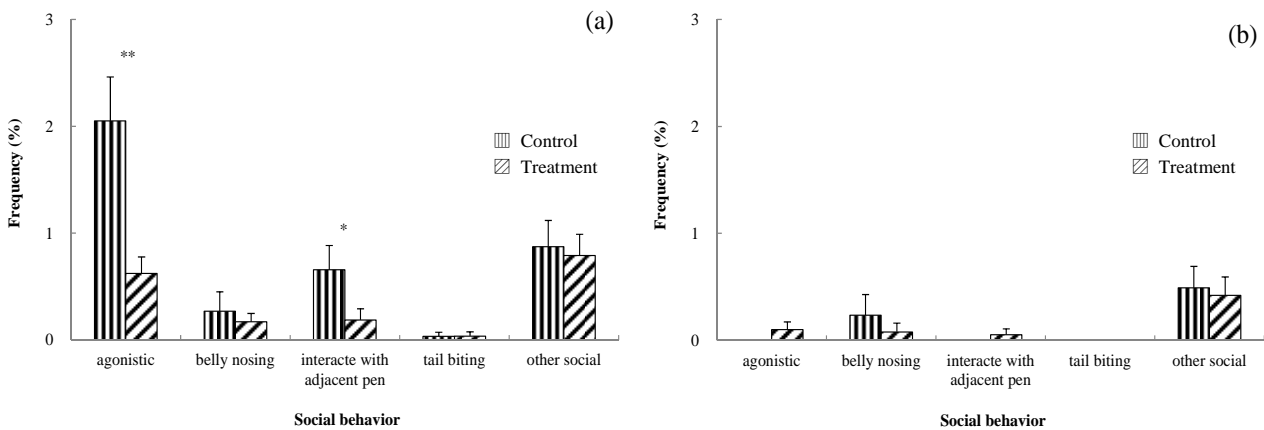


Fig. 4. Frequency of time spent in social behavior of weaned piglets between control and treatment in early (a) and late (b) periods after mixing. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

각 유형별 사회행동의 빈도 역시 지속시간과 비슷한 양상을 보였다. 합사 초기 사회행동의 빈도는 적대행동 ($Z = -3.22$, $p < 0.01$)과 옆 돈방의 자돈과의 상호행동 ($Z = -2.48$, $p < 0.05$)이 대조구에서 높게 나타났다. 적대행동은 사회화의 경험이 없는 대조구에서 높았는데, 이는 낯선 개체와의 사회성 경험이 없는 이유자돈이 합사됨에 따라 개체간 서열 정리를 위한 투쟁이나 경쟁 등이 증가함에 따른 결과로 판단된다(Kanaan et al., 2012). 그 밖에 벨리 노우징, 꼬리 물기, 기타사회행동 등은 대조구와 처리구 사이에 큰 차이를 보이지 않았다. 전체적인 사회행동의 빈도 역시 지속시간과 동일하게 합사 후기에 큰 폭으로 감소한 것으로 나타났다. 또한 각 유형별 사회행동의 빈도는 대조구와 처리구 사이에 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 4).

포유단계에서 사회화의 경험이 없는 대조구의 이유자돈은 합사초기에 적대행동과 옆 돈방의 자돈과의 상호행동이 높은 것으로 나타났다. 생후 모돈과 동복의 자돈과 생활한 경험밖에 없는 대조구의 이유자돈의 경우, 다른 모돈의 자돈과 합사됨으로써 처리구에 속해 있는 이유자돈에 비해 상대적으로 익숙하지 못한 사회 환경에 처하게 된다(Jensen, 2002; Kanaan et al., 2012). 그에 따라 서열의 정리 혹은 사회적 스트레스의 증가에 따라 합사된 다른 자돈에 대한 적대적 혹은 공격적인 성향이 커지게 된다(D'Earth, 2005; Hayne and Gonyou, 2006), 또한 인접한 옆 돈방의 자돈에게까지 관심과 상호작용이 크게 증가하는 것으로 생각된다. 그에 비해 포유단계에서 사회화 경험이 있는 이유자돈의 경우, 이미 동복이 아닌 자돈과 같이 생활해본 경험이 있기 때문에 사회화 경험이 없는 이유자돈에 비해 합사 후 비교적 안정적인 사회행동을 보이

는 것으로 판단된다(Hessel et al., 2006).

