

면역력 증강 및 생산성 극대화를 위한 돼지사양
관리체계 확립
(Development of Feeding System for Improving
Growth Performance and Immune Response in Pig)

돼지의 생산성 및 면역력 향상을 위한 사양관리
체계 확립
(Establishment of the Optimum Feeding and
Management System for Maximizing Growth Performance)

충북대학교

농림수산식품자료실



0017690

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “면역력 증강 및 생산성 극대화를 위한 돼지사양관리체계 확립”과
제의 최종보고서로 제출합니다.

2009 년 05 월 29 일

주관연구기관명 : 충북대학교
총괄연구책임자 : 정 정 수 교수
협동연구책임자 : 오 희 경 박사
연 구 원 : 김 유 용 교수
연 구 원 : 김 혜 림
연 구 원 : 신 민 수
연 구 원 : 정 성 회
연 구 원 : 김 원 영
연 구 원 : 정 현 규
연 구 원 : 고 은 영
연 구 원 : 용 홍 봉
연 구 원 : 김 영 해
연 구 원 : 장 성 권
연 구 원 : 허 필 승
연 구 원 : 강 경 원

요 약 문

I. 제목

면역력 증강 및 생산성 극대화를 위한 돼지사양관리체계 확립

II. 연구개발의 목적 및 필요성

현재 한국양돈은 고비용 분뇨처리, 사료가격 폭등 및 소모성 질병 등 세가지 큰 어려움에 처해 있다. 이를 극복하기 위한 수단으로 양돈 선진국의 사양관리 체계의 도입이 제시되고 있는데, 근거 없는 이론에 의해 혼란만 가중되고 가장 기본적이고 중요한 사양관리 방법이 시행되지 않고 있다. 현재 한국의 양돈성적은 매우 낮는데 한국은 연간 모돈 두당 출하두수가 13.8두이고, 프랑스 등의 유럽 국가는 22두에 이른다. 이런 차이의 가장 큰 원인은 이유 후의 자돈 폐사율에 있다. 밀사 등 나쁜 사육환경이 문제지만 돼지를 면역력이 높게 만들고, 우리 실정에 맞는 사양관리 체계를 확립하는 것이 시급하다. 따라서 본 연구는 면역력 증강을 위한, 그리고 성장단계별로 돼지의 생산성 극대화를 위한 사양관리 체계를 확립하고자 수행하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

아쉽게도 현재 국내에서는 모돈과 자돈의 사양프로그램에 관한 연구가 수행된 바가 없으며, 소모성질병의 만연과 잘못된 사양관리에서 기인한 높은 자돈의 폐사율로 인해 양돈 농가는 큰 어려움에 처해 있는 실정이다. 본 과제에서 돼지의 면역력 증강 및 생산성 극대화를 가능하게 할 사양관리 체계를 확립하려 한다. 대규모 사양실험과 실험실에서 혈액분석 등을 통해서 연구를 완료했다. 이를 위해서 분만형태 비교 ; 임신스틀과 평사 비교, 이유자돈의 사육시설 비교 : 고상식과 평사 비교, 입붙이기 사료 작성 급이시기 구명, 사육면적이 이유자돈의 성장능력 및 면역력에 미치는 영향, 환돈방 설치가 돼지의 생산성에 미치는 영향, 성장단계별 적정 돈군 흐름 구명, 모돈의 주간관리와 그룹관리 비교 등의 사양실험을 수행했다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 과제 중 1년차에는 생산성 극대화를 위한 모돈 분만시설 형태와 자돈의 사양관리체계에 따른 생산성을 비교함으로써 국내에 적합한 모돈 분만시설과 자돈의 면역력을 증강 할 수요는 사양시설을 검증 하고자 연구를 수행하였다. 우선, 분만틀과 평사 분만시설에 따른 모돈의 생산성에 미치는 영향을 살펴보면, 전체 포유기 동안 모돈 체중과 사료섭취량은 평사 처리구에서 분만틀 처리구에 비해서 높게 나타났다. 두 처리구간의 litter size와 모유 성분에는 차이가 없었다. 자돈의 폐사율은 평사처리구가

분만틀 처리구에 비해 두 배 이상 높게 나타났다. 본 연구를 통하여, 평사 분만시설의 경우 폐사율 상승 뿐만 아니라 두당 사육면적이 분만틀 면적보다 2배 상승하여 특히 우리나라의 경우 유리하지 않은 것으로 여겨진다. 국내 이유자돈 사육시설 중 고상식과 평사가 이유자돈의 성장능력과 면역력에 미치는 영향을 비교했다. 자돈기 3주에서 6주 동안 고상식 돈사 사육시설에서 사양한 자돈의 체중, 일당 증체량, 사료섭취량이 높게 나타났다. 설사 빈도를 살펴본 결과 고상식 돈사에서 자돈의 1주, 3주, 6주째 유의적으로 낮게 나타났다. 또한 고상식 돈사 시설에서 사육한 자돈은 면역능력 향상을 보여주었다. 입불이 사료 급여시기에 따른 자돈의 성장에 미치는 실험을 수행했는데 포유시기에 입불이 사료를 전혀 급여 하지 않은 자돈과 포유 기간 내 이유 14일 전에 입불이 사료를 급여한 이유 자돈의 성장능력은 차이가 없었다. 본 과제 1년차 연구에서 모든 생산성 향상을 위한 분만시설 형태에 따른 적정 사양모델 개발, 자돈의 면역력 향상을 위한 사육시설 및 입불이사료 적정 급여 시기 확립을 통해 돼지의 생산성을 극대화 시킬 수 있는 사양관리체계를 규명하였다고 사료한다.

본 연구과제 2년차에서는 국내에서 법적으로 제정된 자돈 두당 적정 사육면적 0.3m^2 을 기준으로 사육면적을 달리하여 자돈의 면역력과 성장능력에 미치는 효과를 알아보았다. 자돈기 2주 동안, 두당 사육면적이 0.43, 0.31, 0.27, 0.21m^2 으로 감소할수록 일당증체량은 229, 228, 211 그리고 199 g/d로 linear 하게 감소하게 나타났다. 자돈기 2주째 자돈 두당 사육면적에 의해 혈청 내 IL-1 β 농도에는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 4주째에는 두당 사육면적이 감소할수록 혈청 내 IL-1 β 농도는 linear하게 증가하였다. 또한 자돈기 4주째 두당 사육면적이 감소할수록 혈청 내 cortisol 함량은 linear한 증가를 보여주었다. 국내에서 법적으로 권장하고 있는 자돈 두당 적정 사육밀도 0.3m^2 사육은 자돈의 면역력 향상을 유도하여 성장능력을 개선할 수 있다고 생각된다. 환돈의 행동 생리 연구를 통해 환돈으로 인한 경제적 손실을 최소화할 수 있으며 치료용 항생제 사용 절감을 통한 안전 축산물 생산을 검증하고자 환돈방 설치 유무에 따른 자돈의 면역력과 성장능력에 미치는 연구를 수행하였다. 환돈방 설치에 의해 정상돈과 환돈의 성장능력 개선에 직접적인 영향을 보이지는 않았다. 육성 비육기 성장단계별 돈사의 흐름에 따라 돈군의 합사 여부가 돼지 성장을 개선 및 안전돈육 생산에 미치는 영향을 비교하고자 수행하였다. 처리구는 1-site와 2-site 였는데 1-site는 체중 28.89kg 돼지를 0.9m^2 /마리 크기의 돈사에서 육성, 비육 전기간 사양했고, 2-site는 육성기는 0.7m^2 /마리, 비육기는 0.9m^2 /마리 돈사에서 사육했다. 육성기 동안의 일당증체량은 1-site 처리구에서 2-site 처리구에 비해 유의적으로 높았으며, 비육기 종료시에도 1-site 처리구의 일당증체량이 2-site 처리구에 비해 유의적으로 높은 결과를 보였다. 일당사료섭취량은 육성기 동안 1-site 처리구는 2-site 처리구에 비해 유의적으로 높았고, 비육기에서도 유사한 결과를 보였다. Serum cortisol 농도는 육성기 종료 시점인인 6 주차에서 두 처리구 간 고도의 유의적 차이가 나타났다. 그룹관리와 주간관리 시스템을 비교했는데 그룹관리가 주간관리에 비해 우수하였다. 특히 올인-올아웃 시스템을 최대한 활용해서 질병발생을 줄일 수 있고 농장내의 노동력을 집약적으로 이용하고, 일정기간 동안 휴무를 할 수 있는 이점이 있다. 그룹

관리 중에서도 3주간 그룹관리가 2,5,7주간 그룹관리에 비해 모돈의 번식생리 활용 및 관리자의 작업효율면에서 우수하였다. 본 실험을 통해 육성 · 비육기 사이의 돈군의 이동은 환경 변화에 의한 스트레스로 돼지 성장에 부정적으로 영향을 줄 수 있는 것으로 사료된다. 본 과제 2년차 연구에서는 자돈의 면역력 증강을 위한 돈사 사육면적 검증, 환돈방 설치유무에 따른 정상돈과 환돈의 면역력 비교 및 성장단계별 돈군의 흐름에 따라 안전돈육 생산에 대한 검증 및 그룹관리와 주관관리 시스템 비교를 통해서 효율적이고 체계적인 사양관리시스템을 규명 할 수 있었다고 사료한다.

본 연구 결과가 대한양돈협회 및 전국양돈조합을 통해서 양돈농민에게 알려지고 시행되어 양돈농민의 수입증대에 기여할 수 있기를 바란다.

SUMMARY

I. Title

Development of pig feeding and management system to enhance immune response and growth performance of pigs

II. Background and Objective

Currently Korean pig industries are facing three difficulties ; high price for pig manure removal, elevated feed price and wasting diseases. Adoption of advanced feeding systems from some European countries is considered to overcome these difficulties. But some of the feeding systems were not based on solid sciences, and the basic and important knowledges on pig feeding system have not been practised in the Korean pig farms. The current performance of Korean pig farms is very low. The average MSY of Korean pig farms are only 13.6 compared to 22 of some European countries. The major reason for this difference seems to be due to high mortality of weaned pigs. The high density of pig housing is contributing to high mortality, however we need to enhance immune response in weaned pigs and to establish the feeding system which will be optimum for the current Korean pig farms. The current study was undertaken to establish the feeding system which will enhance the immune response of weaned pigs and to maximize growth performance of pigs.

III. Research Scope

There has been no study in Korea which investigated the optimal feeding programs for both reproductive sows and weaned pigs. Korean pig farmers are currently suffering from the high mortality of weaned pigs caused by the chronic wasting diseases and incorrect feeding system. In the current study we aim at establishing the feeding system to enhance the immune response and to maximize growth performance. To accomplish this objective we have completed the following experiments : comparison of farrowing crate and open pen to study sow and piglet performance, comparison of elevated pen and floor-slotted pen to study the weaned pigs performance, determination of an optimum time for creep feeding, determination of an optimum housing space for weaned pigs, the effect of separate housing for sick pigs, study on the optimum pig flow to improve pig performance, and comparison of weekly and batch management system.

IV. Research results

In the first year study we tried to determine the optimum housing facility for reproductive females and growing pigs. First of all, the farrowing cate and the floor-slotted pen were compared for the better sow performance. Average daily gain and feed intake were higher in the floor-slotted pen than the farrowing cate system. There was no difference in the litter size and milk composition between two systems. Mortality rate was higher in the floor-slotted pen. The floor-slotted pen required more floor space than the farrowing orate system. Then we compared the elevated pen and the floor-slotted pen for the growth and immune respense of weaning pigs. The elevated pen showed the higher growth rate and feed intake during the 3rd to 6th week after weaning. Diarrhea occurrence was found to be lower in the elevated pen system. Immune response was enhanced in the elevated pen system. Our third study was to determine the optimum time for feeding "creep feed" to the piglets. The first group did not receive any creep feed, and the second group were fed from the third week of age. There was no difference between in the piglet growth between two treatments.

In the second year study we first carried out a study to determine the optimum floor space for the weaned pigs(The current Korean standard is 0.3m^2 per piglet). When the floor space was 0.43, 0.31, 0.27 and $0.21\text{m}^2/\text{piglet}$, ADG of the pigs were 229, 228, 211 and 199g, respectively. The concentration of the blood IL- $\text{I}\beta$ and cortisol was increased with the decrease of the floor space at the four week after weaning. The results indicate that the current standard $0.3\text{m}^2/\text{piglet}$ is optimal. Then we studied the advantage of having the separate pen for the sick pigs. No major advantage was found. The optimal floor space for the growing and finishing pigs was studied with two treatments: 1-site and 2-site. Pigs in the 1-site were raised in the 0.9m^2 floor space/pig during both growing and finishing period, and pigs in the 2-site were raised in the $0.7\text{m}^2/\text{pig}$ during the growing period and moved to the $0.9\text{m}^2/\text{pig}$ for the finishing period. The growth rate of 1-site pigs was higher than that of 2-site pigs during growing and finishing periods. The feed intake was also higher in the 1-site pigs. There was a significant difference in the serum cortisol concentration between two treatments. Lastly we compared weekly and batch management system. We concluded that the batch system is better as the disease occurrence is lower and the labor forces is used more efficiently in the batch system. We also concluded that the 3-week batch system is better than the 2, 5 or 7/week batch system.

We suggest that the results of our studies will widely be adopted by Korean swine farmers for their maximum profit from pig farming.

CONTENTS

1. Introduction of The Research	11
1) The Needs and Aims of The Research.....	11
a. The Aims of The Research.....	11
b. The Needs of The Research.....	12
2. The Internal and External Research Status.....	14
1) The Internal Research Status.....	14
2) The External Research Status.....	16
3. Experiments and Results of the Research.....	21
1) Study on the optimum farrowing facility for reproducing sows and piglets·	21
a. Introduction.....	21
b. Materials and Methods.....	23
c. Results and Discussion.....	27
2) Study on the optimum housing facility for the weaned pigs.....	44
a. Introduction.....	44
b. Materials and Methods.....	46
c. Results and Discussion.....	50
3) Study on the optimum time for feeding creep-feed.....	62
a. Introduction.....	62
b. Materials and Methods.....	63
c. Results and Discussion.....	64
4) Determination of the optimum floor space for the weaned pigs	70
a. Introduction.....	70
b. Materials and Methods.....	70
c. Results and Discussion.....	72
5) Study on the effect of having the separate pen for sick pigs.....	78
a. Introduction.....	78

b. Materials and Methods.....	79
c. Results and Discussion.....	81
6) Study on the optimum floor space for growing and finishing pigs	86
a. Introduction.....	86
b. Results	87
c. Discussion.....	89
7) Comparison of the weekly and batch management system.....	96
a. Introduction.....	96
b. Results	96
c. Discussion.....	109
4. The Accomplishment and Contribution of the Research.....	110
5. Planned Use of the Research.....	118
6. Collection of Related Foreign Science Technology about the Research.....	120
7. Reference.....	123

목 차

제 1 장 연구 개발 과제의 개요.....	11
제 1 절 연구 개발의 목적 및 필요성.....	11
1. 연구개발의 목적.....	11
2. 연구 개발의 필요성.....	12
제 2 장 국내외 기술개발 현황.....	14
제 1 절 국내 연구 현황.....	14
제 2 절 국외 연구 현황.....	16
제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과.....	21
제 1 절 모든 생산성 향상을 위한 분만시설 형태에 따른 적정 사양모델 개발.....	21
1. 서 론.....	21
2. 실험 방법 및 재료.....	23
3. 연구 결과 및 고찰.....	27
제 2 절 생산성 향상을 위한 이유자돈 사육시설에 따른 성장 비교 검증.....	44
1. 서 론.....	44
2. 실험 방법 및 재료.....	46
3. 연구 결과 및 고찰.....	50
제 3 절 입불이 사료적정 급이 시기에 관한 연구	62
1. 서 론.....	62
2. 실험 방법 및 재료.....	63
3. 연구 결과 및 고찰.....	64
제 4 절 이유자돈에 있어 사육면적이 성장 능력 및 면역력에 미치는 영향	70
1. 서 론.....	70
2. 실험 방법 및 재료.....	70
3. 연구 결과 및 고찰.....	72
제 5 절 환돈방 설치 유무에 따른 환돈의 행동 생리에 대한 연구.....	78

1. 서 론.....	78
2. 실험 방법 및 재료.....	79
3. 연구 결과 및 고찰.....	81
제 6 절 성장단계별 돈군의 흐름에 따라 돼지의 성장능력 및 안전돈육 생산 기여에 대한 연구	86
1. 서 론.....	86
2. 실험 방법 및 재료.....	87
3. 연구 결과 및 고찰.....	89
제 7 절 모든의 주간관리와 그룹관리 비교.....	96
1. 서 론.....	96
2. 본 론.....	96
3. 결 론.....	109
제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도.....	110
제 5 장 연구 개발 결과의 활용 계획.....	118
제 6 장 연구 개발 과정에서 수집한 해외 과학기술정보.....	120
제 7 장 참고 문헌.....	123

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구 개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

현재 국내 양돈 산업은 미국과 EU 국가와의 FTA 협상 타결로 인한 수입육의 개방과 매년 증가 되는 자돈의 폐사율로 어려움을 겪고 있다. 돼지의 사육두수에 반해 돼지의 도축 두수(출하 두수)가 감소하는 이상 현상으로 현재 국내 돼지값은 매우 높은 실정이다. 이와 같은 현상이 발생하는 주된 이유는 자돈기의 높은 폐사율에 있다. 현재 우리나라 양돈산업의 실태를 살펴보면 외국에 비해 모든 연산성이 떨어져 모든 사양관리가 낙후되어 있는 실정이며, 불량한 사육환경과 부적절한 사양관리로 인한 낮은 생산성과 이로 인하여 돼지 소모성 질환 발생으로 이유 후 폐사율이 40-50% 달하고 있다. 이를 현명하게 대처하기 위해서는 양돈 농가의 생산성 향상이라고 할 수 있겠다. 그러나 많은 양돈 농가의 노력에도 불구하고 양돈 농가의 생산성이 향상되지 못하고 도산 위기에 처해있는 등 많은 어려움을 호소하고 있는 실정이다. 돼지의 생산성 향상을 위해 다양한 연구결과가 보고되고 있지만, 과학적인 검증을 통한 사양관리체계에 대한 연구는 미비하다. 따라서 정부와 학계, 산업계 및 양축 농가에서는 돼지의 생산성 증대를 하기 위해 다양한 연구와 노력이 이루어지고 있다. 특히, 생산성 향상을 위한 모든 번식기술력 적용과 사육단계별 기본관리로 자돈 면역능력이 증가와 위축돈에서 폐사로 이어지는 소모성질환 감염으로 인한 감소를 최소화하는 것이 중요하다.

우선 외국 양돈농가와 달리 우리나라의 경우 토지 면적의 부족으로 인하여 외국 양돈 농가와 같이 큰 규모의 대규모 사육을 할 수 없는 실정이다. 이로 인하여 자연히 한정된 공간에 많은 두수를 키우게 되어 생산성 저하라는 결과를 가지고 왔으며, 소비자와 쉽게 접할 수 있는 도시근교의 축산농가에 있어서는 돼지 사육 밀도가 높아 만성호흡기 질병 등 고질적인 악성질환이 발생하고 있는 실정이다. 단순히 생각하면 밀사하여 많은 두수를 길러 내보내는 것이 경제적으로 높아 보이나 실제로는 양돈 산업의 가격경쟁력을 저하시키는 결과를 초래한다. 더욱이, 소모성 질환의 만연과 잘못된 사양관리에서 기인한 높은 자돈의 폐사율로 인해 돈육의 가격마저 상승되어 흑자를 기록하는 양돈농가는 그리 많지 않은 실정이다. 따라서, 우리나라의 양돈 산업 특성에 적합한 임신모돈 및 자돈 사료사양프로그램의 개발은 우리나라 농업의 축을 담당하고 있는 양돈산업의 발달을 위해 우선적으로 연구되어야 할 핵심과제이며, 안정적인 자돈 수급을 통한 돈육 가격 안정과 함께 국제 경쟁력을 갖추는 필수조건이라 할 수 있다.

현재 국내 돼지 사육시설은 좁은 면적에서 많은 돼지를 사육하는 과밀 사육으로 인한 질병감염을 막기 위해 양돈사료에 과량의 항생제를 첨가하고 있는 실정으로 안전

돈육을 생산하기 위해선 친환경적인 돼지 사양관리 시스템 확립을 하기 위해 국내 이
유자돈 사육시설인 고상식과 평사 시설 및 사육밀도에 의한 자돈의 성장률과 면역력
향상에 미치는 영향에 대한 연구는 부족하다. 또한 환돈으로 인한 질병 감염을 최소
화하기 위해 환돈방 설치로 정상돈과 환돈의 면역력과 성장능력에 대한 효과를 검증
함으로써 자돈의 폐사율을 줄이고 더 나아가서는 치료용 항생제 남용을 줄일 수 있어
안전돈육을 생산할 수 있을 사양관리체계로 중요하다고 사료된다.

또한, 국내에서는 모돈의 생산성 향상과 포유자돈의 폐사율 감소를 위한 사양관리
체계에 대한 연구가 미비한 상황이므로, 모돈의 사양관리 기술에 더욱 세심하고 전문
적인 기술 확립을 위해 많은 연구가 이루어 져야 한다고 사료된다. 따라서, 본 과제를
통해 모돈 동물복지차원에서 시도되고 있는 평사 분만시설에 따른 모돈 생산성과 자
돈의 압사에 미치는 효과를 검증하고자 한다. 더욱이, 입불이 사료 급여 효과에 대한
과학적인 검증 없이 사료업체에서 제시하고 있는 사양프로그램으로 인해 양돈농가에
서는 고가의 입불이사료 급여로 경제적 이익에 손해를 줄 수 있게 되므로 본 과제에
서는 적정 입불이사료 급여 시기와 입불이사료 급여로 인한 이유자돈의 성장률에 미
치는 효과를 검증하고자 하였다.

따라서, 본 연구에서는 항생제 절감을 위한 사양관리 체계를 확립하고, 이를 통해
돼지의 면역력 향상을 검증하며, 돼지의 생산성 증대를 위해 친환경적 사양관리체계
를 개발하는 데에 그 목적이 있다. 이를 통해 성장별 사양관리에 따른 효과를 검증
하여 올바른 사양관리 지표를 마련하고자 하며, 더 나아가서는 질병 예방 및 생산성
향상의 결과를 창출해 낼 것이다.

2. 연구개발의 필요성

현재 우리나라 양돈산업의 실태를 살펴보면 외국에 비해 모돈 연산성이 떨어져 모
돈 사양관리가 낙후되어 있는 실정이며, 불량한 사육환경과 부적절한 사양관리로 인
한 낮은 생산성과 이로 인하여 돼지 소모성 질환 발생으로 이유 후 폐사율이 40-50%
달하고 있다. 이를 현명하게 대처하기 위해서는 양돈 농가의 생산성 향상이라고 할
수 있겠다. 그러나 많은 양돈 농가의 노력에도 불구하고 양돈 농가의 생산성이 향상
되지 못하고 도산 위기에 처해있는 등 많은 어려움을 호소하고 있는 실정이다. 이러
한 이유에는 확실하게 검증이 되지 않은 컨설턴트의 난립으로 인하여 양돈 농가에서
정확한 사양체계가 이루어지고 있지 않고 있으며, 우리나라 현실에 맞지 않는 외국의
양돈 사양관리 시스템을 생산성이 향상된다는 결과만으로 무조건 받아들여 생산성 향
상을 기대하지도 못하고 많은 양돈 농가가 도산하는 어려운 현실에 처해있다. 이미
진행되고 있는 FTA에 직면하여 우리나라 양돈 산업이 경쟁력을 가지고 살아남기 위
해서는 많은 노력이 필요하지만 가장 중요한 것은 양돈 농가의 생산성 향상이 가장
중요한 과제라고 할 수가 있다. 양돈 생산성 향상은 농가의 사양관리와 가장 밀접한
관계를 맺고 있으며, 사양관리 체계가 뒷받침 되어야 양돈 농가의 생산성 향상을 기
대할 수 있을 것이다. 이를 위해서 많은 부분에서 생산성 향상이라는 목표로 많은 연

구과 실험이 진행되고 있고 적합한 사양관리 체계 확립을 밝혀내기 위해 다각도로 노력을 하고 있는 실정이다. 이러한 사양관리 체계 확립을 위해 현재 우리나라 일반 양돈 농가에서 진행되고 있는 사양관리 체계를 살펴보고 생산성 향상에 가장 도움이 될 수 있는 사양체계 확립이 중요하다고 할 수 있을 것이다.

한편, 외국에서 사용되고 있는 사양관리체계의 무분별한 시도로 돼지의 생산성은 오히려 더 감소되었으며, 질병 치료 목적으로 항생제 첨가는 더 증가되어 근본적으로 질병을 예방하며 돼지의 면역력을 증강시킬 수 있는 사양관리체계 확립에 대한 연구가 필요하리라 사료된다. 따라서, 돼지사료에 항생제 사용을 최소화 할 수 있는 돼지의 사양관리기술을 개발함으로써 친환경적 돼지 생산을 위한 연구가 필요 한다고 사료한다. 본 연구를 통해 현재 국내·외에서 사용되고 대표적인 사양관리 시스템 검증과 비교연구를 통하여 실제로 우리나라 실정에 맞고, 축산 농가에서 사용할 수 있는 제성과 생산성을 향상하는 사양관리 체계 검증 및 개발을 하고자 하였다.

또한 축산식품안전에 대한 소비자 관심증대로 가축사료에 항생제 사용규제가 실행됨에 따라 자돈의 폐사율이 증가되고, 무항생제 사료급여시 돼지출하일령 증가, 치료용 항생제 사용량이 증가되는 등의 부작용이 나타나고 있다. 이러한 문제의 개선과 더불어 정부와 학계 그리고 업계에서는 질병 발생의 감소와 설사 예방 등을 위한 항생제 대체제의 개발 및 이유자돈의 건강 상태와 면역상태 등을 가늠할 수 있는 다양한 기법의 개발에 힘을 기울이고 있으나, 대안을 제시하지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서 친환경적 사양관리프로그램 확립을 통해 돼지 스트레스 및 질병, 폐사 등 감소로 사료에 항생제 첨가를 궁극적으로 억제할 수 있으며 이를 통해 소비자들이 요구하는 친환경축산물에 대한 요구를 충족할 수 있을 것으로 사료된다. 질병 발생 빈도와 자돈의 폐사율을 낮출 수 있는 근본적인 대책을 제시하며, 나아가 우리나라 양돈 산업의 생산성 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

최근 돼지가격 폭락, 사육두수 및 수입산 돼지고기 증가, 소비 감소 등의 이유로 양돈 산업이 위기를 맞고 있다. 미국, 유럽과의 FTA 체결로 인하여 우리나라 양돈 산업이 큰 위기에 직면해 있는 것이 현실이다. 현재 우리나라 양돈산업의 실태를 살펴보면 외국에 비해 모든 연산성이 떨어져 모든 사양관리가 낙후되어 있는 실정이며, 불량한 사육환경과 부적절한 사양관리로 인한 낮은 생산성과 이로 인하여 돼지 소모성 질환 발생으로 이유 후 폐사율이 40-50% 달하고 있다. 이를 현명하게 대처하기 위해서는 양돈 농가의 생산성 향상이라고 할 수 있겠다. 그러나 많은 양돈 농가의 노력에도 불구하고 양돈 농가의 생산성이 향상되지 못하고 도산 위기에 처해있는 등 많은 어려움을 호소하고 있는 실정이다. 이러한 이유에는 확실하게 검증이 되지 않은 컨설턴트의 난립으로 인하여 양돈 농가에서 정확한 사양체계가 이루어지고 있지 않고 있으며, 우리나라 현실에 맞지 않는 외국의 양돈 사양관리 시스템을 생산성이 향상된다는 결과만으로 무조건 받아들여 생산성 향상을 기대하지도 못하고 많은 양돈 농가가 도산하는 어려운 현실에 처해있다. 이미 진행되고 있는 FTA에 직면하여 우리나라 양돈 산업이 경쟁력을 가지고 살아남기 위해서는 많은 노력이 필요하지만 가장 중요한 것은 양돈 농가의 생산성 향상이 가장 중요한 과제라고 할 수가 있다. 양돈 생산성 향상은 농가의 사양관리와 가장 밀접한 관계를 맺고 있으며, 사양관리 체계가 뒷받침되어야 양돈 농가의 생산성 향상을 기대할 수 있을 것이다. 이를 위해서 많은 부분에서 생산성 향상이라는 목표로 많은 연구와 실험이 진행되고 있고 적합한 사양관리 체계 확립을 밝혀내기 위해 다각도로 노력을 하고 있는 실정이다. 이러한 사양관리 체계 확립을 위해 현재 우리나라 일반 양돈 농가에서 진행되고 있는 사양관리 체계를 살펴보고 생산성 향상에 가장 도움이 될 수 있는 사양체계 확립이 중요하다고 할 수 있을 것이다. 본 연구를 통해 현재 국내·외에서 사용되고 대표적인 사양관리 시스템 검증과 비교연구를 통하여 실제로 우리나라 실정에 맞고, 양돈 농가에서 사용할 수 있는 경제성과 생산성을 향상하는 사양관리 체계 검증 및 개발을 하고자 본 연구가 실시되었다.

제 1 절 국내연구 현황

국내 양돈 산업의 가격경쟁력은 선진국에 비해 크게 열세라는 점은 부인할 수 없는 현실이다. 이러한 상황에서 모든 사육두수는 감소되지 않았으나 출하두수는 점차 줄어들고 있는 것이 우리나라 돼지고기 생산의 현주소이다.

농림부 조사보고서에 따르면, 2000년 이후로 MSY(연간모돈 연산성)은 매년 감소하고 있고, 돼지 폐사 두수는 2002년 162만3천두, 2003년 174만1천두, 2004년 194만4천두, 2005년 222만두로 매년 가파른 증가세를 보여 폐사로 인한 생산성 저하가 더욱 우려되는 상황이다. 따라서 국내 지속 가능한 양돈산업을 위해서는 양돈농가에서 생

산성 향상 통한 경쟁력 확보와 고품질의 안전성이 확보된 돼지고기 생산 및 친환경산업화를 위한 사양관리체계의 확립으로 생산성을 회복하고 고품질의 차별화된 돈육 생산과 생산기반을 유지 확대시키는데 초점이 맞춰져야 할 것이며 국내에서 적용하고 있는 사양체계에 대한 연구는 아직 미비하지만 살펴보면 다음과 같다.

첫째, All in-All out system은 한 무리의 돼지들이 다음 단계로 옮겨질 때, 전 단계의 돼지들이 들어오기 전에 한 마리도 빠짐없이 비우는 것이다. 다음 무리가 들어오기 전에 시설물을 비우고, 나가는 돈군에서 남긴 병원균을 모두 없애기 위해 농장에서는 그 시설물을 깨끗이 청소하고, 소독, 살균하는 시스템이다. 즉 관리단위의 위생상태를 균일하게 유지함으로써 또한 개체관리보다는 그룹관리를 함으로써 생산성을 높이는 것이다. 이는 돈군의 이동과 세척이나 소독을 위한 노동의 필요, 각 관리단위가 질병에 대하여 역학적으로 독립되도록 하지 않는 한 질병의 차단에 큰 효과를 얻지 못하는 것, 추가 시설비 부담 등의 단점들이 있다. 하지만 이 시스템을 잘 운영하면 철저한 단계 간 환경 단절로 인해 질병이 전파될 가능성이 크게 줄어드는 이점이 있다. 이는 결과적으로 사료비와 약품비가 가장 많이 드는 자돈과 육성돈 단계에서의 돼지 폐사율 및 질병 발생률을 크게 낮출 수 있어 최종 생산성과 수익성 증가에 직접적 영향을 끼치게 된다. 예를 들어 비육돈사를 종래와 다른 방식인 All in-All out system으로 변경할 경우 다음과 같은 결과를 기대할 수 있다.

표1. All in-All out system이 비육성적에 미치는 영향

구 분	일반 system	All in-All out system	차 이
1일 증체량(g)	675	710	+35
사료 요구율	3.06	2.94	-0.12

이밖에 All in-All out system의 긍정적 영향들로는 위생의 향상, 단계별 사료 급여의 용이함, 정확한 생산기록 및 정확한 투약 가능, 효과적인 노동의 활용, 성장률의 증가, 사료 요구율의 개선 등이 있다. All in-All out은 돈방별, 돈사별, 장소(농장)별로 시행할 수 있다. 한 단계 올라갈수록 질병 예방 효과는 개선된다. 왜냐하면 각기 다른 일령, 그리고 다른 건강상태끼리 돼지의 직접 접촉이 개선되기 때문이다. 돈방별로의 All in-All out은 가치가 적다. 그 이유는 일령이 어린 돼지가 동일한 공기 공간을 공유하여 질병이 쉽게 전파되기 때문이다. 돈사별 All in-All out은 더욱 효과적이다. 위생의 안전성은 건물의 하나가 총체적으로 All in-All out으로 운영될 때 엄청나게 개선된다. 한 사육 장소에 많은 건물이 없고, 일령이 넓게 분포하지 않는다면 한 그룹으로부터 다음 그룹으로의 질병 전파 위험은 크게 감소된다. 그러므로 돼지 및 사람의 왕래가 통제될 수 있다면 유일한 큰 위험성은 공기 전파이므로 일령이 다른 돼지들이 동일한 공기 공간을 공유하지 않도록 예방하는 것이 중요하다. 그룹간의 호흡기 질병의 공기 전파는 All in-All out 스케줄이 아무리 엄격하고 그룹 간 위생상태가 아무리 좋아도 결국 All in-All out의 이점을 감소시키기 때문이다

둘째, 우리나라의 사양관리 체계를 살펴보면 외국의 그룹별 Batch system에 비해 주간 단위 사양관리 체계법이 많이 적용되고 있다. 양돈장의 주간관리기법은 90년대 초반에 도입된 사양관리기법으로 돼지 생리 주기를 이용, 요일별 관리로 생산성 향상은 물론 업무의 효율성을 제고하는 방식이다. 예를 들어 개략적으로 말하자면, '목'요일에 이유를 시키면 정상돈은 5일 후인 '화'요일에 가장 많이 교배가 들어가고, '화'요일 교배시킨 모돈은 임신기간이 114일(16주+2일)이므로 주로 '목'요일에 분만을 한다. 이 돼지는 대개 3주 후인 '목'요일에 다시 이유를 하게 되는 과정을 되풀이함으로써 체계적이고 집중적으로 주간관리가 가능하고 업무의 효율성을 제고할 수 있다. 이들의 주간단위 사양관리는 번식 모돈과 체중 30kg내외 육성자돈 생산시 분만 및 관리를 1주일 단위로 묶어 관리토록 하는 사양기술이다. 주간단위 사양관리를 실시하면 질병 교차 감염의 최소화, 작업의 효율성 증대 및 최소 1주일에 1일(토요일이나 일요일)의 휴무화로 직원들의 생활수준 향상에 기여할 수 있다. 하지만 문제점은 우리나라 농가의 대부분이 제대로 주간관리가 이루어지고 있지 않다는 점이다. 주간관리가 요구되는 조건은 전산기록 도입이 가장 중요하다. 각종 기록을 통한 항목별 분석을 통해 문제점을 개선하고, 타 농장의 사례를 벤치마킹하여 내 농장에 접목시킴으로써 생산성을 향상시킬 수 있다. 현대 양돈에서의 기록은 단순히 성적향상 뿐만 아니라 생산계획을 작성하고, 출하두수 예측을 통해 자금의 흐름을 파악하는 기본 자료가 되기 때문에 어떤 사양관리보다도 중요하게 인지되고 있다. 이는 각종 기록을 토대로 지속적으로 문제점을 분석하고 개선함으로써 성적의 향상을 기대할 수 있다. 물론 양돈경력이나 인력구조, 시설 등 여러 가지 요인에 따라 변수는 작용할 수 있다. 하지만 기록을 지속적으로 유지한 농가가 자료를 통한 원인분석 방법이나 문제점 해결 방법 등을 보다 유용하게 사용하고 있기 때문에 생산성을 향상시키는 원동력이 될 수가 있다. 하지만 우리 양돈 농가의 실태를 살펴보면 주간 관리를 실시하고 있으나 분만성적, 성장 성적, 폐사율 등 개인의 농가의 정확한 생산현황을 알 수 없는 것이 현실이며, 원인을 찾지 못한 채 생산성 저하에 대한 걱정만 하고 있는 것이 현실이다.

셋째로, 입불이사료를 살펴보면, 포유자돈의 이유 전에 시행되는 입불이 사료 급여 시기는 많은 농장에서 포유 기간중에 입불이 사료를 너무 이른 시기에 많은 양의 입불이 사료 급여하고 있다. 그 중 사료를 너무 많이 섭취하면 모돈의 젖 생산량이 저하되어 모돈의 과비를 가져와 다음 산차 번식성적에도 영향을 미치게 되므로 조기 입불이 사료를 급여하면 허실로 인한 경제적 손해도 가져오고 있다.

제 2 절 국외 연구 현황

최근 사양기술의 발달로 인해 양돈 농가의 대규모화 , 집약화로 변하고 있는 추세와 함께 사양관리 체계에 있어서도 생산성 향상이라는 목표로 다양한 변화가 시도되고 있으나, 이에 맞는 적절한 사양관리 체계 확립이 절실한 상황이다.

국내 양돈업은 양돈선지국인 유럽의 여러 나라와 약 10년 정도의 차이를 보이고 있으

며 외국의 모돈, 자돈 및 생산성을 위한 사양관리 기술에 대해 살펴보고자 한다. 양돈 선진국으로 알려진 덴마크보다 실제로 양돈 생산성이 훨씬 높은 프랑스의 경우 양돈 산업의 경쟁력확보를 위해 범 국가차원에서 대학, INRA연구소 및 정부기관이 지난 20년간 꾸준히 노력한 결과 양돈산업의 생산성지표인 PSY가 28두에 도달하고 있다. 첫째, EU 동물건강과 소비자보호 이사회의 동물건강 및 동물복지 과학위원회 (Scientific Committee on Animal Health and Animal welfare)에서 축종별로 동물복지 규정을 제정하여, 2003년부터 신규로 축산업을 하거나 신축 또는 개축하는 축사에 대해 동물복지 기준에 맞는 시설을 갖추도록 하였으며, 2013년 부터는 유럽의 전체 양축농가에 대해 동물복지형 환경기준에 맞추도록 하는 동물복지법을 시행하고 있다. 영국은 자유 식품인증제 (Freedom Food Scheme), 미국은 자유 사육인증제 (Free Farmed Program)를 통하여 동물복지 인증제를 실시하고 있다. 특히 영국의 FAWC (The Farm Animal Welfare Council, 1979)에서는 동물복지에 대한 자문을 하고 있으며, 1993년에는 동물복지를 위한 5가지 자유 (표 1)를 제시하여 EU의 동물복지 정책의 근간이 되기도 하였다. 둘째, 분만틀은 수유 후, 모돈이 잠시 일어서거나 앉았을 때 포유자돈들이 모돈의 다리사이로 진입하지 못하도록 하여 포유자돈이 모돈에 깔려 압사되는 것을 방지 하기 위해 사용하였다 (John J McGlone, 1990). 이를 통해 포유자돈 사망율을 감소시켜 수익증대를 꾀할 수 있게 되었으나, 분만틀은 모돈이 일어서고 누울 수 있는 공간이 전부이며, 그 외의 행동, 즉 방향을 바꾼다든지, 돌아다닌다든지 등의 행동은 불가능 하여 동물 복지 단체들로부터 모돈의 분만틀이 비윤리적인 생산 도구라고 하여 많은 저항을 받아왔다. 이와 같은 시스템은 연간 모돈의 회전율을 극대화시키기 위한 방법으로 사용되어 왔고, 동물 복지의 측면은 거의 고려되지 않는 것이다. 따라서, 분만틀 사용을 줄이면서 모돈의 분만시의 스트레스를 최소화하고 생산성을 증가하고자 하는 방안들이 연구되어지고 있으며, 그 방안들이 사용되고 있다.

셋째, 유럽에서는 모돈 그룹별 Batch system이 널리 이용되고 있다고 보고하였다. 3주마다 분만을 하는 Batch system이 널리 이용되고 있지만 2, 4, 5주 단위 사육방식도 증가하고 있다. 대규모 그룹 모돈 관리의 장점으로는 농장의 낮은 질병 감염위험 감소는 Batch 사이에서 정확하게 돈사를 청소할 수 있게 되어 질병에 대한 위험성을 감소하기 때문이다. 또한, 각 그룹을 각 개체와 같이 다루면 백신투여나 유사한 작업들을 보다 효율적으로 할 수 있고, 교배와 분만단계에서 자원의 집중으로부터 돈사시설에 대한 성적도 높고 자돈 폐사율도 낮출 수 있다.

