

최 중
연구보고서

한국형 자동화 돈사시설의 환경제어 시스템 모델 개발
Development of Environmental Control System Models
for Automated Korean Swine Housing

연구기관

충남대학교 농과대학

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “한국형 자동화 돈사시설의 환경제어 시스템 모델 개발
과제의 최종보고서로 제출합니다.

1998. 12.

주관연구기관명 : 충남대학교
총괄연구책임자 : 장 동 일
연 구 원 : 박 창 식
연 구 원 : 이 봉 덕
연 구 원 : 김 만 수
연 구 원 : 박 종 수
연 구 원 : 유 재 일
연 구 원 : 윤 희 진

여 백

요 약 문

I. 제 목

한국형 자동화 돈사시설의 환경제어 시스템 모델 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구개발의 목적

우리 나라의 전체 농가중 축산농가의 비율이 계속 증가되어 왔으며, 전체 축산업 생산액 중에서 양돈산업의 생산액이 다른 축종에 비하여 비중이 큰 상태이다. 또한 돼지고기의 1인당 연간 소비량도 매년 증가되고 있다.

한편, 우리 나라의 돼지고기 생산비가 미국에 비하여 약간 높으나, 일본에 비해서는 낮은 수준으로, 개방화를 맞이한 이 때에 사육 두수의 규모화와 시설의 기계화 및 자동화를 달성한다면 양돈산업의 국제경쟁력도 어느 정도 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

사육규모가 확대되고, 돈사시설 및 기계장치가 자동화되면 노동투하시간이 감소된다. 따라서 농촌 노동력의 감소, 3D 현상으로 인한 인력난, 비싼 노동력에 의한 생산비의 상승 등의 어려운 현실을 극복하기 위해서는 사육규모의 확대와 돈사시설 및 기계장치의 자동화가 필요하다.

최근에 급속히 무창돈사의 보급이 확대되고 있으며, 환경제어분야에 양돈농가들이 많은 관심을 가지고 있다. 그러나 환경제어 시스템의 기술을 보면 국내 기술이 아니라 거의 외국 기술로 이루어져 있는 실정이고, 특히 외국의 모델인 무창돈사가 급속히 보급되고 있는데 기후가 우리 나라와 전혀 다른 외국에서 개발된 모델이기 때문에 여러 가지 문제점이 야기되고 있는 실정이어서

이에 관한 연구가 절실히 필요하다. 따라서 우리 나라의 기후 조건과 돼지의 적정 환경을 고려하여 생산성과 사료효율을 향상시키고, 효율적 방역을 위하여 인력의 출입을 가급적 제한할 수 있으며, 적정 환경을 제공하기 위한 에너지 비용을 최소화하여 생산비를 절감할 수 있으며, 대규모 사육에 적합한 한국형 무창돈사에 관한 연구를 1995년부터 수행하게 되었다.

돈사 내부의 열 환경을 제어하는 방법에는 온도센서와 풍속센서에 의해 측정된 공기 온도, 공기 속도, 그리고 바닥 온도를 기준하여 제어하는 방법과, 영상처리 시스템에 의해 분류된 돼지의 체온 조절 행동을 기준하여 제어하는 방법이 있다. 전자에는 먼지와 유해 가스에 의해 온도센서와 풍속센서의 정확도와 내구성이 현저하게 저하되기 때문에 측정이 부정확하게 되어 환경제어가 부적절하게 이루어질 가능성이 있으며, 센서를 유지 보수하는데 비용이 추가적으로 소요되는 문제점이 있다. 그러나 후자에는 돼지의 체온 조절 행동이 반영구적으로 정확하게 분류되고, 유지보수에 비용이 소요되지 않으며, 또한 환경제어와 동시에 돼지의 건강상태와 침입자의 침입 여부를 파악하는데 이용될 수 있는 장점이 있다. 이러한 장단점을 고려해 볼 때 영상처리 시스템에 의해 분류된 돼지의 체온 조절 행동에 근거하여 열 환경을 제어하는 것이 바람직하다고 판단된다. 따라서 영상처리 시스템을 이용하여 돼지의 체온 조절 행동을 분류할 수 있는 기술에 관한 연구가 필요하다.

돼지의 생산성과 건강에 영향을 미치는 환경 요인에는 열 환경 요인뿐만 아니라 탄산가스과 암모니아 가스 등의 유해 가스가 있다. 특히 탄산가스는 고농도일 경우 산소 결핍을 야기하는데 특히 난방기를 가동시킬 경우 문제가 되며, 암모니아 가스는 25ppm의 농도가 호흡기 질병 및 다른 질병의 발병 가능성이 없는 최대허용량이다. 그러므로 돼지의 체온 조절 행동을 분류한 결과와 탄산가스 및 암모니아 가스의 농도를 측정한 결과 등을 토대로 환기량과 냉난방장치의 작동 여부 등을 결정한 후 각 장치들을 제어할 수 있는 복합환경제어 시스템이 요구되며, 이에 대한 연구가 거의 없었기 때문에 많은 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 돼지의 적정 온도와 습도 범위에서 벗어나는 경우가 많은 우리 나라의 기후에서 복합환경을 양돈의 적정 환경으로 유지할 수 있는 한국형 자동화 돈사시설의 환경제어 시스템 모델을 개발하기 위해 수행되었으며, 그 구체적인 연구목적은 다음과 같다.

1) 양돈농가의 기계화·자동화 현황 및 생산성을 조사하여 기계화·자동화 시설을 이미 도입하고 있는 농가와 도입하고 있지 않은 농가의 생산성 지표를 종합적으로 비교·분석함으로써 양돈산업의 현황을 분석하고, 성장예측 모델을 개발한다.

2) 우리 나라의 여건에 적합한 돈사와 환경제어 시스템을 개발하는데 필요한 기초 자료를 마련하기 위하여 돈사 유형별로 환경제어 방식과 환경제어 요인 등을 분석한다.

3) 돼지의 생산성에 영향을 미치는 환경 요인 중에서 온도, 습도, 풍속, 탄산가스, 그리고 암모니아 가스를 계측할 수 있는 센서를 선정 후 성능 시험을 수행하여 시험 결과를 토대로 양돈시설의 환경 계측에 적합한 센서를 선별한다.

4) 우리 나라 양돈산업의 성장 예측 모델을 기준으로 하여 사육단계별로 적합한 환경을 별도로 제공하고, 환경제어 및 분뇨처리 등이 종합적으로 연계되며, 효율적인 배치를 통하여 노동력을 절감할 수 있는 한국형 돈사 모델을 개발한다.

5) 현재 많이 보급되고 있는 무창돈사에 적합하고, 돼지의 체온 조절 행동에 근거하여 복합적으로 환경제어를 할 수 있는 최적 자동화 환경제어 시스템을 개발한다.

6) 농장에 있는 무창돈사에 최적 자동화 환경제어 시스템을 설치하여 환경제어 시스템의 성능을 평가한다.

7) 경영 측면에서 최적 자동화 환경제어 시스템의 우수성을 평가하기 위하여 실증 시험 결과를 토대로 투자비용과 생산비 등에 관한 경제성을 분석한다.

2. 연구개발의 중요성

이 연구가 성공적으로 완료되면 다음과 같은 효과를 기대할 수 있기 때문에 이 연구의 중요성은 대단히 크다.

가. 기술적 측면

- 1) 양돈의 생산비를 낮추고 합리적인 경영을 도모할 수 있다.
- 2) 국제경쟁력을 강화하기 위한 양돈시설의 대규모화에 적합하다.
- 3) 인력의 출입을 가급적 제한함으로써 효율적 방역을 할 수 있다.
- 4) 돈사 내부의 환경을 최적조건으로 제어하여 양돈의 생산성을 향상시킬 수 있다.

나. 경제적 측면

- 1) 농촌노동력의 감소와 3D 현상에 의하여 발생하는 인력난을 해결할 수 있다.
- 2) 비싼 노동력에 의하여 양돈의 생산비가 상승할 수밖에 없는 실정에서 기계화 및 자동화를 통하여 생산비를 절감할 수 있다.
- 3) 생산비 절감은 이윤을 발생시켜 국제경쟁력을 가져올 수 있다.

다. 사회적 측면

- 1) 자동화 기술이 가장 낙후한 양돈 부문에 자동화 기술을 적용함으로써 양돈기술의 발전을 도모할 수 있다.
- 2) 자동제어 시스템의 장점을 농민에게 교육하는 계기가 되며 농민을 중노동으로부터 해방시킬 수 있다.
- 3) 축산부문에 자동화 파급효과와 전시효과가 클 것이다.

III. 연구개발 내용 및 범위

양돈산업에 관련된 자료를 수집하고, '96년 5-8월중에 집중적으로 41개의 양돈농가를 방문하여 조사표를 이용하여 조사한 후 그 결과를 분석하고 정량적으로 평가하여 양돈산업의 문제점을 분석하였다. 그리고 농장의 규모와 기계화 유형에 따라 조사하고, 규모와 유형간의 유의차를 통계적으로 분석하여 성장예측 모델을 개발하였으며, 모델의 검증은 축협중앙회 조사부에서 발행한 자료를 이용하여 실시하였다.

조사표를 이용하여 유럽식 시설인 도드람 농장(경기 이천), 미국식 시설인 축협중앙회 종돈사업소 농장(전남 영광), 그리고 한국식 표준시설인 대덕 농장(전남 영광)을 대상으로 양돈시설의 환경제어 실태를 조사한 후 각 돈사시설의 환기 모델을 분석하였으며, 환기 모델별 환기 제어 요인을 분석하였다.

제어요인인 온도, 습도, 암모니아 가스, 탄산가스, 풍속을 계측할 수 있는 센서에 관한 자료를 국내와 국외로 조사하여 확보한 후 이를 검토하여 각 요인별로 두 종류의 센서를 선정하였다. 이와 같이 선정된 센서를 가지고 표준 계측기와 비교시험을 한 후 그 결과를 통계적으로 분석하여 센서를 선발하였다.

성장예측 모델을 기준으로 축협중앙회의 환경설계팀과 협력하여 4개의 한국형 돈사 모델을 개발하였다. 특히 규모, 사양, 환경 설계, 그리고 돈방 설계 등에 관한 기준을 설정한 후 모델별로 돈사를 설계하였다.

선발된 센서와 돼지의 체온조절행동을 관찰할 수 있는 영상처리 장치에 의해 돈사 내부의 복합환경이 계측되고, 이 결과가 분석되어 환기단계와 냉난방기의 작동여부가 결정된다. 이와 같이 결정된 환기단계와 냉난방기의 작동여부에 따라 송풍기의 속도와 입배기구의 열림 정도, 그리고 냉난방기가 제어될 수 있으며, 또한 환경제어에 이상이 발생하면 경보가 울리도록 설계되었다.

대전에 소재한 충남대학교 부설 동물사육장에서 동계, 춘계, 하계로 구분하여 30일씩 3회로 농장 실증 시험을 실시하였다. 제어성능의 평가요소는 온도,

상대습도, 유해 가스의 농도, 풍속, 공기유동 등이었으며, 각 평가요소가 적정 범위 내에서 유지되었는지를 분석 및 평가하였다.

환경제어돈사 3칸과 관행돈사 3칸에 각각 12두씩(1구 4두, 3반복)을 공시하여 실험을 실시하였으므로 12두 규모에 대하여 투자비용을 분석하는 것이 무의미하다고 판단되어 다른 연구자들에 의해 이미 보고된 적정규모 또는 성장예측규모에 맞게 실험결과를 토대로 자동화 환경제어 시스템의 경제성을 분석하였다.

IV. 연구개발 결과

1) 양돈의 경영형태는 순종생산군과 증식돈군을 위한 모든 500두 이상의 기업형의 번식전문 경영형태와 부부(1.5인)중심의 가족적 전업양돈 형태의 일관사육 농가, 번식전문(비육용기초자돈의 전문 생산 농가), 육성·비육 전문농가 등으로 구분될 수 있다. 가족적 전업형태의 일관경영 성장모델은 상시모돈수 150~170두 규모와 130~150두 규모, 그리고 가족적 번식전문 농가와 가족적 비육전문 농가의 성장모델은 상시모돈수 270~320두 규모와 자돈 900~1,000두 규모, 육성·비육돈 1,400~1,600두 규모로 예측되었다.

2) 돈사 유형별로 환기방식을 조사한 결과에 의하면 외국형 돈사의 경우 큰 문제점은 없었으나 우리 나라의 여건에 적합한 환기량이 추정되어 제어되어야 하며, 국내형 돈사의 경우는 겨울철 난방방법과 여름철의 냉방방법이 개선되어야 할 것으로 나타났다. 그리고 열평형방정식, 물질평형방정식 및 탄산가스의 배제를 위한 환기량 등으로부터 무창돈사의 환기량을 추정한 후 자동제어할 수 있도록 돼지의 체중과 온도에 따른 수분 및 총열량 발생 모델을 개발하였다. 환경제어 요인은 온도, 습도, 탄산가스, 그리고 암모니아 가스로 하였다.

3) 우리 나라의 기후, 돈사 내부의 환경 등을 고려하여 돈사 내부의 환경을 계측하기 위한 센서를 선발한 결과, 온도센서와 습도센서에는 HMP233L, 풍속

센서에는 NTK, 탄산가스 센서에는 HANI, 암모니아 가스 센서에는 TS-1000이 선발되었다.

4) 양돈산업의 성장예측모델, 우리 나라의 기후, 그리고 여러 가지 여건을 고려하여 한국형 돈사 모델을 개발하였으며, 다음과 같은 효과가 기대된다. 첫째, 우리 나라의 기후에 적합할 것으로 기대된다. 둘째, 사육단계별로 적합한 환경이 별도로 제공된다. 셋째, 환경제어 및 분뇨처리 등이 종합적으로 연계된다. 넷째, 효율적인 배치에 의하여 노동력이 절감될 수 있다. 그러나 실질적인 사육실험을 통하여 개발된 한국형 돈사의 성능시험과 이에 적합한 시설 자동화 시스템의 개발에 관한 연구가 앞으로 병행되어야 할 것으로 사료된다.

5) 돼지의 체온조절 행동별로 24비트 칼라 영상을 획득한 후 이를 이진화 하고, 이 이진 영상을 가지고 영상의 축소, 밀착하지 않은 돼지 분리, 라벨링, 노이즈 제거 및 라벨 수 계산, 행동 분류 단계로 처리하는 알고리즘을 개발하였다. 그리고 영상처리 시스템의 하드웨어를 칼라용 CCD 카메라(모델 : WV-CBP410), 영상처리 보드(모델 : DT3153), 컴퓨터(586 Pentium)로 구성하였으며, 프로그램은 LabWindows/CVI 언어로 작성하였다. 이와 같이 개발된 영상 처리 시스템을 실제로 돼지에게 적용하여 10.0 lx에서 행동을 분류했던 결과, 유형별로 행동을 완전하게 분류할 수 있었다.

6) 환경제어용 알고리즘은 영상 처리를 이용한 돼지의 행동 분류, 유해 가스(탄산가스와 암모니아 가스)의 농도 계측, 돈사 내부의 습도 계측, 돈사 외부의 온도 계측 등의 결과를 분석하여 환기 단계를 결정한 후 배기팬과 입기구를 조절하고, 냉·난방기를 작동시키는 순으로 구성되었으며, 아울러 정전 시에는 경보기를 작동시키도록 하였다. 그리고 프로그램은 LabWindows/CVI 언어로 작성되었다. 또한 환경제어 시스템의 하드웨어는 PC, 영상처리 보드인 DT3153, 칼라용 CCD 카메라, ACL-8112PG, 센서, 배기팬, SSR, Power supply, stepping motor로 구성되었으며, 소프트웨어는 기본 자료 입력, 계측 채널의

설정, 속도설정, 계측값 그래픽, 작동중의 환경 상태, 영상 처리 결과 화면 출력, 자동제어에서 수동제어로의 전환 등으로 구성되었다.

7) 개발된 복합환경제어 시스템을 가지고 농장 실증 시험을 한 결과에 의하면, 환경제어 요인들이 모두 적정 수준으로 유지된 것으로 나타나 복합환경제어 시스템의 제어성능이 우수한 것으로 분석되었다. 또한 증체량은 환경제어 돈사가 관행돈사에 비하여 다소 높게 나타났으며, 특히 여름에는 통계적 유의차가 인정되었다($P < 0.05$). 사료효율은 계절에 관계없이 관행돈사에 비해 환경제어 돈사가 좋게 나타났으며, 겨울과 여름에는 통계적 유의차가 인정되었다($P < 0.05$). 겨울과 여름에 30일간 사양시험을 한 후 관행적인 방법으로 관행돈사에서 출하체중까지 사육하여 얻은 결과에 의하면, 증체량, 사료효율, 그리고 육질등급이 모두 관행돈사군에 비하여 환경제어돈사군에서 우수하였다($P < 0.05$). 특히 환경제어돈사군의 경우 육질등급평가에서 전량 A등급을 받았다. 이와 같이 육성돈을 겨울과 여름에 환경제어 돈사에서 사육한 경우가 관행돈사에서 사육한 경우보다 증체량, 사료효율, 그리고 육질이 우수하게 나타난바 자돈 및 육성돈 시기에는 환경제어가 필수적인 것으로 분석되었다.

8) 경제성을 분석한 결과에 의하면, 관행돈사의 생체 1kg당 평균생산비보다 환경제어 돈사의 생체 1kg당 평균생산비가 계절에 관계없이 낮았으며, 자돈과 육성돈은 관행돈사에서 사육하는 것보다는 환경제어 돈사에서 사육하는 것이 더 경제인 것으로 분석되었다. 그리고 500두 이상의 사육규모에서 관행돈사의 평균생산비와 환경제어 돈사의 평균생산비의 차가 126원으로 나타나 500두 이상의 규모로 환경제어 돈사를 이용하여 사육하여야 경쟁력을 갖출 수 있는 것으로 나타났다.

SUMMARY

I. Title of Study

Development of Environmental Control System Models for Automated Korean Swine Housing

II. Results of Study

This study was conducted from Dec. 1995 to Dec. 1998(for three years) to develop models of environmental control system for automated Korean swine housing, which were suitable for maintaining the optimum environment for swine production under the Korean complex environment such that the temperatures and relative humidities of Korean climate are used to be out of optimum ranges of those for swine production. From this study, several significant results were obtained and they could be summarized as the followings:

1) The management systems of swine production can be classified as four models. They are Model I, Model II, Model III, Model IV for a family type specialized farm(1.5 men). Model I is for farrow to finish by 150-170 sows; Model II is for farrow to finish by 130-150 sows; Model III is for breeding by 270-320 sows; Model IV is for farrowing, rearing, fattening by 900-1000 farrows and 1400-1600 growing-finishing sows.

2) The ventilation methods were investigated for each housing type. There was no problems for the foreign-made housing type, but proper ventilation rates should be determined and controlled for that under

Korean climate. For the domestic housing type, it was proven that the heating methods for winter and the cooling one for summer should be improved. And models for moisture and heat production were developed using the weights and temperatures of pigs in order to determine and control the ventilation rates of windowless swine housing from the heat balance equation, mass balance equation, and CO₂ removal rates. The factors of environmental control were temperature, relative humidity, CO₂, and NH₄ gas.

3) Sensors for environmental measurements of swine housing were selected based on the analysis of Korean climate and environmental conditions of swine housing. For temperature and relative humidity measurement, sensor HMP233L was selected; NTK for air velocity; HANI for CO₂; TS-1000 for NH₄.

4) Taking into account the growth forecasting model of swine enterprise, Korean climate, and other given conditions, the typical Korean swine housing models were developed. The following effects would be expected from the models developed. a) These are proper for swine production under the Korean climate conditions. b) Optimum environment could be provided for swine for its each growing stages. c) Environmental controls and waste treatment could be closely connected and integrated. d) Labor requirement could be reduced by the effective layout. But, for the models developed, performance tests should be carried out at the actual swine production systems and facilities automation systems are supposed to be developed for the models simultaneously in the future.

5) Color images of 24 bits were acquired by the pattern of swine temperature control actions and those were transformed to binary-coded

data. Then an algorithm was developed for analyzing the binary-coded data, which can reduce color image, separate the pigs not contacted each other, be labelling, remove noise, and count the number of labels. The hardware of image processing system consisted of color CCD camera(Model : WV-CBP410), image processing board(Model : DT3153), and a computer(Model : 586 Pentium). The software was programmed by LabWindows/CVI. When the image processing system developed was tested for real pigs under 10.0 lx light, the patterns of swine temperature control actions could be completely classified

6) The algorithm of environmental control system includes the following functions: a) Classifying the patterns of swine temperature control actions using the processed image, b) Measurement of concentrations of harmful gases(CO_2 and NH_4), c) Measurement of inside relative humidity and outside temperature of swine housing, d) Determination of ventilation rates and controlling ventilation fans and slotted inlet, e) Operations of heater and air-cooler, f) Operation of alarm system in case of electrical power failure. Program was coded by LabWindows/CVI. The hardware of environmental control systems consisted of PC, image processing board(DT3153), color CCD camera, ACL-8112PG, sensors, ventilation fans, SSR, power supply, and stepping motor. The software consisted of several functions such as: basic data inputs, setting measurement channel, calibration, graphic display of measured data, monitoring environmental conditions during operation, display of image processing results on monitor, transformation automatic controls to manual controls, and etc.

7) Performance of the integrated environmental control system developed was tested at swine farm. The test results showed that all

factors of environmental control were maintained at optimum levels. Therefore, it was proven that the developed system had an excellent performance. The weight gain per day of the controlled environment housing was somewhat higher than that of the custom housing during test period. Specially there was a significant difference statistically during summer($P < 0.05$). Feed efficiency of the controlled environment housing was higher than that of the custom housing regardless of season, but the significant differences were found statistically for winter and summer($P < 0.05$). After rearing piglets at the controlled environment for about 30 days for winter and summer, respectively, they were reared at the custom housing until finishing weight. These test data showed that the weight gain, feed efficiency, and quality of pork were better than those of the custom housing statistically($P < 0.05$). Specially all the swine reared at the controlled environment housing at nursery stage received A grade. The above results showed that environment control was necessary for swine production during nursery and growing period.

8) Economical analysis results showed that the average production cost per unit weight of pork of the controlled environment building was less than that of the custom building. And it was more economical that rearing pigs at the controlled environmental building during nursery and growing period. For the 500 sow herd, the difference of the average production costs between the controlled environment building and the custom building was 126 won/kg. Therefore, in order the controlled environment building to have a competitive power, the size of sow herd should be more than 500 sows.

CONTENTS

| | |
|---|----|
| Chapter 1. Introduction | 21 |
| Section 1. Background and necessity of study | 21 |
| Section 2. Objectives of study | 24 |
| Section 3. References | 25 |
| | |
| Chapter 2. An analysis on the present condition of current hog industry and development of the growth forecasting model | 27 |
| Section 1. Preface | 27 |
| Section 2. An analysis on the present condition of current hog industry in Korea | 29 |
| Section 3. Development of the growth forecasting model of hog production in Korea | 45 |
| Section 4. Conclusions | 57 |
| Section 5. References | 58 |
| | |
| Chapter 3. Environmental control factors by the pig-housing types | 61 |
| Section 1. Preface | 61 |
| Section 2. Materials and methods | 61 |
| Section 3. Results and discussion | 62 |
| Section 4. Conclusions | 70 |
| Section 5. References | 70 |

| | |
|---|-----|
| Chapter 4. Selection of the sensors for the environmental control systems of pig-housing | 71 |
| Section 1. Preface | 71 |
| Section 2. Materials and methods | 72 |
| Section 3. Results and discussion | 79 |
| Section 4. Conclusions | 87 |
| Section 5. References | 88 |
| Chapter 5. Development of Korean pig-housing models for the automated environmental control systems | 90 |
| Section 1. Preface | 90 |
| Section 2. Design criteria | 107 |
| Section 3. Designs of pig-housing models | 107 |
| Section 4. Conclusions | 116 |
| Section 5. References | 117 |
| Chapter 6. Image processing for classifying the pig's behavior | 118 |
| Section 1. Preface | 118 |
| Section 2. Analysis of the pig's behavior types | 119 |
| Section 3. Algorithm for classifying the pig's behavior | 120 |
| Section 4. Performance test of the image processing system | 127 |
| Section 5. Conclusions | 136 |
| Section 6. References | 136 |
| Chapter 7. Development of complex environmental control systems for windowless pig-housing | 138 |
| Section 1. Preface | 138 |

| | |
|--|---------|
| Section 2. Algorithm for complex environmental control | 139 |
| Section 3. Construction of complex environmental control systems | 145 |
| Section 4. Conclusions | 155 |
| Section 5. References | 156 |
| Chapter 8. Field test of complex environmental control systems | 157 |
| Section 1. Preface | 157 |
| Section 2. Materials and methods | 157 |
| Section 3. Results and discussion | 164 |
| Section 4. Conclusions | 190 |
| Section 5. References | 191 |
| Chapter 9. Economic analysis of complex environmental control systems | 193 |
| Section 1. Preface | 193 |
| Section 2. Materials and methods | 193 |
| Section 3. Results and discussion | 195 |
| Section 4. Conclusions | 208 |
| Section 5. References | 209 |
| Chapter 10. Results and application plans | 210 |
| Section 1. Results | 210 |
| Section 2. Application plans | 211 |
| Appendix A. Design drawings of Korean pig-housing models for the environmental control system | 213 |

목 차

| | |
|---------------------------------------|----|
| 제 1 장 서론 | 21 |
| 제1절 연구의 배경 및 필요성 | 21 |
| 제2절 연구의 목적 | 24 |
| 제3절 참고문헌 | 25 |
| 제 2 장 양돈산업의 현황 분석 및 성장 예측 모델 개발 | 27 |
| 제1절 서설 | 27 |
| 제2절 우리 나라 양돈산업의 현황 분석 | 29 |
| 제3절 양돈업의 성장 예측모델 | 45 |
| 제4절 결론 | 57 |
| 제5절 참고문헌 | 58 |
| 제 3 장 돈사 유형별 환경제어 요인 | 61 |
| 제1절 서설 | 61 |
| 제2절 재료 및 방법 | 61 |
| 제3절 결과 및 고찰 | 62 |
| 제4절 결론 | 70 |
| 제5절 참고문헌 | 70 |
| 제 4 장 양돈환경 계측 센서 선발 | 71 |
| 제1절 서설 | 71 |
| 제2절 시험장치 및 방법 | 72 |
| 제3절 결과 및 고찰 | 79 |
| 제4절 결 론 | 87 |

| | |
|---|------------|
| 제5절 참고문헌 | 88 |
| 제 5 장 자동화 환경제어를 위한 한국형 돈사 | 90 |
| 제1절 서설 | 90 |
| 제2절 설계 기준 | 107 |
| 제3절 모델별 돈사설계 | 107 |
| 제4절 결론 | 116 |
| 제5절 참고문헌 | 117 |
| 제 6 장 돼지의 행동분류를 위한 영상처리 | 118 |
| 제1절 서설 | 118 |
| 제2절 돼지의 행동유형 분석 | 119 |
| 제3절 행동 분류 알고리즘 | 120 |
| 제4절 영상처리 시스템의 성능실험 | 127 |
| 제5절 결론 | 136 |
| 제6절 참고문헌 | 136 |
| 제 7 장 돈사 복합환경제어 시스템의 구성 | 138 |
| 제1절 서설 | 138 |
| 제2절 제어 알고리즘 | 139 |
| 제3절 제어 시스템의 구성 | 145 |
| 제4절 결론 | 155 |
| 제5절 참고문헌 | 156 |
| 제 8 장 복합환경제어 시스템의 농장 실증 시험 | 157 |
| 제1절 서설 | 157 |
| 제2절 재료 및 방법 | 157 |

| | |
|--|-----|
| 제3절 결과 및 고찰 | 164 |
| 제4절 결 론 | 190 |
| 제5절 참고문헌 | 191 |
| | |
| 제 9 장 복합환경제어 시스템의 경제성 분석 | 193 |
| 제1절 서설 | 193 |
| 제2절 재료 및 방법 | 193 |
| 제3절 결과 및 고찰 | 195 |
| 제4절 결론 | 208 |
| 제5절 참고문헌 | 209 |
| | |
| 제 10 장 성과 및 활용계획 | 210 |
| 제1절 성과 | 210 |
| 제2절 활용계획 | 211 |
| | |
| 부록 A. 환경제어시스템을 위한 한국형 돈사 모델의 설계 도면 | 213 |

제 1 장 서 론

제1절 연구의 배경 및 필요성

우리 나라의 전체 농가중 축산농가의 비율이 1994년 8.8%에서 1995년 10.4%로 증가함으로써 비중이 커지고 있으며(농협연감, 1996), 전체 축산업 생산액 중에서 양돈산업의 생산액이 23.6%를 차지하고 있어 다른 축종에 비하여 비중이 큰 상태이다(충청남도, 1997). 또한 돼지고기의 1인당 연간 소비량은 1980년 6.3kg에서 1996년 15.3kg으로 약 2.4배 늘어났으며, 매년 6.2% 씩 증가되고 있다(농림부, 1996).

한편, 우리 나라의 돼지 생산비가 미국에 비하여 약간 높으나 일본에 비해서는 낮은 수준으로 개방화를 맞이한 이 때에 사육 두수의 규모화와 시설의 기계화 및 자동화를 한다면 양돈산업의 국제경쟁력도 어느 정도 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

사육규모의 확대와 돈사시설 및 기계장치의 현대화가 노동투하시간에 미치는 영향을 보면, 500두 미만인 경우는 연간 두당 8.8시간이 소요되는데 반하여 1,500두 이상이 되면 두당 3.6시간으로 약 59%의 노력을 절감할 수 있다(장 등, 1997). 특히 비육돈의 경우를 보면, 사육규모가 확대되고 돈사시설이 현대화됨에 따라 연간 두당 노동투하시간은 1981년의 177.1시간에서 1995년의 107.4시간으로 39% 정도가 감소되었다고 보고된바 있다(농촌진흥청, 1996). 따라서 농촌 노동력의 감소와 3D 현상으로 인하여 양돈에 종사할 인력을 구하기가 매우 어려우며, 비싼 노동력에 의하여 양돈의 생산비가 상승할 수밖에 없는 어려운 현실을 극복하기 위해서는 사육규모의 확대와 돈사시설 및 기계장치의 현대화가 필요하다.

양돈기자재의 판매 현황은 통계처리가 되지 않아 파악하는데 어려움이 많은 실정이나 최근에 급속히 시설자동화가 이루어지고 있음에는 틀림이 없다. 또한, 한국축산기자재협회(1994년)의 판매실적에 의하면, 양돈을 위한 사양관리용 기자재가 28.3%, 돈사시설과 환경조절 등의 환경시설조절용이 32.2%, 기타가 39.5%를 차지하고 있어, 단연 사양관리와 환경시설조절분야에 양돈가들이 많은 관심을 가지고 있는 것으로 나타났다.

그러나 장 등(1996)에 의하면, 자동화 급사 시스템의 설치 실적은 대규모에서는 80%로 높은 반면에 중소규모에서는 11.1~28.6%로 매우 낮은 실정이다. 그리고 대중소규모 모두 분만사와 자돈사에는 강제 환기 시스템을 44.4~71.4% 적용하고 있으며, 그 외의 돈사에는 자연 환기 시스템을 주로 적용하고 있다. 이러한 급사 시스템의 자동화와 강제 환기 시스템의 기술을 보면 국내 기술이 아니라 거의 외국 기술로 이루어져 있는 실정이고, 특히 외국의 모델인 무창돈사가 급속히 보급되고 있는데 기후가 우리 나라와 전혀 다른 외국에서 개발된 모델이기 때문에 여러 가지 문제점이 야기되고 있는 실정이어서 이에 관한 연구가 절실히 필요하다.

우리 나라의 기후와 유사한 미국의 Indiana주에 위치한 농장을 대상으로 전면 개방돈사, 콘크리트 바닥 무창돈사, 부분 스타트 무창돈사, 완전 스타트 무창돈사 등이 돼지의 생산성과 경제성에 미치는 영향을 평가한 결과에 의하면 부분 스타트 무창돈사가 가장 경제성이 높은 것으로 나타났다(송 등, 1994). 그러나 돈사의 보급 현황을 보면, 상대적으로 환경의 영향을 가장 많이 받는 분만사와 자돈사에는 무창돈사가 11.1~50%가 이용되고 있으며, 환경의 영향을 별로 받지 않는 그 외의 돈사에는 주로 개방돈사가 이용되고 있는 실정이다(장 등, 1996). 그리고 장 등(1996)은 종모돈, 종빈돈, 분만돈은 단사식으로 사육하고, 자돈, 육성돈, 비육돈은 군사식으로 사육하는 것과 돈방 배열은 복열식으

로 하는 것을 기준으로 하여 한국의 기후 여건에 적합한 스마트 무창돈사와 이에 맞는 환경제어 시스템을 개발하는 것이 바람직한 한국형 돈사의 유형이라고 제시한 바 있다.

따라서 우리 나라의 기후 조건과 돼지의 적정 환경을 고려하여 생산성과 사료효율을 향상시키고, 효율적 방역을 위하여 인력의 출입을 가급적 제한할 수 있으며, 적정 환경을 제공하기 위한 에너지 비용을 최소화하여 생산비를 절감할 수 있으며, 대규모 사육에 적합한 한국형 무창돈사에 관한 연구가 필요하다.

돈사 내부의 열 환경을 제어하는 방법에는 온도센서와 풍속센서에 의해 측정된 공기 온도, 공기 속도, 그리고 바닥 온도를 기준하여 제어하는 방법과 영상처리 시스템에 의해 분류된 돼지의 체온 조절 행동을 기준하여 제어하는 방법이 있다. 전자에는 먼지와 유해 가스에 의해 온도센서와 풍속센서의 정확도와 내구성이 현저하게 저하되기 때문에 측정이 부정확하게 되어 부적절하게 환경제어가 이루어질 가능성이 있으며, 센서를 유지 보수하는데 비용이 추가적으로 소요되는 문제점이 있다. 그러나 후자에는 돼지의 체온 조절 행동이 반영구적으로 정확하게 분류되고, 유지보수에 비용이 소요되지 않으며, 또한 환경제어와 동시에 돼지의 건강상태와 침입자의 침입 여부를 파악하는데 이용될 수 있는 장점이 있다. 이러한 장단점을 고려해 볼 때 영상처리 시스템에 의해 분류된 돼지의 체온 조절 행동에 근거하여 열 환경을 제어하는 것이 바람직하다고 판단된다. 따라서 영상처리 시스템을 이용하여 돼지의 체온 조절 행동을 분류할 수 있는 기술에 관한 연구가 필요하다.

돼지의 생산성과 건강에 영향을 미치는 환경 요인에는 열 환경 요인뿐만 아니라 탄산가스과 암모니아 가스 등의 유해 가스가 있다. MWPS(1990)에 의하면, 탄산가스는 고농도일 경우 산소 결핍을 야기하는데 특히 난방기를 가동시킬 경우 문제가 되며, 암모니아 가스는 25ppm의 농도가 호흡기 질병 및 다른 질병의 발병 가능성이 없는 최대허용량

이다. 그러므로 돼지의 체온 조절 행동을 분류한 결과와 탄산가스 및 암모니아 가스의 농도를 계측한 결과 등을 토대로 환기량과 냉난방장치의 작동 여부 등을 결정한 후 각 장치들을 제어할 수 있는 복합환경제어 시스템이 요구되며, 이에 대한 연구가 거의 없었기 때문에 많은 연구가 필요하다.

제2절 연구의 목적

본 연구는 돼지의 적정 온도와 습도 범위에서 벗어나는 경우가 많은 우리 나라의 기후에서 복합환경을 돼지의 적정 환경으로 유지할 수 있는 한국형 자동화 돈사시설의 환경제어 시스템 모델을 개발하기 위해 수행되었으며, 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 양돈농가의 기계화·자동화 현황 및 생산성을 조사하여 기계화·자동화 시설을 이미 도입하고 있는 농가와 도입하고 있지 않은 농가의 생산성 지표를 종합적으로 비교·분석함으로써 양돈산업의 현황을 분석하고, 성장예측 모델을 개발한다.

2. 우리 나라의 여건에 적합한 돈사와 환경제어 시스템을 개발하는데 필요한 기초 자료를 마련하기 위하여 돈사 유형별로 환경제어 방식과 환경제어 요인 등을 분석한다.

3. 돼지의 생산성에 영향을 미치는 환경 요인 중에서 온도, 습도, 풍속, 탄산가스, 그리고 암모니아 가스를 계측할 수 있는 센서를 선정한 후 성능 시험을 수행하여 시험 결과를 토대로 양돈시설의 환경 계측에 적합한 센서를 선발한다.

4. 우리 나라 양돈산업의 성장 예측 모델을 기준으로 하여 사육단계별로 적합한 환경을 별도로 제공하고, 환경제어 및 분뇨처리 등이 종합적으로 연계되며, 효율적인 배치를 통하여 노동력을 절감할 수 있는 한

국형 돈사 모델을 개발한다.

5. 현재 많이 보급되고 있는 무창돈사에 적합하고, 돼지의 체온 조절 행동에 근거하여 복합적으로 환경제어를 할 수 있는 최적 자동화 환경 제어 시스템을 개발한다.

6. 농장에 있는 무창돈사에 최적 자동화 환경제어 시스템을 설치하여 환경제어 시스템의 성능을 평가한다.

7. 경영 측면에서 최적 자동화 환경제어 시스템의 우수성을 평가하기 위하여 실증 시험 결과를 토대로 투자비용과 생산비 등에 관한 경제성을 분석한다.

제3절 참고문헌

1. 농림부. 1996. 농림수산통계연보.
2. 농업협동조합중앙회. 1996. 농협연감.
3. 농촌진흥청. 1996. 작목별 작업단계별 노동투하시간.
4. 송해범 외 9인. 1994. 돈육생산학. 형설출판사.
5. 장동일, 윤진하, 김두환, 김홍표. 1997. 양돈 자동화 시스템. (주) 현축.
6. 장동일, 이봉덕, 조한근, 장홍희. 1996. 최적화 생산시스템 모델 개발을 위한 양돈시설의 조사 연구. 한국축산시설환경학회지 2(1) : 1-11.
7. 충청남도. 1997. '97 축산시책방향.
8. 한국축산기자재협회. 1996. 축산기자재 판매현황. 한축기협회보.
9. MWPS. 1990. Mechanical ventilating systems for livestock

housing, MWPS-32, Midwest Plan Service, Iowa State University
Ames.

제 2 장 양돈산업의 현황 분석 및 성장 예측 모델 개발

제1절 서 설

경제발전에 따른 농업부문의 상대적인 사양화에도 불구하고 농업생산액에서 축산업이 차지하는 비중은 점차 증가되고 있다. 또한 상대적으로 증가되는 축산업의 생산액 가운데 양돈산업의 비중이 매우 높게 나타나고 있다. 더욱이 WTO의 출범에 따라 축산업의 개방화가 본격적으로 추진되고 있지만, 양돈산업은 대체로 경쟁력을 갖출 수 있는 산업으로 평가되고 있다. 특히 돼지고기의 주요 수입국인 일본이 이웃에 있기 때문에 양돈산업은 수출을 위한 전략산업으로 부각되고 있는 터이다. 이처럼 양돈산업은 우리 나라 농업에서 중요한 위치를 차지하고 있는 것이다.

그러나 한편으로는 국민들의 환경오염과 건강에 대한 관심 고조로 양돈분뇨에 의한 환경오염의 문제가 심각하게 대두된 나머지 양돈 분뇨의 합리적인 처리를 위한 시설의 개선과 신축이 불가피한 실정에서 이를 위한 농가 단위의 추가적 비용이 요구될 뿐만 아니라, 국지적인 질병 발생이 빈번하고, 사육 규모가 영세하며, 3D적 성격이 강한 양돈 노동의 특성상 여타 산업에 비해 인건비가 높고 노동력 확보가 날로 어려워지는 등 양돈산업에도 많은 문제점들이 산적해 있는 실정이다.

여기에 설상가상으로 냉동육의 수입이 본격적으로 자유화되는 1997년 7월 이후, 우리나라 국민이 선호하는 삼겹살 등이 저렴한 가격으로 수입될 경우 국내산 돼지고기의 전체적인 가격하락을 예상하지 않을 수 없다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해서 일부 선진 전업 농가에서는 분뇨수거 및 처리시설, 급이 및 급수시설을 기계화·자동화하여 노동력 절감을 통한 사육규모 확대를 시도할 뿐 아니라, 환기시설을 자동화하여 생산성을 향상시키

는 노력을 경주하고 있다. 그러나 대부분의 양돈농가는 아직도 전근대적 사육 시설과 규모의 영세성을 벗어나지 못하고 있으며, 기계화·자동화를 시도하고 있는 대부분의 농가도 돈사의 유형과 작업의 종류에 따라 제한적으로 실시되고 있는 실정이다.

따라서 오늘 우리 나라 양돈산업이 안고 있는 중요한 과제의 하나는 노동력을 절감하고 생산성을 향상시키기 위해 돈분처리, 돼지의 사료급여, 급수, 환기 및 온도관리 등이 합리적으로 연계되는 체계적이고 종합적인 시설자동화 시스템의 개발이다.

이에 본 연구에서는 첫째, 우리나라 양돈산업의 현황을 개관함으로써 우리나라 양돈산업이 지향해야 할 방향을 모색해 보고, 둘째, 양돈농가의 기계화·자동화 현황 및 생산성을 조사하여 기계화·자동화 시설을 이미 도입하고 있는 농가와 도입하고 있지 않은 농가의 생산성 지표를 종합적으로 비교·분석함으로써 금후 기계화·자동화와 함께 우리나라 양돈산업이 전업 양돈 경영으로 성장해 나갈 수 있는 실증적인 모델의 예측을 시도하였다. 이는 곧 우리나라 양돈산업의 기계화·자동화에 대한 기본적인 방향을 제시하는 데에 일조할 수 있다고 생각되기 때문이다.

이를 위해 양돈산업과 관련된 국내외 자료조사와 문헌연구를 병행하는 가운데 생산자 단체와 농가를 현지 방문하여 설문조사와 면담 등을 통해 의견을 조사·청취하였고, 취득한 자료와 조사서를 기초로 연구목적에 필요한 분석을 시도하고 정리하였다.

조사농가의 선정은 종돈자체의 자질에서 발생하는 성적편차를 최대한 줄이기 위하여 (주)다비육종에서 모든용 종돈을 분양한 농가만을 대상으로 하였다. 조사농가의 수와 규모는 상시모돈수가 500두미만이며, 경기·충남북·전북지역에 소재한 도드람 양돈협동조합의 조합원 가운데 (주)다비육종에서 관리능력이 비교적 우수한 농가로 추천한 41개 농가를 대상으로 하였다. 번식 및 비육돈의 생산성은 1996년 1월부터 6월말까지의 경영관리실적을 기초로하여 도드람 양돈협동조합의 Data Pig Program 전산자료를 이용하여 분석하였

다. 생산성은 양적인 실적 지표만을 구하였는 바, 이는 각 농가 또는 돈사의 유형별로 자동화 시설의 모형과 자동화 수준, 설치시기 등에 따라 투자 비용이 달라서 농가간의 직접적인 비교에는 큰 실익이 되지 않다고 판단되었으며 본 연구의 1차적인 과제는 한국형 자동화 돈사시설을 개발하는 데 필요한 전업양돈 경영형태의 모델을 제시하는 데 있었기 때문이다.

제2절 우리 나라 양돈산업의 현황 분석

1. 돼지고기의 소비와 수요함수

가. 돼지고기의 소비

표 2.1은 1965년 이후 1995년까지 과거 30년에 걸친 우리나라 육류의 생산과 소비 현황을 나타낸 표이다.

1965년에 27,261M/T에 불과했던 쇠고기의 총 소비량은 1995년에는 301,217M/T으로 30여년 동안에 11.1배가 증가되었으며, 돼지고기는 55,881M/T에서 661,710M/T으로 11.8배, 그리고 닭고기는 14,458M/T에서 268,076M/T으로 무려 18.5배나 증가되었다.

같은 기간의 국민 1인당 소비량도 쇠고기는 1.0kg에서 6.7kg, 돼지고기는 2.0kg에서 14.8kg 그리고 닭고기는 0.5kg에서 6.0kg으로 증가되었다.

육류소비의 꾸준한 증가와 더불어 육류의 총 소비량 가운데 돼지고기가 차지하는 비중은 대체로 55%의 수준으로서 매우 높게 유지되어 왔다.

한편 육류의 생산량 또한 지속적으로 증가되어 왔으나, 1980년대 후반에 접어들면서 쇠고기의 생산량은 그 소비량을 충족시키지 못하고 상당 부분 수입에 의존해 왔다. 쇠고기의 자급을 저하로 인해 육류의 총생산량 가운데 돼지고기가 차지하는 비중은 상대적으로 높은 60% 수준을 상회하고 있다.

육류의 이러한 생산 및 소비 추이는 금후에도 큰 변화가 없을 것으로 판단되며, 따라서 국내 육류 산업에서 양돈산업이 차지하는 비중과 역할은 실로

막중하다고 하겠다.

표 2.1 육류의 생산 및 소비 추이 (단위 : 총량=M/T, 1인당=kg)

| 구 분 연 도 | 육 류 생 산 | | | | 육 류 소 비 | | | | | | | |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|----------------------|---------|
| | 쇠고기 | 돼지 고기 | 닭고기 | 계 | 쇠 고 기 | | 돼지고기 | | 닭 고 기 | | 계 | |
| | | | | | 총량 | 1인 당 | 총량 | 1인 당 | 총량 | 1인 당 | 총량 | 1인 당 |
| 1965 | 27,261 (27.9) | 55,881 (57.3) | 14,458 (14.8) | 97,600 (100.0) | 27,261 (27.9) | 1.0 | 55,881 (57.3) | 2.0 | 14,458 (14.8) | 0.5 | 97,600 (100.0) | 3.4 |
| 1970 | 37,340 (22.6) | 82,546 (50.0) | 45,177 (27.4) | 165,063 (100.0) | 37,340 (22.6) | 1.2 | 82,546 (50.0) | 2.6 | 45,177 (27.4) | 1.4 | 165,063 (100.0) | 5.3 |
| 1975 | 70,292 (30.2) | 106,723 (45.9) | 55,594 (23.9) | 232,609 (100.0) | 70,292 (31.3) | 2.0 | 98,848 (44.0) | 2.8 | 55,594 (24.7) | 1.6 | 224,734 (100.0) | 6.4 |
| 1980 | 93,235 (22.3) | 253,181 (56.1) | 90,456 (21.6) | 418,887 (100.0) | 99,974 (23.1) | 2.6 | 241,842 (55.9) | 6.3 | 90,866 (21.0) | 2.4 | 432,682 (100.0) | 11.3 |
| 1985 | 116,859 (19.8) | 345,298 (58.7) | 126,246 (21.5) | 588,403 (100.0) | 120,342 (20.3) | 2.9 | 346,274 (58.4) | 8.4 | 126,246 (21.3) | 3.1 | 592,862 (100.0) | 14.4 |
| 1990 | 94,294 (12.3) | 506,507 (65.5) | 171,698 (22.2) | 773,129 (100.0) | 176,988 (20.7) | 4.1 | 504,799 (59.1) | 11.8 | 171,698 (20.1) | 4.0 | 853,485 (100.0) | 19.9 |
| 1991 | 98,529 (12.3) | 498,867 (62.0) | 206,520 (25.7) | 803,916 (100.0) | 223,270 (23.7) | 5.2 | 510,848 (54.3) | 11.8 | 206,520 (22.0) | 4.8 | 940,628 (100.0) | 21.7 |
| 1992 | 99,577 (10.7) | 601,296 (64.5) | 231,470 (24.8) | 932,343 (100.0) | 226,891 (21.7) | 5.2 | 584,953 (56.1) | 13.4 | 231,470 (22.2) | 5.3 | 1,043,314 (100.0) | 23.9 |
| 1993 | 129,625 (13.1) | 618,427 (62.6) | 239,280 (24.3) | 987,332 (100.0) | 232,998 (21.4) | 5.3 | 613,215 (56.4) | 13.9 | 240,766 (22.2) | 5.5 | 1,086,979 (100.0) | 24.7 |
| 1994 | 147,274 (14.6) | 621,180 (61.4) | 242,597 (24.0) | 1,011,051 (100.0) | 269,811 (23.5) | 6.1 | 632,500 (55.1) | 14.2 | 246,300 (21.4) | 5.5 | 1,148,611 (100.0) | 25.8 |
| 1995 | 154,722 (14.6) | 639,336 (60.5) | 263,105 (24.9) | 1,057,163 (100.0) | 301,217 (24.5) | 6.7 | 661,710 (53.7) | 14.7 | 268,076 (21.8) | 6.0 | 1,231,003 (100.0) | 27.4 |

자료 : 축협중앙회 축산물가격 및 수급자료, 각 연도

주 : 육류의 생산 및 소비량은 정유기준임.

나. 돼지고기의 수요함수

돼지고기의 수요는 돼지고기의 소비자가격을 비롯한 소비자의 소득수준, 대체관계가 있는 쇠고기와 닭고기의 소비자가격, 돼지고기의 생산량, 소비자의

기호 및 식습관 등 다양한 사회·경제적 요인들에 의해 영향을 받는다. 그러나 본 연구에서는 계량화가 가능하고 통계적인 신뢰도와 함수의 적합도를 높여 주는 변수만을 채택하여 돼지고기의 수요함수에 대한 분석을 시도하였다.

본 분석에서 이용된 자료는 1975년에서 1994년까지 20년 동안의 시계열 자료이며, 이를 10년 단위의 전·후기로 나누어 분석함으로써 시대적인 특성을 파악코자 하였다. 또한 이용된 자료는 인플레이션의 영향을 제거하기 위해서 1인당 GNP는 전기에는 1980년, 후기에는 1990년의 불변가격을 기준으로 각각 디플레이트하였으며, 가격자료는 동일한 기준에 의해 전체 식품의 소비자 물가지수로 디플레이트하였다.

수요함수의 방정식 형태는 소득 및 가격의 탄성치를 직접 구할 수 있을 뿐만 아니라 분석기간을 달리한 국내의 선행연구 결과와 직접적인 비교를 하기 위해서 국내 대부분의 선행연구에서 채택한 바 있는 Log-Log함수를 이용하였으며, 이 함수의 통계적 적합도도 여타 함수 형태에 비해 가장 양호한 것으로 나타났다.

이와 같은 기준에 의해 구해진 돼지고기의 수요함수는 다음과 같다.

<1975년부터 1984년까지의 자료를 이용한 수요함수>

$$\ln Q_{ht} = 6.7176 + 0.7827 \ln I_t^{**} - 0.6922 \ln P_{ht}^{**} + 0.1367 \ln P_{bt} \quad (2-1)$$

(4.846) (6.423) (-6.523) (0.504)

$R^2 = 0.98$ $F = 181.33^{**}$

<1985년부터 1994년까지의 자료를 이용한 수요함수>

$$\ln Q_{ht} = 0.8764 + 0.4641 \ln I_t^{**} - 0.0868 \ln P_{ht} + 0.6000 \ln P_{bt} \quad (2-2)$$

(0.400) (3.313) (-0.377) (2.537)

$R^2 = 0.91$ $F = 22.560^{**}$

() 내는 T값임

** : 1%확률 수준에서 유의적임 * : 5%확률 수준에서 유의적임

위 식에서

Q_{ht} = t 년도 1인당 돼지고기 소비량

I_t = t 년도의 1인당 실질소득

P_{ht} = t 년도의 돼지고기 소비자 가격

P_{bt} = t 년도의 쇠고기 소비자 가격

위의 (2-1)식에서 살펴보면, 돼지고기의 소득탄성치는 0.78로서 여타 요인이 일정했다고 가정할 때, 국민 1인당 GNP가 10% 증대됨에 따라 돼지고기의 소비량은 7.8% 증대되었음을 의미한다. 또한 돼지고기의 가격탄성치는 -0.69로서 여타 요인이 일정했다고 가정할 때, 돼지고기 가격이 10%상승함에 따라 돼지고기의 수요는 6.9%가 감소되었음을 의미한다. 그러나 돼지고기 수요의 쇠고기 가격 변화에 대한 교차탄성치는 0.14로서 통계적 유의성을 나타내지 않았다. 이는 분석 대상 기간에 국내산 쇠고기 가격과 돼지고기 가격이 현격한 차이를 보임으로써 쇠고기와 돼지고기가 각기 별도의 소비계층을 형성하고 있었기 때문에 기인된 결과로 판단된다.

한편 (2-2)식에서 살펴보면 돼지고기의 소득탄성치는 0.46으로서 예상보다 낮게 나타났으며, 돼지고기의 자체가격 탄성치는 -0.09로서 극히 낮았고 통계적으로도 유의성을 보이지 않았다. 이는 동 분석기간에 돼지고기의 소비자 가격이 비교적 안정을 유지하고 국민소득 수준이 향상되어 돼지고기의 소비자가격의 변화에 돼지고기의 수요가 민감하게 영향을 받지 않았기 때문으로 판단된다. 그러나 돼지고기 수요의 쇠고기가격 변화에 대한 교차탄성치는 0.60으로서 예상보다 높게 나타났으며 통계적으로도 유의성을 나타내었는바, 이는 분석 대상 기간에 값싼 쇠고기의 수입과 공급이 증대됨으로써 수입쇠고기에 의한 돼지고기의 대체성이 상대적으로 높았기 때문에 나타난 결과로 유추된다.

표 2.2는 분석 대상 기간을 달리한 선행연구와 본 연구와의 돼지고기 수요

에 대한 소득 및 가격 탄성치를 비교한 표이다.

표 2.2 돼지고기 수요의 탄성치 비교

| 연구자 | 분석기간 | 소득 탄력치 | 가격 탄력치 | 교차탄력치 | |
|--------|-----------|--------|---------|--------|--------|
| | | | | 쇠고기 | 닭고기 |
| 허신행1) | 1961~1977 | 1.0773 | -1.4743 | 0.2166 | 0.5751 |
| 본연구 | 1975~1984 | 0.7828 | -0.6922 | 0.1367 | - |
| 김경량외2) | 1980~1990 | 0.7427 | -0.3594 | - | - |
| 본연구 | 1985~1995 | 0.4641 | -0.0868 | 0.6000 | - |

주 : 1) 허신행, 한국축산의 경제분석, 한국농촌경제연구원, 1980, p25

2) 김경량외, 돈육수급 및 가격주기 변동에 관한 연구,

한국축산경영학회지8(1), 한국축산경영학회, 1992, p39.

자료 : 축협중앙회, 축산물 가격 및 수급자료, 각 연도.

표 2.2에서 살펴보면, 1960년대 초반에서 1970년 중반까지 즉, 국민 1인당 GNP가 1,000불 미만이었던 시기에는 돼지고기의 수요에 대한 소득탄성치와 가격탄성치가 각각 1.07과 -1.47로서 돼지고기 수요가 소득과 가격에 매우 민감한 탄력적인 현상을 보였다. 그러나 1985년에서 1994년 사이에는 돼지고기 수요의 소득 및 가격 탄성치가 각각 0.46과 -0.09로서 매우 비탄력적인 양상을 보이고 있다. 분석대상 기간이 최근에 가까울수록 즉, 경제가 발전하고 국민 소득이 증대되면서 돼지고기의 소득탄성치와 가격탄성치가 점진적으로 낮아지는 비탄력적인 현상을 보이고 있다.

이와 같은 분석결과를 고려할 때, 금후 국민소득이 지속적으로 향상된다 하더라도 돼지고기의 수요는 과거와 같이 소득 증가에 따라 크게 탄력적으로 증가되지 않을 것이라는 예측이 가능하다.

또한 돼지고기 수요의 자체 가격탄성치가 낮다는 것은 돼지고기 수요가 어느 정도 안정되었다고 해석할 수 있다. 그러나 이는 상대적으로 가격의 신축

성이 크다는 것을 의미하는 것으로서 돼지고기의 공급이 소폭적으로 변동되더라도 상대적으로 소비자가격의 변동은 크게 나타날 수 있음을 간과해서는 아니 된다.

한편 소득향상에 따라 돼지고기의 쇠고기 가격에 대한 교차탄성치는 점차 높아지는 현상을 나타내고 있는 바, 이는 1980대 후반이후 쇠고기의 수입이 증대됨에 따라 돼지고기의 가격이 상승할 때 돼지고기의 수요가 값싼 수입쇠고기에 의해 대체되고 있기 때문에 기인된 것으로 판단된다. 따라서 금후 국내산 돼지고기의 안정적인 시장확대를 위해서는 돼지고기의 가격안정은 물론 돼지고기와 수입 쇠고기와의 가격 및 품질차별화를 위한 대책이 강화되어야 할 것이다.

