

자돈의 행동에 미치는 열환경 분석

송준익 · 최홍림* · 전중환 · 전병수 · 강희설 · 이은솔 · 박규현

농촌진흥청 국립축산과학원

Analysis of Heat Environment in Nursery Pig Behavior

Song, J. I., Choi, H. L.*, Jeon, J. H., Jeon, B. S., Kang, H. S., Lee, E. S.

and Park, K. H.

National Livestock Research Institute, R.D.A.

Summary

This study was conducted to find ways to control environment with the difference between body temperature and background temperature based on swine activity, and to apply to the environment control system of swine barns based on the findings. Following are the results.

1. Swine activity related to background temperature was achieved as color images and swine activity status was categorized into cold, comfortable, and hot periods with visualization system (thermal image system).
2. Thermal image system consisted of an infrared CCD camera, an image processing board - DIF (TH3100), an main computer (400Hz, 128M, 586 Pentium model) with C⁺⁺ program installed.
3. Thermal image system categorizing temperatures into cold, comfortable, and hot was applicable to the environment control system of swine barns
4. Feed intake was higher in cold temperature, and finishing weight and weight gain per day in cold temperature were lower than others (p<0.05).

(Key words : Heat environment, Nursery pig, Swine, Behavior)

서 론

돼지의 생산성과 건강에 가장 크게 영향을 미치는 요인이 열환경이다. 다른 중요한 요인으로는 공기속도, 복사, 바닥상태, 습도, 그룹 상태, 급여 (영양) 계획과 건강 상태 등이 있다 (Bruce and Clark, 1979; Boon, 1981; Geers et al., 1986). 특히 돈사내부 환경제어

는 돼지의 쾌적함, 건강 그리고 생산능력을 유지하기 위하여 필수적이며, 이에 가장 많이 영향을 미치는 요소는 체감온도이다. 체감온도는 공기 온도, 속도, 바닥온도의 복합 작용에 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

* 서울대학교 (School of Agricultural Biotechnology Engineering, Seoul National University)

Corresponding author: Jeon, J. H. Animal Environment & Systems Division National Institute of Animal Science Rural Development Administration 77 Chuksan-gil, Kwonsun-Gu, Suwon 441-706, Korea. E-mail: Jeon75@korea.kr

2009년 7월 7일 투고, 2009년 7월 13일 심사완료, 2009년 7월 16일 게재확정

있기 때문에 생산성의 저하 및 건강 문제를 초래 할 가능성이 있다. 이 때 고려해야 할 세부적인 변수들은 온도, 습도, 먼지, 유해기체, 부유미생물, 공기속도와 공기량, 빛 등 대단히 다양하다. 이러한 모든 변수들은 가축의 생산성에 직·간접적으로 영향을 미치고 적절히 상호 제어되지 않을 경우, 생산성의 저하 및 질병발생 그리고 심할 경우에는 폐사에 이르게 된다. 따라서 산업이 발달함에 따라 컴퓨터를 이용하여 동물복지를 위한 동물관리를 향상시킬 수 있다고 하였고(DeShazer and Randall, 1988), 이미지 분석기술은 돼지의 행동조절에서 일정한 행동에 의한 환경온도 조절을 할 수 있는 곳에서 이미지 분석기술을 발달시켰다(Wouters et al., 1990). 물론 현재까지 공기 온도, 속도, 바닥 온도와 체감 온도 사이의 복합 관계가 명확하게 구명되지 않은 실정이기 때문에 이 요소들의 값에 근거하여 환경을 제어하는 것은 어려운 실정이다. 그러나 공기 온도, 속도, 바닥 온도의 복합작용에 의한 체감온도의 변화에 따라 돼지의 체감 조절 행동은 다르게 나타나기 때문에 영상 처리 기술을 이용하여 체온 조절 행동을 분류함으로써 열 환경을 제어한다면 환경조절이 가능하다는 가설로 Mount (1978), Geers 등(1991) 그리고 Shao 등(1996)은 돼지의 체온 조절 행동은 추운 경우, 적절한 경우, 더운 경우의 행동으로 나타난다고 보고하였다. 상대적으로 추운 아침(AM 08:00~12:00) 보다는 오후(P.M 12:00~04:00)에 활동이 활발하였다고 보고하였다. Geers와 Dellaert 등(1989)은 돼지에 있어서 카니발리즘에 대한 온도의 영향을 조사하였는데 40~50 kg의 체중을 가지는 돼지의 경우 온도에 따라 민감하게 반응하므로 카니발리즘을 최소로 하기 위해서 축사내에 20~22℃의 환경온도를 유지할 것을 제안하였다.