표 2. 동물복지를 위한 5가지 자유

항목	주요내용
1. 배고픔과 갈증으로부터의 자유 (Freedom from hunger, thirst and malnutrition)	충분한 건강과 활력을 유지할 수 있도록 신선한 물과 먹이에 쉽게 접근하고 충분한 영양을 유지 (providing ready access to fresh water, a diet to maintain full health and vigor)
2. 불편함으로부터의 자유 (Freedom from physical and thermal discomfort)	피난처와 안락한 휴식장소를 포함한 적절한 환경유지 (providing a suitable environment including shade, shelter and a comfortable resting area)
3. 통증, 부상, 질병으로부터의 자유 (Freedom from pain, injury and disease)	질병 예방 및 신속한 진단과 치료 (providing and rapidly diagnosing and treating disease and injury)
4. 정상적인 행동 표현의 자유 (Freedom to express normal behavior)	충분한 공간, 적절한 시설, 그리고 동료들과 어울림 유지 (satisfying minimal spatial and territorial requirements including a visual field, personal space and company of the animal's own kind)
5. 공포와 고통으로부터의 자유 (Freedom from fear and distress)	정신적 고통을 피할 수 있는 환경 유지 (ensuring conditions that avoid causing distress and mental suffering)

(FAWC, 1993)

넷째, 쾌적한 사육환경 조성으로 돼지의 건강과 비용절감 효과를 누리는 한편 친환경 축산을 위해 적정 사육밀도를 지켜 만성 소모성 질환문제를 해결하고자 양돈 선진 국가에서는 돼지의 생산성 및 복지의 향상을 위해서 적정 사육밀도를 지켜오고 있다. 연구결과에 의하면 자돈의 적정 사육밀도는 다음과 같다.

$$\text{적정 사육밀도} : \text{체중 kg} \wedge 0.67 \times 0.03$$

또한 밀사가 되면 개체별 체중변이가 커질 수 있으며, 건강한 돼지의 성장은 정상적으로 이루어지지만 약한 돼지는 사료나 물 섭취량이 충분치 못하여 스트레스를 받게 되고 성장이 지연 된다. McConnell 등 (1987)은 팬 당 자돈수를 8두에서 24두로 증가하였을 때, 자돈의 사료섭취량과 일당증체량이 감소하였다고 보고 하였다. Brum 등(2001)의 연구 결과에 의하면, 이유자돈의 사육면적은 자돈의 성장에 영향을 미치며 밀사 사양된 자돈은 적정 사육공간에서 사양한 돼지의 일당증체량과 일일섭취량에 비

해 유의적으로 낮았다고 보고하였다. Wolter et al. (2000 a,b) 연구결과에도, 자돈기에 서 육성기 동안 group size 50두와 100두 처리구보다 25두 처리구에서 자돈의 성장률이 높게 나타났다고 보고되었다. 반면, McConnell 등 (2001)은 팬 당 28일령 이유자돈 10두, 20두, 30두 및 40두 처리구에서 사양성적은 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 이는 이유 후 자돈 체중, feeder space, feeder design, water supply에 의한 요인들에 의해서 그룹사이즈에 의한 자돈의 사양성적에 미치는 효과에 차이를 미치는 것으로 보고되고 있다. 여러 연구 결과에서 부적절한 사육면적은 돼지에게 스트레스를 제공하며 이러한 스트레스는 체내 면역체계 반응에 변화가 일어나게 하고 사료섭취량 감소 및 성장률 저하가 일어난다고 보고되고 있다.

다섯째, 최근 입불이 사료 급여에 대한 효과를 검증한 연구결과들이 보고되었으나, 입불이 사료 급여 효과에 대한 결과는 일관적이지 않게 보고되고 있다. 우선 입불이 사료 급여가 자돈의 성장에 긍정적인 효과를 준다는 연구결과들을 살펴보면 다음과 같다. Makinde 등 (1997)은 입불이 사료를 급여할 경우, 이유시기에 이유사료를 급여하더라도 자돈의 소장은 급여한 사료가 자돈의 면역체계에서 새로이 생겨난 항원이 아님을 인식하게 되어 설사를 일으키지 않게 되고, 건강하고 빠르게 성장하게 된다고 보고하였다. 또한, 입불이 사료를 섭취한 자돈이 그렇지 않은 자돈 보다 이유시기에 더 높은 사료 섭취량과 사양성적을 나타냈다 (Bruininx et al., 2002). 그러나 Kavanagh 등(1995)과 Perkins와 Mahan (1992)는 입불이 사료 급여로 인해 자돈의 성장에 긍정적인 효과를 주지는 않는다고 보고하고 있다. 또한, Barnett (1989)과 Newby (1985)는 포유기간 동안 입불이 사료 급여가 입불이 사료 비급여 처리구와 비교해 어떠한 영향과 긍정적 결과를 보여주지 주지 않았다고 보고하였다.

여섯째, 성장단계에 따른 육성. 비육돈 돈사 이동, 돈군의 변화, 사육 공간의 차이가 돼지의 성장에 미치는 영향에 대한 연구는 오래 전부터 시작되어 지금까지 다양한 방식으로 진행되어 왔다. Teague와 Grifo는 1961년의 연구에서 육성 · 비육기 동안의 돈군 이동이 사료요구율을 증가시켜 생산성에 상대적으로 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한편, Sherritt 등(1972)은 돼지를 성장단계별로 이동시키는 방식으로 사육한 경우가 출생부터 출하까지 이동 없이 한 공간에서 돈군을 유지하여 사육했을 때 보다 돼지의 비육기 성장이 더 빠르고 출하체중에 도달하는 일령 또한 짧다고 보고하였다. 최근에는 동물복지의 측면에서 사양과정 중 돈군의 이동을 환경 변화에 의한 동물의 스트레스와 이상행동, 부정적으로 보는 견해가 나타나기 시작했다 (Friend 등, 1983; Rundgren, 1988). 다시 말해 돈사 이동과 그에 따른 돈군의 변화를 돼지의 투쟁 행동, 부상 발생을 유발하는 스트레스 요인으로 보고 있으며(Tan과 Shackleton, 1990), 이러한 스트레스 요인이 돼지의 성장률을 감소시킨다는 결과가 주를 이룬다 Tan과 Shackleton, 1990; Hessing과 Tielen, 1994; Ekkel과 Savenije, 1996). Brumm (2004)에 의하면 육성돈을 돈사 이동 없이 비육돈까지 사육할 경우 돈사 이동을 한 경우보다 사양 전 기간 동안 일당증체량이 더 우수하였다고 보고하였다 (표 3).

표 3. 육성, 비육돈 사육면적이 돼지의 성장능력에 미치는 효과

	Space (m ² /pig)		Sex		p-values		
	0.58	0.74	Barrow	Gilt	Space	Sex	SpaceSex
ADG							
d 0 to 52	0.483	0.505	0.495	0.492	0.044	0.778	0.693
d 52 to d 158	0.793	0.811	0.827	0.777	0.092	<0.001	0.954
Overall	0.697	0.717	0.725	0.690	0.037	0.002	0.948
ADFI							
d 0 to 52	0.726	0.766	0.742	0.750	0.142	0.778	0.681
d 52 to d 158	0.352	0.350	0.346	0.356	0.091	0.001	0.454
Overall	0.391	0.390	0.385	0.396	0.084	<0.001	0.477

본 연구과제를 수행하기 위해 현재 국내·외에서 사용되고 대표적인 사양관리 시스템 자료를 수집 및 정리하였으며 이를 통해 국내 적합한 양돈 사양관리 체계 확립을 위해 사용하였다. 또한, 지속적인 양돈 생산을 위해 기본 사양관리를 충실히 이행하면서 산자수 증가와 자돈 면역력 증대 및 농장 전체 육성률 향상을 위한 대책을 확립하고자 하기 위해 본 연구를 통해 우리나라 실정에 맞고, 양돈 농가에서 사용할 수 있는 경제성과 생산성을 향상하는 사양관리 체계 검증하고자 하였다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 모든 생산성 향상을 위한 분만시설 형태에 따른 적정 사양모델 개발

1. 서론

한국과 유럽연합 (EU)은 자유무역협정 (FTA)을 협상 중에 있다. 협상 과정에서 EU는 동물복지 (animal welfare) 개념의 인정에 관심을 보였다. 우리나라에서는 아직 생소한 개념이지만, EU에서는 일반화된 기준이고, 또한 칠레, 캐나다 등과의 FTA에서 이를 적용한 사례가 있어 이에 대한 적절한 대응이 필요할 것으로 사료된다.

EU에서는 임신 중인 모든의 사육에 이용되는 결박사육 방법을 2006년부터 금지하였고, 2013년 1월 1일부터는 임신용 돼지의 격리사육용 칸막이 축사 (임신 스톨; gestation stall) 사용을 임신 초기 4주간을 제외하고는 금지할 예정이다. 핀란드, 스웨덴, 영국 등의 몇 나라에서는 EU보다 일찍 임신 중 모든의 격리사육용 칸막이 축사와 결박사육을 금지시키는 국내법을 이미 통과시킨 상태이다. 한편 모든의 사양관리는 양돈업에 있어서 가장 핵심적인 요소로 모든의 건강과 알맞은 체형은 모든의 연산성 (longevity)과 번식에 효율적인 상태를 유지하는 데에 있어서 매우 중요하다고 할 수 있다. Jorgensen 등(1998)은 모든의 연산성 유지에 영향을 미치는 요소로 모든의 건강 상태, 첫 종부일령, 체형(body condition score), 임신기의 사양관리(feeding program) 및 포유기의 사료섭취량 등이라고 보고했다. 모든 특히 초산돈의 경우 모든의 사육환경 및 건강은 동물복지 차원 뿐만 아니라 연산성 및 번식 성적에 중요한 요인이다. 국내의 경우 몇몇 개인 농가에서 동물복지를 고려하여 임신스톨을 적용하고 있기는 하지만 분만 스톨 (farrowing stall; farrowing crate)에 까지 적용하고 있지는 않으며, 보다 구체적인 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 실험은 국내에서 대부분 사용하고 있는 임신·분만 스톨과 모든에게 보다 넓고 자유로운 공간을 제공하는 임신·분만 평사 (pen)가 모든에 미치는 영향을 임신기와 분만·포유기의 모든 생리 조사를 통하여 조사·비교하기위해 수행되었으며, 이를 통해 보다 구체적이고 우리나라 실정에 맞는 동물복지의 도입에 하나의 판단기준을 마련하고자 하였다.

가. 동물복지형 축산의 개념

동물의 복지에 대해서는 이견이 많지만 일반적으로 '정신적, 육체적으로 완전한 상태, 인위적 환경에서 고통 없이 적응하도록 하는 것, 학대금지, 욕구의 충족' 등을 주요 내용으로 하고 있다. 즉 동물과 인간을 수평적이 아닌 수직적인 관계로 보며, 동물에게 불필요한 고통을 배제하고 사람을 위해 필요한 경우라도 고통을 최소화하며, 동물에게 영양과 휴식을 충분히 제공하고 위생, 질병예방, 치료에서도 적절히 해야 한다

는 것이 동물복지라 할 수 있다.

나. 국내 현황과 문제점

우리나라에서는 1991년에 동물복지법 (법률 제 5454호)을 제정한 후 동물을 적정하게 보호·관리하기 위한 사항을 규정하였으나, 산업적인 측면보다는 애완동물 중심의 보호규정으로, 축우·낙농·양계·양돈 등 축산물 생산에서의 사육환경, 사육방법, 유통방법 등에 대한 관련 규정이 없다. 정부에서 추진하고 있는 친환경농업육성정책에서도 유기축산은 포함되고 있으나 동물복지형 축산에 대해서는 포함하지 않고 있으며, 친환경농업육성법에도 동물복지등에 대한 규정은 없다. 유기농산물에 관한 관심이 증대되면서 그에 대한 연구는 일부 수행되었으나 (오상집 등, 2001, 유기축산에 대한 경제성 분석 및 표준모델 개발), 우리나라에 적합한 동물복지 시설 및 사육환경에 대해서는 연구가 매우 부진하다 (조광호 등, 2006). 마찬가지로 임신기와 분만·포유기 모돈의 기존의 산업적 형태와 동물복지형 모델의 적용 및 비교에 대한 연구는 아직 국내에서 전혀 이루어진 바가 없는 실정이다.

동물복지 문제는 점차 중요한 화제거리가 되고 있으나, 우리나라에서는 최근에야 극히 일부에서 관심을 갖기 시작하였다. 하지만 사육시설의 적합한 규모, 구조, 시설에 대한 검토와 연구가 없는 무분별한 동물복지의 도입은 오히려 그에 역행하는 행위일 것이다.

다. 임신모돈 스톨 (gestation stall)과 평사 (open pen)

가장 보편적으로 사용되는 임신 모돈 (pregnant sow)의 사육 형태는 차지하는 면적과 설치 비용이 적게 드는 임신모돈 스톨이다 (McGlone et al., 2004). 임신모돈 스톨은 모돈에게 충분한 공간을 제공하지 못하며 오로지 일어서거나 누워있을 공간만을 허락하며 그마저 제약을 많이 받는다. Vieuille-Thomas 등 (1995)은 구강으로 물어뜯거나 저작하는 등의 이상행동 발생율이 스톨과 개방형 돈방에서 각각 66.2%, 92.65로 스톨에서 더 높다고 하였다. 한편 공간상의 제약과 제한된 사료급여 때문에 스트레스를 나타내는 지표인 혈중 cortisol의 수치가 유의적이지는 않지만 스톨에서 더 높다는 보고도 있다 (Broom 등, 1995). 이러한 특성 때문에 동물복지분야의 화두가 되고 있기도하다.

일반적으로 임신 모돈의 사육 형태는 다음과 같은 점들을 충족시켜야 한다.

- (1) 모돈에게 적합한 환경을 보장해야함
- (2) 다른 모돈으로부터 안전해야함
- (3) 분만시 적절한 몸상태를 유지하기 위한 개체별 사료급여가 가능해야함
- (4) 모돈의 임신, 건강, well-being을 유지하기에 적절해야함
- (5) 관리자에게 안전한 작업공간을 제공해야함
- (6) 관리상 오류를 방지할 수 있는 내구성을 갖추어야함
- (7) 경제적으로 많은 비용이 요구되어서는 안됨

상기된 임신모돈 스톨의 단점을 보완하고 동물복지에 충실하기 위해 미국의 NPB (National Pork Board) 등에서는 다른 모돈과의 접촉을 최소화하는 적정 크기의 임신 모돈 스톨을 권장하거나, 유럽에서는 평사이 사용되기도하지만 사육면적에 대한 제약이 가장 심한 우리나라에서는 힘든 일일 수밖에 없다. 다만 개방형 돈방과 기존 스톨과의 비교를 통해 스톨의 개선방향 또는 개방형 돈방의 보완을 하는 것은 의미 있는 일이라 사료된다.

라. 분만틀 (farrowing crate)과 평사 (farrowing pen)

과거에는 분만모돈에게 평사가 더 많이 제공되었으나, 분만틀이 포유자돈의 압사 (crushing)를 방지하고 더 적은 면적을 차지한다는 이점 때문에 현재는 분만틀이 가장 널리 보급된 분만 시설의 형태이다 (Robertson 등, 1966). 분만직전 모돈은 크게 두가지의 변화를 보인다. 첫째는 생리학적 변화 (호흡속도 증가 및 체온상승), 둘째는 행동학적 변화 (둥지 만들기; nest-building behavior) 이다 (Hurnik, 1985). 분만틀은 모돈의 행동을 최소화하기 때문에 압사를 줄이지만 반면 분만전 이러한 둥지 만들기 본능을 표출하는 데 장애가 되어 (Jones, 1966) 분만직전 평사에 비해 더 자주 오랜시간 기립하게 되며 (Heckt 등, 1988), 더 불안정해 진다 (Vestergaard와 Hansen, 1984). 분만틀과 평사는 자돈의 생존 (경제성)과 동물복지라는 두 가지 사이에서 각각 장단점이 존재하며 양면성을 지니고 있다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 실험동물

본 실험은 1 산차 (평균 230 ± 10일령 중부) 의 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, 평균 체중 140.0 kg) F1 모돈 41두를 공시하여, 2처리, 20~21반복, 반복당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: complete randomized design) 으로 배치하였다.

나. 실험 설계 (Experimental design)

실험처리구는 다음과 같다.

- (1) S (임신기-임신모돈 스톨, 분만·포유기-분만틀에서 사육, 반습식 사료급여; 그림 1, 2)
- (2) P (임신기부터 분만·포유기까지 평사에서 사육, 건식 사료급여; 그림 3)

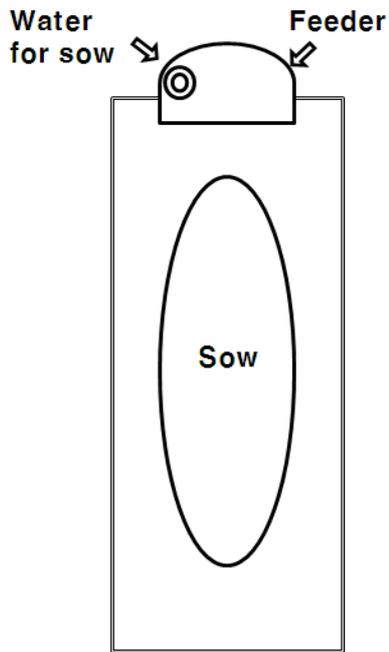


그림 1. 임신모돈 스톨
 돈방 - 2.5×1.8 m,
 (콘크리트 바닥)

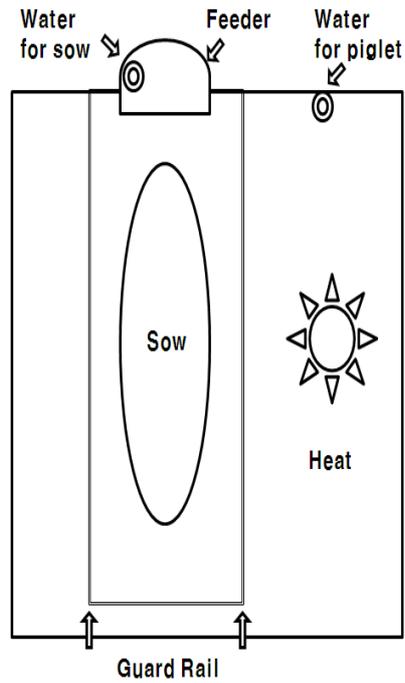


그림 2. 분만틀 - 2.15×0.6m
 분만틀 - 2.2×0.6m
 (플라스틱 바닥, 고상식 50m)

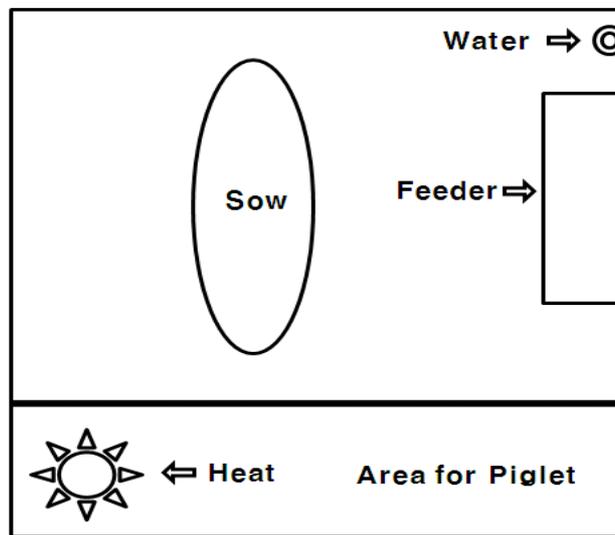


그림 3. 평사
 자돈을 위한 공간 - 2.4×0.9 m,
 모돈을 위한 공간 - 2.4×3.0 m
 (콘크리트 바닥)

다. 실험 사료

실험사료는 옥수수-대두박 위주 (corn-soybean meal basal)로 총 2가지 (임신모돈 사료, 포유모돈 사료)의 사료가 배합되어 단계별로 급여하되 두 처리구의 사료는 동일하였다. 실험사료의 열량가는 약 3,265 ME kcal/kg 였다. 임신모돈 및 포유모돈 사료의 조단백질 함량은 각각 12.82, 17.26 %였으며, 라이신 (lysine)은 각각 0.75, 1.08 %였다. 모든 영양소 함량은 NRC 사양표준 (1998)과 같거나 높게 배합하였다. 실험사료 배합 성분표를 표 4에 나타내었다.

라. 사양 방법 (Housing and management)

본 실험은 충청북도 음성에 위치한 서울대학교 야곱 실험 농장에서 실시하였으며, 실험돈은 처리구 및 임신기·포유기에 따라 (나. 실험설계 참조) 각각 사육되었다. 온도와 환기량은 환기팬과 자동제어장치에 의하여 자동으로 조절되었다. 발정의 확인은 우선 적으로 후구 압박 및 외음부의 크기와 색으로 판단하고, 최적 종부 시간은 실제 웅돈과 접촉하게 하여 승가허용 여부를 통해 결정한 후 인공수정을 12시간 간격으로 3회 실시하였다. 임신진단은 종부 후 21일령 전후의 재발정 확인과 28, 35일령 초음파 임신진단기 (Easy Scan, Dong-Jin BLS Co., Ltd., Korea)를 이용하여 최종적으로 확인하였다. 110 일령에는 모돈을 소독수로 세척한 후 분만사로 이동하였다. 자돈은 분만 후 24시간 이내에 견치, 단미, 철분주사, 이각을 실시하였고, 분만 후 3일령에 수컷은 거세를 하였다. 사료급여는 임신기에 오전 08:00, 오후 16:30 2회 1kg씩 총 2kg/모돈·일 을 급여하였으며, 임신 110일령부터 분만시까지 제한 사양을 실시하였다. 분만 후 사료급여방식은 처리구에 따라 다르지만 (나. 실험설계 참조) 물과 사료를 자유채식 (*ad libitum*)토록 하였다.

마. 조사항목 (Criteria)

- (1) 임신기 모돈의 체중 및 등지방 두께 변화 : 모돈의 임신 중 생리적 변화를 측정하기 위해 종부 후 0, 15, 35, 70, 90, 110 일에 모돈의 체중과 P₂부위의 등지방 두께를 초음파 측정기 (Renco Corp., Minneapolis, Lean-meater, USA)로 측정한다.
- (2) Litter size : 복당산자수 (total No. Born), 사산 (stillborn), 미이라 (mummy), 기형 (malformed), 실산자수 (born alive), 양자처리 후 포유개시 두수 (after cross-foster)를 조사·비교하였다.
- (3) 포유모돈의 체중, 사료섭취량 및 등지방 두께 변화 : 포유기 모돈의 생리적 변화를 알아보기 위하여 분만 후 24시간 이내, 7일, 14일 및 21일 체중, P₂부위의 등지방 두께, 사료섭취량을 측정하였다.
- (4) 포유 자돈의 성장능력 및 포유 모돈의 포유능력 : 자돈의 성장능력 및 모돈의

포유능력을 측정하기 위해 분만 후 24시간 이내, 7일, 14일 및 21일에 자돈의 체중과 일당 증체량을 측정하였다.

- (5) 실험설계에 따른 자돈 폐사율 : 포유기간 21일동안 자돈의 폐사 (압사가 아닌), 압사, 총 폐사율을 일령별·처리구별로 조사하여 비교하였다.
- (6) 혈액 : 종부 후 0, 15, 35, 70, 90, 110 일 및 분만 후 24시간 이내, 7일, 14일 및 21일에 임신기 및 포유기 모돈의 호르몬 패턴 (FSH, LH, Progesteron, Estrogen 등)과 스트레스지표인 cortisol의 측정을 위해 모돈의 경정맥에서 혈액을 채취하였다. 혈액 샘플은 EDTA-vacuum tube에 수집되어 3,000 rpm, 4°C 상태로 15분 동안 원심 분리한 후 플라스틱 보관용기에 plasma만을 분리하여 분석 시까지 -20°C에 보관하였다. Cortisol과 성호르몬(Progesteron, Estrogen, FSH, LH) 분석은 상품화된 RIA kit (Radioimmunoassay kit)인 Coat-A-Count Cortisol (DPC, USA)을 이용하여 Gamma-counter (Packard Co. USA) 분석장비로 분석 진행 중이다.
- (7) 모돈의 유성분 (Milk composition) 분석 : 모돈의 모유특성을 조사하기 위해 분만 후 24시간 이내 (초유), 7일, 14일 및 21일에 혈관에 옥시토신 0.5 ml를 주사하여 젖분비를 촉진한 후 돈유를 채취하여 유성분 분석기 (MilkoScan FT20, FOSS Electric Co., Denmark)로 유지방 (fat), 유단백질 (protein), 락토오스 (lactose), 무지유고형분 (Solids Not Fat : SNF)을 측정하였다.

바. 화학 분석 및 통계 분석 방법

실험사료의 일반성분 (조수분, 조단백질, 조지방, 조회분, 조섬유) 분석은 AOAC (1995)의 방법에 따라 실시하였다. 사료의 칼슘과 인은 회화한 후 전처리과정을 거쳐 AAS (atomic absorption spectrophotometer, Shimadzu, AA-6401, Japan)를 이용하여 측정하였다. 통계분석은 SAS (SAS Institute, 2004)의 일반선형모형 (general linear model; GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 최소 유의차 (LSD) 요인분석법에 의해 처리한 결과를 비교하였다.

표 4. 임신기 및 포유기 실험사료의 배합비와 화학적 조성

Item	Gestation	Lactation
Ingredients (%)		
Corn	73.65	63.79
SBM-46	12.70	25.77
Wheat bran	7.50	3.73
Fat or Oil	2.00	2.00
L-Lysine-HCL	0.18	0.20
DCP	1.91	1.86
Limestone	1.14	1.11
Vitamin mix. ^a	0.10	0.20
Mineral mix. ^b	0.10	0.10
Salt	0.30	0.42
D- α -tocopheryl acetate ^c	0.02	0.02
Cane molasses	0.40	0.80
Total	100.00	100.00
Chemical composition ^d		
ME (kcal/kg)	3265.20	3265.18
CP (%)	12.82	17.26
Lysine (%)	0.75	1.08
Methionine (%)	0.23	0.29
Ca (%)	0.90	0.90
P (%)	0.70	0.70

^a 사료 1kg 당 함량 : vitamin A, 2,000,000 IU; vitamin D₃, 400,000 IU; vitamin E, 250 IU; Vitamin K, 200 mg; Vitamin B₁, 20 g; Vitamin B₂, 700 mg; Niacine, 8,000 mg; Folic acid, 60 mg; Vitamin B₁₂, 13 mg.

^b 사료 1kg 당 함량 : Calcium-phosphate, 300 mg; Mn, 12,000 mg; Zn, 15,000 mg; Fe, 4,000 mg; Cu, 500 mg; Co, 100 mg; Butlated Hydroxy Toluence, 600 mg.

^c D- α -tocopheryl acetate : 항산화제.

^d 계산치.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 성장 성적 (Growth performance)

(1) 임신기 (Gestation period)

표 5에서 보다시피 임신기간 동안 모든의 체중은 임신 110일령까지 단계적으로 증가하였으나 처리구 간에는 어떠한 차이도 나타나지 않았다. 종부후 임신 0, 15, 35,

70, 90, 110일령 사이의 증체량 (gain)을 비교해 본 결과 다른 기간들에서는 아무런 차이가 발견되지 않았으나, 임신 71~90일령 사이의 모든 증체량은 고도의 유의성을 나타내며 임신모돈 스톨 처리구 (S)가 평사 처리구 (P) 보다 높았다 ($P<0.01$). 한편 비록 유의적인 차이는 없었으나 임신 36~70일령의 모든 증체량은 임신 71~90일령의 모든 증체량과는 반대로 오히려 평사 처리구 (P)가 임신스톨 처리구 (S) 보다 높았다. 이러한 임신 기간에 따른 증체량의 변화는 다음과 같은 가설을 가능하게 한다. 임신모돈 자궁속의 태아는 일반적으로 임신 35일령에 약 1g, 70일령에 약 200g, 90일령에 약 620g 정도로 성장하게 된다고 알려져 있다. 즉, 35일령부터 70일령까지 약 199g (200배), 70일령부터 90일령 사이에 420g (3배)의 성장을 하게 되는데, 태아의 성장이 가속화 되면서 모돈의 유지·성장을 위한 영양소 및 에너지가 태아에게로 전이되게 됨을 의미한다. 본 실험 결과에서와 같이 임신기간 중 모두 동일한 사료를 동일량 (2kg/sow·day) 급여했음에도 불구하고, 임신 36~70일령과 임신 71~90일령에서 각각 임신모돈 스톨 처리구 (S)와 평사 처리구 (P)의 모든 증체량이 상반된 결과를 보인 것은 임신 36~90일령 사이에 태아의 성장 및 모돈의 유지·성장이 사육환경에 의해 그 속도가 달라질 수 있음을 의미할 수 있다. 본 실험에서는 이러한 가설을 확인 할 수 있는 조사가 이루어지지 않았다. 기존의 연구들도 대부분 분만틀에 대한 연구가 대부분이며, 임신사육환경에 관한 기존의 연구결과들 (McGlone 등, 2004; Vieuille-Thomas 등, 1995; Broom 등, 1995; Cronin 등, 1998)에서도 본 실험과 같은 개체 평사 (individual pen) 보다는 군사 (group housing)에 대한 연구 위주로 이루어져 왔다. 더군다나 그러한 임신모돈 스톨과 군사를 비교하는 연구에서도 임신일령에 따른 태아의 성장이나 모돈의 체중변화에는 주목하지 않아 향후 이에 대한 연구를 수행하는 것은 가치 있는 일이라 사료된다.

표 5. 사육 시설에 따른 임신기 모돈의 체중 및 증체량 변화

Item	Treatment		SEM ³
	S ¹	P ²	
Gestation, kg			
Breeding	138.6	141.3	1.555
15d	143.4	146.5	1.677
35d	152.7	155.9	1.608
70d	171.4	176.0	1.751
90d	183.6	185.4	1.732
110d	197.3	199.0	1.709
Gain (0-15d)	4.8	5.2	0.402
Gain (16-35d)	9.4	9.4	0.558
Gain (36-70d)	18.7	20.1	0.568
Gain (71-90d)	12.2 ^a	9.4 ^b	0.387
Gain (91-110d)	13.7	13.6	0.379
Gain (0-110d)	58.7	57.7	0.785

¹ S : 임신기-임신모돈 스톨, 분만·포유기-분만틀에서 사육

² P : 임신기부터 분만·포유기까지 평사에서 사육

³ Standard error of mean

^{a,b} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.01$)

(2) 포유기 (Gestation period)

표 6에 사육 시설에 따른 분만·포유기의 모돈의 체중 및 증체량 변화를 나타내었다. 임신 110일령의 모돈의 체중 (표 3) 및 분만직후 복당체중 (litter weight, 표 7)이 차이가 없었던 것과 유사하게 분만직후 모돈의 체중 역시 차이가 없는 것으로 관찰되었다. 반면 분만 후 7일, 14일에서는 평사 처리구 (P)의 모돈체중이 분만틀 처리구 (S)보다 고도의 유의성을 보이며 뚜렷하게 높았으며 ($P < 0.01$), 이러한 경향은 분만 후 21일까지 이어졌다. 이러한 포유모돈 체중과 linear하게 분만 후 7일 ($P < 0.01$), 14일, 21일간 모돈의 사료섭취량이 역시 평사 처리구에서 높았다 (표 5). 반면 포유기간 21일 동안 복당증체량 (litter weight gain)은 아무런 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 결과적으로 포유기에 평사 (farrowing pen)와 분만틀 (farrowing crate)이라는 사육환경의 차이는 포유자돈의 성장 (모돈의 포유능력)에는 큰 영향을 주지는 않았으며, 반면 포유모돈의 사료섭취량에는 영향을 미쳐 결과적으로 포유모돈의 체중의 차이를 나타나게 하였다. 표 4에서 보다 시피 포유 15~21일 동안의 모돈의 체중감소는 분만틀 (S)이 평사 (P)보다 더 적었다. 반면 동일 기간에 모돈의 사료섭취량 및 복당증체량은 유사했다. 포유모돈의 증체량 또는 체중감소는 모돈의 사료섭취량과 자돈의 성장률과 밀접한 관계가 있다. 본 실험의 경우 대부분의 포유기간에는 그러한 경향을 따랐으나, 상기된 포유 15~21일 사이에는 그 두 가지 요인이 비슷했음에도 불구하고 모돈의 체중감소가 분만틀 처리구에서 더 적었다. 따라서 모돈의 사료섭취량과 복당증체량이 같을 경우 사육환경의 차이에 의해 모돈의 체중손실 또한 영향을 받음을 시사한다. 본 실험에서 분만모돈들의 넓이 (1.32m^2)는 평사의 넓이 (7.2m^2)보다 약 5.4배 작았으며, 그만큼 모돈의 운동에 대한 제약이 커서 유지·활동 에너지의 손실이 적었기 때문인 것으로 사료된다.

표 6. 사육 시설에 따른 분만·포유기의 모돈의 체중 및 증체량 변화

Item	Treatment		SEM ³
	S ¹	P ²	
Lactation, kg			
Farrowing	179.1	184.9	1.819
Postpartum 7d	176.8 ^b	185.9 ^a	1.805
Postpartum 14d	173.3 ^b	182.3 ^a	1.778
Postpartum 21d	173.4	178.9	2.085
Weight loss (0-7d)	-2.4	1.0	0.951
Weight loss (8-14d)	-3.4	-3.6	0.778
Weight loss (15-21d)	0.1 ^c	-3.4 ^d	0.872
Weight loss (0-21d)	-5.8	-6.0	1.182

¹ S : 임신기-임신모돈 스톨, 분만·포유기-분만틀에서 사육

² P : 임신기부터 분만·포유기까지 평사에서 사육

³ Standard error of mean

^{a,b} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P<0.01$)

^{c,d} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P<0.05$)

(3) 사료섭취량 (Feed intake)

본 실험 결과에서와 같이 임신기간 중 모두 동일한 사료를 동일량 (2kg/sow·day) 급여했으며, 임신기간의 사료섭취량과 임신모돈의 체중변화에 대한 결과는 앞서 설명한 바 (가. 1) 임신기의 사양성적과 같다 (표 7). 분만·포유 기간 중 사료섭취량은 처리구에 따라 차이가 있었으며 (그림 4), 이러한 차이와 포유모돈 및 복당증체량과의 상관관계는 포유기의 사양성적에서 이미 서술하였다. 따라서 본 장에서는 포유기간별 사료섭취량의 변화 및 포유기간 전체의 사료섭취량에 대해서 언급하려 한다. 포유기간 21일동안 분만틀 (S)의 경우 시간에 따른 섭취량이 linear하게 증가하였으나 평사 (P)의 경우 포유기간 15~21일에만 약 340g의 증가가 있었을 뿐 이었다. 이러한 기간별 사료섭취량 변화의 특징 외에 포유 전체기간 21일동안의 사료섭취량은 평사가 분만틀 보다 유의적으로 높았다 ($P<0.05$). 이러한 포유기간 사료섭취량의 차이는 분만틀과 평사라는 시설의 차이에서 기인하는 것으로 사료된다.

본 실험에서 전체 포유기간 동안의 사료섭취량의 차이가 발생했던 가능성 있는 원

인을 살펴보겠다. 첫째, 사료급여형태의 차이가 있다. 분만틀의 경우 사료통안에 nipple이 부착된 반습식 사료급이기가 사용되었고 (그림 2), 평사의 경우에는 사료와 물의 섭취가 따로 되는 건식 사료급이기가 사용되었다 (그림 3). 일반적으로 젖은 사료의 급여는 건식 사료의 급여에 비해 모돈의 사료섭취량을 증가시킨다고 보고되고 있다 (Koketsu, 1994; Lynch, 2001). 이러한 이유로 인하여 국내 양돈장 대부분이 습식 또는 반습식 모돈사료급이기를 사용하고 있다. 반습식 급이기의 경우 건식 급이기와 동일한 양의 사료가 들어있어도 모돈이 nipple과 접촉했을 때의 물이 사료에 젖게 된다. 이렇게 젖은 사료는 분만돈사의 온도 및 습도에 영향을 받아 건식 급이기에 비해 더 빠르게 변질되어 모돈이 원하는 때에 신선한 사료를 공급받기 어려워진다. 국내의 경우 양돈장에서 포유모돈에게 하루 2~3회 사료를 급여하며, 이는 평균 12~8시간 간격으로 사료를 급여하는 것을 의미한다. 우리나라 계절적 특성상 늦은 봄부터 초가을까지의 고온·다습한 기후에서는 사료가 변질되기 충분한 시간이다. 보다 잦은 빈도로 포유모돈 사료를 관리하지 않는 한 국내에서의 반습식·습식 사료급이 형태에 대한 심도깊은 검토가 필요하다고 판단된다. 둘째, 분만틀은 평사에 비해 모돈의 활동이 극히 제약되며 따라서 모돈의 활동성이 그만큼 감소하게 된다 (Cronin 등, 1998). 셋째, 바닥재질의 차이이다. 분만틀의 경우 플라스틱 바닥이었고, 평사의 경우에는 콘크리트 바닥이었다. 일반적으로 플라스틱 바닥이 콘크리트 바닥보다 마찰력이 적어 더 미끄러우며, 다리에 문제가 있는 모돈의 경우 기립에 어려움을 겪는다. 본 연구의 경우 기존의 행동학적 관점보다는 모돈의 생리학적 변화에 초점을 맞추어 수행되었기 때문에 상기된 가능성 있는 원인에 대한 직접적인 조사는 하지 않았으나, 다른 연구 결과에 비추어볼 때 타당성이 있다고 사료된다. King과 Williams (1984)에 의하면 포유기 동안의 사료섭취량 감소는 모돈의 이유 후 재귀발정일을 연장시키는 등 모돈의 연산성 및 번식능력에 부정적인 영향을 미친다고 하였다. 본 연구결과에서 볼 때 전체 포유기간 동안의 평사 (P) 처리구에서의 사료섭취량이 분만틀보다 높은 것은 궁극적으로 모돈의 연산성 및 번식능력에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단된다.

표 7. 사육 시설에 따른 임신기 및 분만·포유기의 모돈의 사료섭취량 변화

Item	Treatment		SEM ³
	S ¹	P ²	
Average daily feed intake in gestation, g			
0-110d	2000.0	2000.0	-
Average daily feed intake in lactation, g			
ADFI (0-7d)	3489.7 ^b	4631.0 ^a	179.761
ADFI (8-14d)	4222.7	4605.9	126.308
ADFI (15-21d)	4877.8	4941.8	131.393
ADFI (0-21d)	4196.7 ^d	4726.2 ^c	107.159

¹ S : 임신기-임신모돈 스톨, 분만·포유기-분만틀에서 사육

² P : 임신기부터 분만·포유기까지 평사에서 사육

³ Standard error of mean

^{a,b} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.01$)

^{c,d} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$)

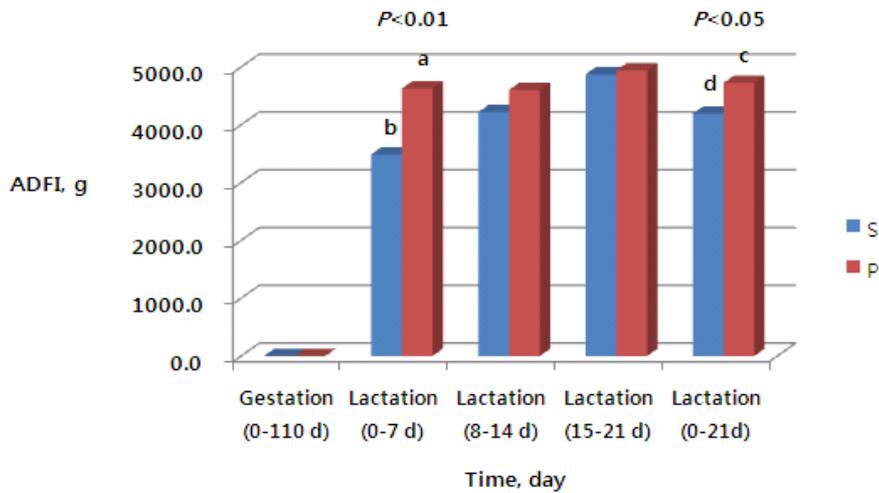


그림 4. 사육 시설에 따른 임신기 및 분만·포유기의 모돈의 사료섭취량 비교

나. 등지방 두께 P₂ (Backfat thickness)

(1) 임신기 (Gestation period)

사육 시설에 따른 임신기 및 분만·포유기의 모돈의 등지방 두께 (P₂) 변화를 표 8에 나타내었다. 종부 후 0, 15, 35, 70, 90, 110일령에서 등지방 두께는 처리구간에 통계적으로 차이가 있는 것으로 나타나지는 않았다. 반면 임신 0~110일까지의 등지방 두께의 증가량은 평사 (P)에서 사육한 모돈이 임신모돈 스톨 (S)에서 사육한 모돈에 비해 더 컸었다. 평사 처리구의 경우 종부시 평균 등지방 두께가 스톨 처리구보다 낮은 경향을 보였으며, 반면 임신 말기까지의 등지방 축적이 더욱 많이 되어 ($P<0.0001$) 임신 110일령에 이르러서는 두 처리구간에 별다른 차이가 없는 등지방 두께를 보여주었다. Dourmad (1991)의 보고에 따르면 분만전 등지방 두께가 21mm를 초과하면 포유기간 동안의 사료섭취량이 낮아져 체중감소가 증가하며 이에 따라 차후의 산차에서 번식성적에 영향을 미친다고 하였다. 본 실험에서는 이와는 달리 임신말기 (110일령) 등지방 두께가 두 처리구 모두 24mm가 넘었으며 처리구간에 차이가 없었음에도 불구하고, 포유기 사료섭취량에 있어서는 평사가 분만틀 처리구보다 높았다.

표 8. 사육 시설에 따른 임신기 모돈의 등지방 두께 (P₂) 변화

Item	Treatment		SEM ³
	S ¹	P ²	
Gestation, mm			
Breeding	20.0	18.0	0.537
15d	20.3	19.1	0.503
35d	21.7	20.4	0.516
70d	22.0	22.2	0.521
90d	22.8	24.2	0.483
110d	24.3	25.2	0.527
Gain (0-15d)	0.4	1.1	0.275
Gain (16-35d)	1.4	1.2	0.237
Gain (36-70d)	0.4 ^b	1.8 ^a	0.270
Gain (71-90d)	0.8 ^d	2.1 ^c	0.313
Gain (91-110d)	1.5	1.0	0.268
Gain (0-110d)	4.3 ^b	7.2 ^a	0.387

¹ S : 임신기-임신모돈 스톨, 분만·포유기-분만틀에서 사육

² P : 임신기부터 분만·포유기까지 평사에서 사육

³ Standard error of mean

^{a,b} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P<0.01$)

^{c,d} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P<0.05$)

(2) 포유기 (Lactation period)

분만 직후, 분만 후 7일, 14일, 21일령의 포유모돈 등지방 두께는 처리구별로 차이를 발견할 수 없었다. 포유기간 중의 등지방 두께의 감소량 또한 그와 같은 경향을 이어받아 처리구간에 통계적으로 별다른 차이점을 발견할 수 없었다 (표 9). 일반적으로 사료섭취량이 불충분한 모돈은 다량의 모유를 분비하기 위해 체내에 축적되어 있는 영양소를 분해하며, 따라서 체중 및 등지방 감소, 골격약화 등의 문제로 다음 산차 번식과 연산성에 문제가 발생한다. 본 연구결과에서는 포유기에 사료섭취량의 차이가 있었음에도 불구하고 두 처리구 모두 등지방 두께의 변화에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았으며, 따라서 두 처리구 모두 등지방 두께의 심각한 감소를 유발할 정도로 사료섭취량이 낮지 않았음을 유추할 수 있다.