2. 돼지고기의 생산 구조

표 2.3은 돼지의 사육규모별 사육가구와 사육두수의 분포추이를 나타낸 표이다.

표 2.3에서 살펴보면, 1975년에는 돼지 사육농가의 98.6%가 호당 10두 미만을 사육하였으며 이들 농가가 사육한 돼지는 우리 나라 전체 돼지의 64.9%를 차지하였다. 1980년에도 사육규모의 영세성은 여전하였다. 10두 미만을 사육하는 농가가 전체 돼지사육농가의 94.6%나 되었으나 100두 이상을 사육하는 농가는 전체의 0.4%에 불과하였다. 1980년 이후 돼지사육의 규모화가 점차 이루어지면서 1990년에는 10두 미만을 사육하는 농가와 이들 농가의 사육두수의 비율이 각각 73.6%와 4.3%로 감소하였다.

표 2.3 돼지의 사육규모별 사육가구 및 사육두수 분포추이

(단위 : %, 두)

| 구 분 | | 1~9 두 | 10~29 두 | 30~49 두 | 50~99 두 | 100 ~499 두 | 500두 이상 | 계 | 호당 평균 사육 두수 |
|------|------|----------|------------|------------|------------|------------------|------------|-----|----------------------|
| 1975 | 사육가구 | 98.6 | 1.0 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | - | 100 | 1.9 |
| | 사육두수 | 64.8 | 7.6 | 3.1 | 4.2 | 20.3 | - | 100 | |
| 1980 | 사육가구 | 94.6 | 4.0 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.0 | 100 | 3.9 |
| | 사육두수 | 37.6 | 14.3 | 5.4 | 8.8 | 16.3 | 17.7 | 100 | |
| 1985 | 사육가구 | 87.1 | 7.4 | 1.8 | 2.0 | 1.7 | 0.2 | 100 | 11.4 |
| | 사육두수 | 12.7 | 9.8 | 5.8 | 11.8 | 28.5 | 31.4 | 100 | |
| 1990 | 사육가구 | 73.6 | 11.3 | 3.9 | 4.7 | 5.5 | 1.1 | 100 | 33.9 |
| | 사육두수 | 4.3 | 5.3 | 4.3 | 9.8 | 37.8 | 38.4 | 100 | |
| 1991 | 사육가구 | 69.7 | 13.6 | 4.3 | 5.0 | 6.1 | 1.3 | 100 | 39.0 |
| | 사육두수 | 3.9 | 5.7 | 4.2 | 9.0 | 37.7 | 39.5 | 100 | |
| 1992 | 사육가구 | 62.8 | 15.4 | 5.1 | 6.1 | 8.5 | 2.1 | 100 | 55.3 |
| | 사육두수 | 2.5 | 4.6 | 3.5 | 7.7 | 38.3 | 43.4 | 100 | |
| 1993 | 사육가구 | 56.4 | 13.2 | 5.2 | 6.8 | 14.8 | 3.6 | 100 | 84.2 |
| | 사육두수 | 1.5 | 2.5 | 2.4 | 5.8 | 40.1 | 47.7 | 100 | |
| 1994 | 사육가구 | 53.4 | 12.6 | 5.0 | 7.3 | 16.0 | 5.6 | 100 | 109.8 |
| | 사육두수 | 1.1 | 1.9 | 1.7 | 4.6 | 35.1 | 55.5 | 100 | |
| 1995 | 사육가구 | 49.7 | 13.9 | 4.9 | 7.7 | 18.5 | 5.3 | 100 | 144.3 |
| | 사육두수 | 0.8 | 1.6 | 1.3 | 3.9 | 30.4 | 62.1 | 100 | |

자료 : 축협중앙회, 축산물 가격 및 수급자료, 각 연도.

반면에 100두 이상을 사육하는 농가와 이들 농가들이 사육하는 사육두수의 비율은 각각 6.6%와 76.2%로 크게 증가되었으며, 양돈농가의 호당 평균 사육두수는 33.9두이었다. 1990년대에는 돼지사육의 규모화 현상이 더욱 급속히 이루어지고 있다. 1995년 말 현재 10두 미만을 사육하는 농가와 그들 농가의

사육두수 비율은 각각 49.7%와 0.8%로 큰 폭으로 감소되었다. 반면에 100두 이상을 사육하는 농가의 비율은 23.8%로 증가되었으며 이들 23.8%의 농가가 사육하는 돼지의 두수는 전체의 92.5%를 차지하고 있다.

이러한 생산구조의 변화 즉, 부업규모의 탈락과 전업내지 기업규모의 증가 현상은 대체로 양돈부문에서의 급속한 상업화의 진전, 배합사료의 무제한 공급, 사양기술의 급속한 발전, 농촌 인력부족을 대체하기 위한 기계화의 진전, 사양부문의 분업화 등으로 인해 개별 농가들의 규모확대가 어느 정도 용이했기 때문에 기인된 결과로 판단된다.

이와 같은 돼지사육의 규모화 현상은 금후에도 지속적으로 가속화될 것으로 전망된다. 개방경제 하에서 국내외 경쟁력강화를 위해서는 규모경제의 실현이 불가피하며, 더불어 정부가 제도적으로 제한해 오던 양돈업의 등록 및 허가 규모를 대폭 완화함으로써 기존 양돈농가의 규모확대는 물론 비농업 자본의 양돈부문으로의 신규 유입이 어렵지 않기 때문이다.

그러나 한편으로는 3D 노동의 기피와 비농업부문의 신규 노동수요에 의한 농촌 고용임금의 지속적인 상승, 국민들의 환경에 대한 관심고조로 인한 축산폐수의 규제강화 등은 금후 양돈산업의 규모화에 지대한 걸림돌이 아닐 수 없다. 그러므로 양돈경영의 노동절감 문제와 축산폐수 처리에 따른 추가적 비용 부담에 관한 문제는 규모경제를 통한 양돈산업의 경쟁력을 제고시킨다는 차원에서 금후 우리 나라 양돈산업이 풀어나가야 할 가장 중요한 과제의 하나이다.

3. 규모확대의 유리성과 과제

일반적으로 대규모 경영이 소규모 경영에 비해 유리하다는 것은 대규모 경영은 생산상의 유리성 뿐만 아니라 대량취급(Mass transaction)으로 인한 유통 및 신용상의 유리성을 다양하게 누릴 수 있기 때문이다.

그러나 이론적으로는 대규모 경영이 소규모 경영에 비해 여러 면에서 유리하다 할지라도 규모확대에 따른 ① 노동능률 향상을 위한 노동절약 기술의 효율적인 도입, ② 돼지의 두당 생산성 제고를 위한 增收技術의 향상, ③ 자본의 합리적인 투자, ④ 경영자의 우수한 경영능력 등이 전제되어 질 때에 대규모의 유리성이 발휘될 수 있음은 두말할 나위가 없다.

표 2.4는 1995년도 축협중앙회의 축산물 생산비 조사 보고서 자료를 이용하여 돼지의 사육규모별 생산성을 분석한 표이다.

표 2.4에서 보면 노동생산성(투하 노동 1시간당 부가가치)과 자본생산성(총 투하자본액 및 기계·시설의 고정자본 투자액 1,000원당 부가가치) 그리고 자본장비율(투하노동 1시간당 기계·시설의 고정자본액)이 사육규모가 확대됨에 따라 공히 증대되는 것으로 나타났다.

자본장비율은 100두 미만을 사육하는 농가군에 비해 100두 이상 500두 미만을 사육하는 농가군이 51%, 500두 이상을 사육하는 농가군은 89%가 증대되었다. 자본생산성도 규모확대에 따라 각각 40%에서 75% 정도 향상되었다.

또한 노동생산성은 100두 미만을 사육하는 농가군에 비해 100두 이상 500두 미만을 사육하는 농가군이 120%, 500두 이상을 사육하는 농가군이 230%로 향상됨으로써 규모확대에 따른 노동생산성의 향상율이 자본생산성에 비해 상대적으로 더 큰 양상을 보이고 있다.

표 2.4 1994년도 비육돈의 사육규모별 두당 생산성

| 구분 | 투하노동 1시간당 부가가치 | 투하자본 1,000원당 부가가치 | 고정자본 1,000원당 부가가치 | 투하노동 시간당 고정자본액 | 양돈 소득율 |
|----------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------|
| 100두 미만 | 4,613원 (100) | 103원 (100) | 222원 (100) | 20,274원 (100) | 25.1% (100) |
| 100~500두 | 10,180 (220) | 142 (139) | 324 (140) | 31,387 (151) | 29.9 (119) |
| 500두 이상 | 15,247 (330) | 174 (170) | 389 (175) | 39,212 (189) | 32.6 (130) |
| 평균 | 11,717 | 154 | 347 | 33,741 | 30.8 |

주 : 1) 노동생산성 및 자본생산성은 부가가치를 투하노동시간과 자본액으로 각각 나눈 값이며, 부가가치는 조수익에서 물재비를 차감한 금액이다. 따라서 부가가치는 노동비 + 지대 + 자본이자 + 이윤이 됨.

2) ()내의 숫자는 100두미만 사육농가의 두당 생산성을 기준(100)으로 하여 규모확대에 따라 변화된 비율을 나타냄.

자료 : 축협중앙회, 1994년도 축산물생산비 조사보고, 1995.

한편 양돈소득율은 규모확대에 따라 다소 신장된 것으로 나타났지만 그 신장율이 예상보다 매우 낮게 나타났다. 이와 같은 현상은 규모확대에 따라 대량생산의 법칙이 작용함으로써 두당 노동시간의 절감은 곧 노동생산성의 향상으로 나타났지만, 노동대체적 경영수단으로서의 자본투자가 경영전체의 합리화에는 크게 기여하지 못했기 때문에 기인된 결과로 판단된다. 즉, 규모확대에 따라 증투되는 기계나 시설에 대한 자본투자가 대체로 노동절약부문에 집중되었고, 돼지의 생산효율을 향상시킬 수 있는 환경개선이나 기술개선 부문에는 소홀함으로써 경영전체로서의 생산성 향상이 이루어지지 못했기 때문에 기인된 결과로 추정되는 것이다.

이와 같은 사실은 표 2.5를 통해서도 입증되고 있다.

표 2.5에서 보면 경영비와 생산비는 각각 규모확대에 따라 상당비율로 절감되었으며 이러한 절감비율은 최근 연도일수록 더욱 크게 나타났다.

1994년도의 조사결과를 보면, 100두 미만을 사육하는 농가군의 두당 생산비에 비해 100두 이상 500두 미만을 사육하는 농가군의 생산비는 15%정도, 그리고 500두 이상을 사육하는 농가군은 23%정도가 절감된 것으로 나타났다. 생산비 가운데 노동비는 100두 미만을 사육하는 농가군에 비해 100두 이상 500두 미만을 사육하는 농가군과 500두 이상을 사육하는 농가군이 각각 45%와 60%정도로 크게 절감되었다. 그러나 사료비의 절감비율은 각각 1%와 5%정도로서 매우 낮게 나타났다.

또한 규모확대에 따른 경영의 전문화와 대량판매의 유리성에 의해 증대되어야 할 조수익은 그 감소비율이 비록 크지는 않지만 규모가 확대될수록 오히려 감소되는 현상을 보이고 있다.

여기에서 규모확대에 따른 대량거래에 의한 유통상의 유리점을 감안한다면 이와 같은 현상은 결국 생산의 효율성 증대를 위한 환경개선과 증수기술 등이 규모확대와 더불어 병행되지 않았기 때문에 기인된 결과를 입증하는 것으로 생각된다.

표 2.5 사육규모별 비육돈 두당 조수익·경영비·생산비

| 연도 | 구분 | 100두 미만 | 100-500두 | 500두이상 |
|----------|----------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 1992년 | 조수익 | 138,004원 (100) | 136,309원 (98.7) | 132,917원 (96.3) |
| | 경영비 | 115,858 (100) | 108,468 (93.6) | 103,540 (89.3) |
| | 생산비 | 155,392 (100) | 134,212 (86.4) | 130,282 (83.8) |
| | 생산비중 노동비 | 31,696 (100) | 19,958 (63.0) | 14,696 (46.4) |
| | 생산비중 사료비 | 62,520 (100) | 60,303 (96.4) | 58,532 (93.6) |
| | 1993년 | 조수익 | 141,949 (100) | 140,091 (98.7) |
| 경영비 | | 122,192 (100) | 112,165 (91.8) | 108,448 (88.7) |
| 생산비 | | 158,470 (100) | 135,692 (85.6) | 124,578 (78.6) |
| 생산비중 노동비 | | 28,631 (100) | 18,219 (63.6) | 13,526 (47.2) |
| 생산비중 사료비 | | 67,655 (100) | 63,910 (94.5) | 62,377 (92.2) |
| 1994년 | | 조수익 | 159,542 (100) | 159,119 (99.7) |
| | 경영비 | 119,411 (100) | 111,478 (93.3) | 105,511 (88.3) |
| | 생산비 | 157,758 (100) | 134,005 (84.9) | 121,714 (77.1) |
| | 생산비중 노동비 | 29,326 (100) | 16,214 (55.4) | 11,862 (40.4) |
| | 생산비중 사료비 | 66,461 (100) | 65,657 (98.8) | 62,977 (94.8) |

주 : ()내 숫자는 100두 미만을 사육하는 농가의 경영성과에 대한 각
 성과지표를 기준(100)으로 하여 규모확대에 따라 변화된 비율을
 나타냄.

자료 : 축협중앙회, 축산물생산비 조사보고, 각년도.

그러나 어느 경우라도 그림 2.1을 통해서 알 수 있는 바와 같이 양돈경영에 있어서 비록 돼지의 사육두수, 기계나 시설, 건물 등과 같은 자본규모를 확대한다 할지라도 그에 상응하는 기술 수준의 향상과 사육환경의 개선을 통해 집약도를 높이지 않으면 생산량 증대와 품질향상이 이루어지지 않아서 자본규모와 생산규모가 효율적으로 연계될 수 없다는 것이다. 또한 자본규모와 생산규모가 동시에 증대되더라도 생산원가의 절감을 도모하지 않으면 소득규모는 커질 수 없는 것이다.

따라서 금후 합리적인 양돈 경영을 위한 기계화·자동화를 위한 자본투자는 규모경제와 생력화를 통한 생산비 절감은 물론 적정 사육환경의 조절을 통한 고품질 돈육과 육성을 및 사료효율 향상 등을 비롯한 증수효과를 획기적으로 개선시키는 데에 주안점을 두어야 할 것이다. 양돈의 규모화는 자본규모와 생산규모 및 소득규모가 유기적으로 연계되어 상호 비례적으로 증대될 수 있을 때 규모경제의 효과가 높게 나타날 것이기 때문이다.

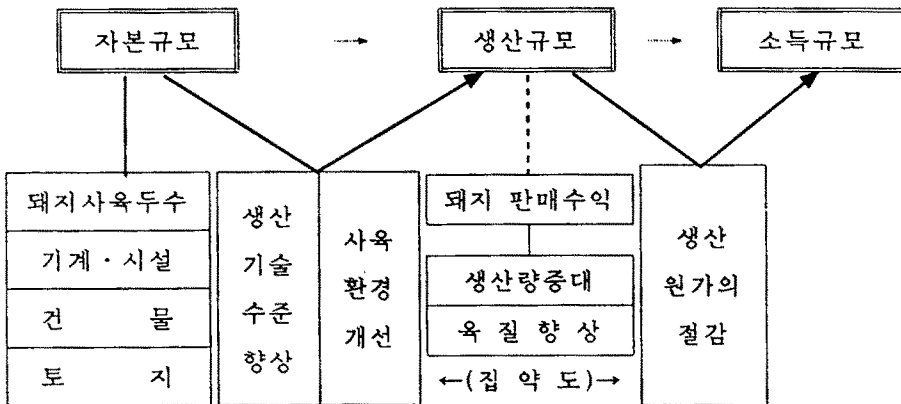


그림 2.1 양돈경영에 있어서 경영규모 개념의 관련성

자료 : 島津 正의, 畜産經營學, 文永堂, 1984, p85를 수정·재편집함.

4. 규모확대의 저해요인

양돈에 있어서 규모확대는 기본적으로 대규모 생산을 통한 생산비용의 절감과 대량거래를 통한 유통 및 신용상의 유리점을 실현함으로써 궁극적으로는 국내의 경쟁력을 제고시킨다는 차원에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 최근 정부가 양돈산업의 경쟁력 강화차원에서 추진하고 있는 전업양돈의 육성방향도 따지고 보면 양돈경영의 규모확대와 직접적인 연계성을 갖는 것이다.

그러나 다음과 같은 경영적 문제들이 규모확대를 촉진시키는 데 있어서 중요한 애로요인이 되고 있다

첫째, 규모확대에 따른 사양기술의 확립이 병행되지 못할 경우 생산효율이 낮아지고 사소한 생산 및 자재관리가 소홀히 이루어짐으로써 두당 부가가치의 감소와 물적비용의 증가, 생산성의 저하가 우려된다는 것이다.

둘째, 규모확대의 범위가 가족노동력의 한계를 벗어날 경우 3D적 성격이 강한 열악한 양돈노동의 특성상 경영외부로부터 노동력의 조달이 경제발전과 더불어 점차 어려워지게 된다는 것이다.

셋째, 규모확대 투자를 위한 차입금이 증가될 경우 원리금상환 부담이 커지고 이로 인해 수익성이 낮아짐은 물론 경영에 있어서 재무구조의 불안정을 초래할 우려가 있다는 것이다.

넷째, 다두 사육에 따른 질병과 사고율이 높아지고 육질이 저하됨으로써 두당 비용증가는 물론 육류시장의 등급화 정착에 따른 두당 판매수익이 오히려 저하될 우려가 있다는 것이다.

다섯째, 육돈 부문의 파행적인 확대에 의해 우리 나라 양돈산업 전체에 있어서 자돈생산과 육돈생산의 불균형이 초래될 우려가 있다는 것이다.

여섯째, 공해에 대한 국민의 관심이 높아지고 축산폐수에 대한 규제가 강화됨으로써 일정규모 이상의 양돈경영에 있어서는 분뇨에 의한 공해방지를 위해 정화처리 시설의 설치가 불가피하며, 이를 위한 추가적 비용은 생산비 상승의 요인 될 수 밖에 없다는 것이다.

그렇다면 위와 같은 애로요인을 효율적으로 극복하고 규모경제의 이점을 효과적으로 실현시키기 위해서는 경영상의 기술구조 자체를 혁신하여 경영전체로서의 생산성을 제고시킬 수 있는 기술관리체제를 종합적으로 확립함으로써 생력화와 더불어 생산효율을 증진시킬 수 있는 방안을 동시에 추구하는 것이 무엇보다도 중요하다.

특히 최근에 국민들의 환경에 대한 관심이 높아지면서 개별농가의 기술체계를 벗어나 불가피하게 발생될 수밖에 없는 축산공해 방지 비용과 축사환경이 생산성에 미치는 효과 등을 고려할 때, 돈사의 분뇨처리와 환기시설 합리화는 규모확대를 위한 필연적 과제이다.

그림 2.2는 양돈경영에 있어서 돼지의 두당 평균비용곡선을 3개의 경영구조로 구분하여 도시하였다. 여기서 제 1구조는 100두 미만의 부업적 양돈농가, 제 2구조는 100두 이상 750두 미만의 소규모의 복합 또는 준 전업농가, 그리고 제 3구조는 750두 이상의 전업 또는 기업적 양돈농가이다.

여기서 제 1범주의 영세규모 농가에서는 규모가 확대됨에 따라 급속한 비용 절감이 가능하지만 전체적으로 비용수준이 매우 높은 단계이다. 따라서 이 단계의 농가는 현실적으로 비용에 대한 인식이 부족하고 경영의 목표를 주로 현금수입에 두고 있기 때문에 높은 비용수준에도 불구하고 손실최소화의 원리(Loss minimizing rule)에 따라 최소한의 고정비라도 회수하기 위해서 경영을 지속하고 있는 농가들이 많다. 따라서 제 1범주의 농가는 아직도 다수 존재하고 있다. 그러나 농업의 상업화·전문화가 지속적으로 추진되면서 이들 농가의 비율은 급속히 낮아질 것으로 예측된다.

제 2범주에 속하는 양돈농가는 대체로 가족노동을 중심으로 한 복합 내지 중·소규모의 준전업농가로서 지금까지는 대체로 안정적인 소득을 향유할 수 있었던 농가 계층이라 할 수 있다. 그러나 이군에 속하는 농가 가운데 180두 이상을 사육하는 농가는 축산폐수 정화시설의 설치신고를 해야하는 농가군이다. 따라서 규모확대에 따라 분뇨처리를 위해 발생하는 추가적 비용이 오히려 상승되는 우려를 안고 있는 농가군으로써 이들 농가군도 장기적으로는 대 내

외적 경쟁에서 탈락을 거듭할 것으로 예측되는 군이다.

제 3범주는 전업양돈 또는 그 이상의 기업양돈 단계로 볼 수 있다. 이 단계의 농가군에서는 규모확대에 따라 분뇨처리비용이 점차 작아질 수 있는 단계이며 장기비용곡선의 최적규모도 이 계층에서 존재하기 마련이다. 따라서 양돈산업의 안정적인 발전과 농가소득증대라는 차원에서 이 규모가 장기적으로는 가족적 전업농에 의해서 주도될 수 있도록 양돈산업의 기계화·자동화가 적극적으로 추진되어야 할 것이다.

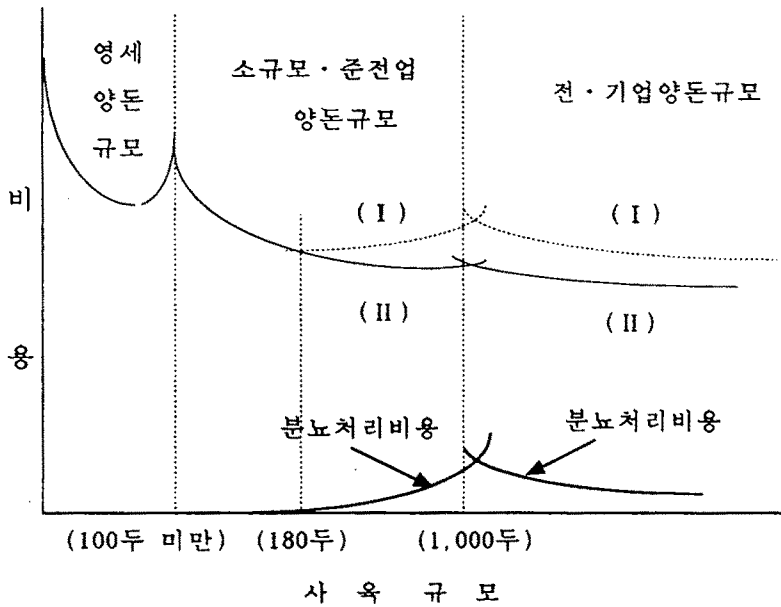


그림 2.2. 비육돈 생산에 있어서 평균생산비 곡선의 모형.

자료 : 磯邊秀俊, 畜産經營學, 恒星社厚生閣, 1984, p159를

수정·재편집함.

주 : (I) 분뇨처리 비용 포함. 전·기업양돈규모

(II) 분뇨처리 비용 불포함

제3절 양돈업의 성장 예측모델

-- 가족적 전업 경영 모델을 중심으로 --

1. 조사농가의 현황

41개 조사농가 가운데 6개 농가는 생산된 자돈을 외부에 모두 판매하거나 위탁사육하는 번식전문 농가이었으며 나머지 35농가는 번식과 육성·비육을 병행하는 일관사육 농가이었다. 또한 조사농가 가운데 상시 모돈수가 100두 이상 200두 미만인 농가는 48.8%(n=20)로 가장 많았으며, 다음은 200두 이상 300두 미만의 농가로 26.8%(n=11), 그리고 100두 미만의 농가는 14.6%(n=6), 300두 이상의 농가는 9.8%(n=4)로 나타났다.

한편 조사농가의 돈사유형별 사료급여시설, 급수시설, 분뇨수거 및 처리시설, 환기시설의 현황은 표 2.6에서 표 2.9에 나타난 바와 같다.

표 2.6에서 사료급여 시설을 살펴보면 육성·비육돈사의 경우 94.8%의 농가가 그리고 교배·임신돈사의 80.5%의 농가가 자동급여 시설을 갖추고 있다. 그러나 분만돈사는 63.4%의 농가가 그리고 자돈사는 75.0%의 농가가 반자동시설을 갖추고 있는 바, 이 두 형태의 돈사에 반자동시설이 선호되고 있는 것은 분만돈사와 자돈사의 경우 면적이 여타 돈사에 비해 넓지 않을 뿐만 아니라 사료를 급여하는 과정을 통해 돼지에 대한 최소한의 개체관리가 이루어 질 수 있기 때문인 것으로 파악되었다.

따라서 사료급여 시설은 금후에도 돈사의 유형에 따라 자동과 반자동형태로 나누어 질 것으로 예측된다.

표 2.6 사료급여시설

(단위 : %, ()내는 호)

| 구 분 | 자 동 | 반 자 동 | 수 동 | 계 |
|------------|----------|----------|---------|-----------|
| 교배·임신돈사 | 80.5(33) | 19.5(8) | -- | 100.0(41) |
| 분만돈사(포유자돈) | 24.4(10) | 63.4(26) | 12.2(5) | 100.0(41) |
| 자돈사 | 20.0(8) | 75.0(30) | 5.0(2) | 100.0(40) |
| 육성·비육돈사 | 94.6(35) | 5.4(2) | -- | 100.0(35) |

표 2.7에서 급수시설의 자동화 정도를 살펴보면 분만돈사는 87.8%의 농가가 습식급이를 그리고 교배·임신돈사는 90.2%가 니플방식을, 자돈사와 육성·비육돈사는 각각 95.0%와 94.3%의 농가가 니플방식의 급수시설을 설치하고 있다. 그러나 교배·임신돈사와 육성·비육돈사의 니플방식은 대부분의 니플이 사료통안에 설치됨으로써 실제로는 건·습식 급이로 볼 수 있다.

따라서 급수시설은 분만돈사의 경우 습식급이 방식, 교배·임신돈사와 육성·비육돈사는 건·습식 방식 그리고 자돈사는 니플 방식이 가장 보편적인 것으로 판단된다.

표 2.7 급수시설

(단위 : %, ()내는 호)

| 구 분 | 습 식 급 이 | 워 터 쿨 | 니 플 | 계 |
|------------|----------|-------|----------|-----------|
| 교배·임신돈사 | 9.8(4) | -- | 90.2(37) | 100.0(41) |
| 분만돈사(포유자돈) | 87.8(36) | -- | 12.2(5) | 100.0(41) |
| 자돈사 | 5.0(2) | -- | 95.0(38) | 100.0(40) |
| 육성·비육돈사 | 5.7(2) | -- | 94.3(33) | 100.0(35) |

표 2.8에서 분뇨수거 및 처리시설을 살펴보면 아직도 상당수의 농가가 수작업에 의해서 분뇨를 수거·처리하고 있다. 분뇨처리의 자동화시설이 도입된 경우라 할지라도 교배·임신돈사는 46.3%의 농가가, 분만돈사는 34.1%의 농가

가, 자돈사는 30.0%의 농가가 그리고 육성·비육돈사는 57.1%의 농가가 스크레퍼(Scraper) 시스템에 의해 분뇨를 수거·처리함으로써 슬러리(Slurry) 시스템보다는 스크레퍼 시스템의 설치비율이 더 높게 나타났다. 이는 슬러리 형태로 분뇨를 수거할 시 액상분뇨를 적절히 이용할 수 있는 경작지의 확보가 어려울 뿐만 아니라 분뇨처리의 부담이 스크레퍼방식 보다 크기 때문인 것으로 파악되었다. 그러나 올인 올아웃(All-in All-out)체계에 의한 주간 관리체계(Weekly batch farrowing system)의 효율적인 운영과 돼지의 질병오염의 극소화, 돼지의 생산성 향상 등을 위해서는 최소한 분만돈사(포유자돈)와 이유자돈사에는 슬러리방식의 분뇨처리 시설이 도입될 수 있는 방안이 적극적으로 강구될 필요가 있다.

한편 육성·비육돈사의 경우 20.0%의 농가가 톱밥발효에 의해 분뇨를 처리하고 있는 바, 농가마다 톱밥의 두께, 톱밥의 교체 및 돈군의 순환 시기 등이 각기 다른 것으로 파악되었다. 그러나 톱밥발효 돈사의 경우 톱밥의 확보가 용이하지 않으며, 슬러리나 스크레퍼 방식보다는 노동의 소요량이 많기 때문에 이 방식을 채택하는 농가는 지속적인 톱밥확보와 노동력 확보 문제 등을 고려하여 도입해야 할 것으로 판단된다.

표 2.8 분뇨수거 및 처리시설

(단위 : %, ()내는 호)

| 구분 | 슬러 리 | 스크레퍼 | 톱밥발효 | 수작업 | 계 |
|----------------|----------|----------|---------|----------|-----------|
| 교배·임신돈사 | 17.1(7) | 46.3(19) | -- | 36.6(15) | 100.0(41) |
| 분만돈사 (포유자돈) | 24.4(10) | 34.1(14) | -- | 41.5(17) | 100.0(41) |
| 자돈사 | 30.0(12) | 30.0(12) | -- | 40.0(16) | 100.0(40) |
| 육성·비육돈사 | 17.1(6) | 57.1(20) | 20.0(7) | 5.8(2) | 100.0(35) |

표 2.9에서 환기시설의 자동화 정도를 살펴보면 분만돈사의 경우 19.5%의 농가가 그리고 자돈사의 경우 30.0%의 농가가 무창 전자동 환기시스템을 설

치·운영하고 있으며 대부분의 농가는 개폐식 강제환기를 실시하고 있다. 돈사내의 환기와 온·습도 등이 돼지의 생산성과 밀접한 관계가 있음은 이미 여러 기술적인 연구를 통해 입증된 바 있다. 돼지의 최적 환경을 체계적으로 조절할 수 있는 장치가 전자동 무창 환기 시스템이며, 양돈 선진국에서는 최근에 이러한 시스템의 개발과 이용이 급속히 추진되고 있다. 그러나 우리나라에서는 이에 대한 기술 및 생산체계가 전혀 정립되어 있지 못하다. 따라서 일부 농가에서 이미 설치·활용하고 있는 자동화시스템은 전량 외국으로부터 수입된 시설과 기술이며, 값도 비싸서 아직까지는 크게 보급되지 않고 있다. 또한 비록 환기·보온시설에 있어서 자동화가 어느 정도 이루어지고 있는 농가라 할지라도 자동화가 각 돈사의 유형별로 합리적으로 연계되는 체계적이고 종합적인 시스템을 구축하지 못하고 돈사별로 독립적이고 부분적인 자동화가 이루어지고 있는 실정이다.

그러나 전자동 무창돈사 시설을 이미 설치·운영하고 있는 경영주의 대부분이 그 효율성을 크게 인정하고 있는 것으로 파악되었다.

표 2.9 환기시설

(단위 : % , ()내는 호)

| 구분 | 전자동 (무창) | 개폐식 강제환기 | 개폐식 자연환기 | 계 |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| 교배·임신돈사 | 2.4(1) | 82.9(34) | 14.7(6) | 100.0(41) |
| 분만돈사 (포유자돈) | 19.5(8) | 75.6(31) | 4.9(2) | 100.0(41) |
| 자돈사 | 30.0(12) | 65.0(26) | 5.0(2) | 100.0(40) |
| 육성·비육돈사 | -- | 71.4(25) | 28.6(10) | 100.0(35) |

2. 자동화·기계화 수준이 노동절감에 미친 영향

조사농가의 투입노동(가족노동 + 고용노동) 1인당 상시모든의 평균 사육두

수는 59두로 나타났다. 투입 노동의 1인당 상시모돈수가 70두 이상인 농가는 26.8%(n=11)에 불과 했으며, 50두이상 70두미만의 농가는 41.7%(n=17) 그리고 50두 미만인 농가가 31.7%(n=13)나 되었다.

또한 투입노동 1인당 평균 상시 총돼지(번식돈 + 자돈 + 육성·비육돈)의 사육두수는 556두이었다. 1인당 사육두수가 700두 이상인 농가는 20.0%(n=7), 500두 이상 700두 미만인 농가는 54.3%(n=19), 그리고 500두 미만인 농가는 25.7%(n=9)로 나타났다.

양돈경영에서 가장 많은 노동력을 요구하는 작업은 사료급여와 분뇨처리이다. 따라서 이에 대한 자동화 정도가 노동생산성향상(노동절감)에 어떻게 기여하고 있는가를 파악하기 위하여 투입노동의 1인당 돼지사육관리 두수를 종속변수로 채택하고 사료급여시설의 자동화여부와 분뇨처리시설의 자동화 여부를 독립변수로 채택하여 선형회기분석을 시도하였는 바, 그 결과는 아래 수식과 같았다.

$$Y = 868.54 + 67.963X_1^{**} + 34.134X_2^* \quad (2-3)$$

$$(3.452) \quad (2.363)$$

$$R^2 = 0.443 \quad F \text{ Value} = 13.518^{**}$$

()내는 T Value임

** : 1%, * : 5% 확률 수준에서 유의적임

여기서 Y = 1인당 총 돼지(번식돈 및 육돈) 상시 사육관리 두수

X₁ = 사료급여시설의 자동화·기계화 정도(교배·임신돈사, 분만돈사, 자돈사, 육성·비육돈사 등 각 돈사의 사료급여 시설이 완전자동인 경우 3점, 반자동인 경우 2점, 수동인 경우 1점을 부여 하여 각 유형별 돈사의 점수를 합산함)

X₂ = 분뇨처리시설의 자동화·기계화 정도(교배·임신돈사, 분만돈사, 자돈사, 육성·비육돈사 등 각 돈사의 분뇨처리 시설이 슬러리 또는 스크레

퍼시설인 경우 1점, 수작업인 경우 0점을 배점하여 각 유형별 돈사의 점수를 합산함)

위의 (2-3)식에서 살펴보면 채택된 두 독립변수가 불연속의 질적 변수임에도 불구하고 각기 통계적인 유의성을 보이면서 결정계수(R^2)가 0.443로 예상보다 높았다. 독립변수 X_1 의 추정회기계수 67.963은 여타 변수를 현 상태로 두고 사료급여시설을 한 단계 자동화할수록 투입 노동 1인당 돼지의 사육관리 두수를 68두 정도 증가시킬 수 있음을 의미하며, X_2 의 추정회기계수 34.134는 여타 변수를 고정시키고 분뇨처리를 자동화함으로써 1인당 사육관리 두수를 34두 정도 증가시킬 수 있음을 의미한다. 그러나 본 연구의 조사 대상 농가의 상당수가 자동화·기계화시설을 설치한 후에 기존의 노동인력을 감축하지 않았거나 시설에 상응하는 사육두수를 증가시키지 않았음을 고려할 때, 자동화·기계화에 따른 사육두수의 증가는 본 분석의 결과보다 높을 것으로 판단된다. 더욱이 각 돈사의 사료급여시설과 분뇨처리시설 등이 합리적으로 연계되는 체계적이고 종합적인 자동화 시스템이 구축될 경우 자동화·기계화에 따른 노동절감은 더욱 크게 나타날 것으로 예측된다.

3. 자동화수준이 생산효율에 미친 영향

돼지의 생산효율에는 돼지의 유전적인 자질을 비롯한 경영관리자의 기술수준, 작업체계, 환기나 온·습도 관리 등의 환경요인, 기타 다양한 내외적 요인들이 영향을 미친다. 그러나 여기서는 돼지의 자질, 경영자의 기술수준 등은 일정하다고 전제하고, 환경요인 즉, 환기시설의 자동화가 생산효율에 어떻게 영향을 미치고 있는가를 파악하였다.

조사농가의 각 유형별 양돈사의 환기시설에 대한 자동화가 극히 미미하기 때문에 돈사의 유형별로 돼지의 생산효율과 환기시설의 자동화 수준과의 인과관계를 한계분석을 통해 입증하기에는 어려움이 있었다. 다만 여타 돈사에 비해 환기시설의 자동화 수준이 비교적 높은 것으로 나타난 자돈사의 환기시설

의 자동화 여부는 돼지의 생산효율에 부분적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 곧 자돈의 사육환경이 양돈경영의 생산성 향상에 매우 중요한 요소임을 입증하는 결과라 하겠다.

그러나 다양한 생산 효율지표 가운데 자돈사의 자동화 정도에 유의적인 영향을 받는 것으로 나타난 항목은 자돈의 출하육성율과 비육돈의 두당 사료요구를 뿐이었으며 이의 분석 결과는 다음 식과 같다.

$$Y_1 = 98.069 + 0.452X_1^* \quad (2-4)$$

(1.808)

$$R^2 = 0.180 \quad F \text{ Value} = 3.270^{***}$$

$$Y_2 = 3.013 - 0.052X_1^* \quad (2-5)$$

(1.654)

$$R^2 = 0.180 \quad F \text{ Value} = 2.704^{***}$$

()내는 T Value임, * : 10% 확률 수준에서 유의적임

여기서, Y_1 = 자돈출하육성율

Y_2 = 비육돈 두당 사료요구율

X_1 = 자돈사의 환기시설에 대한 Dummy 변수

(전자동은 1 개폐식은 0)

위의 (2-4)식에서 X_1 의 추정회계수 0.452가 의미하는 것은 자돈사의 환기시설이 자동화되는 경우 자돈의 출하육성율이 0.45% 포인트 상승될 수 있음을, 그리고 (2-5)식에서 X_1 의 추정회계수 -0.052가 의미하는 것은 자동화된 환기시설에서 사양된 자돈이 개폐식돈사에서 사육된 자돈보다 비육시 사료요구율을 0.05% 포인트 정도 낮출 수 있음을 나타내는 것이다. 그러나 두 식의 결정계수(R^2)가 공히 0.18로서 매우 낮게 나타났는 바, 이는 채택된 독립

변수가 불연속적인 단일의 질적변수이며 그 기여율이 매우 낮기 때문에 기인된 것으로 판단되지만 통계적인 유의성은 인정되었다.

한편 환기시설의 자동화 수준이 번식 및 비육돈의 생산효율에 어떻게 영향을 미치는가를 보다 구체적으로 살펴보고 합리적인 표준농가를 찾아내기 위해서 조사농가를 경영모형에 따라 4개군으로 분류하여 주요 기술지표별 실적에 대한 평균분석을 시도하였는 바, 그 결과는 표 2.10에 나타난 바와 같다.

조사된 농가의 전체적인 생산성이 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 이미 앞서서도 밝힌 바와 같이 조사된 농가의 기술수준이 대체로 우수하다고 인정받고 있으며 우수한 종돈을 일괄적으로 보급받아 사육하고 있는 선진농가로 알려지고 있는 농가이기 때문으로 판단된다.

표 2.10에서 보면 A그룹 농가의 모돈 및 비육돈에 대한 생산성의 평균실적은 전체 농가의 평균실적보다 다소 양호한 것으로 나타났으며, B그룹 농가의 평균실적보다는 월등히 우수한 것으로 나타났다. 특히 모돈 생산효율을 비교하는 데 있어서 가장 중요한 기술지표의 하나로 이용되고 있는 모돈 두당 연간 이유두수(PSY, Pigs per sow in year)는 A그룹 농가의 평균실적이 B그룹 농가의 평균실적에 비해 3.9두나 높은 것으로 나타났다.

한편 41개 조사농가중 시설의 자동화수준이 여타 농가에 비하여 전체적으로 가장 높은 A농가의 투입노동 1인당 상시 모돈수는 93.7두로서 A그룹 농가의 평균 72.1두에 비해 21.6두나 많았고, 시설의 자동화 수준이 가장 낮은 B그룹 농가의 52.6두에 비해서는 무려 41.1두나 많은 것으로 나타났다. A농가의 투입노동 1인당 상시모돈수는 93.7두로서 부부노동 1.5인을 기준으로 환산한다면 140두의 모돈 규모가 된다. 따라서 A농가의 기술 수준에서 전 유형의 돈사 시설을 자동화 한다면 부부노동 1.5인이 사육가능한 모돈은 140두를 훨씬 상회할 수 있음은 물론 돼지의 생산효율도 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

자돈사의 환기 시설이 무창 전자동시스템 방식이고 자돈사의 분뇨처리 시설이 자동화된 A그룹에 속하는 12개 농가의 투입노동 1인당 평균 상시모돈수는

72.1두로서 1.5인으로 환산하면 109두의 규모가 된다. 따라서 A농가 그룹의 기술수준에서도 자동화 수준을 더욱 높인다면 부부노동 1.5인이 사육가능한 모돈은 이를 크게 상회할 수 있을 것이다.

표 2.10 번식돈 및 비육돈의 주요 생산성 실적 비교

| 구분 | 생산성 항목 | A농가 | A그룹 | B그룹 | 전체 |
|-------------|----------------|------|----------|----------|----------|
| | | | 농가 평균 | 농가 평균 | 농가 평균 |
| 번 식 돈 | 모돈두당연간생산두수 | 25.3 | 23.9 | 22.5 | 23.2 |
| | 두당연간이유두수(PSY) | 24.7 | 22.1 | 20.8 | 21.3 |
| | 모돈회전율(회전) | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 2.3 |
| | 분만율 | 82.7 | 80.1 | 77.3 | 78.5 |
| | 복당평균총산자수 | 11.6 | 11.3 | 10.9 | 11.1 |
| | 복당평균실산자수 | 10.6 | 10.4 | 10.1 | 10.2 |
| | 복당평균이유두수 | 10.3 | 9.6 | 9.3 | 9.4 |
| | 이유육성율(포유-이유) | 97.2 | 92.7 | 92.4 | 92.2 |
| | 자돈출하육성율(이유-자돈) | 98.2 | 98.5 | 98.0 | 98.1 |
| | 평균이유일령(일) | 20.7 | 22.0 | 22.7 | 22.6 |
| | 7일내 발정재귀율 | 94.9 | 80.7 | 82.9 | 82.5 |
| | 비생산일수(NPSD) | 45.1 | 50.7 | 58.6 | 54.3 |
| | 노동력 1인당 상시모돈수 | 93.7 | 72.1 | 52.6 | 58.0 |
| 비 육 돈 | 비육개시후 일당증체량(g) | 870 | 785 | 755 | 759 |
| | 사료요구율 | 2.7 | 2.9 | 3.0 | 3.0 |
| | 비육돈사고율 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| | 출하일령(일) | 165 | 170 | 172.0 | 171.7 |
| | 출하시체중(kg) | 105 | 105 | 103.5 | 103.5 |

주 : 1) A농가는 분만사와 자돈사의 환기시설이 무창전자동이며 전 돈사의 분뇨처리 시설이 슬러리방식이고 조사농가중 각 지표의 대부분 실적이 가장 우수한 농가임.

2) A그룹 농가는 자돈사의 환기시설만이 무창전자동이며 자돈사의 분뇨처리 시설이 슬러리 또는 스크레퍼 방식인 농가군임(12농가)

3) B그룹 농가는 자돈사를 비롯한 전 번식돈사의 환기시설이 개폐식이며 기타 시설의 자동화 정도가 매우 미약한 농가군임(28농가)

4. 성장 예측모델

이상에서 살펴본 바와 같이 양돈산업이 국내외적 경쟁력을 갖추기 위해서는 경영의 규모화와 생산성 향상이 불가피하며 경영의 규모화와 생산성 향상에는 자동화가 전제되어야 한다. 따라서 자동화를 전제로 하는 우리 나라 양돈산업이 추구해야 할 가족농 중심의 전업양돈 경영의 성장모델을 앞의 제 2절과 3절의 분석 결과를 종합하여 설정한다면 표 2.11 및 표 2.12와 같이 예측할 수 있을 것이다.

여기서 제시된 예측 모델은 투입노동 1.5인이 되는 부부중심의 가족적 전업양돈 형태로서 ① 번식과 비육의 일관사육 농가, ② 번식전문(비육용 기초자돈의 전문 생산 농가)농가, ③ 자돈·육성·비육전문 농가로 구분하였다.

다만 국가 전체적인 양돈산업의 경영구조 체계를 놓고 볼 때는 순종 생산돈군과 증식돈군의 생산을 위한 경영은 기업적 번식전문 경영형태에서 주도하는 것이 바람직하다.

가족적 전업형태의 일관경영의 성장모델은 표 2.11의 모델 I 과 II형, 가족적 번식전문 농가와 가족적 비육전문 농가의 성장모델은 표 2.12의 III형과 IV형이다. 여기서 기업적 번식경영 형태의 성장모델은 돈사시설의 제반 조건은 가족적 번식전문 양돈 모델 III형의 번식돈사 모델과 동일하게 하되, 다만 시설규모는 모돈수에 따라 조정될 수 있을 것이다.

표 2.11 투입노동 1.5인을 기준으로하는 전업양돈(일관경영)의 예측모델

| 구분 | 상시 모돈 수 | 돈사 유형 별 시설 | | | | | 사양방식 | 기 타 |
|----------|------------------|---------------------|----------|----------------------|----------------------------|------------------|--|---|
| | | 돈사 유형 | 사료 급여 | 급수 | 분뇨처리 | 환기·온 · 습도 | | |
| 모델 I | 150 ~170 두 | 교배 · 임신 돈사 | 전자동 | 니플 (건 · 습식) | 슬러리 또는 스크레퍼 방식 | 무창 전자동 시스템 | 주간 단위의 작업, 주간 7-8복 All-In All-Out 생산 시스템 | ① 동일 건물내에 전 유형의 돈사를 집약·수용하되 전체 공간을 돈사유형에 따라 부분 적으로 나누고 (compartment system), 각 유형별로 돼지에 적합한 다른 환경을 제공해야 하되, 각 돈사가 종합적으로 연계되어 자동으로 관리되어야 함. ② 분만돈사와 자돈사의 분뇨 처리시설은 Batch관리와 효율 적인 위생관리를 위해서는 슬 러리(Slurry) 방식이 적합하 며, 임신돈사나 비육돈사도 액 상분뇨의 사용이 가능한 지역 에서는 슬러리 방식이 권장됨 |
| | | 분만 돈사 | 반자동 | 습식 급여 | 슬러리 | 무창 전자동 시스템 | | |
| | | 자돈 사 | 반자동 | 니플 | 슬러리 | 무창 전자동 시스템 | | |
| | | 육성 · 비육 돈사 | 전자동 | 니플 (건 · 습식) | 슬러리 또는 스크레퍼 | 무창 전자동 시스템 | | |
| 모델 II | 130-1 50두 | 교배 · 임신 돈사 | 전자동 | 니플 (건 · 습식) | 슬러리 또는 스크레퍼 | 무창 전자동 시스템 | 주간 단위의 작업, 주간 6복 All-In All-Out 생산 시스템 | ① 번식돈사와 육성·비육돈사 를 별도로 시설하되, 경제성을 고려하여 육성비육돈사의 환기 장치만은 개폐식 강제환기를 도입할 수 있을 것임. ② 육성·비육돈사의 분뇨처리 시설에 있어서 액상분뇨의 사 용이 어려운 지역이면서 톱밥 구입이 용이한 지역은 톱밥발 효 시설도 가능 할 것임. |
| | | 분만 돈사 | 반자동 | 습식 | 슬러리 | 무창 전자동 시스템 | | |
| | | 자돈 사 | 반자동 | 니플 | 슬러리 | 무창 전자동 시스템 | | |
| | | 육성 · 비육 돈사 | 전자동 | 니플 (건 · 습식) | 슬러리, 스크레퍼 또는 톱밥발효 | 개폐식 강제환기 | | |

표 2.12 투입노동 1.5인을 기준으로하는 전업양돈(번식, 자돈·육성·비육전문)의 예측모델

| 구분 | 경영 형태 | 사육 규모 | 돈사 유형별 시설 | | | | | 기 타 |
|--------|-------------|--|---------------------|-------|------------------|-------------------------|------------------|---|
| | | | 돈사 유형 | 사료 급여 | 급수 | 분뇨 처리 | 환기·온·습도 | |
| 모델 III | 번식 전문 | 상시 모든 270 - 320두 | 고배 · 임신 돈사 | 전자동 | 니플 (건· 습식) | 슬러리 또는 스크레퍼 방식 | 무창 전자동 시스템 | ① 동일 건물내에 두 유형의 돈사를 집약·수용하되 전체 공간을 돈사유형에 따라 두 부분으로 나누고(compartment system), 두 유형별로 돼지에 적합한 각기 다른 환경을 제공해야 함. ② 분만돈사는 주당 12 - 14복의 규모(상시 포유자돈은 350 - 400두)가 될 것임. |
| | | | 분만 돈사 | 반자동 | 습식 급이 | 슬러리 | 무창 전자동 | |
| 모델 IV | 자돈·육성·비육 전문 | 자돈 900 - 1,000두 육성·비육돈 1,400 - 1,600두 | 자돈사 | 전자동 | 니플 | 슬러리 | 무창 전자동 | ① 자돈사와 육성·비육돈사를 별도로 시설하되, 경제성을 고려하여 육성비육돈사의 환기장치만은 개폐식 강제환기를 도입할 수 있을 것임. ② 자돈의 구입과 출하는 주간 12-14복 규모의 번식전문농가와 연계되어 All-In, All-Out 작업이 됨. |
| | | | 육성·비육 돈사 | 전자동 | 니플 (건· 습식) | 슬러리 또는 스크레퍼 | 개폐식 강제환기 | |

제4절 결 론

최근 들어 우리 나라 돼지의 수요 및 생산구조가 급속히 변화되고 있다. 돼지고기 수요의 소득 및 가격 탄력성이 급속히 낮아지고 있으며 돼지사육의 규모화가 적극적으로 추진되고 있다. 규모확대에 따라 대규모 농가는 소규모 농가에 비해 자본 및 노동생산성도 높게 나타나고 생산비와 경영비도 규모확대에 따라 상당 비율 절감되고 있다. 다만 규모확대에 따른 자본투자가 노동절감부분에 집중되고 있으며, 돼지의 생산효율을 향상시킬 수 있는 환경 및 기술개선 부문에는 소홀함으로써 경영 전체로서의 생산성 향상에는 아직도 매우 미흡한 실정이다.

경영의 규모화는 생력화와 생산성 향상을 동시에 이룰 수 있어야 한다. 이를 위해서는 사료급이, 분뇨처리 등과 같은 노동절약적인 시설과 환기, 보온 등과 같은 생산성향상을 위한 시설이 합리적으로 연계될 수 있는 체계적이고 종합적인 자동화 시스템이 구축되어야 한다. 앞에서 제시된 가족농 중심의 전업 양돈 경영의 성장 예측 모델은 이러한 요구를 고려해서 제시된 모델이다.

그러나 여기서 강조하는 것은 어느 경영 모델이든 돈사의 자동화·기계화는 첫째, 노동 및 토지절약적인 돈사와 시설로서 작업동선을 최소화하여 효율적인 작업이 가능케 해야 하며, 둘째, 질병전파를 최소화 할 수 있어야 하고, 셋째, 생산성 향상을 위한 최적 환경이 조성될 수 있는 돈사 시설이어야 하고, 넷째, 시설투자에 따른 고정비용을 최소화함으로써 시설의 한계비용이 노동절감과 생산성 향상에 따른 한계수익에 의해 최단 기간에 회수될 수 있어야 한다는 것이다. 따라서 금후 계속되는 연구에서는 이와 같은 사항을 최대한 수용할 수 있는 범위 내에서 본 연구의 예측 경영모델에 적합한 자동화 시스템이 개발되어야 할 것이다.

제5절 참고문헌

1. 김경량, 하서현, “돈육의 수급 및 가격적기 변동에 관한 연구”, 한국축산경영학회지 8(1), 한국축산경영학회 9(1), 1991, pp 35-47
2. 김병화의 2인, 돼지생산의 집중화와 양돈업의 개발전략, 한국농촌경제연구원 1981. 12
3. 김상기의 2인, 양돈생산의 시설자동화에 의한 규모확대 효과, 한국축산경영학회지 11(1), 한국 축산경영학회, 1995, pp 125 -138
4. 김정웅, 외국 양돈산업의 발전사를 통해본 우리양돈업계의 나아갈 길, 월간양돈연구, 대한양돈협회, 1990. 12, pp 76-102
5. 권오옥, 비육돈 생산비 절감 가능성에 관한 연구, 한국축산경영학회지 3(1), 한국축산경영학회, 1987, pp 138-151
6. 민병준, 양돈산업의 구조변화 분석, 한국축산경영학회지 6(1), 한국축산경영학회, 1990, pp 112-121
7. 박근호, 양돈장의 적정규모와 시설, 한국양돈 연구회 제 8회 양돈세미나 자료, 1989. 10, pp 65-70
8. 박종수의, 축산경영학, 유한문화사, 1992.
9. 박호근, 우리농장. 이렇게 생산비를 절감하고 있다, 월간양돈연구, 대한양돈협회, 1990. 1, pp 92-95
10. 송금찬, 돼지분뇨처리의 효율화 방안, 월간 양돈 8월호, 대한양돈협회, 1996. 8, pp 144-149
11. 유성연, 양돈장의 적정규모와 시설, 한국양돈 연구회 제 8회 양돈세미나 자료, 1989. 10, pp 11-16
12. 유재일, 전업양돈 농가의 시설방향, 월간양돈연구, 한국양돈연구회, 1990. 12, pp 90-101
13. 윤희진, 호황속의 양돈업 무엇이 문제인가, 월간양돈연구, 한국양돈연구회, 1990. 8, pp 45-46

14. 이상영, 주요경쟁상대국과 한국의 양돈경영 실태 비교, 월간양돈연구, 한국양돈연구회, 1996, 2, pp 118-123
15. 이영대, 양돈업의 인력난 및 고임금화 시대에 따른 문제점과 대책, 월간양돈연구, 한국양돈연구회, 1991, 9, pp 104-109
16. 이영철, 돼지의 환경요인과 그 관리, 월간양돈, 대한양돈협회, 1996.10, pp 165-171
17. 이재훈, 국내양돈경영의 문제점, 월간양돈, 대한 양돈협회, 1996, 2, pp 114-117
18. 장국원, 양돈경영분석 사례를 통한 경쟁력제고방안, 월간양돈연구, 한국양돈연구회, 1988, 3, pp 97-109
19. 정문성, 돈사환경은 생산성 향상의 열쇠, 월간양돈연구, 한국양돈연구회, 1989, 12, pp 105-108
20. 정영철, 1990년대 한국양돈산업의 발전 전략, 월간양돈연구, 한국양돈연구회, 1990, 1, pp 120-125
21. 정영철, 수입개방에 따른 한국돈육 시장의 변화, 월간양돈, 대한양돈협회, 1996, 5, pp 92-95
22. 정찬길외 4인, 경쟁 상대국의 양돈산업 실태조사, 대한양돈협회, 1995
23. 조광호외, 양돈에서의 자동화·기계화 모형개발에 관한 연구, 한국축산경영학회지 8(1), 한국축산경영학회, 1992, pp 93 -116
24. 축협중앙회, 축산물 가격 및 수급자료, 축협중앙회, 1980 -1996.
25. 축협중앙회, 축산물 생산비 조사보고, 축협중앙회, 1990 - 1995.
26. 한성일, 대규모 양돈경영에 있어서 경영관리의 과제와 전개방향, 한국축산경영학회지 7(1), 한국축산경영학회, 1991, pp 102-110
27. 허덕, 일본양돈의 국제경쟁력 강화 가능성 분석, 한국농업경영학회지 11(1), 한국농업경영학회, 1995 12
28. 허덕, 양돈산업의 구조개편과 경영개선방향, 농촌경제 19(1), 한국농촌경제연구원, 1996 봄, pp 61-77

29. 허덕, 養豚經營의 成長·發展と國際競爭力 強化의 可能性に 關한 する 研究, 東都大學 大學院 博士學位 論文, 1995
30. 허신행, 한국축산의 경제분석, 한국농촌경제연구원, 중앙출판인쇄주식회사, 1980. 12
31. 양돈연구편집실, 일본축산중앙회가 작성한 새로운 양돈경영지표, 월간양돈연구, 한국양돈연구회, 1992. 1, pp 102-103
32. 월간양돈연구 편집실, 환경과 생산성, 월간양돈연구, 한국양돈연구회, 1989. 8, pp 96-100
33. 축협중앙회 조사부, 덴마크 양돈산업의 국제경쟁력 결정요인, 1995. 4
34. Arthur A. Harlow, The Hog Cycle and the Cobweb Theorem, J. of F Econ XLII No.4, 1960. 11, pp 842-853
35. Brece L. Dryon and Larry J. Martin, Association Forecasting U. S. Pork Production Using Random Coefficient Model, Amer. J. Agr. Econ. Vol. 64 NO. 3, 1988. 8, pp 530-538
36. Gerald W. Dean and Earl O. Heady, Change in Supply Response and Elasticity for Hogs, J. of. F. Econ Vol XL, No 4, 1958.11, pp 845-860
37. Harlow A, Factor Affecting the Price and Supply of Hog. Technical Bullitin, 1274, U.S.D.A, 1962
38. Krlder J. L, J. H Conrad, W. E Carpoll., Swine Production , 5th Edition, McGraw-hill Book Company, 1980
39. 磁辺秀俊, 新編 畜産經營學, 恒星社厚生閣, 1985 日本
40. 島津正, 畜産經營學, 文永堂, 1979. 日本

제 3 장 돈사 유형별 환경제어 요인 분석

제1절 서 설

우리 나라의 양돈산업은 개방화를 맞이하여 시설의 기계화 및 자동화를 이루어 국제 경쟁력을 갖추지 않으면 안 되는 실정에 있다. 과거 저임금을 바탕으로 한 양돈산업의 경영, 중노동에 의한 사양 관리, 불결한 위생 상태의 생산 환경 등의 시대는 지나가고 이제 독자적인 기술 개발 및 능력 제고와 기술 우위의 확보만큼 중요한 일은 없을 것이다.