사회행동은 대조구와 처리구 모두 합사 직후에 비해 합사 후 22~23일이 경과한 이후 지속 시간과 빈도에 있어서 크게 감소하는 경향을 보였다. 합사를 실시한 초기에는 익숙하지 않은 개체 사이의 상호작용에 의해 공격이나 경쟁 등의 사회성 행동이 많이 발생한다. 그러나 합사 후 시일의 경과에 따라 개체간 투쟁을 통한 서열 정리 및 새로운 사회 환경에 익숙해지는 것으로 생각된다. 그러므로 합사 초기와 합사 후기에는 사회행동이 차이를 보이는 것으로 판단된다(Li and Wang, 2011; Rhim et al., 2015).

이유자돈의 체중의 변화와 유형별 행동사이의 관계를 분석한 결과, 자돈의 일당체중량은 적대행동과 부의 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Spearman's rank correlation analysis, $r = -0.33$, $p < 0.05$). 반면 일당체중량은 그 밖의 다른 행동 유형과는 관련이 없었다. 먹이 먹기는 미활동과 부의 상관관계($r = -0.43$, $p < 0.01$)가 있었으며, 배설과는 정의 상관관계($r = 0.68$, $p < 0.01$)를 보였다. 적대행동은 꼬리물기와 관련이 있는 것으로 나타났으며($r = 0.35$, $p = 0.05$), 이동은 탐색($r = 0.61$, $p < 0.01$)과 옆 돈방의 자돈과의 상호행동($r = 0.55$, $p < 0.01$) 등과 정의 상관관계가 있었다(Fig. 5).

합사 후 이유자돈의 일당체중증가량을 비교한 결과 포유단계에서 사회화 경험이 있는 처리구가 유의하게 큰 것으로 나타났다($Z = -2.14$, $p = 0.03$). 또한 합사 후 이유자돈의 체중은 적대행동과 역비례하는 관계를 보였다. 다른 자돈을 물거나 밀어내는 등 물리적으로 충돌하거나 공격하는 행동이 증가함에 따라 에너지 손실이 증가할 것으로 보인다(Cox and Cooper, 2001; Verdon et al., 2016). 또한 사회적인 압박과 긴장이 증가해서 정상적으로 체중이 증가

ADG*													
Drinking													
Feeding		r=0.48 p<0.01											
Inactive		r=-0.61 p<0.01	r=-0.43 p<0.01										
Agonistic	r=-0.33 p<0.05												
Locomotion		r=0.39 p=0.02		r=-0.85 p<0.01									
Pen exploration				r=-0.68 p<0.01		r=0.61 p<0.01							
Belly nosing													
Interaction with adjacent pen				r=-0.59 p<0.01		r=0.55 p<0.01	r=0.42 p<0.01						
Tail biting					r=0.35 p=0.03								
Elimination		r=0.43 p<0.01	r=0.68 p<0.01										
Other social								r=0.44 p<0.01					
Other				r=-0.48 p<0.01		r=0.44 p<0.01	r=0.58 p<0.01			r=0.39 p=0.01			
	ADG	Drinking	Feeding	Inactive	Agonistic	Locomotion	Pen exploration	Belly nosing	Interaction with adjacent pen	Tail biting	Elimination	Other social	Other

Fig. 5. Correlation between duration of time spent in different behaviors and body weights of weaned piglets.
*ADG: average daily gain.

하지 못할 것으로 판단된다(Hayne and Gonyou, 2006). 그러므로 합사 후 자돈의 적대행동을 감소시키는 것이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구 결과, 포유단계에서 사회화 경험이 있는 이유자돈의 경우 합사 후 활발한 움직임을 보이며 적대행동이 적은 것으로 나타났다. 또한 체중 역시 사회화 경험이 있는 이유자돈에서 증가폭이 컸다. 그러므로 이유자돈의 합사에 따른 적대행동 및 사회적 스트레스의 감소를 위해서는 포유기간 동안 자돈이 사회화 경험을 하는 것이 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다. 사회화 경험을 통한 스트레스 감소 뿐 아니라 설사 및 호흡기 질병의 감소 등 사육 환경의 조절을 통해서 이유자돈의 건강상태와 동물복지가 증가할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 요약