표 9. 사육 시설에 따른 분만·포유기 모돈의 등지방 두께 (P₂) 변화^a

Item	Treatment		SEM ³
	S ¹	P ²	
Lactation, mm			
Farrowing	24.1	23.8	0.508
Postpartum 7d	24.2	23.7	0.488
Postpartum 14d	23.8	22.7	0.552
Postpartum 21d	22.3	21.7	0.550
Loss (0-7d)	0.0	-0.1	0.237
Loss (8-14d)	-0.4	-1.0	0.258
Loss (15-21d)	-1.5	-1.0	0.268
Loss (0-21d)	-1.8	-2.1	0.364

¹ S : 임신기-임신모돈 스톨, 분만·포유기-분만틀에서 사육

² P : 임신기부터 분만·포유기까지 평사에서 사육

³ Standard error of mean

^a Not significantly different

다. Litter performance

(1) Litter size

임신모돈 스톨 및 분만틀에서 사육된 모돈 (S)과 임신기부터 분만·포유시까지 평사에서 사육된 모돈 (P)의 litter size 비교를 위해 복당산자수 (total No. Born), 사산 (stillborn), 미이라 (mummy), 기형 (malformed), 실산자수 (born alive), 양자처리 후 포유개시 두수 (after cross-foster), 압사가 아닌 폐사 (Mortality, not crushed), 압사 (crushing) 를 조사·비교하였다 (표 10). 두 처리구의 사육환경의 차이는 통계적으로 litter size에 아무런 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Oliviero 등 (2008)과 von Borell 등 (1992)의 결과와 일치한다. 하지만 이와는 다르게 임신모돈 스톨에서 사육된 모돈의 실산자수 (born alive)가 군사 (group-housing)에서 사육된 임신

모돈의 실산자수 보다 높다는 보고도 있다 (Barnett 등, 2001; Den Hartog 등, 1993). 분만틀과 평사가 litter size에 대해 미치는 영향에 대해서는 아직까지 뚜렷한 결론이 나지는 않은 상태이다.

표 10. 사육 시설에 따른 분만·포유기의 모돈의 litter size 변화^a

Item	Treatment		SEM ³
	S ¹	P ²	
Total No. Born/sow	11.6	12.3	0.540
Stillborn/sow	1.2	0.8	0.214
Mummies/sow	0.8	1.0	0.213
Malformed/sow	0.1	0.0	0.034
Born alive/sow	9.6	10.5	0.448
After cross-foster/sow	9.9	10.7	0.257
Mortality (not crushed)/sow	0.4	1.0	0.225
Crushing/sow	0.5	1.0	0.155
Weaned Pigs/sow	9.0	8.8	0.255

¹ S : 임신기-임신모돈 스톨, 분만·포유기-분만틀에서 사육

² P : 임신기부터 분만·포유기까지 평사에서 사육

³ Standard error of mean

^a Not significantly different ($P>0.093$)

(2) Litter weight

임신모돈 스톨 및 분만틀에서 사육된 모돈 (S)과 임신기부터 분만·포유기까지 평사에서 사육된 모돈 (P)의 litter size 비교를 위해 분만 직후, 분만 후 7일, 14일, 21일에 복당 체중 (litter weight), 자돈 1두당 평균 체중 및 복당 증체량 (litter weight gain), 자돈 1두당 평균 증체량을 조사하였다 (표 11). 두 처리구의 사육환경의 차이는 통계적으로 litter weight에 아무런 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Oliviero 등 (2008)의 결과와 일치한다.

표 11. 사육 시설에 따른 분만·포유기의 모돈의 litter weight 변화^a

Item	Treatment		SEM ³
	S ¹	P ²	
Litter weight, kg			
At birth	15.33	15.27	0.568
After cross-foster	14.53	14.67	0.004
Postpartum 7d	22.78	21.50	0.668
Postpartum 14d	35.06	33.57	1.125
Postpartum 21d	46.64	45.99	1.452
At birth/pig	1.36	1.30	0.004
After cross-foster/pig	1.49	1.39	0.004
Postpartum 7d/pig	2.50	2.31	0.068
Postpartum 14d/pig	3.89	3.75	0.100
Postpartum 21d/pig	5.26	5.23	0.132
Litter weight gain, kg			
Postpartum 7d	9.16	8.24	0.409
Postpartum 14d	12.46	12.66	0.512
Postpartum 21d	12.09	12.61	0.49
Postpartum 0-21d	33.72	33.51	1.178
Daily Litter Gain (0-7d)	1.31	1.18	0.058
Daily Litter Gain (8-14d)	1.78	1.81	0.073
Daily Litter Gain (15-21d)	1.73	1.80	0.07
Daily Litter Gain (0-21d)	1.61	1.60	0.056
Daily Litter Gain (0-7d)/pig	0.14	0.13	0.006
Daily Litter Gain (8-14d)/pig	0.20	0.20	0.007
Daily Litter Gain (15-21d)/pig	0.20	0.21	0.008
Daily Litter Gain (0-21d)/pig	0.18	0.18	0.006

¹ S : 임신기-임신모돈 스톨, 분만·포유기-분만틀에서 사육

² P : 임신기부터 분만·포유기까지 평사에서 사육

³ Standard error of mean

^a Not significantly different

(3) 폐사 (Mortality)

자돈은 출생 시 일반적으로 체중이 1kg 내외에 불과하지만 체중이 거의 250kg (경산돈 기준)에 육박하는 모돈과 좁은 공간에서 함께 생활해야한다. 이러한 차이 때문에 일반적으로 양돈장에서 포유자돈의 가장 큰 폐사 요인이 모돈에 의해 발생하는 압사라는 점은 그리 이상한 일이 아니다 (Fraser, 1990). 분만틀이 포유자돈의 압사 (crushing)를 방지하고 더 적은 면적을 차지한다는 이점 때문에 현재는 분만틀이 가장 널리 보급된 분만 시설의 형태이다 (Robertson 등, 1966). 분만직전 모돈은 크게 두가지의 변화를 보인다. 첫째는 생리학적 변화 (호흡속도 증가 및 체온상승), 둘째는 행동학적 변화 (둥지 만들기; nest-building behavior) 이다 (Hurnik, 1985). 분만틀은 모돈

의 행동을 최소화하기 때문에 압사를 줄이지만 반면 분만전 이러한 등지 만들기 본능을 표출하는 데 장애가 되어 (Jones, 1966) 분만직전 평사에 비해 더 자주 오랜시간 기립하게 되며 (Heckt 등, 1988), 더 불안정해 진다 (Vestergaard와 Hansen, 1984). 분만틀과 평사는 자돈의 생존 (경제성)과 동물복지라는 두 가지 사이에서 각각 장단점이 존재하며 양면성을 지니고 있다.

본 연구에서는 litter size에서와 마찬가지로 모든 1두당 압사가 아닌 폐사 (Dead, not crushed), 압사 (crushing)등도 역시 유의적 차이는 보여주지 않았다. Data의 분산도가 높아 비록 통계적으로 차이가 나지는 않았지만 수치상으로 보면 큰 차이가 존재하는 것은 분명한 사실이다 (표 12). 그림5에서 보다시피 본 연구에서는 평사에서 압사가 아닌 폐사, 압사, 전체 폐사 두수 및 폐사율이 평균적으로 분만틀에 비해 두 배 이상 높다. 압사에 대한 논의는 밑에서 하기로 하고, 압사가 아닌 폐사가 평사에서 더 높은 이유에 대해 고찰해 보려 한다. 분만 후 자돈은 본능적으로 털이 적고 부드러운 모돈의 유방을 찾아 가며 수 분 내에 모유를 섭취하게 된다. 출생 자돈이 초유를 먹기까지의 시간과 충분한 섭취량은 자돈의 생존율과 밀접한 관련이 있다. 본 연구에 있어서 자돈에게 부여된 면적은 분만틀의 경우 4.50 m², 평사의 경우 9.36 m²이다. 모돈이 이동하지 않고 그대로 누워있어도 평사의 자돈은 분만틀 보다 두 배 이상 넓은 공간을 찾아다녀야 한다. 더군다나 포유기간 내내 항상 같은 자리에 위치하는 분만틀과는 달리 평사의 경우 사료 및 물의 섭취, 배변을 위한 이동 등의 이유로 모돈의 위치 이동이 분만틀에 비해 잦다. 따라서 초유섭취 및 모유 섭취에 있어 평사의 자돈은 보다 불리한 입장에 서게 된다. 이 외에도 면적 대비 보온면적의 협소, 모돈의 분노 및 오염된 사료와 물에의 보다 잦은 접촉 등의 이유가 있을 것이나 사육 면적 이외에 대한 객관적 조사가 이루어지지 않는 것이다.

그림 6과 그림 7에 각각 압사가 아닌 폐사, 압사의 포유기간별 분포를 나타내었다. 압사가 아닌 폐사의 경우 포유기간 전 기간에 걸쳐 비교적 고르게 분포되어 있다. 반면 압사의 경우 분만 후 8일령 이내에 집중적으로 분포되어 있으며, 특히 3일령 이내의 경우 평사에서의 압사비율이 분만틀에 비해 월등히 높음을 알 수 있다. 따라서 분만틀에 비해 비교적 행동이 자유로운 평사의 모돈에 의한 압사를 피할 수 있는 운동능력을 획득하는 시기는 분만 후 4일령정도부터이고, 분만틀이나 평사 모두 약한 자돈까지 압사를 피할 수 있을 만한 충분한 능력을 획득하는 시기는 약 8일령 이후인 것으로 보인다.

본 연구결과와 유사하게 Cronin 등 (1998)이 보고한 실험에서는 분만 후 8일에 자돈의 생존율이 임신모돈 스톨에서 임신기를 보낸 경우에 평사의 경우보다 높다고 하였으며 ($P < 0.01$), Harris 등 (2006)의 경우 유의성은 없었지만 임신모돈 스톨에서의 사육시 폐사율이 13.4 %, 군사 (group-housing pen)의 경우 18.1 %로 더 높았다. 포유자돈은 주로 모돈의 주된 움직임 (서기, 앉기, 눕기, 구르기)에 의해 압사당하며, 압사 방식은 분만시설의 형태에 따라 다른 경향을 보인다. 예를 들어 누워 있다가 앉기, 앉아 있다가 눕기, 누워 있다가 서기, 일어서 있다가 눕기 등의 모돈의 행동은 평사보다는 분만틀에서 더욱 압사의 원인을 제공한다. 그리고 옆구리로 누워있다 유방을 밑으로

하거나 유방을 밀으며 하다가 옆구리로 눕는 등의 구르기 행동은 분만틀 보다는 평사에서 보다 주된 압사의 원인이 된다 (Weary 등, 1996). 본 연구에서 역시 비슷한 양상을 보여 주었지만 약간의 차이도 있었다. 분만틀의 경우 대부분 규격이 큰 차이가 없기 때문에 본 연구에서도 주된 압사의 형태가 비슷하였다 (서기-눕기, 앉기-눕기). 분만틀의 경우 대부분 모돈의 구르는 행위나 앉는 행위에 의한 압사를 방지하는 압사 방지 시설 (guard rail)이 설치되어 있기 때문인 것으로 보인다. 평사의 경우 기존의 연구와 마찬가지로 주된 압사는 옆구리로 누워있다가 유방을 밀으며 하거나 유방을 밀으며 하다가 옆구리로 눕는 행위, 옆구리로 누워있다 돌발적으로 몸을 굴리는 행동에 의해 발생했다. 다만 본 연구에서 사용된 평사에는 벽면에 압사를 방지하는 시설물 (guard rail)이 설치되어 있지 않았기 때문에 모돈이 벽에 기대어 앉거나 눕는 경우, 즉 서기-앉기, 서기-눕기의 행동에 의한 압사도 있었다. 자돈만 출입할 수 있는 (모돈 출입 불가능) 보온공간이 마련되어 있었지만 자돈의 모유를 먹으려는 습성으로 인해 모돈 근처에서 모여 있었고, 특히 모여 있는 장소가 평사의 벽면일 경우 자돈에게 포유하려는 본능으로 인해 모돈이 그 벽면에 기대어 앉거나 눕는 경우 압사가 발생했다. 대부분의 스톨 (분만틀)과 평사의 비교연구는 주로 모돈의 행동학적 차이 (behavioral difference)에 주목을 하고 있다. 물론 본 연구에서도 모돈의 스트레스 변화를 측정하기 위해 plasma 내 cortisol을 분석하기도 하지만, 주요 관점은 두 가지 시설에서의 사육이 모돈 및 자돈의 생리적 변화에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 것이므로 행동학적 차이를 수치화하는 조사는 수행하지 않았다. 행동학적 차이를 수치화하는 연구와 더불어 압사 방지 시설이 설비된 평사를 제작하여 임신모돈 스톨이나 분만틀과 비교하는 연구는 동물복지를 추구함에 있어 꼭 필요할 것이라 사료된다.

표 12. 사육 시설에 따른 포유자돈의 mortality 변화^a

Item	Treatment	
	S ¹	P ²
Total No. of Sow	20	21
Mortality (not crushed), No.	7	20
Mortality rate (not crushed), %	3.6	9.0
Crushing, No.	10	21
Crushing rate, %	5.2	9.5
Total mortality, No.	17	41
Total mortality rate, %	8.9	18.6

¹ S : 임신기-임신모돈 스톨, 분만·포유기-분만틀에서 사육

² P : 임신기부터 분만·포유기까지 평사에서 사육

^a Not significantly different ($P>0.093$)

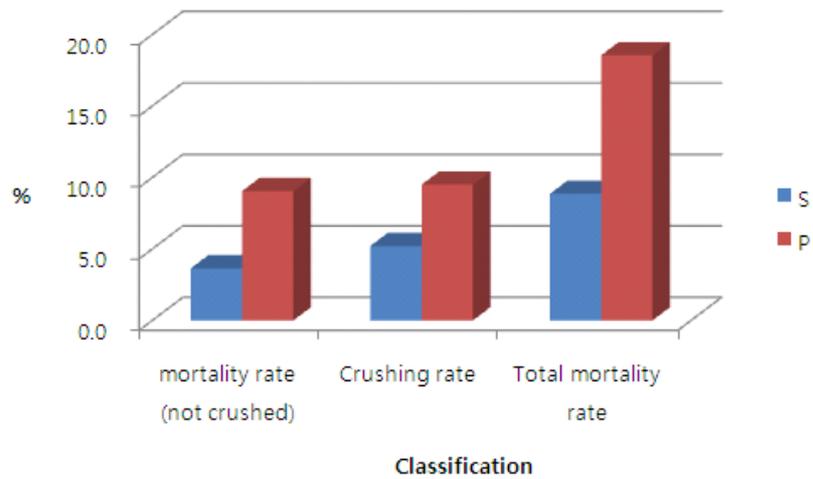


그림 5. 포유기간 (21일) 동안의 유형별 자돈폐사율 비교

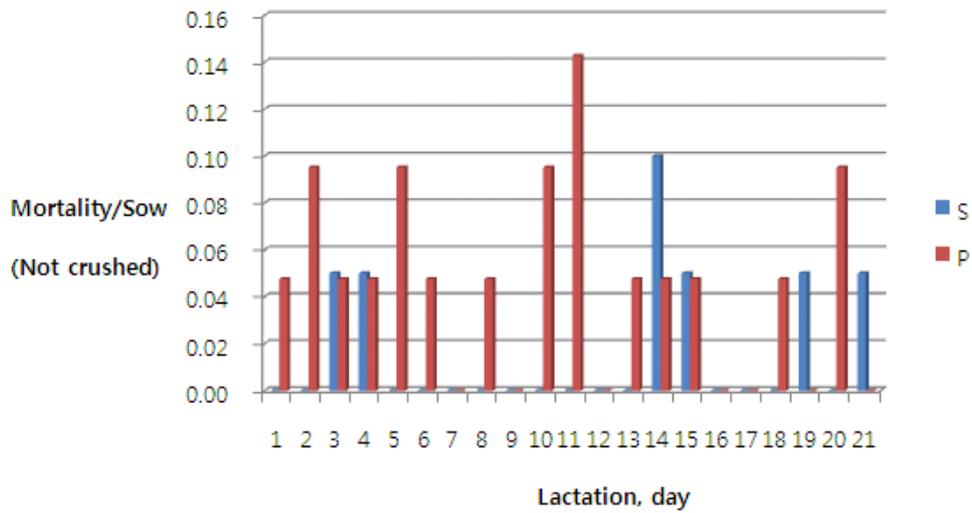


그림 6. 포유기간 (21일)에 따른 모돈 1두당 폐사두수 (압사 제외) 비교

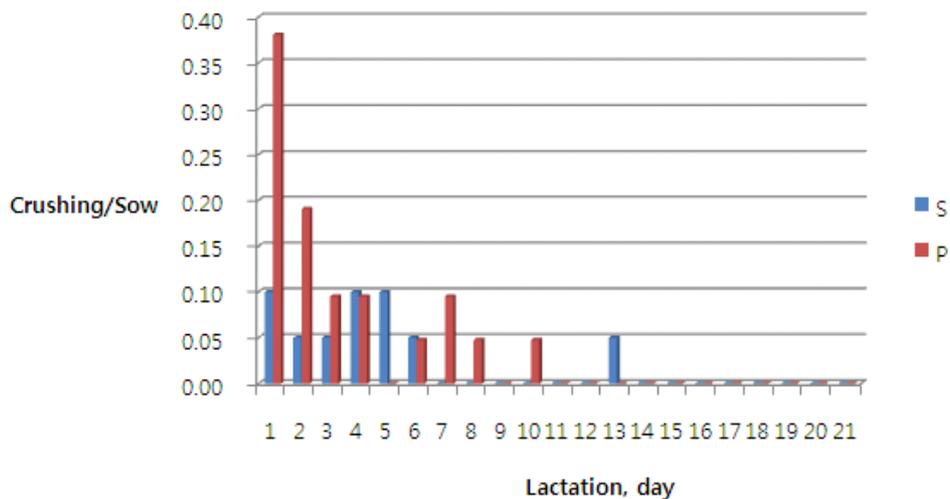


그림 7. 포유기간 (21일)에 따른 모돈 1두당 압사두수 비교

(4) 모유 성분 (Milk composition)

대부분의 스톨 (분만틀)과 평사의 비교연구는 주로 모돈의 행동학적 차이 (behavioral difference) 및 그에 따른 자돈 압사 또는 모돈의 호르몬 (hormone) 변화에 대해 수행되어왔다. 분명 임신 및 분만 시설의 차이와 모유의 성분과의 연관성을 찾는 것은 어려운 일이며, 따라서 그러한 연구를 수행한 선행 연구 사례를 찾을 수 없었다. 본 연구의 경우 시설의 차이에 따른 모돈과 자돈의 생리학적 변화에 초점을

맞추고 있기 때문에 혹시라도 있을 수 있는 차이의 발견을 위해 본 조사를 수행하였다. 그에 따른 연구 결과가 표 13에 나타나 있다. 분만 후 24시간 이내의 초유 (colostrum), 분만 후 7일, 14일령에 채취한 모유에 있어 유지방 (milk fat), 유단백질 (milk protein), 락토오스 (lactose), 무지유고형분 (Solids Not Fat : SNF)은 처리구 간에 아무런 차이를 보여주지 않았다. 분만 후 21일령에서도 다른 항목에서는 차이가 발견되지 않았지만 전 분석 항목 중에 유일하게 21일령 무지유고형분에 있어 유의적인 차이를 찾을 수 있었다. 직접적인 수치상의 차이는 크지 않지만 통계상으로는 분명 존재하는 처리구 간의 차이였다. 본 결과와 분만틀, 평사와의 연관성을 찾아보려 했으나 선행 연구의 부재로 인해 뚜렷한 답을 얻기 어려웠다. 고형분이라는 의미는 우유에서 물을 제외한 나머지 성분을 뜻하며, 무지유고형분 이라는 의미는 단백질, 지방, 탄수화물 등의 영양성분이 모두 포함되어 있는 고형분에서 지방만을 제외한 것이다. 즉, 모유 성분 중 단백질, 탄수화물의 영양소 함량에 관여하는 대사작용과 본 연구의 처리구 (분만틀, 평사)가 상관관계 (interaction)이 있을 가능성이 존재함을 시사한다고 사료된다. 현재 진행중인 호르몬 분석이 완료되면 그 결과와의 연계성 또한 고려해 봐야 할 것이다.

표 13. 사육 시설에 따른 분만·포유기의 모돈의 모유성분 변화^a

Item	Treatment		SEM ³
	S ¹	P ²	
Postpartum 0 d, colostrum, %			
Fat	10.4	10.5	0.685
Protein	7.5	6.5	0.27
Lactose	3.7	4.1	0.1
SNF	11.9	11.2	0.207
Postpartum 7 d, %			
Fat	7.6	7.9	0.332
Protein	4.7	4.9	0.129
Lactose	5.2	5.3	0.084
SNF	10.6	10.8	0.087
Postpartum 14 d, %			
Fat	6.7	7.9	0.313
Protein	4.9	5.0	0.076
Lactose	5.7	5.6	0.063
SNF	10.9	10.9	0.069
Postpartum 21 d, %			
Fat	7.1	8.4	0.383
Protein	5.2	5.1	0.085
Lactose	5.7	5.5	0.092
SNF	11.3 ^a	10.8 ^b	0.105

¹ S : 임신기-임신모돈 스톨, 분만·포유기-분만틀에서 사육

² P : 임신기부터 분만·포유기까지 평사에서 사육

³ Standard error of mean

^{a,b} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$)

제 2 절 생산성 향상을 위한 이유자돈 사육시설에 따른 성장 비교 검증

1. 서론

1980년대 초에는 200여만 두에 지나지 않았던 양돈 사육두수는, 2005년에는 사육가구수가 12.3%에 총 마리수가 8900두수였지만 2007년 12월에는 9.8%에 9600두수로 사육 가구수는 점차적으로 감소하고 있지만 사육두수는 증가함에 따라 돼지 사육규모가 집적화 대형화 되고 있다. 우리나라 양돈 산업은 농업부문의 모든 산업 중에서 쌀 다음으로 높은 3조 8천억 원의 매출액을 보이며 축산업에서는 가장 규모가 큰 중요한 산업이다. 이처럼 양돈 산업이 우리나라 농산업에서 매우 중요하고 축산업에서 가장 중요한 위치를 차지하는데 핵심적이며 기본적인 요소는 사양관리라고 할 수 있다.

최근 양돈 사업이 규모화가 되면서 사육두수가 증가 되는 현상이 계속되고 있다. 이러한 규모화는 양돈농가 시설의 변화를 가져오게 되었으며 이익 창출을 위해 작은 공간에 많은 돼지 수용과 경제적 이익을 위해 밀폐된 무창 돈사의 모습으로 변화 하고 있다. 그러나 이러한 규모화와 함께 농가에서 소모성 질병이 만연하여 폐사율이 높아지게 되어 낮은 생산성을 나타나고 있다. 이를 줄이기 위하여 오래 전부터 가축의 성장촉진, 질병예방 목적으로 항생제의 사용은 높아졌지만 최근 항생제의 내성문제가 야기되면서 유럽을 중심으로 하여 성장촉진 목적으로 하는 항생제의 사용을 전면 금지와 항생제 사용량에 대한 규제가 강화 되었다. 우리나라도 2009년부터 7종을 줄인 18종의 항생제 사용을 허가하였으며 2012년 부터는 가축 사료내에 항생제 사용을 전면 금지 할 계획을 밝혔다. 이에 따라 항생제의 대체제의 연구와 돈사환경 개선에 대한 연구가 활발하게 일어나고 있다. 질병으로 인한 폐사율의 증가는 앞으로 우리나라의 양돈 사업을 향상시키는데 어려움을 주고 있으며 돼지의 폐사율을 감소시키기 위해서는 차단방역, 철저한 소독, 시기에 맞는 백신접종, 돈사의 환경을 깨끗이 해야 한다. 특히 자돈 시기에는 면역력이 약한 시기이기 때문에 이러한 소모성 질병의 노출은 곧 자돈 폐사율에 영향을 미치게 되어 농가 수익에 영향을 주게 된다. 주로 자돈 시기에는 다양한 스트레스에 노출되게 되는데 어미와 함께 있다가 새로운 환경과 자돈을 만나면서 서열싸움 등을 통한 스트레스와 사료변화에 의한 스트레스로 이는 어미젖인 액체형태로 공급 받다가 고형물인 사료를 먹게 되면서 사료 섭취가 감소하게 되고 이 시기에는 자돈의 설사 비율이 증가하게 된다. 이 시기에 이러한 병원균의 접촉은 자돈의 면역력을 감소 시켜 자돈 폐사의 원인이 될 수 있다. 우리나라 양돈 농가는 주로 슬러리 자돈사에서 이유자돈을 사육하나, 이는 대부분 고질적인 설사로 인해 이유 후 일당증체량이 100g이하를 보이거나, 체중이 오히려 감소하는 음의 성장도 관찰되기도 하며 허실된 사료 및 돈분의 부패로 인해 생기는 악취로부터 자돈들이 보호가 어려운 환경이라고 보고되어지고 있다. 밀폐되고 한정된 공간 내에 많은 수의 돼지가 사육됨으로 인해 사료와 분뇨가 돈사 내부에 집적되고, 그 결과 돼지

에게 해로운 가스 및 악취의 발생이 야기 때문이라고 보고되고 있다. 따라서, 사양관리 기술의 개선, 친환경적인 돼지 사양 관리의 제시를 통하여 질병 예방 및 생산성을 극대화할 수 있는 사양관리체계 개선이 시급한 실정이다.

최근 사양관리기술에서 돈사 환경에 관한 사양관리기술이 가장 중요하면서 기본적인 것이지만, 아쉽게도 우리나라에서는 사양관리 프로그램에 관한 연구가 수행된 적이 없다. 외국을 중심으로 친환경 축산에 적합하며 자돈의 설사를 최소한으로 억제할 수 있는 자돈용 돈사의 형태로 고상식에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다 (Tomas Menke 등 1999, Stowell 등 2000). 우리나라에서는 고상식 자돈사에서 10% 이상의 사양성적 증가와 자돈사 청소 용이 등 긍정적 효과를 보고 된 바가 있다 (김 등 2007). 이 연구결과에 의하면, 고상식 돈사에서 부패된 사료와 돈뇨의 접촉을 차단하여 설사 빈도를 감소하고 깨끗한 돈사를 만들어서 건강한 자돈을 생산할 수 있는 것으로 보고하고 있다 (김 등 2007). 또한 돼지 분뇨 처리를 신속하게 하여 돼지 분뇨로부터 발생하는 유해한 가스인 암모니아와 황화수소 등에 노출되는 빈도를 낮추어서 자돈사 환경을 쾌적하게 유지할 수 있다고 밝혀졌다. 고상식 자돈사는 이유 자돈이 철근 망사 바닥으로 된 2층에서 사육되며 돼지 분뇨의 저장 및 처리는 바닥에서 행하도록 설계된 환경친화형 돈사라고 할 수 있다. 고상식 자돈사의 장점으로는 10% 이상의 사양 성적 증대 및 원활한 환기 시스템으로 인한 악취 제거는 물론 청소의 편리함으로 인하여 이유 자돈의 사육환경을 개선하여 이러한 환경 요인이 이유 자돈의 폐사를 감소와 성장성적의 향상에 긍정적인 영향을 미친다고 보고되고 있다. 고상식 자돈사는 평사 돈사에 비해 허실된 사료 및 돈분의 부패로 인해 생기는 악취로부터 자돈들이 보호될 수 있다. 특히 고상식 자돈사의 바닥을 철망이나 구멍이 있는 바닥으로 설치 시, 배설되는 분뇨가 바로 바닥으로 떨어져 설사의 발생도 현저히 줄어들어 건강한 자돈을 생산할 수 있다고 보고되고 있다. 따라서, 본 실험에서는 국내 이유자돈 사육시설 중 고상식과 평사가 이유자돈의 성장능력과 면역력에 미치는 영향을 비교함으로써 자돈의 생산성을 비교·검증하고자 수행하였다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 실험 동물

24±2 일령에 이유한 평균체중 7.90±0.25 kg의 삼원교잡종([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 192두를 공시하여, 4처리 6반복으로 돈방당 8두씩 성별과 체중에 따라 난괴법(RCBD; Randomized Completely Block design)으로 배치 하였으며 고상식 돈사에 대한 실험은 충청북도 음성군 오생리 551번지 서울대학교 단위동물영양생화학실 시험농장에서 수행하였으며 평사 돈사에 대한 실험은 경기도 수원시 권선구 탑동 540번지 서울대학교 부속실험목장에서 수행되었으며 전 실험기간은 자돈기 6주 동안 수행하였다. 처리구는 1) 고상식 돈사 (elevated pen) + 항생제 무첨가(basal diet : NRC (1998)를 충족하는 옥수수-대두박 위주의 기초사료로서 항생제 무첨가), 2) 고상식 돈사 (elevated pen) + 항생제 첨가(basal diet + 0.10% 아빌라마이신), 3) 평사 돈사 (floor-slotted pen) + 항생제 무첨가(basal diet), 4) 평사 돈사 (floor-slotted pen) + 항생제 첨가(basal diet + 0.10% 아빌라마이신) 로 총 4처리로 하였으며 실험 전기간동안 사료와 물은 자유급이 (*ad libitum*)를 하였으며 자돈기의 온도 조절은 첫주 일주일 동안 30℃를 유지하였으며 매주 1℃씩 낮추어 자돈기 6주차에는 26℃를 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육하였다.

나. 실험 사료

옥수수 및 대두박을 실험사료의 기초사료(basal diet)로 이용하였으며, 각 사육 시기에 맞춰 NRC(1998) 영양소 요구량을 기초로 하여 배합을 실시하였다. 실험 사료의 대사에너지(ME; metabolic energy)는 자돈기 Phase I (0-1주), Phase II (1-3주)와 Phase III (3-6주)에 3265.00 kcal/kg 이었다. 라이신 (lysine)은 자돈기 Phase I, Phase II 그리고 Phase III에 각각 1.36%, 1.17%, 1.05% 이었다. 항생제는 Availamycin(20ppm) 제재를 항생제 첨가구에 0.10% 첨가하였다. 조단백질, 비타민, 미량광물질 및 다른 영양소들은 NRC(1998)의 요구수준과 같거나 높게 배합하였으며, 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 14 (자돈기 phase I), 표 15 (자돈기 phase II), 표 16 (Phase III)에 제시된 바와 같다. 3가지의 사료가 배합되어 단계별 자돈사양 프로그램에 따라 급여되었다.

Table 14. Formula and chemical composition of the experimental diet in weaning (phase I)

Ingredients ¹ ,%	NC	PC
Corn	36.56	36.46
SBM-44	25.01	25.01
HP 300	13.95	13.95
whey	4.02	4.02
WPC	1.63	1.63
Lactose	16.00	16.00
MCP	1.10	1.10
Limstone	0.98	0.98
L-lysine	0.03	0.03
DL-Met	0.10	0.10
Vit. Mix ²	0.12	0.12
Min. Mix ³	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20
Choline-Cl (25%)	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10
Antibiotics ⁴	0.00	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition ⁵		
Energy ME, kcal/kg	3433.32	3429.90
CP, %	23.00	23.00
Lysine, %	1.36	1.36
Methionine, %	0.44	0.44
Ca, %	0.80	0.80
Total P, %	0.65	0.65

¹Feed additives or antibiotics (0.10%) were supplemented base on domestic regulations and recommendations of suppliers.

²Provided per kg of diet : Vit A, 8,000,000IU; Vit D3, 1,600,000IU; Vit E, 17,400mg; Vit K3, 2,400mg; Vit B1, 1,500mg; Vit B2, 3,800mg; Vit B6, 3,000mg; Vit B12, 24mg; Folic Acid, 1,500mg; Pantothenic Acid, 12,000mg; Niacin, 23,000mg; Biotin, 128mg; Ethoxyquin, 12,000mg.

³Provided per kg of diet : Fe,79,575mg; Cu, 63,410mg; Zn, 44,540mg; Mn, 15,488mg; Co, 165mg; I, 183mg; Se, 84mg.

⁴avilamycin(CTC-bio).

⁵Calculated value.

15. Formula and chemical composition of the experimental diet in weaning (phase II)

Ingredients ¹ ,%	NC	PC
Corn	51.56	51.46
SBM-44	26.71	26.71
HP 300	8.69	8.69
whey	0.28	0.28
Lactose	10.00	10.00
MCP	1.17	1.17
Limstone	0.93	0.93
DL-Met	0.04	0.04
Vit. Mix ²	0.12	0.12
Min. Mix ³	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20
Choline-Cl (25%)	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10
Antibiotics ⁴	0.00	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition ⁵		
Energy ME, kcal/kg	3397.55	3394.13
CP, %	21.00	21.00
Lysine, %	1.17	1.17
Methionine, %	0.37	0.37
Ca, %	0.75	0.75
Total P, %	0.63	0.63

¹Feed additives or antibiotics (0.10%) were supplemented base on domestic regulations and recommendations of suppliers.

²Provided per kg of diet : Vit A, 8,000,000IU; Vit D3, 1,600,000IU; Vit E, 17,400mg; Vit K3, 2,400mg; Vit B1, 1,500mg; Vit B2, 3,800mg; Vit B6, 3,000mg; Vit B12, 24mg; Folic Acid, 1,500mg; Pantothenic Acid, 12,000mg; Niacin, 23,000mg; Biotin, 128mg; Ethoxyquin, 12,000mg.

³Provided per kg of diet : Fe,79,575mg; Cu, 63,410mg; Zn, 44,540mg; Mn, 15,488mg; Co, 165mg; I, 183mg; Se, 84mg.

⁴avilamycin(CIC-bio).

⁵Calculated value.

표 16. Formula and chemical composition of the experimental diet in weaning (phase III)

Ingredients ¹ ,%	NC	PC
Corn	69.21	69.11
SBM-44	19.17	19.17
HP 300	9.02	9.02
MCP	1.08	1.08
Limstone	0.81	0.81
L-lysine	0.06	0.06
DL-Met	0.03	0.03
Vit. Mix ²	0.12	0.12
Min. Mix ³	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20
Choline-Cl (25%)	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10
Antibiotics ⁴	0.00	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition ⁵		
Energy ME, kcal/kg	3325.96	3322.54
CP, %	19.00	19.00
Lysine, %	1.05	1.05
Methionine, %	0.34	0.34
Ca, %	0.70	0.70
Total P, %	0.60	0.60

¹Feed additives or antibiotics (0.10%) were supplemented base on domestic regulations and recommendations of suppliers.

²Provided per kg of diet : Vit A, 8,000,000IU; Vit D3, 1,600,000IU; Vit E, 17,400mg; Vit K3, 2,400mg; Vit B1, 1,500mg; Vit B2, 3,800mg; Vit B6, 3,000mg; Vit B12, 24mg; Folic Acid, 1,500mg; Pantothenic Acid, 12,000mg; Niacin, 23,000mg; Biotin, 128mg; Ethoxyquin, 12,000mg.

³Provided per kg of diet : Fe,79,575mg; Cu, 63,410mg; Zn, 44,540mg; Mn, 15,488mg; Co, 165mg; I, 183mg; Se, 84mg.

⁴avilamycin(CTC-bio).

⁵Calculated value.

다. 혈액 채취 및 면역성상

혈액은 처리당 6마리씩 매주 지정된 돼지에서 21 gage 바늘을 이용하여 5ml씩 채취하였으며 혈액은 disposable culture tube에 담아서 4℃에서 3000rpm에서 15분로 돌린 후 혈청만 분리한 하여 micro tube에 분주 후 분석할 때 까지 -20℃에 보관하였다. BUN은 혈액 분석기(Ciba-Corning model, Ciba Diagnostics Co.)를 이용하여 분석하였다.

혈액에서 면역 성상을 분석 위하여 실험돈 중 처리당 6두를 선별하여 매주 경정맥에서 혈액을 채취하였으며 serum 형태로 원심분리기를 이용하여 4°C에서 3000rpm에서 15분로 돌린후 -20°C에 보관하였으며 샘플의 측정은 서울대학교 단위동물영양생화학 실험실에서 ELISA Starter kit (Bethyl Laboratories Inc., USA)와 Quantitation kit (E100; BETHYL)를 이용하여 IgA, IgG를 분석하였다. TNF- α and IL-1 β 농도는 각각 TNF- α 각 각 EP2TNFA ELISA kit (Pierce Biotechnology, Inc)와 quantikine ELISA kit (R&D Systems, MN)를 이용하여 분석하였다.

라. 설사빈도(Diarrhea Score)

설사 빈도 측정값은 펜당 (자돈 항문주위의 수양성 설사 흔적을 가진 개체 돼지 마리수 \times 0.5)+1 로 계산하였으며 만약 한펜에 모든 돼지가 설사할시 5, 한 마리도 안할 경우 1로 측정하여 계산하였으며 전 실험 기간 동안 객관성을 위하여 매일 아침 9:00시에 일회 측정하였다.

바. 화학 분석 및 통계 분석 방법

실험사료의 일반성분 (조수분, 조단백질, 조지방, 조회분, 조섬유) 분석은 AOAC (1995)의 방법에 따라 실시하였다. 사료의 칼슘과 인은 회화한 후 전처리 과정을 거쳐 AAS (atomic absorption spectrophotometer) (Shimadzu, AA-6401, Japan)를 이용하여 측정하였다. 통계분석은 SAS(2004)의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대해유의성 검사를 하였으며 2 \times 2 factorial design 으로 분석하였다. 사양실험에서 돈방을 실험단위로, 영양소 소화율 실험과 면역실험에서는 돼지 1마리를 실험 단위로 하여 최소 유의차 (LSD) 다중검정법에 의해 처리간 결과를 비교하였다. 유의차가 있을 경우 $P < 0.05$ 로, 고도의 유의차가 있을 경우 $P < 0.01$ 로 고려하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 성장성적(Growth Performance)

자돈기 6주 동안 다른 펜형태와 항생제 첨가에 따른 이유자돈의 사양성적에 미치는 영향을 표 17에 나타내었다. 전 실험 기간동안 다른 펜 형태 \times 항생제 첨가에 따른 ADG, ADFI 와 G:F에 대한 상관관계는 나타나지 않았다. Cromwell 등(1991)은 사료 내 항생제 첨가시 동물의 성장 증체가 좋아진다고 하였으며 이는 항생제가 질병의 원인이 되는 박테리아를 억제하기 때문에 돼지의 성장 능력이 좋아지기 때문이라고 하였다. 하지만 본 실험에서는 항생제 무첨가 첨가에 따른 유의적인 차이도 나타나지 않았다. 이러한 결과는 깨끗한 환경에서는 비위생적인 환경에 비해서 항생제의 효과가 덜 나타나기 때문이다 (Roura et al., 1992). 자돈기 phase I 동안 고상식 항생제 무첨가구를 제외한 나머지구에서 음의 성장을 보였다. 1주에서 3주까지 시기에는 평사 처리구에서 고상식 돈사에 비해 ADG ($P < 0.05$), ADIF ($P < 0.05$)가 통계적인 유의적인 차이를 나타냈다. 하지만 3주 이후부터 실험이 끝나는 6주 때 까지 고상식 돈사의

성장 속도가 높게 나타났다. 또한 ADG ($P<0.01$), ADIF ($P<0.01$)가 통계적인 유의적인 차이를 보였다. 이러한 결과는 설사가 빠르게 3주 이후에 감소되면서 고상식 돈사에서 자돈이 몸 상태가 빠르게 회복되면서 사료섭취가 증가하기 때문이다. G:F는 전 기간 동안 통계적인 유의성을 보이지 않았다.

이유자돈 시기는 새로운 환경, 액상에서 고형물 사료로 변화 등을 경험하게 되면 장관내 많은 변화가 나타나게 된다. 특히 이 시기에는 소화효소 등이 발달 되지 않은 상태이기 때문에 고형물 사료를 섭취하더라도 제대로 소화 흡수를 못하게 된다. 흡수 되지 못한 상태에서 장관에 오게 되면 유해미생물이 장에 우점하게 되면 이는 체중감소, 설사 등을 야기 시킨다. 그러므로 이시기를 어떻게 관리하고 이러한 소모성 질병들을 줄일 수 있는냐에 따라 돼지의 성장에 많은 영향을 미치게 된다. 많은 실험등을 통해서 깨끗한 환경에서 사육된 돼지들이 비위생적인 환경에서 자란 돼지들에 비해 성장능력, 섭취율이 좋게 나타났으며 (Mabry et al., 1982 이번 실험에서도 위생적인 환경에서 자란 고상식 돈사 돼지들에게서 사양성적이 더 좋게 나타났다.

표 17. 고상식과 평사 및 항생제 첨가 유무에 따른 이유자돈의 성장능력

Item	Elevate pen		Floor-slotted pen		SEM ²	P-value		
	NC ^a	PC ^b	NC	PC		Pen type	Antibiotic	Pen type×Antibiotic
Body weight (kg)								
Initial	7.90	7.90	7.89	7.90	0.25	NS ^c	NS	NS
7 d	8.08	7.72	7.79	7.74	0.20	NS	NS	NS
21 d*	0.58	10.06	11.00	11.36	0.26	<0.05	NS	NS
40 d	22.26	21.53	20.64	21.02	0.33	NS	NS	NS
ADG (g) ³								
0~21 d	128	102	145	165	10.3	NS	NS	NS
22~40 d**	615	605	510	509	17.0	<0.01	NS	NS
0~40 d	359	341	318	328	6.59	NS	NS	NS
ADFI (g) ³								
0~21 d**	297	279	345	354	10.9	<0.01	NS	NS
22~40 d**	935	940	832	782	22.7	<0.01	NS	NS
0~40 d**	698	695	653	632	9.83	<0.01	NS	NS
G/F ³								
0~21 d	0.430	0.360	.421	.451	0.22	NS	NS	NS
22~40 d	0.657	0.644	0.613	.650	0.01	NS	NS	NS
0~40 d	0.514	0.491	.489	0.521	0.01	NS	NS	NS

^cNS=not significant ($P>0.10$).