앞으로 세계무역기구(WTO)와 고임금 현상 등 점점 어려워지는 여건 속에서 국제 경쟁력을 갖춘 양돈을 달성하기 위해서는 더욱 효율적인 기계화 및 자동화를 통하여 생산비의 절감하고, 돈육의 질을 향상시킬 수 있는 한국형 돈사와 이에 적합한 최적 환경제어 시스템의 개발이 필요하다.

그러므로 본 연구는 한국형 돈사와 최적 환경제어 시스템을 효과적으로 개발하기 위하여 수행되었으며, 그 구체적인 연구의 목적은 다음과 같다.

1. 대표적인 돈사 유형별로 환기 모델을 분석한다.
2. 환기 모델별 환기 제어 요인을 분석한다.
3. 컴퓨터 프로그램을 이용하여 체중과 온도에 따라 환기량을 계산할 수 있도록 수학적 모델을 개발한다.

제2절 재료 및 방법

본 연구의 목적을 효과적으로 달성하기 위하여 다음과 같은 절차에 의해 연

구를 수행하였다.

1. 연구 조사표 작성

대표적인 돈사 유형별로 환기방식, 난방방식, 냉방방식, 주단면의 구성 및 단열재(지붕, 천장, 벽, 바닥), 급사방식(임신돈, 분만돈, 이유자돈, 육성돈, 비육돈), 급수방식, 분뇨처리, 그리고 평당 건축비 등을 조사할 수 있도록 조사표를 작성하였다.

2. 조사 대상 선정

대표적인 돈사가 분포해 있는 경기 및 전남지역을 조사대상 지역으로 선정 한 후 이 지역 내에 있는 유럽식 시설인 도드람 농장(경기 이천), 미국식 시설인 축협중앙회 종돈사업소 농장(전남 영광), 그리고 한국식 표준시설인 대덕 농장(전남 영광)을 조사대상으로 선정하였다.

3. 조사 방법

1996년 9월중 농장을 방문하여 조사한 후 조사된 조사표를 중심으로 검토 분석하였으며, 조사응답이 미비한 농장에 대해서는 전화 설문으로 보완하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 양돈시설의 환경제어 실태

현재 국내에 보급되어 있는 북미형과 유럽형 돈사간에는 대체로 큰 차이가 없었으나, 이들과 국내형 돈사간에는 환기, 냉난방 방식에서 큰 차이를 나타내었다(표 3.1). 외국형 돈사(북미형과 유럽형)의 경우는 완전 밀폐된 무창돈사로서 강제환기 시스템을 적용하고 냉난방 방식도 열풍기 또는 보일러 및 기계적인 냉방장치를 사용하고 있으나, 국내형 돈사의 경우는 자연환기를 주로 이용하고 때때로 송풍기로 강제환기를 시키기도 한다. 난방은 바닥면만 온수 보일러로 가온하고 돈사 측벽은 비닐막을 쳐서 외풍의 유입과 실내의 온풍의 유출을 막는 방법이었으며, 냉방방식은 돈방에 덕트를 설치하여 강제송풍시키며 지붕에는 스프링쿨러로 물을 분사하는 방법이었다. 유럽형의 돈사에서 냉방방식은 서로 다른 특징을 나타내었다. 북미형 돈사에서는 기화냉동기(evaporative cooler)를 사용하고 있으나, 유럽형에서는 돈방에 송풍덕트를 수직으로 설치하여 강제송풍을 시킴과 동시에 돼지의 목 부분에 물방울을 낙하시키는 방법을 이용하고 있었다.

북미형 돈사를 제외하고는 돈사내의 온도, 습도, 환기량, 유해가스 등에 관한 자료가 부족하여 서로 비교 분석할 수는 없었으나 이런 것들에 대한 큰 문제점은 없는 것으로 방문조사시에 확인할 수 있었다.

외국형 돈사의 경우 큰 문제점은 없었으나 우리 나라의 여건에 적합한 환기량이 추정되어야 하고 국내형 돈사의 경우는 겨울철 난방방법과 여름철의 냉방방법이 좀 더 개선되어야 할 것으로 판단되었다.

표 3.1 돈사유형별 비교

| 구 분 | 복 미 형 | 유 럽 형 | 국 내 형 | |
|--------------------|------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 환기방식 | 강 제 환 기 | 강제환기 (배기팬) | 조합환기 | |
| 난방방식 | 열풍가, 보온메트 | 보일러, 라지에터 | 보일러, 바닥온수배관 | |
| 냉방방식 | 쿨링타워방식 (중앙공급) | 송풍(머리), 물방울 낙하 (목) | 송풍(duct), 지붕 sprinkler | |
| 주단면 구성 및 단열재 | 지붕 | 파형AI, 지붕재 | 갈바륨 강판 | 스레트 |
| | 천장 | AI. 판 (유리섬유 210mm) | 갈바륨 강판 (우레탄 75mm) | 왕겨 300mm, 평스레트, 루핑 |
| | 벽 | AI. 판 (유리섬유 140mm) | 갈바륨 강판 (우레탄 75mm) | 왕겨 300mm, 평스레트, 합판 |
| | 바닥 | 콘크리트 스타트 | 트라이바 | 콘크리트 및 플라스베르 |
| 급사 방식 | 임신돈 | 건식 | 습식(오거식) | 건식 |
| | 분만돈 | " | " | 건식 |
| | 이유 자돈 | " | " | 습식 |
| | 육성돈 (비육) | " | " | 습식 |
| 급수방식 | 급수통, 니플 | 니플 | 니플 | |
| 분뇨처리 | 슬러리 | 스크레퍼 | 고액분리 (고형→퇴비) (액형→발효후 살포) | |
| 평당 건축비 | 1,556,000원 | 1,100,000원 | 325,000원 | |

2. 돈사 유형 및 환기모델 개발

국내에 보급되어 있는 돈사의 유형은 외국형 돈사인 무창돈사와 국내형 돈사인 개방형 돈사로 양분된다. 따라서 환기모델도 두 가지 유형의 돈사에 대하여 환기모델을 개발하려고 하였으나 국내형 돈사의 경우는 개방형이기 때문에 기존의 열평형방정식(heat balance equation) 등을 응용하여 최대 및 최소 환기율을 추정하기가 매우 곤란하였다. 무창돈사의 경우는 식 (3-1)에서부터 식(3-4)까지의 식들을 이용하여 돈사내의 최대 및 최소 환기량을 추정할 수 있다(최, 1989; Albright, 1990).

최소 환기량은 동절기에 돈사내의 온도, 습도 및 탄산가스의 농도 등을 적정 수준으로 유지하기 위한 최소 환기량으로서 다음 식(3-2)~(3-4)의 3식이 교차하는 환기량이 최소 환기량이 된다.

$$Q = \frac{q_s - (\sum UA + FP)(T_i - T_o)}{1006 \rho (T_i - T_o)} \quad (3-1)$$

여기서, Q = 최대 환기량, m³/s

q_s = 돼지에서 발생하는 총열량, W

∑UA = 지붕, 벽체, 출입문, 창문으로부터 손실되는 heat loss conductance, W/K

F = 돈사주변 열손실 인자(1.5 W/mK)

P = 돈사의 주변길이, m

T_i = 돈사 내부공기의 온도, K

T_o = 돈사 외부공기의 온도, K

ρ = 웬입구 공기의 밀도, kg/m³

$$Q_{tem} = \frac{q_s - (\sum UA + FP)(T_i - T_o)}{1006 \rho (T_i - T_o)} \quad (3-2)$$

$$Q_m = \frac{m_p}{\rho_i(H_i - H_o)} \quad (3-3)$$

$$Q_{co} = \frac{CO_p}{(CO_i - CO_o)} \quad (3-4)$$

여기서, Q_{tem} = 돈사내의 온도를 기준으로 한 최소 환기량, m^3/s

Q_m = 돈사내의 습도를 기준으로 한 최소 환기량, m^3/s

Q_{co} = 돈사내의 탄산가스 농도를 기준으로 한 최소 환기량,
 m^3/s

m_p = 돼지에서 발생하는 수분량, kg/s

ρ_i = 돈사내의 공기밀도, kg/m^3

H_i = 돈사내 공기의 절대습도, kg/kg

H_o = 돈사 외부 공기의 절대습도, kg/kg

CO_p = 돈사내 탄산가스 발생량

$$\left(\frac{q_s}{24600 J/l} \right), 10^{-3} m^3/s$$

CO_i = 돈사내의 탄산가스 허용농도,

$$m^3/m^3 (10^6 ppm)$$

CO_o = 돈사외부의 탄산가스 농도,

$$(345 ppm = 345 \times 10^{-6} m^3/m^3)$$

최대 및 최소 환기량을 추정하기 위한 컴퓨터 프로그램을 개발하기 위하여 돼지의 체중별 온도에 따른 수분 및 총열량 발생 모델을 표 3.2 및 표 3.3과 같이 개발하였다.

외기의 건습구 온도 또는 상대습도에 따른 습공기의 성질을 계산할 수 있는 컴퓨터 프로그램과 최대, 최소 환기량을 추정할 수 있는 컴퓨터 프로그램을

개발하였다.

지역별 및 계절별 외기 온도와 상대습도를 분석하려고 하였으나 우리나라의 기후조건이 하절기 최고 35℃정도, 동절기 최저 -20℃정도이기 때문에 최대, 최소 환기량 변화시 외기 온도의 범위만 넓혀서 이들 값들을 추정하면 전체적으로 적용하는데 큰 무리가 없으리라 생각된다.

3. 환경제어 요인 분석

돈사내의 환경요인으로는 주로 온도와 습도이며 이외에도 유해가스로서 유화수소가스(약 10ppm 이하), 암모니아가스(약 30ppm), 탄산가스(약 5000ppm), 메탄가스 등이 있으나 탄산가스 이외의 가스들에서는 발생량을 추정할 수 있는 이론식이나 경험식이 없기 때문에 컴퓨터로 자동제어를 하기는 곤란할 것으로 생각된다. 따라서 탄산가스를 제어할 수 있는 최소 환기량이면 다른 유해가스도 허용기준 이하로 유지할 수 있을 것으로 판단하였다.

돼지의 '최적생육을 위한 온도의 범위는 생육단계별로 차이가 있으나 대체로 16~20℃이고, 습도는 70~80% 범위로 조사되었다.

환경제어 요인은 온도, 습도 및 탄산가스만을 고려하였으며, 이들의 허용기준에 따른 최대 환기량 및 최소 환기량을 추정하려고 한다.

표 3.2 돼지의 체중별 온도에 따른 수분 발생

| 체중(kg) | 수분(mg/kg·s) | | |
|--------|--|----------------------------|------------------------|
| | $MP = A_0 + A_1 T + A_2 T^2 + A_3 T^3$ | | |
| 20 | A ₀ | 616.7819×10^{-3} | r ² =0.9998 |
| | A ₁ | 174.4416×10^{-4} | |
| | A ₂ | -879.0041×10^{-6} | |
| | A ₃ | 518.4516×10^{-7} | |
| 40 | A ₀ | 403.4120×10^{-3} | r ² =0.9982 |
| | A ₁ | 159.3450×10^{-3} | |
| | A ₂ | 165.3610×10^{-6} | |
| | A ₃ | 148.0962×10^{-7} | |
| 60 | A ₀ | 283.3598×10^{-3} | r ² =0.9978 |
| | A ₁ | 121.9254×10^{-4} | |
| | A ₂ | -734.8853×10^{-6} | |
| | A ₃ | 281.4749×10^{-7} | |
| 80 | A ₀ | 323.3824×10^{-3} | r ² =0.9992 |
| | A ₁ | -362.4412×10^{-3} | |
| | A ₂ | 126.9898×10^{-6} | |
| | A ₃ | 103.7026×10^{-7} | |
| 100 | A ₀ | 203.3699×10^{-3} | r ² =0.9978 |
| | A ₁ | 151.5180×10^{-4} | |
| | A ₂ | -953.8599×10^{-6} | |
| | A ₃ | 259.2390×10^{-7} | |
| 140 | A ₀ | 246.6647×10^{-3} | r ² =0.9980 |
| | A ₁ | -746.9694×10^{-3} | |
| | A ₂ | 487.2255×10^{-6} | |
| | A ₃ | -370.2298×10^{-8} | |
| 180 | A ₀ | 176.6884×10^{-3} | r ² =0.9998 |
| | A ₁ | 169.4945×10^{-3} | |
| | A ₂ | -241.2171×10^{-6} | |
| | A ₃ | 962.8652×10^{-8} | |

표 3.3 돼지의 체중별 온도에 따른 총열량 발생 모델

| 체중 (kg) | 현 열 (W/kg) | | |
|---------|---|-----------------------------|------------------------|
| | $THP = B_0 + B_1 T + B_2 T^2 + B_3 T^3$ | | |
| 20 | B ₀ | 666.6694×10^{-2} | r ² =0.9968 |
| | B ₁ | -174.6990×10^{-3} | |
| | B ₂ | 487.2501×10^{-5} | |
| | B ₃ | -370.2776×10^{-7} | |
| 40 | B ₀ | 450.0157×10^{-2} | r ² =0.9998 |
| | B ₁ | -110.0014×10^{-3} | |
| | B ₂ | 200.0120×10^{-5} | |
| | B ₃ | $-222.7745 \times 10^{-11}$ | |
| 60 | B ₀ | 380.0221×10^{-2} | r ² =0.9998 |
| | B ₁ | -109.9978×10^{-3} | |
| | B ₂ | 199.9875×10^{-5} | |
| | B ₃ | 225.1890×10^{-11} | |
| 80 | B ₀ | 343.3762×10^{-2} | r ² =0.9980 |
| | B ₁ | -126.8757×10^{-3} | |
| | B ₂ | 407.9246×10^{-5} | |
| | B ₃ | -518.4972×10^{-7} | |
| 100 | B ₀ | 310.0557×10^{-2} | r ² =0.9950 |
| | B ₁ | -115.0769×10^{-3} | |
| | B ₂ | 361.8899×10^{-5} | |
| | B ₃ | -444.4172×10^{-7} | |
| 140 | B ₀ | 226.7207×10^{-2} | r ² =0.9988 |
| | B ₁ | -821.7085×10^{-4} | |
| | B ₂ | 177.7893×10^{-5} | |
| | B ₃ | -148.1691×10^{-7} | |
| 180 | B ₀ | 240.0291×10^{-2} | r ² =0.9986 |
| | B ₁ | -624.5993×10^{-4} | |
| | B ₂ | 190.5033×10^{-5} | |
| | B ₃ | 122.2171×10^{-7} | |

제4절 결론

우리 나라의 양돈산업은 더욱 효율적인 기계화 및 자동화를 통하여 생산비를 절감하고, 돈육의 질을 향상시킬 수 있는 한국형 돈사와 이에 적합한 최적 환경제어 시스템의 개발을 필요로 하고 있다. 이에 본 연구는 한국형 돈사와 최적 환경제어 시스템을 개발하기에 앞서 돈사 유형별로 환기 모델을 분석한 후 환기 모델별 환기 제어 요인을 분석하고, 컴퓨터 프로그램을 이용하여 체중과 온도에 따라 환기량을 계산할 수 있도록 수학적 모델을 개발하기 위하여 수행되었으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 외국형 돈사의 경우 큰 문제점은 없었으나 우리 나라의 여건에 적합한 환기량이 추정되어 제어되어야 하며, 국내형 돈사의 경우는 겨울철 난방방법과 여름철의 냉방방법이 개선되어야 할 것으로 나타났다.

2. 열평형방정식, 물질평형방정식 및 탄산가스의 배제를 위한 환기량 등으로부터 무창돈사의 환기량을 추정한 후 자동제어할 수 있도록 돼지의 체중과 온도에 따른 수분 및 총열량 발생 모델을 개발하였다.

3. 탄산가스만을 제어하면 다른 유해 가스가 허용농도치 이하로 유지되는 것으로 조사되었기 때문에 환경제어 요인을 온도, 습도, 그리고 탄산가스로 하였다.

제5절 참고문헌

1. 최홍립. 1989. 농업시설물의 환기. 대광문화사.
2. Albright, L. D. 1990. Environment Control for Animals and Plants. The American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph. MI. USA.

제 4 장 양돈환경 계측 센서 선발

제1절 서 설

앞으로 세계무역기구(WTO)와 고임금 현상 등 점점 어려워지는 여건속에서 국제 경쟁력을 갖춘 축산을 달성하기 위해서는 더욱 효율적인 기계화 및 자동화를 통하여 생산비를 절감해야 하며, 이를 위해서는 가축의 생산 및 관리 등을 종합 관리할 수 있는 최적화 생산시스템 모델이 필요하다.

하한임계온도 이하에서 동물은 체온을 유지하기 위하여 사료에너지를 점진적으로 사용하며, 더운 환경에서는 에너지 획득이 감소되므로 생산 능력이 감소된다. 또한 암컷은 열 환경과 노출기간에 비례해서 번식성적이 감소되며, 수컷은 단기간 높은 온도의 스트레스는 정액질과 인공 수정시 정액의 수정율에 역효과를 나타낸다(D'Arce et al., 1970).

상대습도의 증가는 높은 공기 온도에서만 생산을 감소시킨다(Choi, 1989).

40~170kg인 돼지의 경우 10~32℃의 온도 범위 내에서 공기 속도를 0.2m/s에서 1.5m/s로 증가시키면 단위 증체량당 필요한 사료의 증가와 일당 평균 증체량의 감소가 일어났으며, 35℃와 38℃의 환경 온도에서는 공기 속도를 증가시키면 증체율이 개선된다(Bond et al., 1965).

유화수소와 암모니아는 식욕을 감퇴시키므로 생산성이 떨어진다. 암모니아는 성적 성숙을 감소시키고 유화수소는 유산을 증가시킨다(Nordstrom and Mcquitty, 1976).

따라서 온도, 습도, 풍속, 유해가스 등 주요 환경요인에 대한 제어가 필요하다.

또한 한국의 기후와 유사한 미국의 Indiana주에 위치한 농장을 대상으로 전면 개방돈사, 콘크리트 바닥 무창돈사, 부분 틈바닥 무창돈사, 완전 틈바닥 무창돈사 등이 돼지의 생산성과 경제성에 미치는 영향을 평가한 결과에 의하

면 부분 틈바닥 무창돈사가 가장 경제성이 높았다(Kadlec et al., 1966).

그러므로 본 연구는 온도, 습도, 풍속, 유해가스 등 주요 환경요인을 계속·제어하는데 필요한 센서를 선별하기 위하여 수행되었으며, 그 구체적인 연구의 목적은 다음과 같다.

1. 돼지의 생산성에 영향을 미치는 주요 환경 요인을 계속할 수 있는 센서를 선정한다.
2. 선정된 센서에 대한 성능 시험을 수행하여 시험 결과를 토대로 돈사내 환경 계측에 이용될 수 있는 센서를 선별한다.

제2절 시험장치 및 방법

1. 주요 환경요인 및 선별 대상 센서 결정

돼지의 건강과 생산 능력에 영향을 미치는 주요 환경 요인은 온도, 습도, 유해 가스(탄산가스, 암모니아 가스), 환기량(풍속) 등이며, 특히 이들 중에서 가장 중요한 요소는 온도인 것으로 보고되었다. 따라서 온도, 습도, 탄산가스, 암모니아 가스, 환기량을 환경 제어 요인으로 하고, 이러한 환경 제어 요인을 계속할 수 있는 센서들을 선별 대상 센서로 결정하였다. 한국의 기후 조건, 돈사내의 환경, 최적의 사육 환경을 고려하여 센서 선별 기준을 다음과 같이 정하였다.

가. 돈사내에서의 작동 환경

- 온도 : 0℃ 이상
- 상대습도 : 0~100%
- 먼지 : maximum 280 particles/ml(Nicks et al., 1993)

나. 돈사외에서의 작동 환경

- 온도 : -15~40℃
- 상대습도 : 0~100%

다. 측정범위

- 온도 : -15~40℃
- 상대습도 : 0~100%
- 탄산가스 : 0~2,000ppm
- 암모니아 가스 : 0~150ppm
- 풍속 : 0~5m/s

상기의 선별 기준에 의하여 국내외 계측 센서의 사양을 비교 검토한 후 환경제어 요인별로 1~2종의 센서를 시험 대상으로 하였다. 이 센서들의 성능은 표 4.1~4.5와 같다.

Table 4.1. Specifications of the temperature sensors

| Item | Model | |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| | HMP233L | HANI |
| Accuracy | ±0.1℃ (at +20℃) | ±0.3℃ (at -10~+50℃) |
| Response time(90%) | About 15 seconds (at +20℃) | - |
| Measuring range | -40~+80℃ | -10~+50℃ |
| Temperature dependence of output | ±0.005℃/℃ | - |
| Operating temperature range | -40~+60℃ | -20~+60℃ |
| Analog outputs | DC 4~20mA and DC 0~5V | DC 0~5V |

Table 4.2. Specifications of the relative humidity sensors

| Item | Model | |
|-----------------------------------|---|------------------------------|
| | HMP233L | HANI |
| Accuracy | maximum achievable accuracy when calibrated against high quality, certified humidity standards: $\pm 1\%RH(0 \sim 90\%RH)$ $\pm 2\%RH(90 \sim 100\%RH)$ when calibrated against salt solutions (ASTM E104-85) : $\pm 2\%RH(0 \sim 90\%)$ $\pm 3\%RH(90 \sim 100\%RH)$ | $\pm 3\%RH$ (at 30 ~ 90%) |
| Response time (90%) | About 15 seconds(at +20℃) | - |
| Measuring range | 0 ~ 100%RH | 0 ~ 100%RH |
| Operating temperature range | -40 ~ +60℃ | -20 ~ +60℃ |
| Analog outputs | DC 4 ~ 20mA and DC 0 ~ 5V | DC 0 ~ 5V |

Table 4.3. Specification of the wind velocity sensor

| Item | NTK duct type anemometer |
|-----------------------------|--|
| Accuracy | Linearity : $\pm 2.5\%$ F.S. (at 25°C) Direction dependency : $\pm 3\%$ F.S. (horizontal to surface) Temperature dependency : $\pm 3\%$ F.S. |
| Response time(90%) | About 5 seconds |
| Measuring range | 0 ~ 20m/s |
| Operating temperature range | 0 ~ 50°C |
| Analog outputs | DC 4 ~ 20mA and DC 0 ~ 10V |

Table 4.4. Specifications of the CO₂ gas sensors

| Item | Model | |
|-----------------------------|------------------|---|
| | HANI | GMW120 |
| Accuracy | ± 25 ppm | ± 20 ppm + 2% of reading (at + 20°C) |
| Response time (90%) | About 20 seconds | About 60 seconds |
| Measuring range | 0 ~ 2,000ppm | 0 ~ 2,000ppm |
| Operating temperature range | - | -10 ~ +35°C |
| Analog outputs | DC 0 ~ 2V | DC 4 ~ 20mA and DC 0 ~ 10V |

Table 4.5. Specification of the ammonia gas sensor

| Item | TS-1000 |
|-----------------------------------|----------------------|
| Type | Electrochemical type |
| Accuracy | - |
| Response time(90%) | About 30 seconds |
| Measuring range | 0 ~ 150ppm |
| Operating temperature range | -10 ~ +45℃ |
| Operating relative humidity range | 20 ~ 95% |
| Analog outputs | DC 4 ~ 20mA |

2. 시험장치

가. 온도와 습도 센서 시험장치

센서 선별 기준 범위에서 온도와 습도를 일정하게 유지하며 성능 시험을 하기 위하여 향온향습기(우주과학공사 : Model THC-C-1)를 이용하였다. 이 향온향습기의 범위를 보면, 온도는 -50~100℃이며, 습도는 25~95%이다. 그리고 온도의 안정성은 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 이며, 습도의 안정성은 $\pm 3\%$ RH이다.

온도센서와 습도센서의 프로브를 향온향습기내에 설치하고, 신호처리회로는 외부에 설치하였다.

기준 온습도계로 수은온습도계를 사용하기 위하여 향온향습기내에 설치하였으며, 이 수은온습도계의 값과 온습도센서의 출력값을 비교하였다.

나. 풍속 센서 시험장치

송풍의 유속을 측정하고자 ASME 유체 측정규정에 따른 관경 300mm의 flow

nozzle meter에 경사관 마노메타(형식 KM, 일본 岡野)를 연결하여 풍속을 측정하였다.

송풍은 압축식 송풍기를 변속형 3상유도전동기(2.2kW, IMC-30B)에 연결하여 조절하도록 하였다.

풍속 센서의 프로브를 flow nozzle meter의 관 중앙에 위치시켜 센서의 출력값과 마노메타의 값을 비교하여 측정하였다.

다. 탄산가스 센서 시험장치

밀폐된 공간에 탄산가스의 농도를 일정하게 유지한 상태에서 탄산가스 센서의 성능을 측정하기 위하여 그림 4-1과 같이 챔버(chamber)를 제작하였다. 이 챔버의 체적은 $0.018 m^3(210mm(W) \times 300mm(L) \times 290mm(H))$ 이었고, 챔버에 연결된 배출 호스의 내부 직경이 7mm이었다. 가스 배출 속도를 20m/s로 하였을 때의 가스 배출량과 챔버의 체적을 비교해보았더니 23.7초 동안 가스를 배출시키면 챔버의 체적과 같은 가스량이 배출되는 것으로 계산되었다. 따라서 한국표준과학연구원에서 제조한 표준가스의 농도와 챔버내의 농도가 같은 상태에서 시험하기 위하여 표준가스를 20m/s의 배출속도로 30초 동안 배출시킨 후 밸브를 닫아 평형상태에 도달되게 하였다. 이와 같이 5회 반복한 다음 탄산가스 센서의 성능을 측정하였다.

라. 암모니아 가스 센서 시험장치

그림 4-1의 챔버를 이용하여 탄산가스 시험 방법과 같은 방법으로 암모니아 가스 시험을 하였다. 특별히 시험 중에 암모니아 센서의 프로브에 흐르는 유량을 500ml/min 정도로 유지하기 위하여 프로브 바로 밑에 팬을 설치하여 작동시켰다.

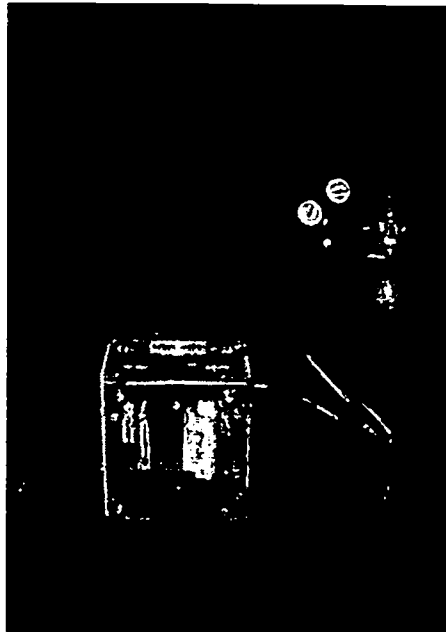


Fig. 4.1. Experimental apparatus for measuring concentration of CO₂ gas.

마. 계측 시스템

일정한 환경하에서도 센서의 출력값은 계속해서 변하기 때문에 일정한 환경하에서 일정기간 동안 센서의 출력값을 계측한 후 평균값을 계산하여 이 평균값을 측도설정에 이용하여야 한다. 따라서, 그림 4-2와 같은 PC 계측 시스템을 구성하여 각 센서의 출력값을 일정기간 동안 계측한 후 평균값을 계산하여 측도설정을 하였으며, 소프트웨어는 LabWindows/CVI로 작성하였다.

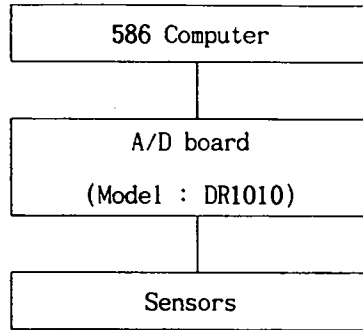


Fig. 4.2. PC based measurement systems for sensor performance tests.

제3절 결과 및 고찰

1. 온도센서의 성능

돈사외의 작동 환경을 고려하여 $-13\sim+37^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위와 8~93%의 상대습도 범위에서 온도센서의 성능을 시험한 결과는 그림 4.3~4.4와 같다. HMP233L은 전(全) 온도 시험 범위에서 정확성을 보였는데 반하여 HANI는 22°C 이상에서 매우 부정확하였다. 또한 HMP233L과 HANI에 대하여 센서 출력(V)과 계측변수(온도 : $^{\circ}\text{C}$) 사이의 회귀분석한 수식의 r^2 값은 각각 0.9995와 0.9624이었으며, 표준편차 값은 각각 0.2951과 2.6744이었다. 따라서 HMP233L만이 온도를 계측하는데 적합한 것으로 분석되었다.

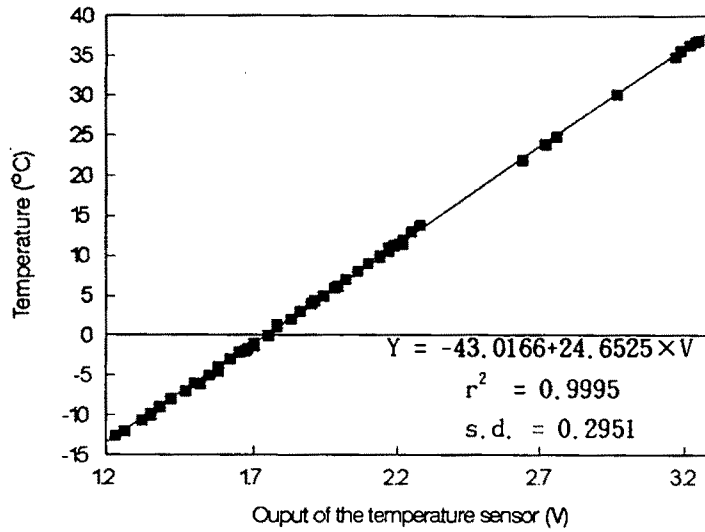


Fig. 4.3. Results of performance test of temperature sensor HMP233L.

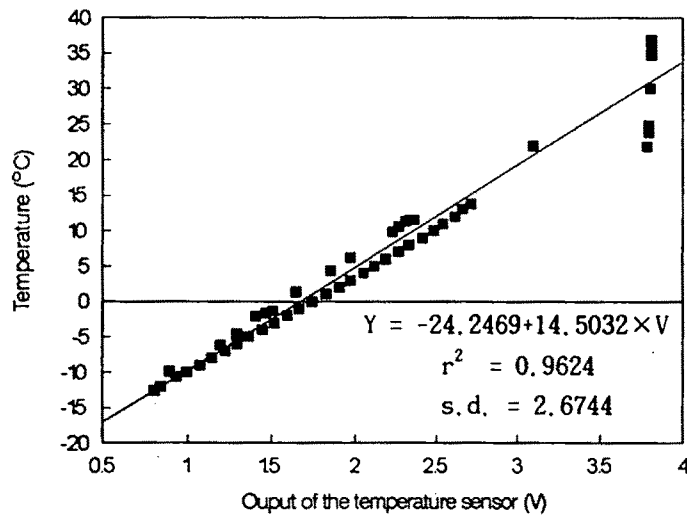


Fig. 4.4. Results of performance test of temperature sensor HANI.

2. 습도센서의 성능

온도센서 성능 시험 범위와 같은 범위에서 습도센서의 성능을 시험한 결과는 그림 4.5~4.6과 같다. HMP233L은 전(全) 상대습도 시험 범위에서 정확성을 보였는데 반하여 HANI는 전(全) 상대습도 시험 범위에서 매우 부정확하였다. 그리고 HMP233L와 HANI에 대하여 센서 출력(V)과 계측변수(상대습도 : %) 사이의 회귀분석한 수식의 r^2 값은 각각 0.9976과 0.9114이었으며, 표준편차값은 각각 1.5740과 9.7141이었다. 따라서 HMP233L만이 상대습도를 계측하는데 적합한 것으로 분석되었다.

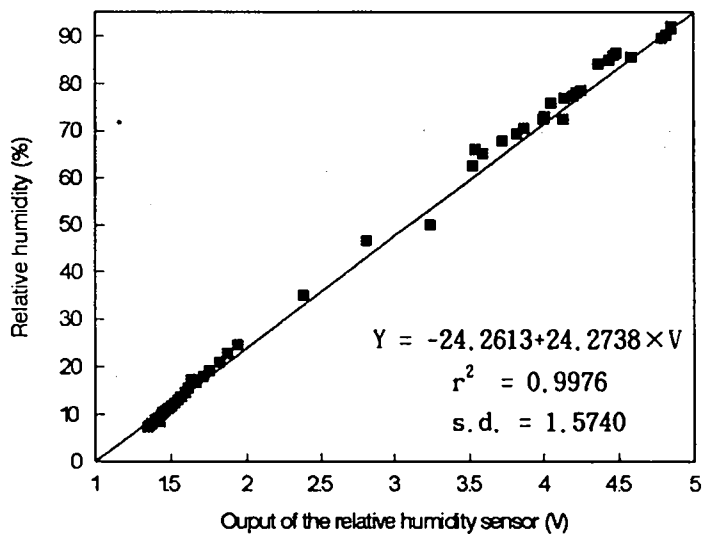


Fig. 4.5. Results of performance test of relative humidity sensor HMP233L.

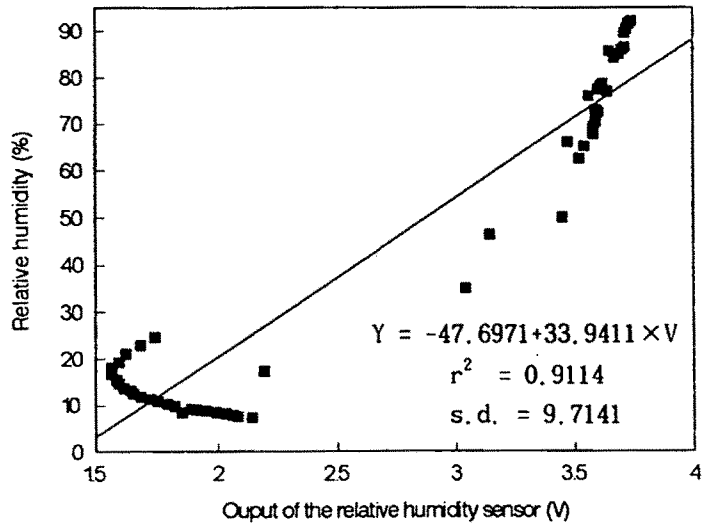


Fig. 4.6. Results of performance test of relative humidity sensor HANI.

3. 풍속센서의 성능

2m/s 이하의 풍속 범위에서 풍속센서의 성능을 시험한 결과는 그림 4.7과 같으며, 센서 출력(V)과 계측변수(풍속 : m/s) 사이의 회귀분석한 수식의 r^2 값이 0.9956, 표준편차가 0.3727로 나타나 돈사내 풍속을 측정하는데 적합한 것으로 분석되었다.

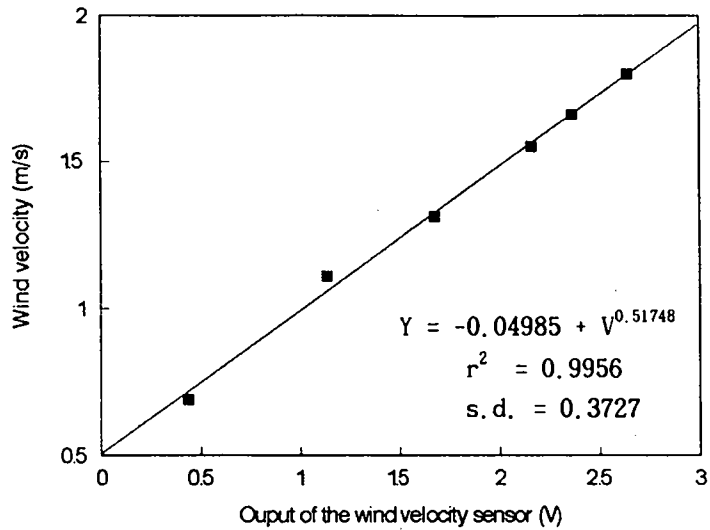


Fig. 4.7. Results of performance test of wind velocity sensor NTK.

4. 탄산가스 센서의 성능

표준가스(제조원 : 한국표준과학연구원)의 농도(304, 931, 1,370, 1,851 ppm)를 기준농도값으로 하여 성능을 시험한 결과는 그림 4.8~4.9와 같다. HANI 센서와 GMW120 센서에 대하여 센서 출력(V)과 계측변수(탄산가스 농도 : ppm) 사이의 회귀분석한 수식의 r^2 값이 0.9999와 0.8464로 나타났으며, 표준편차 값이 1.0052, 257.7656으로 각각 나타나 탄산가스 농도를 계측하는데 HANI 센서만이 적합한 것으로 분석되었다.

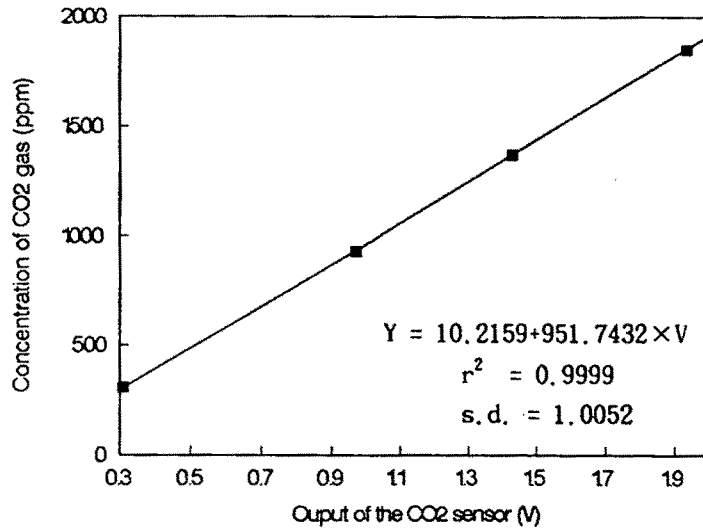


Fig. 4.8. Results of performance test of CO₂ sensor HANI.

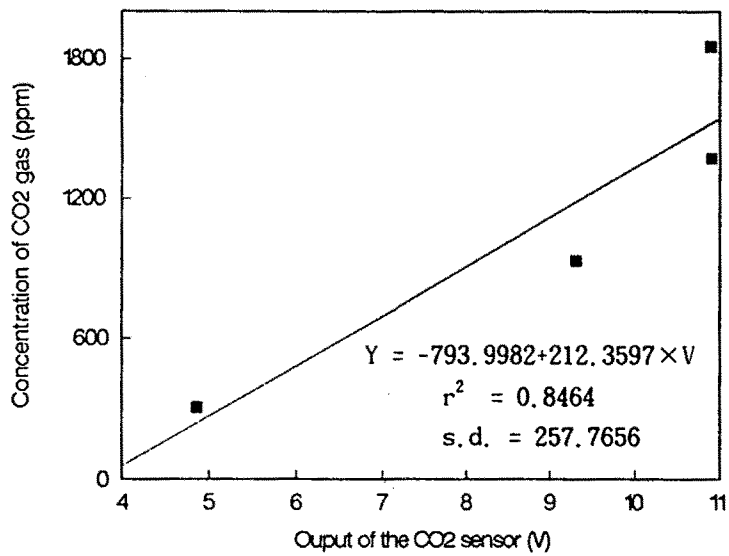


Fig. 4.9. Results of performance test of CO₂ sensor GMW120

5. 암모니아 가스 센서의 성능

표준가스(제조원 : 한국표준과학연구원)의 농도(28.3, 40.0, 75.8 ppm)를 기준농도값으로 하여 TS-1000 센서를 가지고 성능시험을 한 결과는 그림 4.10~4.12와 같다. 그림 4.10은 탄산가스 시험 방법과 동일한 방법으로 시험하였을 때의 결과로 센서 출력(V)과 계측변수(암모니아 가스 농도 : ppm) 사이의 회귀분석한 수식의 r^2 값이 0.9996, 표준편차의 값이 0.5184로 각각 나타났다. 그림 4.11은 온도 변화에 따른 암모니아 가스 센서의 성능 변화를 분석하기 위하여 40.0ppm의 표준가스를 가지고 상대습도 60%의 평형상태에 가까운 시험 조건을 만든 후 시험한 결과인데, 온도가 높아짐에 따라 출력값이 약 7mV(약 0.386ppm)의 차이를 나타냈으나 이는 무시해도 좋은 양이었다. 그림 4.12는 습도 변화에 따른 암모니아 가스 센서의 성능 변화를 분석하기 위하여 75.8ppm의 표준가스를 가지고 온도 25.5℃의 평형상태에 가까운 시험 조건을 만든 후 시험한 결과인데, 습도가 높아짐에 따라 출력값이 약 14mV(약 0.828ppm)의 차이를 나타냈으나 이는 무시해도 좋은 양이었다. 이상과 같은 시험 결과를 분석해 볼 때 TS-1000 센서는 돈사내 암모니아 가스 농도 계측에 적합한 것으로 판단된다.

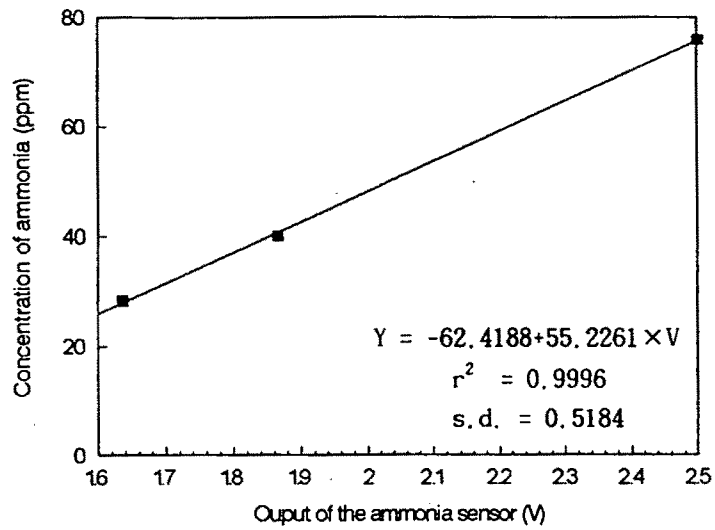


Fig. 4.10. Results of performance test of ammonia sensor TS-1000.

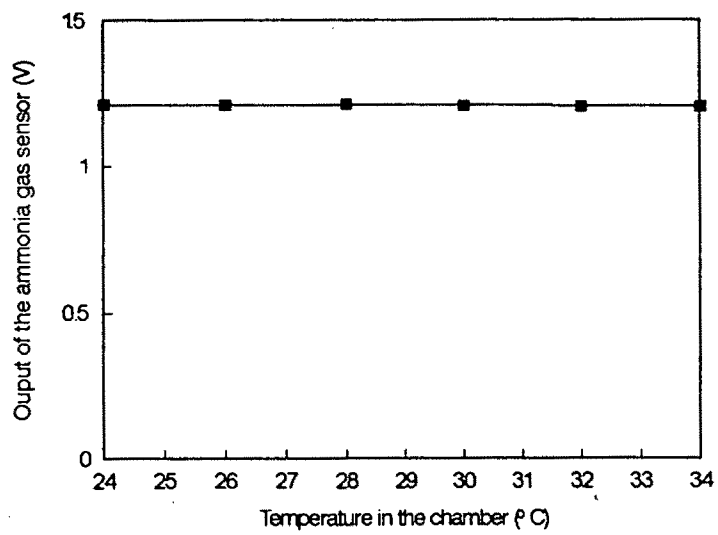


Fig. 4.11. Effects of temperatures on the performance of ammonia gas sensor TS-1000.

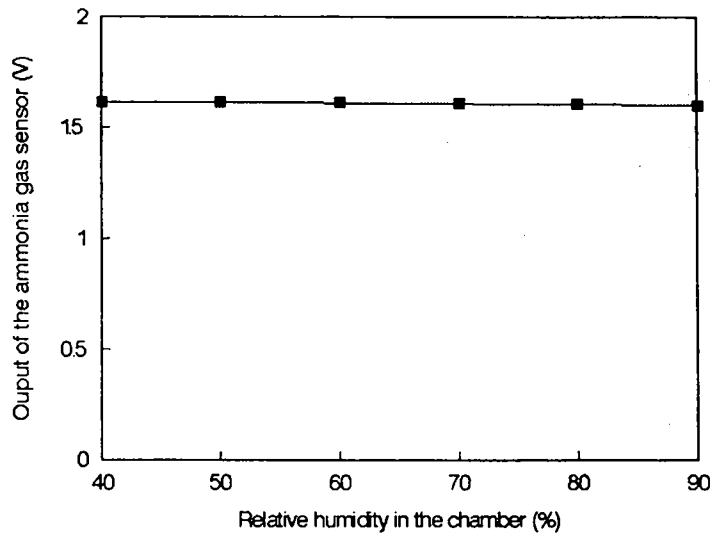


Fig. 4.12. Effects of relative humidities on the performance of ammonia gas sensor TS-1000.

제4절 결론

본 연구는 돼지의 생산성에 영향을 미치는 주요 환경요인을 계측할 수 있는 센서를 선별하기 위해 수행되었는데 시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 온도센서는 HMP233L과 HANI를 가지고 성능을 시험하였는데, HMP233L은 -13~+37℃의 온도 범위에서 정확성을 보였는데 반하여 HANI는 22℃ 이상에서 매우 부정확하였다. 따라서 HMP233L만이 온도를 계측하는데 적합한 것으로 분석되었다.

2. 습도센서는 HMP233L과 HANI를 가지고 성능을 시험하였는데, HMP233L은 전(全) 시험범위(8~93%)에서 정확함을 보였는데 반하여 HANI는 전 측정범위

에서 매우 부정확함을 보였다. 따라서 HMP233L만이 습도를 계측하는데 적합한 것으로 분석되었다.

3. NTK 풍속센서를 가지고 2m/s 이하의 저속에서 성능을 시험한 결과에 의하면, 센서 출력(V)과 계측변수(풍속 : m/s) 사이의 회귀분석한 수식의 r^2 값이 0.9956, 표준편차 값이 0.3727로 나타나 돈사내 풍속을 측정하는데 적합한 것으로 분석되었다.

4. 탄산가스 센서는 HANI와 GMW120를 가지고 가스 농도값 0~2,000ppm 범위에서 성능을 시험하였는데, 센서 출력(V)과 계측변수(탄산가스 농도 : ppm) 사이의 회귀분석한 수식의 r^2 값이 0.9999와 0.8464, 표준편차 값이 1.0052, 257.7656으로 각각 나타나 HANI 센서만이 적합한 것으로 분석되었다.

5. 암모니아 가스 센서인 TS-1000은 온도와 습도의 영향을 별로 받지 않았다. 그리고 가스 농도값 0~80ppm 범위에서 성능을 시험한 결과에 의하면, 센서 출력(V)과 계측변수(암모니아 가스 농도 : ppm) 사이의 회귀분석한 수식의 r^2 값이 0.9996, 표준편차의 값이 0.5184로 각각 나타나 암모니아 가스 농도 계측에 적합한 것으로 분석되었다.

제5절 참고문헌

1. Bond, T.E., Heitman, Jr., and C.F. Kelly. 1965. Effects of increased air velocities on heat and moisture loss and growth of swine. Transactions of the ASAE 8(2) : 167-169.
2. Choi, H.R. 1989. Ventilation of Agricultural Structures. Daekwhang Publisher.
3. D'Arce, R.D., H.S. Teague, W.L. Roller, A.P. Grifo, Jr. and W.M. Palmer. 1970. Effect of short-term elevated dry-bulb and dew-point temperature on the cycling gilt. Journal of Animal Science 30 :

374-377.

4. Kadlec, J.E. et al. 1966. Comparison of swine growing-finishing building systems. Research Bulletin 816, Purdue Univ. Agr. Exp. Sta..
5. Nicks, B., D. Marlier, and B. Canart. 1993. Air pollution levels in pig houses. Livestock Environment IV, Fourth International Symposium, University of Warwick, Coventry, England, 1993. 6, ASAE : 635-642.
6. Nordstrom, G.A. and J.B. McQuitty. 1976. Manure gases in the animal environment. Dept. of Agri. Engr. Univ. of Alberta, Edmonton, Alberta, Research Bulletin 76-1.
7. Sainsbury, D. 1979. Livestock Health and Housing. Bailliere Tindall Pub. London, England.

제 5 장 자동화 환경제어를 위한 한국형 돈사 모델 개발

제1절 서설

분만돈과 자돈, 그리고 교배돈은 환경변화에 매우 민감하게 영향을 받기 때문에 분만돈사와 자돈사, 그리고 교배돈사는 환경제어를 통하여 적정환경을 제공할 수 있는 무창돈사를 사용하여 사육할 필요가 있으며, 점차 무창돈사의 필요성이 증대될 것으로 예상된다. 그러나 우리 나라에서는 무창돈사에 대한 연구가 거의 수행되지 않았기 때문에 이에 대한 기술 수준이 낮으며, 기후와 여러 가지 여건이 우리 나라와 전혀 다른 선진 양돈국의 기술이 그대로 적용되어 많은 문제점이 발생되고 있는 실정이다.

박 등은 우리 나라 양돈산업의 성장 예측 모델을 크게 가족적 전업형태의 일관경영의 성장 예측 모델과 가족적 번식전문 농가와 가족적 비육전문 농가의 성장 예측 모델로 제시하였다. 이와 같이 제시된 성장 예측 모델에 적합한 규모와 형태로 한국형 돈사는 개발되어야 한다.

따라서, 본 연구는 우리 나라 양돈산업의 성장 예측 모델 중에서 가족적 전업형태의 일관경영 및 번식, 자돈육성, 비육전문의 성장 예측 모델을 기준으로 하여 사육단계별로 적합한 환경을 별도로 제공하고, 환경제어 및 분뇨처리 등이 종합적으로 연계되며, 효율적인 배치를 통하여 노동력을 절감할 수 있는 한국형 돈사 모델을 개발하기 위하여 수행되었다.

제2절 설계 기준

1. 설계 규모

양돈업의 성장예측 모델에서 제시된 자족적 전업경영 모델을 중심으로 제시된 투입노동 1.5인을 기준으로하는 전업양돈 규모로서 일관경영의 예측모델과 번식, 자돈·육성, 비육전문의 예측모델의 다음과 같은 규모를 기준하였다.

가. 일관경영 전업양돈의 예측모델

1) 모델 I의 예측모델

모델 I (상시모돈 150~170두 규모)의 사육단계는 교배·임신 - 분만 - 자돈육성·비육 단계로 구분하고 돈사의 형태는 교배·임신, 분만돈사, 자돈사, 육성 및 비육돈사로 구분하였고, 사양방식은 주간 단위의 작업으로 ALL-IN, ALL-OUT 생산시스템을 기준으로 하였다.

동일 건물내에 전 유형의 돈사를 집약·수용하되 전체공간을 돈사 유형에 따라 부분적으로 나누었으며(Compartment System), 각 돈사의 유형별로 적합한 다른 환경을 제공하되 각 돈사가 종합적으로 연계되어 자동으로 관리가 가능한 평면 및 배치를 하였다.

분만돈사와 자돈사의 분뇨처리 시설은 Batch 관리와 효율적인 위생관리를 위해 슬러리 방식으로 하며, 임신돈사나 비육돈사도 액상분뇨의 사용이 가능한 지역에서는 슬러리 방식을 채택하였다.

모델 I의 돈사 유형별 시설의 예측모델을 요약하면 표 5.1과 같다.

표 5.1. 모델 I의 돈사 유형별 시설의 예측

| 돈사 유형 | 시 설 | | | | 사양방식 | 비 고 |
|-------------|----------|--------------|-------------------|------------------|--|-------------------------------|
| | 사료 급여 | 급수 | 분뇨처리 | 환기· 온·습도 | | |
| 교배·임신 돈사 | 전자동 | 니플 (건·습식) | 슬러리 또는 스크레퍼 | 무창 전자동 시스템 | 주간 단위의 작업, 주간 7-8복 All-In All-Out 생산시스템 | ○ 경제성 고려하 여 자연환기식 돈사로 함 |
| 분만돈사 | 반자동 | 습식급이 | 슬러리 | 무창 전자동 시스템 | | |
| 자돈사 | 반자동 | 니플 | 슬러리 | 무창 전자동 시스템 | | |
| 육성·비육 돈사 | 전자동 | 니플 (건·습식) | 슬러리 또는 스크레퍼 | 무창 전자동 시스템 | | ○ 자연환기식 돈사로 함 |

2) 모델 II의 예측모델

모델 II(상시모돈 130~150두 규모)의 사육단계 및 사양방식은 모델 I 과 동일하며, 번식돈사와 육성·비육돈사를 별도로 시설하였다.

경제성을 고려하여 육성·비육돈사의 환기장치는 개폐식 강제환기 방식을 도입할 수 있도록 설계하였으며, 육성·비육돈사의 분뇨처리 시설에 있어서 액상 분뇨의 사용이 어렵거나, 톱밥구입이 용이한 지역은 톱밥발효시설도 가능하게 설계하였다.

모델 II의 돈사 유형별 시설의 예측모델을 요약하면 표 5.2. 과 같다.

표 5.2. 모델Ⅱ의 돈사 유형별 시설의 예측

| 돈사 유형 | 시 설 | | | | 사양방식 | 비 고 |
|-------------|----------|--------------|----------------------------|------------------|---|------------------|
| | 사료 급여 | 급수 | 분뇨처리 | 환기· 온·습도 | | |
| 교배·임신 돈사 | 전자동 | 니플 (건·습식) | 슬러리 또는 스크레퍼 | 무창 전자동 시스템 | 주간 단위의 작업, 주간 6복 All-In All-Out 생산 시스템 | ○ 자연환기식 돈사로 함 |
| 분만돈사 | 반자동 | 습식 | 슬러리 | 무창 전자동 시스템 | | |
| 자돈사 | 반자동 | 니플 | 슬러리 | 개폐식 강제환기 | | |
| 육성·비육 돈사 | 전자동 | 니플 (건·습식) | 슬러리, 스크레퍼 또는 톱밥발효 | | | ○ 자연환기식 돈사로함 |

나. 번식, 자돈·육성, 비육전문의 예측모델

1) 모델Ⅲ의 예측모델

모델Ⅲ(상시모돈 270~320두 규모)은 번식전문의 경영형태로 설계하였으며, 교배·임신과 분만의 단계로 구분하였다.

또, 교배·임신돈사와 분만돈사의 형태로 구분하되 동일 건물내에 두 유형의 돈사를 집약 수용하고 두 유형별로 적합한 각기 다른 환경을 제공하였으며, 상시 포유자돈 350~400두(주당 12~14복) 규모의 분만돈사 형태로 설계하였다.

모델Ⅲ의 돈사 시설의 예측모델을 요약하면 표 5.3.과 같다.