본 연구는 포유단계에서 사회화 경험이 다른 이유자돈

의 합사 후 행동과 체중이 차이를 보이는지를 파악하기 위해 실시되었다. 포유단계에서 사회화 경험이 없는 대조구와 사회화 경험이 있는 처리구로 나누었으며, 합사 후 합사 초기(합사 후 1일과 2일)와 합사 후기(합사 후 22일, 23일)의 4일 동안 비디오촬영을 통한 이유자돈의 행동 유형별 지속시간과 빈도를 분석하였다. 전체 실험 기간 동안 이유자돈의 개체유지행동은 움직이지 않는 미활동이 전체의 60% 이상으로 대부분을 차지하였다. 개체유지행동의 경우, 합사 초기에는 미활동과 이동, 탐색에서 대조구와 처리구 사에서 유의한 차이를 보였으며, 합사 후기에는 먹이 먹기가 차이를 나타내었다. 사회행동 중 적대행동과 옆 돈방의 자돈과의 상호행동은 처리구에 비해서 대조구에서 유의하게 높았다. 그러나 합사 후기에는 사회행동이 급격하게 감소하였으며, 대조구와 처리구 사이의 차이도 크지 않았다. 이유자돈의 체중의 변화와 유형별 행동사이의 관계를 분석한 결과, 자돈의 일당증체량과 적대행동 사이에는 부의 상관관계가 있었다. 본 연구를 통해서 사회화 경험이 있는 이유자돈의 경우 적대행동이 적고

일당증체량이 큰 것으로 나타났다.

사사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009971042018)의 지원에 의해 이루어진 것임.

V. 참고문헌

- Benson, G. J. and Rollin, B. E. 2004. *The Well-being of Farm Animals: Challenges and Solutions*. Blackwell Publishing, Ames, Iowa, U.S.A. p. 378.
- Broom, D. M. 2011. Animal welfare: concepts, study methods and indicators. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.* 24:306-321.
- Cox, L. N. and Cooper, J. J. 2001. Observations on the pre- and post-weaning behaviour of piglets reared in commercial indoor and outdoor environments. *Anim. Sci.* 72:75-86.
- D'Earth, R. B. 2005. Socializing piglets before weaning improves social hierarchy formation when pigs are co-mingled post-weaning. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93:199-211.
- Hayne, S. M. and Gonyou, H. W. 2006. Behavioural uniformity or diversity? effects on behavior and performance following regrouping in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 98:28-44.
- Hessel, E. F., Reiners, K. and Van den Weghe, H. F. A. 2006. Socializing piglets before weaning: effects on behavior of lactating sows, pre- and postweaning behavior, and performance of piglets. *J. Anim. Sci.* 84:2847-2855.
- Hill, J. D., McGlone, J. J., Fullwood, S. D. and Miller, M. F. 1998. Environmental enrichment influences on pig behavior, performance and meat quality. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 57:51-68.
- Hong, J. K., Kim, K. H., Hwang, H. S., Lee, J. K., Eom, T. K. and Rhim, S. J. 2017. Behaviors and body weight of suckling piglets in different social environments. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 30: 902-906.
- Hwang, H. S., Lee, J. K., Eom, T. K., Son, S. H., Hong, J. K., Kim, K. H. and Rhim, S. J. 2016. Behavioral characteristics of weaned piglets mixed in different groups. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 29:1060-1064.
- Jensen, P. 2002. *The Ethology of Domestic Animals: An Introductory Text*. CABI, Oxon, UK. p. 304.
- Kanaan, V. T., Lay, D. C., Richert, B. T. and Pajor, E. A. 2012. Increasing the frequency of co-mingling piglets during the lactation period alters the development of social behavior before and after weaning. *J. Appl. Anim. Wel. Sci.* 15:163-180.
- Kutzer, T., Bünger, B., Kjaer, J. B. and Schrader, L. 2009. Effects of early contact between non-littermate piglets and of the complexity of farrowing conditions on social behavior and weight gain. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 121:16-24.
- Li, Y. and Wang, L. 2011. Effects of previous housing system on agonistic behaviors of growing pigs at mixing. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 132:20-26.
- Oostindjer, M., van den Brand, H., Kemp, B. and Bolhuis, J. E. 2011. Effects of environmental enrichment and loose housing of lactating sows on piglet behavior before and after weaning. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 134:31-41.
- Rhim, S. J., Son, S. H., Hwang, H. S., Lee, J. K. and Hong, J. K. 2015. Effects of mixing on the aggressive behavior of commercially housed pigs. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 28:1038-1043.
- Skok, J. and Škorjanc, D. 2014. Fighting during suckling: Is it really an epiphenomenon? *Ethology* 120:627-632.
- Statham, P., Green, L., Bichard, M. and Mendl, M. 2011. A longitudinal study of the effects of providing straw at different stage of life on tail-biting and other behavior in commercially housed pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 134:100-104.
- Varley, M. and Wiseman, J. 2001. *The Weaner Pig: Nutrition and Management*. CABI, Oxford, U.K. p. 352.
- Verdon, M., Morrison, R. S. and Hemsworth, P. H.

2016. Rearing piglets in multi-litter group lactation systems: effects on piglet aggression and injuries post-weaning. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 183:35-41.

(Received 29 January 2018, Revised 14 March 2018, Accepted 20 March 2018)