** : Pen type effect of evaluation ($P<0.01$).

* : Pen type effect of evaluation ($P<0.05$).

나. 설사빈도

총 6주간의 사양실험을 통해서 고상식 자돈사와 평사 자돈사의 설사빈도를 그림 3에 나타내었다. 0-6 주까지의 설사빈도를 살펴보면 평사 자돈사가 고상식 자돈사에 비해서 높은 경향을 보였으며 유의적으로도 1주($P<0.01$), 3주($P<0.05$), 6주($P<0.05$) 때 차이를 나타냈다. 그러나 항생제 처리구와 무항생제 처리구간 설사 빈도에 있어서는 전 기간 동안 처리간 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

이유 자돈에 있어 이유 후 급격한 환경의 변화와 수송스트레스, 사료교체에 따른 영양 스

트레스에 따른 설사로 이유 후 초기에 설사가 많이 발생한다. 1-2 주차 설사 빈도를 관찰하면, 고상식 자돈사와 평사 자돈사 처리구에서 설사 빈도가 3-5 주차에 비해 설사빈도가 높게 나왔는데 이는 이유 후 새로운 환경에 적응을 하지 못하고 고품사료에 적응을 하지 못하여 설사 빈도수가 증가한 것으로 보인다. 3-5 주차 설사 빈도를 보게 되면, 3주차부터 설사 빈도가 0-2 주차에 비해 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 이유 후 고품 사료에 적응을 못한 이유자돈이 급격히 설사가 증가하다가 고품사료에 서서히 적응해 가고, 아밀라아제와 말타아제 등 탄수화물 분해효소가 점차 활성이 되는 시기로 인한 설사 빈도가 감소한 것으로 보인다.

이유 자돈의 설사는 과거 단순하게 수양성 설사를 하며, 위축되다가 일정기간 후 회복되는 경향을 보여 왔으며, 항생제로 치료할 경우 개선되는 것으로 나타났다. 그러나 현재 이유자돈의 설사는 항생제에 대한 반응성이 감소하거나 전혀 없고, 이유후소모성질병 (PMWS; postweaning multisystemic wasting syndrome) 유사 증상을 보이며, 그 원인도 다양하다. 보통 설사를 하는 이유 자돈은 열이 나고, 떨며, 복식호흡을 하고, 위축되어 심하면 폐사에 이르게 되며, 설사로만 끝나는 것이 아니라 호흡기 질병을 동반하며, 낮은 생산성의 주원인이기도 하다(Dirkzwager et al., 2005). 따라서 자돈에 있어서 설사는 농장의 성적과 직결된 것이며 이를 방지하는 것이 큰 목적이라고 할 수 있다. 평사 돈사의 경우 자돈의 분노가 평사에 남아 있어 자돈과 분노가 접촉을 하게 되어 질병 전파 및 설사에 영향을 미쳐 건강에 유해하지만, 고상식 돈사의 경우 돈사 바닥을 철망이나 구멍이 있는 바닥으로 설치 시, 배설되는 분노가 바로 바닥으로 떨어져 돈방의 사육환경을 개선하여 설사의 발생도 현저히 줄어들어 설사로 인한 이유자돈의 폐사율 감소와 성장성적의 향상에 긍정적인 영향을 기대할 수 있다고 보고되고 있다(Meyer et al., 1999).

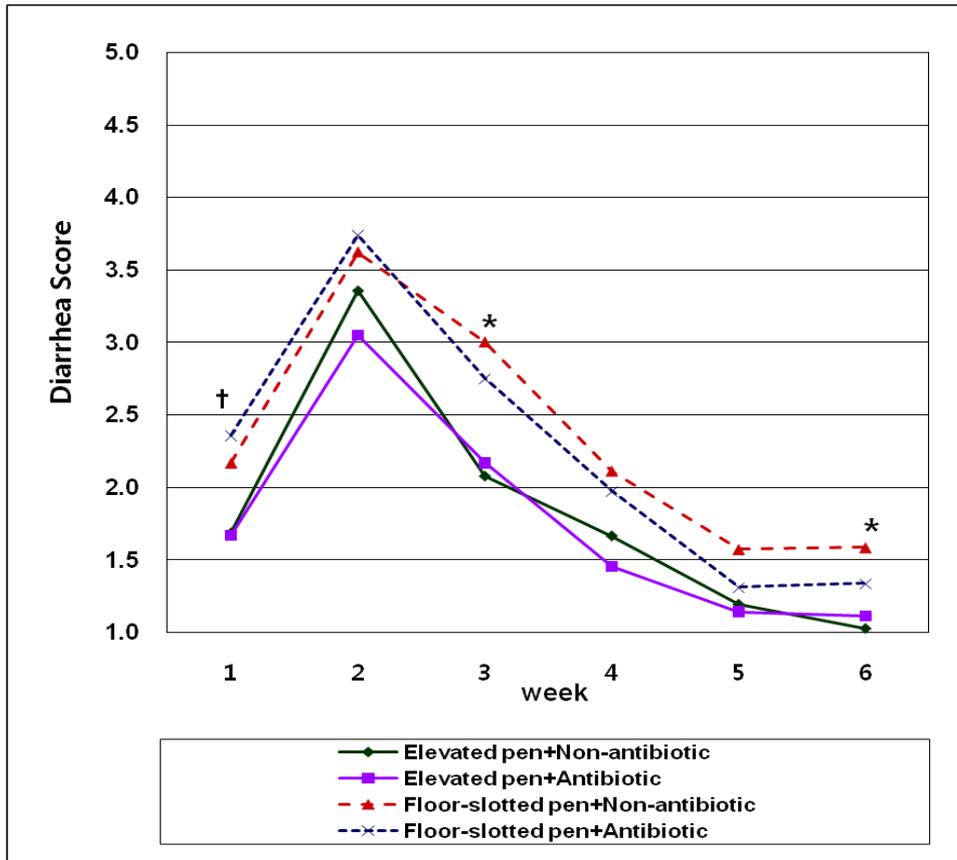


그림 8. 고상식과 평사 및 항생제 첨가 유무에 따른 이유자돈의 설사빈도
 († $P < 0.01$, * $P < 0.05$)

다. 혈중 요소태 질소(Blood Urea Nitrogen)

표 18에서 고상식과 평사 및 항생제 첨가 유무에 따른 혈중 요소태 질소 (BUN; blood urea nitrogen)의 양상을 나타내었다. 자돈기 2주($P<0.01$)를 제외한 나머지 기간 동안 항생제 첨가 유무에 따른 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하지만 다른 펜 형태에 따라서는 자돈기 2주($P<0.10$), 4주($P<0.05$), 5주와 6주($P<0.01$)때 통계적으로 유의적인 차이가 나타났다. 고상식에서 사육한 돼지들이 평사에서 사육한 돼지에 비해 혈중 요소태 질소의 수치가 낮게 나타났다. 혈중 요소태 질소 수치는 3주 때 까지 상승하는 경향을 보이다가 3주 이후로는 계속적으로 감소하는 모습을 보였다. 이러한 결과는 평사에서 사육된 돼지들이 고상식 돼지들에 비해 단백질 효율성이 낮기 때문이다. 자돈기 2주째 고상식 항생제 무첨가구에서 가장 낮은 혈중 요소태 질소 수치를 보이고 있는데 이는 이시기에 이 처리구 자돈들이 높은 ADG, 체중이 다른 처리구에 비해 높은 경향을 나타냈기 때문이다. 혈중 요소태 질소 (BUN; blood urea nitrogen)은 일반적으로 가축들이 사료를 먹고 난후 단백질의 최종 대사산물로써 아미노산이용성과 단백질 이화작용을 측정하는 좋은 지표가 된다. 면역적 변화는 근육내 단백질의 퇴하를 증가시키며(Webel et al., 1997) 싸이토 카인의 수치가 증가할 경우 혈중 요소태 질소 함량도 올라가는 원인이 될 수 있다. Fisher(1965)는 송아지 실험에서 오래동안 심한 설사를 하게 되면 혈중내 Na^+ 와 Cl^- 수치는 떨어지게 되고 K^+ 와 혈중 요소태 질소의 농도가 증가한다는 연구결과를 발표하였다. 높은 혈중 요소태 질소는 기아, 탈수 상태 또는 장관내 덜 분해된 단백질의 박테리아 발효 등으로 인하여 단백질 분해와 관련이 있다(Etheridge 등, 1984). 또한 BUN 질소 농도와 N 배출 비율과는 상관관계가 있으며 신장에서 질소 여과 비율은 다른 축종에 비해 돼지가 높게 나타난다고 보고하고 있다 (Kohn et al., 2005).

표 18. 고상식과 평사 및 항생제 첨가 유무에 따른 이유자돈의 혈중요소태 질소 함량

Item	Elevae pen		Floor-slotted pen		SEM	P-value		
	NC ^a	PC ^b	NC	PC		Pen type	Anti biotic	Pen type × Antibiotic
1 week	16.97	18.77	21.32	21.37	0.95	NS ^c	NS	NS
2 week ^{ef}	16.03	21.40	20.38	22.58	0.80	<0.10	<0.01	NS
3 week	21.67	22.68	22.02	22.98	0.79	NS	NS	NS
4 week ^d	18.67	17.92	20.03	21.55	0.72	<0.05	NS	NS
5 week ^e	16.40	15.02	19.15	18.42	0.60	<0.01	NS	NS
6 week ^e	8.5	9.17	12.57	11.38	0.58	<0.01	NS	NS

¹A total of 192 crossbred pigs were fed with initial body weight of 7.90±0.25kg.

^aNcon-basal diet (corn-SBM based).

^bPcon-basal diet+0.10% antibiotic (avilamycin).

^cNS=not significant ($P>0.10$).

^dMean within row with different superscripts differ pen type effect ($P<0.05$).

^eMean within row with different superscripts differ pen type effect ($P<0.01$).

^fMean within row with different superscripts differ antibiotics effect ($P<0.01$).

라. 면역성상

항생제 첨가 유무와 고상식, 평사 돈사 환경에 따른 혈액 내 면역관련 혈액학적 지표는 그림 5,6 표 19,20에서 보는 바와 같다. 이유 후 기간 동안 수동면역은 능동면역으로 변화하며 박테리아와 바이러스로부터 침입을 막는 역할을 한다. 그림 5,6을 보게 되면 IgA와 IgG의 변화를 볼 수 있다. 그림 4을 보면 IgA의 수치를 보게 되면 1주 ($P<0.01$), 2주($P<0.01$), 3주($P<0.01$)에서 다른 펜타입에 따른 유의적인 차이를 볼 수 있다. 항생제 첨가 유무에 따라서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 평사 처리구에서 4주 때 까지 고상식 처리구에 비해 IgA농도가 낮게 나타났다. 그 원인중 하나는 4주 때 까지 평사돈사의 폐지들이 설사가 심하게 발생하였는데 이로 인하여 장상피 조직이 파괴 되면서 IgA의 수치가 감소되는 양상을 보였기 때문이라고 사료된다. 포유자돈은 어미의 젖을 먹으면서 성장을 하는데, 어미 젖에서 분비되는 IgA가 병원성 미생물이 자돈의 소장 용모에 부착하지 못하게 하는 역할을 한다. 병원성 미생물(대장균 등)은 장용모에 부착되어 기생하면서 독소를 배출하고 용모를 탈락시킨다. 그러므로 용모가 짧아지고 용모에서 분비되는 소화효소의 양도 줄고, 영양소를 흡수할 수 있는 면적도 줄어든다. 이로 인하여 IgA의 수치가 감소하게 된다. B세포의 항원인식 분자를 면역글로불린(immunoglobulin, Ig)이라고 부르며 이들은 각각의 B세포는 한가지 항원 특이성을 갖는다. IgA는 분비약내에 존재하는 중요한 개별형으로 주요 존재 부위로는 장과 호흡기 점막 상피에 존재하고 있으며 옹소니화 작용과 보체를 활성화 시키는 작용은 약하지만 이들이 정상적으로 존재하지 않는 상피표면에서 주로 작용하여 중화항체로 작용하게 된다. IgA의 주요 부위는 장, 유즙 분비 유방 침샘 호흡상피 등에 있으며 감염원에서 상피표면을 보호하는 역할을 하고 있으며 세균이 침입 할 경우 이들이 상피에 부착되는 것은 저해하고 병원체에 대한 방어를 담당한다. IgG는 혈액과 세포 외액에 존재하는 가장 중요한 개별형이며 병원체를 옹소니화 작용으로 세균들을 약하고 하고 보체를 활성화시며 보조 세포들과 보조 분자들의 이용이 가능한 신체조직에서 주로 작용하게 되며 이들은 크기는 작아서 혈액에서 조직으로 쉽게 확산된다. 총기간 동안 IgG의 농도는 그림5에 나타내었다. 2주 때 까지 평사돈사에서 높은 IgG수치를 보이고 있으며 이는 2주차에 설사빈도가 다른 기간에 비해 높게 나타났는데 이시기에는 환경 변화로 인해 자돈들이 고형물사료를 섭취하지만 제대로 소화되지 않는 사료들의 발효로 인하여 장내에 침입하여 장관을 손상시키거나 혹은 세균, 유해미생물들이 동물체내에 침입하게 되면 장관이 손상을 입히게 되었기 때문에 이를 막기위해 전신면역을 담당하는 IgG의 농도가 급증한다고 사료된다. 동물체내에 박테리아나 유해한 세균들이 몸에 들어오게 되면 그 감염균과 싸우기 위해서 염증반응이 나타나게 된다. 흔히 염증 반응이 나타나게 되며 감염장소에서 발적, 열 종창, 통증 등이 나타나며 이러한 변화들을 통해 케모카인, 싸이토카인등이 생산되게 된다. 첫 염증 반응이 시작되면 호중구들이 감염장소로 모여들게 되며 다음에는 단구들이 나타나게 된다. 이러한 대식세포 등에 의해서 유리된 세포들 중에 종양괴사인자-알파(tumor necrosis factor- α , TNF- α)싸이토카인들이 나타나게 된다. 싸이토카인(cytokine)은 다양한 세포에 의해서 나타나는 대략 25 kDa하는 작은 단백질로부터 유래되며 보통 자극에 의해서 유리되고 특수한 수용체와 결합되면 반응이 나타나게 된다. 세균 등 유해한 병원체가 동물체내에 들어오게 되며 대식세포로부터 분비되게 되며 이러한 종류에는

interleukin-1 β (IL-1 β), interleukin-6(IL-6), interleukin-12(IL-12), TNF- α 등이 있다. 이러한 사이토카인은 체온상승이 나타나게 되며 이러한 열은 일반적으로 숙주방어를 위해 돕는다. 이들의 중요한 역할중 하나는 급성기 반응(acute-phase response)을 유도하는 것인데 간세포에서 IL-1, TNF- α 등의 작용은 간세포에서 생산된 단백질을 혈액으로 이동시키는데 관여하고 있으며 이렇게 유도된 단백질은 급성기 단백질(acute-phase protein)이라고 한다. 자돈 2주, 6주를 비교한 IL-1, TNF- α 수치는 표 6,7에 나타내었다. 자돈기 2주, 6주째 TNF- α 농도 변화는 돈사시설과 항생제 첨가 유무에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. IL-1 β 의 농도는 자돈기 2주째 고상식과 평사 및 항생제 첨가 유무에 따라 차이를 보이지 않았지만 6주 때에는 돈사시설($P<0.05$), 항생제 첨가 유무($P<0.05$)에 따라 유의적인 차이가 나타났으며 상호작용(interaction)에 의해서도 유의적인 차이가 나타났었다($P<0.05$).

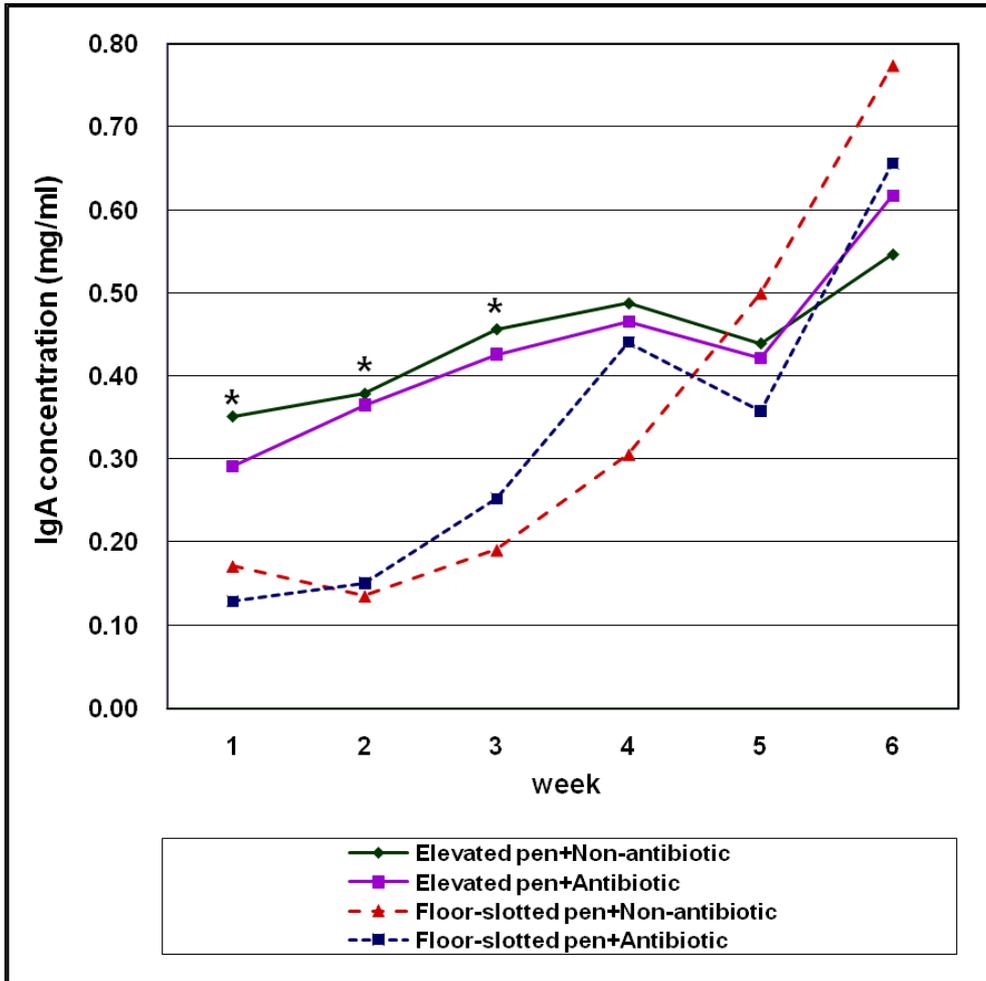


그림 9. 고상식과 평사 및 항생제 첨가 유무에 따른 이유자돈의 혈청 내 IgA 변화 (* $P < 0.01$).

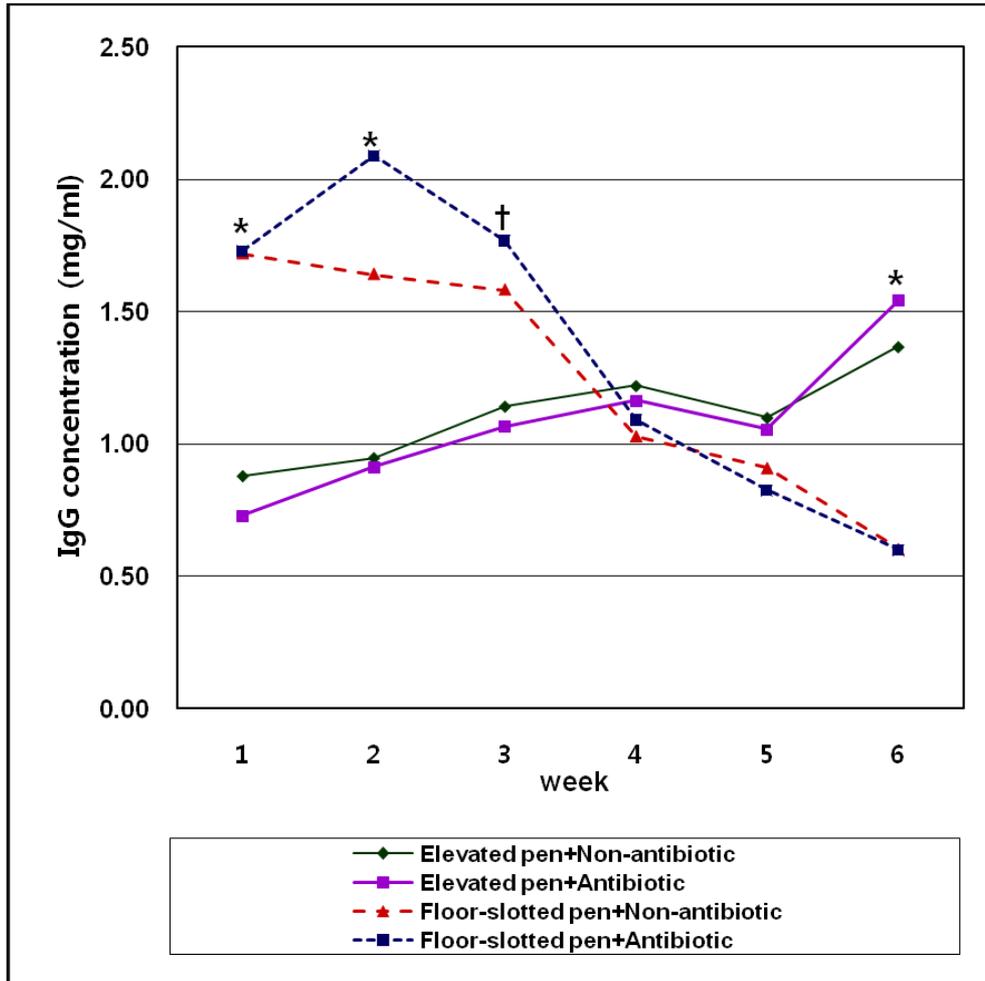


그림 10. 고상식과 평사 및 항생제 첨가 유무에 따른 이유자돈의 혈청내 IgG 변화 ($\dagger P < 0.10, * P < 0.01$).

표 19. 고상식과 평사 및 항생제 첨가 유무에 따른 혈청 내 IL-1 β 농도 변화

Item	Elevate pen		Floor-slotted pen		SEM	P-value		
	NC ^a	PC ^b	NC	PC		Pen type	Antibioti ^c	Pen type \times Antibiotic
2 week	30.66	49.35	57.82	57.82	4.99	NS ^c	NS	NS
6 week ^{de}	28.11	58.41	55.71	56.59	4.18	<0.05	<0.05	<0.05

^dMean within row with different superscripts differ pen types effect ($P < 0.05$).

^eMean within row with different superscripts differ antibiotics effect ($P < 0.05$)

표 20. 고상식과 평사 및 항생제 첨가유무에 따른 혈청 내 TNF- α 농도 변화

Item	Elevate pen		Floor-slotted pen		SEM	P-value		
	NC ^a	PC ^b	NC	PC		Pen type	Antibiotic c	Pen type \times Antibiotic
2 week	14.16	23.22	15.42	19.91	1.38	NS ^c	NS	NS
6 week	29.17	26.51	20.62	21.06	1.84	NS	NS	NS

^cNS=not significant ($P>0.10$).

제 3 절 입불이사료 적정 급이 시기에 관한 연구

1. 서론

최근 국내의 높은 돈가 원인은 여러 가지 원인이 있겠지만, 높은 폐사율로 인해 출하돈의 숫자가 늘지 못하는 것에 있다. 또한, 다른 나라에서는 크게 문제가 되지 않는 질병들이 우리나라에서는 2000년대에 들어오면서 자돈 및 모돈에서 집중적으로 발생되고 있어, 많은 농가에서 실제적으로 경제적인 이득을 보지 못하고 있다. 따라서, 현행 좁은 면적에서 많은 돼지를 사육하는 과밀 사육으로 인한 질병감염을 막기 위해 양돈 사료에 과량의 항생제를 첨가하거나 농가에서 자가진단에 의해 사용되고 자가치료용 항생제를 사용하고 있는 실정이다. 항생제 사용 외에도 돼지사료에 항생제 사용을 최소화 할 수 있는 돼지의 사양관리기술 개발이 시급하다.

일반적으로, 자돈은 모돈과 분리되고 먹이가 모유에서 고품사료로 바뀌게 되면서, 고품사료에 대한 극적인 변화와 환경의 변화가 함께 이유자돈에게 많은 스트레스를 준다. 또한 자돈의 소화효소 분비는 생후 1개월 동안 형성되고 모돈으로부터 이행은 면역체계도 4~5주령이 되어야 효과적인 기능을 발휘하기 시작한다. 따라서 이유시기에 설사가 빈번히 일어나고 발육정체 현상이 발생하며, 이것은 출하돈의 전체적인 성적(일당증체, 출하일령)과 이익에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 많은 농가에서는 자돈이 이유시기에 스트레스를 최소화하여 적응할 수 있도록 입불이 사료(creep feed)를 급여한다. 이에 따라 국내 많은 농장에서는 포유 기간 중에 입불이 사료를 너무 이른 시기에 그리고 너무 많은 양의 입불이 사료를 급여하고 있다. 일반적으로 포유 중인 자돈들은 2주를 지나면서 모돈이 섭취하는 사료에 관심을 보이고 본격적으로 사료섭취를 시도하는 시기는 3주가 지나야 되므로 너무 빨리 입불이 사료를 급여하면 대부분이 허실되므로 경제적으로 큰 손해가 아닐 수 없다. 포유 기간 중 사료를 너무 많이 섭취하면 모돈의 젖 생산량이 저하되어 모돈의 과비를 가져와 다음 산차 번식성적에도 영향을 미칠 수 있으므로, 자돈의 포유 기간 중에는 가능한 모돈의 젖을 최대한 섭취할 수 있도록 도와주는 것이 건강한 자돈을 생산하는 지름길이라고 할 수 있다. 또한, 포유자돈 입불이 사료 가격은 자돈 사료가격보다 2배, 육성·비육돈 사료가격보다 3배 이상으로 비싸서 입불이 사료를 조기 사용 시에 국내 양돈농가에 부담을 주게 되어 높은 돈가에 원인이 되게 된다.

한편, 국내 양돈농가에서 사용되는 입불이 사료는 자돈의 폐사율을 감소시키고 성장 촉진용 항생제가 과량으로 첨가된 경우가 많다. 그러나 항생제의 사용으로 축산물 내에 항생제의 잔류 및 항생제 내성 박테리아의 출현으로 인체에 유해할 수 있다는 사실이 보고되면서 전 세계적으로 항생제 사용을 줄이고, 금지하는 추세이며, 축산물에 대한 항생제 잔류 및 독성 물질 검사가 강화되고 있다. 따라서 사료 내 항생제가 과량 첨가된 사료를 급여할 경우 항생제 내성의 증가, 도체 내 항생제 잔류 등의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 항생제 대체 물질 개발 이전에 항생제 사용을 줄일 수 있는 사양관리 기술의 개선, 친환경적인 돼지 사양관리의 제시를 통하여 질병 예방

및 생산성을 극대화할 수 있는 사양관리체계 개선이 시급하다. 이유는 자돈에게 있어서 가장 큰 스트레스이다. 입블이 사료를 급여할 경우, 이유시기에 이유사료를 급여하더라도 자돈의 소장은 급여한 사료가 자돈의 면역체계에서 새로이 생겨난 항원이 아님을 인식하게 되어 설사를 일으키지 않게 되고, 건강하고 빠르게 성장하게 된다 (Makinde et al., 1997). 또한, 입블이 사료를 섭취한 자돈이 그렇지 않은 자돈 보다 이유시기에 더 높은 사료 섭취량과 사양성적을 나타냈다는 연구결과가 보고되었다 (Bruininx et al., 2002). 그러나 Kavanagh 등(1995)과 Perkins와 Mahan (1992)는 입블이 사료 급여로 인해 자돈의 성장에 긍정적인 효과를 주지는 않는다고 보고하고 있다. Barnett (1989)과 Newby (1985)는 포유기간 동안 입블이 사료 급여가 입블이 사료 비급여 처리구와 비교해 어떠한 영향과 긍정적 결과를 보여주지 못했다는 결과를 발표하였다.

따라서, 본 실험은 이유자돈에서 입블이 사료 (creep feeding) 급여 시기에 따른 사양 성장 및 면역력에 미치는 영향을 연구하고, 이를 통해 새로운 사양관리체계를 확립하여 자돈의 설사·폐사율을 감소시켜 생산성 극대화하고, 돼지의 면역력 증강으로 사료첨가용 항생제가 많이 포함된 입블이 사료 급여 남용을 근본적으로 방지하여 안전 돈육을 생산하는 사양체계를 설정하고자 한다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 실험동물

실험 1에서는 모돈(Landrace x Yorkshire)은 4처리 4반복으로 16마리를 공시하였고, 처리당 12두씩 포유 자돈([Landrace x Yorkshire] x Duroc) 총 192두를 분만 후부터 이유시기까지 25일 동안 사양 실험을 실시하였다. 시험설계는 1) CF 0d : 전기간 입블이 사료 급여 안함, 2) CF 7d : 7일령부터 입블이 사료 급여, 3) CF 14d : 14일령부터 입블이 사료 급여, 4) CF 21d : 21일령부터 입블이 사료 급여 처리구로 하였다. 분만 후 자돈은 모돈에 복당 12마리씩 생시 체중을 고려하여 균일하게 배치하였고, 실험 자돈은 동일하게 3일령에 거세를 실시하였다. 실험 2에서는 입블이 사료의 급여 효과가 이유 후 자돈 시기의 사양성적에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 선행된 실험 1에서 사용된 자돈들을 이용하여 돈방 당 10마리씩 4처리 3반복으로 체중과 성별을 고려, 난괴법 (RCBD : Randomized Completely Block Design)으로 총 120두를 구배치하여 총 5주간 세 phase로 나누어 사양 실험을 실시하였다. 시험설계는 실험 1과 동일하게 1) 처리구 A : 포유시기에 입블이 사료 비급여한 처리구, 2) 처리구 B : 7일령부터 25일령까지 입블이 사료 급여한 처리구, 3) 처리구 C: 14일령부터 25일령까지 입블이 사료 급여한 처리구, 4) 처리 D : 21일령부터 25일령까지 입블이 사료를 급여한 처리구로 설계하였다.

나. 실험사료

실험 1에서 실험사료는 (주) 도드람 회사의 입블이 사료를 사용하여 아침과 저녁에

두 번 나누어서 급여하였고, 각 처리구마다 7일령부터는 60g, 14일령부터는 180g, 21일령부터는 240g씩 하루에 두 번 급여하였다. 사료 급여는 30분 동안 실시하였고 자돈의 입분이 사료 섭취량을 확인하기 위해 이후 사료 잔량과 사료 허실을 매일 측정하였다. 사료와 물은 항상 깨끗하게 유지될 수 있게 하였고, 포유자돈 체중은 7일령, 14일령, 21일령 그리고 종료시 (25일령)에 측정하였고 일당증체량, 사료 섭취량 및 사료 효율을 계산하였다. 실험은 고상식 플라스틱 바닥인 모돈 분만틀 (분만틀 넓이 : 1.8 x 2.4m²)에서 실시되었다.

실험 2에서 실험사료는 (주) 도드람 회사의 자돈사료를 급여하며 phase I 기간에 도드람 1호 사료, phase II (2주간) 2호 사료, 마지막 2주 동안 (phase III) 에는 2.5호 사료를 자유 급여 하였다. 실험돈은 자돈기에 고상식-철망바닥인 돈사 (2×2.14 m²/돈방)에서 돈방당 10두씩을 사육하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 종류가 바뀌는 시점인 phase II-III 시기에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료 효율을 계산하였다.

다. 통계분석

통계분석은 SAS (2005)의 일반 선형 모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료의 유의성 검정을 실시하였으며, 최소 유의차 (LSD) 다중검정법에 의해 처리간 결과를 비교하였다. 유의차가 있을 경우 P<0.05로, 고도의 유의차가 발견 될 경우 P<0.01로 고려하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

(1) 실험 1

포유시기에 입분이 사료 급여시기에 따른 포유자돈의 사양성장에 미치는 영향에 대해 나타내었다 (표 21). 전 실험 기간 동안 포유자돈의 체중 증체량, 일당사료섭취량, 일당증체량에 있어서 입분이 사료 급여시기에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다. 또한, 입분이 사료를 급여 처리구와 급여하지 않은 처리구를 비교하였을 때 통계적 유의적 차이가 나타나지 않았으며, 7일령부터 입분이 사료를 섭취한 자돈 처리구 CF7과 14일령부터 입분이 사료를 섭취한 자돈 처리구 CF14에서 수치상으로 높은 경향을 나타내었다. 입분이 사료를 섭취한 처리구 중에서, 14일령부터 급여한 처리구가 다른 처리구 (CF7 & CF21)에 비해 체중, 일당증체량 및 일당사료섭취량에서 높은 성적을 보여주었으나, 통계적 유의적 차이는 나타나지 않았다. 전 사양시간동안 일일섭취량을 살펴보면, 조기에 입분이 사료를 섭취한 자돈 처리구인 CF7에서 다른 처리구에 비해 일일섭취량이 높을 것을 기대하였으나, 오히려 전 포유기동안 가장 적은 양을 섭취한 경향을 보였으나, 통계적 유의적 차이는 보이지 않았다. 이는 각 처리간 내 반복간 차이가 너무 커서 결국 전체적으로 유의성이 나타나지 않은 것으로 사료된다. 특히 앞서 보고된 다른 실험 (Okai et al., 1976; Aherne et al., 1982; Bamett et al.,

1989; de Passille et al., 1989; Pajor et al., 1991).)들을 통해 알 수 있듯이 사료섭취량의 경우 모든 들의 모유 생산량의 차이로 인해 자연스레 자돈들의 입불이 사료 섭취량의 변이차가 크게 나타난 것으로 사료된다. 또한 위에서 언급한 다른 실험들은 모든 복당 내 자돈의 상태 또는 다른 모든 복당간의 자돈 상태에 따른 차이에 의해 입불이 사료 급여량에 큰 차이가 있는 것으로 보고되고 있다.

(2) 실험 2

포유시기동안 입불이 사료 급여 시기에 따라 이유 후 자돈의 성장능력에 미치는 영향을 표 22에 나타냈다. 실험1에 사용한 포유 자돈 192두 중 해부실험에서 사용된 자돈 16마리를 제외한 176두 중에서 각 처리간 개시 평균 체중을 동일하게 하여 각 처리에 30두씩, 총 120두를 구배치하여 5주간의 사양 실험을 수행하였다. 체중에 있어서, 사양 5주 동안 입불이 사료를 섭취 안 한 CF0 처리구와 14일령부터 입불이 사료를 섭취한 CF14 처리구에서 유의적으로 높게 보여주었다 ($P<0.01$). 일당증체량에 있어서는, 전 사양기간 동안 (0-5주) 체중에서 나타난 결과와 마찬가지로 CF0 처리구와 CF14 처리구에서 유의적으로 높게 보여주었다 ($P<0.01$). 일일섭취량에 있어서는, 사양 1주차와 2주차에서 CF0 처리구와 CF14 처리구에서 유의적으로 높게 나타났으나 ($P<0.01$), 그 이후로는 처리간 유의적인 차이는 보이지 않았다. 사료효율에 있어서는, 사양 1주차에 21일령부터 입불이 사료를 섭취한 CF21 처리구에서 유의적으로 가장 개선되었으며, 입불이 사료를 섭취 안 한 CF0 처리구는 가장 낮은 성적을 유의적으로 보였다 ($P<0.01$). 그러나, 사양 4주차에는 CF21 처리구를 제외한 CF0, CF7, CF14 처리구에서 유의적으로 높게 나왔으며, 전 사양기간 동안 입불이 사료를 급여하지 않은 CF0 처리구와 14일령부터 입불이 사료를 급여한 CF14 처리구에서 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.05$).

전 기간의 사양성적을 살펴보면, 체중, 일당증체량, 사료효율에서 입불이 사료를 섭취 안 한 CF0 처리구와 14일령부터 입불이 사료를 섭취한 CF14 처리구에서 가장 좋은 효과를 나타내었으며, 7일령부터 입불이 사료를 섭취 한 CF7 처리구와 21일령부터 입불이 사료를 섭취한 CF21 처리구 순 이었다. 이는 일일섭취량에는 차이는 없고, 체중과 일당증체량 및 사료효율에서만 유의적으로 높은 성적이 나타났기에, 입불이 사료를 전혀 섭취하지 않은 이유자돈과 14일령부터 입불이 사료를 섭취한 이유자돈에 있어서 사양성적이 개선 된 것을 의미한다. 또한, 실험 1에서와 마찬가지로 입불이 사료를 섭취하지 않은 이유자돈과 입불이 사료를 섭취한 이유자돈의 일일섭취량에 있어서 차이를 나타나지 않았다. 일반적으로 입불이 사료 급여는 포유자돈들이 고품사료를 일찍 접함으로써 이유 후 쉽게 고품사료에 적응 할 수 있게 하기 위해 급여하지만, 본 실험에서는 입불이 사료를 일찍 적응한 포유자돈이 자돈기 동안 더 많은 사료를 섭취하지는 않았으며, 모유만 섭취한 자돈의 일일섭취량과 비교시에도 차이가 보이지 않았다. 이를 통해서 입불이 사료 급여 시기가 자돈기 동안 고품사료 섭취에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

또한, 포유 모돈이 자돈의 정상적인 성장과 발달에 충분하지 못한 양의 모유를 생

산 할 경우 포유 자돈에게 추가적인 영양분을 공급할 수 있도록 하기 위해서 입불이 사료를 급여하지만, 본 실험에서 나타난 바와 같이, 입불이 사료를 섭취하지 않은 자돈은 14일령부터 입불이 사료를 섭취한 자돈과의 사양성적이 유사하게 높게 나타났다. 이는 자돈의 포유 기간 중에 모돈의 젖을 최대한 섭취한 자돈도 높은 사양성적을 유지할 수 있다고 사료된다.

포유기동안 입불이 사료 급여시기에 따라 섭취한 자돈의 사료비를 표 23에 나타냈다. 표 23에 나타난 바와 같이, 7일령부터 입불이 사료를 섭취한 자돈의 사료비는 8,950,000원, 14일령부터 입불이 사료를 섭취한 자돈의 사료비는 9,110,000원, 21일령부터 입불이 사료를 섭취한 자돈의 사료비는 2,767,000원으로 나타났다. 7일령부터 입불이 사료를 섭취한 자돈의 사료비가 21일령부터 입불이 사료를 섭취한 포유자돈의 사료비보다 6,183,000원이 더 비싸게 사용되었다. 본 실험의 결과를 사료비와 사양성적을 비교하여 살펴보면, 7일령부터 입불이 사료를 섭취한 자돈의 사료비가 가장 많이 사용된 반면, 사양성적은 입불이 사료를 섭취하지 않은 자돈보다 더 낮게 나타났다. 또한 14일령부터 입불이 사료를 섭취한 자돈의 사양성적과 입불이 사료를 섭취하지 않은 자돈의 사양성적은 유사하게 높게 보였지만, 경제성을 비교하여 보면, 입불이 사료를 급여하지 하지 않아도 우수한 사양성적을 보였으므로, 입불이 사료 급여 효과는 긍정적 효과를 보여주지 않았다. 최근 연구결과들에 의하면, 포유기동안 입불이 사료 급여에 따른 이유자돈의 체중과 출하체중에 도달하는 기간에 미치는 효과에 대해 보고되어지고 있으며 그 효과에 대한 결과는 상반되게 보고하고 있다. 입불이 사료 급여에 의한 긍정적 결과에 대한 연구로는, 포유기간 입불이 사료를 급여 한 자돈은 이유 자돈 체중이 높아지며, 출하 체중에 더 빨리 도달한다고 보고하고 있다 (Ensminger,1951; Boaz and Elsley, 1962; Mahan, 1993; Mahan et al., 1998). 또한, 포유기간에 입불이 사료 급여가 조기 이유 자돈의 사료섭취와 이유 후 성장에 긍정적인 효과를 보여주었다는 보고가 있다(Bruininx et al., 2002; Kuller et al., 2004). Schoenherr (1993)의 연구에서도, 입불이 사료 급여는 3주령에 이유한 자돈의 성장을 개선하였다고 보고하였다. 한편, Barnett (1989)과 Newby (1985)에 의해 보고되었던 포유기간 동안 입불이 사료 급여가 입불이 사료 비급여 처리구와 비교해 어떠한 영향과 긍정적 결과를 보여주지 못했다고 보고하였으며, 이는 본 실험 결과와 비슷한 결과를 보여주었다. 결론적으로, 포유시기에 입불이 사료를 전혀 급여 하지 않은 자돈과 포유 기간 내 이유 14일 전에 입불이 사료를 급여한 이유 자돈의 일당증체량, 사료 효율 면에서 긍정적인 사양 성적을 보여주었으나, 사료비 산출을 통한 경제성 검토를 고려해서 입불이 사료 급여가 자돈 성적에 긍정적인 효과를 주지는 않았다고 사료한다.

표 21. 입블이사료 급여가 포유자돈의 성장능력에 미치는 효과

Item	CF 0 ²⁾	CF 7	CF 14	CF 21	SEM ³⁾
Average pig weight, kg					
Initial	1.52	1.53	1.57	1.51	-
d 7	2.42	2.55	2.67	2.46	0.06
d 14	3.59	3.95	3.90	3.70	0.12
d 21	4.71	5.11	5.23	4.97	0.16
d 25	5.21	5.67	5.84	5.67	0.17
Weight gain	3.70	4.14	4.27	4.16	0.19
ADG, g	148	165	171	166	7.41
ADFI, g	0	110	174	146	15.31

¹⁾ A total of 192 piglets were used in the experiment.