표 5.3. 모델Ⅲ의 돈사 유형별 시설의 예측

| 돈사유형 | 시 설 | | | | 비 고 |
|----------|------|--------------|-------------|------------|-----|
| | 사료급여 | 급 수 | 분뇨처리 | 환기·온·습도 | |
| 교배·임신 돈사 | 전자동 | 니플 (건·습식) | 슬러리 또는 스크레퍼 | 무창 전자동 시스템 | |
| 분만돈사 | 반자동 | 습식급여 | 슬러리 | 무창 전자동 | |

2) 모델 IV의 예측모델

모델 IV(자돈 900~1,000두, 육성·비육돈 1,400~1,600두 규모)는 자돈·육성·비육전문의 경영형태로 설계하였으며, 자돈사와 육성·비육 돈사를 별도로 시설하되 경제성을 고려하여 육성·비육돈사의 환기장치만은 개폐식 강제 환기를 도입할 수 있도록 설계하였다.

자돈의 구입과 출하는 주간 12-14복 규모의 번식전문 농가(모델Ⅲ)와 연계되어 ALL-IN, ALL-OUT 작업을 고려하여 설계하였다.

모델 IV의 돈사 시설의 예측모델을 요약하면 표 5.4. 과 같다.

표 5.4. 모델IV의 돈사 유형별 시설의 예측

| 돈사유형 | 시 설 | | | | 비 고 |
|----------|------|--------------|-------------|----------|-----|
| | 사료급여 | 급 수 | 분뇨처리 | 환기·온·습도 | |
| 자돈사 | 전자동 | 니플 | 슬러리 | 무창 전자동 | |
| 육성·비육 돈사 | 전자동 | 니플 (건·습식) | 슬러리 또는 스크레퍼 | 개폐식 강제환기 | |

2. 사양기준

돈사시설 설계의 기본전제는 시설별 사양지표가 선정되어야 하며 사양기

슬지표, 시설사용지표, 돈방별 소득일수, 사양관리기준 등 시설별 사양지표는 축협중앙회와 농림부가 개발 보급하는 축사표준설계도의 적용기준을 기준으로 하였으며, 이에 대한 자세한 내용은 표 5.5 ~ 표 5.7과 그림 5.1(참조 : 부록 A)과 같다.

표 5.5. 사양기술지표의 기준

| 항 목 | 지 표 | 지 표 기 준 | 적 용 |
|----------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 모든 회전율 | 2.2회 | 2000년대 기술지표(축협중앙회) | 모델 I, III : 2.4회 모델 II : 2.2회 |
| 복당 산자수 | 10두 | " | 10두 |
| 복당 이유두수 | 9.6두 | " | 9.6두 |
| 출하 육성율 (이유두수비) | 98.5% | " | 98.5% |
| 모든 두당 연간 비육돈 출하두수 | 21두 | " | 21두 |
| 출하 체중 | 110kg | " | 110kg |
| 출하 일령 | 180일 | 축산기술연구소 | 180일 |
| 모든 연간 교체율 | 30% | 기본축 대비비율 | 30% |
| 후보돈 선발율 | 80% | 후보돈 입식두수 대비 | 80% |
| 응돈보유두수 | 종빈돈 17두당 1두 | 종부 이용기간 : 3세 | 초종부수정율 80% |

- ※ 1. 인공수정기준
- 2. 초종부수태율 : 80%
- 3. 초종부 미수태모돈 (20%)은 자연종부 추가
- 4. 응돈은 응취용만 필요 (종빈돈 17두당 1두)

표 5.6. 시설 사용지표에 관한 기준

| 사 육 단 계 별 | | 사용일수 (일) | 지 표 기 준 |
|-----------|-------------|-----------------|----------------------|
| 용 돈 방 | | 365 | |
| 모돈 | 스 틀 | 임신돈 수용기간 107 | 종부후부터 분만예정일 7일전까지 |
| | 군 사 | 이유모돈 수용기간 10 | 평균종부일 |
| | | 후보돈 사유기간 90 | |
| 분만돈방 | 대기 기간 7 | | 분만예정일 7일전 |
| | 포유 기간 21 | | |
| 자돈방 사육기간 | | 46 | |
| 육성돈방 사육기간 | | 53 | |
| 비육돈방 사육기간 | | 60 | |

표 5.7. 돈방별 소독일수에 관한 기준

| 사육단계 | 임신돈사 | 분만돈사 | 자 돈 사 | 비육전기 (육성)돈사 | 비육후기돈사 |
|---------|------|------|-------|----------------|--------|
| 소독일수(일) | 3 | 7 | 3 | 3 | 3 |

3. 환경설계기준

기온, 습도, 바람, 강우, 일조는 5대 기상요소라 할 수 있으며 이들 요소는 지역마다 다르다. 돈사는 이들 기상요소를 잘 응용해야 경제적이고 생력적인 시설 설치에 도움이 될 것이다.

가. 단열기준

기온의 연교차는 양돈시설의 시설방식을 선택, 결정하는 기준자료가 되며 1월 평균기온은 돈사의 단열수준을 정하는 기준으로 활용한다.

표 5.8.은 미국의 1월 평균기온을 기준으로 한 벽과 천정의 추천 단열 수준이다. 본 표를 기준으로 단열재를 설정하고 두께를 결정하거나 지역별 설계의 기조건 표 5.9.를 기준으로 단열재 재료별로 단열두께를 선정하여야 할 것이다.

표 5.8. 1월 평균기온 기준 추천단열수준 (Rt)

| 1월 평균기온 | 벽 | 천 정 | 기후 구분 |
|----------|------|-----|---------------|
| 0℃이상 | 9 | 12 | Mild zone |
| 0 ~ -10℃ | 9~14 | 16 | Moderate zone |
| -10℃이하 | 14 | 23 | Cold zone |

표 5.9. 설계외기조건

| 외기조건 | | 최저기온평균치 | 설계조건 | 설계용 상대습도 | 설계용 풍속 |
|------|---|--------------------|------------|----------|-----------|
| 지 방 | | t _m (℃) | TAC (2.5%) | R.H. (%) | V (m/sec) |
| 속 | 초 | -10.7 | -7.1 | 55.3 | 3.8 |
| 춘 | 천 | -17.9 | -13.3 | 69.7 | 1.7 |
| 강 | 릉 | -10.8 | -7.2 | 56.4 | 3.7 |
| 서 | 울 | -14.0 | -10.0 | 65.2 | 2.8 |
| 인 | 천 | -13.4 | -9.4 | 67.4 | 4.6 |
| 울 | 도 | -6.5 | -3.4 | 70.5 | 4.6 |
| 수 | 원 | -16.5 | -12.1 | 70.4 | 1.7 |
| 서 | 산 | -12.9 | -9.0 | 74.0 | 2.6 |
| 청 | 주 | -16.9 | -12.4 | 72.0 | 1.9 |
| 대 | 전 | -13.9 | -9.9 | 71.7 | 1.7 |
| 추 | 령 | -13.3 | -9.3 | 65.8 | 4.1 |
| 포 | 향 | -9.7 | -6.2 | 58.2 | 3.2 |
| 군 | 산 | -10.1 | -6.5 | 2.4 | 4.4 |
| 대 | 구 | -10.9 | -7.2 | 60.2 | 3.1 |
| 천 | 주 | -11.8 | -8.0 | 73.3 | 1.1 |
| 울 | 산 | -9.2 | -5.8 | 63.2 | 3.1 |
| 광 | 주 | -10.0 | -6.5 | 71.7 | 2.6 |
| 부 | 산 | -7.9 | -4.6 | 55.3 | 4.8 |
| 충 | 무 | -7.2 | -4.0 | 62.5 | 2.9 |
| 목 | 포 | -6.5 | -3.4 | 74.5 | 5.1 |
| 여 | 수 | -7.6 | -4.4 | 61.5 | 5.1 |
| 계 | 주 | -1.7 | -0.8 | 73.2 | 5.2 |
| 서 | 포 | -2.2 | -0.3 | 67.4 | 3.6 |
| 진 | 주 | -10.4 | -6.8 | 64.9 | 1.5 |

※ 1) 단열두께 계산공식

$$t = \frac{x}{\alpha} \times \left| \frac{t_d - t_o}{t_d - t_i} \right| \times 1.2$$

여기서 t : 단열재의 두께 (m)

x : 단열재의 열전도율 (kcal/m·h·℃)

α : 표면열전달율 (kcal/m²·h·℃ = 5.0, 4-6)

t_d - t_o : 실내·외 온도(℃)

t_d : 실내노점온도 (℃)

1.2 : 안전율 (20% 적용)

2) 단열두께 계산적용은 겨울철 설계외기조건 (Technical Advisory Committee 2.5%) 적용함.

나. 환기설계기준

축사내에는 항상 신선한 공기를 계속 공급해야 하고 고온시에는 적온이상으로 온도를 상승시키는 열을 축사밖으로 배출해야 하며, 과도한 습기와 유해가스를 제거해야 한다. 이러한 사항을 해결하는 방법중 최적의 방법은 환기방법이며 환기를 적정하게 유지하려면 적정 환기방식의 선정과 사육단계별 적정환기량을 선정하여야 한다.

환기방식에는 자연환기방식 (Natural Ventilation System), 기계환기방식 (Mechanical Ventilation System) 그리고 절충식환기방식으로 구분할 수 있으며 자연환기방식은 돈사내 공기흐름(환기)을 자연현상을 이용하는 방식으로 외벽에 윈치커튼을 설치한 돈사가 대부분 이 자연환기 방식이다. 돈사내 공기를 불어 넣어주거나 빼주는 행위를 전적으로 기계력을 이용하는 방식을 기계환기방식이라하며 절충식 환기방식은 자연 환기방식과 기계환기방식을 상호 보완적으로 이용하는 방식을 말한다.

환기방식의 돈사내 이용을 보면 자연환기방식은 체중 75Lb (34kg) 이상의 돼지 (분만돈 제외) 에서는 최고 좋은 방식이라고 하고 있으며 이모델 개발 설계에서도 육성, 비육돈부분, 임신돈 및 후보돈부분, 웅돈부분 등이 있는 돈사는 자연환기방식을 설계하였으며, 분만부분과 이유자돈이 있는 돈사는 기계환기방식을 적용하여 에너지공급과 환기방식에 기계력을 적용토록 하였다.

환기량을 결정하는 기준은 표 5.10.과 표 5.11.의 2가지 방식이 있으며 축사표준설계도에 환기량 선정 기준은 표 5.11.이 적용되어졌다.

표 5.10.은 앞의 표 5.8.에 의해 단열을 한 무창형돈사에서 사육단계별 기온상태별 1분당 두당 시설기준환기량이며 돈사내유지기온 목표의 고온기온도는 건물 단열과 환기만으로는 유지가 어려우므로 이조건을 충족시키기 위해서는 별도의 조치(냉방등)가 필요할 것이다.

표 5.10. 돈사내 실내 온·습도 유지기준

| 체중 (kg) | 사내유지 기온목표 | | 유지습도상한 RH % | 목표 온·습도 유지를위한 환기량 | | 25℃때 실내·외 온도차기준 (℃) |
|------------|--------------|------------|----------------|----------------------|-----------------|------------------------------|
| | 저온기 (℃) | 고온기 (℃) | | 최소 (㎡/1시간/두) | 최대 (㎡/1시간/두) | |
| | | | | | | |
| 180 | 12 | 25 | 85 | 11 | 95 | 4 |
| 150 | 12 | 25 | 85 | 10 | 85 | 4 |
| 125 | 12 | 25 | 85 | 10 | 75 | 4 |
| 90 | 16 | 25 | 85 | 8 | 65 | 4 |
| 70 | 16 | 25 | 85 | 7 | 55 | 4 |
| 50 | 16 | 25 | 85 | 6 | 45 | 4 |
| 30 | 18 | 25 | 85 | 5 | 36 | 4 |
| 20 | 20 | 25 | 85 | 4 | 28 | 4 |
| 10 | 20 | 25 | 85 | 2.5 | 18 | 4 |
| 모든+자돈 | 16 | 25 | 85 | 25 | 167 | 4 |

※ 모든 + 자돈 : 포유중 또는 이유후 자돈이 동일 장소(사내)에 있을 때

표 5.11. 사육단계별 필요 환기(추천환기)율 (두당)

| 사육 단계 | 체 중 (kg) | 기 후 [cfm (㎡/min)] | | |
|----------|------------|---------------------|-------------------|------------------|
| | | 저 온 기 | 적 온 기 | 고 온 기 |
| 모든 + 자돈 | 182 | 20 (0.5660) | +60 = 80 (2.264) | +420=500(14.150) |
| 초기 자돈 | 5.4-13.6 | 2 (0.0566) | + 8 = 10 (0.283) | +15=25 (0.7075) |
| 자돈 | 13.6-34.0 | 3 (0.0849) | +12 = 15 (0.425) | +20=35 (0.9905) |
| 육성돈 | 34.0-68.0 | 7 (0.1981) | +17 = 24 (0.6792) | +51=75 (2.1225) |
| 비육돈 | 68.0-100.0 | 10 (0.2830) | +25 = 35 (0.991) | +85=120 (3.5960) |
| 임신돈(종빈돈) | 147 | 12 (0.3396) | +28 = 40 (1.132) | +110=150 (4.245) |
| 종모돈(수퓌지) | 182 | 14 (0.3960) | +36 = 50 (1.415) | +250=300 (8.490) |

※ 1) cfm = 1분간 1입방피트 (1㎡ = 35.3입방피트)

2) +표시 숫자는 기온상승에 따라 추가시켜 주어야 하는 환기량

3) 종부돈사의 환기율은 임신돈 환기율과 종모돈 환기율을 합한 것으로함

(1cfm = 0.0283cmm)

다. 냉난방설계기준

냉난방 설계를 하려면 돈사의 사육단계별 유지온도를 설정하고 그에 따른 돈사바닥표면 유지온도 목표와 가온면적 등이 결정되어야 한다.

표 5.12.은 돈사바닥의 가온설계기준이며, 표 5.13.는 축사내 유지 목표온도에 따른 열공급량을 표시한 것이다.

표 5.12. 돈사바닥 가온설계기준

| 돼 지 체 중 | 가온면적 (㎡) | 바닥표면유지 온도목표 | 온 수 관 배관간격 (cm) | 전열선설치량 (W/㎡) |
|-----------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|
| 출생 - 13.6kg | 0.60-1.40㎡/복 | 29.4 - 35.0℃ | | 323-430 |
| 13.6kg - 34.0kg | 0.10-0.20㎡/두 | 21.1 - 29.4℃ | 38 | 269-323 |
| 34.0kg - 68.0kg | 0.20-0.28㎡/두 | 12.9 - 21.1℃ | 38 | 269-323 |
| 68.0kg - 100kg | 0.28-0.32㎡/두 | 10.0 - 12.9℃ | 46 | 215-269 |

※ 우리나라 기후에서는 수퇘지방, 분만돈방의 모든구역, 임신돈사에서는 바닥난방을 하지 않는다.

표 5.13. 열가온 추천표

| 사 육 단 계 | 축사내 유지 목표온도 (℃) | 열 공 급 량 (Kcal/시간/1두) | |
|---------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| | | 슬랏(틈) 바닥돈사 | 깔짚바닥돈사 / 스크레퍼바닥 |
| 모돈 + 자돈 | 26.6 | 1,000 | - |
| | 21.1 | 750 | - |
| | 15.5 | - | 0.9 |
| 어 린 자 돈 (5.4 - 13.6kg) | 29.4 | 90 | - |
| 자 돈 (13.6 - 34kg) | 23.8 | 90 | - |
| | 18.3 | - | 113 |
| 육성-비육말기 (34.0 - 100kg) | 12.7 | 150 | - |
| 임신돈/종모돈 | 12.7 | 250 | - |

※ 1) 1kcal = 3.968 Btu

- 2) 이 열 추천치는 적절한 단열과 환기가 되는 건물에서의 추천치임.
- 3) 저온환경 (COLD WEATHER RATE)에서는 이 추천치의 2배 수준을 추천함.
- 4) 자돈구역은 별도의 난방을 하여야 함.
- 5) 자돈구역 (CREEP) 가온기는 본 표의 1/2로 함.

라. 조도기준

축사내의 조도의 실별기준과 등타입에 따른 소요전력기준은 표 5.14.과 같이 기준한다.

표 5.14. 돈사의 실별 조도기준

| 실 명 | 조 도 (foot-candles) | 형광등 소요전력 (Watts/ft ²) | 백열등 소요전력 (Watts/ft ²) |
|--------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 분만돈방 | 15 | 0.6 | 2.4 |
| 자돈방 | 10 | 0.4 | 1.6 |
| 육성비육돈방 | 5 | 0.2 | 0.8 |
| 미경산돈방 | 15 | 0.6 | 2.4 |
| 임신돈방 | 15 | 0.6 | 2.4 |

* 1 foot-candles = 10.76 lx

1 lx = 1lm/m²

4. 돈방설계기준

돈방 별로 돼지를 위하여 안락한 활동공간과 위생적인 생활공간, 편안하게 채식과 음수 할 수 있는 설비를 제공해야 한다.

돈방이 돼지에게 안락한 활동공간이 되기위해서는 첫째 적절한 돈방면적이

부여되어야 하고 둘째 바닥은 너무 경사지지않아야 넘어지거나 부상 당하지 않으며 셋째 접촉감이 좋아야 하고 모든 구조물은 안전한 구조로 설치하여야 한다.

또한 돈방이 위생적인 생활 공간으로 되기 위해서는 항상 건조하고 깨끗하게 유지되게 해야한다. 배변, 휴식, 채식, 음수공간이 확실하게 구분되게 하는것도 위생적인 공간을 제공하기 위한 수단이다.

다음표에서 보여주는 돈방의 규격이나 형식은 사육 기술이나 축사시설 기술이 발전하면 계속 변할 수 있는 사항으로 영원한 기준이 될 수는 없다.

가. 돈방 면적 기준

표 5.15.와 표 5.16는 미국의 추천 돈방 면적이고, 표 5.17.은 축사표준설계도와 미국의 추천면적, 축산기술연구소의 추천면적을 비교한 표이며 모델개발에 적용된 기준 면적은 축사표준설계도를 기준으로 하였다.

표 5.15. 성돈(종모돈, 종빈돈)방 두당 추천면적 (미국)

| 구분 | | 체중 (kg) | 콘크리트 바닥돈방 (㎡) | 전체슬랏 또는 부분 슬랏돈방 (㎡) | 1 돈방당 수용두수 | 스틀규격 (cm) |
|-----|------|---------|---------------|---------------------|------------|------------|
| 종부돈 | 초종부돈 | 113~136 | 3.7 | 2.2 | 6두까지 | |
| | 경산돈 | 136~226 | 4.4 | 2.7 | 6두까지 | |
| | 수태지 | 136~226 | 5.5 | 3.7 | 1두 | 71.2 x 213 |
| 임신돈 | 초임돈 | 113~136 | 1.8 | 1.3 | 6~12 | 55.8 x 182 |
| | 경산돈 | 136~226 | 2.2 | 1.8 | 6~12 | 60.9 x 213 |

표 5.16. 육성.비육돈의 두당 추천면적 (미국)

| 체 중 | | 두당 추천면적 (부분슬랏, 전체슬랏) | |
|-------------|-----------|-------------------------|----------------|
| Lb | kg | sq/ft | m ² |
| 15~30 | 6.8~13.6 | 1.7~2.5 | 0.15~0.23 |
| 30~60 | 13.6~27.2 | 3~4 | 0.27~0.37 |
| 60~100 | 27.2~45.4 | 5 | 0.46 |
| 100~150 | 45.4~68.1 | 6 | 0.55 |
| 150~220(출하) | 68.1~100 | 8 | 0.74 |

※ 여름 : 1복 기준 1돈방당 1~2두 감축 수용

겨울 : 1복 기준 1돈방당 1~2두 증가 수용

표 5.17. 돈방규격 기준

| 구 분 | | | 축사표준설계도 | | 미국의 추천면적 | | 축산기술연구소 | |
|----------|------|-------|------------------|---------------------------|----------|---------------------------|------------------|---------------------------|
| | | | 규격(m) | 면적 (m ² /두) | 규격(m) | 면적 (m ² /두) | 규격(m) | 면적 (m ² /두) |
| 용 돈 | | | | 9.72 | | 3.7~5.5 | 3.2×2.4 | 7.36 |
| 모돈 | 스톨 | 임신돈 | 2.2×0.65 | 1.43 | 2.13×0.6 | 1.3~2.2 | 2.2×0.65 | 1.43 |
| | 군사 | 종부대기돈 | | 3.1 | | 2.2~3.7 | 3.2×4.0 (5두) | 2.56 |
| 후보돈(군사) | | | | 3.1 | | 1.3~1.8 | 3.2×3.4 (6두) | 1.82 |
| 분만돈 방 | 대기모돈 | | 2.4×1.7 (내치수) | 4.08 | | 2.7~4.4 | 2.4×1.6 | 3.84 |
| | 포유모돈 | | | | | | | |
| 자돈방 | | | | 0.3 | | 0.15~0.37 | 2.4×1.4 (11두) | 0.3 |
| 육성돈방 | | | | 0.6 | | 0.46~0.55 | 3.6×2.5 (15두) | 0.6 |
| 비육돈방 | | | | 0.9 | | 0.74 | 5×3 (15두) | 1.0 |

나. 돈방바닥 설치 기준

돈방바닥의 형태는 배변장과 휴식장이 동일 바닥에 있는 형태, 휴식장보다 10cm정도 낮추어 배변장을 설치하는 형태, 돈방 전체를 슬랏으로 까는 형태 그리고 분만돈방 일부를 슬랏으로 까는 부분슬랏형태등 4가지 형태로 분류할 수 있다. 이 4가지 형태중 슬랏바닥형태 2가지가 양돈산업의 고도성장, 사회적 여건 변화, 인건비 상승, 분뇨처리의 기계화등 양돈환경변화로 사용도가 급속히 높아지는 형태이다.

전면슬랏은 돈분제거와 청결유지에는 좋으나 부분슬랏보다는 행동의 제약이 되는 면적이 커지며 저온기에 돼지 체감온도가 낮아지는 결점이 있다. 부분슬랏돈방에서 슬랏을 설치하지 않은 부분과 슬랏부분의 면적비는 2:1이 기준이나 이 비율에 약간씩 가감 사용한다.

다. 분만돈방의 설계

분만돈방은 분만과 포유가 이루어지고 모돈과 자돈이 함께 생활하며 때로는 일정기간 이유자돈의 사육장소로도 이용되기도하는 시설이다.

이곳은 모돈과 자돈이 요구하는 에너지환경이 다르기 때문에 한 돈방내에 자돈의 전용생활공간이 구분 설치되어야한다.

자돈보온구역설치방법에는 전등을 이용하는 보온상자설치방법, 바닥온수난방방법, 온풍난방방법등이 쓰인다.

자돈보온구역설치방법의 장단점을 비교하면 전등을 이용하는 보온상자식은 설치 및 사용이 가장 용이하나 화재의 위험과 에너지 효율이 낮은 것이 단점이며, 바닥온수난방식은 시설설치는 어려우나 난방패적도가 가장 좋으며 에너지효율도 좋다.

분만돈방 하나의 크기는 모돈의 크기, 포유기간, 난방방법 등에 따라 가로 세로가 달라진다.

분만돈방의 폭은 포유기간에 따라 달라지며, 3~4주 이유시 220cm, 5주 이유시 240cm를 추천한다.

분만돈방 바닥은 모든 젖꼭지에 오수와 뇨가 묻지않도록 바닥 경사를 두어 돈사밖으로 배출시켜야하며, 경사도는 미국의 경우 1/24까지 추천한다.

라. 성돈(중부.임신.옹돈)방 의 설계

임신돈은 분만에정일 일주일 전까지 임신스톨에서 관리하는 방식을 많이 쓰고 있으며, 임신스톨 사육방식의 이용상 유의할 점은 적은 공간에서 돼지를 사육하기 때문에 균형된 사료를 급여하여야 하며, 다리의 기능이 저하된 돼지가 군사사육에 비하여 많이 발생하므로 예방에 철저를 기해야 한다. 또한 스톨은 통풍이 잘되면서 옆의 돼지와 접촉이 되지 않도록 한다.

옹돈방은 대부분 중부 장소로 이용하기 때문에 충분한 면적을 주어야 하며 운동장이 있는 경우 면적을 약간 적게 하기도 한다. 옹돈방과 옹돈방간의 벽은 막힘벽으로 하며, 벽의 높이는 140cm이상 되게하는 것이 일반적이다.

마. 육성.비육돈방의 설계

육성돈방은 이유자돈에서 비육돈방으로 옮기기 전까지의 돼지를 사육하는 돈방으로 이유부터 체중 20kg까지를 사육하는 것으로 기준하는 예가 많으나 40kg까지를 육성기로 구분하기도 한다.

비육돈방은 육성기 이후의 돼지를 수용하는 돈방을 지칭한다.

소규모 양돈에서는 육성기돈방과 비육기돈방을 구분하지않는 경우가 많으나 육성기와 비육기는 에너지 요구환경이 상당한 차이가 나므로 가능한 별개의 돈사로 구분하는 것이 유리하다.

슬랏바닥돈방에서 가로대 세로의 비율은 1:2.5 ~1:3까지를 추천하고 있다.

또한 부분슬랏바닥 돈방에서 콘크리트바닥 대 슬랏의 비율은 2.4~2.6 : 1이며, 경사도는 1/24~1/16로 하고 슬랏바닥은 콘크리트 바닥보다 2.5~3.0cm 낮게 설치한다.

급수기는 휴식장에서 가장 멀고 돈분제거 통로에 가까운 곳에 위치하도록

하며 급수기 설치시 돼지가 크면서 높이를 조절할 수 있는 급수기를 설치하는 것이 좋으며, 설치각도는 45도를 기준하여 설치하면 물의 낭비를 막아 오수량을 줄일 수 있으며, 사조는 통로측에 위치하도록 한다.

1돈방당 수용단위는 1복단위를 기준으로 하며, 돈사내 통로는 사료이동 수레(폭 70cm)를 기준으로 볼 때 1m를 기준으로 한다.

제3절 모델별 돈사설계

1. 모델 I 의 돈사설계

가. 설계요구 돈방수 산출

1) 모든 회전율

앞에서 제시한 사양기술지표의 기준의 경우 모든회전율을 축협중앙회 2000년대 기술지표에서는 2.2회를 삼았으나, 본 모델개발에서는 분만돈사와 자돈사의 환기시설이 무창 전자동인 농가의 평균 모든 회전수가 2.4회로 조사되었으며, 또한 본 모델 I 에서도 무창 전자동 시스템으로 고려하여 모든 회전율을 2.4회로 하였다.

2) 상시 모돈수 산출 (주간8복 기준)

$$\frac{\text{주간 8복} \times 52\text{주}}{2.4 (\text{모든 회전율})} = 174\text{두}$$

※ 모델 I 에서의 상시 모돈수를 150-170두로 예측

3) 상재두수 산출

상재두수는 모든회전을 2.4에 의한 모든 174두를 기준으로 사양기준 전제조건 (사양기술지표, 시설사용지표, 돈방별 소독일수기준 및 사양관리 기준 등)을 고려하여 표 5.18. 과 같이 산출하였다.

표 5.18. 모든 174두 (주간8복)에 따른 상재두수

| 구 분 | 계 산 기 준 | 상재 두수 | 비고 |
|------------------|---|---|----|
| 용 돈 | $174 \times 80\% = 140\text{두(인공수정)}$ $(174 - 140) \div 17$ | 2 | |
| 임신돈 | 모든수 회전수 수용일 $174\text{두} \times 2.4 \times (107\text{일} + \text{소독}3\text{일}) \div 365$ | 126 | 스톨 |
| 종부대기돈 | 모든수 회전수 수용일 $174\text{두} \times 2.4 \times 10\text{일} \div 365$ | 12 | 군사 |
| 후보돈 | 모든수 갱신율 사육일 선발율 $174\text{두} \times 0.3 \times 90\text{일} \div 365 \div 0.8$ | 16 | 군사 |
| 분 만 돈 방 | 대기모돈 포유모돈 (포유자돈) | 모든수 회전을 대기일수 소독일 $174\text{두} \times 2.4 \times \{(7\text{일} + 21\text{일}) + 7\text{일}\} \div 365$ | 40 |
| | 이유자돈 | 주간단위사육시 분만돈방 사용효율상 이유자돈방을 별도로 구획하지않음 | |
| 자돈방 | 모든수 회전을 산자수 육성을 사육일수 소독일 $174\text{두} \times 2.4 \times 10 \times 0.96 \times (46 + 3) \div 365$ | 538 | |
| 육성돈방 | 모든수 회전을 비육자돈수 육성을 사육일수 소독일 $174\text{두} \times 2.4 \times 9.6 \times 0.985 \times (53 + 3) \div 365$ | 606 | |
| 비육돈방 | 모든수 회전을 비육자돈수 육성을 사육일수 소독일 $174\text{두} \times 2.4 \times 9.6 \times 1 \times (60 + 3) \div 365$ | 692 | |

4) 설계돈방수의 산출

상재두수에 의한 필요한 돈방수는 표 5.19. 과 같다

표 5.19. 모든 174두 (주간8복)의 상재두수에 의한 돈방수

| 구분 | 상재 두수 | 돈방규격 | | 수용 두수 | 필요 돈방수 | 여유율 | 설계요구 돈방수 | 실설계 | 비고 | | |
|-------------|------------------|------|------------------|----------|-----------|-----|-------------|-----|-----|-----|----|
| | | 크기 | 면적 | | | | | | | | |
| 용돈 | 2 | | 9.72 ㎡/두 | 1 | 2 | 10% | 2 | 2 | | | |
| 모 돈 | 스 를 군 사 | 임신돈 | 126 | 2.2×0.65 | 1.43 | 1 | 126 | " | 139 | 140 | 스톨 |
| | 중부 대기돈 | 12 | " | 3.1 | 4 | 3 | - | 3 | 3 | | |
| 후보돈 (군사) | | 16 | | 3.1 | 4 | 4 | 10% | 4.4 | 5 | | |
| 분만 돈방 | 대기모돈 | 40 | 2.4×1.7 (내치수) | 4.08 | 1 | 40 | - | 40 | 40 | | |
| | 포유모돈 | | | | | | | | | | |
| 자돈방 | 538 | | 0.3 ㎡/두 | 20 | 27 | - | 27 | 28 | 2복 | | |
| 육성돈방 | 606 | | 0.6 ㎡/두 | 20 | 31 | 10% | 34 | 36 | " | | |
| 비육돈방 | 692 | | 0.9 ㎡/두 | 20 | 35 | " | 39 | 40 | " | | |

※ 돈방규격은 축사표준설계도를 적용함

나. 배치 및 평면계획

돈사별 배치는 사육단계별로 임신-분만-자돈-육성·비육-출하의 단계가 이루어 지도록 배치하였고, 동일 건물내 전 유형의 돈사를 집약하기 위하여 각 돈사를 관리통로로 연결하였으며, 현 설계에서는 분뇨처리 시설을 고려하지 않았다.

돈사별 배치 및 평면계획은 그림 5.2 ~ 그림 5.12(참조 : 부록 A)와 같다.

2. 모델 II의 돈사설계

가. 설계요구 돈방수의 산출

1) 모든 회전율

모든 회전율은 2.2회를 기준으로 설계를 하였다.

2) 상시 모든수 산출 (주간 6복 기준)

$$\frac{\text{주간 6복} \times 52\text{주}}{2.2 (\text{모든 회전율})} = 142\text{두}$$

※모델 II에서의 상시 모든수를 130-150두로 예측

3) 상재두수 산출

상재두수는 모든회전율 2.2에 의한 모든 142두를 기준으로 사양기준 전제조건 (사양기술지표, 시설사용지표, 돈방별 소독일수기준 및 사양관리 기준 등)을 고려하여 표 5.20. 와 같이 산출하였다.

표 5.20. 모돈 142두(주간6복)에 따른 상재두수

| 구분 | 계산기준 | 상재 두수 | 비고 |
|------------------|---|----------|----|
| 용돈 | $142 \times 80\% = 114\text{두}$ $(142 - 114) \div 17$ | 2 | |
| 임신돈 | 모돈수 회전수 수용일 $142\text{두} \times 2.2 \times (107\text{일} + \text{소독}3\text{일}) \div 365$ | 95 | 스틀 |
| 종부대기돈 | 모돈수 회전수 수용일 $142\text{두} \times 2.2 \times 10\text{일} \div 365$ | 9 | 스틀 |
| 후보돈 | 모돈수 갱신율 사육일 선발율 $142\text{두} \times 0.3 \times 90\text{일} \div 365 \div 0.8$ | 14 | 군사 |
| 분 만 돈 방 | 대기모돈 모돈수 회전을 대기일수 소독일 $142\text{두} \times 2.2 \times \{(7\text{일} + 21\text{일}) + 7\text{일}\} \div 365$ | 30 | |
| | 포유모돈 (포유자돈) | | |
| | 이유자돈 주간단위사육시 분만돈방 사용효율상 이유자돈방을 별도로 구획하지않음 | | |
| 자돈방 | 모돈수 회전을 산자수 육성을 사육일수 소독일 $142\text{두} \times 2.2 \times 10 \times 0.96 \times (46 + 3) \div 365$ | 403 | |
| 육성돈방 | 모돈수 회전을 비육자돈수 육성을 사육일수 소독일 $142\text{두} \times 2.2 \times 9.6 \times 0.985 \times (53 + 3) \div 365$ | 454 | |
| 비육돈방 | 모돈수 회전을 비육자돈수 육성을 사육일수 소독일 $142\text{두} \times 2.2 \times 9.6 \times 1 \times (60 + 3) \div 365$ | 518 | |

4) 설계돈방수의 산출

상재두수에 의한 필요돈방수는 표 5.21. 과 같다

표 5.21. 모돈 142두 (주간6복)의 상재두수에 의한 돈방수

| 구분 | 상재 두수 | 돈방규격 | | 수용 두수 | 필요 돈방수 | 여유율 | 설계요구 돈방수 | 실설계 | 비고 | | |
|----------|----------|------|---------------------------|------------------|--------------------------|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|
| | | 크기 | 면적 | | | | | | | | |
| 용돈 | 2 | | 9.72 m ² /두 | 1 | 2 | 10% | 2 | 2 | | | |
| 모 돈 | 스 톨 | 임신돈 | 95 | 2.2×0.65 | 1.43 | 1 | 95 | " | 105 | 105 | 스톨 |
| | 군 | 종부 | 9 | " | " | 1 | 9 | - | 9 | 9 | 스톨 |
| | 사 | 대기돈 | | | | | | | | | |
| 후보돈(군사) | | 14 | | | 3.1 | 4 | 3.5 | - | 4 | 4 | |
| 분만 돈방 | 대기모돈 | | 30 | 2.4×1.7 (내치수) | 4.08 | 1 | 30 | - | 30 | 30 | |
| | 포유모돈 | | | | | | | | | | |
| 자돈방 | | 403 | | | 0.3 m ² /두 | 15 | 27 | - | 27 | 28 | 15두 |
| 육성돈방 | | 454 | | | 0.6 m ² /두 | 20 | 23 | 10% | 26 | 26 | 2복 |
| 비육돈방 | | 518 | | | 0.9 m ² /두 | 20 | 26 | " | 29 | 30 | " |

※ 돈방규격은 축사표준설계도를 적용함

나. 배치 및 평면계획

돈사별 배치는 번식과 육성·비육의 단계로 구분하여 배치하였으며, 분뇨처리시설은 고려하지 않았다.

돈사별 배치 및 평면계획은 그림 5.13 ~ 그림 5.17(참조 : 부록 A)과 같다.

3. 모델Ⅲ, Ⅳ의 돈사설계

가. 설계요구 돈방수 산출

1) 모돈회전율

전문적인 번식과 또한 무창 전자등을 고려하여 모돈회전율을 2.4회로 하였다

2) 상시 모돈수 산출(주간 14복 기준)

$$\frac{\text{주간 14복} \times 52\text{주}}{2.4 (\text{모돈 회전율})} = 303\text{두}$$

※ 모델Ⅲ 에서의 상시 모돈수를 270~320두로 예측

3) 상재두수 산출

상재두수는 모돈회전율 2.4에 의한 모돈 303두를 기준으로 사양기준 전제조건 (사양기술지표, 시설사용지표, 돈방별 소득일수기준 및 사양관리 기준 등)을 고려하여 표 5.22.과 같이 산출하였다

표 5.22. 모돈 303두 (주간14복)에 따른 상재두수

| 구 분 | 계 산 기 준 | 상재 두수 | 비고 |
|------------------|---|---|-----------|
| 용 돈 | $304 \times 80\% = 244$ 두 $(304 - 244) \div 17$ | 4 | |
| 임신돈 | 모돈수 회전수 수용일 $304\text{두} \times 2.4 \times (107\text{일} + \text{소독}3\text{일}) \div 365$ | 220 | 스톨 |
| 종부대기돈 | 모돈수 회전수 수용일 $304\text{두} \times 2.4 \times 10\text{일} \div 365$ | 20 | 스톨 |
| 후보돈 | 모돈수 갱신율 사육일 선발율 $304\text{두} \times 0.3 \times 90\text{일} \div 365 \div 0.8$ | 29 | 군사 |
| 분 만 돈 방 | 대기모돈 | 70 | |
| | 포유모돈 (포유자돈) | | |
| | 이유자돈 | 주간단위사육시 분만돈방 사용효율상 이유자돈방을 별도로 구획하지않음 | |
| 자돈방 | 모돈수 회전율 산자수 육성율 사육일수 소독일 $304\text{두} \times 2.4 \times 10 \times 0.96 \times (46 + 3) \div 365$ | 941 | |
| 육성돈방 | 모돈수 회전율 비육자돈수 육성율 사육일수 소독일 $304\text{두} \times 2.4 \times 9.6 \times 0.985 \times (53 + 3) \div 365$ | 1059 | 2268 두 |
| 비육돈방 | 모돈수 회전율 비육자돈수 육성율 사육일수 소독일 $304\text{두} \times 2.4 \times 9.6 \times 1 \times (60 + 3) \div 365$ | 1209 | |

4) 설계돈방수의 산출

상재두수에 의한 돈방수는 표 5.23.와 같다

표 5.23. 모든 303두(주간14복)의 상재두수에 의한 돈방수

| 구분 | 상재두수 | 돈방규격 | | 수용두수 | 필요돈방수 | 여유율 | 설계요구돈방수 | 실설계 | 비고 | |
|------------------|---------------------|-------|------------------|------------|-------|------|---------|-----|-----|--------------|
| | | 크기 | 면적 | | | | | | | |
| 용돈 | 4 | | 9.72 ㎡/두 | 1 | 4 | 10% | 4 | 4 | | |
| 모 돈 | 스 몰 임신돈 | 220 | 2.2×0.65 | 1.43 | 1 | 220 | " | 242 | 238 | |
| | 군 사 중부 대기돈 | 20 | | 3.1 | 4 | 5 | - | 5 | 6 | 군사 |
| 후보돈(군사) | | 29 | | 3.1 | 4 | 7.25 | 10% | 8 | 8 | |
| 분 만 돈 방 | 대기모돈 | 70 | 2.4×1.7 (내치수) | 4.08 | 1 | 70 | - | 70 | 70 | |
| | 포유모돈 | | | | | | | | | |
| 자돈방 | | 941 | | 0.3 ㎡/두 | 17 | 56 | | 56 | 56 | 17두수 용 |
| 육성돈방 | | 1,059 | | 0.6 ㎡/두 | 20 | 53 | | 54 | 54 | 돈사를 육성, 비 |
| 비육돈방 | | 1,209 | | 0.9 ㎡/두 | 20 | 61 | | 62 | 62 | 육 구분 |

※ 1. 돈방규격은 축사표준설계도를 적용함

2. 자돈방, 육성, 비육돈방 상재두수는 주간14복의 상재두수로 적용하였음

3. 일관사육이 아니므로 육성·비육 돈사의 돈방 여유율은 적용안함

나. 배치 및 평면계획

돈사별 배치 및 평면계획은 번식전문의 경영형태와 육성·비육전문의 경영형태로 배치계획을 구분하였으며, 분뇨처리시설은 고려하지 않았다.

돈사별 배치 및 평면계획은 그림 5.18 ~ 그림 5.27(참조 : 부록 A)과 같다.

제4절 결론

무창돈사에 대한 우리 나라의 기술수준은 낮은 상태이며, 기후와 여러 가지 여건이 우리 나라와 전혀 다른 선진 양돈국의 무창돈사 기술이 그대로 적용되고 있기 때문에 많은 문제점이 발생되고 있는 실정이다. 이에 따라 본 연구는 우리 나라의 기후와 여러 가지 여건에 적합한 돈사를 성장 예측 모델을 기준으로 개발하기 위하여 수행되었으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 우리 나라 양돈산업의 성장 예측 모델 중에서 가족적 전업형태의 일관경영의 성장 예측 모델에 근거하여 한국형 돈사 모델이 개발되었다.

2. 개발된 한국형 돈사 모델의 특징은 다음과 같다. 첫째, 우리 나라의 기후에 적합하다. 둘째, 사육단계별로 적합한 환경이 별도로 제공된다. 셋째, 환경제어 및 분뇨처리 등이 종합적으로 연계된다. 넷째, 효율적인 배치에 의하여 노동력이 절감된다.

3. 실질적인 사육실험을 통한 개발된 한국형 돈사의 성능시험과 이에 적합한 시설 자동화 시스템의 개발에 관한 연구가 앞으로 병행되어야 할 것으로 사료된다.

제5절 참고문헌

1. 농림부. 축협중앙회, 93가변형축사표준설계도, 1993
2. 농림부. 축협중앙회, 95신고규모축사설계도, 1995
3. 농림부. 축협중앙회, 97가변형축사표준설계도, 1997
4. 농촌진흥청, 축사의 생력자동화 시설, 1991
5. 대한양돈협회, 핵심돈사시설, 1995
6. 박경규 외 7인, 축산기계 및 시설, 문운당, 1996
7. 박영일 외 1인, 중소가축학, 선진문화사, 1994
8. 박종수 외 1인, 한국형 자동화돈사시설의 환경제어 시스템 모델개발, 1997
9. 오후규, 냉동기술편람, 도서출판 한미, 1991
10. 우영제, 돈사시설핸드북, (주)양돈연구, 1995
11. 정속근 외 5인, 합리적인 돈사시설, 대한양돈협회, 1989
12. 정태영 외 9인, 축산시설·기계학, 향문사, 1997
13. 축산기술연구소, 새로운 돼지 사육기술, 1997
14. 축협중앙회, 돼지사육시설과 환경관리, 1996
15. 森野一高 외 5인, Hand Book 畜産施設, 日本 酪農技術普及學會, 1969
16. ASHRAE Handbook Fundamentals, ASHRAE, 1993
17. Mechanical Ventilating Systems for Livestock Housing, Iowa State University, 1990
18. Midwest Plan Service STRUCTURES and ENVIRONMENT HANDBOOK, Iowa State University, 1987
19. Natural Ventilating Systems for Livestock Housing, Iowa State University, 1990
20. Swine Housing and Equipment Handbook, Iowa State University, 1991

제 6 장 돼지의 행동분류를 위한 영상처리 시스템 개발

제1절 서설

돈사 내부 환경제어는 돼지의 쾌적함, 건강, 그리고 생산 능력을 유지하기 위하여 필수적이며, 이에 가장 많이 영향을 미치는 요소는 체감온도이다. 체감온도는 공기 온도, 공기 속도, 바닥 온도의 복합작용에 의해 결정되므로 복합적으로 이 세 가지 요소를 제어하는 것이 필요하다(Boon, 1981; Geers et al, 1986). 그러나 현재 대부분 공기 온도만을 근거로 하여 환경제어를 하고 있기 때문에 생산성의 저하 및 건강 문제를 초래할 가능성이 있다. 또한 현재 까지 공기 온도, 공기 속도, 바닥 온도와 체감온도 사이의 복합관계가 명확히 구명되지 않은 실정이기 때문에 이 요소들의 값에 근거하여 환경을 제어하는 것이 어려운 실정이다.

그러나 공기 온도, 공기 속도, 그리고 바닥 온도의 복합작용에 의한 체감온도의 변화에 따라 돼지의 체온 조절 행동은 다르게 나타나기 때문에 영상 처리 기술을 이용하여 체온 조절 행동을 분류함으로써 열 환경을 제어한다면 공기 온도, 공기 속도, 그리고 바닥 온도를 복합적으로 제어하는 경우와 같은 효과를 나타낼 수 있다.

영상 처리 기술은 1990년 돼지의 영상 획득(Wounters et al, 1990)으로 시작하여 1997년 말 현재 돼지의 이진 영상에 대하여 FFT(Fast Fourier Transform) 분석(Shao et al, 1996)을 할 수 있는 정도로 발전하였으나 돼지의 체온 조절 행동을 분류할 수 있는 기술이 개발되지 못한 실정이다.

온도센서를 이용하여 환경제어를 하면, 유해 가스와 먼지에 의해 온도센서의 정밀도 및 내구성이 저하되기 때문에 적정하게 환경제어를 하기 어려울 뿐만 아니라 센서의 유지보수를 위한 비용이 추가적으로 소요된다. 이에 반하여

영상 처리 기술을 이용하여 환경제어를 하면, 유해 가스와 먼지의 영향을 받지 않고 영상을 획득하여 환경제어를 할 수 있을 뿐만 아니라 유지보수에 추가적으로 비용이 소요되지 않는다. 또한 영상 처리 기술은 돼지의 건강상태와 침입자의 침입 여부를 파악하는데 이용될 수도 있기 때문에 장기적으로 보아 영상 처리 기술을 이용하여 환경제어를 함이 바람직하다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 복합 열 환경의 변화에 따른 돼지의 체온 조절 행동을 분류할 수 있는 영상 처리 시스템을 개발하고자 하였으며, 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 문헌연구를 통하여 복합 열 환경의 변화에 따른 돼지의 체온 조절 행동 유형을 분석한다.
2. 돼지의 체온 조절 행동별로 영상을 획득한 후 여러 처리과정을 통하여 돼지의 체온 조절 행동을 분류할 수 있는 영상 처리 시스템을 개발한다.
3. 환경제어 돈사에서 다양한 열 환경을 돼지에게 제공한 후 영상 처리를 함으로써 영상 처리 시스템의 성능을 평가한다.

제2절 돼지의 행동유형 분석

Mount(1978), Geers et al(1991), 그리고 Shao et al(1996)은 돼지의 체온 조절 행동은 그림 6.1과 같이 추운 경우, 적정한 경우, 더운 경우의 행동으로 나타난다고 보고하였다. 추운 경우 돼지는 체온을 유지하기 위하여 최대한 밀집하여 누우며, 적정한 경우 돼지는 거의 접촉하여 나란히 눕는다. 그리고 더운 경우 돼지는 최대한 멀리 분산하여 눕는다. 그림 6.1에서 돼지 영상의 형태를 보면, 추운 경우에는 모든 돼지의 밀집에 의해 돼지의 영상이 한 그룹으로 형성되고, 적정한 경우에는 여러 마리로 이루어진 한 그룹과 몇 마리의 분산에 의해 분산된 영상이 형성되며, 그리고 더운 경우에는 각각 분산하여 위치함으로써 인하여 두수만큼의 영상이 형성됨을 알 수 있다. 그리고 돼지는 살

아 움직이는 동물이기 때문에 동일한 돼지라도 수많은 모양과 크기의 영상으로 획득된다. 그러나 돼지의 영상 그룹과 분산되어 있는 각 돼지의 영상만을 분류하면 행동을 구별할 있기 때문에 영상의 모양과 크기에 관계없이 돼지의 영상 그룹과 분산되어 있는 각 돼지의 영상만을 구별하여 행동을 분류할 수 있는 영상 처리 시스템을 개발한다.



a. cold

b. comfort

c. too warm

Fig. 6.1. Behaviors of pigs under the different environmental conditions.

제3절 행동 분류 알고리즘

행동 분류 알고리즘은 영상의 이진화 및 라벨링(labeling), 노이즈(noise) 제거 및 라벨 수 계산, 행동 분류 단계로 구성되었으며, 그 세부적인 단계는 그림 6.2와 같다.

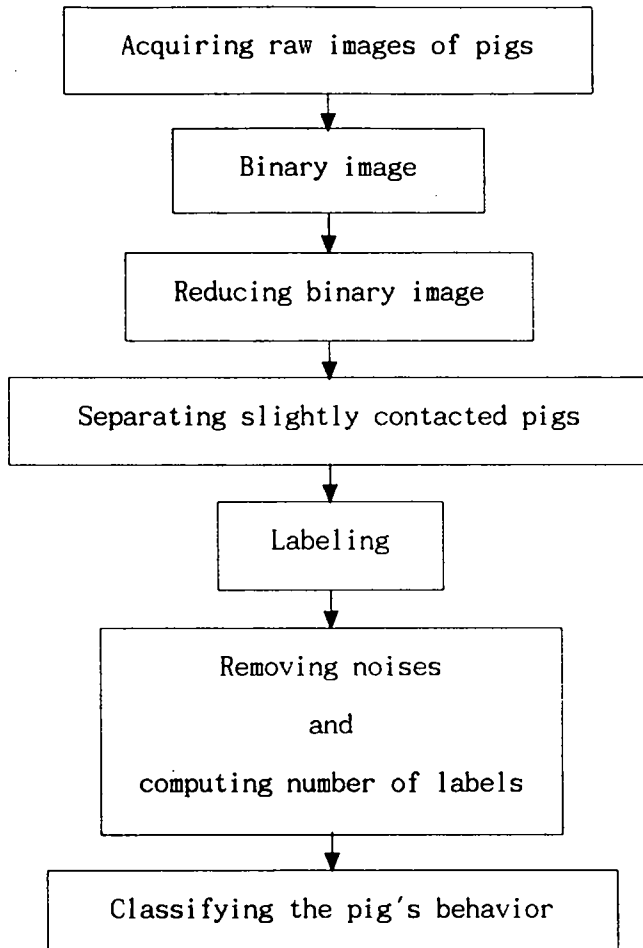


Fig. 6.2. Flow chart for classifying the pig's behavior.

1. 영상의 이진화 및 라벨링

돈사의 좁은 입기구를 통하여 햇빛이 낮에는 들어오고, 밤에는 들어오지 않아 조도가 불균일할 뿐만 아니라 101x 내외이기 때문에 흑백용 카메라를 이용하여 영상을 획득한 후 명암만을 가지고 배경으로부터 돼지의 영상을 명확하게 분류하기 곤란하다. 그러나 칼라 카메라를 이용하여 획득된 영상은 돼지의

고유색이 보존되어 있음으로 식(6-1)을 이용하여 배경으로부터 돼지의 영상을 명확하게 분류할 수 있다. 따라서 칼라 카메라를 이용하여 영상을 획득한 후 식(6-1)을 이용하여 각 픽셀(pixel)의 명도 값을 계산한 다음 명도 값이 기준 값 이상이면 1, 그 외에는 0으로 이진화 한다.

$$I = \frac{R+G+B}{3} \quad (6-1)$$

여기서, I = 칼라영상의 명도(Intensity : 0~255)

R = 적색(Red : 0~255)

G = 녹색(Green : 0~255)

B = 청색(Blue : 0~255)

원영상의 크기는 640×480 이다. 이 큰 영상을 여러 가지로 처리하는데는 크기가 작은 영상을 처리하는데 소요되는 시간에 비하여 상대적으로 많은 시간이 소요되기 때문에 연구목적을 달성하는데 문제를 초래하지 않을 경우에는 영상을 축소할 필요가 있다. 따라서 영상을 축소해도 연구목적을 달성하는데 전혀 문제를 초래하지 않기 때문에 원영상의 1/4배인 160×120으로 축소한다. 즉, 원영상을 픽셀 4개씩으로 각각 분할하여 픽셀 4개 모두가 1일 때만 1로 하고, 그 외에는 0으로 하여 축소한다.

돼지간에 밀착하지 않은 상태란 몸의 많은 부분이 접촉되지 않고 발과 주둥이로 약간 접촉하고 있는 상태를 말한다. 이와 같이 접촉하므로 인하여 발생되는 접촉선은 밀착하고 있을 때의 접촉선에 비하여 상대적으로 짧다. 그러므로 상대적으로 짧은 접촉선을 찾아 0으로 처리하면 밀착하지 않은 돼지를 분리할 수 있다.

다음과 같은 방법으로 (0,0)~(160,120)의 픽셀에 대하여 순차적으로 분리

작업을 수행함으로써 밀착하지 않은 돼지를 분리할 수 있다.

a) 그림 6.3에서 값이 1인 $p(i, j)$ 를 중심으로 좌우(좌: $p(i, j-3)$, $p(i, j-2)$, $p(i, j-1)$; 우: $p(i, j+1)$, $p(i, j+2)$, $p(i, j+3)$)로 각각 3개씩 조사하여, 만약 좌측 또는 우측의 각 픽셀 값이 모두 1이면 그대로 1로 하고 그 외에는 0으로 한다. 만약 처리한 결과가 1이면 b 순서로 넘어가고, 0이면 b와 c 순서를 생략하고 $p(i, j+1)$ 로 이동하여 a 순서부터 다시 시작한다.

| | | | | | | |
|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | | | |
| $p(i-3, j-3)$ | | | $p(i-3, j)$ | | | |
| | $p(i-2, j-2)$ | | $p(i-2, j)$ | | | |
| | | $p(i-1, j-1)$ | $p(i-1, j)$ | | | |
| $p(i, j-3)$ | $p(i, j-2)$ | $p(i, j-1)$ | $p(i, j)$ | $p(i, j+1)$ | $p(i, j+2)$ | $p(i, j+3)$ |
| | | | $p(i+1, j)$ | $p(i+1, j+1)$ | | |
| | | | $p(i+2, j)$ | | $p(i+2, j+2)$ | |
| | | | $p(i+3, j)$ | | | $p(i+3, j+3)$ |
| | | | | | | |

Fig. 6.3. Rectangular coordinate for processing image.

b) 상하(상: $p(i-3, j)$, $p(i-2, j)$, $p(i-1, j)$; 하: $p(i+1, j)$, $p(i+2, j)$,

$p(i+3, j)$)로 각각 조사하여 상측 또는 하측의 각 픽셀 값이 모두 1이면 그대로 1로 하고 그 외에는 0으로 한다. 만약 처리한 결과가 1이면 c 순서로 넘어가고, 0이면 c 순서를 생략하고 $p(i, j+1)$ 로 이동하여 a 순서부터 다시 시작한다.

c) 대각선 방향(좌측하단 대각선: $p(i-3, j-3)$, $p(i-2, j-2)$, $p(i-1, j-1)$; 우측상단 대각선: $p(i+1, j+1)$, $p(i+2, j+2)$, $p(i+3, j+3)$)으로 각각 조사하여 좌측상단 대각선 방향 또는 우측하단 대각선 방향의 각 픽셀 값이 모두 1이면 그대로 1로 하고 그 외에는 0으로 한다. $p(i, j+1)$ 로 이동하여 a 순서부터 다시 한다.

라벨링이란 연결되어 있는 모든 픽셀에 같은 라벨(번호)을 붙이고, 다른 성분에는 다른 라벨을 붙이는 것을 말한다. 라벨링에는 크게 4연결 라벨링과 8연결 라벨링이 있는데, 4연결 라벨링을 이용하였다. 4연결 라벨링은 다음과 같은 순서에 의해 행해진다.

- a) 1인 점을 발견하면 라벨 값을 부여한다.
- b) 좌표(0,0)인 픽셀부터 다시 1인 점을 찾아서 주변 4점의 라벨을 확인하여 라벨값이 있으면 그 라벨값을 취한다.
- c) 위의 과정이 끝나면 다시 a로 돌아가 남은 픽셀들을 라벨링한다.
- d) a, b, c와 같이 하면 돼지 영상의 형태에 따라 같은 무리의 영상일지라도 여러 라벨로 라벨링되는 경우가 있으므로, 다시 e, f와 같이 처리를 해준다.
- e) 초기 라벨값부터 픽셀들을 확인하여 인접 픽셀이 다른 라벨값을 가지고 있을 경우 비교 픽셀의 라벨값을 갖는 모든 픽셀을 인접 픽셀의 라벨로 모두 바꾼다.
- f) 위의 처리중 각 라벨의 정보를 기록해 두어 라벨의 픽셀수에 따라 정렬(sorting)을 실시한다.

2. 노이즈(noise) 제거 및 라벨 수 계산

영상의 축소와 밀착하지 않은 돼지를 분리하는 과정에서 대부분의 노이즈가 제거되나 노이즈가 클 경우에는 제거되지 않을 가능성이 있기 때문에 돼지 영상 외의 영상을 제거해야 할 필요성이 있다. 따라서 라벨별로 동일한 라벨의 수를 계산하여 총수가 기준값 이하이면 노이즈로 간주하여 제거하고, 제거되지 않은 라벨의 총수는 기억을 시킨다.