²⁾ Abbreviated CF 0, Group offered no a common prestarter diet during lactation ; CF 7, Group offered a common prestarter after 7d birth to weaning period; CF 14, Group offered a common prestarter after 14d birth to weaning period; CF 21, Group offered a common prestarter after 24d birth to weaning period.

³⁾ Standard error means.

^{a,b)} Means in the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

표 22. 입블이 사료 급여가 이유자돈의 성장능력에 미치는 효과

Item	CF 0 ²⁾	CF 7	CF 14	CF 21
Body weight ³⁾ (kg)				
Initial	7.22	7.22	7.22	7.22
1 week	9.74	9.59	9.68	9.44
2 week	13.77a	12.91b	13.36ab	12.16c
3 week	17.79a	16.59b	17.69a	16.32b
4 week	21.63a	20.26b	21.58a	19.74b
5 week	26.74a	25.16b	26.84a	24.34c
Average daily gain ³⁾ (g)				
1 week	359	340	351	311
2 week	576	474	526	388
3 week	575	526	619	594
4 week	548	523	556	489
5 week	731	700	751	657
Overall	558a	513b	560a	488c
Average daily feed intake ³⁾ (g)				
1 week	363a	316b	336ab	268c
2 week	737a	703a	692a	542b
3 week	871	746	898	843
4 week	901	870	900	939
5 week	1186	1442	1128	1443
Overall	952	1051	917	1046
Gain : Feed ratio ³⁾				
1 week	0.989c	1.076b	1.046bc	1.163a
2 week	0.781	0.678	0.761	0.725
3 week	0.660	0.704	0.689	0.717
4 week	0.615A	0.601A	0.617A	0.521B
5 week	0.619AB	0.488BC	0.677A	0.465C
Overall	0.586a	0.491b	0.615a	0.474b

¹⁾ A total of 120 crossbred pigs was fed from average initial body weight 7.22 ± 0.92 kg

²⁾ Abbreviated CF 0, Group offered no a common prestarter diet during lactation ; CF 7, Group offered a common prestarter after 7d birth to weaning period; CF 14, Group offered a common prestarter after 14d birth to weaning period; CF 21, Group offered a common prestarter after 24d birth to weaning period.

³⁾ Values are means for four pens of ten pigs per pen.

⁴⁾ Standard error of mean.

^{a,b,c} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.01$)

^{A,B,C} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$)

표 23. 포유기 동안 입블이 사료 급여로 인한 경제성 규명

Item	CF 0 ²⁾	CF 7	CF 14	CF 21
Total feed intake ³⁾ (kg)	0	7.541	7.675	2.331
Feed cost ⁴⁾ (천 원)	0	8,950	9,110	2,767

¹⁾ A total of 192 piglets were used in the experiment.

²⁾ Abbreviated CF 0, Group offered no a common prestarter diet during lactation ; CF 7, Group offered a common prestarter after 7d birth to weaning period; CF 14, Group offered a common prestarter after 14d birth to weaning period; CF 21, Group offered a common prestarter after 24d birth to weaning period.

³⁾ Calculated total feed intake during lactation period.

⁴⁾ Total feed intake X Market price of Commercial prestarter feed.

제 4 절 이유자돈에 있어 사육면적이 성장 능력 및 면역력에 미치는 영향

1. 서 론

자돈 시기에는 다양한 스트레스에 노출되게 되는데 어미와 함께 있다가 새로운 환경과 자돈을 만나면서 서열싸움 등을 통한 스트레스와 사료변화에 의한 스트레스로 사료 섭취가 감소하게 되어 자돈의 설사 발생율과 폐사율이 증가하게 된다. 밀폐되고 한정된 공간 내에 많은 수의 돼지 사육과 경제적 이익을 위한 자돈사의 환경으로 인해 발생하는 환경적 스트레스는 자돈 폐사율 증가를 유발하고 나아가서는 생산성 감소를 초래하고 있다. 더욱이, 자돈의 이유 및 환경적 스트레스를 감소시키고, 성장정체를 예방하기 위하여 대부분의 농가에서는 사료용 항생제의 첨가 및 치료용 항생제를 다량 사용하고 있으나, 최근 들어 축산물내의 항생제 잔류 및 내성으로 인한 문제점이 대두 되면서 사료 내 항생제 사용은 적극적으로 규제하고 있는 실정이다. 따라서, 항생제 사용금지에 따라 폐사율이 증가되고, 무항생제 사료 급여 시 출하일령 증가, 치료용 항생제 사용량이 증가되는 등의 부작용이 나타나고 있으므로 자돈의 면역력을 증강시킬 수 있는 사양관리 체계에 대한 과학적 검증이 필요하다. 몇몇 연구결과에서, 사육밀도가 높은 돈사에서 사육한 돼지의 성장정체 현상이 나타났으며, 불량 사육 환경에서 돼지 사육시 돈육의 품질이 저하되었다고 보고하고 있다. 또한, 사육 밀도가 미치는 영향은 돼지 성장기에 따라 차이가 있었으며, 육성-비육기 보다는 자돈기에서 돼지의 사육면적에 따라 돼지의 성장율은 더 영향을 받는 것으로 보고되었다. Brumm 등 (2001) 연구에서, 팬 당 자돈 두수 증가는 일일섭취량과 일당 증체량에 긍정적 영향을 미쳤으나, 비육기에서는 사육규모에 의해 사양성적이 영향을 받지 않았다고 보고하였다.

한편, 자돈기는 면역력이 약한 시기이므로 이유와 환경적 스트레스 요인들은 자돈 폐사율에 직접적인 영향을 미친다고 보고되었다. 특히, 자돈기는 이유 후 1일째에 소장 조직내 염증성 싸이토카인 유전자 발현량이 가장 높게 나타나는 것으로 보고되었다. 그러나, 돈사 사육면적이 이유자돈의 스트레스에 미치는 영향과 이에 따른 자돈의 면역력에 미치는 영향에 대한 연구는 아직 보고되지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 사육면적이 자돈의 성장, 스트레스 호르몬 및 면역력에 미치는 영향을 비교하고자 수행하였다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 실험동물

24±2 일령에 이유한 삼원교잡종([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 192두를 공시하

여, 4처리 3반복으로 돈방 당 10두씩 성별과 체중에 따라 난괴법 (RCBD; Randomized Completely Block design)으로 배치하였으며 전 실험기간은 자돈기 4주 동안 수행하였다. 처리구는 국내 법적으로 제정된 자돈 두당 적정 사육면적 0.3m²을 기준에 따라 설정했으며 1) 두당 사육면적 0.43m² 2)두당 사육면적 0.3m², 3)두당 사육면적 0.27m², 4)두당 사육면적 0.21m² 로 하였다. 실험 전 기간 동안 사료와 물은 자유급이 (*ad libitum*)를 하였으며 자돈기의 온도 조절은 첫 주 일주일 동안 30℃를 유지하였으며 매주 1℃씩 낮추어 자돈기 4주차에는 26℃를 온도 조절이 용이한 온사에서 사육하였다.

나. 실험사료

옥수수 및 대두박을 실험사료의 기초사료(basal diet)로 이용하였으며, 각 사육 시기에 맞춰 NRC(1998) 영양소 요구량을 기초로 하여 배합을 실시하였다. 실험 사료의 대사에너지(ME; metabolic energy)는 자돈기 Phase I (0-2주), Phase II (2-4주)에 3265.00 kcal/kg 이었다. 라이신 (lysine)은 자돈기 Phase I, Phase II 에 각각 1.33%, 1.15% 이었다. 조단백질, 비타민, 미량광물질 및 다른 영양소들은 NRC(1998)의 요구수준과 같거나 높게 배합하였으며, 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 24에 제시된 바와 같다.

다. 면역성상

혈액은 처리 당 6마리씩 매주 지정된 돼지에서 21 gage 바늘을 이용하여 5ml씩 채취하였으며 혈액은 disposable culture tube에 담아서 4℃에서 3000rpm에서 15분로 돌린 후 혈청만 분리한 하여 micro tube에 분주 후 분석할 때 까지 -20℃에 보관하였다. BUN은 혈액 분석기(Ciba-Corning model, Ciba Diagnostics Co.)를 이용하여 분석하였다.

혈액에서 면역 성상을 분석 위하여 실험돈 중 처리당 6두를 선별하여 매주 경정맥에서 혈액을 채취하였으며 serum 형태로 원심분리기를 이용하여 4℃에서 3000rpm에서 15분로 분리 후 -20℃에 보관하였으며 샘플의 측정은 서울대학교 단위동물영양생화학 실험실에서 ELISA Starter kit (Bethyl Laboratories Inc., USA)와 Quantitation kit (E100; BETHYL)를 이용하여 IgA, IgG를 분석하였다. TNF- α and IL-1 β 농도는 각각 TNF- α 각각 EP2TNFA ELISA kit (Pierce Biotechnology, Inc)와 quantikine ELISA kit (R&D Systems, MN)를 이용하여 분석하였다.

라. 통계분석

통계분석은 SAS (2005)의 일반 선형 모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료의 유의성 검정을 실시하였으며, 최소 유의차 (LSD) 다중검정법에 의해 처리간 결과를 비교하였다. 유의차가 있을 경우 P<0.05로, 고도의 유의차가 발견 될 경우 P<0.01로 고려하였다.

표 24. Formula of experimental diets

Ingredients	Phase I	Phase II
Corn	40.91	52.39
SBM-46	25.33	26.47
HP300	12.48	8.00
DSM	1.48	0.00
Lactose	16.02	9.46
Soy Oil	0.64	0.62
MCP	1.18	1.16
Limestone	1.16	1.14
L-Lysine · HCl	0.00	0.00
DL-Met	0.08	0.04
Vit. Mix ¹	0.12	0.12
Min. mix ²	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20
Choline-salt	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10
Antibiotics	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition ³		
ME (kcal/kg)	3265.00	3265.00
Protein (%)	23.00	23.00
Lysine (%)	1.35	1.15
Methionine (%)	0.45	0.44
Calcium (%)	0.80	0.80
Phosphorus (%)	0.40	0.40

Provided per kg diet: Vitamin A, 16,000 IU; Vitamin D₃, 3,200 IU; Vitamin E, 35 IU; Vitamin K₃, 5 mg; Riboflavin, 6 mg; Calcium pantothenic acid, 16 mg; Niacin, 32 mg; d-Biotin, 128 µg; Vitamin B₁₂, 20 µg.

²Provided per kg of diet: Fe, 281 mg; Cu, 288 mg; Zn, 143 mg; Mn, 49 mg; I, 0.3 mg; Se, 0.3mg.

³ Calculated values.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

자돈기 4주 동안 두당 사육밀도가 이유자돈의 사양성적에 미치는 영향을 표 25에 나타내었다. 자돈기 2주와 4주째 자돈 두당 사육면적이 감소할수록 linear하게 감소하였다 (P=0.003, P=0.001). 자돈기 2주 동안, 두당 사육면적이 0.43, 0.31, 0.27, 0.21m²으로 감소할수록 일당증체량은 229, 228, 211 그리고 199 g/d로 linear하게 감소하게 나타났다 (P=0.003). 한편, 자돈기 2주에서 4주 동안에는 두당 사육면적에 따른 일당증체량에는 유의적인 차이가 보이지 않았다. 실험 전 기간 동안 두당 사육면적이 0.43에서 0.21m²으로 감소할수록 자돈의 일당증체량은 linear하게 감소하게 나타났다 (P=0.10). 자돈기 총 4주 동안, 두당 사육면적에 따라 자돈의 일당 사료섭취량과 사료

효율에 있어서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 비록 유의적인 차이는 보이지 않았지만, 총 사양기간동안 두당 사육면적이 0.43m^2 처리구에서 사료섭취량은 가장 낮게 나타났다. 이유자돈은 이유 및 각종 스트레스로 인하여 사료섭취량 감소 및 성장정체 현상이 일어난다. 돈사(environmental) 내 높은 온도, 사육두수를 고려하지 않은 밀사(inadequate floor-space allowance), 서열싸움은 자돈에게 스트레스를 제공하는 환경적 요인들이다. 특히, 돼지 사육시설 단위면적당 사육두수 증가는 돼지의 사료 섭취량을 떨어뜨리고 성장을 지연시키게 된다는 많은 연구결과가 보고되었다. 이러한 연구 결과들을 토대로 하여 한국은 법적으로 자돈 두당 적정 사육면적을 0.3m^2 로 규정하였으나, 적정사육면적에 따른 자돈의 성장률과 면역력에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡하여 본 연구에서 이를 과학적으로 검증하고자 수행하였다. 본 연구에서는 자돈 두당 사육시설 소요면적을 법적 기준인 0.3m^2 을 기준으로 하여 0.428m^2 , 0.268m^2 , 0.214m^2 으로 처리구를 정하였다. 다른 연구결과들과 유사하게 우리의 연구결과에서도 자돈 두당 사육면적이 감소할수록 자돈기 4주 동안, 특히 2주째, 일당증체량은 linear하게 감소하게 나타났다. 비록 두당 사육면적에 따라 일일섭취량과 사료효율은 유의적 차이가 보이지 않았으나, 두당 사육면적이 0.21m^2 인 처리구에서 일일섭취량은 가장 낮게 나타났다. McConnell 등 (1987)은 팬 당 자돈수를 증가하였을 때, 자돈의 사료섭취량과 일당증체량이 감소하였다고 보고 하였다. 또한, 본 실험에서 자돈기 4주 동안 자돈 두당 사육면적에 따른 사료효율에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 Turner 등 (2003) 연구결과와도 유사하게 나타났다. 그들의 연구에서도 두당 사육면적은 자돈의 사료효율과 일당증체량 변이에는 유의적인 영향을 미치지 않은 것으로 밝혔다.

표 25. 이유자돈 두당 사육면적이 자돈의 성장능력에 미치는 효과

Items ²	Space (m ² /pig)				SEM ¹	P value	
	0.43	0.31	0.27	0.21		Linear	Quadratic
Body weight							
Initial	6.02	6.02	6.02	6.00	0.15	NS	NS
d 14	9.22	9.21	8.97	8.78	0.18	0.003	NS
d 28	14.30	14.19	13.67	13.52	0.29	0.001	NS
Daily gain							
0 to 14d	229	228	211	199	5.34	0.031	NS
14 to 28 d	362	356	336	338	10.63	NS	NS
0 to 28 d	296	292	273	269	6.71	0.102	NS
Daily intake							
0 to 14d	358	351	344	332	11.44	NS	NS
14 to 28 d	597	557	557	533	22.77	NS	NS
0 to 28 d	477	454	454	432	15.88	NS	NS
Feed efficiency							
0 to 14d	0.649	0.650	0.650	0.606	0.02	NS	NS
14 to 28 d	0.625	0.636	0.636	0.633	0.01	NS	NS
0 to 28 d	0.633	0.642	0.642	0.621	0.01	NS	NS

¹Pooled standard error of means

나. 면역능력

그림 11과 12에서는 자돈 두당 사육면적이 자돈 혈액내 IL-1 β와 TNF-α 농도에 미치는 영향을 나타내었다. 자돈기 2주째 자돈 두당 사육면적에 의해 혈청 내 IL-1 β 농도에는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 4주째 자돈 두당 사육면적이 0.43, 0.31, 0.27, 0.21m² 으로 감소할수록 혈청 내 IL-1 β 농도는 207.8, 196.5, 232.52 및 229.35 pg/ml으로 linear하게 증가하였다 (P<0.05). 그러나, 자돈기 4주 동안 두당 사육면적 의해 혈중 내 TNF-α 농도 차이는 나타나지 않았다. 자돈기 4주 동안 두당 사육면적이 이유자돈 혈청 내 cortisol 함량에 미치는 영향을 그림 3에 나타내었다. 자돈기 2주째 두당 사육면적에 따른 이유자돈 혈청 내 cortisol 함량에는 차이를 보이지 않았다. 자돈기 4주째 두당 사육면적이 0.43, 0.31, 0.27, 0.21m² 으로 감소할수록 혈청 내 cortisol 함량은 linear 증가를 보여주었다 (P<0.05). 모든 처리구 중에서 두당 사육면적이 0.21m² 처리구에서 혈청 내 cortisol 함량은 가장 높은 수치를 보여주었다. 또한 이와는 반대로 두당 사육면적이 0.43와 0.31m² 처리구에서 각각 14.0pg/ml과 13.7 pg/ml 으로 실험 처리구 중 가장 낮은 혈청 내 cortisol 함량을 나타내었다.

이유자돈 두당 사육면적이 혈청 면역글로빈 중 Ig A와 Ig G 농도에 미치는 영향을 표 26에 나타내었다. 실험 전 기간 동안 두당 사육면적에 따른 자돈 혈중 내 Ig A와 Ig G 농도에는 영향을 주지 않았다.

여러 연구결과에서 부적절한 사육면적은 돼지에게 스트레스를 제공하며 이러한 스트레스는 체내에 면역 체계 반응에 변화가 일어나게 하고, 사료섭취량 감소 및 성장

를 저하시킨다는 보고들이 있다. 본 연구에서는 체액면역체계 변화를 알아보기 위해 그룹사이즈가 이유자돈의 체액면역에 미치는 영향을 보기 위해서 면역글로불린 중 IgA와 IgG를 분석하였다. 본 실험에서는 자돈기 4주 동안 두당 사육면적에 따라 혈액 내 IgA와 IgG 함량에는 영향을 미치지 않았다. 일반적으로 면역글로불린인 Ig G는 혈액에서 Ig 중 가장 많은 농도를 차지하고 있고, Julie 등 (1994) 연구에서 자돈 환경 내 heat stress와 social stress에 노출 되었을 때, 이들 stress 상호관계에 의해 serum Ig G 함량에 영향을 미친다고 보고되었다. 본 연구에서는 자돈 두당 사육면적에 따른 이유자돈의 세포성 면역과 혈청 내 cortisol 함량에 미치는 영향을 알아보기 위해서 염증성 싸인카인 IL-1 β 와 TNF- α 농도 및 cortisol 함량을 분석하였다. 본 연구에서 자돈기 4주째에 혈청 내 염증성 싸인카인 IL-1 β 함량은 두당 사육면적이 0.43에서 0.21m² 감소할수록 linear하게 증가하였으며, 이 시기에 혈청 내 cortisol 함량도 linear한 증가를 보였다. 이는 Balaji 등 (2000)에서 밝힌 연구결과와 유사하며, 그들의 연구에서 immunological challenge에 의해 생성된 염증성 싸이토카인 증가는 돼지혈청 내 IGF-I 함량 감소와 cortisol 함량 증가와 밀접한 관계가 있는 것으로 보고하였다. Wada 등 (1995)은 IL-1 β 증가는 GH 호르몬 분비 감소에 밀접한 영향을 미치는 것으로 보고 하였다. 세포성 면역은 흉선에서 유래한 T림프구가 항원을 인지하여 싸이토카인을 분비하거나 직접 감염된 세포를 죽이는 역할을 하는 것으로서 대식세포를 활성화시켜 식작용을 돕기도 한다. 또한, 염증성 싸이토카인은 cortisol과 같은 스트레스 호르몬 분비를 자극하며, 이 호르몬은 GH 호르몬 분비를 저하 시킨다 (Fan 등, 1994; Beauloye 등 1996).

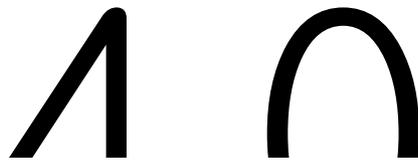
본 연구를 통하여 자돈 두당 사육면적을 0.43, 0.31, 0.27, 0.21m² 으로 하였을 때 염증성 싸인카인 IL-1 β 함량과 serum cortisol 함량의 증가가 일어났고, 자돈의 성장률은 낮게 나타났다. 이는 자돈 두당 사육면적 감소로 인한 스트레스는 자돈의 세포성 면역체계의 변화를 일으키게 되어 성장을 지연시킨다고 사료된다. 그러나, 자돈 두당 사육면적 감소로 의한 체액성 면역체계 변화는 나타나지 않았다. 따라서, 한국에서 법적으로 권장하고 있는 자돈 두당 적정 사육밀도 0.3 m² 미만 사육은 자돈의 면역체계 변화를 일으킬 수 있는 스트레스를 주게 되어 성장 지연을 유도할 수 있다고 생각된다.

1 8

* Indicates values are linear effect in serum IL-1 β to decreasing space (P<0.05).

그림 11. 사육면적이 자돈의 혈청 내 IL-1 β 함량에 미치는 효과.

그림 12. 사육면적이 자돈의 혈청 내 TNF- α 함량에 미치는 효과.



* Indicates values are linear effect in serum cortisol to decreasing space ($P < 0.05$).

그림 13. 사육면적이 이유자돈 혈청내 cortisol 함량에 미치는 효과

표 26. 사육면적이 이유자돈 serum IgA와 IgG 농도에 미치는 영향

Items ²	Space (m ² pig ⁻¹)				SEM ¹	P value	
	0.43	0.31	0.27	0.21		Linear	Quadratic
Serum Ig A (mg ml ⁻¹)							
d 14	0.338	0.390	0.321	0.379	0.02	NS	NS
d 28	0.762	1.013	0.738	0.799	0.05	NS	NS
Serum Ig G (mg ml ⁻¹)							
d 14	1.4713	1.184	1.788	1.415	0.11	NS	NS
d 28	2.287	2.923	2.013	2.730	0.20	NS	NS

¹ Pooled standard error of means

제 5절 환돈방 설치 유무에 따른 환돈의 행동 생리에 대한 연구

1. 서론

축산식품안전에 대한 관심증대로 가축사료에 대한 항생제 사용이 2012년부터 전면 규제됨에 따라, 그에 대응하기 위하여 다각도의 연구들이 진행되고 있다. 항생제 판매 실적 조사에 따르면 가축용 항생제는 배합사료 첨가용이 약 54%로 가장 높은 비율을 차지하고 있는데 그 중에서도 돼지의 경우 가장 많은 항생제가 이용되고 있는 실정이다. 현재 국내 돼지 사육두수는 9600만 두를 넘어서며 축산 산업 중 그 비중이 점점 증가하고 있는데, 이와 같은 항생제 전면 규제는 산업에 큰 위기로 다가올 가능성이 있으며, 그에 따른 부작용이 자돈 폐사 및 출하일령 증가 등으로 나타나고 있다. 동물사료 내 항생제 사용의 규제는 동물의 생산성 감소, 생산비 상승 및 축산물의 소비자 가격 상승으로 이어질 것이며, 따라서 항생제를 대체할 수 있는 물질을 탐색하고 연구하는 일을 여러 연구자들이 수행하고 있으나 아직은 그 효능이 구체적으로 증명되지 않은 수 많은 제제 들이 난립하고 있으며, 항생제에 비해 높은 비용을 감수해야 한다. 이러한 항생제 대체물질 등을 이용한 그 극복방안에 대한 연구가 아직 그 뚜렷한 결과가 나타나지 않고 있는 상황에서, 사양 환경의 변화를 통한 접근은 아직까지 다양하게 시도되지 않고 있지만, 사양관리 기술의 개선, 친환경적인 돼지 사양관리 등의 제안은 돼지의 질병 예방 및 생산성을 극대화할 수 있는 직접적인 접근이라 할 수 있다.

배합사료제조용 항생제는 매년 그 생산량이 점차 감소하고 있으나 각 농가에서 독자적으로 사용하고 있는 자가 치료용 판매량은 점차 증가하고 있다. 다양한 경로로 유입되는 사료 내 항생제 사용으로 인해 축수산 식품의 안전성과 항생제 내성문제가 국내외적인 이슈로 제기되면서 소비자들은 친환경축산물에 관심을 가지지만, 아직 돼지 농가에서는 빈번한 폐사를 막기 위해 과량의 항생제의 사용을 반복하고 있다. 현재 안전돈육을 생산하기 위해 친환경적인 돼지 사양관리 시스템의 개발 및 확립이 절실한 상황에, 국내에서는 아직 사양관리 기술에 따른 돼지의 생산성과 면역능력 향상에 관한 연구가 전무한 실정이다. 이러한 사양관리 기술의 개발은 단기적으로는 항생제 등의 약품 사용량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 장기적으로 볼 때 국내의 사양관리 기술을 몇 단계 발전시킬 수 있는 중요한 계기가 될 수 있다. 국내의 사양관리는 전반적으로 체계화 되어있지 못한데, 이러한 상황 속에서 근래에 양돈장의 사육규모가 점차 증가하여 전업화 혹은 기업화되어 감에 따라 각 농장마다 효율적이고 체계적인 관리시스템의 도입이 절실한 상황이다. 돼지의 폐사는 질병에 기인하기도 하지만 양돈장 관리 미비 및 사양가의 관리 미숙으로 인한 경우도 상당 수 기인하고 있다. 특히 국내 농가에서 환돈방 설치에 따른 의견이 분분한 상황에서 이 과제에서 수행하는 '환돈방 설치 유무에 따른 환돈의 생리 연구'는 국내 농가들에게 확실한 사양관리 체

계를 제시하는 기회가 될 수 있다. 현재 유럽 및 미국 등의 국가에서는 항생제 사용 절감과 돼지 성장 개선을 목적으로 하는 사양 관리 체계를 적용하고 있는 상황이며, 이유자돈기부터 비육기까지 다양한 사양체계를 운용하고 있다. 따라서, 본 실험에서는 환돈방의 설치가 이유자돈의 성장능력과 면역력에 미치는 영향을 비교함으로써 자돈의 생산을 비교, 검증하고자 수행하였다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 실험동물

21±2일령에 이유한 평균체중 6.43 ± 0.24 (처리간 평균체중의 차이)의 3원 교잡종 (Landrace×Yorkshire×Duroc) 96두를 공시하였으며 총 35일 동안 사양실험이 수행되었다. 합사 자돈사의 경우 1처리 4반복으로 각 돈방에 4두씩 체중에 따라 난괴법 (RCBD:randomized complete block design)으로 배치하였으며 격리 자돈사의 경우 1처리 4반복으로 각 돈방에 4두씩 체중에 따라 난괴법으로 배치하였다. 실험의 설계는 환돈의 격리 유무와 정상돈 환돈의 구분에 의한 2×2 요인 실험으로 설계하여 각각 합사 및 격리 자돈사에 배치하였다.

나. 실험사료

옥수수-대두박을 기초로 하여 사료 배합비를 작성하였으며, 각 사육단계에 따른 실험 사료 배합비를 작성하였다. 모든 처리구에 있어 급여된 사료의 종류는 동일하였다. 0~1주 실험사료의 대사에너지는 3265.00 kcal/kg, 라이신은 1.35 % 그리고 조단백질은 23.0 %로 맞추어 배합하였으며, 2-3 주의 실험사료의 대사에너지는 3265.00 kcal/kg, 라이신은 1.15 % 그리고 조단백질은 21.0 %로 맞추어 배합되었으며, 3-5 주 실험사료의 대사에너지는 3265.00 kcal/kg, 라이신은 1.05 % 그리고 조단백질은 19.0 %로 맞추어 배합하였으며, NRC (1998)의 요구수준에 의거하여 배합비를 작성하였다 (표 27).

다. 면역성상

혈액은 처리 당 6마리씩 매주 지정된 돼지에서 21 gage 바늘을 이용하여 5ml씩 채취하였으며 혈액은 disposable culture tube에 담아서 4°C에서 3000rpm에서 15분로 돌린 후 혈청만 분리한 하여 micro tube에 분주 후 분석할 때 까지 -20°C에 보관하였다. BUN은 혈액 분석기(Ciba-Corning model, Ciba Diagnostics Co.)를 이용하여 분석하였다.

혈액에서 면역 성상을 분석 위하여 실험돈 중 처리당 6두를 선별하여 매주 경정맥에서 혈액을 채취하였으며 serum 형태로 원심분리기를 이용하여 4°C에서 3000rpm에서 15분로 분리 후 -20°C에 보관하였으며 샘플의 측정은 서울대학교 단위동물영양생화학 실험실에서 ELISA Starter kit (Bethyl Laboratories Inc., USA)와 Quantitation kit (E100; BETHYL)를 이용하여 IgA, IgG를 분석하였다. TNF- α and IL-1 β 농도는 각각 TNF- α 각 각 EP2TNFA ELISA kit (Pierce Biotechnology, Inc)와 quantikine

ELISA kit (R&D Systems, MN)를 이용하여 분석하였다.

라. 통계분석

통계분석은 SAS (2005)의 일반 선형 모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료의 유의성 검정을 실시하였으며, 최소 유의차 (LSD) 다중검정법에 의해 처리간 결과를 비교하였다. 유의차가 있을 경우 $P < 0.05$ 로, 고도의 유의차가 발견 될 경우 $P < 0.01$ 로 고려하였다.

표 27. Composition of experimental weaning pigs diets

Ingredients	0~1week	1~3week	3~5week
Corn	36.00	45.02	55.04
SBM44	30.99	33.14	29.43
Pepsoygen	10.01	5.04	3.00
Whey powder	5.00	-	-
Lactose	13.09	12.54	8.01
Soy oil	1.80	1.18	1.55
MCP	1.20	1.38	1.32
Limestone	1.00	1.02	0.97
DL-met	0.14	0.04	0.04
Vit. Mix ¹	0.12	0.12	0.12
Min. Mix ²	0.12	0.10	0.10
Salt	0.10	0.10	0.10
Choline-Cl	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10	0.10
Antibiotics	0.12	0.12	0.12
Total	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ³			
ME(kcal/kg)	3265.00	3265.00	3265.00
Protein(%)	23.00	21.00	19.00
Lysine(%)	1.35	1.15	1.05
Methionine(%)	0.44	0.37	0.34
Calcium(%)	0.80	0.75	0.70
Phosphorus(%)	0.65	0.363	0.60

¹ Provided per kg diet : Vitamin A, 16,000 IU; Vitamin D3, 3,200 IU; Vitamin E, 35 IU; Vitamin K3, 5 mg; Riboflavin, 6 mg; Calcium pantothenic acid, 16 mg; Niacin, 32 mg; d-Biotin, 128 μ g; Vitamin B12, 20 μ g.

² Provided per kg of die t: Fe, 281 mg; Cu, 288 mg; Zn, 143 mg; Mn, 49 mg; I, 0.3 mg; Se, 0.3mg.

³ Calculated value

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

자돈기 동안 정상돈과 환돈의 합사 및 격리 유무에 따른 체중(Body weight), 일당 증체량, 일당사료섭취량, 사료효율에 미치는 영향에 대해 표28에 나타내었다. 자돈 체중과 일당증체량에 있어서는 정상돈과 환돈에 따라 고도의 유의차가 있는 것으로 나타났다. 또한, 환돈방의 설치가 이유자돈의 체중 및 일당증체량, 일당사료섭취량에 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 일당증체량의 경우 통계적인 유의차는 없지만 그 평균값을 비교해 보았을 때 합사에 비해 격리처리구의 환돈의 일당증체량의 수치가 높은 것을 볼 수 있다. 사료효율의 경우 자돈기 3-5주와 0-5주 동안 환돈방 유무에 대한 유의적인 차이를 보이지 않았지만 정상돈과 환돈에 따라서는 유의적인 차이를 보였다 ($p<0.05$). 또한 환돈방 설치 유무 및 정상돈과 합사에 따른 상호작용에 의해서도 유의적인 차이를 나타냈다 ($p<0.05$). 이는 합사처리구의 환돈들이 정상돈과의 합사 사양환경 속에서 스트레스등에 의한 에너지 소비량이 높았기 때문인 것으로 사료된다.

나. 설사 빈도

설사의 경우, 펜 당 돼지 4마리가 배치되어 있는 점을 감안하여 설사를 하는 돼지의 두수를 0~4로 설정하여 매일 측정하였다. 측정 값이 한 펜을 기준으로 이루어 지기 때문에 정상돈과 환돈의 구분 없이 '합사'-'격리' 처리구 간의 비교로 통계처리를 하였다. 일반적으로 설사빈도의 양상은 이유 후(실험0 주) 어미의 젖에서 고체의 형태로 먹이가 바뀌면서 장내 용모가 탈락을 하게 됨에 따라 설사가 시작되게 된다. 이러한 양상은 0~2주 혹은 0~3주까지 이어지지만 그 후에는 점차 바뀐 사료에 적응을 시작하며 설사빈도가 점점 감소하며 0에 가까워지게 된다. 이 실험에서도 마찬가지로의 양상을 보였지만 전체적으로 유의차는 나타나지 않았으며, 처리구마다 유사한 설사 빈도를 나타내었다 (표 29).

표 28. 환돈방의 설치 유무가 자돈의 성장 능력에 미치는 영향

	합사		격리		SEM	p-value		
	정상돈	환돈	정상돈	환돈		환돈방 유무	돼지 건강상태	상호작 용
BW, kg								
Initial	7.41	5.51	7.31	5.50		NS	NS	NS
1week	7.70	5.25	7.58	5.65	0.43	NS	**	NS
3week	12.08	8.59	11.44	8.98	0.60	NS	**	NS
5week	18.98	13.53	17.96	14.71	0.87	NS	**	NS
ADG, g								
0~1week	-1	0	9	5	5.29	NS		NS
1~3week	313	221	284	239	14.55	NS	**	NS
3~5week	493	353	455	409	18.62	NS	**	NS
0~5week	331	233	304	263	18.61	NS	**	
ADFI, g								
0~1week	173	173	168	141	17.10	NS	NS	NS
1~3week	423	423	407	346	53.00	NS	NS	NS
3~5week	851	851	846	818	48.73	NS	NS	NS
0~5week	547	547	535	497	40.88	NS	NS	NS
G/F								
0~1week	-0.03	0.00	0.06	0.04	0.04	NS	NS	NS
1~3week	0.76	0.54	0.71	0.70	0.06	NS	NS	NS
3~5week	0.58	0.42	0.54	0.50	0.03	NS	*	*
0~5week	0.61	0.43	0.57	0.53	0.03	NS	*	*

* Means in a same row with different superscript letters were significantle different ($p<0.10$)

** Means in a same row with different superscript letters were significantle different ($p<0.01$)

표 29. 환돈방 설치 유무가 설사 빈도에 미치는 영향

	합사	격리	SEM
Diarrhea score			
0~1week	1.56	1.50	0.056
1~2week	1.72	2.14	0.258
2~3week	0.29	0.25	0.086
3~4week	0.05	0.01	0.017
4~5week	0.03	0.10	0.045

나. 면역능력

표 30에서는 환돈방 설치가 정상돈과 환돈의 혈액내 Ig A와 IgG 농도에 미치는 영향을 나타내었다. 자돈기 동안 환돈방 설치 유무에 따라 자돈의 혈액내 IgA 농도에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈액내 IgG 농도에 있어서는 자돈기 3주째 환돈방 설치된 격리 처리구에서 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.01$). 또한, 이 시기에 환돈방 설치와 자돈의 건강상태에 따른 상호작용에 의해 혈액 내 IgG 농도는 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.05$). 자돈기 5주째 환돈방 설치에 따라 혈액 내 IgG 농도가 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.05$). 또한 정상돈은 환돈에 비해서 혈액 내 IgG 농도가 유의적으로 높게 나타났으며 ($P<0.01$), 정상돈과 환돈의 환돈방 설치 유무에 따른 상호작용에 의해서도 차이는 나타났다 ($P<0.01$). 표 31에서는 환돈방 설치가 정상돈과 환돈의 혈액 내 TNF- α 와 IL-1 β 농도에 미치는 영향을 나타내었다. 자돈기 5주째 정상돈과 환돈에 의해 혈액 내 TNF- α 농도에는 유의적인 차이가 보였다 ($P<0.05$). IgG는 초유에서 분비되는 면역 물질로서 2차 항체반응을 주도하는 면역 단백질이다. 바이러스, 박테리아 등에 결합하여 면역작용을 하게 되는데 IgG의 함량이 높다는 것은 그 만큼 현재 돼지가 건강함을 의미한다. 자돈기 5주째 합사, 격리 처리구간에 비교를 해봤을 때 격리돈의 정상돈과 환돈에 있어서 혈중 내 IgG 함량은 유의적으로 높은 수치를 보여주었다. 이는 환돈방 설치로 환돈의 격리는 환돈 뿐만 아니라 정상돈에게도 면역력 향상에 긍정적인 영향을 줄 수 있다고 사료한다. 더욱이 환돈방 설치 없이 정상돈과 환돈과의 합사가 정상돈의 면역체계에도 부정적인 영향을 미치는 것이기에 때문에 환돈방의 설치는 환돈의 폐사를 막을 수 있을 뿐만 아니라 정상돈의 성장에도 중요한 요인이 될 수 있다고 사료된다. IgA의 경우 체내에서 체액성 면역을 주도하는 면역세포인데 주로 초유, 장액 등에서 발견된다. IgA의 수치가 급격히 낮아지거나 존재하지 않을 경우 주로 면역 결핍에 걸리게 된다. 본 실험에서는 IgA의 수치에 유의차가 나타나지는 않았지만 IgG 농도는 자돈기 3주와 5주째 합사에 비교하여 격리 처리구의 정상돈과 환돈의 IgG의 농도가 높게 나타났다. 이는 환돈방이 설치된 격리 처리구의 돼지들의 건강 상태가 더 향상되었다고 사료되며 환돈방이 없는 정상돈과 환돈과의 합사는 정상돈-환돈 간에 부정적 영향을 미친 것 이라고 사료된다. 염증성 사이토카인 Cytokine은 면역 분비 물질로서 주로 protein, peptides, glycoprotein의 형태로 되어있다. 이들은 면역 작용을 유도하는 물질로서 이들의 수치가 높다는 것은 현재 동물의 체내에서 활발한 면역작용이 일어난다고 볼 수 있다. 즉, 그 동물이 특정 질환 혹은 면역적인 방어체계를 구현하고 있는 것이 때문에 cytokine의 높은 수치는 동물의 건강 상태가 좋지 않음을 의미한다. Immunoglobulin과 마찬가지로 5주차의 성적에서 현저한 차이를 보이는데 격리 처리구의 정상돈과 환돈이 낮은 수치를 나타내었다. TNF- α 의 경우 고도의 유의차($p<0.05$)를 나타내고 IL-1은 유의차를 나타내지 않았지만 그 혈중 농도의 양상을 볼 때 그 결과는 같다고 할 수 있다. 결국 IgA, IgG와 같은 양상을 보이며 환돈과 정상돈의 합사는 양쪽 모두에게 부정적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 면역작용이 활발해 지면 체내 대사 에너지를 더욱 소비해야 하기 때문에 사료 효율이 떨어지게 된다. 이는 결국 사료의 낭비 및 성장 정체를 유발하며

농가의 경제성에 악영향을 미치게 된다. 본 실험을 통해 환돈방의 설치는 결국 환돈의 폐사 및 성장정체 예방, 그리고 정상돈에게도 같은 효과를 기대할 수 있게 된다고 사료된다.

표 30. 환돈방의 설치 유무가 IgA와 IgG (mg/ml)조성에 미치는 영향

	합사		격리		SEM	환돈방 유무	p-value	
	정상돈	환돈	정상돈	환돈			돼지 건강 상태	상호 작용
IgA,								
1week	0.2324	0.2412	0.2048	0.1727	0.0515	NS	NS	*
3week	0.4776	0.4692	0.5257	0.6654	0.2042	NS	NS	NS
5week	0.5010	0.7511	0.6710	1.4199	0.4237	NS	NS	NS
IgG,								
1week	1.0913	1.2470	1.4130	1.0753	0.3328	NS	NS	NS
3week	0.8496	0.8999	1.3008	0.8595	0.1195	**	NS	*
5week	1.0061	0.8949	1.5754	0.9252	0.1119	*	**	**

* Means in a same row with different superscript letters were significantle different ($p < 0.10$)

** Means in a same row with different superscript letters were significantle different ($p < 0.05$)

표 31. 환돈방의 설치 유무가 TNF- α 와 IL-1 β (pg/ml) 농도에 미치는 영향

	합사		격리		SEM	환돈방 유무	p-value	
	정상돈	환돈	정상돈	환돈			돼지 건강 상태	상호 작용
TNF- α								
1week	36.28	20.50	22.30	39.48	20.60	NS	NS	NS
3week	35.45	37.64	23.33	34.30	9.89	NS	NS	NS
5week	22.42	15.44	6.53	16.973	14.63	NS	*	NS
IL-1 β								
1week	31.62	18.16	23.18	32.74	11.50	NS	NS	*
3week	40.27	19.55	21.16	26.73	9.25	NS	NS	NS
5week	19.17	17.26	41.49	7.40	3.00	**	**	**

* Means in a same row with different superscript letters were significantle different ($p<0.10$)

** Means in a same row with different superscript letters were significantle different ($p<0.05$)

제 6절 성장단계별 돈군의 흐름에 따라 돼지의 성장능력 및 안전돈육 생산 기여에 대한 연구

1. 서론

양돈사양에서 사용되는 여러 기술은 돈사 시설과 공간의 효율적 이용, 작업자의 노동 시간 단축 등을 통하여 생산비를 줄이고, 질병의 발생을 예방하기 위한 차단 방역을 실시하는 등, 근본적으로는 생산성 향상을 목표로 한다. 이 중 일반적으로 이루어지고 있는 사양 기술이 All in - All out(동시 입식, 동시 출하) 관리 방식과 성장단계별(자돈기, 육성기, 비육기) 분리 사육 기술이다. All in - All out 관리는 가능한 한 돈사 단위로 모든 돼지를 같은 주에 입식 시키고, 같은 주에 출하하여 돈사 내부의 모든 공간을 청소한 후에 다음 돼지를 입식 시킨다는 개념이다. 이는 주기적인 돈사의 청소와 소독으로 위생적 환경을 유지하고 돈군 간의 질병 감염 차단으로 폐사율을 줄여 생산성을 높이는 대표적인 사양관리 방식으로 자리 잡고 있다. 돼지를 성장단계별로 구분하여 분리된 돈사에서 사육하는 방식 또한 All in - All out 관리를 기본으로 하여 대부분의 양돈농장에서 이용되는 기술이다. 상업적인 농장의 사양환경에서 돼지는 이유 후 출하까지 자돈사, 육성사, 비육사 등 일반적으로 2 ~ 3 차례 이상의 돈사 이동을 거치게 되는데, 성장단계에 따른 돈사 이동은 양돈농장 내 사육공간의 집약적 이용, 질병 차단 등을 목적으로 일반적으로 이루어지고 있다.

이러한 양돈사양에서 생산성을 결정하는 중요한 요소들인 성장단계에 따른 돈사 이동, 돈군의 변화, 사육 공간의 차이가 돼지의 성장에 미치는 영향에 대한 연구는 오래 전부터 시작되어 지금까지 다양한 방식으로 진행되어 왔다. 돈군의 흐름에 대한 사양실험은 1960년대부터 시작되었는데, Teague와 Grifo는 1961년의 연구에서 육성·비육기 동안의 돈군 이동이 사료요구율을 증가시켜 생산성에 상대적으로 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이와 상반되는 결과를 나타낸 연구도 있었는데, 돼지를 성장단계별로 이동시키는 방식으로 사육한 경우가 출생부터 출하까지 이동 없이 한 공간에서 돈군을 유지하여 사육했을 때 보다 돼지의 비육기 성장이 더 빠르고 출하체중에 도달하는 일령 또한 짧다고 보고하였다(Sherritt 등, 1972). 이후의 연구에서는 사양과정 중 돈군의 이동을 환경 변화에 의한 동물의 스트레스와 이상행동, 동물복지의 측면에서 부정적으로 보는 견해가 나타나기 시작했다(Friend 등, 1983; Rundgren, 1988). 근래의 연구에서는 돈사 이동과 그에 따른 돈군의 변화를 돼지의 투쟁행동, 부상 발생을 유발하는 스트레스 요인으로 보고 있으며(Tan과 Shackleton, 1990), 이러한 스트레스 요인이 돼지의 성장률을 감소시킨다는 결과가 주를 이룬다(Tan과 Shackleton, 1990; Hessing과 Tielen, 1994; Ekkel과 Savenije, 1996).

국내의 상업적 양돈농장에서는 질병의 차단과 공간의 집약적 이용 등을 목적으로 돼지를 일령에 따라 자돈사·육성사·비육사로 이동하여 재배치하는 3돈사 분리사육방식이 주로 이용되는 상황이며, 이러한 방식이 생산성 향상에 긍정적으로

작용한다는 인식이 지금까지의 일반적인 추세이다. 그러나 최근 동물의 복지에 대한 관심과 함께 돈군의 이동과 개체 간의 사회적 충돌이 스트레스를 유발하여 돼지의 성장에 부정적으로 작용할 수 있다는 가능성이 지속적으로 제기되고 있다. 또한, 성장 지연은 비육돈의 출하일령을 늦추어 오히려 사료비용을 높이고 돈사 이용효율을 떨어뜨려 전반적인 생산비용을 상승시킬 소지가 있으며, 출하일령 지연으로 돈육의 품질에 부정적으로 작용할 수 있다. 따라서 본 실험은 국내 양돈 사양에서 일반적으로 이용되고 있는 육성·비육 성장단계별로 돈사를 이동하는 사양방식과 육성·비육기 동안 동일한 돈사를 이용한 사양방식을 비교하여, 성장단계별(육성·비육) 돈군의 변화 여부가 돼지의 성장, 스트레스 호르몬 변화, 그에 따라 발생할 수 있는 돈육 품질의 영향을 규명하고자 수행되었다.

2. 실험 방법 및 재료

가. 실험동물

실험동물은 평균체중 28.89 ± 0.59 kg 의 삼원교잡종 ([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 80 두를 공시하여, 서울대학교 단위동물영양생화학실 실험농장과 서울대학교 농업생명과학대학 부속 실험목장에서 14주 동안 사양실험을 수행하였다. 실험 설계는 총 2처리로 80 두를 처리당 40두씩 각각 두 농장에서 사양하였으며, 처리구는 1) 1-site: 단일 돈사에서 사육 (비육돈사 $[0.9\text{m}^2/\text{두}]$ 에서 육성·비육 전 기간 사양), 2) 2-site: 육성사·비육사 분리 사육 (육성돈사 $[0.7\text{m}^2/\text{두}, 6\text{주}]$ 에서 비육돈사 $[0.9\text{m}^2/\text{두}, 8\text{주}]$ 로 사양단계별 이동 사양) 이었다. 처리구에 따른 육성·비육기 사이의 돈사 이동 외의 다른 사양환경은 동일하게 유지하였다.

나. 실험사료

사양실험 기간 동안 급여된 사료는 일반적인 양돈농가에서 사용되는 것과 같은 경제사료를 이용하였으며, 육성기 비육기별로 사육단계에 맞는 사료를 각각 급여하였다. 총 14주의 사양실험 기간 중 급여 사료의 종류에 따른 Phase 구분은 육성기 (0-6 주) 와 비육기 (0-8주)로 이루어졌다.

다. 사양실험 및 혈액채취 (Housing and blood sampling)

육성돈([Landrace×Yorkshire]×Duroc, 평균체중 28.89 ± 0.59 kg) 80 두를 체중, 성별을 고려하여 처리별로 공시한 후, 전 기간 동안 물과 사료를 자유채식(*ad libitum*) 하도록 하였다. 실험 기간 동안 두 처리구는 각각 다른 크기의 돈방에서 사양되었으며 이외의 환경 조건은 동일하게 유지하였다. A 처리구는 1-site system 사양을 위한 두당 0.9m^2 의 공간을 제공하는 육성사와 비육사가 통합된 형태의 육성/비육사에 배치되었고, B 처리구는 2-site system 사양을 위해서 육성기 6주 동안 두당 0.7m^2 의 공간을 제공하는 육성사에서 사양 후, 두당 0.9m^2 의 공간이 제공되는 비육사로 이동되어 비육

기 8 주간 사양되었다.

체중 및 사료 섭취량은 급여 사료의 변화와 돈사 이동 시기를 고려하여 사양 실험 개시와 육성기(6주) 종료, 비육기(8주) 종료 시 측정되었다. 혈중 요소태 질소(BUN: Blood Urea Nitrogen), 혈장 내 Lactic acid, 혈청 내 Cortisol 농도 분석을 위한 혈액 채취 또한 동일한 시점에 이루어졌다. 혈액 채취는 처리당 10두씩 총 20두를 대상으로 진행되었으며, 체중 측정으로 인한 스트레스 호르몬 농도의 영향을 배제하기 위하여 체중을 측정하기 전에 수행되었다. 2-stie 처리구의 경우, 육성기 종료(6주차) 혈액 채취는 돈사 이동에 따른 스트레스 호르몬의 영향을 확인하기 위해서 육성사에서 비육사로 이동한 후에 이루어졌다.

라. 돈육의 이화학적 특성

14주간의 육성 · 비육기 사양실험이 종료된 후, 각 처리구 별로 출하체중에 도달한 개체 30두씩을 선발하여 총 60두를 대상으로 육질 평가를 위한 시험을 진행하였다. 이 중 12두(처리구 당 6두, 평균체중 110.58 ± 0.57 kg)를 대상으로 돈육의 이화학적 특성을 조사하기 위해 도축 후 미추골부터 아래로 5번째 척추 사이의 등심근을 채취하였다.

육색은 채취한 등심의 중간 부위에 십자의 칼집을 내고, 이를 기준으로 세 지점을 정한 후 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)를 이용하여 명도(Hunter L value), 적색도(Hunter a value), 황색도(Hunter b value) 값을 측정하고 평균값을 계산하였다. 돈육의 pH는 등심의 늑골 마지막 부위에서 채취한 일정한 부분에 pH meter (Model 720, Thermo Orion, U.S.A.)의 pH meter probe를 삽입하여 측정하였으며, 2시간의 예냉 과정이 끝난 시점을 기준으로 0시간에서 24시간 까지 변화를 측정하였다. 가열감량은 시료를 2 cm 두께로 일정하게 절단하여 무게를 측정하고 80°C 항온수조에서 시료 내부중심온도가 70°C가 될 때까지 가열한 다음 꺼내서 냉각시켜 감량된 무게를 백분율(%)로 산출하여 계산하였다.

등심 전단력가(WBS; Warner-Bratzler shear force)는 등심을 3 cm 두께의 스테이크 모양으로 절단한 샘플을 80°C 항온수조에서 육 내부온도 70°C 상태로 10분간 가열한 후, Wheeler 등(2000)의 방법과 같이 직경 1.27 cm 두께의 코어로 근섬유 방향으로 시료를 채취하여 전단력 측정기(Warner-Bratzler shear force meter, model 235, G-R Elec. Mfg. Co., USA)를 이용하여 측정하였다. 보수력(WHC; Water Holding Capacity)은 원심 분리법(Kristensen and Purslow, 2001)을 일부 변형하여 시료의 수분 손실에 의한 무게를 칭량하는 방법으로 측정되었다. 미세한 구멍이 있는 2 mL 튜브의 무게를 칭량하여 분쇄시료 1g을 넣어 무게를 재 칭량하였다. 이를 50 mL 원심분리 튜브에 넣고, 70°C 열탕조에서 30분 가열, 10분 방랭한 후, 1,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 2 mL 튜브의 무게를 칭량하는 것으로 유리수분을 구하였다. 전수분은 petri dish의 무게를 칭량하고 이곳에 분쇄 시료 5 g을 넣어 고르게 펼쳐 무게를 칭량한 후, drying oven(102°C)에 항량이 될 때까지(24시간 이상) 건조시켜 desiccator에서 식힌 후 무게를 측정하였다. 이 값을 바탕으로 다음 공식에 의하여

보수력을 계산하였다.

$$\text{Water holding capacity (\%)} \\ = (\text{전수분} - \text{유리수분}) / \text{전수분} \times 100$$

마. 통계분석

계분석은 SAS (2005)의 일반 선형 모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료의 유의성 검정을 실시하였으며, 돈방을 실험단위로 하여 최소유의차 (LSD) 다중검정법에 의해처리간 결과를 비교하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

육성 · 비육기 성장단계에서 돈사 이동이 사양성적에 미치는 영향에 대해 표 32에 나타내었다. 육성기(6주)의 체중은 1-site 처리구가 2-site 처리구 보다 높은 경향을 보였지만 유의적인 차이는 없었다. 실험 종료 시점(14주)의 체중은 1-site 처리구가 110.22kg, 2-site 처리구가 97.53kg으로 1-site 처리구에서 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). 실험은 두 처리구의 평균이 같은 상태에서 시작되었으나 육성기에는 4.93kg, 비육기에는 12.69kg의 체중 차이가 나타났고 이는 사양기간이 지남에 따라 그 차이가 증가하는 결과가 나타났다. 일당증체량(ADG)의 경우 전반적으로 1-site 처리구가 2-site 처리구 보다 높게 나타났다. 육성기(0 ~ 6주) 동안의 일당증체량은 1-site 처리구가 847g, 2-site 처리구가 695g으로 1-site 처리구가 유의적으로 높았으며($P<0.05$), 실험 전 기간(0~14주)의 결과를 비교하여도 1-site 처리구의 일당증체량이 839g으로 2-site 처리구의 707g보다 유의적으로 높은 결과를 보였다($P<0.05$) 이러한 결과는 포유기부터 출하까지 돈사의 이동 없이 사양한 돼지가 성장기간별로 이동 사양한 경우 보다 증체량, 사료섭취량에서 더 좋은 성적을 보였다는 연구와 일치한다(Ekkel 등, 1995).

일당사료섭취량(ADFI)은 육성기에서 1-site 처리구가 1982g, 2-site 처리구가 1738g으로 유의적인 차이를 보였고($P<0.05$), 비육기에서도 1-site 처리구가 2274g, 2-site 처리구가 2147g으로 1-site 처리구의 사료섭취량이 유의적으로 높았다($P<0.01$). 이러한 차이는 육성기에서 비육기를 지날수록 점점 커지는 것으로 나타났다. 사료 효율(G:F ratio)에서는 육성 · 비육기 사양실험 전 기간 동안 두 처리구가 유사한 경향을 보였다. 1-site 처리구의 사료 효율은 육성기 0.428 에서 비육기 0.305 로 감소하는 결과를 나타냈으며, 2-site 처리구도 육성기 0.422 에서 비육기 0.323 으로 감소하는 유사한 결과를 보였다. 두 처리구의 사료 효율이 유사하게 나타나는 것은 동일 사료의 급여에 의한 결과로, 사료 효율이 유사한 조건에서 돈방 크기, 스트레스 등 환경적 요인의 차이에 의해 두 처리구 간의 사료섭취량 차이가 발생하였고, 이로 인하여 증체량에 영향을 끼친 것으로 사료된다.

표 32. Effect of different pig flows on growth performance in growing-finishing pigs¹⁾

Criteria	1-site ²⁾	2-site	SEM ³⁾
Body weight, kg			
Initial	28.88	28.91	0.593
6 week	64.05	59.12	1.572
14 week	110.22 ^a	97.53 ^b	2.980
ADG, g			
0~6 week (growing)	858	736	29
6~14 week (finishing)	847 ^a	695 ^b	32
0~14 week (overall)	839 ^a	707 ^b	27
ADFI, g			
0~6 week (growing)	1982 ^a	1738 ^b	50
6~14 week (finishing)	2774 ^c	2147 ^d	104
0~14 week (overall)	2431 ^c	1962 ^d	76
G/F ratio			
0~6 week (growing)	0.428	0.422	0.007
6~14 week (finishing)	0.305	0.323	0.005
0~14 week (overall)	0.345	0.360	0.004

¹⁾ A total of 80 crossbred pigs was fed from average initial body weight 28.89 ± 0.59 kg, and the average of final weight was 103.78kg.

²⁾ 1-site : Finishing-site(0.9m²/head) for growing-finishing period

2-site : Growing-site(0.7m²/head) for growing period, finishing-site(0.9m²/head) for finishing period

³⁾ Standard error of mean

^{ab} Values within same rows with different superscript are significantly different ($P < 0.05$)

^{cd} Values within same rows with different superscript are significantly different ($P < 0.01$)

나. 스트레스 호르몬 (Stress Hormones)

스트레스는 돼지에 있어서 성장 성적과 면역 기능, 동물 복지 등에 영향을 미치는 중요한 요인으로 작용한다. 나아가서 PSE 돈육의 발생과 같은 육질에 까지 영향을 미치게 된다. 게다가 이러한 스트레스는 돼지의 공격성을 높여 개체 간의 투쟁행동을 자극하기도 한다. Cortisol은 동물의 심리적 스트레스를 측정하는 지표로 이용되며(Warriss 등, 1998a), 도살 없이 비교적 간단한 방법으로 혈액 내 cortisol 농도를 분석하는 것이 가능하다(Ruis 등, 1997). 사양 과정 중 돈군의 인위적인 이동에 의한 환경 변화가 돼지에게 주는 영향을 확인하기 위하여 대표적인 스트레스 호르몬인 plasma lactate의 농도와 serum cortisol의 농도를 측정하였다.

육성기 종료 시점인 6주차와 비육기 종료 시점인 14주차에 채취된 혈액 샘플의 분석 결과를 표 33에 나타내었다. Plasma lactate 농도는 두 처리구 모두에서 6주차를 지나 14주차에서 상대적으로 낮아지는 결과를 보였다. 육성기 종료 시점인 6주차에서는 통계적으로 차이가 없었지만, 비육기 종료인 14주차에서 1-site 처리구가

31.04 mg/dL, 2-site 처리구가 17.37 mg/dL 로 1-site 처리구의 수치가 유의적으로 높았다($P<0.05$).

Serum cortisol 농도는 육성기 종료 시점인 6 주차에서 두 처리구 간 고도의 유의적 차이가 나타났다($P<0.01$). 2-site 처리구의 cortisol 농도가 42.28 로 1-site 처리구의 cortisol 농도 18.83과 비교하여 높은 수치를 나타내었다. 2-site 처리구의 실험 개체가 육성사에서 비육사로 이동된 후 이루어진 채혈에서 serum cortisol 농도가 급상승한 것을 보면, 돈사 이동이 돼지에게 큰 스트레스 요인이었음을 확인할 수 있다. 이 후 비육기 종료 시점인 14주차에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 2-site 처리구의 cortisol 농도가 상대적으로 높은 경향을 보였다. 이는 육성기 종료 후 이루어진 돈사 이동과 개체 간 투쟁행동에 의한 스트레스가 비육기 동안 지속된 것으로 사료된다.

표 33. Effect of different pig flows on stress hormone in growing-finishing pigs

Criteria	1-site ¹⁾	2-site	SEM ²⁾
Lactate (mg/dL)			
6 week	34.59	28.93	3.718
14 week	31.04 ^a	17.37 ^b	3.343
Cortisol (ng/mL)			
6 week	18.83 ^d	42.28 ^c	4.828
14 week	6.64	13.65	2.061

¹⁾ 1-site : Finishing-site(0.9m²/head) for growing-finishing period

2-site : Growing-site(0.7m²/head) for growing period, finishing-site(0.9m²/head) for finishing period

²⁾ Standard error of mean

^{ab}Values within same rows with different superscript are significantly different($P<0.05$)

^{cd} Values within same rows with different superscript are significantly different ($P<0.01$)

다. 돈육의 이화학적 특성

(1) 등지방 두께 (Back fat thickness)

육성 · 비육기 성장단계에서 돈사 이동이 출하일령 비육돈의 등지방 두께에 미치는 영향을 표 33에 나타내었다. 1-site 처리구의 평균 등지방 두께는 20.03mm로 2-site 처리구의 17.66mm 보다 유의적으로 큰 것으로 확인되었다($P<0.05$). 두 처리구의 성장속도 차이로 115kg 출하체중 도달 일령이 1-site 처리구가 2-site 처리구 보다 9일 빨랐다. 성장율에 따른 체조성의 차이로 성장속도가 빨랐던 1-site 처리구의 지방 함량이 상대적으로 많고 근육량이 적게 발달한 것으로 사료된다. Kempster 등(1986)과 Wood 등(1986)에 의하면 등지방의 두께가 얇은 살코기 위주의 돈육의 경우, 연지방과 육즙 손실 등의 문제로 다즙성과 맛이 떨어지게 되는데, 이러한 측면에서 보면 1-site 처리구의 돈육 품질이 2-site 처리구의 돈육 보다 상대적으로 우수할 것으로 판단된다.

(2) 육색 (Meat color - Hunter value)

육색의 평가는 돈육 표면으로부터 반사되는 빛을 측정하고 수치화하여 이루어지게 되는데 L^* 은 명도, a 는 적색도, b 는 황색도를 의미한다. 돈육의 색은 최종 소비자가 신선도를 평가하는 가장 중요한 요인으로 작용한다는데 그 중요성이 있다. 채취한 등심 샘플의 육색 측정 결과, 두 처리구 간 명도(L^*)에서 0 시간, 8 시간에 유의적인 차이가 나타났다($P<0.01$). 유의적 차이가 있었던 0 시간, 8 시간에서는 2-site 처리구 육색의 명도가 1-site 처리구에서 보다 밝은 결과를 보였다. 그러나 육색 측정 마지막 시간인 24시간 경과 시점에는 1-site 처리구와 2-site 처리구의 수치가 각각 45.45, 44.24로 큰 차이가 없었으며, 소비자가 일반적으로 선호하는 명도(L^*)값인 42에서 46 사이에 존재하였다. 등심 샘플의 적색도(a)에서는 두 처리구 간 각각 2시간, 4시간 경과 시점에서 유의적인 차이가 관찰 되었다($P<0.05$). 1-site 처리구와 2-site 처리구의 적색도(a)는 각각 2시간 경과 시점에서 2.76과 1.42, 4시간 경과 시점에서 3.17과 1.58로 측정되었다. 다른 시간대에서 통계적으로 유의적 차이는 나타나지 않았지만 전반적으로 1-site 처리구의 적색도(a)가 2-site 처리구의 적색도(a) 보다 높은 수치를 보였다. 황색도(b) 측정 결과 또한 적색도(a)와 동일하게 측정 2시간, 4시간 경과 시점에서 유의적 차이를 나타내었다 ($P<0.05$, 표 34).

(3) 산도 (pH)

일반적으로 살아있는 동물의 근육은 중성으로 pH 7.0 ~ 7.2 정도를 유지한다. 도축 후 근육 내 glycogen의 분해로 축적되는 젖산에 의해 pH가 떨어져 고기는 산성을 나타내게 된다. 산도 저하 속도와 최종적인 pH는 돈육의 신선도, 연도, 조직감, 보수력 등에 큰 영향을 준다. pH의 측정은 도축 후 1시간 이내의 초기 pH와 24 시간 이내의 최종 pH로 이루어진다. 돈육의 초기 pH가 5.8미만이면 PSE(Pale, Soft and Exudative) 돈육이 의심되고, 최종 pH가 6.1 이상이면 DFD(Dark, Firm and Dry) 돈육으로 분류된다. 이상적 초기 pH는 6.3 ~ 6.7 이고, 최종 pH는 5.7 정도이다. pH

는 돈육의 보수성과 연도와 밀접하게 연관되어 있으며(Bole 등, 1993), pH의 증가가 가열 감량을 증가시킨다는 보고가 있다(Palansky와 Nosal, 1991).

각 처리구의 도축 후 시간에 따른 등심 pH 변화를 그림 2에 나타내었다. 돈육 등심 샘플의 pH는 처리구에 관계 없이 도축 후 시간이 경과함에 따라 지속적으로 낮아지는 경향을 보였으나 각 시간 별 pH를 비교하였을 때 처리구 간의 유의적 차이는 확인할 수 없었다. 초기 pH는 1-site 처리구와 2-site 처리구가 각각 5.99와 6.07로 정상육의 범위에 있었으며, 최종 pH도 각각 5.65와 5.63으로 정상 수준이었다. 이와 같은 결과를 볼 때 사양과정에서의 스트레스가 돈육의 최종 pH 에 영향을 미치지 않는 것으로 보인다 .

(4) 육질 분석 (Meat quality)

돈육의 물리적 특성을 직접적으로 확인하는 가열감량, 전단력, 보수력을 측정하는 방법으로 육질 분석이 이루어졌다. 보수력은 가공이나 요리 중 발생하는 가열감량에 영향을 주기에 보수력이 낮은 돈육은 수율이 떨어져 가공용으로 적절하지 않다. 등심 내 지방의 함량에 따라 전단력과 보수력이 영향을 받는데, 지방 함량이 증가하면 전단력이 감소하고 보수력은 증가한다.

각 처리구 별 등심 샘플에 대한 육질 분석 결과를 표 35에 정리하였다. 가열감량에 대한 측정 결과, 2-site 처리구의 값이 36.0%로 1-site 처리구의 33.14% 보다 유의적으로 큰 것으로 나타났(P<0.01). 전단력의 경우에도 1-site 처리구의 수치가 2-site 처리구 보다 유의적으로 큰 것으로 측정되었다(P<0.05). 그러나 보수력에서는 1-site 처리구와 2-site 처리구 간의 차이가 없었다. 이와 같이 가열감량과 전단력 분석 결과에 따르면 1-site 처리구의 육질이 2-site 처리구 보다 상대적으로 좋은 것으로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때, 두 처리구의 사양방식 차이가 등심의 명도(L*)에 영향을 미치지 않지만, 적색도(a)와 황색도(b)에는 어느 정도 긍정적인 영향을 준 것으로 확인된다.

표 33. Effect of different pig flows on back fat P₂ in growing-finishing pigs

Criteria	1-site ¹⁾	2-site	SEM ²⁾
Back fat P ₂ (mm)	20.03 ^a	17.66 ^b	0.490

¹⁾ 1-site : Finishing-site(0.9m²/head) for growing-finishing period

2-site : Growing-site(0.7m²/head) for growing period, finishing-site(0.9m²/head) for finishing period

²⁾ Standard error of mean

^{ab} Values within same rows with different superscript are significantly different(P<0.05)

34. Effect of different pig flows on meat color in growing-finishing pigs

Criteria	1-site ¹⁾	2-site	SEM ²⁾
Hunter L*			
0h	37.22 ^d	40.30 ^c	0.606
2h	39.27	36.78	0.658
4h	39.23	36.69	0.681
6h	41.52	42.58	0.630
8h	40.07 ^d	43.44 ^c	0.696
12h	42.84	43.38	0.348
24h	45.45	44.24	0.422
Hunter a*			
0h	1.91	1.94	0.217
2h	2.76 ^a	1.42 ^b	0.303
4h	3.17 ^a	1.58 ^b	0.343
6h	3.33	2.69	0.339
8h	3.24	2.96	0.334
12h	4.05	3.19	0.380
24h	4.63	3.79	0.340
Hunter b*			
0h	3.79	4.39	0.194
2h	4.59 ^c	3.28 ^d	0.257
4h	4.81 ^c	3.39 ^d	0.261
6h	5.28	5.08	0.160
8h	4.99	5.36	0.192
12h	5.88	5.32	0.204
24h	6.33	5.85	0.164

¹⁾ 1-site : Finishing-site(0.9m²/head) for growing-finishing period

2-site : Growing-site(0.7m²/head) for growing period, finishing-site(0.9m²/head) for finishing period

²⁾ Standard error of mean

^{ab} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$)

^{cd} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.01$)

* 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)

㉞ 36. Effect of different pig flows on meat quality in growing-finishing pigs

Criteria	1-site ¹⁾	2-site	SEM ²⁾
Cooking loss (%)	33.14 ^d	36.06 ^c	0.569
WBS ³⁾ (kg/0.5inch ²)	4.94 ^a	3.96 ^b	0.235
WHC ⁴⁾ (%)	54.65	55.96	0.493

¹⁾ 1-site : Finishing-site(0.9m²/head) for growing-finishing period

2-site : Growing-site(0.7m²/head) for growing period, finishing-site(0.9m²/head) for finishing period

²⁾ Standard error of mean

³⁾ Warner-Bratzler shear force

⁴⁾ Water holding capacity

^{ab} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$)

^{cd} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.01$)

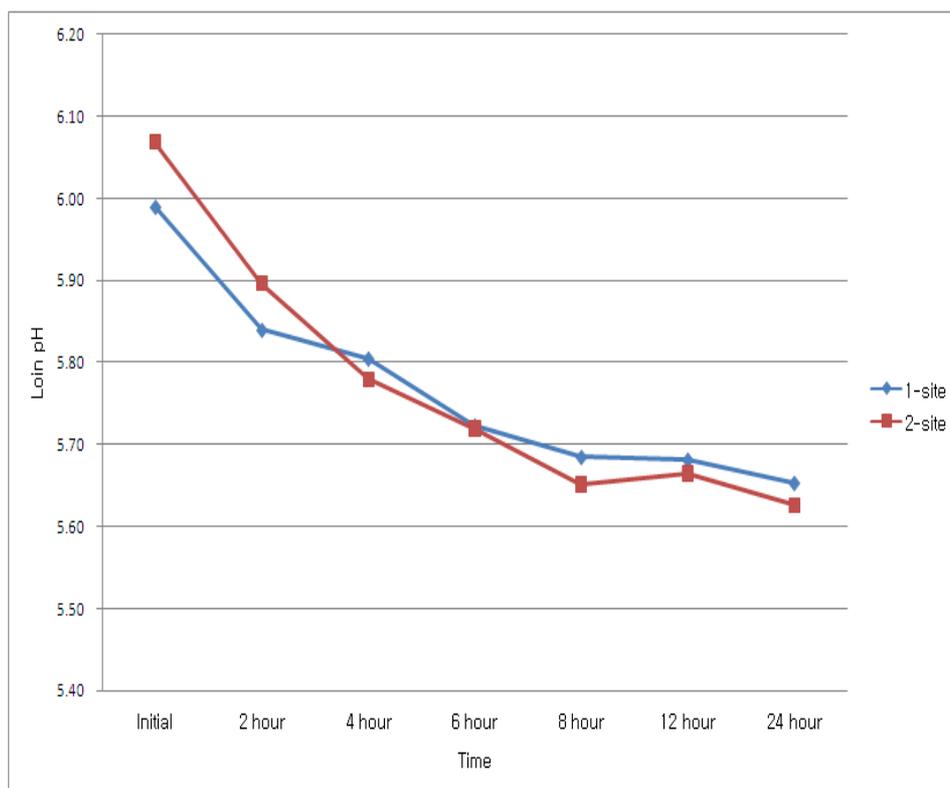


그림 14 . Effect of different pig flows on loin pH in growing-finishing pigs

제 7절 모돈의 주간관리와 그룹관리 비교

1. 서론

2006년부터 지속된 국제곡물가격의 상승과 2008년 후반부터 지속된 전 세계적인 경기 침체 등으로 인해 국내의 양돈 농가도 심각한 타격을 받고 있다. 특히 국내에 만연하고 있는 질병과 검증되지 않은 사양관리 방식의 적용 등 다양한 문제점으로 인해 양돈 생산성이 점차 악화되고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 국내의 양돈농가와 산업계에서는 양돈생산성을 높일 수 있는 다양한 방법들을 시도하고 있다. 1990년대 초부터 국내에는 모돈의 생산성을 높이기 위해 주간관리 방법(weekly management system)이 도입되었다. 주간관리란 계획을 세워 모돈 들을 1주간 동안요 일별로 관리를 함으로써 모돈의 생산성을 향상시킬 뿐만 아니라 업무의 효율성을 제고할 수 있는 사양관리 방법이다. 이후 2000년대 후반인 현재까지도 주간관리는 국내 많은 양돈장에서 모돈 관리 방법으로 이용하고 있다. 그러나 주간관리는 모돈의 복잡한 사양관리인 교배, 이유, 분만이 일주일 안에 모두 일어나며, 이에 따른 돈군의 잦은 이동과 교차로 질병의 순환고리가 차단되지 않으며, 모돈의 생리를 효율적으로 이용하지 못하는 문제점을 가지고 있었다. 따라서 주간관리를 이용함에도 불구하고 우리나라뿐만 아니라 양돈선진국에서도 저조한 양돈생산성이 나타났다. 모돈 관리에 있어서 올인-올아웃을 정확히 실천하고, 저하된 양돈생산성을 개선하기 위하여 양돈장에서는 모돈의 그룹관리(batch management system) 방법이 시도되었다. 그룹관리란 양돈장의 모돈 들을 몇 개의 그룹으로 나누어, 일주일 이내에 모든 작업이 이루어지는 주간관리에 비해 그룹별로 2주에서 5주 간격으로 작업을 분산하여 관리하는 방법이다. 따라서 그룹관리 방법은 돈군의 이동을 줄이고, 교차질병을 감소시키며, 올인-올아웃의 철저한 관리가 가능한 방법으로 검증되어 유럽의 양돈 선진국들에서는 다양하게 이용되고 있는 방법이다 (Brown, 2006). 그룹관리는 주간관리 방법보다 모돈의 번식생리(reproductive physiology)를 더욱 효율적으로 이용할 수 있으며, 매우 높은 생산성을 가져다 줄 수 있는 효과적인 사양방법으로 알려져 국내에서도 이미 여러 양돈장들이 모돈의 그룹관리 방법을 도입, 적용하여 높은 생산성을 유지하고 있다. 본 논문은 현재 국내양돈장에 적용되고 있는 주간관리와 그룹관리를 비교해 보고, 농장 내 작업의 업무의 효율성을 극대화시키고, 모돈의 번식생리를 최대한 활용하여 돼지의 질병을 차단함으로써 모돈의 번식성적 향상과 양돈생산비 절감을 통하여 국내 양돈장의 생산성 향상을 도모하기 위하여 소개하였다.

2. 본론

가. 모돈의 주간 관리 (Weekly management system)

(1) 주간관리의 이해

주간관리는 1990년대 양돈장에서 모돈을 효율적으로 관리하기 위해서 도입된 양돈

신기술이라고 할 수 있다. 이 전의 양돈장에서는 모돈의 관리가 교배일령에 의해서 모든 작업 일정이 결정되어 주중에 교배, 분만, 이유 등의 관리가 무작위로 매일 일어나 사양관리가 체계적으로 이루어 지지 않았다. 이로 인해 근무자의 작업 효율이 매우 낮았으며, 교배 및 분만의 중복으로 인한 돈군의 이동 및 수세, 소독 등의 작업이 체계적으로 진행되지 못하였다. 따라서 이를 개선하기 위하여 모든 작업을 1주 단위로 계획하여 작업효율을 높이고 생산성을 최대한 끌어 올릴 수 있도록 한 것이 주간 관리방법이다. 특히 주간 관리는 1주안에 농장의 모든 작업이 실행될 수 있도록 정형화되어 진행되며, 양돈장의 시설들도 1주당 분만 복수와 이유 두수를 예상하여 확보함으로써, 올인-올아웃(all-in/all-out)을 실천 할 수 있고, 이유 후 자돈의 사양관리까지 체계적으로 진행될 수 있었다. 따라서 주간관리는 각 사양 단계별로 효율적인 관리가 가능하고, 돈군 간의 간섭이 배제되어 질병의 순환 고리를 차단하거나 농장의 방역과 위생수준을 전체적으로 끌어올릴 수 있는 장점이 있다.

(2) 주간관리 일정

주간관리의 일정을 계획하는 데의 초점은 자돈의 이유일(weaning day)을 결정하는 것이다. 또한 분만과 교배가 매일 발생하지 않도록 모돈의 재귀 발정일과 임신기간 등을 고려하여 매주 일정한 요일에 분만과 교배가 발생하도록 하는 것이 중요하다. 일반적으로 모돈의 재귀발정일은 3 ~ 7일이며, 이유 후 교배까지의 시간을 고려하였을 때, 수요일을 이유일로 하면 일요일 오후부터 교배가 발생할 가능성이 있기 때문에 목요일을 이유일로 하는 것이 그 다음주 월요일 ~ 수요일 사이에 교배를 할 수 있어 적합하다고 할 수 있다. 또한 돼지의 평균 임신 기간은 114(L×Y F1 모돈의 경우 115일)일로, 16주 2 ~ 3일이므로 주간 관리를 통해 월요일 ~ 수요일에 모돈을 교배하여 임신 모돈의 분만이 수요일 ~ 금요일 사이에 집중되어 주말 및 일요일의 분만을 피할 수 있다. 이에 따라 목요일을 이유일로 정하고 주간 관리 일정을 계획하면 다음의 표 37와 같다.

표 37. 모돈 규모 당 주간관리 계획

요 일	관리 일정
일요일	휴무가 가능하나 정상적인 건강 및 영양 상태를 가진 모돈은 재귀 발정일이 더욱 짧기 때문에 목요일에 이유한 모돈에 대한 발정확인을 실시하여, 모돈의 발정을 놓치지 않도록 한다.
월요일	월, 화요일은 주 교배일로 이유 모돈의 발정확인과 교배를 실시한다
화요일	발정확인이 많으며, 정확한 발정확인을 통해 교배를 실시한다.
수요일	이유 모돈에 대한 교배를 완료하고, 교배사에서 임신사로 돈군을 이동시킨다. 교배사의 빈 스톨은 다음 주의 이유 모돈을 수용하기 위해 곧바로 수세한다. 또한 교배 후 21일경에 임신 모돈에 대한 재발정 진단을 하고, 35일경에 정확한 임신 진단을 실시한다. 재발정의 경우, 모돈은 발정 주기가 21일 전후이므로 재발정 진단을 실시한 후, 곧바로 재교배가 되어야 한다.
목요일	이유일. 이유 후 이유자돈과 이유 모돈들의 이동이 실시하며, 이상 모돈이 발생할 경우 도태한다. 이유 후 곧바로 수세 및 소독을 실시한다(다음 분만 모돈의 입식 대비). 분만사에서는 모돈의 분만이 있다.
금요일	다음 주 분만돈을 임신사에서 분만사로 이동시킨다. 또한 분만사에서는 모돈의 분만이 지속된다.
토요일	휴무 및 기타 작업을 실시한다.

나. 주간관리의 시작 및 요건

주간 관리를 시작하기 위해서는 첫째, 전체 돈군의 모돈 수를 바탕으로 1주간 단위의 사양관리 규모를 결정해야 한다. 양돈장의 모돈 두수에 따라 주간 교배 두수 및 분만 복수를 살펴보면 표 38과 같다.

표 38. 모돈 규모 당 주간관리 계획

구분 모돈 수	주간 분만 복수	주간 교배 두수	이유 두수* 연간/주간
100	4.5	5	2,210/42.5
135	6	7	3,094/59.5
180	8	9.5	4,199/80.75
250	11	13	5,746/110.5
1,000	45	48	21,216/408

* 산출 기준 - 주간 교배 두수 × 분만을 85% × 복당 이유 두수 10두 (× 52주)

* 수태율 또는 분만율에 따라 계획 교배 두수 변경 가능

둘째로, 주간관리를 실시하기 위해서는 자돈의 이유일을 적절히 결정하여야 한다. 이는 주간관리를 통해 분만과 교배일을 조절할 수가 있는데 이유일이 적합하지 않으면 주말과 일요일에 휴무가 가능하지 않을 수 있기 때문이다. 따라서 모돈의 재귀 발정일과 임신기간 등을 고려하여 매일 분만과 교배가 발생하지 않도록 해야 한다. 이는 위에서 기술한 바와 같이 목요일의 이유일이 이유 후 교배와 차후의 분만 일자를 조절하는데 가장 적합할 것으로 사료된다.

셋째로, 교배일과 분만일의 시간차가 적어야 한다. 주간단위의 일정은 주말과 일요일을 제외한 평일에 대부분의 작업이 이루어지는 체계이기 때문에 교배와 분만이 2 ~ 3일 사이에 집중되지 않으면 주간 관리의 일정에 차질이 생길 수 있다. 따라서 목요일에 이유한 모돈들이 정상적으로 월요일부터 교배가 실시된다면 수요일까지는 계획 교배 두수까지 교배가 완료되어야 차후의 분만이 집중됨으로써 주간 관리 계획이 차질 없이 이루어질 것이다. 그러나 이유 후 모돈이 건강상태가 나쁘거나 성적 저하 등의 이유로 도태가 되고, 재귀 발정이 늦어져 현재 돈군에 정상적으로 편입되지 않을 수도 있으므로, 추가적으로 후보돈 및 발정 대기돈을 확보하여 이들의 발정 확인과 적절한 교배를 통해 기존 돈군에 편입시켜야 한다. 분만일의 경우에는 임신기간을 114일로 계산하였을 때 월요일 ~ 수요일에 교배한 모돈은 수요일 ~ 금요일에 분만이 이루어질 것으로 예상할 수 있다. 그러나 개체에 따라서 임신 기간이 1 ~ 3일 정도 차이가 나는데 이는 모돈과 자돈의 건강에 해를 끼치지 않을 범위에서 분만유도제를 이용한 유도분만을 실시하여 주간 관리를 유지하여야 한다.

넷째로, 주간 관리를 위한 시설을 확보하여야 한다. 예를 들어 220두 농장에서 주간 관리를 실시하게 되면 주당 10복의 분만이 이루어져야 하며 포유기간을 4주로 한다고 가정하였을 때, 올인-올아웃을 위해 5개의 돈사 또는 격리된 돈방에 각각 최소 10개의 분만틀을 구비하여야 한다(표 39). 또한 각 농장의 사정에 따라 초산 모돈이나 계획된 날짜 외에 분만하는 모돈들을 위해 5 ~ 10%의 분만틀 및 임신스톨을 추가로 확보해주는 것이 효율적이다.

표 39. 220두 규모의 농장에서의 주간관리와 그룹관리의 시설 비교.

	주간 관리	그룹관리(3주)
분만 복수	10복/주	30복/3주
분만 시설	10개 분만틀 × 5 돈사	30개 분만틀 × 2 돈사
이유 자돈 수	100두/주	300두/3주

다. 주간관리의 장점 및 단점

(1) 주간관리의 장점

- (가) 업무를 평일에 집중시킴으로써 휴일의 작업 조절이 용이하고 작업자의 노동효율을 증진시킬 수 있다.
- (나) 농장의 업무가 각 요일별로 정형화 되어 작업 효율이 높고, 관리가 용이하다.
- (다) 주간 단위의 돈군 흐름을 통해 올인-올아웃이 가능하다.
- (라) 주간 단위로 전 농장의 돈군 사양 관리 및 성적 관리가 용이하다.
- (마) 분만이 목요일과 금요일에 집중되어 생식 처치 및 거세, 양자 관리 등이 용이해진다.
- (바) 주간 교배두수가 일정해지며, 웅돈 및 인공수정용 정액의 활용이 가능하다.
- (사) 주간 교배두수를 일정하게 유지하기 위해 후보돈을 순차적으로 계획에 의해 입식 할 수 있다.
- (아) 그룹관리에 비해 이론적으로 비생산일수(NPD; non-productivity days)가 낮다.

(2) 주간관리의 단점

- (가) 주단위로 임신사와 분만사 등의 수세 및 소독이 필요하며, 그룹관리보다 위생적인 돈사 환경을 조성하기 어렵다.
- (나) 매 요일마다 각각 다른 일을 실시해야 하며, 작업의 집중도가 그룹관리에 비하여 떨어진다.
- (다) 분만돈 수가 매주 일정하게 유지되어 양자 관리가 가능하지만, 분만 복수가 적은 농장에서는 양자관리가 용이하지 않다.
- (라) 올인-올아웃을 실시하여도 돈군의 흐름이 너무 빠른 속도로 바뀌고 수세 및 소독이 여의치 않을 수 있다.