3. 행동 분류

만약 최종적으로 남은 라벨의 개수가 1이면 추운 경우의 행동으로 간주하고, 돼지의 두수와 라벨의 개수가 같으면 더운 경우의 행동으로 간주한다. 그리고 라벨의 개수가 1이 아니고 돼지의 두수와 일치하지 않으면 적정한 경우의 행동으로 간주한다.

4. 영상처리 시스템의 하드웨어

영상처리 시스템은 CCD 카메라, 영상처리 보드, 그리고 컴퓨터로 구성되었다. CCD 카메라와 영상처리 보드에는 각각 칼라용 WV-CBP410 모델과 DT3153 모델이 사용되었는데, 이에 대한 사양은 표 6.1 및 표 6.2와 같다. 컴퓨터는 133Hz, 64MB 586 Pentium이 사용되었다.

Table 6.1. Specifications of CCD camera

| Item | Model | Specification | |
|------------|-----------|----------------------|-------------------------------------|
| CCD Camera | WV-CBP410 | Image sensor | 1/3" IT color CCD |
| | | Pick-up device | 768(H)×494(V) |
| | | Scanning | 525 line / 60 fields / 30 frames |
| | | Horizontal frequency | 15.734kHz |
| | | Vertical frequency | 59.94Hz |
| | | Resolution | 480 TV-line |
| | | S/N ratio | 50dB |
| | | Electronic shutter | 1/60~1/15700 (9step) |

Table 6.2. Specifications of image processing board

| Item | Model | Specification | |
|---------------|--------|------------------|--|
| Frame grabber | DT3153 | Video input | 3 multiplexed NTSC/PAL/RS-170 |
| | | Processing | Real-time scaling and image clipping |
| | | Resolution | Color level - 24bit Spatial - 640×480 |
| | | Frame grab speed | 1/30s |
| | | Memory | No one-board memory, uses PC system RAM for image storage |
| | | Display | Uses PCI display card for display |

제4절 영상처리 시스템의 성능실험

1. 실험돈사의 환경

크기가 1.4m(W) × 2.2m(L) × 2.0m(H)인 돈방에 평균 체중이 25kg인 자돈 4두를 위치시켰다. 더운 환경을 제공하기 위하여 온풍기(용량 : 15000kcal/h)에 알루미늄 주름관(직경 : 200mm)을 연결하여 돈사 내부로 열풍을 불어넣어 주었으며, 추운 환경은 겨울(1998년 2월 2일 ~ 2월 7일 : -6.4 ~ 8.5℃)에 실험하였기 때문에 단지 환기량을 조절함으로써 제공하였다. 돼지의 체온 조절 행동을 완전하게 영상 처리하려면 하나의 돈방을 모두 영상 처리하여야 한다. 따라서 하나의 돈방을 모두 영상 처리할 수 있도록 6mm 렌즈(WV-LZ62/2)를 부착한 칼라용 CCD(Charge Coupled Device) 카메라를 돈방 바닥으로부터 1.8m 위에 설치하였으며, 돈사 내부에는 항상 많은 먼지가 있기 때문에 카메라 렌즈를 먼지로부터 보호하기 위하여 비닐 랩(wrap)으로 씌웠다. 실험하는 동안(35일) 먼지가 전혀 비닐 랩에 부착되지 않아 카메라 렌즈를 보호할 수 있었으며, 돼지의 영상을 명확하게 획득할 수 있었다.

군사육을 하는 자돈사와 육성·비육돈사 내의 권장 조도는 각각 107.6lx와 53.8lx 이다(MWPS-8, 1991). 그러나 영상처리 시스템을 이용하여 돼지의 체온 조절 행동을 분류한 결과를 근거로 환경제어를 하려면 24시간 동안 이미지 획득을 위한 조명이 요구되며, 돼지의 증체 및 사료효율을 높이기 위하여 돼지의 여러 행동을 최대한 억제하기 위해서는 최소의 조도가 필요하다. 따라서 돼지의 영상을 명확하게 획득하는데 최소한 10lx가 요구되었기 때문에 조도를 10lx로 하였다.

돼지의 체온 조절 행동과 열 환경요소인 공기 온도, 공기 속도, 그리고 바닥 온도의 분포를 비교하기 위하여 본 연구에서 개발한 환경제어 시스템으로 공기 온도, 공기 속도, 그리고 바닥 온도를 측정하였다. 공기 온도와 공기 속도는 돈방 중앙의 바닥으로부터 1m 높이에 각 센서를 설치하여 측정하였으며,

바닥 온도는 돼지가 주로 잠을 자거나 휴식을 하는 장소에 바닥 표면으로부터 1.5cm 깊이로 열전대(Thermocouple)를 설치하여 측정하였다.

제시된 알고리즘은 C++ 언어와 호환이 되고, 계측제어 및 그래픽 처리를 하는데 용이한 LabWindows/CVI 언어를 이용하여 구현하였다.

2. 모의 실험결과 및 고찰

가. 영상의 이진화

추운 경우, 적당한 경우, 그리고 더운 경우의 체온 조절 행동에 대하여 640×480의 크기로 조도가 10.0lx인 환경에서 얻은 24비트(bit) 칼라 영상은 그림 6.4에서부터 6.6까지와 같다. 이러한 체온 조절 행동별로 주요 환경요소는 표 6.3에서부터 6.5까지와 같이 분포하였다. 추운 경우의 체온 조절 행동일 때 공기온도는 14.5~15.4℃, 바닥온도는 13.8~14.0℃, 공기 속도는 0.11~0.13m/s의 범위를 나타냈으며, 적당한 경우의 체온 조절 행동일 때 공기온도는 21.4~21.9℃, 바닥온도는 18.6~20.1℃, 그리고 공기 속도는 0.15~0.17m/s의 범위로 나타났다. 그리고 더운 경우의 체온 조절 행동일 때 공기온도는 23.9~25.7℃, 바닥온도는 23.1~23.7℃, 그리고 공기 속도는 0.18~0.20m/s의 범위로 나타났다. 이와 같은 주요 환경요소의 분포와 적정 온도(15.0~27.0℃) 및 최적온도(20.0~24.0℃)를 비교해 볼 때 체온 조절 행동을 분류함으로써 열 환경을 제어할 수 있는 가능성이 있는 것으로 나타났다.

그림 6.4에서부터 6.6까지의 24비트 칼라 원영상으로부터 각 픽셀의 명도 값(식(6-1)의 I)을 구한 후 기준값인 50(경험 값)과 비교하여 같거나 크면 1(백 : 돼지)로 하고 작으면 0(흑 : 배경)으로 이진화 한 후 1/4로 축소하여 160×120의 이진 영상을 그림 6.7에서부터 6.9까지와 같이 얻었다. 원영상과 축소 영상을 비교해보면, 명확하게 돼지와 배경이 처리되었고, 축소에 의해 많은 노이즈가 제거되었음을 알 수 있다. 축소에 의해 노이즈가 제거된 것은

축소과정이 low pass filtering의 효과를 주기 때문이다.

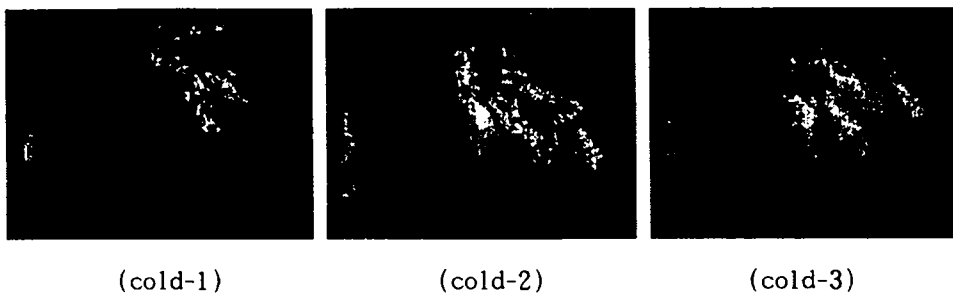
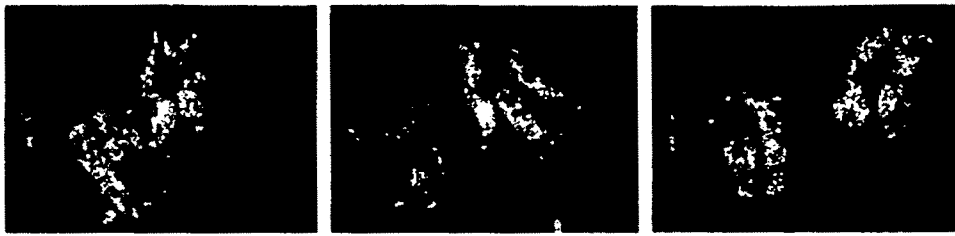


Fig. 6.4. Raw images of pigs under the cold environmental conditions.

Table 6.3. Major environmental factors under the cold environmental conditions

| Item | cold-1 | cold-2 | cold-3 |
|-----------------------|--------|--------|--------|
| Air temperature(℃) | 14.5 | 14.8 | 15.4 |
| Floor temperature(℃) | 13.8 | 13.8 | 14.0 |
| Air velocity(m/s) | 0.11 | 0.13 | 0.13 |
| Relative humidity(%) | 45.2 | 43.6 | 50.1 |
| CO ₂ (ppm) | 1100.0 | 920.0 | 978.0 |
| NH ₃ (ppm) | 4.3 | 3.5 | 3.6 |



(comfort-1)

(comfort-2)

(comfort-3)

Fig. 6.5. Raw images of pigs under the comfortable environmental conditions.

Table 6.4. Major environmental factors under the comfortable environmental conditions

| Item | comfort-1 | comfort-2 | comfort-3 |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Air temperature(℃) | 21.4 | 21.9 | 21.6 |
| Floor temperature(℃) | 19.0 | 18.6 | 20.1 |
| Air velocity(m/s) | 0.15 | 0.17 | 0.17 |
| Relative humidity(%) | 55.2 | 46.6 | 51.1 |
| CO2(ppm) | 1119.0 | 890.0 | 993.0 |
| NH3(ppm) | 4.1 | 4.3 | 3.6 |



(too warm-1)

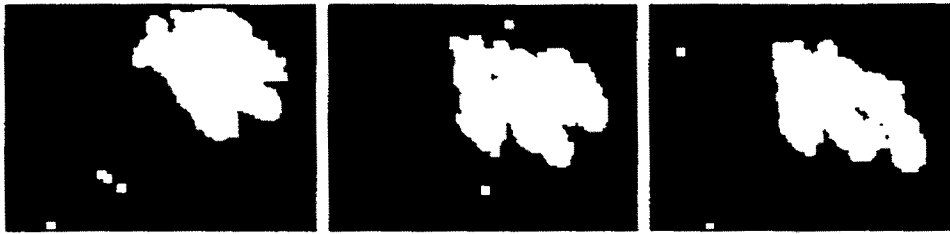
(too warm-2)

(too warm-3)

Fig. 6.6. Raw images of pigs under the too warm environmental conditions.

Table 6.5. Major environmental factors under the too warm environmental conditions

| Item | too warm-1 | too warm-2 | too warm-3 |
|-----------------------|------------|------------|------------|
| Air temperature(℃) | 24.5 | 23.9 | 25.7 |
| Floor temperature(℃) | 23.1 | 23.6 | 23.7 |
| Air velocity(m/s) | 0.18 | 0.18 | 0.20 |
| Relative humidity(%) | 65.2 | 70.6 | 64.1 |
| CO ₂ (ppm) | 751.0 | 690.0 | 786.0 |
| NH ₃ (ppm) | 3.2 | 3.6 | 3.1 |



(cold-1)

(cold-2)

(cold-3)

Fig. 6.7. Processed binary images under the cold environmental conditions.

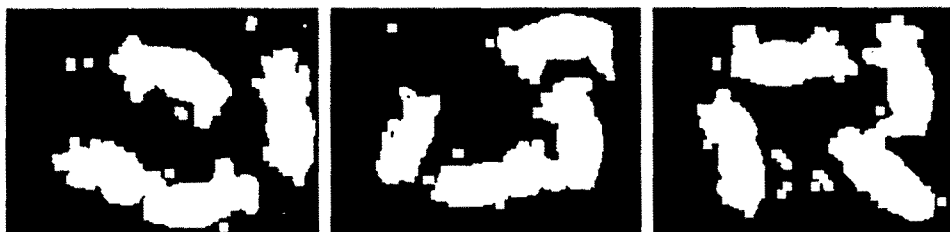


(comfort-1)

(comfort-2)

(comfort-3)

Fig. 6.8. Processed binary images under the comfortable environmental conditions.



(too warm-1)

(too warm-1)

(too warm-1)

Fig. 6.9. Processed binary images under the too warm environmental conditions.

나. 밀착하지 않은 돼지 분리

몸통, 발, 그리고 주둥이로 약간 접촉하고 있는 부분을 0(백)으로 처리하여 얻은 영상은 그림 6.10에서부터 6.12까지와 같다. 그림 6.10의 추운 경우에는 돼지의 영상 그룹이 그대로 있고, 그림 6.11 및 그림 6.12의 적당한 경우와 더운 경우에는 약간 접촉된 부분이 완전히 분리되었음을 알 수 있다.

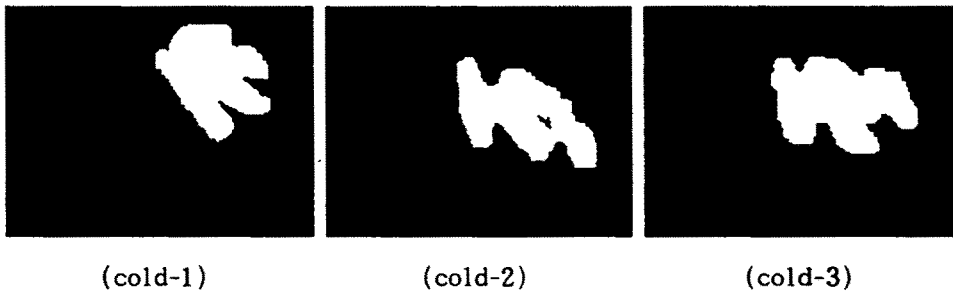


Fig. 6.10. Pigs images processed by separation method under the cold environmental conditions.

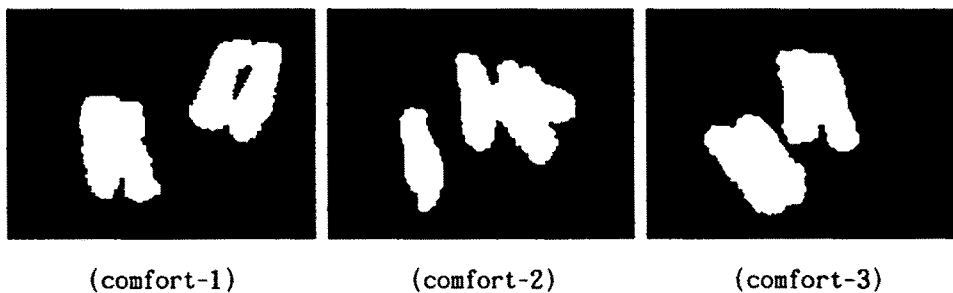


Fig. 6.11. Pigs images processed by separation method under the comfortable environmental conditions.

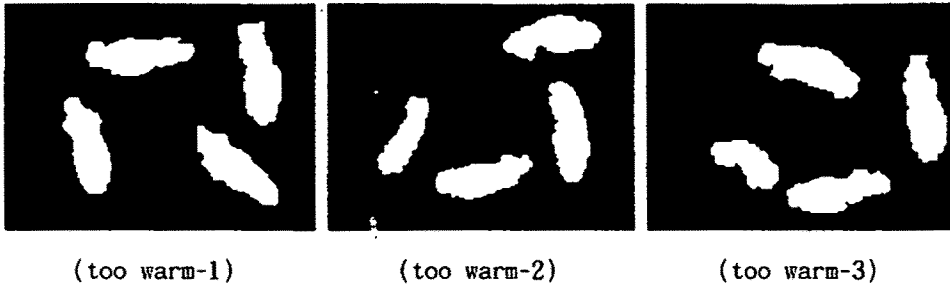


Fig. 6.12. Pigs images processed by separation method under the too warm environmental conditions.

다. 행동 분류

밀착하지 않은 돼지를 분리한 영상을 가지고 라벨링을 한 후 동일 라벨의 총수를 계산하여 100(경험 값) 이하이면 크기가 큰 노이즈로 판단하여 제거하였다. 이와 같이 큰 노이즈를 제거하면 결과적으로 돼지의 영상에 의한 라벨만이 남게 되는데 목표한대로 처리가 되었는지를 그림으로 확인하기 위하여 각 라벨의 중심점을 찾아 그려 본 것이 그림 6.13에서부터 그림 6.15까지이다. 그림 6.13에서 그림 6.15로부터 밀착되어 있는 영상은 동일한 라벨로 처리되어 하나의 중심점을 갖고 있음을 알 수 있고, 분산되어 있는 영상은 각각 분리되어 여러 중심점을 갖게 됨을 알 수 있다. 이러한 처리과정을 통하여 최종적으로 얻은 라벨의 수가 1이면 추운 경우의 체온 조절 행동이고(그림 6.13), 돼지의 두수와 라벨의 수가 일치되면 더운 경우의 체온 조절 행동으로 판단할 수 있으며(그림 6.15), 그 외의 경우에는 적정한 경우의 체온 조절 행동으로 판단할 수 있다(그림 6.14).

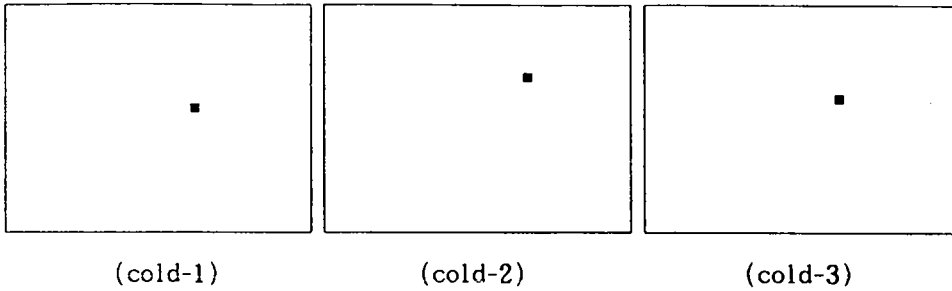


Fig. 6.13. Central points of each label under the cold environmental conditions.

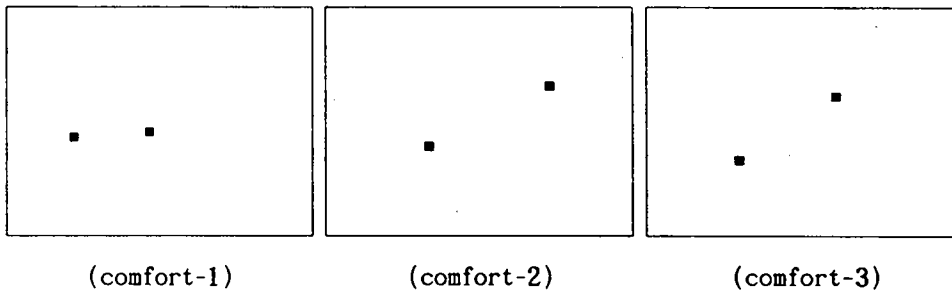


Fig. 6.14. Central points of each label under the comfortable environmental conditions.

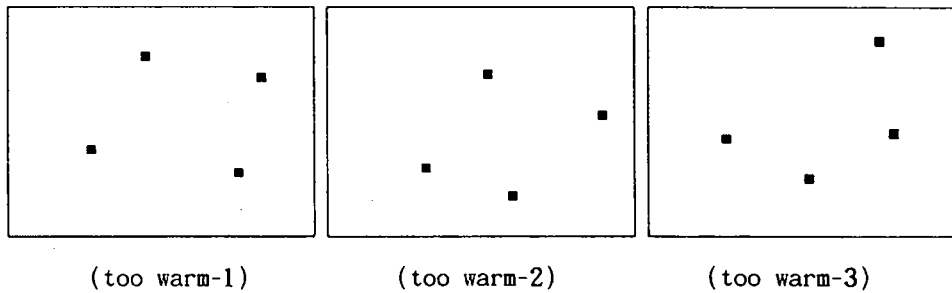


Fig. 6.15. Central points of each label under the too warm environmental conditions.

제5절 결론

본 연구는 돼지의 체온 조절 행동에 근거하여 환경을 제어할 때 필요한 체온 조절 행동을 분류할 수 있는 방법을 마련하기 위하여 수행되었으며, 이 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 체온 조절 행동별로 24비트 칼라 영상을 획득한 후 이를 이진화 하고, 이 이진 영상을 가지고 영상의 축소, 밀착하지 않은 돼지 분리, 라벨링, 노이즈 제거 및 라벨 수 계산, 행동 분류 단계로 처리하는 알고리즘을 개발하였다.

2. 영상처리 시스템의 하드웨어를 칼라용 CCD 카메라(모델 : WV-CBP410), 영상처리 보드(모델 : DT3153), 컴퓨터(586 Pentium)로 구성하였으며, 프로그램은 LabWindows/CVI 언어로 작성하였다.

3. 개발된 영상처리 시스템을 돼지에 적용하여 10.01x에서 행동을 분류했던 결과, 유형별로 행동을 완전하게 분류할 수 있었다. 따라서 개발된 영상처리 시스템은 돈사내 환경제어 시스템에 응용될 수 있는 것으로 평가되었다.

제6절 참고문헌

1. Boon, C. R. 1981. The effect of departures from lower critical temperature on the group postural behavior of pigs. Anim. Prod. 33 : 71-79.
2. Geers, R., H. Ville, V. Goedseels, M. Houkes, K. Goossens, G. Parduyns and J. Van Bael. 1991. Environmental temperature control by the pig's comport behavior through image analysis. Transactions of the ASAE 34(6) : 2583-2586.
3. Geers, R., V. Goedseels, G. Parduyns, and G. Vercruyssen. 1986. The

- group postural behavior of growing pigs in relation to air velocity, air and floor temperature. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 16 : 353-362.
4. Mount, L. E. 1978. *The Climate Physiology of the Pig*. Edward Arnold, London.
 5. MWPS. 1991. *Structures and Environment Handbook*. Publication MWPS-8, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames, IA.
 6. Shao, J., H. Xin and J. D. Harmon. 1996. Evaluating thermal comfort behavior of young pigs by neural network. ASAE Paper No. 96-4058.
 7. Wounters, P., R. Geers, G. Parduyns, K. Goossens, B. Truyen, V. Goedseels and E. Van der Studyft. 1990. Image analysis parameters as inputs for automatic environmental temperature control in the piglets houses. *Computer and Electronics in Agriculture* 5 : 233-246.

제7장 돈사 복합환경제어 시스템의 구성

제1절 서설

돈사시설의 기계화와 자동화에 대한 양돈가의 관심이 점차 높아짐에 따라 현대화된 시설장치들이 보급되고 있지만 그 동안 돈사시설의 기계화와 자동화에 관한 연구의 부족으로 대부분 양돈 선진국의 기술이 한국 양돈 현실에 적합성 시험을 거치지 않고 그대로 이용되고 있는 실정이다. 이로 인하여 양돈 기술과 양돈시설의 차이로 인한 문제, 기후의 다름에 의한 문제, 그리고 사후 봉사의 문제 등이 많이 발생되고 있다.

현재 우리 나라는 양돈의 규모화와 현대화에 따라 점차 무창돈사의 보급이 확대되고 있는 실정이다. 특히 환경제어 시스템을 보면, 돈사 내부의 온도에 따라 배기팬의 회전속도를 자동으로 변화시켜 환기량을 제어해주는 환기방식이 주로 이용되고 있다. 또한 겨울철에 자돈사와 분만돈사에서는 보통 온수보일러, 온풍난방기로 가온하여 주며, 램프를 이용하여 가온을 시켜주는 경우도 있다. 이와 같이 공기 온도만을 고려하여 환경제어를 하는 것은 많은 문제를 발생시킬 수 있다. 왜냐하면 돼지의 생산성과 건강에 영향을 미치는 요소 중에서 공기 온도가 가장 크게 영향을 미칠지라도 습도, 유해 가스, 공기 속도 등도 많은 영향을 미치기 때문이다. 또한 공기 온도가 같다고 해서 항상 돼지의 체감온도가 같을 수 없다. 즉 공기 온도가 같을지라도 다른 환경요소가 달라짐에 따라 돼지의 체감온도가 달라질 수 있다.

그리고 PC 보급의 일반화로 센서-컴퓨터-기계장치로 구성된 계측제어 시스템이 돈사시설의 자동화에 광범위하게 활용될 것으로 전망된다. 그러나 돈사 내부에는 부식성이 강한 유해 가스와 센서의 정확성 및 내구성에 지대한 영향을 미치는 먼지가 많이 존재하기 때문에 이로 인하여 센서의 유지보수에 많은 문제점이 발생되고 있다.

따라서 본 연구는 현재 우리 나라에서 양돈의 규모화와 현대화에 따라 많이 보급되고 있는 무창돈사에 적합하고, 돼지의 체온 조절 행동에 근거하여 복합적으로 환경제어를 할 수 있는 복합 환경제어 시스템을 개발하기 위하여 수행되었으며, 그 구체적인 연구의 목적은 다음과 같다.

1. 유해 가스와 먼지에 대하여 내구성이 강하며, 돼지의 체온 조절 행동에 근거하여 환경제어를 하는데 응용될 수 있는 비전센서를 이용하여 환경제어를 할 수 있는 알고리즘을 개발한다.
2. 개발된 알고리즘을 이용하여 돈사 내부의 환경을 복합적으로 제어할 수 있는 환경제어 시스템을 구성한다.

제2절 제어 알고리즘

돈사 내부의 환경을 복합적으로 제어하기 위한 알고리즘은 그림 7.1에 나타낸 것과 같이 영상처리를 이용한 체온 조절 행동 분류, 유해 가스(탄산가스와 암모니아 가스)의 농도 계측, 돈사 내부의 습도 계측, 돈사 외부의 온도 계측, 환기 단계 결정, 배기팬 조절, 입기구 조절, 냉·난방기의 작동, 정전시 경보기 작동 단계로 구성되었다.

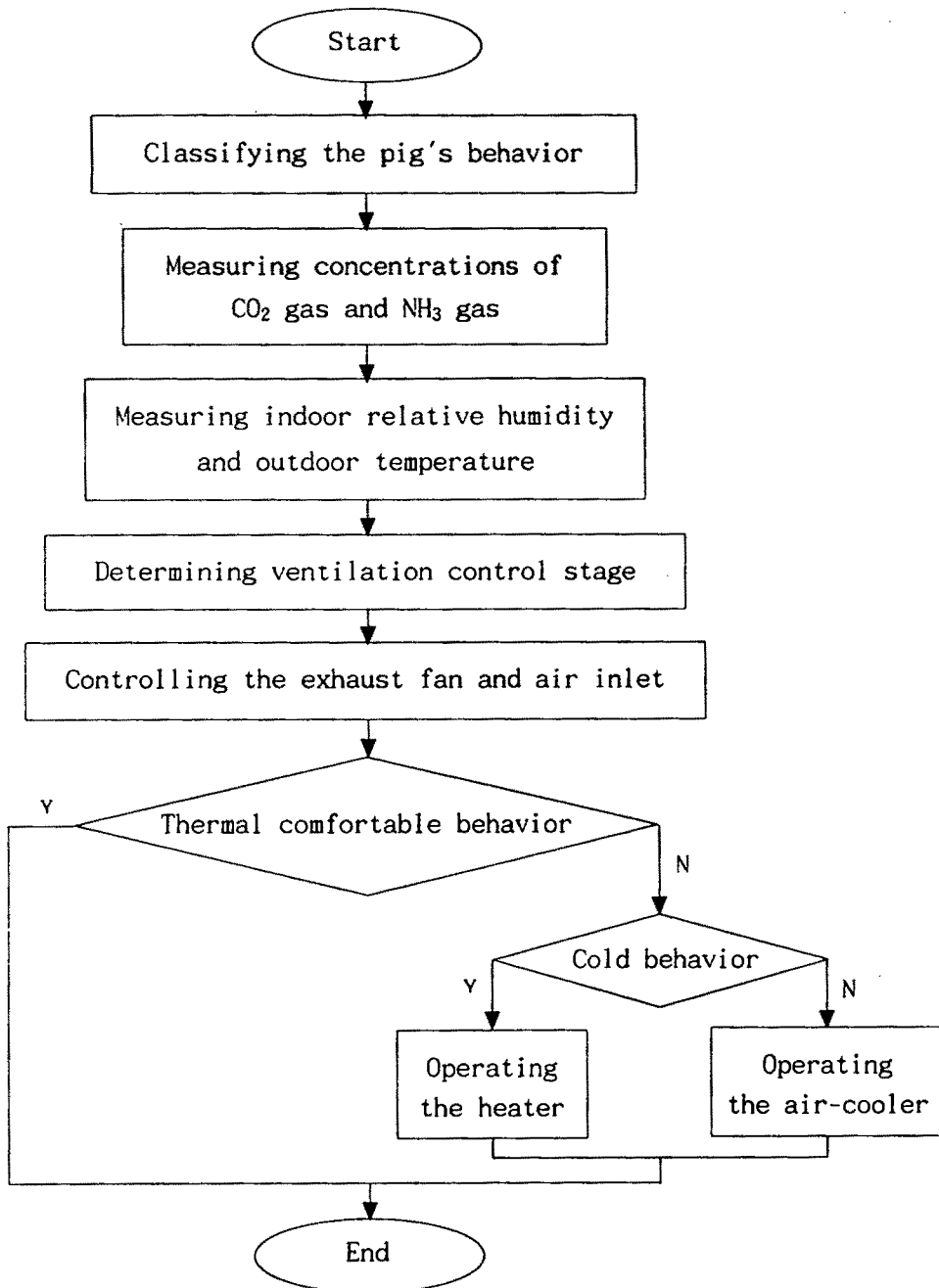


Fig. 7.1. Flow chart for controlling inside environment of windowless pig-housing.

1. 행동분류

이미 앞장에서 설명한 바와 같이 돼지의 체온 조절 행동 분류는 영상의 이진화, 영상의 축소, 밀착하지 않은 돼지 분리, 라벨링(labeling), 노이즈(noise) 제거 및 라벨 수 계산, 행동 분류 단계로 이루어졌다.

체온 조절 행동 외의 사료 섭취 및 음수를 위한 행동 등을 최대한 배제하기 위하여 10분 동안 1분 간격으로 10회에 걸쳐 라벨 수를 계산하여 이 중에서 가장 많이 출현한 라벨 수를 근거로 하여 돼지의 체온 조절 행동을 분류하였다.

2. 유해 가스의 농도 계측

돈사 내부에서 발생하여 돼지의 건강과 생산에 악영향을 미치는 가스에는 탄산가스, 암모니아 가스, 유화수소, 일산화탄소 등이 있는데, 이 중에서 중요 시되고 있는 것이 탄산가스와 암모니아 가스이다. 따라서 유해 가스 중에서 탄산가스와 암모니아 가스의 농도만을 연속적으로 계측하였다.

3. 돈사 내부의 습도 계측

겨울에는 매우 건조하여 호흡기 질병의 발생 가능성이 현저하게 증가하며, 여름에는 다습으로 인하여 사료 섭취량 및 생산성 등이 현저하게 감소하기 때문에 상대습도를 적정수준으로 제어할 필요성이 있다. 따라서 돈사 내부의 상대습도를 제어하기 위하여 상대습도를 계측하였다.

4. 돈사 외부의 온도 계측

추운 겨울에 난방을 하면 상승한 온도에 반응하여 적정한 경우와 더운 경우

의 체온 조절 행동을 하게 된다. 이 때 적정한 경우와 더운 경우의 체온 조절 행동이라고 하여 환기율을 증가시켜 환기를 하게 되면 짧은 시간에 많은 열에너지를 배출시키는 오류를 범하게 된다. 이러한 오류를 범하지 않도록 하기 위하여 실외 온도를 계측하여 실외온도가 하한임계온도보다 낮으면 체온 조절 행동에 관계없이 최소환기율로 환기를 하여야 한다. 이와 같이 겨울에 환기율을 결정하는데 자료로 실외 온도를 이용하기 위하여 실외 온도를 계측하였다.

5. 환기 단계 결정

현재 국내외적으로 생산되고 있는 돈사용 배기팬 중에서 돈사 내부의 환경 변화에 따라 회전속도(rpm)를 조절할 수 있는 배기팬을 보면, 온도 변화에 따라 5단계로 조절되는 것이 있으며, 이보다 미세하게 조절되는 배기팬은 생산되지 않고 있다. 이로 인하여 환기 단계를 5단계로 하였는데, 1단계와 5단계는 최소 환기율과 최대 환기율로 결정하였으며(MWPS, 1990), 2~4단계는 1~5 단계를 4등분하여 결정하였다.

제어를 위한 환기 단계는 그림 7.2의 순서에 따라 결정하였다.

(1) 돼지의 체온 조절 행동을 분류한다.

(2) 추운 경우의 체온 조절 행동일 때는 항상 1단계로 한다. 만약 실외 온도가 하한임계온도(15℃)보다 낮을 때는 적정한 경우와 더운 경우의 체온 조절 행동일지라도 난방에 의한 열에너지를 오랜 시간 유지시키기 위하여 1단계로 한다. 그리고 실외 온도가 하한임계온도보다 높은 상황에서 적정한 경우의 행동일 때는 3단계, 더운 경우의 행동일 때는 5단계로 한다.

(3) 추운 경우의 체온 조절 행동일 때는 난방기를 작동시키고 환기 단계를 그대로 유지하며, 더운 경우의 체온 조절 행동일 때는 냉방기가 없을 경우 그대로 5단계로 하고 냉방기가 있을 경우 냉방기를 작동시키고 환기 단계를 1단계로 한다.

(4) 그러나 유해 가스의 농도가 최대허용농도 범위(CO₂ : 2,000ppm, NH₃ :

20ppm)를 초과하였을 때는 이상의 과정에서 결정된 환기 단계보다 1단계 높여 환기 단계를 결정한다.

6. 배기팬 조절

온도 센서로 온도 변화를 감지하여 회전속도(rpm)가 자동으로 5단계로 조절 되도록 설계된 배기팬(모델 : SL-30)의 제어회로를 개조하여 PC로 DC 전압(0~5V)을 인가함으로써 회전속도를 5단계로 조절할 수 있도록 하였다. 이와 같이 제어회로를 개조한 후 환기 단계에 해당되는 DC 전압을 배기팬(모델 : SL-30)에 인가해줌으로써 회전속도를 5단계로 조절하였다.

7. 입기구 조절

양측 벽면과 천정이 만나는 부분에 입기구를 만들었으며, 이 입기구의 개폐는 스텝핑 모터에 의해 90도 범위 내에서 5단계로 조절되는 입기구 개폐기를 이용하여 조절하였다. 왜냐하면 환기 단계에 따라 입기구의 개폐 면적을 조절함으로써 신선한 입공기와 신선하지 못한 돈사 내부의 공기가 혼합이 잘 되도록 입공기의 속도를 5m/s 정도로 유지하며, 환기 단계가 1단계(추운 경우)일 경우에는 입공기가 직접 돼지에게 도달하지 않도록 하고, 환기 단계가 5단계(더운 경우)일 경우에는 입공기가 직접 돼지에게 도달하게 하여 체감온도를 낮추기 위함이었다.

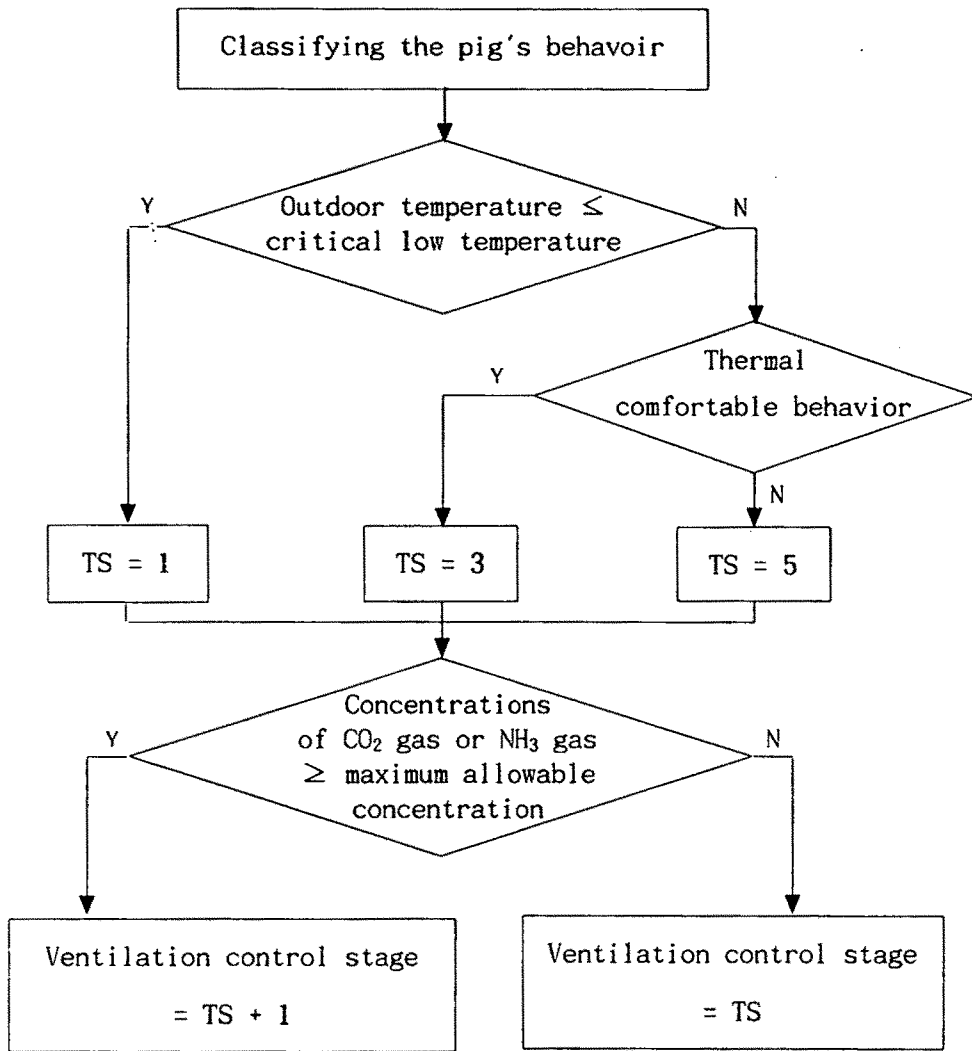


Fig. 7.2. Procedures for determining ventilation control stage.

8. 냉·난방기의 작동

돼지의 체온 조절 행동을 분류한 결과가 추운 경우의 체온 조절 행동이면 돈사 내부의 온도를 적정 온도로 상승시켜 체온 유지를 위한 에너지 소비를

최소로 하도록 함으로써 생산성 및 사료 효율 등을 증대시키기 위하여 난방기가 작동되도록 하였으며, 더운 경우의 체온 조절 행동이면 돈사 내부의 온도를 적정 온도로 저하시켜 고온 스트레스로 인한 사료 섭취량의 저하 등을 방지함으로써 생산성 및 사료 효율 등을 일정 수준으로 유지하기 위하여 난방기가 작동되도록 하였다.

9. 가슴장치의 작동

돈사 내부의 상대습도가 60% 미만이면 가슴장치가 작동되도록 하였다. 그러나 현재 돈사용 가슴장치가 개발되지 않아 건조한 겨울에 상대습도를 제어할 수 없는 실정이다. 그렇지만 앞으로 돈사용 가슴장치가 개발된다면 돈사용 가슴장치를 아주 많이 이용하게 될 것이다. 따라서 환경제어 시스템을 개발하는데 상대습도 제어 부분을 포함시켜 돈사용 가슴장치를 개발한 후에 돈사 내부의 상대습도의 계측 및 제어가 가능하도록 시스템을 설계하였다.

제3절 제어 시스템의 구성

1. 하드웨어 및 자동화

환경제어 시스템은 그림 7.3과 같이 PC, 영상처리 보드인 DT3153, 칼라용 CCD 카메라, ACL-8112PG, 센서, 배기팬, SSR, Power supply, stepping motor로 구성되었다.

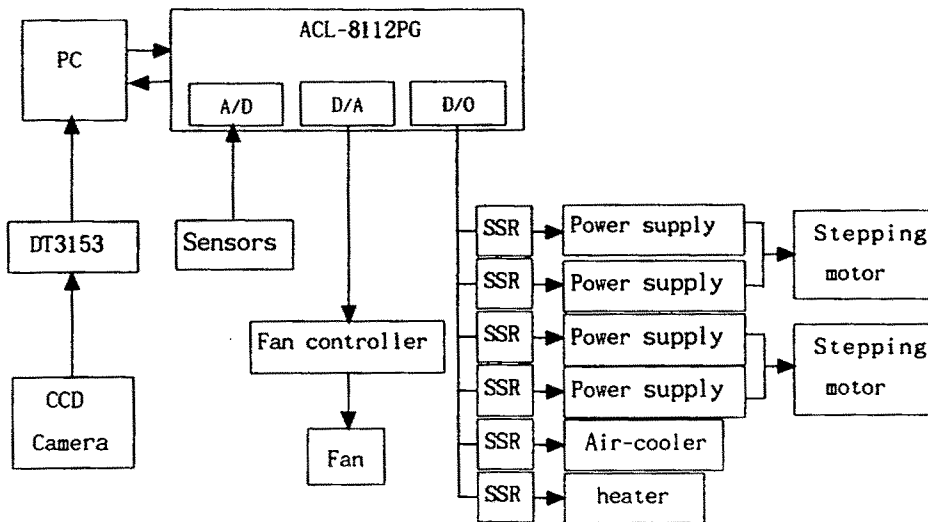


Fig. 7.3. Hardware of the environmental control systems.

컴퓨터는 133Hz, 64MB 586 Pentium이 사용되었다.

영상처리 보드와 CCD 카메라에는 돼지의 행동분류를 위한 영상처리 시스템의 일부로 구성되었던 DT3153과 칼라용 WV-CBP410 모델이 사용되었다.

ACL-8112PG는 아날로그 입출력, 디지털 입출력, 그리고 타이머를 사용하는 모든 기능을 편리하게 사용할 수 있도록 설계된 Multi-Function Board 이다. 특히 아날로그 입력부는 각 채널의 gain과 voltage range를 프로그램으로 제어할 수 있도록 설계되었다. 이 보드의 주요 사양은 표 7.1과 같다.

표 7.1. Specifications of ACL-8112PG board

| Item | | Contents |
|----------------|------------------|--|
| Analog input | Input channels | 16 single-ended |
| | Resolution | 12 bit |
| | Input range | ±5V etc |
| | Conversion time | 8 μ sec |
| | Accuracy | 0.015% of reading ±1bit |
| | Data throughput | 100kHz(maximum) |
| Analog output | Output channel | 2 double-buffered analog outputs |
| | Resolution | 12 bit |
| | Output range | 0~5V or 0~10V |
| | Linearity | ±1/2 bit LSB |
| Digital Output | Channel | 16 TTL outputs |
| | Output voltage | Low : Min. 0V; Max. 0.4V High : Min. +2.4V |
| | Driving capacity | Low : Max. +0.5V at 8.0mA(sink) High : Min. 2.7V at 0.4mA(source) |
| General | I/O base address | 16 consecutive address location |
| | Dimension | 162mm×124mm |

Chang 등(1997)은 우리 나라의 기후여건과 돈사 내부의 환경을 고려하여 돈사 내부의 환경을 계측하는데 적합한 센서들을 주요 환경요소별로 선발하였다. 이와 같이 선발된 센서들을 이용하여 주요 환경요소를 계측하였으며, 이들의 성능은 표 7.2와 같다.

온도 센서는 돈사 내외부에 설치되었다. 돈사 외부에 설치된 온도 센서는 환기단계를 결정하는데 필요한 외부 온도를 계측하기 위하여 이용되었으며, 돈사 내부에 설치된 온도 센서는 환경제어 시스템의 성능을 평가하는데 필요한 돈사 내부 온도를 계측하기 위하여 이용되었다.

습도 센서도 온도 센서와 마찬가지로 돈사 내외부에 설치되었는데, 외부에

설치된 습도센서는 환경제어 시스템의 성능을 평가하는데 필요한 외부 상대습도를 계측하기 위하여 이용되었으며, 내부에 설치된 센서는 환경제어 시스템의 구성요소로서 적정 습도로 제어하기 위하여 이용되었다.

풍속 센서는 슬랏 바로 윗 부분에서의 풍속을 계측하기 위하여 이용되었다.

탄산가스 센서와 암모니아 가스 센서는 유해 가스의 농도를 허용 농도 범위 이내로 제어하는데 필요한 계측값을 얻기 위하여 이용되었다.

배기팬은 5단계로 제어되는 SL-30(성일전자)을 이용하였으며, 이의 기본 사양은 표 7.3과 같다. SL-30은 수동 설정과 자동 설정의 두 가지 방식으로 설정을 함으로써 1,700rpm 이내에서 회전속도를 5단계로 바꾸어 줄 수 있다. 예를 들어 수동 설정을 50%(850rpm)로 하고 자동 설정을 100%(1,700rpm)로 하면 850rpm에서 1,700rpm까지 5단계로 회전속도를 조절할 수 있다. 배기팬의 회전속도는 ACL-8112PG 보드 D/A부의 한 채널을 통하여 PC로 DC 전압을 배기팬의 제어기에 인가됨으로써 조절되었다. 인가된 전압은 1단계에서 5단계 순으로 각각 3.80V, 3.70V, 3.65V, 3.62V, 3.55V 이었다.

㉞ 7.2. Sensors used for the environmental measurement

| Sensor | Company | Model | Measuring range | Performance |
|--------------------------|----------------------|---------|-----------------|---|
| Temperature sensor | VAISALA | HMP233L | -40~ +80℃ | $T = -43.0166 + 24.6525 \times V$ where, T = Temperature(℃) V = Output of the sensor (V) ($r^2 = 0.9995$; s.d. = 0.2951) |
| Relative humidity sensor | VAISALA | HMP233L | 0~ 100% | $RH = -24.2613 + 24.2738 \times V$ where, RH = Relative humidity (%) V = Output of the sensor (V) ($r^2 = 0.9976$; s.d. = 1.5740) |
| Wind velocity sensor | NGK SPARK PLUG | NTK | 0~ 20m/s | $WV = -0.04985 + 0.51748 \times V$ where, WV = Wind velocity(m/s) V = Output of the sensor (V) ($r^2 = 0.9956$; s.d. = 0.3727) |
| CO2 gas sensor | Mapo Technomax | HANI | 0~ 2,000ppm | $CCO_2 = 10.2159 + 957.7432 \times V$ where, CCO2 = Concentration of CO2 gas(ppm) V = Output of the sensor (V) ($r^2 = 0.9999$; s.d. = 1.0052) |
| NH3 gas sensor | HANS | TS-1000 | 0~ 150ppm | $CNH_3 = -62.4188 + 55.2261 \times V$ where, CNH3 = Concentration of NH3 gas(ppm) V = Output of the sensor (V) ($r^2 = 0.9996$; s.d. = 0.5184) |

표 7.3. Specifications of the exhaust fan

| Item | Content |
|-----------------------------|-------------------|
| Model | SL-30 |
| Required power | 1.1kW |
| Diameter | 500mm |
| Input voltage | DC 0~5V |
| Maximum speed of revolution | 1,700rpm(60.0cmm) |
| Manual setting range | 5~100% |
| Automatic setting range | 5~100% |

그림 7.4와 같이 회로도를 구성하여 입기구 개폐기의 stepping motor를 제어하였다. DC 4~32V가 인가되면 스위치 역할을 하는 SSR(모델 : SFD2412)을 이용하여 power supply(모델 : VSF30-24; 출력전압 : DC 24V)에 가해지는 AC 220V를 ON/OFF 함으로써 입기구 개폐기의 stepping motor(세운정밀)를 작동시켰다. 회전 방향은 앞에서 말한 두 개의 SSR, 두 개의 power supply, 그리고 릴레이(모델 : MY4SN)를 사용하여 제어하였다. 두 개의 SSR은 각각 두 개의 power supply에 연결되어 있고, power supply는 각각 극성을 달리하여 릴레이에 연결되어 있어, 그 릴레이에 연결되어 있는 stepping motor를 CW와 CCW로 회전방향을 제어했다. 그리고 회전각도는 stepping motor의 회전속도가 4rpm인 특성을 이용하여 제어하고자 하는 회전각도에 해당되는 시간 동안 stepping motor에 power supply로 DC 24V를 인가함으로써 제어하였다.

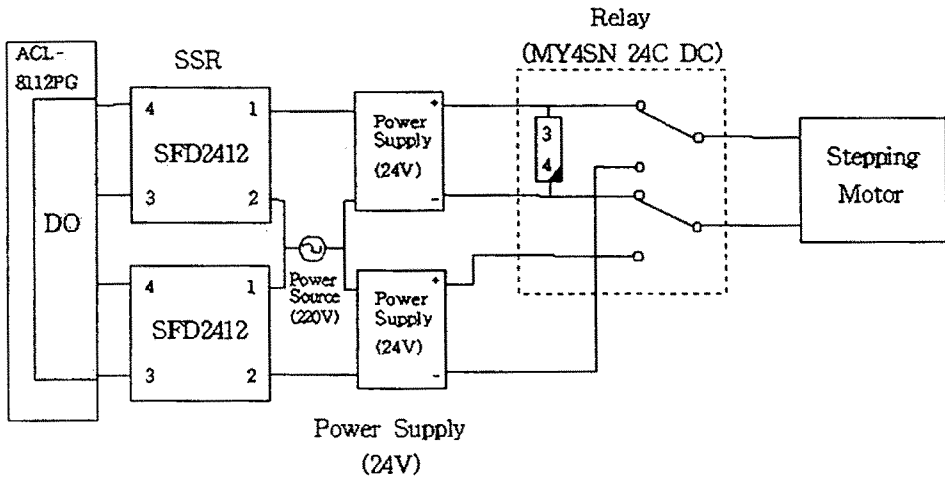


Fig. 7.4. Circuit for controlling the stepping motor.

SSR을 이용하여 냉·난방기에 공급되는 AC 220V를 ON/OFF 시킴으로써 냉·난방기의 작동을 제어하였다. 냉방기와 난방기는 표 7.4와 7.5에 나타난 것과 같이 실험목적상 소형을 사용하였다. 냉방기와 난방기에서 발생하는 바람은 알루미늄 주름관(200mm)을 통하여 돈사 내부로 들어가도록 하였다.

표 7.4. Specifications of the air-cooler

| Item | Content |
|-------------------------------|-------------|
| Model | AW-537 |
| Rated capacity | 1,800kcal/h |
| Required power | 700W |
| Energy consumption efficiency | 2.57kcal/hW |

표 7.5. Specifications of the heater

| Item | Content |
|---------------------------|--------------|
| Model | DFF-030R |
| Rated capacity | 15,000kcal/h |
| Fuel | kerosene |
| Required power | 100W |
| Specific fuel consumption | 1.9 ℓ /h |
| Thermal efficiency | 92% |

무창돈사에서 가장 위험한 상황은 정전이 되었을 때이므로 정전이 되면 자동으로 경보음이 울리도록 반드시 부저 등을 설치하여 작업자가 경보음을 듣고 필요한 조치를 취할 수 있도록 하여야 한다. 경보장치를 그림 7.5와 같이 부저(모델 : Hanyoung(12V)), 릴레이(모델 : MY4SN), power supply (24V), battery (12V)로 구성하였다.

MY4SN 릴레이는 전원이 공급되면 두 점은 연결하고, 다른 두 점은 단절시킨다. 만약 전원이 공급되지 않으면 각 두 점은 반대의 상태로 된다. 이러한 작동 원리를 이용하여 경보장치를 구성하였는데 자세한 설명은 다음과 같다.

AC 220V 전원을 24V power supply의 전원 공급선을 연결하고, 출력선(24V)에는 릴레이의 입력선을 연결한다. 그리고 릴레이의 연결점 중에서 전원이 공급되었을 때 단절되었다가 전원이 공급되지 않으면 연결되는 연결점에 부저의 전원공급선 중의 한 선을 연결한다. 12V 출력용 power supply의 출력선을 부저의 전원 공급선에 연결한다. 이와 같이 경보장치를 구성하면 정전시에는 경보를 울리게 된다.

이상에서 설명한 바와 같이 PC에 의해 자동 계측 및 제어됨으로써 자동화가 달성되었는데, 그 내용은 표 7.6과 같다.

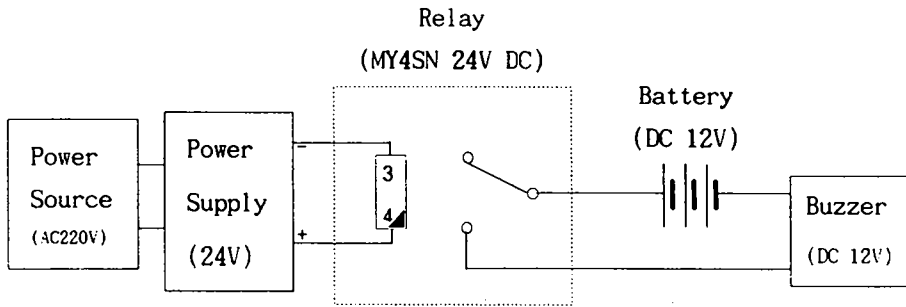


Fig. 7.5. Circuit of the power failure alarm system.

표 7.6. Automation for the environmental control systems

| Item | Contents |
|-----------------------|--|
| Measurement | Measurement of temperature, relative humidity, air velocity, concentrations of CO ₂ gas and NH ₃ gas |
| Exhaust fan | Speed control |
| Air inlet | Opening and closing |
| Air-cooler and heater | ON and OFF |
| Alarm system | Alarm under power failure |

2. 소프트웨어

환경제어 및 자동화 시스템을 위한 프로그램은 LabWindows/CVI 언어로 작성되었으며, 프로그램의 주 화면은 그림 7.6과 같다.

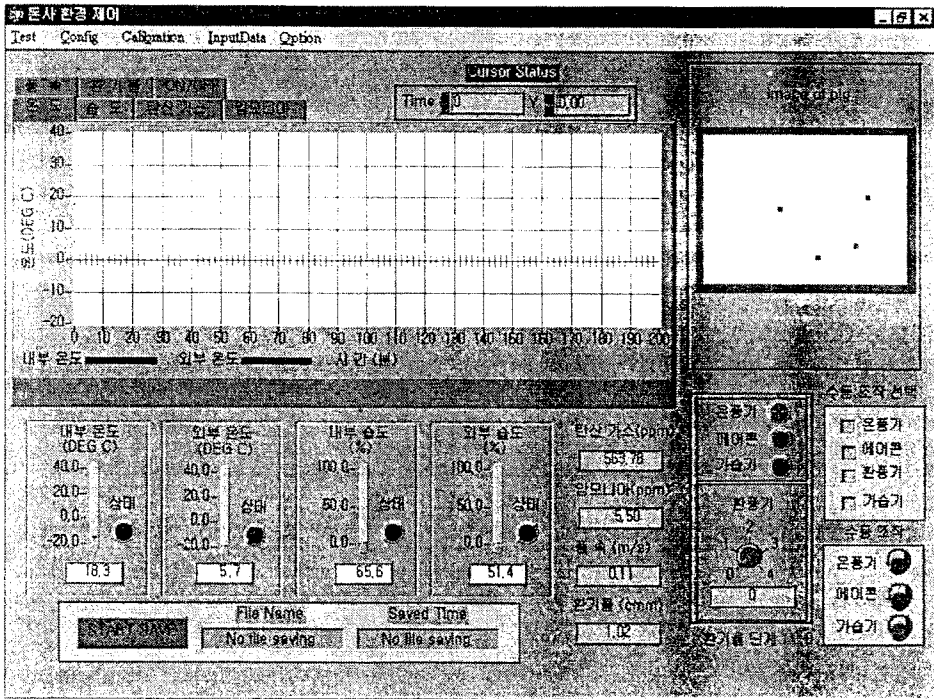


Fig. 7.6. Main menu of the program for the environmental control and automation systems.

배기팬에 단계별로 인가해주어야 할 전압값과 사육하기 시작한 돼지의 두수와 평균체중을 기본 자료로 입력을 받도록 하였다.

주요 환경요소별로 2~3개의 채널을 할당하였다. 환경요소별로 각 채널에 대하여 Yes나 No를 선택함으로써 채널의 사용 여부를 결정할 수 있도록 하였으며, 사용하고 있는 채널로 측정되는 값을 사용자가 입력한 시간 간격 동안 평균하여 저장 및 디스플레이(display)를 하도록 하였다.

이용하고자 하는 측정 채널에 센서를 연결한 다음 그 센서에 대한 2~4점의 출력값(voltage)과 환경요소 값을 입력하면 프로그램에 의하여 측도설정이 되도록 하였다.

메뉴에서 화면에 그래프가 되기를 원하는 환경요소를 선택하면 그 요소가

화면에 그래픽 처리가 되도록 하였으며, 원하는 점의 값을 특별히 알고 싶을 경우에는 마우스로 원하는 점을 클릭(click)함으로써 그 점에 대한 값을 알 수 있도록 하였다.

화면의 밑 부분에 모든 환경요소의 계측값(온도, 상대습도, 풍속, 이산화탄소와 암모니아 가스의 농도)을 실시간으로 출력되도록 하였다.

화면의 우측 상단에 영상 처리를 이용하여 돼지 영상의 중심점을 찾는 결과를 디스플레이 하도록 하였다.

냉방기, 난방기, 그리고 환풍기는 상황에 따라서는 수동으로 제어를 해결 필요가 있을 수 있다. 따라서 냉방기, 난방기, 환풍기를 자동제어에서 수동제어로 전환하여 제어할 수 있도록 화면의 우측 하단에 메뉴를 구성하였다.

제4절 결론

본 연구는 현재 우리 나라에서 양돈의 규모화와 현대화에 따라 많이 보급되고 있는 무창돈사에 적합하고, 돼지의 체온 조절 행동에 근거하여 복합적으로 환경제어를 할 수 있는 복합 환경제어 시스템을 개발하기 위하여 수행되었는데, 이 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 환경제어용 알고리즘은 영상 처리를 이용한 돼지의 행동 분류, 유해 가스(탄산가스와 암모니아 가스)의 농도 계측, 돈사 내부의 습도 계측, 돈사 외부의 온도 계측 등의 결과를 분석하여 환기 단계를 결정한 후 배기팬과 입기구를 조절하고, 냉·난방기를 작동시키는 순으로 구성되었으며, 아울러 정전 시에는 경보기를 작동시키도록 하였다. 그리고 프로그램은 LabWindows/CVI 언어로 작성되었다.

2. 환경제어 시스템의 하드웨어는 PC, 영상처리 보드인 DT3153, 칼라용 CCD 카메라, ACL-8112PG, 센서, 배기팬, SSR, Power supply, stepping motor로 구

성되었으며, 소프트웨어는 기본 자료 입력, 계측 채널의 설정, 측도설정, 계측값 그래픽, 작동중의 환경 상태, 영상 처리 결과 화면 출력, 자동제어에서 수동제어로의 전환 등으로 구성되었다.

제5절 참고문헌

1. Chang, D. I, H. H. Chang, and S. H. Bahng. 1997. Selection of the sensors for the environmental control systems of pig-housing in temperate zone. ASAE Paper No. 974123.
2. MWPS. 1990. Mechanical ventilating systems for livestock housing, MWPS-32, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames.

제 8 장 복합환경제어 시스템의 농장 실증 시험

제1절 서설

현재 우리 나라는 양돈의 규모화와 현대화에 따라 점차 무창돈사의 보급이 확대되고 있는 실정이다. 특히 무창돈사의 환경제어 시스템을 보면, 돈사 내부의 온도에 따라 배기팬의 회전속도를 자동으로 변화시켜 환기량을 제어해주는 환기방식이 주로 이용되고 있다. 또한 겨울철에 자돈사와 분만돈사에서는 보통 온수보일러, 온풍난방기로 가온하여 주며, 램프를 이용하여 가온을 시켜주는 경우도 있다. 이와 같이 공기 온도만을 고려하여 환경제어를 하는 것은 많은 문제를 발생시킬 수 있다. 왜냐하면 돼지의 생산성과 건강에 영향을 미치는 요소 중에서 공기 온도가 가장 크게 영향을 미칠지라도 습도, 유해 가스, 공기 속도 등도 많은 영향을 미치기 때문이다(Boon, 1981; Geers et al, 1986; MWPS, 1990). 또한 공기 온도가 같다고 해서 항상 돼지의 체감온도가 같을 수 없다. 즉 공기 온도가 같을지라도 다른 환경요소가 달라짐에 따라 돼지의 체감온도가 달라질 수 있다.

따라서, 본 연구는 개발된 복합 환경제어 시스템의 제어성능을 농장 실증 실험을 통하여 평가하기 위하여 수행되었는데, 그 구체적인 연구목적은 다음과 같다.

1. 돈사내의 공기 온도뿐만이 아니라 상대습도, 암모니아 가스의 농도, 탄산가스의 농도, 그리고 공기 속도 등의 분포와 공기 유동 형태를 분석한다.
2. 중체량, 사료요구율, 그리고 음수량 등의 양돈 사육성적을 분석한다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험기간 및 장소

우리 나라의 경우 사계절이 뚜렷함으로 계절별로 개발된 환경제어 시스템의 성능을 평가할 필요가 있다. 따라서 동계(1998. 2. 13 ~ 1998. 3. 14), 춘계(1998. 5. 18 ~ 1998. 6. 15), 하계(1998. 6. 16 ~ 1998. 7. 16)로 구분하여 대전광역시 유성구 구암동에 소재한 충남대학교 농과대학 부설 동물사육장에서 성능실험을 실시하였다.

2. 실험설계

본 실험의 처리는 환경제어 돈사와 관행돈사로 구분하여 2개 처리로 하였으며, 반복은 각 처리에 대하여 돈방을 3칸씩(돈방당 4두)으로 함으로써 3반복하였다.

3. 공시동물

환경제어 돈사 3칸과 관행돈사 3칸에 각각 12두씩 총 24두를 공시하였다. 공시되지는 란드레이스×라지화이트 교잡종(F1)으로 약 45령 및 80일령에 도달한 자돈 및 육성돈을 공시하였으며, 성비는 각 처리별로 각각 암돼지 8두, 수돼지 4두로 하였다.

4. 실험시설과 사양관리

무창돈사에서 이용할 수 있는 환경제어 시스템의 성능을 비교 평가하기 위하여 충남대학교 농과대학 부설 동물사육장에 있는 자연환기방식 돈사를 관행돈사로 이용하였다. 그림 8.1은 관행돈사의 내부 전경이며, 이 돈사에는 크기가 4.8m×2.4m인 15개의 돈방이 있는데 이중에 3칸을 2.4m×2.4m(두당 돈방면

적 : 1.44m^2)로 축소하여 실험용 돼지를 사육하였다. 그리고 분뇨는 스크래퍼 방식으로 처리되었으며, 니플이 슬랏(폭 : 1.2m) 바로 위에 위치하여 돈방 바닥 전체가 항상 청결하게 유지되었다.

같은 외부 환경 조건에서 관행돈사와 실험돈사의 성능을 비교 실험하기 위하여 실험용 관행돈사가 위치한 충남대학교 농과대학 부설 동물사육장의 자연 환기방식 돈사를 10mm 두께의 합판을 사용하여 환경제어 돈사로 개조하였다. 개조된 환경제어 돈사의 외부 모습과 내부 모습은 그림 8.2 및 그림 8.3과 같다. 환경제어 돈사의 내부에는 모두 3개의 돈방이 있으며, 이 돈방의 크기는 축산기술연구소에서 권장하고 있는 두당 0.6m^2 를 기준으로 하여 $1.4\text{m}(\text{W}) \times 2.2\text{m}(\text{L}) \times 2.0\text{m}(\text{H})$ 로 정하였다.

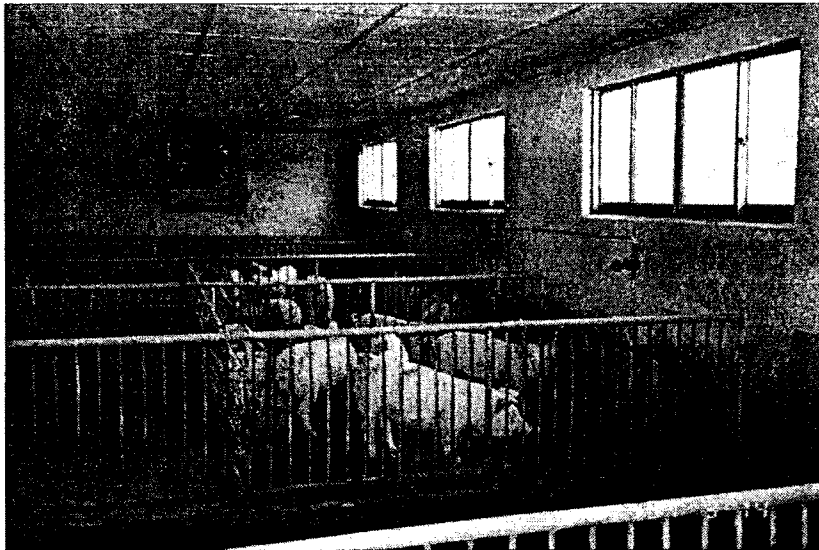


Fig. 8.1. Interior view of the conventional pig-housing.

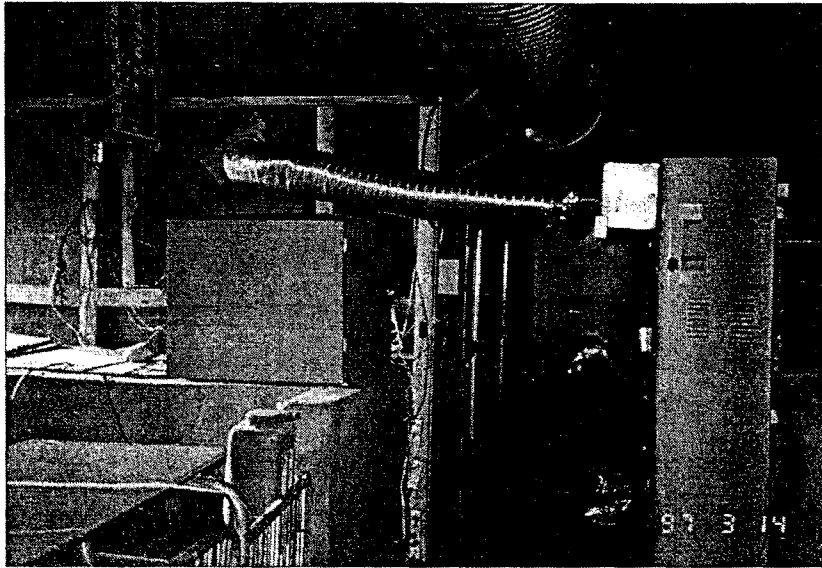


Fig. 8.2. Exterior view of the reconstructed experimental pig-housing

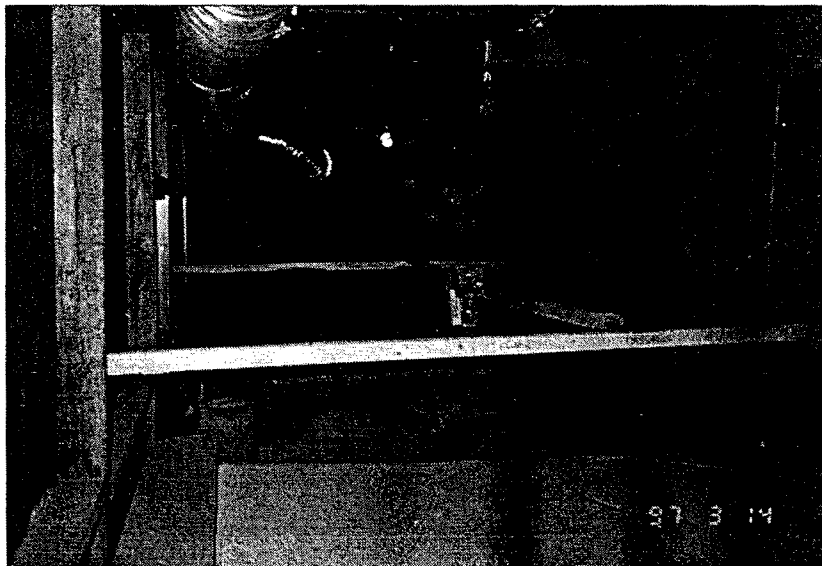


Fig. 8.3. Interior view of the experimental pig-housing.

Breum et al(1990)은 환기율이 높을 때 바닥 위 환기 시스템의 환기효율보다 피트 환기 시스템의 환기효율이 높으며, 바닥 위 환기 시스템에 비하여 피트 환기 시스템이 유해가스의 농도를 낮게 하는데 효과적이라고 보고하였다. 따라서 피트 환기 시스템을 본 연구의 환기 시스템으로 선정하였다. Pig International(1997)과 MWPS(1990)는 입기구의 공기속도가 5.0m/s 정도가 되어야 환기효율이 좋다고 하였다. 그리고 여름에는 고온이므로 체감온도를 낮추기 위하여 입공기를 직접 돼지에게 도달시키야 하며, 겨울에는 입공기가 차가우므로 돼지에게 직접 도달하게 해서는 안된다. 따라서 외부의 공기온도(계절)에 따라 입공기의 제트 방향이 조절되고 입기구의 공기속도가 5.0m/s 정도로 유지되도록 그림 8.4와 같은 입기구개폐기를 설치하여 제어하였다. MWPS(1991)의 기준에 따라 배기 덕트를 직경 300mm 파이프를 하였으며, 출입문을 열고 닫을 수 있도록 분뇨 피트로부터 배기 덕트를 600mm 이격시킨 후 분뇨 피트와 배기 덕트를 직경 100mm 플라스틱 파이프를 연결하였다. 배기 덕트의 실제 설치된 모습은 그림 8.5와 같다.

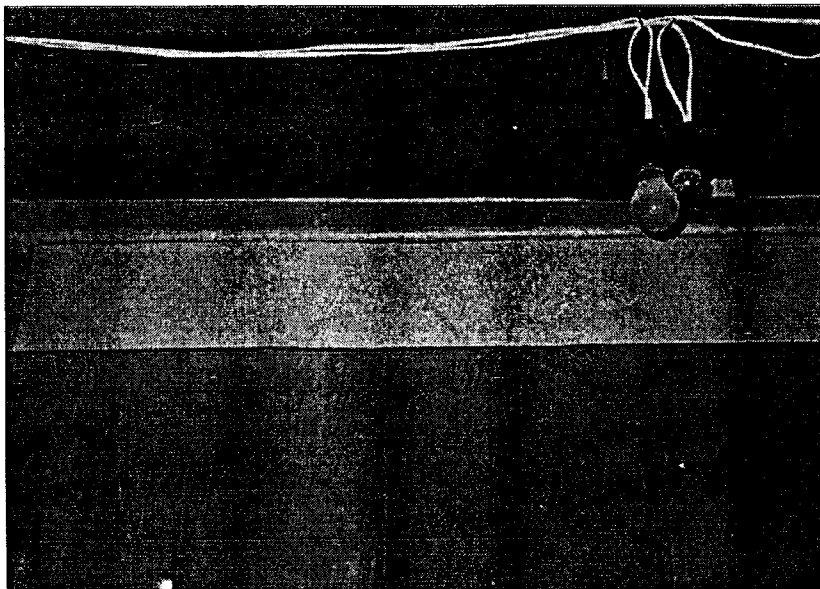


Fig. 8.4. Continuous slot inlet controlled by a stepping motor.

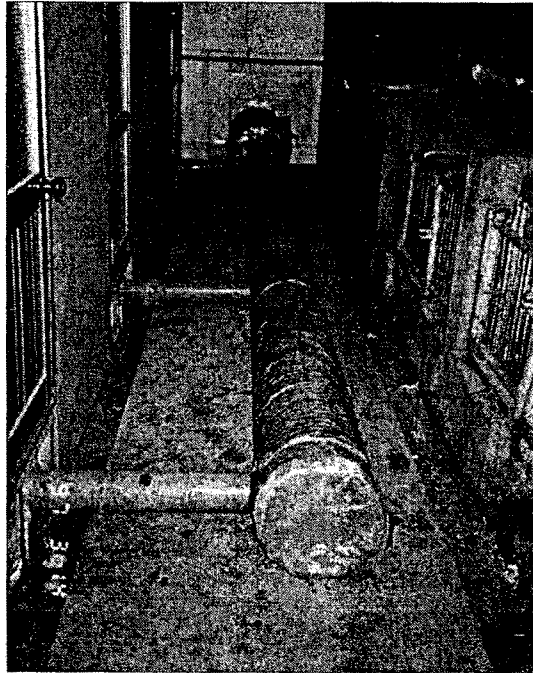


Fig. 8.5. Pit ventilation duct in the experimental pig-housing.

배합사료(표 8.1)는 매일 오전 10시에 예비실험동안에 섭취한 양의 30%를 증량하여 급여하였으며, 물은 니플을 설치하여 무제한 자유 음수토록 하였다. 자돈의 경우 107.6lx, 육성비육돈의 경우 53.8lx, 그 외의 경우에는 161.4lx의 조도를 권장하고 있다(MWPS, 1991). 그러나 관행돈사에서는 자연광만을 제공하였으며, 실험돈사에서는 24시간 영상 처리를 하고 돼지의 운동을 최대한 억제하기 위하여 권장하고 있는 조도보다 낮은 10.0lx(모델 : LX-101 digital lux meter)를 백열등으로 24시간 제공하였다. 관행돈사에서는 난방을 하지 않았으며, 실험돈사에서는 난방을 하였다.

Table 8.1. Chemical composition of experimental diets

| Item | Diet I ¹⁾ | Diet II ²⁾ |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Chemical composition(%) | | |
| Crude protein | 17.5 | 15.0 |
| Crude fat | 4.0 | 3.5 |
| Crude fiber | 6.0 | 7.0 |
| Crude ash | 8.0 | 8.0 |
| Calcium | 0.8 | 0.8 |
| Phosphorus | 0.6 | 0.5 |
| DCP(%) | 12.10 | 10.3 |
| DE(kcal) | 3,350 | 3,290.0 |

1) For pigs from 10 to 40kg

2) For pigs from 30 to 100kg

6. 측정항목 및 방법

관행 돈사에서 온도와 상대습도는 3개의 돈방 중에서 중앙에 위치한 돈방의 중심부 1m 높이에 다중측정기(모델 : 6243 system)의 프로브(probe)를 설치하고 다중측정기와 PC간에 RS232로 통신하여 PC에 저장하여 측정하였으며, 탄산가스와 암모니아 가스의 농도는 측정장치가 없었던 관계로 실험이 끝난 후에 환경제어 시스템에서 이용하였던 측정장치를 이용하여 2일 동안 측정하였다.

실험돈사에서 온도, 상대습도, 탄산가스의 농도, 그리고 암모니아 가스의 농도는 3개의 돈방 중에서 중앙에 위치한 돈방의 중심부 1m 높이에 센서를 설치하여 환경제어 시스템으로 측정하였다. 환기율과 난방기의 작동 상태는 환경제어 시스템에 의해 계속하여 저장되도록 하였다. 그리고 실험이 끝난 후에 다중측정기(모델 : 6243 system)를 이용하여 슬랏 중앙으로부터 10cm 높이에

서 공기속도를 환기율별로 측정하였다.

입기구 개폐기의 성능과 환기 성능을 평가하기 위하여 연기 발생기(smoke generator)로 연기를 발생시킨 후 연기의 유동을 관찰함으로써 돈사 내부에서의 공기유동을 측정하였다.

사료 섭취량은 매일 오전 10시에 급사할 때 섭취하고 남은 잔량을 회수하여 총 급사량에서 공제함으로써 측정하였으며, 음수량은 니플별로 오차가 $\pm 2\%$ 인 유량계(대원산업)를 설치하여 측정하였다.

돼지 계량틀을 이용하여 전자저울(Model : DB-150H, 최대오차 : 10g)로 시험개시체중, 시험중간체중, 시험최종체중을 측정하여 중체량을 계산하였다. 또한 환경제어 돈사와 관행돈사에서 30일간의 실험을 마친 후 공시돼지를 관행돈사에서 관행적 사육방법으로 출하시까지 사육한 후 출하체중을 돼지 계량틀과 전자저울을 이용하여 측정하였다.

여름 시험한 후 출하된 돼지의 도체등급은 도체중량과 등지방두께를 기준으로한 박(1996)의 축협육류등급판정소의 판정등급기준 A, B, C, D 및 E를 A는 5점, B는 4점, C는 3점, E는 1점으로 각각 환산하여 표시하였다.

얻어진 모든 시험자료는 SAS(1994) 통계 package GLM을 이용하여 Student T-test에 의하여 처리간 유의성 검정으로 분석되었다.

제3절 결과 및 고찰

1. 복합환경제어 시스템의 제어성능

가. 겨울철의 제어성능

1998년 2월 13일~3월 13일까지 한 달간 겨울철 시스템의 성능을 시험한 결과는 그림 8.6~8.12와 같다.

실험기간 동안 외부 온도는 그림 8.6과 같이 $-2.4\sim 16.1^{\circ}\text{C}$ 범위에서 유지되었으며, 이 때 평균온도는 6.5°C 이었다. 그리고 이 기간 중에 1일 최대 온도 변화폭은 16.0°C 이었으며, 1일 온도 변화가 매우 심했다.

관행돈사에서의 내부 공기 온도는 그림 8.6에 나타낸 것과 같이 $3.7\sim 17.6^{\circ}\text{C}$ 범위에서 유지되었으며, 평균 온도는 11.2°C 이었다. 이 평균 온도는 하한 임계온도인 15.0°C 보다 낮은 온도로 많은 시간 동안 내부 공기 온도가 하한 임계온도 이하로 유지된 것으로 나타났고 내부 공기 온도의 변화폭이 12.7°C 가 되는 날도 있을 정도로 공기 온도의 변화폭이 매우 컸었던 것으로 나타나 돼지들이 추위에 의하여 많은 스트레스를 받았을 것으로 사료된다.

환경제어 시스템의 공기 온도 제어성능은 그림 8.7과 같다. 참고, 1일 외부 온도의 변화폭이 매우 큰 상황에서 돈사 내부의 공기 온도가 $14.8\sim 23.4^{\circ}\text{C}$ 로 유지되었다. 이 $14.8\sim 23.4^{\circ}\text{C}$ 는 자돈 및 육성돈의 적정온도 범위인 $15.0\sim 27.0^{\circ}\text{C}$ 범위 내(이 등, 1995; 장 등, 1997)에 포함되는 것으로 환경제어 시스템에 의하여 돈사 내부의 공기 온도가 적정온도로 제어가 되어 추위로 인한 스트레스를 거의 받지 않았을 것으로 사료된다.

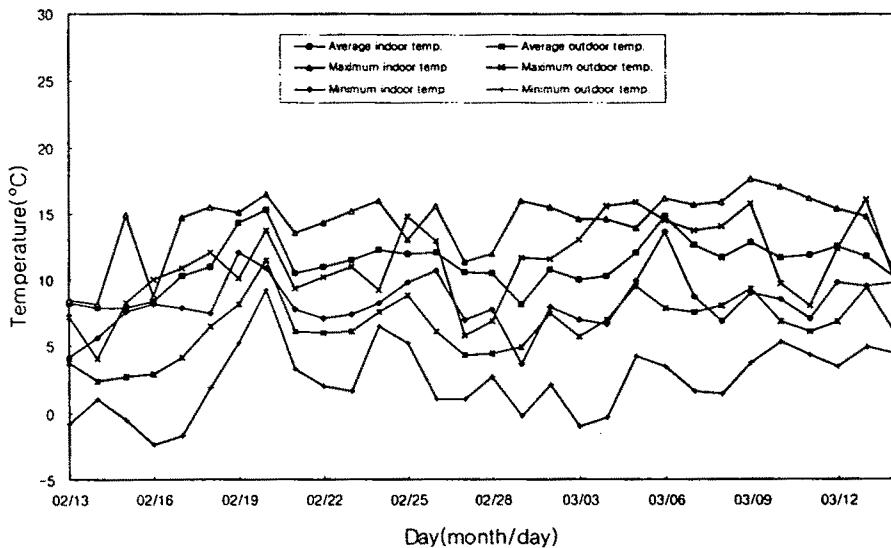


Fig. 8.6. Daily changes of the temperature in a room of the conventional pig-housing.

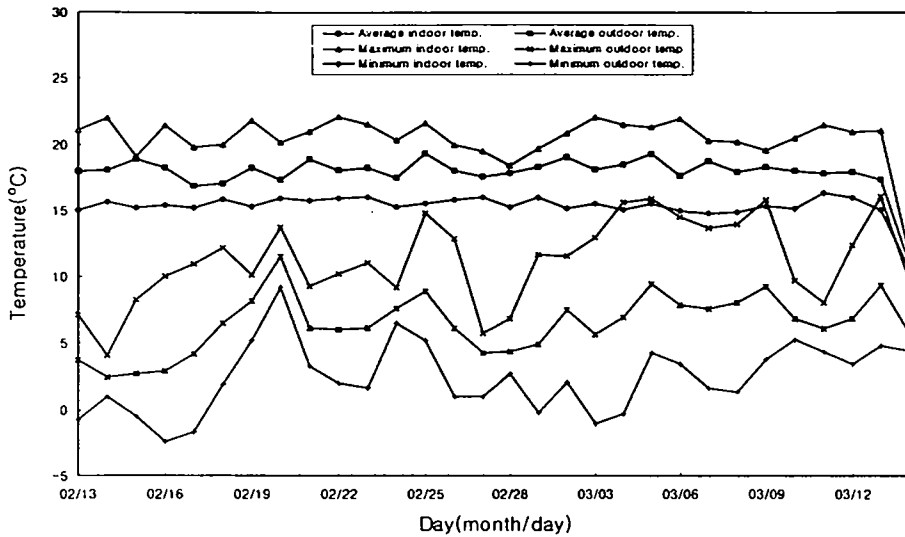


Fig. 8.7. Daily changes of the temperature in a room of the experimental pig-housing.

실험기간동안 외부 상대습도는 그림 8.8에서 처럼 19.0~96.0% 범위 내에서 유지되었으며, 평균상대습도는 59.0%이었다.

관행돈사에서 내부 상대습도는 그림 8.8에 나타낸 것과 같이 40.3~96.7% 범위에서 유지되었으며, 이 때 평균 상대습도는 73.9%이었다. 실험기간 동안 최고 내부 온도가 24℃보다 낮은 17.6℃이었기 때문에 높은 상대습도에 의하여 생산성의 감소가 없었을 것으로 판단되었으며, 평균 상대습도가 73.9%로 대부분 상대습도가 60.0% 이상 유지되어 먼지로 인한 호흡기 질병의 발생 가능성이 낮았던 것으로 분석되었다.

실험돈사에서 내부 상대습도는 그림 8.9와 같이 25.8~96.0% 범위에서 유지되었으며, 평균 상대습도는 69.3%이었다. 실험기간 동안 최고 내부 온도가 24℃보다 낮은 23.4℃이었기 때문에 높은 상대습도에 의하여 생산성의 감소가 없었으며, 평균 상대습도가 69.3%로 대부분 상대습도가 60.0% 이상 유지되어 먼지로 인한 호흡기 질병의 발생 가능성이 낮았던 것으로 분석되었다. 그리고 관행돈사의 평균 상대습도보다 환경제어 돈사의 평균 상대습도가 4.6% 낮게

나타났는데, 이는 난방으로 인한 것으로 판단된다. 만약 외부 상대습도가 아주 낮은 환경에서 장기간 난방을 하게 되면 내부 상대습도가 60% 미만으로 장기간 유지되기 때문에 호흡기 질병의 발생 가능성이 높아질 것이다. 따라서 난방 대책과 함께 상대습도 조절 대책도 마련되어야 한다.

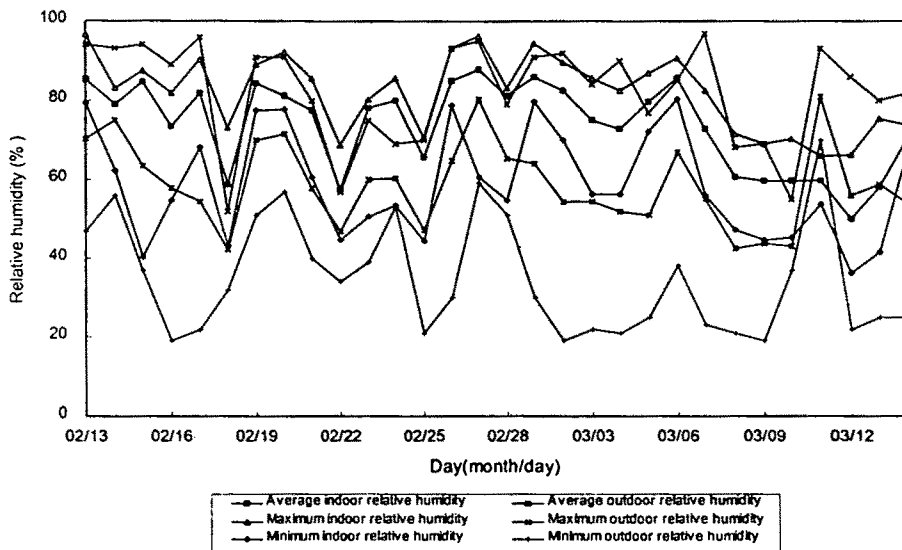


Fig. 8.8. Daily changes of the relative humidity in a room of the conventional pig-housing.

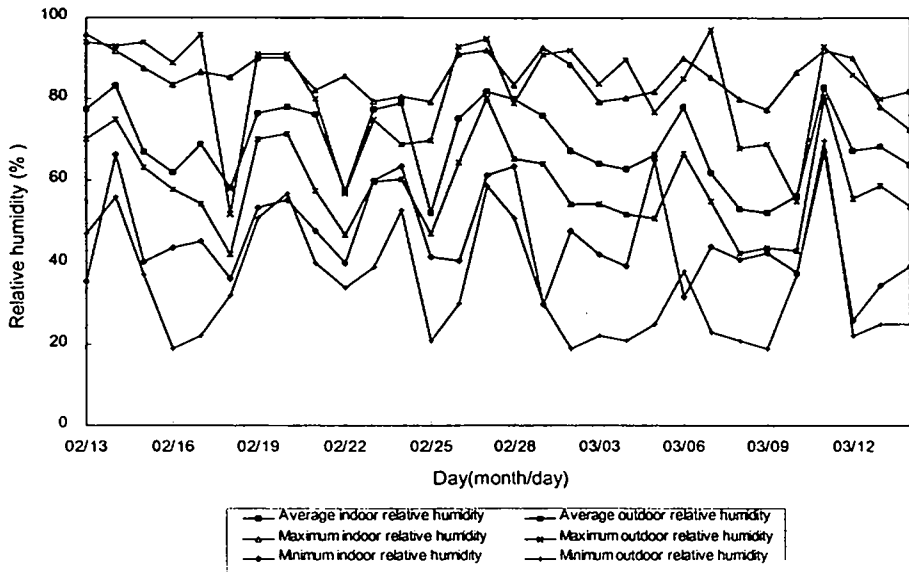


Fig. 8.9. Daily changes of the relative humidity in a room of the experimental pig-housing.

관행돈사에서 탄산가스과 암모니아 가스의 최고 농도는 그림 8.10과 같이 1,049.0ppm과 9.4ppm으로 유지되었는데, 이는 허용농도보다 훨씬 낮은 농도이다. 이와 같이 탄산가스과 암모니아 가스의 최고 농도가 허용농도보다 낮게 유지되었던 것은 정오를 전후하여 자연 환기에 의해 농도가 많이 낮아졌고, 그 외의 시간에는 소수의 돼지에 의해 발생하는 가스량으로는 넓은 돈사 내부 공간에서의 농도를 높이는데 한계가 있었기 때문이었다.

실험돈사에서 탄산가스과 암모니아 가스의 농도는 그림 8.11과 그림 8.12에 나타난 것처럼 1,950.4ppm과 4.8ppm 이하로 유지되었다. 실험기간 중 4회에 걸쳐 탄산가스의 농도가 허용농도에 가까운 1,900.0~1,950.4ppm이 되었다가 낮아졌는데, 이는 최소환기율로 환기가 되는 상황에서 난방기가 작동되었기 때문에 허용농도에 가깝게 증가되었고 그에 따라 환기율이 증가되어 농도가 낮아졌다. 암모니아 가스의 농도는 환기가 잘 됨으로 인하여 허용농도인 20.0ppm(MWPS, 1990)보다 매우 낮게 유지되었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 관행돈사와 실험돈사에서 모두 유해 가스의 농도가 허용농도 이하로 유지되었기 때문에 유해 가스로 인하여 악영향을 받지 않은 것으로 분석되었다.

효과적으로 유해 가스를 배출시키기 위해서는 슬랏 밑으로의 공기 속도가 0.08m/s 이상되어야 하며(Grub et al, 1974), 높은 공기 속도로 인한 스트레스를 받지 않도록 하기 위해서는 공기 속도가 0.3m/s 이하이어야 한다(Sainsbury, 1978). 따라서 공기 속도가 0.08~0.3m/s 범위 내에서 유지되어야 하는데, 실험기간동안 0.11~0.23m/s 범위로 유지되었다. 따라서 돼지가 공기 속도로 인하여 스트레스를 받지 않았으며, 유해가스가 효과적으로 배출된 것으로 분석되었다.

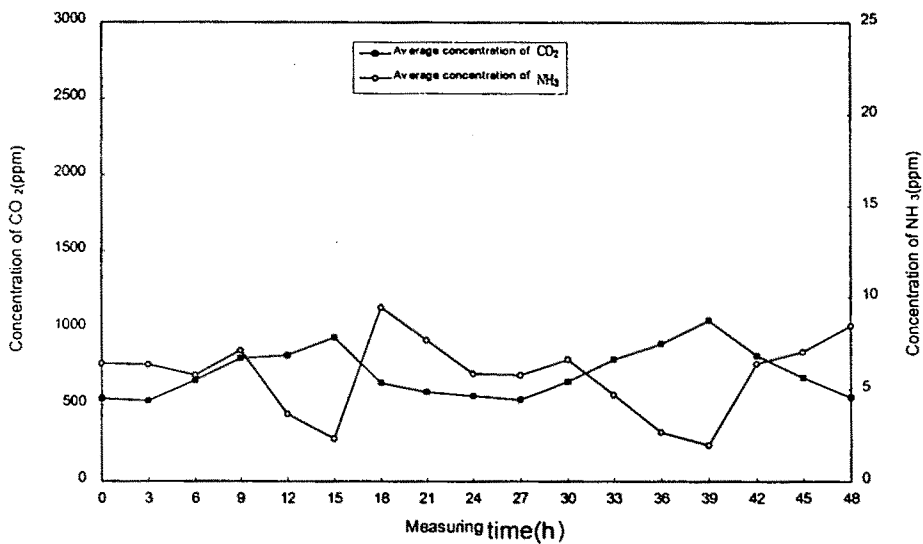


fig. 8.10. Daily changes of the CO₂ and NH₃ gases in a room of the conventional pig-housing.

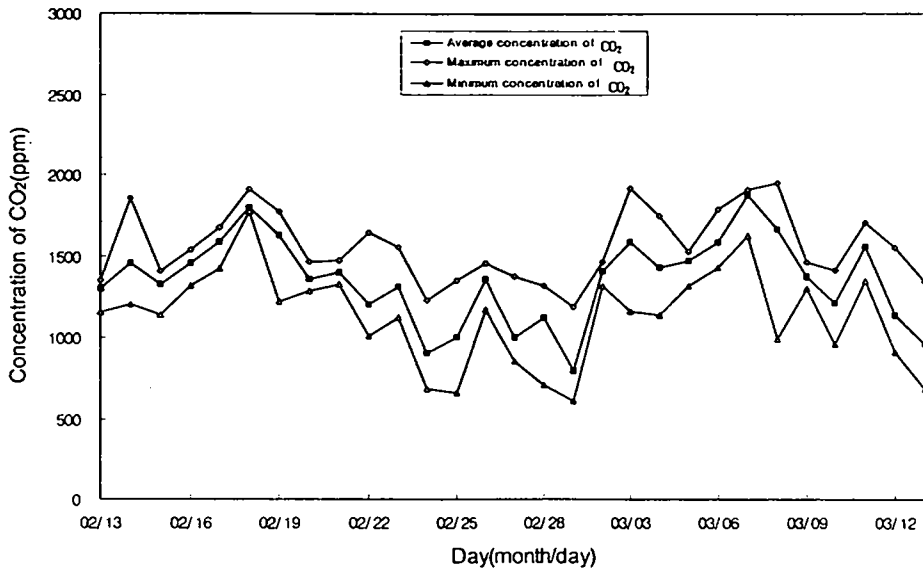


Fig. 8.11. Daily changes of the CO₂ gas in a room of the experimental pig-housing.

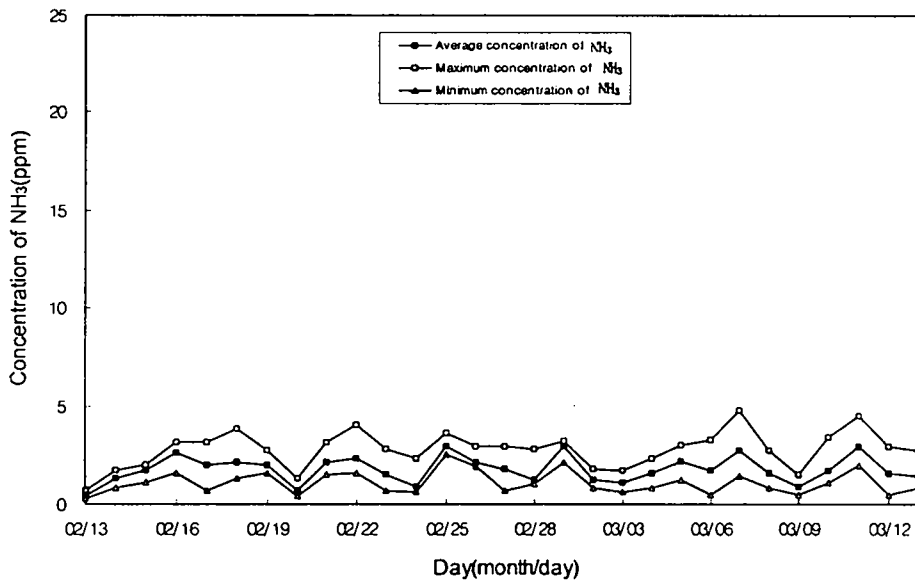


Fig. 8.12. Daily changes of the NH₃ gas in a room of the experimental pig-housing.

나. 봄철의 제어성능

1998년 5월 18일~6월 15일까지 한 달간 봄철 시스템의 성능을 시험한 결과는 그림 8.13~8.19와 같다.

실험기간 동안 외부 온도는 그림 8.13과 같이 9.0~29.8℃ 범위에서 유지되었으며, 이 때 평균온도는 19.5℃이었다. 그리고 이 기간 중에 1일 최대 온도 변화폭은 18.1℃이었으며, 1일 온도 변화가 매우 심했다.

관행돈사에서의 내부 공기 온도는 그림 8.13에 나타낸 것과 같이 12.5~30.4℃ 범위에서 유지되었다. 이 12.5~30.4℃는 자돈 및 육성돈의 적정온도 범위인 15.0~27.0℃ 범위에서 벗어났고, 내부 공기 온도의 변화폭이 15.5℃가 되는 날도 있을 정도로 공기 온도의 변화폭이 매우 컸었던 것으로 나타나 돼지들이 온도변화에 의하여 많은 스트레스를 받았을 것으로 사료된다.

환경제어 시스템의 공기 온도 제어성능은 그림 8.14와 같다. 1일 외부 온도의 변화폭이 매우 큰 상황에서 돈사 내부의 공기 온도가 17.4~26.6℃로 유지되었다. 이 17.4~26.6℃는 자돈 및 육성돈의 적정온도 범위인 15.0~27.0℃ 범위 내에 포함되는 것으로 환경제어 시스템에 의하여 돈사 내부의 공기 온도가 적정온도로 제어가 되어 온도에 의한 스트레스를 거의 받지 않았을 것으로 사료된다.

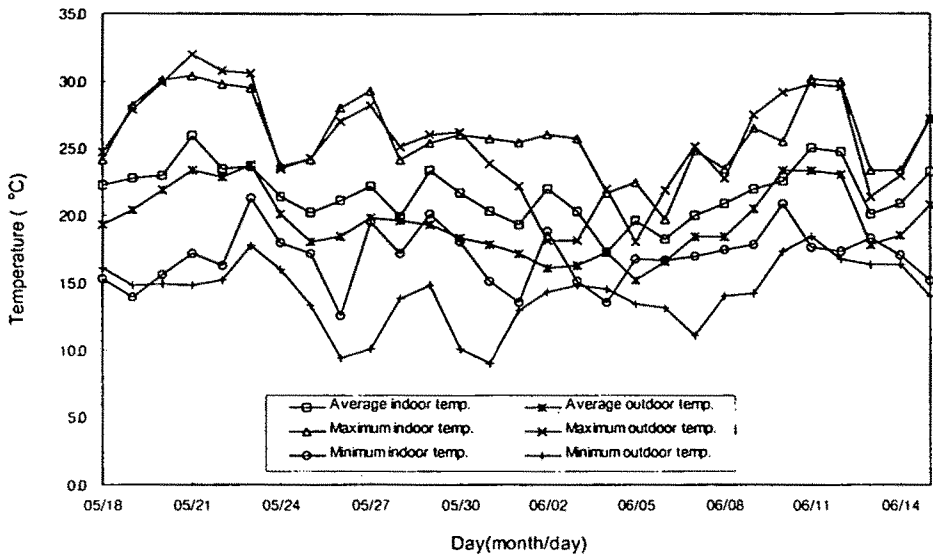


Fig. 8.13. Daily changes of the temperature in a room of the conventional pig-housing.

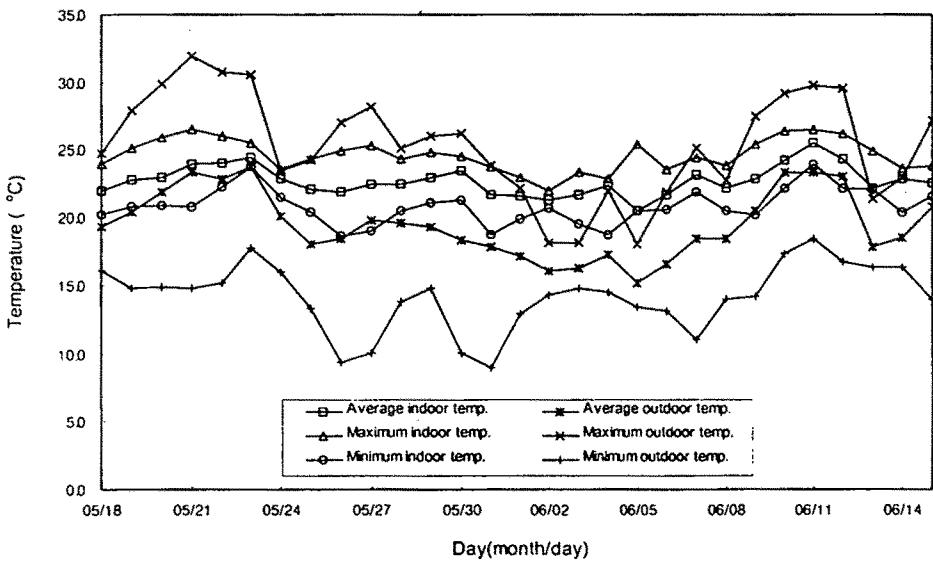


Fig. 8.14. Daily changes of the temperature in a room of the experimental pig-housing.

실험기간동안 외부 상대습도는 그림 8.15에서 처럼 20.9~77.5.0% 범위 내에서 유지되었으며, 평균상대습도는 78.7%이었다.

관행돈사에서 내부 상대습도는 그림 8.15에 나타낸 것과 같이 45.0~79.2% 범위에서 유지되었으며, 이 때 평균 상대습도는 64.3%이었다. 실험기간 동안 최고 내부 온도가 24℃보다 높은 30.4℃이었으나 상대습도가 80% 이하에서 유지되었으므로 높은 상대습도에 의하여 생산성의 감소가 없었을 것으로 판단되었으며, 평균 상대습도가 64.3%로 대부분 상대습도가 60.0% 이상 유지되어 먼지로 인한 호흡기 질병의 발생 가능성이 낮았던 것으로 분석되었다.

실험돈사에서 내부 상대습도는 그림 8.16과 같이 46.6~85.7% 범위에서 유지되었으며, 평균 상대습도는 69.1%이었다. 실험기간 동안 최고 내부 온도가 24℃보다 높은 26.6℃이었으나 대부분 상대습도가 80% 이하에서 유지되었으므로 높은 상대습도에 의하여 생산성의 감소가 없었으며, 평균 상대습도가 69.1%로 대부분 상대습도가 60.0% 이상 유지되어 먼지로 인한 호흡기 질병의 발생 가능성이 낮았던 것으로 분석되었다. 그리고 관행돈사의 평균 상대습도보다 환경제어 돈사의 평균 상대습도가 4.8% 높게 나타났고, 또 환경제어 돈사의 상대습도가 더 많은 변화를 보였는데, 이는 환기로 인한 것으로 판단된다. 만약 외부 상대습도가 아주 낮은 환경에서 장기간 환기를 하게 되면 내부 상대습도가 60% 미만으로 장기간 유지되기 때문에 호흡기 질병의 발생 가능성이 높아질 것이다. 따라서 환기와 함께 상대습도 조절 대책도 마련되어야 한다.

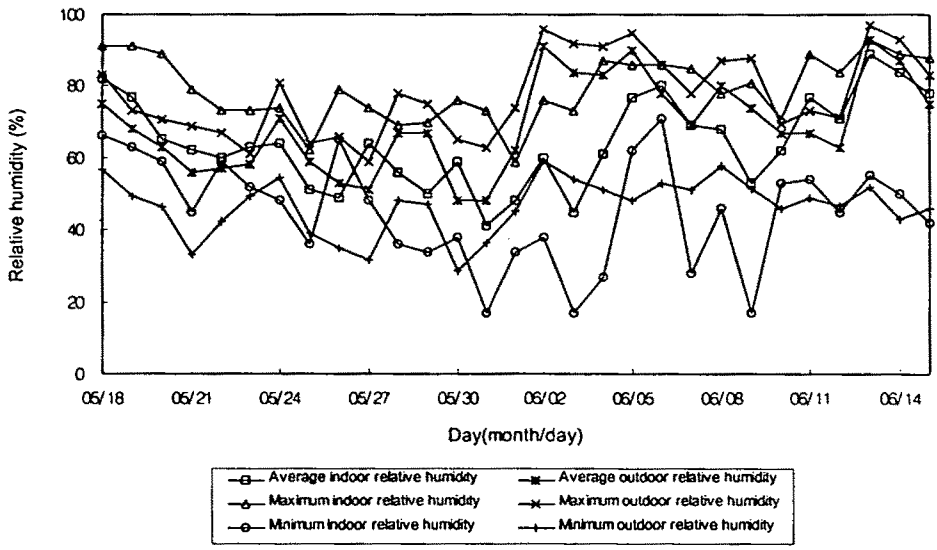


Fig. 8.15. Daily changes of the relative humidity in a room of the conventional pig-housing.

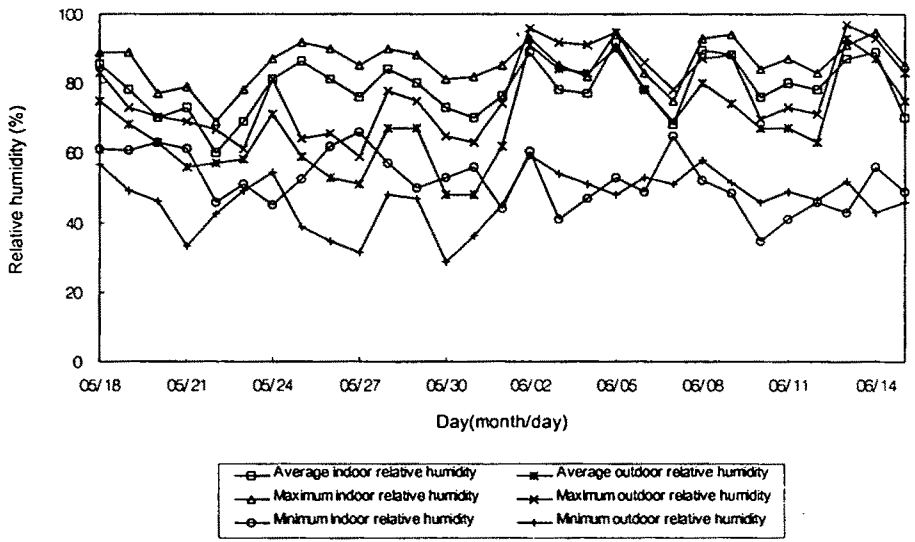


Fig. 8.16. Daily changes of the relative humidity in a room of the experimental pig-housing.

관행돈사에서 탄산가스와 암모니아 가스의 최고 농도는 그림 8.17과 같이 1,327ppm과 8.8ppm으로 유지되었는데, 이는 허용농도보다 훨씬 낮은 농도이다. 이와 같이 탄산가스와 암모니아 가스의 최고 농도가 허용농도보다 낮게 유지되었던 것은 정오를 전후하여 자연 환기에 의해 농도가 많이 낮아졌고, 그 외의 시간에는 소수의 돼지에 의해 발생하는 가스량으로는 넓은 돈사 내부 공간에서의 농도를 높이는 데 한계가 있었기 때문이었다.

실험돈사에서 탄산가스와 암모니아 가스의 농도는 그림 8.18과 그림 8.19에 나타난 것처럼 817.7ppm과 3.2ppm 이하로, 환기가 잘 됨으로 인하여 허용농도보다 매우 낮게 유지되었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 관행돈사와 실험돈사에서 모두 유해 가스의 농도가 허용농도 이하로 유지되었기 때문에 유해 가스로 인하여 악영향을 받지 않은 것으로 분석되었다.

효과적으로 유해 가스를 배출시키기 위해서는 슬랏 밑으로의 공기 속도가 0.08m/s 이상되어야 하며, 높은 공기 속도로 인한 스트레스를 받지 않도록 하기 위해서는 공기 속도가 0.3m/s 이하이어야 한다. 따라서 공기 속도가 0.08~0.3m/s 범위 내에서 유지되어야 하는데, 실험기간동안 0.11~0.14m/s 범위로 유지되었다. 따라서 돼지가 공기 속도로 인하여 스트레스를 받지 않았으며, 유해가스가 효과적으로 배출된 것으로 분석되었다.

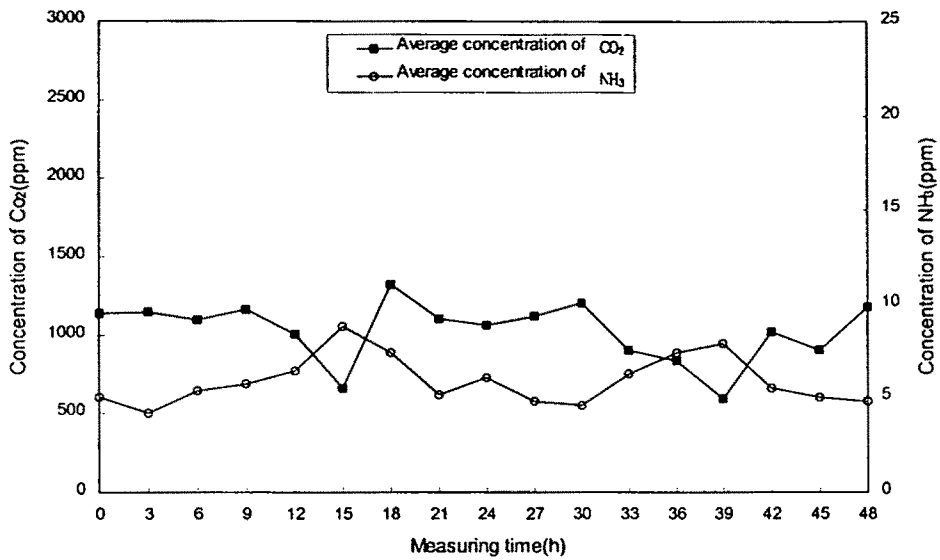


Fig. 8.17. Daily changes of the CO₂ and NH₃ gases in a room of the conventional pig-housing.

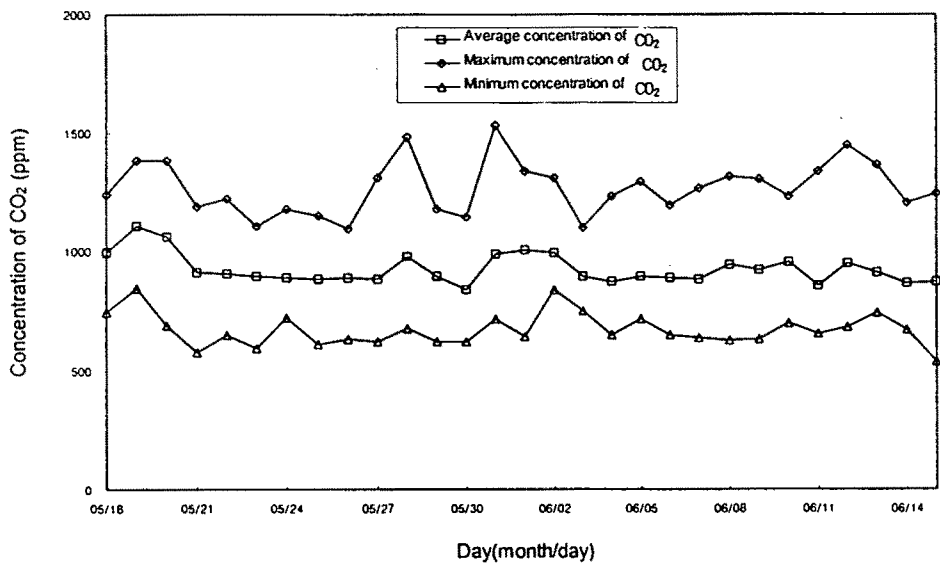


Fig. 8.18. Daily changes of the CO₂ gas in a room of the experimental pig-housing.

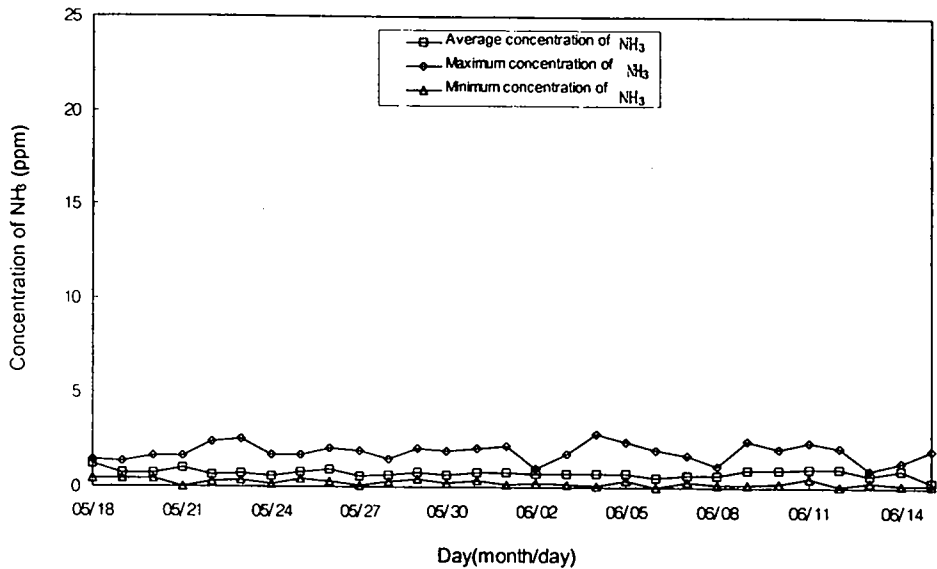


Fig. 8.19. Daily changes of the NH₃ gas in a room of the experimental pig-housing.

다. 여름철의 제어성능

1998년 6월 16일~7월 16일까지 한 달간 여름철 시스템의 성능을 시험한 결과는 그림 8.20~8.26과 같다.

실험기간 동안 외부 온도는 그림 8.20과 같이 16.2~32.5℃ 범위에서 유지되었으며, 이 때 평균온도는 24.2℃이었다. 그리고 이 기간 중에 1일 최대 온도 변화폭은 12.8℃이었으며, 1일 온도 변화가 매우 심했다.