나. 모돈의 그룹 관리 (Batch system)

(1) 그룹관리의 이해

그룹관리의 모태는 자돈 및 육성/비육돈사에만 적용했던 올인-올아웃 방법을 모돈군에 도입하여 양돈장에 있는 모든 돈군에 대한 그룹화를 통해 각 그룹별로 나누어 관리하는 방법이다. 그룹관리란 돼지의 번식주기(임신 114일, 포유기간 28일, 재귀발정일 5 ~ 7일)와 모돈의 생리(발정주기 21일), 농장의 시설을 고려하여 모돈을 그룹단위로 모아서 관리하는 방법으로 주간관리 개념을 확장해 놓은 것이라고 할 수 있다(G. Roese와 G. Taylor, 2007). 그룹관리방법은 양돈장에서 올인-올아웃 시스템의 장점을 그대로 적용할 수 있으며, 위생상태의 개선을 통한 질병의 감소와 성장 촉진, 사료효율 증가, 폐사율 감소, 약품의 사용량 감소 등을 통하여 양돈장의 많은 생산성 지표를

획기적으로 개선할 수 있다. 특히 현재 국내 대부분의 양돈장에서 도입하여 실시되고 있는 주간관리에 비해 모돈의 생리를 더욱 효율적으로 이용하는 방법으로, 돈군의 단위가 커져 양자관리나 이유자돈의 관리가 용이하고 비육돈들을 균일한 체중으로 출하할 수 있다. 또한 1주간단위로 빠르게 진행되던 돈군의 흐름을 3주간, 5주간 등으로 늘려 집중적으로 관리함으로써 관리 효율이 높아지고, 작업자의 작업 및 휴무 등을 효율적으로 계획할 수 있다는 장점이 있다. 또한 그룹관리 체계는 한 돈군에서 발생한 질병이나 특정한 문제점을 신속하게 해결할 수 있을 뿐만 아니라 타 돈군으로 확산되는 것을 효율적으로 차단하며, 질병 제거 및 소독에 대한 유예 기간을 가질 수 있어 전체 돈군을 안전하게 관리 할 수 있다. 따라서 그룹관리의 원리를 잘 이해하고 각 농장의 현재 상황과 시설을 점검하여 적절히 도입한다면 양돈장의 높은 생산성 향상을 기대할 수 있다.

(2) 그룹관리의 일정

그룹관리의 일정은 모든 한 그룹을 몇 주간으로 관리를 할 것인지에서 부터 결정된다. 돼지의 번식주기를 임신기간 114일, 포유기간 28일, 재귀발정일 5일로 하였을 때 총 147일(21주)로 가정하고, 1주간관리 - 21그룹, 2주간관리 - 10 그룹, 3주간관리 - 7 그룹, 4주간관리 - 5그룹, 5주간관리 - 4그룹으로 하여 모돈의 사양 관리를 시작하게 된다. 본고에서는 그룹관리 일정을 3주간관리를 기본으로 하여설명하고자 한다.

3주간 그룹관리에서는 크게 주별로1주차-교배주간(mating week), 2주차-분만주간(farrowing week), 3주차-이유주간(weaning week)으로 분류할 수 있다. 그러나 각 농장의 관리 상태 및 계획 교배두수에 따라 교배 및 분만 기간이 길어질 수 있다. 1주차에서는 이전 주에 이유한 모돈에 대한 발정확인 및 교배와 인공수정을 실시하는 주간이다. 보통 모돈은 이유 후 3일이 지난 후부터 재귀발정이 오기 시작하여 이유 후 5 ~ 7일 사이에 강한 발정을 관찰할 수 있으므로 이유를 교배 전 주 목요일이나 금요일에 실시하면 일요일 오후나 월요일 오후부터 발정 확인을 실시할 수 있다. 교배주간에 주의할 점은 첫째, 주간관리와 마찬가지로 분만주간의 효율적 관리를 위해서 교배 기간이 너무 길어지는 것은 좋지 않다. 최소한 일주일 안에 한 그룹의 계획교배두수를 달성하여야 원활한 그룹관리의 유지가 가능하다. 둘째, 교배주간에는 이전에 발정 확인이 확실히 안되었거나 교배실패 및 미약발정 등으로 발정이 지나친 모돈에 대한 재발정 확인을 실시하여, 발정이 확인되면 곧바로 교배를 실시하여 본 그룹으로 편입시켜야 한다. 셋째, 이유 후 모돈의 상태에 따라 도태를 실시한다. 모돈의 도태는 분만성적이 나쁘거나 포유기간 동안의 사고로 인해 더 이상 모돈을 사용할 수 없을 때 등 그룹별로 신중히 고려하여 실시하고 후보돈들을 준비하여 도태된 모돈 숫자만큼 돈군에 편입한다.

2주차 분만주간에는 임신110일령 이상의 차기 그룹 임신돈들을 분만사로 이동시킨다. 이동시에는 몸체에 붙어있는 분변이나 먼지를 세제와 물로 깨끗이 제거하고, 특히 앞으로 자돈들이 포유하게 될 유방 부분을 세심히 세척하여 준다. 분만사에 입식된 모돈은 농장의 계획에 따라 관리를 하고 이유일령을 최대한 동일하게 한다. 또한 그룹의

효율적인 관리 및 분만사의 올인-올아웃 적용을 위해 분만기간을 일주일 정도로 제한하도록 유도한다.

3주차 이유주간에는 포유를 하고 있는 자돈에 대해서 이유 일령을 각 농장별로 설정하여 이유일까지 이유 자돈사를 준비하고, 목요일이나 금요일에 이유를 실시한다. 이때에 모돈들을 모두 이유하므로 돼지의 질병차단이나 자돈들의 올인-올아웃 실시에 유리하다.

(3) 그룹관리의 시작 및 요건

돈장에서 그룹관리를 위해 농장의 상황을 점검하기 전에 먼저 모돈군을 몇 개의 그룹으로 나눌 것인지를 결정하여야 하는데, 앞에서 언급하였다시피 돼지의 번식주기와 모돈의 총 두수를 고려하여 그룹을 나누고 모돈의 사양관리를 시작한다. 본고에서는 모돈 300두 이하의 일괄사육체계에서 모돈을 7개 그룹으로 나누는 3주간 그룹관리를 모돈관리에 있어서 가장 효율적인 방법으로 제안한다. 그 이유는 첫째, 모돈의 번식생리를 고려하였을 때, 모돈이 분만 후 포유기간을 거쳐 이유를 하면 일주일 내에 발정이 오므로 교배를 한다. 그런데 교배를 한 모돈 중에 임신이 되지 않거나 미약발정으로 인해 관리자가 모돈의 발정을 제대로 확인하지 못하면 모돈의 발정주기 상 교배 후 3주 후에 발정이 오게 된다. 따라서 3주간 관리를 하게 되면 이번 그룹에서 임신이 되지 않은 모돈은 3주 후의 다음 그룹으로 넘겨서 다시 교배를 하면 되므로 돼지의 생리를 가장 적절히 활용하는 방법이어서 높은 번식효율을 기대할 수 있다. 둘째, 특히 5주간 관리에서는 분만이 5주마다 발생하게 되는데 농장에서 계획한 이유 일령을 적용하였을 때, 이유 후 곧바로 교배가 불가능하며, 5주간 관리를 위해 호르몬제 등 발정지연제를 사용하여야 할 가능성이 있다. 따라서 이유 후 바로 교배 실시가 가능한 3주간 관리가 유리하다고 할 수 있다. 셋째, 5주간 관리에서는 모돈의 번식생리를 고려하였을 때, 교배에 실패하여 재발정 확인을 위해 대기하고 있는 모돈은 21일(3주)마다 발정이 오는 모돈들의 관리를 위해서 발정을 1번 이상을 넘기거나 따로 그룹을 운영해야 하므로 비생산일수가 증가한다는 단점이 있다. 넷째, 3주간 그룹관리는 4주간이나 5주간 그룹관리에 비해 일시적으로 필요한 노동력의 정도가 적으며, 따라서 300두 이하의 일괄관리체계 농장에서의 인력규모에 적합하다.

(가) 그룹관리를 위한 후보돈 준비

그룹관리를 위해서는 후보돈부터 준비를 해야 한다. 예를 들면 분만모돈 210두의 농장에서 3주간 그룹관리를 한다면 한 그룹이 30두가 된다. 그러나 모든 후보돈이 한꺼번에 발정이 오는 것이 아니기 때문에 후보돈을 입식할 때 70두 정도를 입식하여 발정오는 시기가 비슷한 후보돈들을 35두씩 선발하여 사용하는 방법이 효율적이다. 그러나 후보돈의 그룹 편입시 유의해야 할 점이 있다. 앞에서도 밝혔듯이 그룹관리를 할 때, 교배주간에는 그룹의 관리와 시설의 효율을 높이기 위하여 교배기간을 가능한 짧게 가져가는 것이 효율적인데, 모든 후보돈들의 발정이 일시에 오는 것이 아니기 때문에 호르몬제 등을 사용하여 발정동기화(synchronization) 방법을 이용하기도 한다.

그러나 인위적인 발정동기화는 산차(parity)가 지속되면서 차후의 번식성적 저하 및 재귀발정일의 지연, 미약 발정 등 다양한 문제점이 지속적으로 나타날 수 있다. 그러므로 한꺼번에 후보돈을 많이 입식하여 자연스럽게 각 모돈들의 발정주기에 따라 선발하여 사용하는 것이 가장 이상적이라고 사료된다. 농장의 상황에 따라 4주간 또는 5주간 그룹관리를 하는 경우도 있는데, 이때에는 임신이 되지 않아 3주 후에 재발정이 온 모돈들을 수용할 수 있는 별도의 시설을 마련하여야 하는 단점이 있고, 비육돈의 판매도 5주마다 판매해야 하므로 농장의 자금흐름에 문제가 생길 수도 있다. 종돈장들의 경우는 일반 양돈장들과는 달리 돈군간의 완전한 차단을 위해 5주 또는 6주간 그룹관리를 선택적으로 사용하기도 한다.

(나) 그룹관리를 위한 시설현황 파악

각 농장에서 그룹관리를 적용하기 위해서는 현재의 돈사시설을 점검하는 것도 매우 중요하지만, 그룹관리를 시작하기 전에 자돈의 이유일령을 결정하는 것이 필요하다. 일부 양축가들은 아직도 이유일령이 짧으면 모돈의 생산성을 높일 수 있다고 판단하고 이유일령을 3주 이내로 하는 것을 이상적인 방법이라고 생각하지만, 이유 일령에 관련한 많은 연구 결과에서 이유일령을 3주 이상으로 증가시키는 것을 권장하고 있다. 다음으로 그룹관리를 위한 시설 현황을 파악하여 보면, 3주간 7그룹 관리를 적용하는 농장에서 농장의 총 모돈 수를 7로 나누어 3주간 그룹관리를 한다면 (예, 모돈 140두의 경우 20두), 분만틀 20개씩 2개의 돈사를 준비하여 분만돈을 그룹별로 따로 관리하기 위한 최소한 40개의 분만틀이 준비되어야 한다 (Casanovas, 2007). 이는 3주간 관리를 하고 이유 일령을 21일 ~ 28일령으로 하였을 때 분만사에는 2개의 그룹이 겹치는 기간이 존재하게 되므로 2개의 그룹이 공동으로 분만사에서 사육될 수 있는 갯수의 분만틀이 준비되어야 하는 것이다(표 3). 그러나 그룹관리를 하다 보면 모돈이 다음 그룹으로 넘어갈 수 있는 여지가 항상 존재하므로 여유분의 분만틀을 추가적으로 구비해야 한다. 왜냐하면, 한 그룹 20여두가 분만틀에서 4주간 포유(이유 일령을 28일로 하였을 때)를 하고 분만돈사에서 나오는 데에는 분만일이 조금씩 차이가 나서 약 5주가 소요되며, 분만돈이 분만사에서 나오게 되면 분만사를 수세, 소독하고, 다음 그룹을 분만 전에 분만사로 입식하는 데 최소한 약 1주일이 소요되므로 3주간 그룹관리에서는 분만사 1개가 최소한 6주 간격으로 돌아가게 된다. 이 또한 추가적인 분만틀이 필요한 이유 중 하나이다. 그림 1은 모돈 140두 일괄사육체계에서 필요한 임신사 스톨, 후보사 돈방, 분만틀의 수를 모식한 것이다.

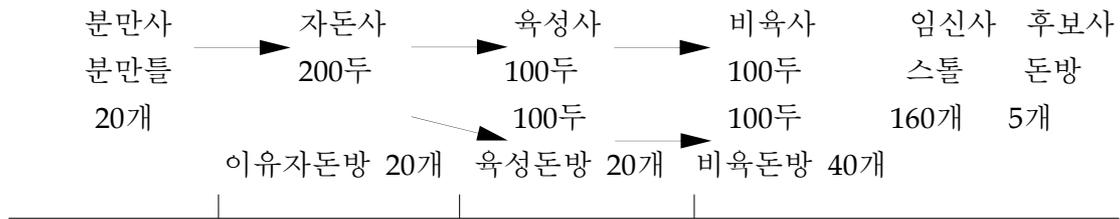


그림 15. 모돈 140두의 그룹관리 모식도

그림 15에서 보는 바와 같이 분만사에서 나온 자돈들이 일반적으로 자돈사에서는 5주, 육성사에서는 6주, 비육사에서는 8~9주를 머무르게 되므로 자돈사와 육성사는 각각 22개의 돈방이 있으면 가능하지만 비육사의 돈방은 육성사의 두 배를 가지고 있어야 한다. 육성/비육사를 함께 사용하는 경우라도 자돈사 돈방을 기준으로 최소한 3배 이상을 보유하고 있어야 밀사를 예방할 수 있고 원활한 올인-올아웃 체계의 사양관리 적용이 가능한 것을 알 수 있다.

(다) 그룹관리의 요건

그룹관리를 시작하기 위해서는 가장 먼저 충분한 시설이 확보되어야 한다(Lurette 등, 2008). 그러나 각 농장마다 모돈의 보유현황이 다를 수 있으므로 총 모돈 수를 기준으로 그룹 당 모돈 수와 후보돈, 필요한 시설을 산출할 수 있도록 표 41에 산출근거를 나타냈고, 각 그룹별로 도태 모돈이 발생할 경우를 대비하여 모돈의 갱신을 대비 각 그룹 당 필요한 후보돈 수를 표 39에 나타냈으므로 참조하여 필요사항을 산출할 수 있다.

표 40. 3주간 그룹관리에 필요한 요건

필요사항	총 모돈 수					
	100	150	200	300	400	500
필요사항	100	150	200	300	400	500
그룹당 분만모돈 두수 ¹⁾	14	21	28	42	57	71
그룹당 교배모돈 두수 ²⁾	17	25	34	50	68	85
그룹당 후보돈 두수 ³⁾	2	3	4	6	8	10
총 분만틀 수 ⁴⁾	28	42	56	84	114	142
임신 스톨 수 ⁵⁾	89	134	177	266	354	443
그룹당 이유자돈 수 ⁶⁾	140	210	280	420	570	710

¹⁾ 총 모돈 수 ÷ 7 (3주간 관리의 그룹 수)

²⁾ 수태율 85% 기준으로 계산

³⁾ (총 모돈 수 × 갱신율 + 1년간 그룹 회전수) × 1.1(10% 여유분)
모돈 갱신율 30% 기준

⁴⁾ 그룹당 분만 모돈 수 × 2

⁵⁾ 총 모돈 수 - 분만 모돈 수 + 후보돈 수

⁶⁾ 분만 모돈 수 × 10두(이유두수)

표 41 주간 그룹관리에 모돈 갱신율에 따른 각 그룹당 필요한 후보돈 수¹⁾

모돈 갱신율(%/년)	총 모돈 수					
	100	150	200	300	400	500
20%	1	2	3	4	5	6
30%	2	3	4	6	8	10
45%	3	4	6	9	11	14

¹⁾ (총 모돈 수 × 갱신율 + 1년간 그룹 회전수) × 1.1(10% 여유분)

농장의 총 모돈 수에 갱신율을 곱하면 1년간 농장에서 갱신에 필요한 후보돈 수가 산출된다. 예를 들어 100두 농장에 갱신율이 30%라면 갱신에 필요한 후보돈 수는 30두가 되는 것이다. 그러나 1년간 교체하는 모돈 두수가 30두라고 하더라도 한꺼번에 30두를 입식하는 것은 바람직하지 못하다. 후보돈을 한꺼번에 많은 수를 입식하게 되면 후보돈의 비생산일수가 현저히 증가할 수 있기 때문이다. 일반적으로 후보돈은 90 ~ 110kg 사이에서 입식하게 되는데, 이후 농장의 격리 돈사에서 약 2 ~ 3개월 정도 사육하게 되며, 이후에 최초 교배에 들어가게 된다. 또한 그룹별로 한꺼번에 많은 두수의 교체가 있는 것이 아니라 그룹별로 도태 모돈이 결정된 후에 교체가 이루어지는 것이므로 그룹 당 교체하는 후보돈 수를 고려하고, 격리사에서 사육되는 2개월 정도 기간에 차이를 두어 후보돈을 입식을 한 후에 그룹별로 교체하는 것이 바람직하다고

할 수 있다. 예를 들면 100두 농장에서의 그룹 당 후보돈 갱신 두수는 2두이며(표 5), 2개월 사이에 2 ~ 3 그룹 정도에서 후보돈 교체가 이루어진다고 하면 총 5 ~ 7두 정도를 입식하여 갱신에 들어가게 되고, 후보돈 입식 후 후보돈이 격리사에서 임신사로 옮겨지게 되면 다시 후보돈 입식 계획을 세워서 모든 갱신 관리를 실시하여야 한다.

표 에서 보는 바와 같이 3주간 관리의 경우 총 모돈 수가 결정되어 모돈을 7개의 그룹으로 나누면 한 그룹 당 모돈 수가 산출되고 여기에 모돈 당 이유두수를 곱하면 필요한 자돈사, 육성사 및 비육사가 산출되게 된다. 그룹 당 모돈 수는 종부와 임신 중에 문제가 생겨 실패할 수 있는 모돈의 수와 농장의 상황 및 시설을 고려하여 계획 교배 두수를 결정하고 교배하여야 한다. 일괄사육체계에서 그룹관리를 도입하면 자돈사의 확보뿐만 아니라 육성사 및 비육사의 공간확보가 필수적이다. 우리나라에서는 보편적으로 이유 자돈사에서 5주(7주), 육성사에서 6주(5 ~ 6주), 비육사에서 9주(6 ~ 9주)간 있게 되는 것을 고려하여야 하는데 이유 자돈사에서 5주, 육성, 비육사를 한 곳으로 하여 일괄 사육하는 방법이 효율적이라 할 수 있다. 그 이유는 육성사와 비육사를 따로 하여 사육하는 것 보다 한 곳에서 지속적으로 사육하는 것이 돼지의 사양 관리에 효율적이며, 육성돈들에게 돈사 이동으로 인한 스트레스 방지와 질병 차단 등에 유익하기 때문이다.

그룹관리를 성공하기 위해서는 무엇보다 엄격한 분만주기의 관리가 중요한데, 초산돈의 경우는 그룹 내에서도 분만일의 차이가 1주일 정도까지 차이가 날 수 있다. 하지만 2 산차부터는 일괄적으로 이유를 하고, 적절하게 이유일령을 조절하여 발정의 동기화를 자연스럽게 유도할 수 있다. 또한 그룹관리의 성공적인 정착을 위해서 중요한 사항으로는 종부된 모돈이 종부 후 3주 이후에 재발정이 있는지를 관리자가 확인하는 것이라고 할 수 있는데, 관리자들의 관찰보다는 옹돈을 이용하면서 세심하게 관찰하는 것이 중요하다고 하겠다.

라. 그룹관리의 장점 및 단점

(1) 그룹관리의 장점

- (가) 올인-올아웃 시스템을 적용할 수 있는 가장 이상적인 관리방법으로, 청결하고 위생적인 돈사를 유지할 수 있고 돈군간의 교차오염을 줄일 수 있어 자돈의 낮은 폐사율과 성장능력 향상을 통해 높은 생산성 유지가 가능하다.
- (나) 일정한 일령의 돈군을 크게 유지할 수 있으며, 육성돈 및 비육돈 관리에서도 단계적 사양(phase feeding)을 효율적으로 적용할 수 있다.
- (다) 돈사의 환경을 일괄적으로 적용할 수 있으므로 돈사 관리, 환기, 백신, (사) 급여체계의 효율적인 적용이 가능하다.
- (라) 돈군의 이동과 실제경영을 좀 더 쉽게 예측할 수 있고, 인력 및 작업시간을 효율적으로 배치하여 직원들의 휴식 및 복지를 증진시킬 수 있다.
- (마) 비슷한 일령에 모돈들에게 교배를 할 수 있어 인공수정을 보다 효율적으로 활용할 수 있고, 목표한 교배두수를 효과적으로 달성할 수

있으며, 적은 용돈으로 많은 모돈의 관리가 가능하다.

- (바) 일령이 비슷한 보유모돈이 많아서 양자관리(cross fostering)가 수월하다.
- (사) 분만과 분만사이에 시설물의 수세, 소독과 보수가 수월하다.
- (아) 보다 균일하고 많은 출하돈의 생산을 기대할 수 있다.
- (자) 그룹관리는 일정 모돈 규모까지는 주간관리가 갖는 효율성과 장점을 더욱 극대화 시킬 수 있다.

(2) 그룹관리의 단점

- (가) 분만틀을 비롯한 번식을 위한 추가 시설이 요구된다. 따라서 농장의 규모가 커질수록 추가적으로 많은 시설이 요구되며, 시설이 생산에 쓰이지 않는 기간이 발생하여 시설 활용도가 떨어질 수 있다.
- (나) 한 그룹당 충분한 모돈 수를 교배하지 못하면, 임신 스톱 및 분만사가 빈상태로 유지되어 생산성에 손해를 입게 된다.
- (다) 임신 및 분만돈 사양관리가 적절하지 못하면 일시에 분만돈의 숫자가 늘어날 수 있다.
- (라) 조기분만과 분만지연 및 유산에 대한 대비책도 강구해야 한다.
- (마) 후보돈의 구입시 일시에 많은 두수를 구입해야 한다.
- (바) 관리가 부실하면 비생산일수(NPD)가 주간관리에 비해 높아진다.
- (사) 단기간 많은 인력의 투입이 요구된다.
- (아) 교배 주간에 교배 기간 및 교배 두수에 대한 세심한 주의가 요구된다. 계획교배두수를 확보하지 못하면 교배 대기돈 및 비생산일수의 증가, 활용도의 감소로 생산성이 하락하게 된다.

마. 주간관리에서 그룹관리로의 전환

주간관리에서 그룹관리로의 전환은 계획적으로 이루어져야 한다. 예를 들어 일주간 관리를 하던 양돈장에서 3주간 그룹관리로 전환하려면 발정동기화 및 시설의 확보, 후보돈의 입식 등 고려해야 할 사항이 매우 다양하기 때문이다. 본고에서는 우선 주간관리에서 그룹관리로 전환하려는 농장에서 추가적인 시설은 준비가 되어 있는 것으로 간주하겠다. 모돈 사양 관리를 그룹관리 체계로 전환하는 것은 후보돈을 충분히 확보하는 것과 이유 자돈사와 육성, 비육사의 조절을 위해 이유 일령을 일시적으로 조절하는 것이 중요하다. 이유 일령을 조절하는 것은 농장의 상황을 고려하여 자체적으로 가능하나 후보돈의 확보는 일선의 종돈장과의 꾸준한 후보돈 입식 협의가 우선적으로 수반되어야 할 것이다. 시설과 후보돈이 충분히 확보되고, 이유 일령을 조절할 수 있는 여건이 마련되면 그룹관리로의 전환을 시작하는데 우선 이유를 실시할 날짜를 결정하고 주간관리체계에서 그 주에 이유하는 돈군과 차후 2주간 이유해야 하는 돈군, 총 3개의 돈군을 한꺼번에 이유를 실시한다. 이후 돈군의 모자란 교배 두수는

충분히 확보된 후보돈에서 충당하도록 한다. 이후 2주간은 그룹관리를 위한 시설 및 후보돈 관리를 실시하며, 다음 3주째의 이유 주간이 돌아오면 이전과 마찬가지로 그 주에 이유하는 돈군과 차후에 2주간 이유해야 하는 돈군을 한꺼번에 이유하도록 한다. 이런 방법으로 지속적으로 이유 일령을 조절하고, 주간관리체계에서 분만한 3주 동안의 모돈을 한 번에 이유하는 방법으로 주간관리에서 그룹관리체계로의 전환이 가능하다. 하지만 이 방법에서 뒤따르는 문제점은 차후의 2주 이후의 분만돈은 이유 일령이 매우 짧아지게 된다는 것이다. 따라서 차선책으로 첫째 주의 이유를 실시하고 그 모돈에 대해서는 발정 지연제를 급여하여 1주일 정도 발정을 지연시키는 방법이 있다. 이후 둘째 주의 모돈은 정상적으로 이유를 실시하며, 셋째 주의 모돈은 이유를 1주일 정도 빠르게 실시하는 것이다. 이 방법은 이유 일령을 충분히 고려한 방법이라는 장점이 있는 반면, 호르몬제인 발정 지연제를 급여하여 모돈에 인위적으로 생리적 변화를 가해야 한다는 단점이 따른다. 따라서 주간관리체계에서 그룹관리체계로의 체계 전환에서 주의하여야 할 점은 첫째, 이유 자돈사와 이 후의 육성돈사 및 비육돈사가 충분히 준비되어야 한다는 점, 둘째, 한 그룹당 사용 가능한 임신 스톨 및 분만틀이 충분히 준비되어야 한다는 점, 셋째, 체계 전환시 일시적으로 조절하는 이유 일령으로 인해 이유 자돈의 폐사율이 상승할 수 있으므로 세심한 관리가 요구된다는 점, 넷째, 적절한 후보돈 확보로 그룹 당 교배 모돈 수가 부족하지 않도록 유의해야 한다는 점이다.

3. 결 론 (Conclusion)

일반적으로 올인-올아웃 시스템은 농장에서 양돈 생산성을 개선할 수 있는 최선의 사양관리방법으로 알려져 있으며, 그룹관리 방식은 질병의 전파를 차단하고, 질병 순환 고리를 제거할 수 있는 올인-올아웃 시스템을 자연스럽게 적용할 수 있는 사양 관리 방법 중 하나이다. 그룹관리는 양돈장의 모든 총 두수, 돈사 시설 등을 고려하였을 때, 그룹의 크기와 관리 주간의 차이에 따라 다양한 방식이 존재한다. 모돈의 주간관리와 그룹관리 방법은 농장의 상황에 따라 다양한 장단점이 존재하며, 시설과 모돈 수 등을 고려하여 가장 적합한 관리 방법을 농장에 적용하여야 할 것이다.

모돈의 그룹관리는 형태에 따라 2, 3, 5, 7주간 그룹관리 등으로 나눌 수 있지만, 이 중에서도 3주간 그룹관리는 주간관리, 2, 5, 7주간 관리에 비해 돈군의 흐름과 모돈의 번식 생리를 적절히 활용하고, 관리자의 작업 효율을 높일 수 있는 관리 방법이라고 할 수 있겠다. 임신이 되지 않은 모돈은 3주 간격의 발정주기를 갖게 되므로, 이 같은 모돈의 생리를 효과적으로 이용하는 방법이 모돈들을 3주간 그룹관리체계로 관리하는 것이다. 3주간 그룹관리는 모돈의 번식능력 향상은 물론, 전체 양돈장에 올인-올아웃에 의한 사양 관리가 이루어질 수 있도록 하여 PMWS, PRRS, PRDC, PED 등 국내에 만연하고 있는 질병을 예방하고, 유럽의 양돈선진국들에 비해 현저히 낮은 국내의 양돈 생산성을 개선시킬 수 있는 대안이 될 수 있다고 하겠다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

본 연구에서는 현재 국내·외에서 사용되고 있는 대표적인 사양관리 시스템 검증과 비교연구를 통하여 실제로 우리나라 실정에 맞고, 양돈 농가에서 사용할 수 있는 경제성과 생산성을 향상하는 사양관리 체계를 파악하여 면역력 증강 및 생산성 향상 할 수 있는 사양관리체계를 확립하고자 수행하였다.

현재 국내 양돈의 현황은 사육두수는 증가하지만, 도축(출하)두수는 감소하는 이상 현상이 나타나고 있으며 이와 같은 현상이 발생하는 이유는 자돈기의 40-50%가 넘는 폐사율에 있다. 이는 이유자돈에서 돼지의 소모성 질병의 빈번한 발생으로 추정되지만 구체적인 원인을 밝히지 못하고 있는 실정이다. 또한 양돈 산업에 있어서 불리한 환경이 조성되어 있으며 양돈 농가의 부담은 가중되고 있으며, 이를 극복하기 위해서는 효율적이고 경제적인 양돈 산업으로의 전환이 시급히 필요하다. 한편, 돼지의 성장 촉진과 질병 감염 방지 목적으로 사용되고 있는 항생제 과다 사용 절감과 사육단계별 질병경로를 차단하는 사양관리체계에 대한 연구에 대한 접근은 부족한 실정이다. 따라서, 본 과제는 단기적으로는 항생제 사용의 감소를 피하며, 적절한 사양관리체계를 개발하여 궁극적으로 항생제를 사용하지 않아도 돼지의 면역력을 증강할 수 있는 안전 축산을 도모하여 경제성과 생산성을 향상하는 사양관리 체계 확립하는데 그 목적이 있다.

본 과제 중 1년차에는 모든 분만시설 형태에 따른 적정 사양모델 개발과 자돈의 사육시설 차이와 입붙이 급이시기에 따른 자돈 성장 및 면역력 향상 규명 확립에 대한 연구를 수행하였다. 최근 유럽연합에서는 유기적 환경의 축산에 대한 연구를 상당 부분 진행시켜왔으며, 동물복지와 관련하여 모든 분만시 분만틀보다는 평사분만을 제시하고 있다. 모든 분만틀은 모든이 일어서고 누울 수 있는 공간이 전부이며, 분만 후 2주 정도의 기간 동안 자돈의 포유기간을 마치게 되면, 해당 모돈은 바로 임신 축사로 옮겨져 다음 발정기에 인공 수정되는 분만시설이다. 이와 같은 시스템은 연간 모돈의 회전율을 극대화시키기 위한 방법으로 사용되어 왔고, 동물 복지의 측면은 거의 고려되지 않는 것이라서 동물복지 단체들로부터 많은 압력을 받아왔다. 현재 국내 대부분 모돈 농가에서는 모돈 생산성의 극대화를 위해 보편적으로 분만틀을 사용하고 있다. 따라서 분만틀과 평사에 따른 모돈의 생산성과 포유자돈의 성장능력에 미치는 효과를 비교함으로써, 국내에 적합한 모돈 생산성 극대화를 위한 분만시설에 대한 검증을 하고자 연구를 수행하였다. 본 실험은 1 산차 (평균 230 ± 10일령 중부) 의 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, 평균 체중 140.0 kg) F1 모돈 41두를 공시하여, 2처리 20~21반복, 반복당 한 두씩 완전임의 배치법 (CRD: complete randomized design) 으로 배치하였다. 처리구는 다음과 같다 : 1) 분만틀 처리구 (임신기-임신모돈 스톨 2.15×0.6 m , 분만-포유기-분만틀 - 2.2×0.6m 사육), 2) 평사 처리구 (임신기부터 분만-포유기까지 평사에서 사육, 모돈을 위한 공간 - 2.4×3.0 m). 사료급여는 임신기에 오전 08:00, 오후 16:30 2회 1kg씩 총 2kg/모돈·일 을 급여하였으며, 임신 110일령부

터 분만시까지 제한 사양을 실시하였다. 분만 후 사료급여방식은 분만틀 처리구는 반 습식 사료급여, 평사 처리구는 건식사료 급여를 하였다. 실험사료는 옥수수-대두박 위 주 (corn-soybean meal basal)로 총 2가지 (임신모돈 사료, 포유모돈 사료)의 사료가 배합되어 단계별로 급여하되 두 처리구의 사료는 동일 하였다. 실험사료의 열량가는 약 3,265 ME kcal/kg, 모든 영양소 함량은 NRC 사양표준 (1998)과 같거나 높게 배합 하였다. 분만틀과 평사 분만시설에 따른 모돈의 생산성에 미치는 영향을 살펴보면, 임신기동안 모돈의 등지방 두께는 평사 처리구는 분만틀 처리구보다 높았다. 전체 포유기 동안 모돈 체중은 평사 처리구는 분만틀 처리구에 비해서 유의적으로 높게 나타났다. 이 기간 동안 모돈 사료섭취량도 평사처리구가 분만틀 처리구에 비해 유의적인 차이를 보이며 높았다. 이는 포유기 동안 모돈에서의 체중증가는 사료섭취량 증가 때문으로 사료된다. 여러 연구 결과에 의하면, 포유모돈의 증체량 또는 체중감소는 모돈의 사료섭취량과 자돈의 성장률과 밀접한 관계가 있다고 보고되고 있다. 또한 분만시설에 따른 모돈의 litter size 비교를 위해 복당산자수, 사산, 미이라, 기형, 실산자수, 양자처리 후 포유개시 두수, 압사가 아닌 폐사, 압사, litter weight를 조사·비교하였다. 두 처리구의 사육환경의 차이는 통계적으로 litter size에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한, litter weight와 모유성분에도 분만시설에 따라 유의적인 차이가 보이지 않았다. 한편, 분만시설에 따른 자돈의 폐사율에 미치는 영향을 살펴보면, 평사 처리구에서 압사가 아닌 폐사, 압사, 전체 폐사 두수 및 폐사율이 평균적으로 분만틀 처리구에 비해 두 배 이상 높다. 더욱이, 평사 처리구에서 자돈의 압사가 아닌 폐사가 더 높게 나타났는데, 이는 평사 처리구에서 모돈에게 부여된 면적은 9.36 m², 분만틀 처리구에서는 4.5 m²으로 사료 및 물의 섭취, 배변을 위한 이동 등의 이유로 모돈의 위치 이동이 분만틀에 비해 잦아서 초유섭취 및 모유 섭취에 있어 평사 처리구에서 자돈은 보다 불리한 입장에 서게 되는 것으로 사료된다. 또한, 압사에 의한 폐사 경우 분만틀 처리구와 평사 처리구에서 자돈 8일령 이내에 집중적으로 분포되어 있으나, 특히 3일령 이내의 경우 평사 처리구에서의 압사비율이 분만틀 처리구에 비해 월등히 높게 나타났다. 이는 분만틀에 비해 비교적 행동이 자유로운 평사 분만시설에서 분만 후 3일 이내에는 압사에 의한 자돈의 폐사가 더 높다는 것을 시사한다. 분만틀의 경우 대부분 모돈의 구르는 행위나 앉는 행위에 의한 압사를 방지하는 압사 방지 시설 (guard rail)이 설치되어 있기 때문인 것으로 보인다. 본 연구를 통하여, 평사 분만시설의 경우 폐사율 상승 뿐만 아니라 두당 사육면적이 분만틀 면적보다 2배 상승하여 특히 우리나라의 경우 유리하지 않은 것으로 여겨진다. 결론적으로 유럽에서 중요시 하고 있는 동물복지를 염두에 두고, 분만틀과 평사 분만시설을 비교하였을 때 두 시설 간에 모돈의 생산성에는 큰 차이가 없었으나, 자돈 압사가 평사 분만시설에서 더 많이 나타났으므로, 한국의 현실에는 분만 시설 면적을 더 많이 요구하는 평사 분만시설보다는 분만틀 사양이 바람직한 것으로 사료된다.

또한, 본 과제 1년차에서 자돈의 면역력 증강을 통한 사양관리 체계를 위한 사육 시설과 입불이 사료 급여에 대한 영향에 대한 연구를 수행하였다. 최근 국내 양돈 사업이 규모화가 되면서 사육두수가 증가 되는 현상이 계속되고 있다. 이러한 규모화

는 양돈농가의 이익 창출을 위해 좁은 공간에 많은 돼지 수용과 경제적 이익을 위해 밀폐된 무창 돈사의 모습으로 변화 하고 있다. 특히, 슬러리 자돈사에서 사육되는 이유자돈은 대부분 고질적인 설사와 돈분의 부패로 인해 생기는 악취로부터 자돈의 성장률이 저하되고 있다. 따라서, 본 실험에서는 국내 이유자돈 사육시설 중 고상식과 평사가 이유자돈의 성장능력과 면역력에 미치는 영향을 비교함으로써 자돈의 생산성을 비교하고자 수행하였다. 실험은 사육시설 중 다른 펜구조와 항생제 무첨가, 첨가에 따른 성장능력, 면역 성장, 설사 빈도 등을 비교하여 이유 자돈에게 미치는 영향에 대해 검증하기 위하여 수행되었다. 처리구는 1) 고상식 돈사 (elevated pen) + 항생제 무첨가(basal diet : NRC (1998)를 충족하는 옥수수-대두박 위주의 기초사료로서 항생제 무첨가), 2) 고상식 돈사 (elevated pen) + 항생제 첨가(basal diet + 0.10% 아빌라마이신), 3) 평사 돈사 (floor-slotted pen) + 항생제 무첨가(basal diet), 4) 평사 돈사 (floor-slotted pen) + 항생제 첨가(basal diet + 0.10% 아빌라마이신) 로 총 4처리였다. 사양실험을 위해 24±2 일령에 이유했한 평균체중 7.90±0.25 kg의 삼원교잡종 192두를 공시하여 4처리 6반복 반복당 8마리씩 난괴법 (RCBD)에 의하여 40일 동안 사양실험을 수행하였다. 자돈기 실험기간인 총 6주 동안 자돈기 3주에서 6주 동안 항생제 첨가 유무와 상관없이 고상식 돈사 사육 돼지들이 체중, 일당 증체량, 사료섭취량이 높게 나타났다. 사육시설과 항생제 첨가 유무에 따라 사료효율에 있어서는 차이가 보이지 않았다. 시험 전 기간 동안 항생제 무첨가 첨가와 에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았으며 돈사환경과 항생제 첨가 및 에 따른 상호작용(interaction)에 의해 사양성적에서는 차이가 나타나지 않았다. 돈사시설과 항생제 첨가에 의해 설사 빈도를 살펴본 결과 자돈기 0~2주 동안에는 고상식, 평사 처리구에서 높은 설사빈도를 보였지만 고상식 돈사에서 1주, 3주, 6주째 유의적으로 낮게 나타났다. 면역반응을 알아보기 위한 실험을 위해 역시 매주 각 처리구 마다 6마리씩 동일한 개체로부터 채혈을 하여 IgA, IgG를 측정하였으며 역시 TNF- α , IL-1 β 를 분석하였다. IgA의 농도는 고상식 돈사 무항생제 처리구에서 1주($P<0.01$), 2주($P<0.01$), 3주($P<0.01$)때 유의적인 차이를 보이고 있으며 항생제에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았으며 돈사환경, 항생제 첨가에 따른 상호작용(interaction) 역시 유의적인 차이를 보이지 않았다. IgG 수치를 전반적으로 보면 4주 전까지는 고상식 돈사와 비교해 보았을 때 평사 처리구에서 높은 수치를 보이고 있지만 4주 때를 기점으로 고상식 돈사는 IgG농도가 계속 상승하지만 평사 돈사는 감소하는 하여 4주 이후로는 고상식 돈사에서 높게 나타나고 있다. 고상식시설과 평사시설에 따른 자돈의 세포성 면역력에 미치는 영향을 알아보기 위해 혈액 내 염증성 사이토카인 IL-1 β 와 TNF- α 를 측정 하였다. IL-1 β 의 경우, 자돈기 2주 때에는 돈사환경, 항생제에 따른 차이를 보이지 않았으나, 자돈기 6주 때 돈사환경 ($P<0.05$), 항생제 첨가유무($P<0.05$), 돈사환경과 항생제 처리에 따른 상호관계($P<0.05$)에 의해서 유의적인 차이를 보였다. 한편, TNF- α 함량은 실험 전 기간 동안 돈사환경, 항생제 그리고 둘 간의 상호작용에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 본 실험을 통하여 고상식 돈사는 평사돈사에 비해 자돈 성장 능력, 설사빈도, 혈중 요소태 및 면역 반응에 긍정적인 효과를 미치는 것으로 나타났다. 이는 고상식 돈사에서 자돈

사육이 자돈의 면역 능력을 증진시켜 자돈 성장률 향상에 영향을 미치는 것으로 사료 된다.

한편, 최근 대부분 양돈농장에서 포유기간 동안 입블이 사료를 너무 이른 시기에 급여하여 항생제 남용 문제가 발생하고 더 나아가서는 고가의 입블이 사료는 사료비 증가로 농가의 경제적 손실을 일으키게 된다. 따라서, 입블이 사료 급여시기에 따른 자돈의 성장에 미치는 실험을 통해 적정 입블이 급여 시기 확립과 항생제가 많이 포함된 입블이 사료 섭취를 최소화하는 포유자돈 사양관리 체계에 대한 연구를 수행하였다. 실험 1은 입블이 사료 급여로 인한 포유자돈의 성장능력에 미치는 실험을 수행하였으며 실험 2에서는 입블이 사료 급여효과가 이유 후 자돈 시기의 사양성적에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 실험 1에서는 모돈(Landrace x Yorkshire)은 4처리 4반복으로 16마리를 공시하였고, 처리당 12두씩 포유 자돈([Landrace x Yorkshire] x Duroc) 총 192두를 분만 후부터 이유시기까지 25일 동안 사양 실험을 실시하였다. 시험설계는 1) CF 0d : 전기간 입블이 사료 급여 안함, 2) CF 7d : 7일령부터 입블이 사료 급여, 3) CF 14d : 14일령부터 입블이 사료 급여, 4) CF 21d : 21일령부터 입블이 사료 급여 처리구로 하였다. 실험 2에서는 입블이 사료의 급여 효과가 이유 후 자돈 시기의 사양성적에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 선행된 실험 1에서 사용된 자돈들을 이용하여 돈방 당 10마리씩 4처리 3반복으로 체중과 성별을 고려, 난괴법(RCBD : Randomized Completely Block Design)으로 총 120두를 구배치하여 총 5주간 세 phase로 나누어 사양 실험을 실시하였다. 시험설계는 실험 1과 동일하게 1) 처리구 A : 포유시기에 입블이 사료 비급여한 처리구, 2) 처리구 B : 7일령부터 25일령까지 입블이 사료 급여한 처리구, 3) 처리구 C: 14일령부터 25일령까지 입블이 사료 급여한 처리구, 4) 처리구 D : 21일령부터 25일령까지 입블이 사료를 급여한 처리구로 설계하였다. 실험 1은 전체 포유기 동안 입블이 사료 급여시기에 따른 포유자돈의 체중, 증체량, 일당사료섭취량 및 일당증체량에 있어서 유의적 차이는 나타나지 않았다. 실험 2에서는 포유시기동안 입블이 사료 급여 시기에 따라 이유 후 자돈의 성장능력에 있어서, 포유기 동안 입블이 사료 무급여구와 생후 14일 입블이 사료 급여구에서 이유자돈의 일당 증체량과 사료효율이 유의적으로 개선되었다. 따라서, 본 실험을 통하여 포유기간 중 입블이 사료를 급여하지 않아도 이유 후 5주까지 자돈의 성장률이 향상되었다는 것을 보였다. 결론적으로, 포유시기에 입블이 사료를 전혀 급여하지 않은 자돈과 포유 기간 내 이유 14일 전에 입블이 사료를 급여한 이유 자돈의 성장능력은 개선되었으나, 사료비 산출을 통한 경제성 검토를 고려할 경우 입블이 사료 무급여가 자돈 성적 능력 개선에 더 효과적 영향을 주었다고 사료한다. 더욱이, 국내 양돈농가에서 자돈의 폐사율을 감소시키고 성장 촉진용 항생제가 과량으로 첨가된 입블이 사료 남용에 대한 문제점을 규명할 수 있었다고 사료한다.