관행돈사에서의 내부 공기 온도는 그림 8.20에 나타낸 것과 같이 14.9~32.0℃ 범위에서 유지되었다. 이 14.9~32.0℃는 자돈 및 육성돈의 적정온도 범위인 15.0~27.0℃ 범위에서 벗어났고, 내부 공기 온도의 변화폭이 12.0℃가 되는 날도 있을 정도로 공기 온도의 변화폭이 매우 컸었던 것으로 나타나 돼지들이 온도변화에 의하여 많은 스트레스를 받았을 것으로 사료된다.

환경제어 시스템의 공기 온도 제어성능은 그림 8.21과 같다. 1일 외부 온도

의 변화폭이 매우 큰 상황에서 돈사 내부의 공기 온도가 22.0~27.2℃로 유지되었다. 이 22.0~27.2℃는 자돈 및 육성돈의 적정온도 범위인 15.0~27.0℃ 범위 내에 포함되는 것으로 환경제어 시스템에 의하여 돈사 내부의 공기 온도가 적정온도로 제어가 되어 온도에 의한 스트레스를 거의 받지 않았을 것으로 사료된다.

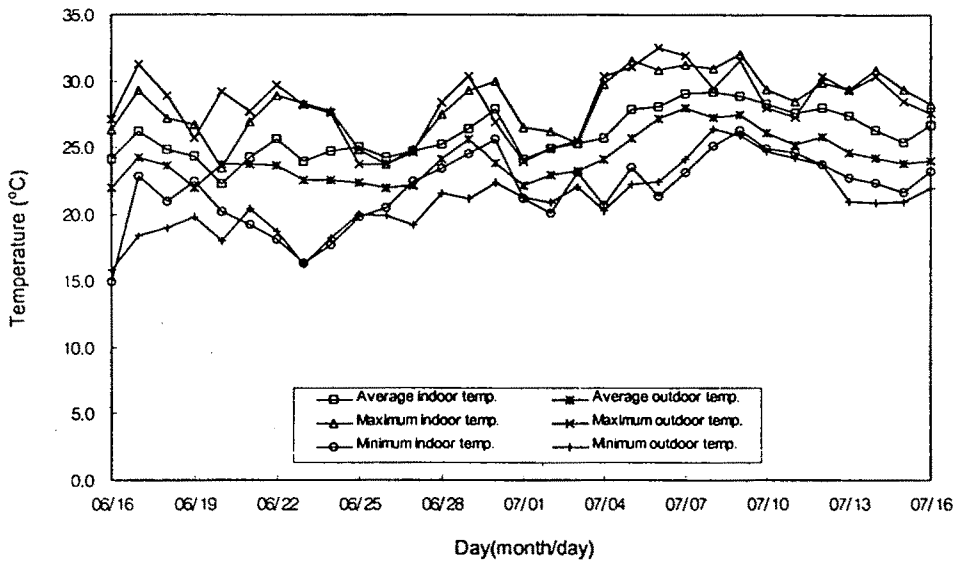


Fig. 8.20. Daily changes of the temperature in a room of the conventional pig-housing.

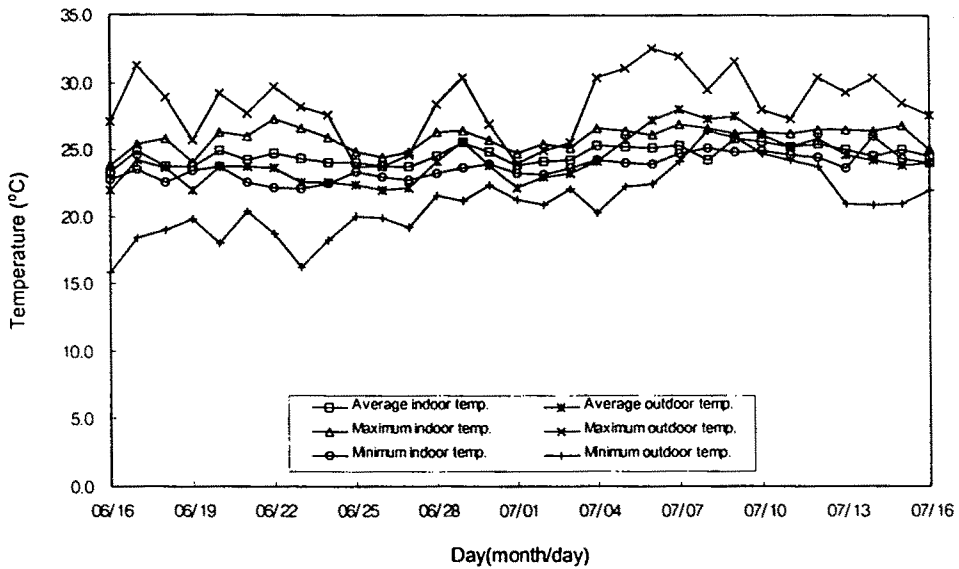


Fig. 8.21. Daily changes of the temperature in a room of the experimental pig-housing.

실험기간동안 외부 상대습도는 그림 8.22에서처럼 23.7~88.7% 범위 내에서 유지되었으며, 평균상대습도는 83.7%이었다.

관행돈사에서 내부 상대습도는 그림 8.22에 나타낸 것과 같이 57.5~88.6% 범위에서 유지되었으며, 이 때 평균 상대습도는 81.7%이었다. 실험기간 동안 실내최고 온도는 32.0°C, 평균 상대습도 81.7%로 대부분 상대습도가 60.0% 이상 유지되어 먼지로 인한 호흡기 질병의 발생 가능성이 낮았으나 생산성의 감소에 영향을 주었을 것으로 분석되었다.

실험돈사에서 내부 상대습도는 그림 8.23과 같이 61.1~90.8% 범위에서 유지되었으며, 평균 상대습도는 82.2%이었다. 실험기간 동안 최고 내부 온도가 24°C보다 높은 27.2°C이었고, 또 대부분 상대습도가 80% 이상에서 유지되었으므로 높은 상대습도에 의하여 생산성의 감소 가능성이 높았으며, 평균 상대습도가 82.2%로 대부분 상대습도가 60.0% 이상 유지되어 먼지로 인한 호흡기 질병의 발생 가능성이 낮았던 것으로 분석되었다.

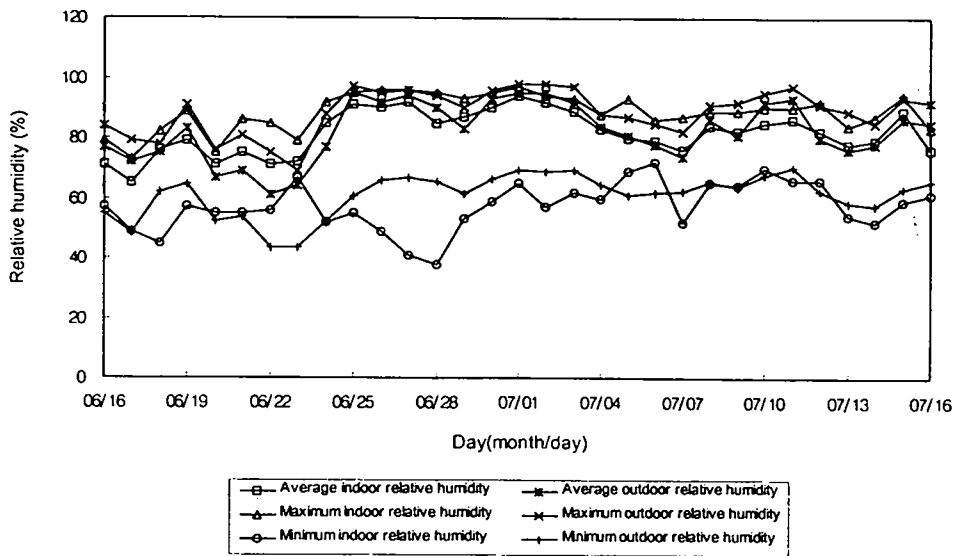


Fig. 8.22. Daily changes of the relative humidity in a room of the conventional pig-housing.

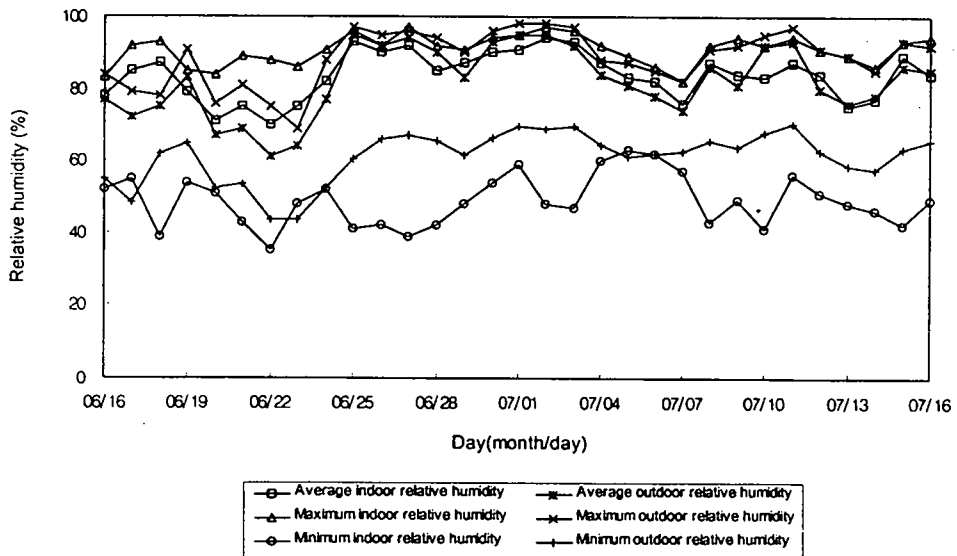


Fig. 8.23. Daily changes of the relative humidity in a room of the experimental pig-housing.

관행돈사에서 탄산가스와 암모니아 가스의 최고 농도는 그림 8.24와 같이 1,506ppm과 9.6ppm으로 유지되었는데, 이는 허용농도보다 낮은 농도이다. 이와 같이 탄산가스와 암모니아 가스의 최고 농도가 허용농도보다 낮게 유지되었던 것은 정오를 전후하여 자연 환기에 의해 농도가 많이 낮아졌고, 그 외의 시간에는 소수의 돼지에 의해 발생하는 가스량으로는 넓은 돈사 내부 공간에서의 농도를 높이는데 한계가 있었기 때문이었다.

실험돈사에서 탄산가스와 암모니아 가스의 농도는 그림 8.25와 그림 8.26에 나타난 것처럼 961.0ppm과 2.6ppm 이하로, 환기가 잘 됨으로 인하여 허용농도보다 매우 낮게 유지되었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 관행돈사와 실험돈사에서 모두 유해 가스의 농도가 허용농도 이하로 유지되었기 때문에 유해 가스로 인하여 악영향을 받지 않은 것으로 분석되었다.

효과적으로 유해 가스를 배출시키기 위해서는 슬랏 밑으로의 공기 속도가 0.08m/s 이상되어야 하며, 높은 공기 속도로 인한 스트레스를 받지 않도록 하기 위해서는 공기 속도가 0.3m/s 이하이어야 한다. 따라서 공기 속도가 0.08~0.3m/s 범위 내에서 유지되어야 하는데, 실험기간동안 0.11~0.14m/s 범위로 유지되었다. 따라서 돼지가 공기 속도로 인하여 스트레스를 받지 않았으며, 유해가스가 효과적으로 배출된 것으로 분석되었다.

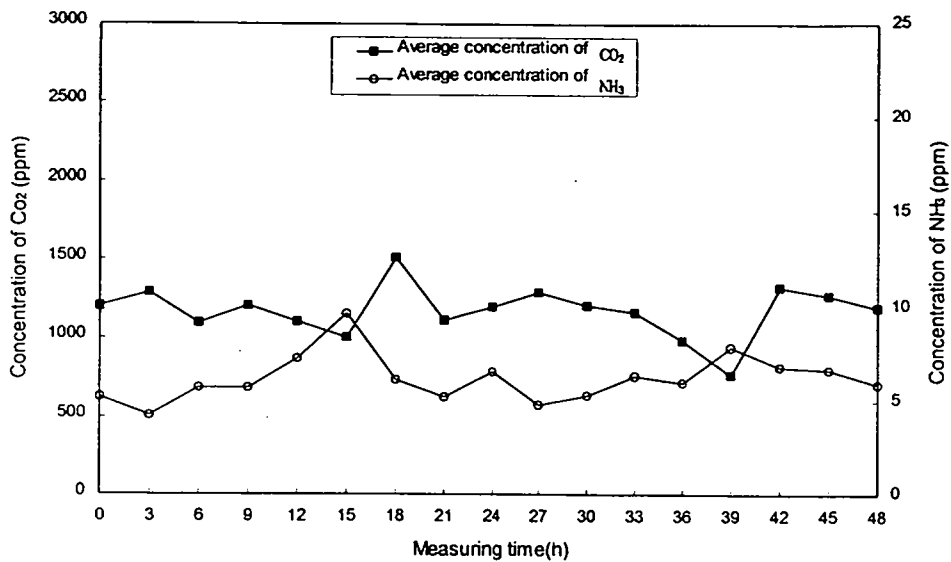


Fig. 8.24. Daily changes of the CO₂ and NH₃ gases in a room of the conventional pig-housing.

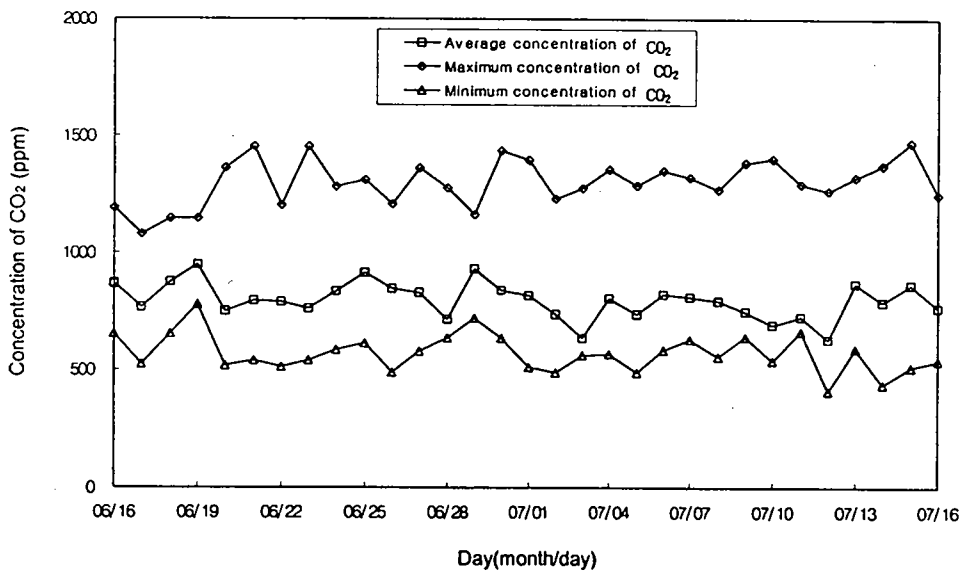


Fig. 8.25. Daily changes of the CO₂ gas in a room of the experimental pig-housing.

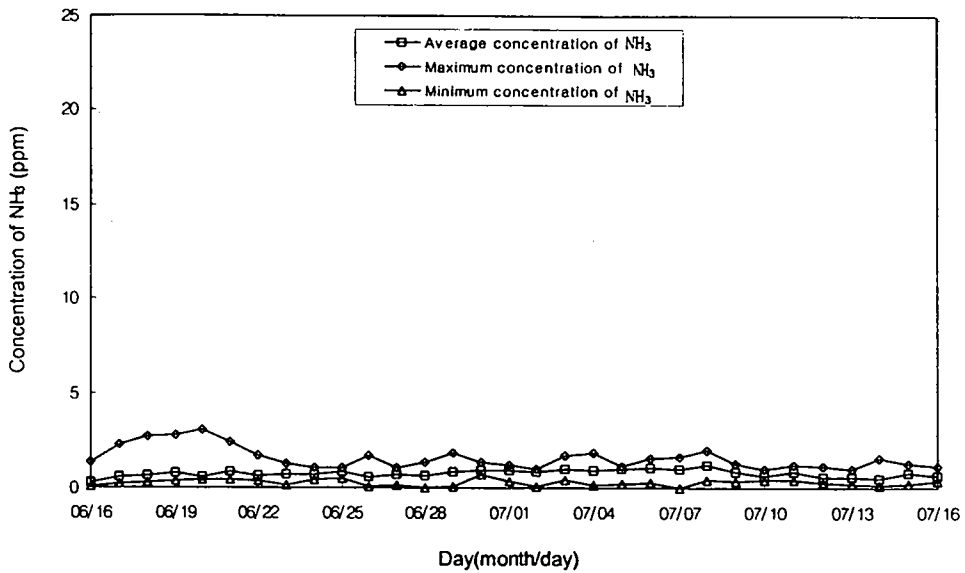


Fig. 8.26. Daily changes of the NH₃ gas in a room of the experimental pig-housing.

2. 공기유동

최소 환기율(2.4624cmm)로 환기될 때의 공기유동은 그림 8.27과 같았다. 찬 입공기가 직접 돼지에게 도달되지 않았으며, 입공기의 속도가 4.4~5.2m/s로 유지되어 돈사 내부의 공기와 찬 입공기가 잘 혼합되어 배출됨으로써 효과적으로 환기가 되었다.

최대 환기율(26.3796cmm)로 환기될 때의 공기유동은 그림 8.28과 같았다. 더운 입공기가 대부분 직접 돼지에게 도달됨으로써 체감온도가 저하되었으며, 동시에 입공기의 속도가 4.7~5.1m/s로 유지되어 입공기와 돈사 내부의 공기가 잘 혼합되어 배출됨으로써 효과적으로 환기가 되었다. 중간 환기율(8.4408cmm)로 환기될 때의 공기유동은 최소 환기율로 환기될 때와 최대 환기율로 환기될 때의 중간 형태로 환기되었으며, 이 때 입공기의 속도가 4.5~5.0m/s로 유지되어 효과적으로 환기가 되었다.

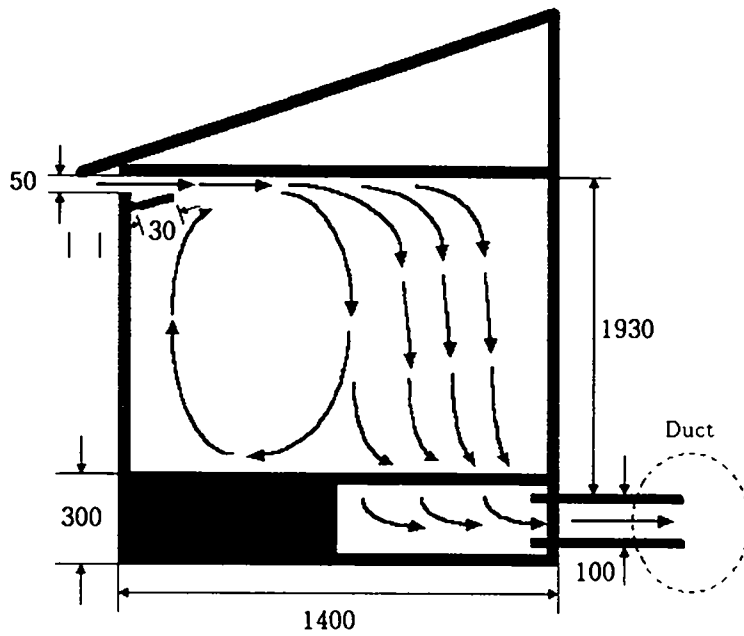


Fig. 8.27. Air flow under the minimum ventilation rate

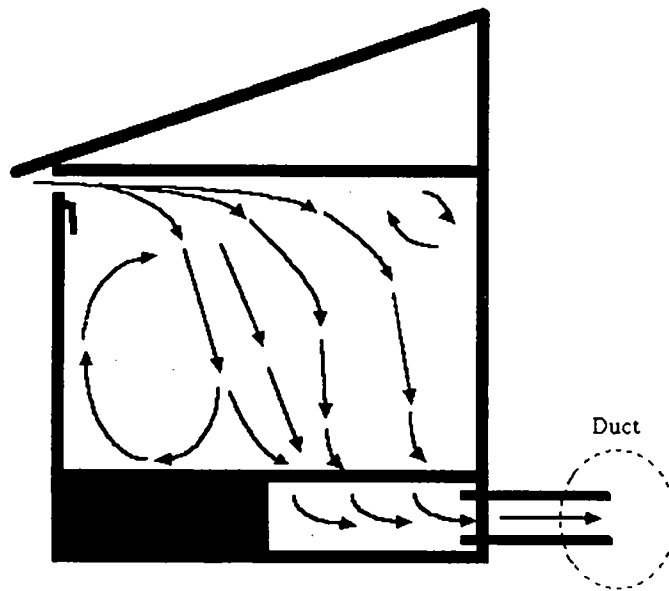


Fig. 8.28. Air flow under the maximum ventilation rate

3. 사양성적

가. 겨울철의 사양성적 비교

겨울철에 육성돈을 30일간 사양한 결과는 표 8.2와 같다. 일당 증체량은 환경제어 돈사에서 0.747kg으로 나타나 관행돈사의 0.734kg에 비하여 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다($P < 0.05$). 증체량과 사료효율은 Mayrose 등 (1992)의 Pork Industry Handbook에 의하면, 일당증체량은 0.680kg 이상일 때, 사료효율은 3.0(feed/gain) 이하일 때 Excellent(매우 우수)에 해당된다고 평가할 수 있다. 본 시험결과를 평가할 때 두 처리 공히 일당증체량에 있어서 Excellent(매우 우수)에 해당된다고 할 수 있다. 사료효율에 있어서 환경제어돈사에서는 2.864로 나타나 관행돈사의 3.366에 비해 매우 우수하게 나타났으며, 이는 Excellent에 해당되는 성적으로 두 처리간 유의적인 차이가 인정되었다($P < 0.05$). 이와 같은 결과는 환경제어 돈사의 경우 돼지의 생산성에 영향을 미치는 주요 환경요인인 온도, 상대습도, 유해 가스 등을 자동으로 제어해 줌으로써 육성돈의 유지에너지 손실이 외기온에 영향을 받는 관행구에 비하여 적었기 때문이라고 사료된다. 음수량은 환경제어 돈사가 두당 6.86 l/day, 관행구가 7.66 l/day로 환경제어 돈사가 관행구에 비해 적게 나타났으며, 두 처리간 유의적인 차이가 인정되었다($P < 0.05$).

한편, 환경제어 돈사와 관행돈사에서 30일간 시험한 다음 공시축을 관행돈사에서 출하시까지 사육한 후 출하체중과 일당증체량을 비교한 성적을 보면 표 8.3과 같다. 개시체중 및 종료체중은 공히 각 처리간 차이가 인정되지 않았다($P < 0.05$). 그러나 일당증체량은 환경제어 돈사에서 사육되었던 처리구에서 0.873kg으로 나타나 관행구에서 사육되었던 처리구의 0.828kg보다 높게 나타났었다($P < 0.05$). 이러한 성적은 육성돈의 성장시 최적환경의 제공이 비육돈 때의 생산성에 영향을 준 것으로 사료된다.

표 8.2. 겨울철의 사양성적

| 구 분 | 관행돈사 | 환경제어돈사 |
|-----------------------|--------------------|--------------------|
| 사육두수(pig) | 12 | 12 |
| 평균 개시 체중(kg) | 31.64 ^a | 28.68 ^a |
| 평균 종료 체중(kg) | 53.66 ^a | 51.08 ^a |
| 평균 일당증체량(kg/day) | 0.734 ^a | 0.747 ^a |
| 사료효율(feed kg/gain kg) | 3.366 ^a | 2.864 ^b |
| 평균 일당 음수량(ℓ/day) | 7.66 ^a | 6.86 ^b |

^a, ^b with different superscripts showed significant differences(P<0.05).

표 8.3 겨울철 시험 후 관행돈사에서의 사양성적

| 구 분 | 관행돈사 ¹⁾ | 환경제어돈사 ¹⁾ |
|------------------|--------------------|----------------------|
| 사육두수(pig) | 12 | 12 |
| 평균 개시 체중(kg) | 31.64 ^a | 28.68 ^a |
| 평균 종료 체중(kg) | 98.38 ^a | 99.42 ^a |
| 평균 일당증체량(kg/day) | 0.828 ^b | 0.878 ^a |

¹⁾ Both groups of conventional pig-housing and experimental pig-housing were fed at conventional pig-housing during finishing period (50~100kg) without environmental control system.

^a, ^b with different superscripts showed significant differences(P<0.05).

나. 봄철의 사양성적 비교

춘계 육성돈의 사양결과는 표 8.4와 같다. 사료는 공시축이 45일령 내외로 되어 있어 이 시기에 맞는 영양을 공급하기 위해 Diet I 사료를 급여하였다. 본 시험 개시체중 및 종료체중간에는 유의적인 차이가 인정되지 않았으며 (P<0.05), 또한 일당증체량에서도 차이가 없게 나타났다. 한편 사료효율에 있

어서는 환경제어돈사가 1.994로 관행돈사에 비해 우수하게 나타났으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다($P < 0.05$). 그러나 환경돈사와 관행돈사의 일당증체량 및 사료효율을 Mayrose 등(1992)의 Pork Industry Handbook 기준에서 보면 Excellent 에 해당된다고 평가할 수 있다. 이러한 결과는 봄철의 외기온이 육성돈의 성장에 큰 영향을 주지 않았고, 또한 관행돈사의 자연환기가 환경제어돈사의 강제환기 시스템에 비해 유해가스 제거에 큰 차이가 없지 않았나 사료된다. 음수량은 환경제어 돈사가 두당 5.25 l/day, 관행구가 10.67 l/day로 환경제어 돈사가 관행구에 비해 적게 나타났으며, 두 처리간 유의적인 차이가 인정되었다($P < 0.05$).

표 8.4. 봄철 사양성적

| 구 분 | 관행돈사 | 환경제어돈사 |
|-----------------------|--------------------|--------------------|
| 사육두수(pig) | 15 | 15 |
| 평균 개시 체중(kg) | 14.70 ^a | 16.10 ^a |
| 평균 종료 체중(kg) | 38.13 ^a | 39.26 ^a |
| 평균 일당증체량(kg/day) | 0.805 ^a | 0.795 ^a |
| 사료효율(feed kg/gain kg) | 2.050 ^a | 1.994 ^a |
| 평균 일당 음수량(l/day) | 10.67 ^a | 5.25 ^b |

* ^a, ^b with different superscripts showed significant differences($P < 0.05$).

다. 여름철의 사양시험 비교

여름철 육성돈의 사양결과는 표 8.5와 같다. 공시축에는 Diet II 사료를 급여하였다. 본시험의 일당증체량에서는 환경제어돈사에서 0.843kg 으로 나타나 관행돈사의 0.798kg에 비하여 높게 나타났으며, 두 처리간에 통계적인 유의성이 인정되었다($P < 0.05$). 또한 사료효율에 있어서 환경제어돈사에서는 2.142

로 나타나 관행돈사의 2.438에 비하여 높게 나타났다($P < 0.05$). 이러한 성적은 박 등(1996)이 여름철 환경조절을 갖춘 무창돈사에서 30kg 정도의 육성돈을 7주간 사육한 결과보다 일당중체량과 사료효율이 우수하였다. 이와 같은 차이는 여름철에 본 실험의 환경제어돈사는 image 처리로 돈사내의 환경을 최적조건을 제어하였고, 박 등(1996)은 단열재와 Door ventilation 환기방법으로만 제어함으로써 본 실험의 환경제어돈사의 성적이 우수한 것으로 사료된다. 한편, 환경제어돈사와 관행돈사의 일당중체량 및 사료효율을 Mayrose 등(1992)의 Pork Industry Handbook 기준에서 보면 Excellent 에 해당된다고 하겠다. 이와 같은 결과는 관행돈사의 경우 돼지의 생산성에 영향을 주는 환경요인인 온도, 상대습도 등의 외기온과 유해가스 등이 육성돈의 성장에 stress로 작용하여 환경제어돈사에 비해 생산성이 낮았다고 사료되는바 여름철 육성돈의 사양관리에 환경돈사가 생산성을 높이는데 유리하다 하겠다. 또한 음수량은 환경제어 돈사가 두당 9.47 l/day, 관행구가 14.13 l/day로 환경제어 돈사가 관행구에 비해 적게 나타났으며, 두 처리간 유의적인 차이가 인정되었다 ($P < 0.05$).

한편, 여름철 30일간의 사양시험한 다음 공시축을 관행적 사육방법으로 관행돈사에서 사육한 후 출하체중, 일당중체량, 도체체중, 등지방두께, 육질등급을 비교한 성적을 보면 표 8.6과 같다. 개시체중 및 종료체중은 공히 각 처리간 차이가 인정되지 않았다($P < 0.05$). 그러나 일당중체량 및 사료효율은 환경제어돈사에서 사육한 처리구에서 우수하게 나타났으며($P < 0.05$), 사료효율은 통계적 유의성이 인정되었다. 또한 머리, 내장 및 단족을 제거한 도체중량에서도 관행돈사에서 사육된 처리구에 비해 높게 나타났으며($P < 0.05$), 축산물등급판정소에서 등지방두께와 도체중량으로 판정한 육질등급을 환산하여 비교하였을 때(박, 1996) 환경제어돈사에서 사육한 돼지가 4.417으로 관행구의 3.833에 비해 우수하게 나타났다($P < 0.05$). 이러한 결과는 육성돈의 성장시 최적환경의 부여가 이후 비육돈 때까지 생산성 및 육질에 영향을 준 것으로 사료되는데, 정(1998)도 돼지의 쾌적한 사육환경은 육량 뿐만 아니라 육질을 향

상시킨다고 하여 본 연구 결과를 잘 뒷받침하였다.

표 8.5. 여름철 사양성적

| 구 분 | 관행돈사 | 환경제어돈사 |
|-----------------------|--------------------|--------------------|
| 사육두수(pig) | 12 | 12 |
| 평균 개시 체중(kg) | 25.43 ^a | 25.96 ^a |
| 평균 종료 체중(kg) | 49.39 ^b | 51.25 ^a |
| 평균 일당증체량(kg/day) | 0.798 ^b | 0.843 ^a |
| 사료효율(feed kg/gain kg) | 2.438 ^a | 2.142 ^b |
| 평균 일당 음수량(ℓ/day) | 14.13 ^a | 9.47 ^b |

* ^a, ^b with different superscripts showed significant differences(P<0.05).

표 8.6. 여름철 시험 후 관행돈사에서의 사양성적

| 구 분 | 관행돈사 ¹⁾ | 환경제어돈사 ¹⁾ |
|-----------------------------|---------------------|----------------------|
| 사육두수(pig) | 12 | 12 |
| 평균 개시 체중(kg) | 25.43 ^a | 25.96 ^a |
| 평균 종료 체중(kg) | 106.34 ^a | 51.25 ^a |
| 평균 일당증체량(kg/day) | 0.722 ^a | 0.731 ^a |
| 사료효율(feed kg/gain kg) | 3.370 ^a | 3.208 ^b |
| 평균 도제중량(kg) | 67.08 ^b | 70.00 ^a |
| 평균 등지방두께(mm) | 17.25 ^b | 18.40 ^a |
| APGS의 평균 육질등급 ²⁾ | 3.833 ^b | 4.417 ^a |

1) Both groups of conventional pig-housing and experimental pig-housing were fed at conventional pig-housing during finishing period (50~100kg) without environmental control system.

2) Based on Animal Products Grading Service(APGS) of Korea National Livestock Cooperatives Federation.

^a, ^b with different superscripts showed significant differences($P < 0.05$).

제4절 결론

본 연구는 무창돈사의 보급 확대에 따라 무창돈사에 적합하며, 열 환경요소 뿐만 아니라 탄산가스과 암모니아 가스 등을 복합적으로 제어할 수 있는 복합 환경제어 시스템을 개발한 후 이의 성능을 농장 실증 시험을 통해 평가하기 위하여 수행되었으며, 동계, 춘계, 그리고 하계로 구분하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 관행돈사의 경우 돈사내 온도가 계절에 관계없이 대부분 적정온도를 많이 벗어난 상태로 유지되어 돼지가 추위 또는 더위로 인하여 많은 스트레스를 받았을 것으로 사료되었으며, 환경제어 돈사의 경우는 돈사내 온도가 계절에 관계없이 적정온도로 제어가 되어 돼지가 추위와 더위로 인한 스트레스를 거의 받지 않았을 것으로 사료되었다.

2. 겨울과 봄의 경우 관행돈사와 환경제어 돈사 모두 상대습도가 대부분 60~80%로 유지되어 건조함에 의한 호흡기 질병의 가능성이 낮았던 것으로 나타났다. 그리고 여름에는 관행돈사의 경우 대부분 고온·고습으로 유지되어 생산성이 많이 감소되었을 것으로 판단되었으나, 환경제어 돈사의 경우는 대부분 고습으로 유지되었지만 돈사내 온도가 적정온도로 유지되었기 때문에 관행돈사에 비하여 생산성의 감소가 적었던 것으로 판단되었다.

3. 탄산가스과 암모니아 가스는 계절과 돈사에 관계없이 허용농도 이하의 값으로 유지되었기 때문에 건강과 생산성에 악영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

4. 환경제어 돈사에서의 풍속은 권장상한치인 0.3m/s보다 낮은 0.11~

0.23m/s 내에서 유지되었으며, 환경제어 돈사에서 입공기 속도가 4.4~5.2m/s로 유지되었기 때문에 환기가 효과적으로 이루어진 것으로 판단되었다.

5. 중체량은 환경제어 돈사가 관행돈사에 비하여 다소 높게 나타났으며, 겨울과 봄에는 통계적 유의차가 인정되지 않았으나($P < 0.05$) 여름에는 통계적 유의차가 인정되었다($P < 0.05$).

6. 사료효율은 계절에 관계없이 관행돈사에 비해 환경제어 돈사가 좋게 나타났으며, 봄에는 통계적인 유의차가 인정되지 않았으나($P < 0.05$) 겨울과 여름에는 통계적 유의차가 인정되었다($P < 0.05$).

7. 겨울과 여름에 30일간 사양시험을 한 후 관행적인 방법으로 관행돈사에서 출하체중까지 사육하여 얻은 결과에 의하면, 중체량, 사료효율, 그리고 육질등급이 모두 관행돈사군에 비하여 환경제어돈사군에서 우수하였다($P < 0.05$). 특히 환경제어돈사군의 경우 육질등급평가에서 대부분 A등급을 받았다. 이와 같이 육성돈을 겨울과 여름에 환경제어 돈사에서 사육한 경우가 관행돈사에서 사육한 경우보다 중체량, 사료효율, 그리고 육질이 우수하게 나타난바 자돈 및 육성돈 시기에는 환경제어가 필수인 것으로 분석되었다.

제5절 참고문헌

1. 박태진. 1996. 알기쉬운 축산물등급제. 축협중앙회 축산물등급판정소.
2. 이희훈, 최홍립, 이호원, 김두환, 정명수, 허문도, 이춘호. 1995. 무창돈사 시설. 현대출판사.
3. 장동일, 윤진하, 김두환, 김홍표. 1997. 양돈 자동화 시스템. (주)현축.
4. Boon, C. R. 1981. The effect of departures from lower critical temperature on the group postural behavior of pigs. Anim. Prod. 33 : 71-79.
5. Breum, N. O., H. Takai and H. B. Rom. 1990. Upward vs downward

- ventilation air flow in a swine house. Transactions of the ASAE 33(5)
: 1693-1699.
6. Geers, R., V. Goedseels, G. Parduyns, and G. Vercruysse. 1986. The group postural behavior of growing pigs in relation to air velocity, air and floor temperature. Appl. Anim. Behav. Sci. 16 : 353-362.
 7. Grub, W., E. P. Foerster and L. F. Tribble. 1974. Swine building air contaminant control with pit ventilation. Presented at the 1974 Winter Meeting, Paper No. 74-4532. ASAE, St. Joseph, MI.
 8. MWPS. 1990. Mechanical ventilating systems for livestock housing, MWPS-32, MidWest Plan Service, Iowa State University, Ames.
 9. MWPS. 1991. Structures and Environment Handbook. Publication MWPS-8, MidWest Plan Service, Iowa State University, Ames, IA.
 10. Pig International. 1997. Action plan against ventilation diseases. Pig International 27(1) : 27-31.
 11. Sainsbury, D. 1979. Livestock Health and Housing. Bailliere Tindall Pub. London, England.
 12. SAS. 1994. SAS user's guide statistics SAS. Inst. Inc. Cary, NC.

제 9 장 복합환경제어 시스템의 경제성 분석

제1절 서설

우리 나라의 양돈산업은 돼지의 사육환경을 최적으로 유지함으로써 생산성과 육질을 향상시키고, 건강을 유지하며, 또한 노동력을 절감할 수 있는 복합환경제어 시스템을 절실히 필요로 하고 있다. 이에 따라 복합환경제어 시스템이 개발을 개발하였으며, 이를 농장에 설치하여 농장실증 시험을 한 결과에 의하면 제어성능과 사양성적이 우수하게 나타났다. 그러나 제어성능과 사양성적이 우수하게 나타난 경우에도 경제성 분석이 이루어지지 않으면 아니 된다. 왜냐하면 경영 측면에서 수익성이 확실치 않으면 양돈농가는 복합환경제어 시스템을 이용하지 않게 되고, 이로 인하여 양돈산업의 발전에 아무런 기여를 하지 못하게 되어 결국 가치가 없는 시스템으로 전락하게 될 것이기 때문이다.

따라서, 본 연구는 실증 시험 결과를 토대로 개발된 복합환경제어 시스템의 우수성을 경영 측면에서 평가하기 위하여 수행되었으며, 구체적인 연구목적은 다음과 같다.

1. 고정비와 변동비에 관한 투자비용과 평균생산비를 분석한다.
2. 환경제어와 사육규모 확대의 효과를 분석한다.

제2절 재료 및 방법

1. 투자비용 분석을 위한 사육규모 결정

본 연구는 환경제어돈사 3칸과 관행돈사 3칸에 각각 12두씩(1구 4두, 3반

복)을 공시하여 실험을 실시하였으므로 12두 규모에 대하여 투자비용을 분석하는 것이 무의미하였다. 따라서 다른 연구자들에 의해 이미 보고된 적정규모 또는 성장예측규모에 맞게 실험 결과를 토대로 투자비용을 분석하고자 하였다.

2. 고정비

본 실험에서 이용했던 두당 돈방면적을 기준으로 투자비용 분석을 위하여 결정된 사육규모에 맞게 돈사 면적을 산출하고, 산출된 돈사 면적에 평당 토지가격과 평당 건축비를 각각 곱하여 총부지구입비와 총건축비를 계산한 후 이들에 대한 이자를 계산하였다. 그리고 돈사시설과 환경제어돈사에서 이용되었던 환경제어장치의 감가상각비를 직선법을 이용하여 계산하였다. 이와 같이 구한 투자에 대한 이자와 감가상각비를 합산하여 총고정비를 계산하였다.

3. 변동비

변동비는 에너지 비용(인력, 전력, 연료), 사료비, 그리고 유지보수비로 구분하여 계산한 후 이들을 합산하여 총변동비를 구하였다. 인력, 전력, 연료의 소요에너지를 실험 결과를 토대로 투자비용 분석을 위한 사육규모에 맞게 예측하여 에너지 비용을 계산하였고, 사료요구율과 일당중체량을 기준으로 사료비를 계산하였으며, 유지보수비를 계산함에 있어 실험기간이 짧았던 관계로 실험 결과를 근거로 계산하기 곤란하였으므로 다른 연구자에 의해 보고된 내용을 이용하여 유지보수비를 계산하였다. 이와 같이 산출된 에너지 비용, 사료비, 유지보수비를 합산하여 총변동비를 구하였다.

4. 평균생산비

환경제어돈사가 평균생산비에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 계절별로 생체 1kg당 평균생산비를 비교할 필요가 있다. 따라서 위에서 설명한 절차에 의해 계산된 고정비와 변동비를 이용하여 관행돈사와 환경제어돈사의 1kg당 평균생산비를 구하였다.

5. 환경제어와 사육규모 확대의 효과

환경제어와 사육규모 확대의 효과를 분석하기 위하여 사육규모의 변화에 따라 각 요소의 고정비와 변동비를 각각 계산할 수 있는 수학적 모델을 개발한 후 이를 근거로 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 개발하여 사육규모의 확대에 따른 평균생산비의 변화를 그래프로 분석하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 투자비용 분석을 위한 사육규모 결정

환경제어돈사 3칸과 관행돈사 3칸에 각각 12두씩(1구 4두, 3반복)을 공시하여 실험을 실시하였기 때문에 이와 같은 사육규모를 근거로 투자비용을 산출하기가 곤란하였다. 따라서 김 등(1995)과 박 등(1996)에 의하면 적정규모와 성장예측 규모가 주간 6복 분만 규모이기 때문에 주간 6복 분만 규모를 기준으로 투자비용을 분석하였다. 상시 사육두수는 축산기술연구소의 기술지표에 따라 산출되었으며, 그 결과는 표 9.1과 같다. 그리고 환경제어 돈사의 두당 실면적을 축산기술연구소의 권장치로 하고, 관행돈사의 두당 실면적을 본 실험을 실시한 동물사육장에서 관행적으로 사육되고 있는 면적으로 하여 돈사 면적을 계산한 결과는 표 9.2와 같다.

표 9.1. 주간 6북 분만 농장의 사육규모

| 사육단계 | 상시 사육두수(두) |
|-------|------------------|
| 임 신 돈 | 106 |
| 분 만 돈 | 24 |
| 웅 돈 | 10 |
| 후 보 돈 | 암컷 : 13두, 숫컷 : 1 |
| 이유자돈 | 429 |
| 육 성 돈 | 477 |
| 비 육 돈 | 545 |
| 계 | 1,605 |

표 9.2. 주간 6북 분만의 사육단계별 돈사면적

| 구 분 | | 돈방수 (개) | 돈방당 수용두수 (두) | 두당 실면적 (m^2) | 두당 전체 면적 (m^2) | 전체 면적 (m^2) |
|------|-------|------------|--------------------|------------------------|--------------------------|--------------------|
| 무창돈사 | 자 돈 사 | 42 | 11 | 0.30 | 0.48 | 222.0 |
| | 육성돈사 | 36 | 15 | 0.60 | 0.73 | 392.0 |
| 관행돈사 | 자 돈 사 | 42 | 11 | 1.15 | 1.33 | 615.0 |
| | 육성돈사 | 36 | 15 | 1.44 | 1.57 | 848.0 |

2. 고정비

고정비에는 투자에 대한 이자, 세금, 보험료, 감가상각비 등이 포함되지만 우리 나라의 경우 세금과 보험료가 없다. 그러므로 고정비를 산출함에 있어 부지 구입, 건축, 그리고 장치 구입을 위한 투자에 대한 이자와 돈사시설 및 환경제어장치의 감가상각비를 고려하였다.

고정비를 계산하기 위하여 다음과 같은 가정을 하였다.

- (1) 평당 토지 가격은 5만원이다(축산기술연구소, 1997).
- (2) 환경제어 돈사의 평당 건축비 및 시설비는 465,000원이며(축산기술연구소, 1997), 관행돈사의 평당 건축비 및 시설비는 450,000원이다.
- (3) 연 이윤율은 12.0%이다.
- (4) 돈사와 환경제어 장치의 내구연한은 각각 20년과 5년이다.
- (5) 폐기 가격은 0원이다.

위에서 가정한 관행돈사의 평당 건축비 및 시설비는 돈사 시공업체를 대상으로 조사한 비용을 근거로 하였다. 그리고 장 등(1997)에 의해 주간 6복 분만의 사육규모를 기준으로 개발된 한국형 자동화 돈사시설, 각 장치의 소요대수 및 가격(표 9.3)을 근거로 환경제어 장치의 구입비를 산출한 결과 자돈사와 육성돈사 모두 1,603만원이었다.

이상에서 설명한 내용을 근거로 총투자비용과 월간 두당 고정비를 산출한 결과는 표 9.4 및 표 9.5와 같다. 먼저 자돈사의 총투자비용과 월간 두당 고정비를 비교하면, 관행돈사의 총투자비용과 월간 두당 고정비는 94,500,000원과 3,029원이었으며, 환경제어돈사의 총투자비용과 월간 두당 고정비는 51,050,000원과 2,057원이었다. 이처럼 환경제어돈사의 월간 두당 고정비보다 관행돈사의 월간 두당 고정비가 972원이나 높게 나타난 이유는 두당 실면적의 차이에 의하여 부지 구입비와 건축비가 관행돈사에서 높았기 때문이었다. 다음으로 육성돈사의 총투자비용과 월간 두당 고정비를 비교하면, 관행돈사의 총투자비용과 월간 두당 고정비는 130,000,000원과 3,747원이었으며, 환경제

어돈사의 총투자비용과 월간 두당 고정비는 77,315,000원과 2,664원이었다. 자돈사의 경우처럼 환경제어돈사의 월간 두당 고정비보다 관행돈사의 월간 두당 고정비가 높게 나타났는데, 이유는 동일하다.

표 9.3. 자돈사 및 육성돈사에 각각 소요되는 각 장치의 대수 및 가격

| 구 분 | 모 델 | 소요대수 (대) | 가격 (천원) |
|-----------|---|-------------|------------|
| 온·습도 센서 | HMP233L | 3 | 180 |
| 컴퓨터 | Pentium 166MHz | 1 | 1,300 |
| 데이터 수집 보드 | ACL-8112PG | 1 | 530 |
| CCD 카메라 | WV-CBP410 | 2 | 2,700 |
| 영상처리 보드 | DT3153 | 1 | 1,400 |
| 배기팬 | SL-30 | 2 | 900 |
| 스테핑 모터 | SW24 | 2 | 200 |
| 난방기 | Owl super heater (45,000kcal/h, 160W 3.785 l/h) | 1 | 670 |
| 냉방기 | FWC-200 (65,000kcal/h, 25.3kW) | 1 | 8,730 |
| 총 계 | - | - | 16,030 |

표 9.4. 자돈 사육을 위한 총투자비용 및 월간 두당 고정비

| 구 분 | | 총투자비용 (원) | 연 고정비 (원) | 두당 고정비 (원/두/월) |
|--------|---------|--------------|--------------|-------------------|
| 관행돈사 | 부지 | 9,450,000 | 1,134,000 | 220 |
| | 건축 및 시설 | 85,050,000 | 10,206,000 | 1,983 |
| | 환경제어 장치 | - | - | - |
| | 감가상각비 | - | - | 826 |
| | 총계 | 94,500,000 | 11,340,000 | 3,029 |
| 환경제어돈사 | 부지 | 3,400,000 | 408,000 | 79 |
| | 건축 및 시설 | 31,620,000 | 3,794,400 | 737 |
| | 환경제어 장치 | 16,030,000 | 1,923,600 | 374 |
| | 감가상각비 | - | - | 867 |
| | 총계 | 51,050,000 | 6,126,000 | 2,057 |

표 9.5. 육성돈 사육을 위한 총투자비용 및 월간 두당 고정비

| 구 분 | | 총투자비용 (원) | 연 고정비 (원) | 두당 고정비 (원/두/월) |
|--------|---------|--------------|--------------|-------------------|
| 관행돈사 | 부지 | 13,000,000 | 1,560,000 | 273 |
| | 건축 및 시설 | 117,000,000 | 14,040,000 | 2,452 |
| | 환경제어 장치 | - | - | - |
| | 감가상각비 | - | - | 1,022 |
| | 총계 | 130,000,000 | 15,600,000 | 3,747 |
| 환경제어돈사 | 부지 | 5,950,000 | 714,000 | 125 |
| | 건축 및 시설 | 55,335,000 | 6,640,200 | 1,160 |
| | 환경제어 장치 | 16,030,000 | 1,923,600 | 336 |
| | 감가상각비 | - | - | 1,043 |
| | 총계 | 77,315,000 | 9,277,800 | 2,664 |

3. 변동비

변동비는 에너지 비용(인력, 전력, 연료), 사료비, 유지보수비로 구분하여 산출하였다. 변동비를 계산하기 위하여 다음과 같은 가정을 하였다.

- (1) 돈방당 전구의 소비전력은 10W이다.
- (2) 컴퓨터의 상시 작동을 위한 소비전력은 105W이다.
- (3) 배기팬 1대의 용량은 250두/대이다.
- (4) 난방기 1대의 용량은 500두/대이다.
- (5) 인력에너지 비용은 정부 노임 단가를 기준으로 kWh당 5,287.0원이다.
- (6) 전력에너지 비용은 농업용을 기준으로 kWh당 11.3원이다.
- (7) 연료에너지 비용은 등유를 기준으로 kWh당 21.45원이다.
- (8) 무창돈사의 경우 연간 두당 유지보수비는 515원이며(김 등, 1995), 관행돈사의 경우 연간 두당 유지보수비는 무창돈사의 70% 수준인 361원이다.
- (9) 1kg당 사료비는 408원이다.
- (10) 봄철에는 냉난방기가 전혀 작동되지 않으며, 겨울철에는 난방기가 사육시간의 35% 동안 작동되고, 여름철에는 냉방기가 사육시간의 60% 동안 작동된다.

겨울, 봄, 그리고 여름 동안 각각 실험한 결과를 근거로 하여 주간 6복 분만 규모의 소요에너지를 예측한 결과는 표 9.6과 같다.

이상의 자료와 8장의 표 8.2에서부터 표 8.6의 사양성적을 근거로 두당 변동비를 산출한 결과는 표 9.7~표 9.9와 같다. 두당 변동비는 계절에 관계없이 관행돈사에서 높게 나타났는데, 이유는 사료비와 감가상각비에 있다. 즉, 냉난방을 위한 에너지를 필요로 하지 않는 봄철의 경우 환경제어돈사의 두당 총변동비보다 관행돈사의 두당 총변동비가 691원 정도 높게 나타난 이유는 낮은 사료효율에 의하여 사료비가 매우 높았기 때문이었다. 그리고 냉난방을 위한 에너지를 필요로 하는 겨울철과 여름철의 경우 환경제어돈사의 두당 총변동비보다 관행돈사의 두당 총변동비가 각각 3,791원과 1,414원 정도 높게 나

타난 이유는 낮은 사료효율에 의하여 증가된 사료비와 넓은 돈사면적에 의하여 증가된 돈사시설의 감가상각비의 합이 적정환경을 조성하기 위한 에너지 비용보다 훨씬 높았기 때문이었다.

표 9.6. 환경제어를 위한 소요에너지

| 구 분 | | 인력(kWh) | 전력(kWh) | 연료(kWh) | 합계(kWh) |
|-------------|--------|---------|-----------|----------|-----------|
| 겨울 (육성돈) | 관행돈사 | 0.37 | - | - | 0.37 |
| | 환경제어돈사 | 0.23 | 1,947.66 | 8,915.70 | 10,863.59 |
| 봄 (자돈) | 관행돈사 | - | - | - | - |
| | 환경제어돈사 | - | 1,922.22 | - | 1,922.22 |
| 여름 (육성돈) | 관행돈사 | - | - | - | - |
| | 환경제어돈사 | - | 12,852.00 | - | 12,852.00 |

표 9.7. 겨울철(30일) 사육시 육성돈의 두당 총변동비 (단위 : 원)

| 구 분 | 관행돈사 | 환경제어 돈사 |
|---------|--------|---------|
| 사료비 | 30,241 | 26,175 |
| 인건비 | 489 | 304 |
| 의료비 | - | - |
| 전기료 | - | 46 |
| 연료비 | - | 401 |
| 유지보수비 | 30 | 43 |
| 두당 총변동비 | 30,760 | 26,969 |

표 9.8. 봄철(30일) 사육시 자돈의 두당 총변동비 (단위 : 원)

| 구 분 | 관행돈사 | 환경제어 돈사 |
|---------|--------|---------|
| 사료비 | 19,597 | 18,842 |
| 인건비 | - | - |
| 의료비 | - | - |
| 전기료 | - | 51 |
| 연료비 | - | - |
| 유지보수비 | 30 | 43 |
| 두당 총변동비 | 19,627 | 18,936 |

표 9.9. 여름철(30일) 사육시 육성돈의 두당 총변동비 (단위 : 원)

| 구 분 | 관행돈사 | 환경제어 돈사 |
|---------|--------|---------|
| 사료비 | 23,833 | 22,102 |
| 인건비 | - | - |
| 의료비 | - | - |
| 전기료 | - | 304 |
| 연료비 | - | - |
| 유지보수비 | 30 | 43 |
| 두당 총변동비 | 23,863 | 22,449 |

4. 평균생산비

계절별로 생체 1kg당 평균생산비를 비교한 결과는 표 9.10과 같다. 관행돈사의 생체 1kg당 평균생산비보다 환경제어돈사의 생체 1kg당 평균생산비가 봄철에는 60원, 여름에는 159원, 그리고 겨울에는 244원이 낮게 나타났다. 또한

계절에 관계없이 관행돈사에서 사육되는 경우의 평균생산비보다 환경제어돈사에서 사육되는 경우의 평균생산비가 낮았다. 다시 말해서 계절에 관계없이 자돈과 육성돈을 관행돈사에서 사육하는 것보다는 환경제어돈사에서 사육하는 것이 경제적인 것으로 나타났다.

표 9.10. 계절별 생체 1kg당 평균생산비

(단위 : 원)

| 구 분 | | 고정비 | 변동비 | 합계 | |
|-----|--------|-----|-----|-------|-------|
| 겨울 | 관행돈사 | 육성돈 | 170 | 1,397 | 1,567 |
| | 환경제어돈사 | 육성돈 | 119 | 1,204 | 1,323 |
| 봄 | 관행돈사 | 자돈 | 129 | 838 | 967 |
| | 환경제어돈사 | 자돈 | 89 | 818 | 907 |
| 여름 | 관행돈사 | 육성돈 | 156 | 996 | 1,152 |
| | 환경제어돈사 | 육성돈 | 105 | 888 | 993 |

5. 환경제어와 사육규모 확대의 효과

육성돈의 사육규모 확대에 따른 생체 1kg당 평균생산비의 변화를 파악하기 위하여 식(9-1)에서부터 식(9-12)까지를 이용하여 평균비용곡선을 도출한 것이 그림 9.1이다. 관행돈사의 곡선과 환경제어돈사의 곡선이 교차하는 사육규모는 130두이었다. 즉 130두 이상의 사육규모에서는 관행돈사에서 사육하는 것보다 환경제어돈사에서 사육하는 것이 경제적으로 유리한 것으로 나타났다. 관행돈사의 경우 43두 사육규모가 되었을 때 최소 평균생산비인 1,166원에 도달하였으며, 환경제어돈사의 경우 500두 사육규모가 되었을 때 최소 평균생산비인 1,040원에 도달하였다. 그리고 환경제어돈사의 경우 500두 사육규모에서의

평균생산비가 1,040원에서 1,075원으로 상승한 것은 개발된 환경제어 시스템의 용량이 500두 규모임으로 500두씩 증가함에 따라 주기적으로 환경제어 시스템에 대한 추가적인 구입비가 요구되기 때문이다. 500두 이상에서 관행돈사의 평균생산비와 환경제어돈사의 평균생산비의 차가 126원이나 되었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 500두 이상의 규모로 환경제어돈사를 이용하여 사육하여야 경쟁력을 갖출 수 있는 것으로 나타났다.

$$LCFC = \frac{A \times 1.1 \times LC \times I}{3.294 \times 12 \times MG} \quad (9-1)$$

여기서, LCFC = 부지구입비에 의한 생체 1kg당 고정비(Won/kg)

A = 두당 전체면적(m²)

LC = 평당 지가(Won/pyoung)

MG = 두당 월간 평균증체량(kg/pig/month)

$$BCFC = \frac{A \times 1.1 \times BC \times I}{3.294 \times 12 \times MG} \quad (9-2)$$

여기서, BCFC = 건축비에 의한 생체 1kg당 고정비(Won/kg)

BC = 평당 건축비(Won/pyoung)

$$CSCFC = \frac{CSC \times I}{500 \times 12 \times MG} \quad (9-3)$$

여기서, CSCFC = 환경제어장치구입비에 의한 생체 1kg당

고정비(Won/kg)

CSC = 육성돈 500두당 환경제어장치구입비

(Won/500pig)

$$DFC = \frac{A \times 1.1 \times BC}{3.294 \times 20 \times 12 \times MG} + \frac{CSC}{500 \times 5 \times 12 \times MG} \quad (9-4)$$

여기서, DFC = 감가상각비에 의한 생체 1kg당 고정비(Won/kg)

$$TFC = LCFC + BCFC + CSCFC + DFC \quad (9-5)$$

여기서, TFC = 생체 1kg당 총고정비(Won/kg)

$$FCVC = FCR \times FD \quad (9-6)$$

여기서, FCVC = 사료비에 의한 생체 1kg당 변동비(Won/kg)

FCR = 평균 사료효율(feed kg/gain kg)

FD = 1kg당 사료비(Won/kg)

$$LCVC = \frac{WML \times 3 \times LC}{PG \times 12 \times MG} \quad (9-7)$$

여기서, LCVC = 환경제어돈사에서 연료보충을 위한 인건비에
대한 생체 1kg당 변동비(Won/kg)

WML = 겨울철 연료보충을 위한 월간 인력에너지
(kWh/month)

LC = 인력에너지 kWh당 비용(Won/kWh)

PG = 육성돈 사육두수(pig)

$$OLCVC = \frac{OWML \times 3 \times LC}{250 \times 12 \times MG} \quad (9-8)$$

여기서, OLCVC = 관행돈사에서 커튼개방을 위한 인건비에
대한 생체 1kg당 변동비(Won/kg)

OWML = 겨울철 커튼개방을 위한 월간 인력에너지
(kWh/month)

$$ECVC = \left[\left(\frac{PG \times 1.1 \times BP}{15} + CP + \frac{FC \times PG}{250} \right) \times 365 \times 24 \div 1000 \right. \\ \left. + (WHR \times 0.16 + SCR \times 25.3) \times 3 \times 30 \times 24 \right] \\ \times EC \div (PG \times 12 \times MG) \quad (9-9)$$

여기서, ECFC = 전기료에 의한 생체 1kg당 변동비(Won/kg)

BP = 돈방당 전구의 소비전력(W/pen)

CP = 컴퓨터의 상시 작동을 위한 소비전력(W)

FC = 배기팬의 소비전력(W)

WHR = 겨울철 난방기의 가동율(decimal)

SCR = 여름철 냉방기의 가동율(decimal)

EC = 전지에너지 1kWh당 비용(Won/kWh)

$$FVC = \frac{WHR \times 3 \times 30 \times 24 \times HFC \times 10.36 \times FEC}{PG \times 12 \times MG} \quad (9-10)$$

여기서, FVC = 연료비에 의한 생체 1kg당 변동비(Won/kg)

HFC = 난방기의 연료소모율(l/h)

FEC = 연료에너지 1kWh당 비용(Won/kWh)

$$MCVC = \frac{MC}{12 \times MG} \quad (9-11)$$

여기서, MCVC = 유지보수비에 의한 생체 1kg당 변동비
(Won/kg)

MC = 연간 두당 유지보수비(Won/pig/yr)

$$TVC = FCVC + LCVC + OLCVC + ECVC + FVC + MCVC \quad (9-12)$$

여기서, TVC = 생체 1kg당 총변동비(Won/kg)

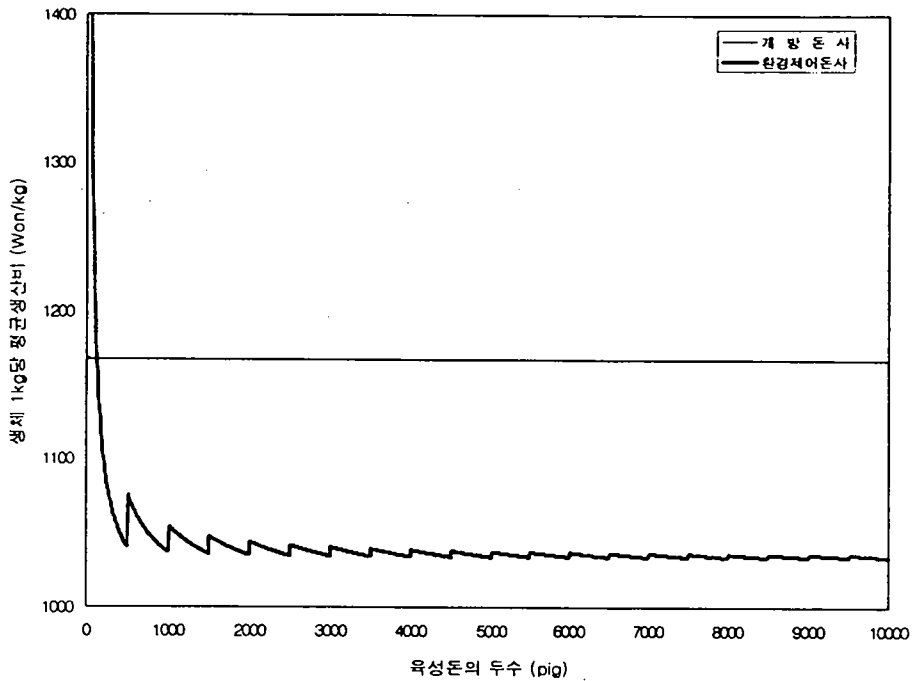


그림 9.1. 환경제어와 사육규모 확대에 따른 평균생산비의 변화.

제4절 결론

돼지의 사육환경을 최적으로 유지함으로써 생산성과 육질을 향상시키고, 건강을 유지하며, 또한 노동력을 절감할 수 있는 복합환경제어 시스템이 요구됨에 따라 이를 개발하여 농장실증 실험을 하였으며, 이 결과 복합환경제어 시스템의 제어성능과 사양성적이 우수하게 나타났다. 따라서, 본 연구는 자돈과 육성돈을 가지고 실증 시험한 결과를 토대로 개발된 복합환경제어 시스템의 우수성을 경영 측면에서 증명하기 위하여 수행되었으며, 그 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 두당 고정비는 관행돈사의 경우 3,747원/두/월, 환경제어 돈사의 경우

2. 664원/두/월으로 관행돈사에 비하여 환경제어 돈사에서 낮게 나타났다.

2. 두당 변동비는 계절에 관계없이 낮은 사료효율로 인한 증가된 사료비가 적정환경을 조성하기 위한 에너지 비용보다 높았기 때문에 관행돈사에 비하여 환경제어 돈사에서 낮게 나타났다.

3. 관행돈사의 생체 1kg당 평균생산비보다 환경제어 돈사의 생체 1kg당 평균생산비가 봄에는 60원, 여름에는 159원, 그리고 겨울에는 244원이 낮게 나타나 계절에 관계없이 자돈과 육성돈은 관행돈사에서 사육하는 것보다는 환경제어 돈사에서 사육하는 것이 경제인 것으로 분석되었다.

4. 500두 이상의 사육규모에서 관행돈사의 평균생산비와 환경제어 돈사의 평균생산비의 차가 126원으로 나타나 500두 이상의 규모로 환경제어 돈사를 이용하여 사육하여야 경쟁력을 갖출 수 있는 것으로 나타났다.

제5절 참고문헌

1. 김상기, 광규봉, 김태균. 1995. 양돈생산의 시설자동화에 의한 규모확대 효과. 한국축산경영학회지 11(1) : 125-138.
2. 박종수, 장동일, 이영규, 은정식, 최영희. 1996. 우리 나라 양돈산업의 현황 분석 및 성장 예측 모델 개발. 한국축산경영학회지 12(1) : 51-76.
3. 박태진. 1996. 알기쉬운 축산물등급제. 축협중앙회 축산물등급판정소.
4. 장동일. 1997. 한국형 자동화 돈사시설의 환경제어 시스템 모델개발을 위한 돈사의 표준모형 개발. 농림부 연구보고서.
5. 정현규. 1998. 돼지고기 품질개선을 위한 효과적 방역대책. 양돈연구 10월호 : 112-123.
6. 축산기술연구소. 1997. 새로운 돼지 사육기술.

제 10 장 성과 및 활용계획

제1절 성과

본 연구에서는 양돈 산업의 현황을 분석한 후 성장예측 모델을 개발하고, 돈사 유형별 양돈환경 제어 요인을 분석한 후 자동화 환경제어를 위한 한국형 돈사 모델을 개발하였다.

또한 양돈 환경 예측 및 제어에 필요한 센서를 선발한 후 한국형 돈사 모델의 최적 환경제어 자동화 시스템을 개발하였다.

그리고 최종적으로 개발된 자동화 환경제어 시스템의 성능을 실증하고자 농장실증 실험과 경제성 분석을 실시하여 시스템의 성증이 매우 우수한 것을 확인하였다.

개발된 시스템은 무창돈사의 환경제어 기술로서, 돼지의 성장에 영향을 미치는 여러 요소, 즉 돼지의 체감온도, 유해가스 농도, 돈사내부의 상대습도 및 돈사 외부의 온도들을 고려하여 복합적으로 환경을 제어하는 것을 목적으로 한다. 기술의 특징은 돼지의 체감온도를 카메라와 컴퓨터에 의한 영상처리 기술을 이용하여 돼지의 체온조절 행동을 분류한 결과를 사용하여 평가하는 것이다.

개발된 기술에 의하여 무창돈사의 환경을 제어한 결과에 의하면, 1) 돼지 성장에 필요한 최적환경을 제공할 수 있었으며, 2) 관행돈사에 비하여 사료요구율이 낮았으며, 3) 돈육의 육질이 현저히 향상되어 도축결과 전량 1등급 판정을 받을 수 있었다. 따라서 개발된 기술은 생산성 향상에 기여함으로써, 돈육 생산비를 관행돈사보다 평균적으로 약 200원/kg 정도 절감하는 효과를 가져와 양돈 농가의 수익 증대를 가져오는 것으로 분석되었다.

제2절 활용계획

1. 개발된 기술을 특허출원 한 후 양돈산업 발전을 위하여 기술을 이전함.

- 명칭 : 무창돈사의 복합 환경제어 장치 및 방법

출원일자 : 1998년 9월 29일

- 출원번호 : 특허출원 제40482호

2. 한국형 자동화 돈사 모델을 농가에 보급함

(축협중앙회의 축사표준모델에 반영)

3. 연구결과를 관련 학회지에 발표함

가. 국외발표(3건)

미국농공학회지(ASAE)와 국제학술대회에 이미 3편의 논문을 발표했으며, 1999년 7월에 ASAE 학술대회에서 1편의 논문을 더 발표할 예정임

1) Chang, D.I. and H.H. Chang. 1996. Selection of the sensors for the environmental control systems of pig-housing in temperate zone. Proceedings of International Conference on Agricultural Machinery Engineering, KOEX, Nov. 12-15, 1996, Seoul, Korea, Korean Society for Agricultural Machinery.

2) Chang, D.I., H.H. Chang, and S.H. Bahng. 1997. Selection of the sensors for the environmental control systems of pig-housing in temperate zone. ASAE Paper No. 974123.

3) Chang, D.I. and H.H. Chang. 1998. Development of a model system of environmental control for the windowless swine housing. ASAE Paper No. 984072.

나. 국내발표(4건)

이미 한국농업기계학회지, 한국축산시설환경학회지, 한국축산경영학회지에 각각 1편씩 총 4편의 논문을 발표했으며, 1999년 2월 한국농업기계학회지에 2편의 논문을 더 발표할 예정이다.

- 1) 박종수, 장동일, 이영규, 은정식, 최영희. 1996. 우리나라 양돈 산업의 현황 분석 및 성장 예측 모델 개발. 한국축산경영학회지 12(1) : 51-76.
- 2) 방승훈, 장동일, 장홍희, 임영일. 1998. 돈사내 암모니아가스 계측 시스템 개발. 한국농업기계학회지 23(4) : 359-364.
- 3) 장동일, 장홍희, 임영일. 1997. 이미지 처리를 이용한 돼지의 체온 조절 행동 분류 (I) - 모형돈에 대한 이미지 처리 -. 한국축산시설환경학회지 3(2) : 105-113.
- 4) 유재일, 주정유, 김성철, 박종수, 장동일, 장홍희, 임영일. 1998. 환경 제어를 위한 한국형 돈사 모델 개발. 한국축산시설환경학회지 인쇄중.

다. 국내발표예정(2건)

- 1) 장동일, 장홍희, 임영일, 한우석. 1999. 무창돈사의 환경제어 시스템 개발(I) - 제어성능의 평가 -. 한국농업기계학회지 발표예정.
- 2) 장동일, 장홍희, 임영일, 한우석. 1999. 무창돈사의 환경제어 시스템 개발(II) - 육성돈과 비육돈의 사양성적 -. 한국농업기계학회지 발표예정.

4. 대학원생 인력양성

- 석사 1명 (돈사내 암모니아 가스 계측시스템 개발)
- 박사 1명 (무창돈사의 환경제어 시스템 자동화 연구)

부록 A. 환경제어시스템을 위한 한국형 돈사 모델의
설계 도면

여 백

| | 교배 | 이동 | 분만 | 이유 | 교배 |
|------|-------|------|------|------|-----------------|
| (모든) | | | 분만대기 | | |
| | 107 일 | 7일 | 21 일 | 10 일 | |
| | 스톨 | 분만돈방 | | | 스톨 (또는 군사돈방) |

| | 분만 | 이유 | 이동 | 이동 | 이동 | 출하(180일) |
|------|-------|------|------|------|-------|----------|
| (자돈) | | 21 일 | 46일 | 53 일 | 60 일 | |
| | | 분만돈방 | 자돈방 | 육성돈방 | 비육돈방 | |
| | 1.3kg | 8kg | 30kg | 60kg | 110kg | |

그림 5.1. 모든 및 자돈의 사양관리 기준.

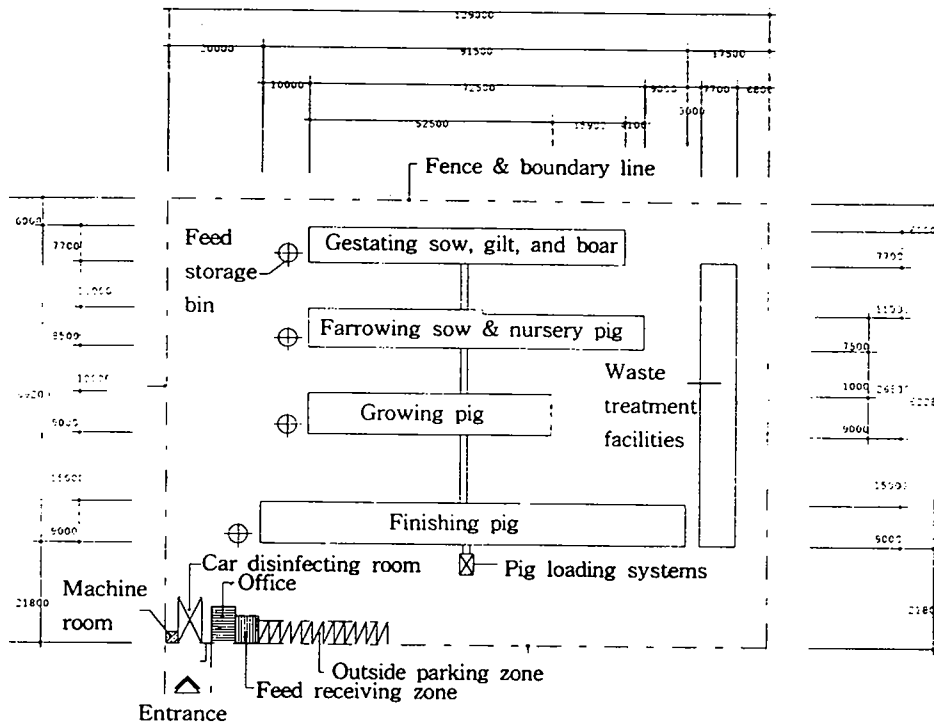


그림 5.2. 모델 I 배치계획.

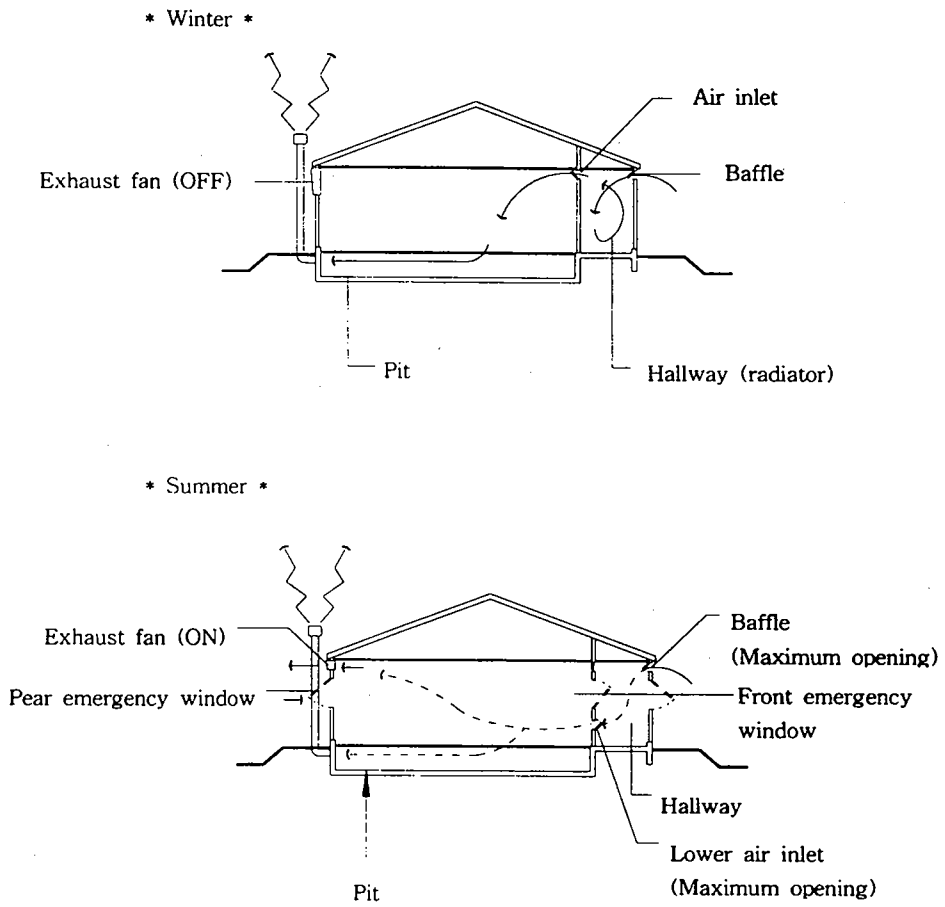


그림 5.3. 모델 I 분만.자동사 환기체계도.

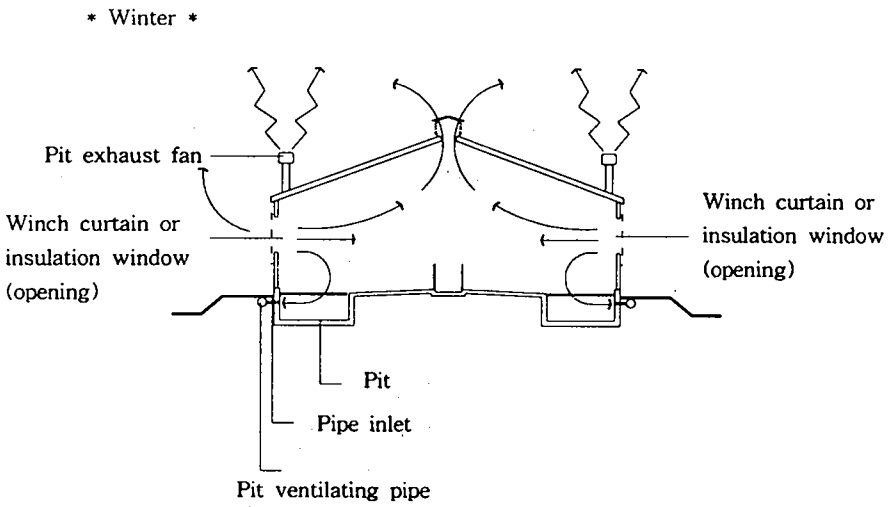
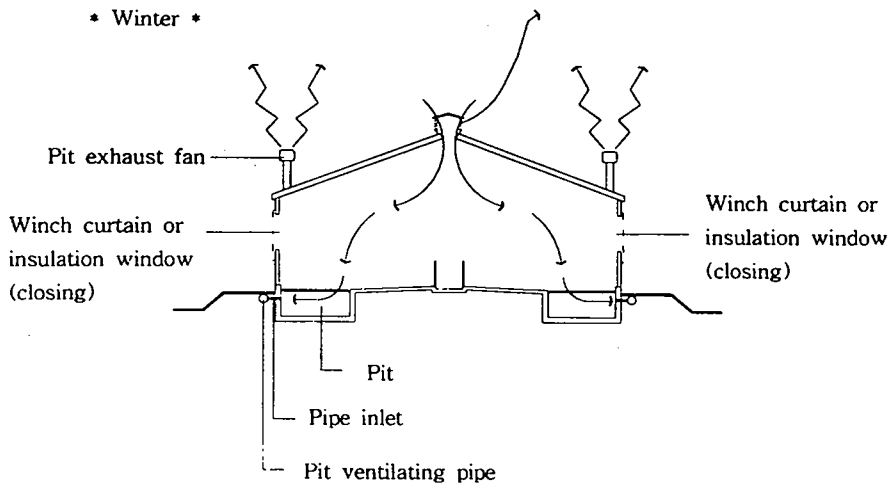


그림 5.4. 모델 I 임신. 후보. 육성. 비육돈사 환기체계도.

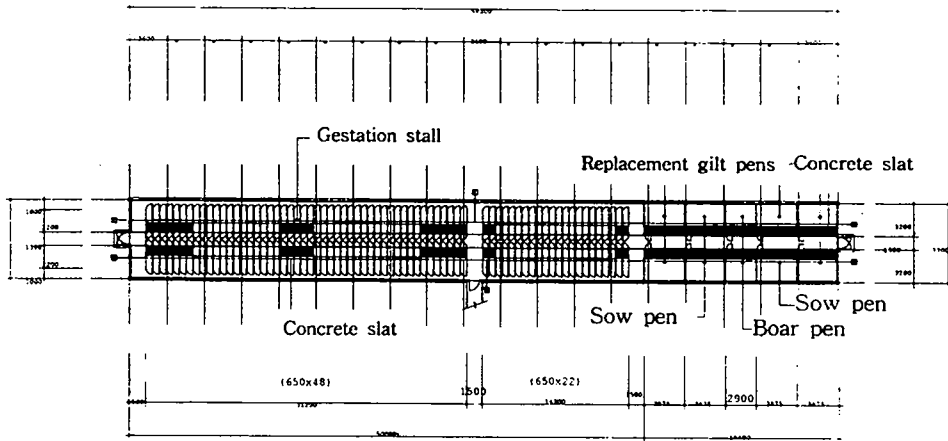


그림 5.5. 모델 I 임신. 후보돈사 평면계획.

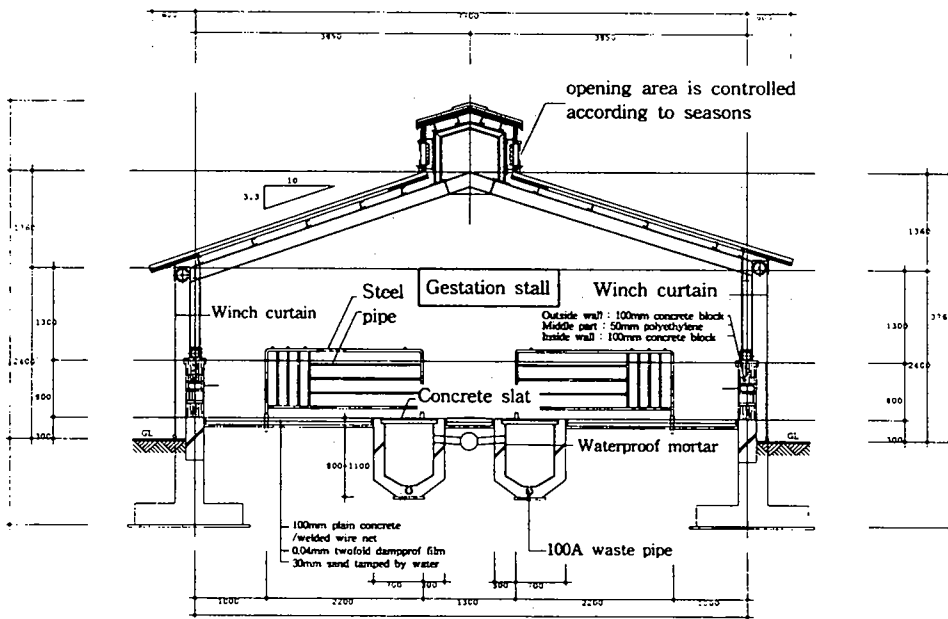


그림 5.6. 모델 I 임신. 후보돈사 단면계획.

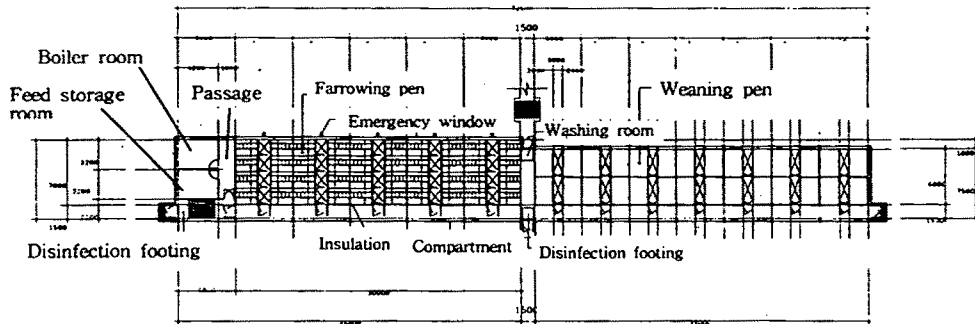


그림 5.7. 모델 I 분만. 자돈사 평면계획.

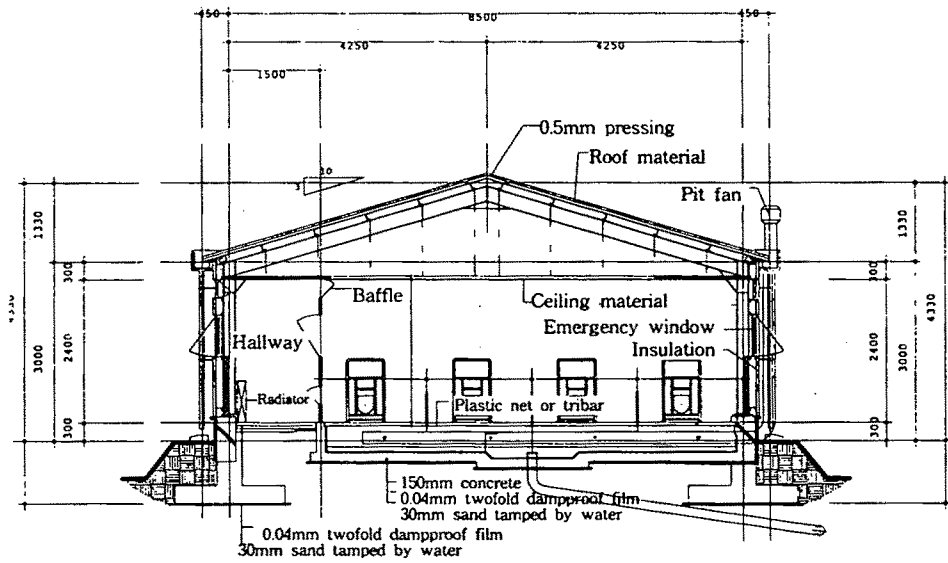


그림 5.8. 모델 I 분만사 단면계획.

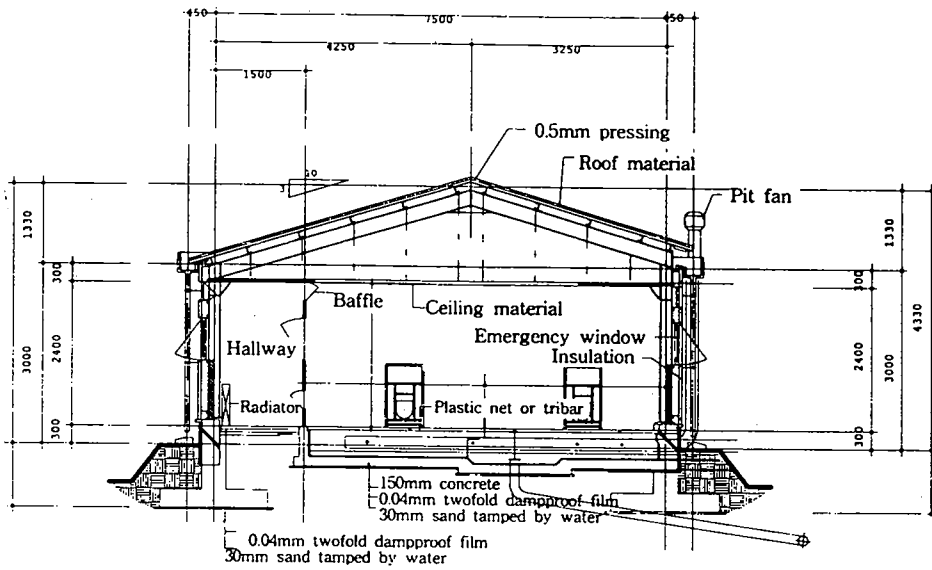


그림 5.9. 모델 I 자돈사 단면계획.

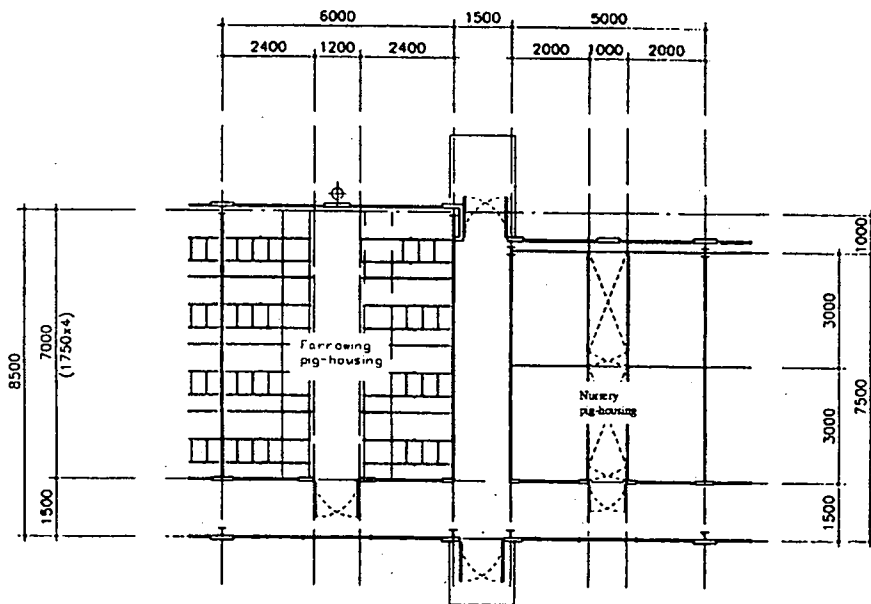


그림 5.10. 모델 I 분만.자돈사 평면상세계획.

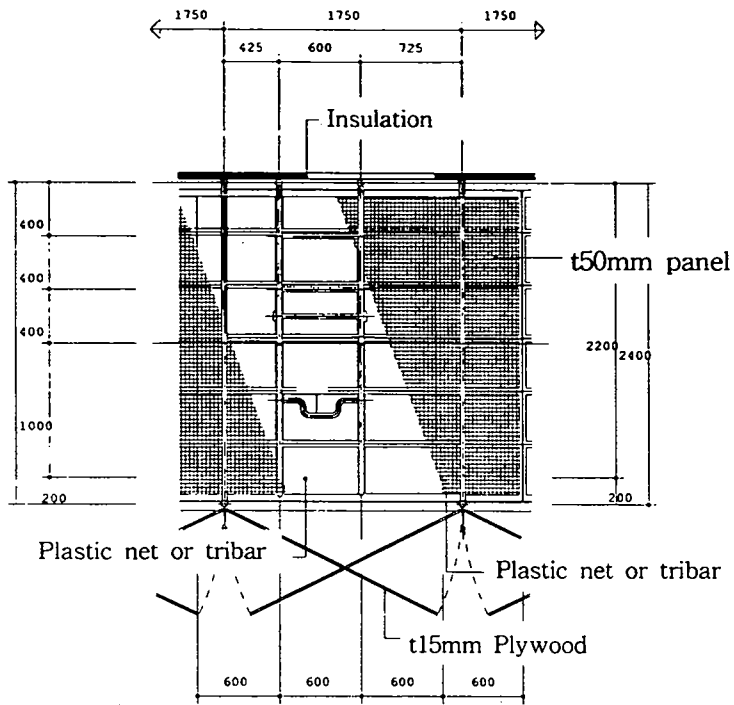


그림 5.11. 모델 I 분만돈방 평면상세계획.

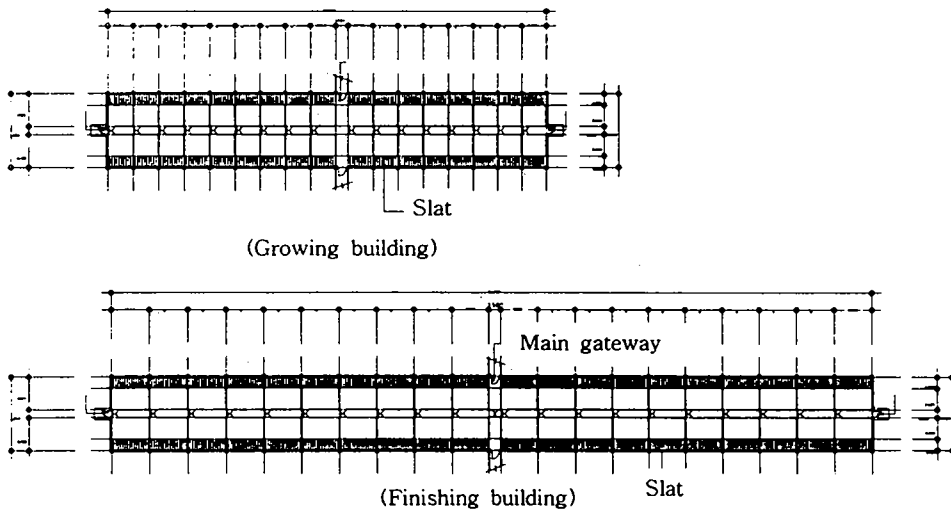


그림 5.12. 모델 I 육성. 비육돈사 평면계획.

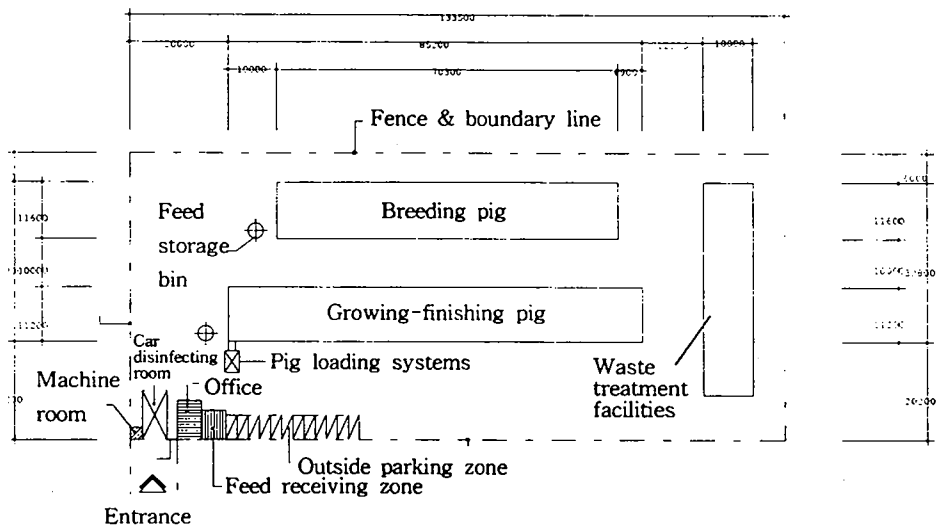


그림 5.13. 모델 II 배치계획.

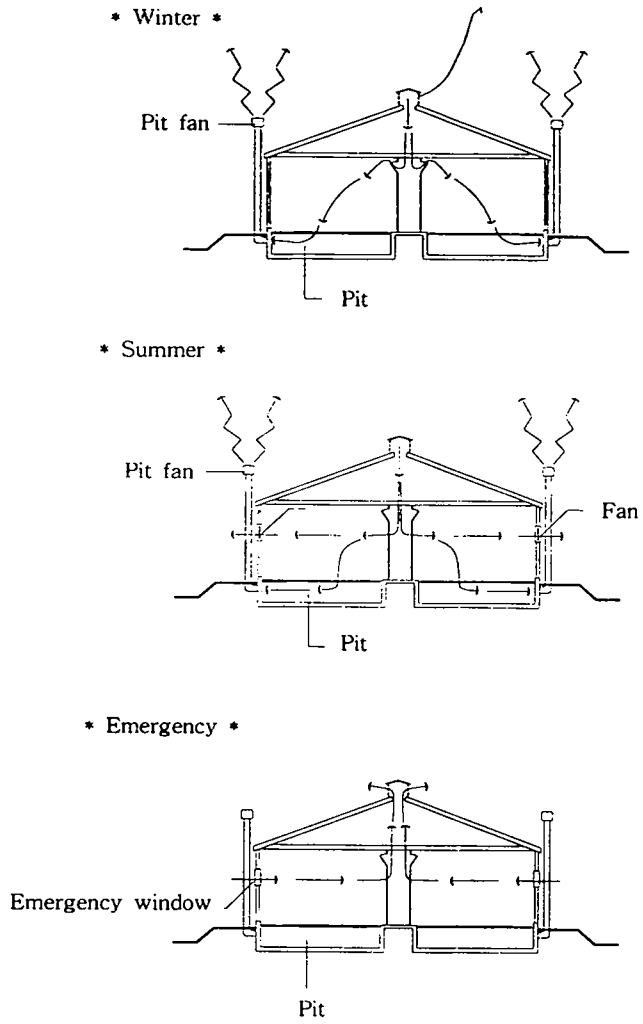


그림 5.14. 모델Ⅱ 분만.자동사 환기체계도

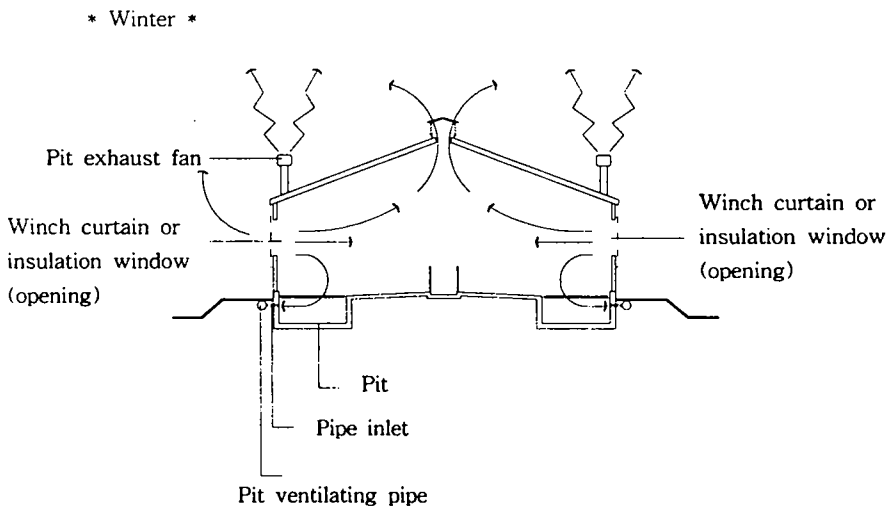
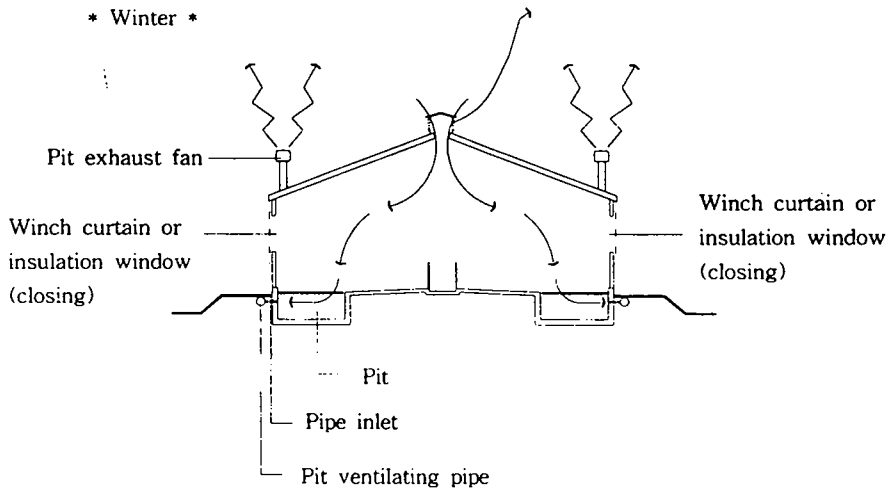


그림 5.15. 모델 II 육성.비육돈사 환기체계도.

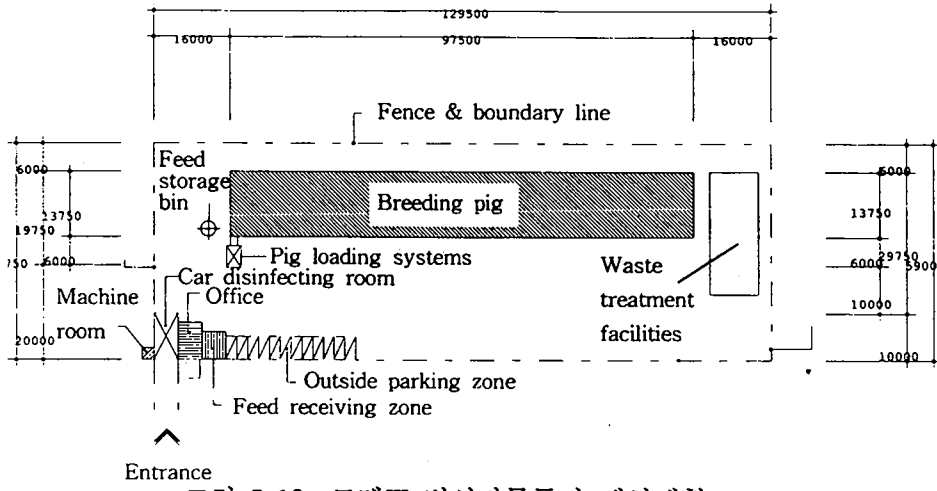
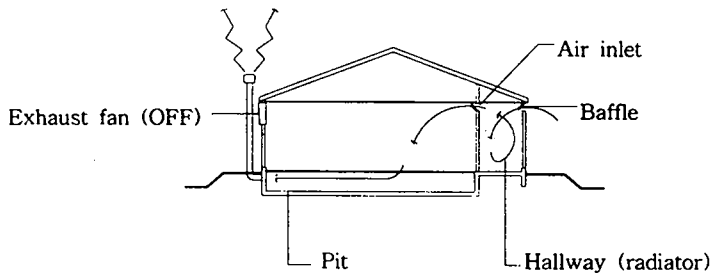


그림 5.18. 모델Ⅲ 번식전문돈사 배치계획.

* Winter *



* Summer *

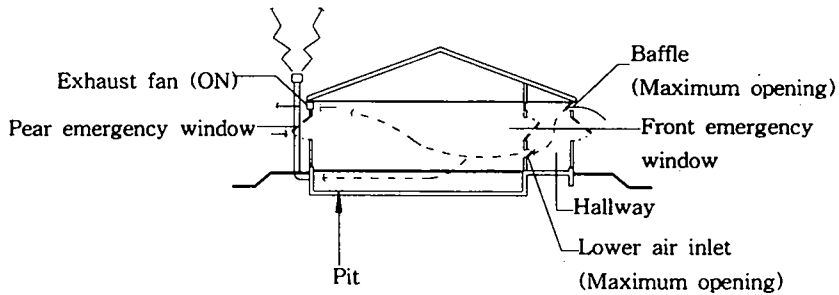
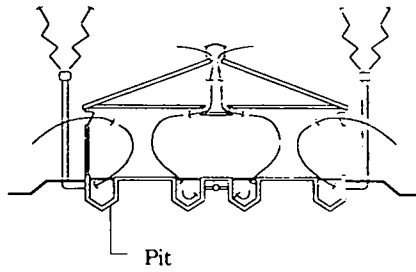


그림 5.19. 모델Ⅲ 분만방 환기체계도.

* Winter *



* Summer *

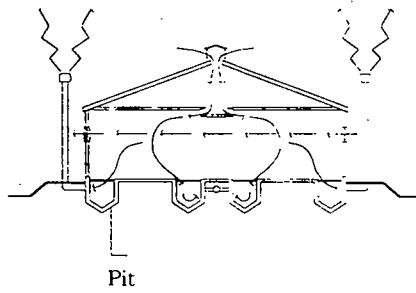


그림 5.20. 모델Ⅲ 종부. 임신돈방 환기체계도.

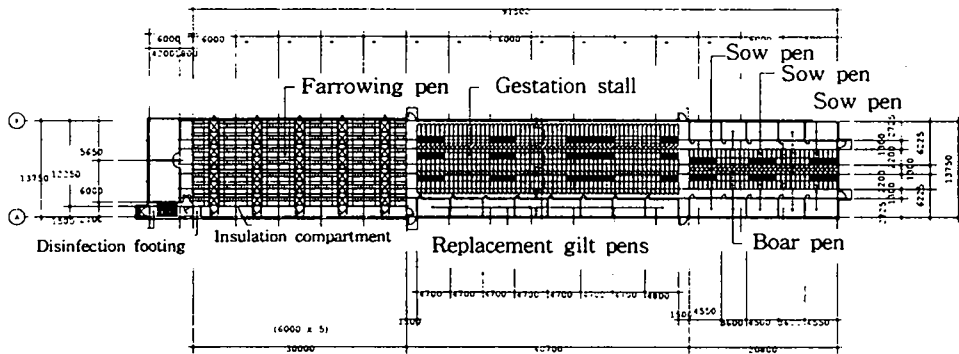


그림 5.21. 모델Ⅲ 번식돈사 평면계획.

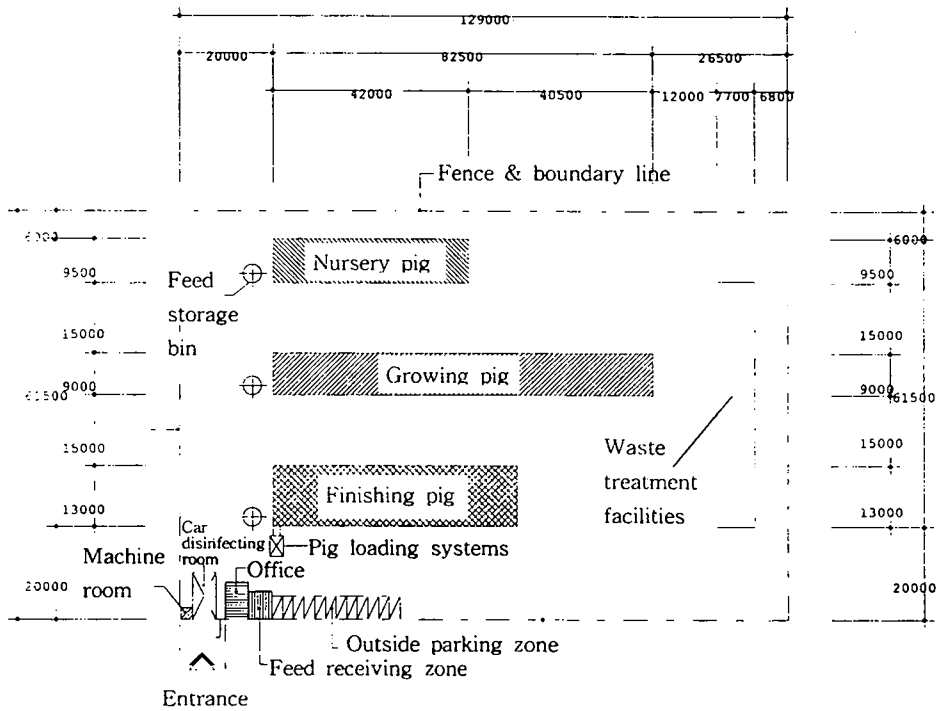
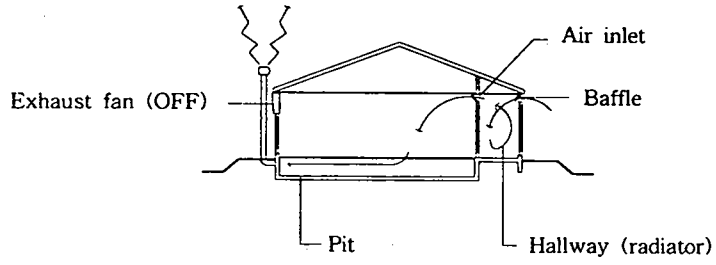


그림 5.22. 모델Ⅳ 배치계획.

* Winter *



* Summer *

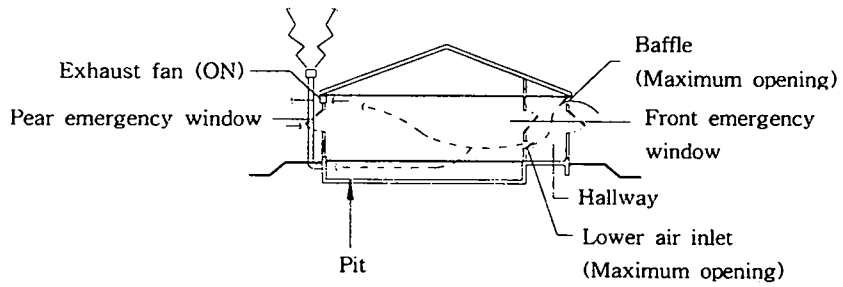


그림 5.23. 모델Ⅳ 자돈사 환기체계도.

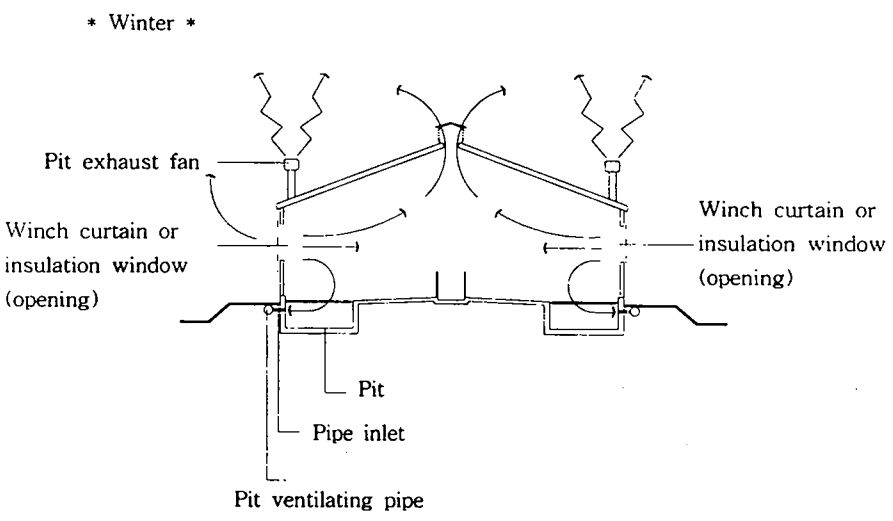
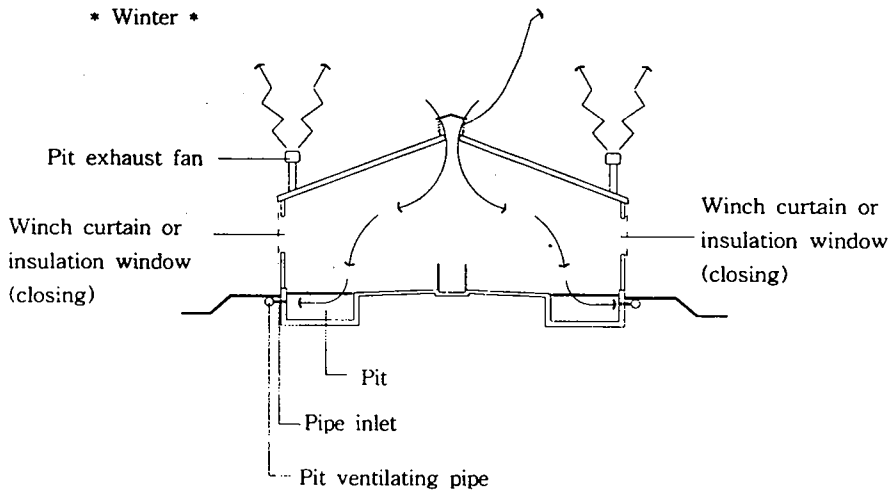


그림 5.24. 모델Ⅳ 육성. 비육돈사 환기체계도.

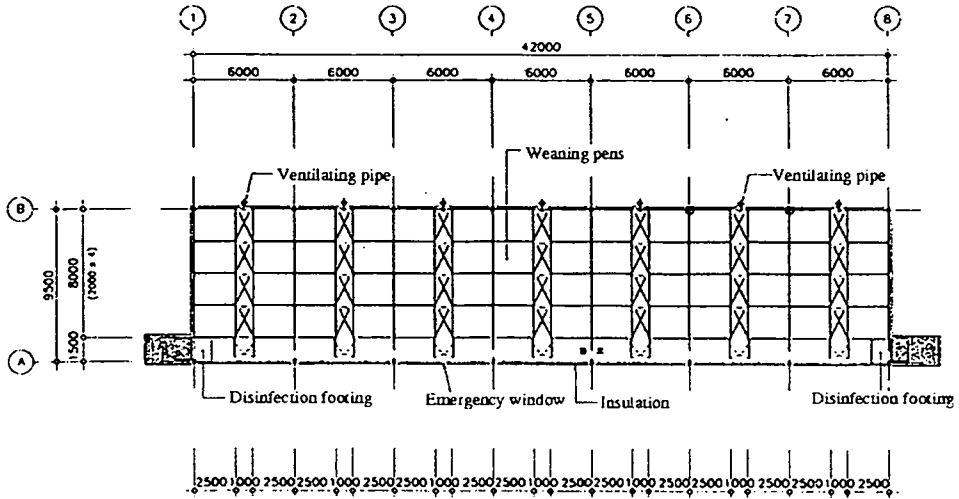


그림 5.25. 모델Ⅳ 자돈사 평면계획.

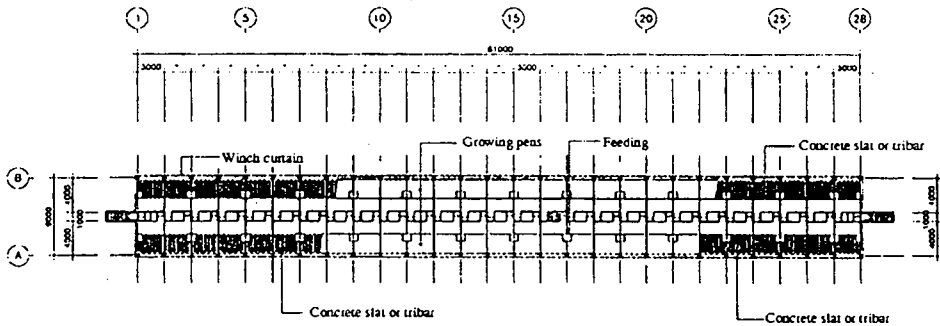


그림 5.26. 모델Ⅳ 육성돈사 평면계획.

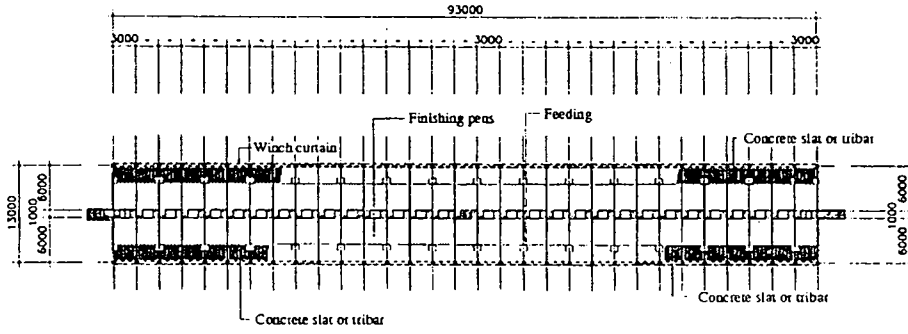


그림 5.27. 모델Ⅳ 비육돈사 평면계획.