본 연구과제 2년차에서는 자돈의 사육면적에 따라 자돈의 생산성과 면역력 향상에 미치는 영향에 대한 검증을 통해 자돈 적정 사육면적을 확립하고자 실험을 수행하였다. 최근 국내 양돈농장에서는 밀폐되고 한정된 공간 내에 많은 수의 돼지 사육과 경제적 이익을 위한 자돈사의 환경으로 인해 발생하는 환경적 스트레스로 자돈 폐사율

증가를 유발하고 나아가서는 생산성 감소를 초래하고 있는 추세이다. 따라서, 본 연구에서는 국내에서 법적으로 제정된 자돈 두당 적정 사육면적 0.3m^2 을 기준으로 사육면적을 달리하여 자돈의 면역력과 성장능력에 미치는 효과를 알아보았다. 실험은 24 ± 2 일령에 이유한 삼원교잡종([Landrace \times Yorkshire] \times Duroc) 192두를 공시하여, 4처리 3반복으로 돈방 당 10두씩 성별과 체중에 따라 난괴법 (RCBD; Randomized Completely Block design)으로 배치하였으며 전 실험기간은 자돈기 4주 동안 수행하였다. 처리구는 1) 두당 사육면적 0.43m^2 , 2)두당 사육면적 0.3m^2 , 3)두당 사육면적 0.27m^2 , 4)두당 사육면적 0.21m^2 로 하였다. 실험 전 기간 동안 사료와 물은 자유급이 (*ad libitum*)로 사육하였다. 자돈기 2주 동안, 두당 사육면적이 0.43, 0.31, 0.27, 0.21m^2 으로 감소할수록 일당증체량은 229, 228, 211 그리고 199 g/d로 linear 하게 감소하게 나타났다. 실험 전 기간 동안 두당 사육면적이 0.43에서 0.21m^2 으로 감소할수록 자돈의 일당증체량은 linear하게 감소하게 나타났다. 자돈기 총 4주 동안, 두당 사육면적에 따라 자돈의 일당 사료섭취량과 사료효율에 있어서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 자돈 두당 사육면적에 따라 면역력에 미치는 영향을 알아보기 위해 혈액내 염증성 싸이토카인, immunoglobulin 및 cortisol를 측정하였다. 자돈기 2주째 자돈 두당 사육면적에 의해 혈청 내 IL-1 β 농도에는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 4주째에는 두당 사육면적이 0.43, 0.31, 0.27, 0.21m^2 으로 감소할수록 혈청 내 IL-1 β 농도는 207.8, 196.5, 232.52 및 229.35 pg/ml으로 linear하게 증가하였다. 그러나, 자돈 전 실험기 동안 두당 사육면적 의해 혈중 내 TNF- α 농도 차이는 나타나지 않았다. 또한 자돈기 2주째 두당 사육면적에 따른 이유자돈 혈청 내 cortisol 함량에는 차이를 보이지 않았다. 자돈기 4주째 두당 사육면적이 0.43, 0.31, 0.27, 0.21m^2 으로 감소할수록 혈청 내 cortisol 함량은 linear 증가를 보여주었다 ($P<0.05$). 모든 처리구 중에서 두당 사육면적이 0.21m^2 처리구에서 혈청 내 cortisol 함량은 가장 높은 수치를 보여주었다. 한편, 실험 전 기간 동안 두당 사육면적에 따른 자돈 혈중 내 IgA와 IgG 농도에는 영향을 주지 않았다. 본 실험은 좁은 공간에서 사육은 돼지에게 스트레스를 제공하며 이러한 스트레스는 체내에 면역 체계 반응에 변화가 일어나게 하고, 사료섭취량 감소 및 성장률을 저하시킨다는 보고들과 유사한 결과를 나타내었다. 또한, 염증성 싸이토카인은 cortisol과 같은 스트레스 호르몬 분비를 자극하며, 이 호르몬은 GH 호르몬 분비를 저하 시킨다는 여러 연구 결과들에서 보고하였듯이, 본 실험에서도 두당 사육면적이 감소할수록 IL-1 β 농도는 증가하였는데 이는 스트레스 관련 호르몬인 cortisol 함량 증가 추세와도 유사하게 나타났다. 따라서, 국내에서 법적으로 권장하고 있는 자돈 두당 적정 사육밀도 0.3m^2 사육은 자돈의 면역력 향상을 유도하여 성장능력을 개선 할 수 있다고 생각된다. 더욱기, 본 실험을 통하여, 국내에서 법적으로 규정하고 있는 자돈 두당 적정 사육면적에 따른 자돈의 성장률과 면역력 개선 효과에 대한 과학적으로 검증할 수 있었다고 사료한다.

한편, 본 연구 2년차 과제에서 환돈으로 인한 경제적 손실을 최소화할 수 있으며 치료용 항생제 사용 절감을 통한 안전 축산물 생산을 검증하고자 환돈방 설치 유무에 따른 자돈의 면역력과 성장능력에 미치는 효과에 대한 연구를 수행하였다. 실험은

21±2일령에 이유한 평균체중 6.43±0.24 (처리간 평균체중의 차이)의 3원 교잡종 (Landrace×Yorkshire×Duroc) 96두를 공시하였으며 총 35일 동안 사양실험이 수행 하였다. 합사 자돈사의 경우 1처리 4반복으로 각 돈방에 4두씩 체중에 따라 난괴법 (RCBD:randomized complete block design)으로 배치하였으며 격리 자돈사의 경우 1처리 4반복으로 각 돈방에 4두씩 체중에 따라 난괴법으로 배치하였다. 실험의 설계는 환돈의 격리 유무와 정상돈 환돈의 구분에 의한 2 × 2 요인 실험으로 설계하여 각각 합사 및 격리 자돈사에 배치하였다. 본 실험에서 환돈방의 설치가 이유자돈의 체중 및 일당증체량, 일당사료섭취량에 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 일당증체량의 경우 평균값을 비교해 보았을 때 합사에 비해 격리처리구의 환돈의 일당증체량의 수치가 높은 것을 볼 수 있다. 사료효율의 경우 자돈기 3-5주와 0-5주 동안 환돈방 유무에 대한 유의적인 차이를 보이지 않았지만 정상돈과 환돈에 따라서는 유의적인 차이를 보였다 ($p<0.05$). 또한 환돈방 설치 유무 및 정상돈과 합사에 따른 상호작용에 의해서도 유의적인 차이를 나타냈다 ($p<0.05$). 환돈방 설치가 정상돈과 환돈의 면역능력에 미치는 영향을 살펴보았다. 자돈기 동안 환돈방 설치 유무에 따라 자돈의 혈액내 IgA 농도에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈액내 IgG 농도에 있어서는 자돈기 3주째 환돈방 설치된 격리 처리구에서 유의적으로 높게 나타났다. 또한, 이 시기에 환돈방 설치와 자돈의 건강상태에 따른 상호작용에 의해 혈액 내 IgG 농도는 유의적으로 높게 나타났다. 자돈기 5주째 환돈방 설치에 따라 혈액 내 IgG 농도가 유의적으로 높게 나타났다. 또한 정상돈은 환돈에 비해서 혈액 내 IgG 농도가 유의적으로 높게 나타났으며, 정상돈과 환돈의 환돈방 설치 유무에 따른 상호작용에 의해서도 차이는 나타났다. 자돈기 5주째 정상돈과 환돈에 의해 혈액 내 TNF- α 농도에는 유의적인 차이가 보였다. 혈중 내 IL-1 β 농도에 있어서는 자돈기 5주째 환돈방 설치와 자돈의 건강상태에 의해 차이가 있는 것으로 나타났다. 본 실험에서는 환돈방 설치에 의해 정상돈과 환돈의 성장능력 개선에 직접적인 영향을 보이지는 않았으나, 환돈방 설치와 정상돈과 환돈의 상호작용에 의해서 자돈의 성장능력은 밀접한 관계를 보여주었다. 이는 환돈방이 설치된 정상돈과 환돈의 격리 처리구에서 IgG 함량은 자돈기 3주와 5주째 높게 나타난 것이 뒷받침 해준다고 사료된다. 이는 환돈방이 설치된 격리처리구의 돼지들의 건강 상태가 더 향상되었다고 사료된다. 더욱이, 환돈방이 없는 정상돈과 환돈과의 합사는 정상돈-환돈 간에 부정적 영향을 미친 것 이라고 사료된다. 다시말해, 본 실험을 통해 정상돈과 환돈의 격리 사양을 위한 환돈방 설치는 정상돈과 환돈간의 스트레스를 최소화하여 정상돈과 환돈의 면역능력 및 이유자돈의 성장 개선 효과를 규명할 수 있었다고 사료한다.

또한 2년차 연구과제에서 육성 비육기 성장단계별 돈군의 흐름에 따라 돼지의 성장 및 안전돈육 생산에 미치는 효과 검증을 하고자 연구를 수행하였다. 돼지 폐사율 및 질병 전염률을 크게 낮출 수 있어 최종 생산성과 수익성을 높일 수 있는 All in-All out system이 일반 농가에서 적용하고 있으나, 일반 양돈농가에서 3 site 생산 체계를 운영하고 있다. 그러나 비육돈의 생산성을 극대화하기 위해 육성돈을 육성비육사에서 사양하는 사례와 육성사와 비육돈사 격리 사양한 결과를 비교한 자료는 미

흡한 실정이다. 따라서, 육성 비육기 성장단계별 돈사의 흐름에 따라 돼지 개체당 사육면적과 돈군의 합사 여부가 성장 및 안전돈육 생산에 미치는 영향을 비교하고자 연구를 수행하였다. 시험동물은 평균체중 28.89 ± 0.59 kg 의 삼원교잡종 ([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 80 두를 공시하여, 서울대학교 단위동물영양생화학실 실험농장과 서울대학교 농업생명과학대학 부속 실험목장에서 14주 동안 사양실험을 수행하였다. 실험은 총 2처리로 80 두를 처리당 40두씩 각각 두 농장에서 사양하였으며, 처리구는 1) 1-site: 단일 돈사에서 사육 (비육돈사 $[0.9\text{m}^2/\text{두}]$ 에서 육성·비육 전 기간 사양), 2) 2-site: 육성사 · 비육사 분리 사육 (육성돈사 $[0.7 \text{ m}^2/\text{두}]$ 에서 비육돈사 $[0.9 \text{ m}^2/\text{두}]$ 로 사양단계별 이동 사양) 이었다. 처리구에 따른 육성·비육기 사이의 돈사 이동 외의 다른 사양환경은 동일하게 유지하였다. 육성기(6주)의 체중은 1-site 처리구가 2-site 처리구 보다 높은 경향을 보였지만 유의적인 차이는 없었다. 그러나 실험 종료 시점인 비육기 14주째에는 1-site 처리구가 110.22kg, 2-site 처리구가 97.53kg으로 1-site 처리구에서 체중이 유의적으로 높게 나타났다. 육성기 동안의 일당증체량은 1-site 처리구는 2-site 처리구에 비해 유의적으로 높았으며, 비육기 종료시에도 1-site 처리구의 일당증체량이 2-site 처리구에 비해 유의적으로 높은 결과를 보였다. 일당사료섭취량은 육성기 동안 1-site 처리구는 2-site 처리구에 비해 유의적으로 높았고, 비육기에서도 유사한 결과를 보였다. 사료 효율에 있어서는 육성 · 비육기 전 기간 동안 두 처리구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. Serum cortisol 농도는 육성기 종료 시점인 6주차에서 두 처리구 간 고도의 유의적 차이가 나타났으며, 돈사 이동이 돼지에게 큰 스트레스 요인이고 이후의 성장에도 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있다. 도축 후 등지방 두께는 1-site 처리구가 2-site 처리구에 비해 유의적으로 높았다. 돈육 등심의 육질 분석결과, 1-site 처리구의 가열감량 수치는 유의적으로 낮게 나타났으며, 전단력에서는 1-site 처리구가 유의적으로 큰 값을 보였다. 본 실험을 통해 육성 · 비육기 사이의 돈군의 이동은 환경 변화에 의한 스트레스로 돼지 성장에 부정적으로 영향을 줄 수 있는 것으로 사료되며, 성장 능력의 차이는 돈육의 품질에도 영향을 준 것으로 보인다. 그러므로 위생적 환경이 주어진다든 전제 조건에서 육성 · 비육기 동안의 1-site 사양방식은 돈군을 이동시키는 multi-site 사양방식과 비교하여 육성비육돈의 성장과 돈육의 품질에 긍정적으로 작용하는 것으로 사료된다. 더욱이, 육성기에서 출하까지 돈사의 이동 없이 사양한 돼지가 성장기간별로 이동 사양한 돼지 보다 성장 능력과 돈육 품질 향상 효과를 구명할 수 있었다고 사료한다. 결론적으로 본 연구 과제를 통하여 한국 실정에 맞는 돼지의 면역력 향상을 위한 사양관리 체계 확립함으로써 쾌적한 환경에서 사육된 친환경 축산물 생산을 할 수 있는 대안을 제시하며, 항생제 절감을 위한 사양관리 체계 확립을 하여 국내 양돈 산업의 발전을 위해 해결해야 할 문제에 대한 다방면의 사양관리 체계에 대한 접근을 시도 할 수 있었다. 한편, 국내 실정에 적합한 모든 분만 시설에 대한 과학적 검증을 본 과제를 통하여 이루어졌으며 모든 생산성 극대화과 자돈 폐사율 감소를 위한 모든 분만시설에 대한 제안을 제시할 수 있었다. 더욱이 성장단계별 돼지의 면역력 향상과 성장 개선에 영향을 줄 수 있는 사양관리 체계에 대한 과학적 검증을 통해 우리나라 양돈 산업 경쟁력 제고에

필수적인 자돈 폐사율 감소, 돼지의 성장률 개선 및 고품질 돈육 생산, 이를 통한 생산성 향상의 결과를 창출해 낼 것이다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구를 통하여 국내의 낮은 양돈 산업의 생산성을 높이는 방법을 과학적인 검증을 통해 면역력 증강을 통한 사양관리체계 확립하고, 사양관리체계 개선을 통한 모돈, 자돈, 육성·비육돈의 생산성 극대화를 위한 사양기술을 규명할 수 있게 되었다. 또한, 항생제 사용 절감과 돼지 성장 개선을 목적으로 하는 사양 관리체계를 확립할 수 있었으며, 질병경로를 막고 사육단계별 전문성을 높이는 사양관리체계 기술이 규명되었다. 특히, 현재 양돈 산업은 바이오 에너지 생산, 유가폭등, 중국의 식량수출 억제정책 등으로 인한 국제 곡물가격의 인상으로 인한 배합사료 가격 인상은 양축농가 물론 사료업체의 경영수지 악화와 함께 돼지 사육두수 감축이 되고 있는 불리한 환경을 극복하기 위해서는 본 과제의 연구결과들은 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료한다.

한편, 본 연구과제에서는 돼지 성장단계별 면역력 증강을 통한 사양관리체계를 규명하였으며 자돈의 경우에는 비위생적인 슬러리 자돈사에서 사육되는 이유자돈의 고질적인 설사로 인해 성장 정체 현상을 조사하여 고상식과 평사 사육시설이 이유자돈의 성장능력과 면역력에 미치는 영향을 비교함으로써 고상식 돈사에서 사육이 자돈의 면역력 증강과 성장능력 향상을 위한 적합한 사양관리체계로 제시할 수 있었다. 특히 사육밀도가 높은 돈사에서 악성질병으로 인해 높은 폐사율 막기 위해 법적으로 제정된 자돈의 적정 사육면적이 자돈의 면역력 증강과 성장능력 향상을 위한 사양관리체계로 규명함으로써 우리나라 현실에 가장 적합한 자돈의 사육면적을 검증할 수 있었다. 더욱이, 환돈방 설치로 정상돈과 환돈의 격리 사양은 환돈으로 인한 경제적 손실을 최소화할 수 있고, 치료용 항생제 사용 절감을 통한 안전 축산물 생산을 가능할 것이라고 사료된다. 육성·비육돈에 있어서는 육성기에서 출하까지 돈사의 이동 없이 사양한 돼지가 성장기간별로 이동 사양한 돼지 보다 성장 능력과 돈육 품질 향상을 규명함으로써 돼지 폐사율 및 질병 전염률을 크게 낮출 수 있는 사양관리체계로 검증할 수 있었다. 본 과제에서는 국내에서 연구가 전무한 상태인 모돈의 분만시설에 따른 연구를 시도하였으며, 모돈의 생산성 극대화와 자돈의 폐사율 감소를 위한 분만시설에 대한 효과를 검증함으로써, 평사 분만 시설의 경우에는 국내 현실에 적합한 보완책이 필요한 것으로 제시하였다. 또한, 포유자돈의 적정 입불이 사료 급여 시기 확립을 통하여 양돈농장에서 포유기간 동안 입불이 사료를 너무 이른 시기에 급여하여 항생제 남용 문제를 막을 수 있으며, 더 나아가서는 고가의 입불이 사료는 사료비 증가로 인한 농가의 경제적 손실을 최소화 할 수 있을 것으로 사료한다.

따라서, 본 연구과제를 통하여 확실하게 검증이 되지 않은 컨설턴트 난립으로 인하여 혼란에 처해 있는 양돈 농가에게 적합한 사양체계를 제시할 수 있고, 외국의 양돈 사양관리 시스템을 우리나라 현실에 맞는 사양관리체계에 대한 검증은 양돈 생산성을 극대화할 수 있을 것으로 사료한다. 더욱이 돼지의 성장 촉진과 질병 감염 방지 목적으로 사용되고 있는 항생제 과다 사용 절감과 사육단계별 질병경로를 차단하는 사양관리체계에 대한 연구에 대한 다각적인 연구 접근을 통하여 양돈 농가에서 사용할

수 있는 경제성과 생산성을 향상하는 사양관리 체계 검증 및 개발을 한 것으로 사료한다.

본 연구에서 확립된 사양관리체계는 양돈 농가에서 적용 시 비용절감 및 생산성 극대화로 산업적으로 그 파급효과가 매우 크며 돈육 생산 안정화 뿐 만 아니라 가격 안정화에도 상당한 영향을 미칠 것으로 사료된다. 특히 사양단계별 사양관리체계의 다각화로 무부분별하게 사용되는 항생제 절감과 면역력 증강에 기준을 마련한 것으로 사료된다. 본 과제의 연구과제에서 면역력 증강 및 생산성 향상을 위해 확립된 사양관리체계는 현장에서 활용하기 위한 사양기술 개발 및 산업화를 유도 할 것으로 기대된다. 이를 위해 생산성 극대화를 위한 양돈 생산 기술 보급 매체 제작과 교육 프로그램 개발에 필요한 자료를 정리 및 보급할 것이다. 더욱이 본 연구 결과를 통해 양돈 산업에의 적용과 활용하는 축산업으로 새롭게 도약하는 계기가 될 수 있으며, 국내외의 학술회의나 저널에 발표함으로써 기술의 우수성을 확인할 수 있을 것으로 사료된다.

더욱이 본 연구 과제를 통하여 면역력 증강과 생산성 극대화를 위한 적절한 사양관리 기준에 대한 농가의식 개혁은 제품화 및 산업화를 위한 별도의 비용 없이 사양관리 상의 변화만으로 생산비를 절감할 수 있는 고효율 사양관리 기술을 보급하는 것이 가능하리라 사료된다. 따라서, 본 연구를 통해 확립된 사양관리체계 기술을 영농활용, 산업체 기술 이전, 및 학술발표 등 다양한 효과를 기대할 수 있다고 확신한다. 본 과제에서 확립된 돼지의 면역력 증강 및 생산성 극대화를 위한 사양관리체계는 현재 문제되고 있는 양돈장의 자돈 폐사율 감소 및 건강한 이유자돈의 생산, 연간 출하돈의 증가 및 생산성 증대 효과를 기대할 수 있으며, 더 나아가서는 효율적이고 경제적인 양돈 산업으로의 전환을 할 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 국내에서는 돼지의 사양관리체계에 대한 연구결과들이 많이 미흡한 실정이므로 본 연구과제에서 면역력 증강 및 생산성 극대화를 위한 사양관리체계에 대한 연구결과들에 대한 정보는 상당히 중요한 의미를 부여할 것으로 사료하며, 앞으로 이 과제를 시발점으로 시작하여 선진국처럼 활발히 진행되고 있는 사양관리체계에 대한 연구가 계속적으로 진행될 것으로 기대한다. 궁극적으로, 사양관리체계 기술 확립을 통해 자돈의 질병 감염에 따른 면역력 저하를 막을 수 있는 사양시설과 기술 검증과 출하돈 증가에 따른 농가 수익성 창출 및 보다 건강하게 자돈을 사육할 수 있는 모돈의 친환경적 축산에 가능성을 더욱 높일 것으로 사료한다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

양돈선진국으로 알려진 덴마크보다 실제로 양돈 생산성이 훨씬 높은 프랑스의 경우 양돈산업의 경쟁력확보를 위해 범 국가차원에서 대학, INRA연구소 및 정부기관이 지난 20년간 꾸준히 노력한 결과 양돈산업의 생산성지표인 PSY (pigs per sow per year)가 28두에 도달하고 있다. 이 같은 높은 생산성이 가능한 것은 양돈생산성의 기초가 되는 모든 관리기술의 개발 및 보급과 직결된다고 할 수 있다. 2002년 프랑스 INRA연구소가 발표한 자료에 따르면 프랑스에서는 모든의 임신기간, 포유기간 및 이 유후 발정 재귀기간을 합쳐서 148일이 된다($115d + 26d + 7d = 148d$). 이 같은 근거에 의해 모든이 1년에 자돈은 몇 번 생산할 수 있는 지를 지표인 LSY (litters per sow per year, 모돈회전율)가 이론적으로 2.46이 나오며 실제 모돈회전율이 2.41이 보고되고 있다. 이론적 모돈 회전율 2.46과 실제 모돈회전율 2.41의 차이인 0.05의 의미는 프랑스 모돈들은 임신을 시켰을 때 실패가 거의 없어 전체 모돈들이 평균 7.4일에 불과한 공태기간을 갖게 된다.

프랑스의 모돈 회전율

- 임 신 + 포 유 + 재발정
 - $115 d + 26 d + 7 d = 148 d$
 - 최대 모돈회전율 2.46 (= $365/148$)
 - 실제 모돈회전율 2.41
 - 모돈회전율 0.05 의미
- ☞ $7.4 d (=0.05 \times 148)$ 공태기간

양돈선진국인 유럽의 여러 나라와 약 10년 정도의 차이를 보이고 있으며 모돈, 자돈 및 생산성을 위한 사양관리 기술에 대해 살펴보고자 한다.

첫째, 모돈의 분만틀은 포유자돈의 압사 방지를 위한 장치로서, 수유 후, 모돈이 잠 시 일어나거나 앉았을 때 포유자돈들이 모돈의 다리사이로 진입하지 못하도록 하여 포유자돈이 모돈에 깔려 압사되는 것을 방지 하도록 사용하였다. 따라서 축산농가에서의 포유자돈 사망율을 감소시켜 수익증대를 꾀할 수 있도록 한 포유자돈의 압사 방지를 위해 사용된 장치이다. 그러나, 최근 들어 미국 버지니아에 기반을 둔 Smithfield Foods, Inc.는 세계에서 가장 큰 돈육 생산자이면서 가공업체로 모돈 농장에서 분만틀 (gestation stall)의 사용을 단계적으로 제거하고, 그룹 형태로 모돈 축사를 만드는 산업 표준으로 대체하고 있다. 모돈에게 새로이 적용될 그룹 형태의 사육은 모돈을 하나의 틀에 가두지 않고, 큰 틀안에 여러 마리의 모돈을 같이 사육하여 움직임의 자유와 서로간의 상호작용을 허용하는 형태이다. 그 동안 동물 복지 단체들로부터 모돈의 분만틀이 비윤리적인 생산 도구라고 하여 많은 저항을 받아왔다. 현재 우리나라의 모든 모돈 축사는 거의 개체당 하나의 분만틀을 적용시키고 있다. 이 분만틀은 모돈이

일어서고 누울 수 있는 공간이 전부이며, 그 외의 행동, 즉 방향을 바꾼다든지, 돌아다닌다든지 등의 행동은 불가능하다. 또한, 분만후 2주 정도의 기간동안 자돈의 포유기간을 마치게 되면, 해당 모돈은 바로 임신 축사로 옮겨져 다음 발정기에 인공 수정된다. 이와 같은 시스템은 연간 모돈의 회전율을 극대화시키기 위한 방법으로 사용되어 왔고, 동물 복지의 측면은 거의 고려되지 않는 것이다. 따라서, 분만틀 사용을 줄이면서 모돈의 분만시 스트레스를 최소화하고 생산성을 증가하고자 하는 방안들이 연구되어지고 있으며, 그 방안들이 사용되고 있다.

둘째, 유럽에서는 모돈 그룹별 Batch system이 인기가 있는데, 벨기에 가축 위생국은 프랑스, 독일과 베네룩스 지역의 749개 농장에 대한 조사 결과를 발표하였는데 모돈 그룹별 Batch system이 널리 이용되고 있다고 밝혔다. 설문을 실시한 프랑스 생산자들의 거의 99%가 Batch system을 이용하고 있었으며 독일과 네덜란드의 경우는 1/3정도였고, 벨기에는 약 20% 정도였다. 각국의 기본적인 생각은 큰 규모의 모돈 그룹을 관리하는데 있어 노동력을 효율적으로 이용하고 가축들의 이동을 줄이기 위해서 발정, 교배, 분만을 그룹단위로 동기화하는 것이다. 3주마다 분만을 하는 Batch system이 널리 이용되고 있지만 2, 4, 5주 단위 사육방식도 증가하고 있다. 유럽에서 발정동기화를 위한 호르몬 약제인 regumate를 사용한다는 응답자가 프랑스는 61%, 독일은 46%, 벨기에는 27%, 네덜란드는 6% 라고 발표하였다. 프랑스의 경우 ITP연구소와 INRA 연구소가 농민들에게 Batch system의 기술적, 경제적 이익을 설득하였고 정확하게 시행하도록 도움을 주었다고 덧 붙혔다. 대부분의 고능력 농장은 이 기술을 사용하고 있으며 주변국들도 점차 늘어나고 있는 추세이다. 동기화 그룹 사육방식 (SYGMA)은 생산자들이 축산의 여러 단계, 예를 들어 이유, 교배, 분만, 이유 후, 비육 단계 등에 대한 사전 계획을 가능하게 하는데 목적이 있다. 대규모 그룹 모돈 관리의 장점 중에서 농장의 낮은 질병 감염위험에 대해 강조하였다. 모돈의 자손들이 분리됨으로서 합사의 가능성이 줄어들고 이동이 줄어들며 Batch 사이에서 정확하게 돈사를 청소할 수 있게 되어 질병에 대한 위험성이 감소한다. 노동력 측면에서의 주요 장점은 노동력의 투입을 효율적으로 할 수 있게 하여 주말에는 휴식을 취할 수 있다는 것이다. 게다가 각 그룹을 각 개체와 같이 다루면 백신투여나 유사한 작업들을 보다 효율적으로 할 수 있다. 교배와 분만단계에서 자원의 집중으로부터 돈사시설에 대한 성적도 높고 자돈 폐사율도 낮출 수 있다. 계획을 잘 세우면 돈사의 이용을 극대화시키고 돈사 공간을 충분히 이용할 수 있다는 장점이 있다.

셋째, 양돈 선진 국가에서는 돼지의 생산성 및 복지의 향상을 위해서 적정 사육밀도를 지켜오고 있다. 쾌적한 사육환경 조성으로 돼지의 건강과 비용절감 효과를 누리는 한편 친환경 축산을 위해 적정 사육밀도를 지켜 만성 소모성 질환문제를 해결하고 있다. 밀사가 되면 개체별 체중변이가 커질 수 있다. 일반적으로, 두당 사육면적이 늘어나면 성장률, 사료섭취량 및 사료효율 등이 개선되지만 이 이상으로 사육면적이 증가하면 성장률은 오히려 감소한다. 이러한 경향을 고려한 비육돈(100kg)의 적정 최대 사육면적은 0.85㎡이다. 이 밖에도 여러 가지 사육조건을 고려하여 사육두수를 조절하고 있다. 예를 들면 하절기나 호흡기 질병에 감염된 경우 사육 공간을 더 넓혀주

어야 하며 반대로 동절기에는 하절기보다 더 적은 면적을 제공하여 사양하고 있다. 밀사에 의한 피해는 스트레스에 매우 약해져 만성소모성질환으로 발전하여 많은 폐사로도 이어지므로, 적정 사육 밀도를 유지하여 생산성 높은 양돈업을 유지하고 있다.

제 7 장 참고문헌

- Annemarie dirkzwager, Bert veldman, Paul bikker*. 2005. A nutritional approach for the prevention of Post Weaning Syndrome in piglets.
- Armstrong W.D., Cline T.R. 1977. Effects of various nutrient levels and environmental temperatures on the incidence of colibacillary diarrhea in pigs : intestinal fistulation and titration studies. J. Anim. Sci.,45,1042-1050.
- Arnold L. 1929. Alterations in the endogenous enteric bacterial flora and microbic permeability of the intestinal wall in relation to the nutritional and meteorological changes. J.Hyg.,29,82-116.
- Axen, R., Porath,H & Ernabkack, S. 1967. Chemical coupling of peptides and proteins to polysaccharides by means of cyanogens halides. Nature, 213,1320.
- Bark. L.J., Crenshaw, T.D., Leibbrandt, V.D. 1986. The effect of meal intervals and weaning on feed intake of early weaned pigs. J.Anim.Sci.62,1233-1239.
- Blecha F, Pollmann DS and Nichols DA, Weaning pigs at an earlyage decreases cellular immunity. J Anim Sci 56:396-400 (1983).
- Broekaert, W.F., Terras, F.R. , B.P. Cammue, and Osborn R.W. 1995. Plant defenses: Novel antimicrobial peptides as components of the host defense system. J. Plantphysiol.108:1353-1358.
- Brum MC and NCR-89 Committee on management of swine, Effect of space allowance on barrow performance to 136 kilograms body weight. J Anim Sci 74:745-749.
- Brumm MC, Ellis M, Johnston LJ, Rozeboom DW, Zimmerman, Interaction of swine nursery and growth-finish space allocations on performance. J Anim Sci 79:1967-1972 (2001).

- Brumm MC, The effect of space allocation on barrow and gilt performance. *J Anim Sci* 82:2460–2466 (2004).
- Catron, D. V., Jensen A. H., Homeyer, P. G., Maddock, H. M and Ashton G. C. 1952. Re-evaluation of protein requirements of growing-fattening swine as influenced by feeding an antibiotic. *J. Anim. Sci.*11:221–232.
- Chitko-McKown, C.G. and Blecha, F. 1992. Pulmonary intravascular macrophages: A review of immune properties and functions. *Ann.Rech.Vet.*23:201–214.
- Chu,R.D. Glock, R.F Ross and D.F.Cox. 1979. Lymphoid tissues of the small intestine of swine from birth to one month of age. *Am.J.Vet.Res.*40:1713–1719.
- Close, W.H.C and Stanier, M. 1984b. Effects of plane of nutrition and environmental temperature on the growth and development of early weaned piglets. 2- Energy metabolism. *Animal production* 38,221–231.
- Cromwell, G. L. 2002. Why and how antibiotics are used in swine production. *Anim.Biotechnol.*13:7-27.
- Cromwell. G.L., Stahly, T.S., Dawson,K.A. ,Monegue, J.J., and Newman,K. 1991. Probiotics and antibacterial agents for weanling pigs. *J.Anim.Sci.* 69:114.
- Cunha, T. J., Burnside J. E., Meadows, G. B. , Edwards H. M., Benson, R. H. , Pearson, A. M and Glasscock, R. S. 1950. Effect of APF supplement on efficiency of feed utilization for the pig. *J.Anim.Sci.*9:615–618.
- Curtis SE. 1983. *Environmental Management in Animal Agriculture.* IowaStateUniversityPress,Ames,Iowa.p.266-268.
- Day, D. L., Hansen E. L and Anderson, S. 1965. Gases and odors in confinement swine buildings. *Trans.ASAE.*8:118.
- Drummond JG, Curtis SE, Simon J, Norton HW. 1980. Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *J.AnimSci.*50(6):1085-

1091.

Elazhary M.A.S.Y, Tremblay A., Lagace and R.S. Roy. 1973. Concentration of IgG in serum and large intestine of dysenteric swine. *J.Can* 401-404.

Etheridge .R. D., Seerley .R. W and Wyatt R. D. 1984. The Effect of Diet on Performance, Digestibility, Blood Composition and Intestinal Microflora of Weaned Pigs. *J.AnimSci*.58:1396–1402.

Ferguson NS, Lavers G and Gous RM, The effect of stocking density on the responses of growing pigs to dietary lysine. *Anim Sci* 73:45469 (2001).

Gaskins, H. R., Collier, C. T and Anderson, D. B. 2002. Antibiotics as growth promotants: Mode of action. *Animal Biotechnology*.13:29–42.

Hampson, D.J. 1986a. Alterations in piglet small intestinal structure at weaning. *Res.Vet.Sci*.40,32–40.

Hardy, B. 2002. The issue of antibiotic use in the livestock industry: what have we learned? *Anim.Biotech*.13:129–147.

Hyun Y, Ellis M, Curtis SE and Johnson RW, Environmental temperature, space allowance, and regrouping additive effects of multiple concurrent stressors in growing pigs. *J Swine Health Prod* 13:131–138 (2005).

Hyun Y, Ellis M, Riskowski G and Johnson RW, Growth performance of pigs subjected to multiple concurrent environmental stressors. *J. Anim Sci* 76:721–727 (1998).

Khansari, D. N., Murgo, A. J and Faith, R. E. 1990. Effects of stress on the immune system. *Immunol.Today*11:170175.

Kohn, R.A, Dinneen M.M, and russek–cohen.2005. Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, houses, pigs, and rats. *J.AnimSci*.83:879–889.

Koong LJ, Nienaber JA, Pekas JC and Yen J–T. 1982. Effects of plane of

- nutrition on organ size and fasting heat production in pigs. *J. Nutr* 112:1638-1642.
- Kornegay ET, Meldrum JB, Chickering WR, Influence of floor space allowance and dietary selenium and zinc on growth performance, clinical pathology measurements and liver enzymes, and adrenal weights of weanling pigs. *J Anim Sci* 71:3185-3198 (1993).
- Le Dividich, I., Herpin, P. 1994. Effects of climatic conditions on the performance, metabolism and health status of weaned piglets: a review. *Livest .Prod. Sci.* 38, 79-90.
- Lehrer, R.I.T. Ganz, and M.E. Selsted. 1991. Defensins: Endogenous antibiotic peptides of animal cells. *Cell* 64: 229-230.
- Lindemann MD, Kornegay ET, Meldrum JB, Schuring G, Gwazdauskars FC, The effect of feeder space allowance on weaned pig performance. *J Anim Sci* 64:8-14 (1987).
- Lindemann, M.D., Kornegay E.T and Collins, E.R. Jr. 1985. The effect of various flooring materials on performance and foot health of early weaned pigs. *Livestock Production Science*, 13(1985)373-382.
- Mabry, J.W., Jones, R.D and Seerley, RW. 1982. Effects of adaptation of a solid-floor farrowing facility utilizing elevated farrowing crates. *J. Anim Sci.* 55:484-488.
- Madec , N. Bridoux, S. Bounaix, A. Jestin. 1998. Measurement of digestive disorders in the piglet at weaning and related risk factors. *Preventive Veterinary Medicine*.
- Memon, R.A., Feingold K.R and Grunfeld C. 1994. The effects of cytokines in intermediary metabolism. *Endocrinologist* 4:56-63.
- Morrow-Tesch, J. L., Mc Glone, J. J and Salak-Johnson J. L. 1994. Heat and social stress effects on pig immune measures. *J. Anim. Sci.* 72:2599-2609.

- National Research Council (NRC). 1998. Swine nutrient requirements. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- O' Donoghue JD. 1961. Hydrogen sulphide poisoning in swine. Canadian Journal of Comparative Medicine and Veterinary Science. 25:217-219.
- Pabst. R., Geist, M., Rotjkötter, H.J and Fritz F.J. 1988. Postnatal development and lymphocyte production of jejunal and ileal Peyer's patches in normal and gnotobiotic pigs. Immunology.64:539-544.
- Pluske, J.R., Williams, I.H., 1996. Reducing stress in piglets as a means of increasing production after weaning: administration of amperozide or co-mingling of piglets during lactation? J. Anim. Sci.62,121-130.
- Pluske, J.R., Williams, I.H., Aheme, F.X., 1996b. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. J. Anim. Sci.62,131-144.
- Poter, P. 1973. Intestinal defense in the young pig. A review of the secretory antibody systems and their possible role in oral immunization. VetRec.92,658.
- Randy walker. 2003. Planning swine facilities.
- Ranolph JH, Cromwell GL, Stahly TS, Kratzer DD, Effects of group size and space allowance on performance and behavior of swine. J Anim Sci 53:922-927 (1981).
- Ravindran, V., Kornegay, E. T and Webb, K. E. Jr. 1984. Effects of fiber and virginiamycin on nutrient absorption, nutrient retention and rate of passage in growing swine. J.Anim.Sci.59:400-408.
- Reyero, C., J.G. Thalhammer, G.Reszler, and W. Stöckl. 1978. Development of peripheral B and T lymphocytes in piglets. Z.Immun. Forsch.154:409-415.
- Ronald N. Lindvall. 1981. Effect of Flooring Material and Number of Pigs per Pen on Nursery Pig Performance. J.Anim. Sci 53:863-868.

- Rotrosen, D. 1992. The respiratory burst oxidase. In: J.I. Gallin, I.M. Goldstein, and R. Snyderman (Ed). *Inflammation: Basic Principles and Clinical Correlates*. Raven Press, NewYork.p.589.
- Roura, E., Josep H., and Kirk C. Klasing. 1992. Prevention of immunologic stress contributes to the growth permitting ability of dietary antibiotics in chick. *J. Nutr.* 122: 2383–2390.
- Scheepens, C.J.M., Hessing, M.J.C. , Laarakker, E. , Schouten, W.G.P, and Tielen, M.J.M. 1991. Influences of intermittent daily draught on the behaviour of weaned pigs. *Appl. J. Anim. Behav.Sci.*31:69–82.
- Schmolke SA, Li YZ and Gonyou HW, Effect of group size on performance of growing–finishing pigs. *J Anim Sci* 81:874–878 (2003).
- Shimizu M., Shimizu Y., Kodama Y. 1978. Effects of ambient temperatures on induction of transmissible gastroenteritis in feeder pigs. *Infect. Immun.*, 21, 747–752.
- Staub, N.C. 1989. *The Pulmonary Intravascular Macrophage*. Futura, MountKisco,N.Y.
- Stowell, R. R., Keener, H., Elwell, D., Menke, T. and Foster, S. 2002. High–Rise™ Hog facility. *ASAE proceedings of the 1st International Conference*. P 273
- Summerfield, A., and K.C. McCullough. 1997. Porcine bone marrow myeloid cells:Phenotype and adhesion molecule expression. *J.Leukoc.Biol.*62:176–185.
- Tesch JLM, McGlone JJ and Johnson JL, Heat and social stress effects on pig immune measures. *J Anim Sci* 72:2599–2609 (1994).
- Tuchscherer M, Kanitz Ellen, Puppe Birger, Tuchscherer A, Stabenow B, Effects of postnatal social isolation on hormonal and immuneresponse of pigs to an acute endotoxin challenge. *Physiology & Behavior* 82:503–511 (2004).
- Turnrer, SP, ALLcroft DJ and Edward SA, Housing pigs in large social groups: a review of implications for performance and other economic traits. *Livestock*

Prod 82:39–51 (2003).

Visek, W. J. 1978. The mode of growth promotion by antibiotics. *J. Anim. Sci.* 46:1447–1468.

Webster AJF. 1981. The energetic efficiency of metabolism. *Proc Nutr Soc* 40: 121-128.

Wolter BF, Ellis M, Curtis SE, Augspurger NR, Hamilton DN, Parr EN and Webel DM, Effect of group size on pig performance in a wean-to-finish production system. *J Anim Sci* 79:1067–1073 (2001).

Wolter BF, Ellis M, Curtis SE, Parr En and Webel DM, Group size and floor-space allowance can affect weanling-pig performance. *J Anim Sci* 78:2062–2067 (2000).

Yang, H. and R.M.E. Parkhouse. 1996. Phenotypic classification of porcine lymphocyte subpopulation in blood and lymphoid tissues. *Immunology* 89:76–83.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.