따라서 본 연구는 돈사환경내에서 측정할 수 있는 대표변수인 열환경을 영상으로 감지

하여 환경을 제어할 수 있는 방법을 모색하고자 하였으며, 열환경의 변화를 획득한 후 영상을 분석하여 시스템의 제어구성을 하고자 한다. 만약 선택된 일반적인 이미지 기준 분석을 가지고 자동환경 온도조절을 입력할 수 있는데 이것이 성공된다면 이 기술은 환경 온도 조절의 기초를 제공할 수 있으며 안락한 행동을 통한 환경제어가 가능하리라 본다.

재료 및 방법

1. 실험 돈사의 환경

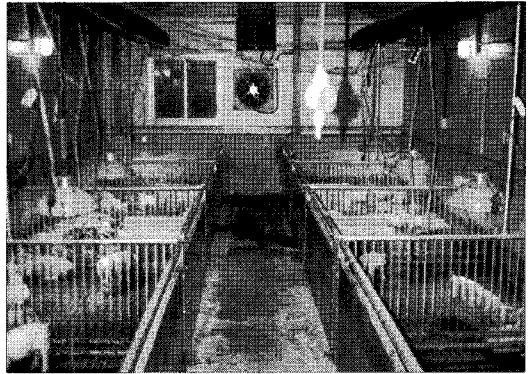


Fig. 1. The internal view of in a piglet barn.

자돈사는 5.6 m (W) × 9 m (L) × 4.5 m (H)인 돈방에 평균 체중이 6 kg인 자돈 100두를 사육하였으며, 혹한기에는 열원을 제공하기 위하여 보온등(620W ↔ 310W)을 설치하여 스위치로 조절하여 돈방내의 온도를 유지하였다. 그리고 돼지가 성장할수록 몸체에서 발산하는 열량을 감안하여 보온등을 310W로 조절하여 주어 돈방내의 최소환기를 유도하였다. 자돈사의 환경온도 변화를 관찰하기 위하여 CCD Camera를 설치하여 실험실내의 400Hz, 128MB, 586 Pentium 화면으로 돈사내의 온도상태를 관찰하여 돈사내의 환경을 가시화 할 수 있도록 프로그램에 연결하였다. 그리고 풍속은 다점 풍속계(Model 1550)를 이용하여 돈사내의 풍속을 측정하여 RS232

를 이용하여 온도와 같이 컴퓨터에 연결하여 실험실내에서 전면, 중앙 및 후면 1/3 하단 3 지점에 설치하여 관찰을 하였다. 온도는 센서를 27지점에 설치하였다(그림 2).

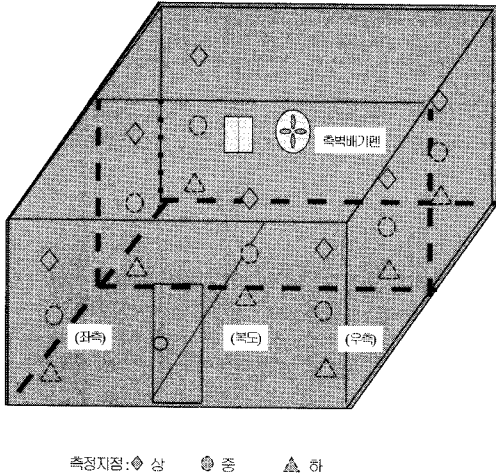


Fig. 2. Measurement locations of the pig house.

2. 행동기록과 분류

돼지의 행동을 구분하기 위하여 3가지로 분류하였는데, 온도에 따른 행동분류로 추움, 적당함, 더움으로 구분하였다. 실험기간 동안 칼라 카메라를 사용하였고, 높이는 1.2 m 지점에 울타리 상단에 설치하였고, 그림에 보여지는 한칸 돈방바닥은 (2 m × 2.2 m)이다. 효율적인 온도유지를 위해서 공기속도는 돈방바닥에서 0.2 m/s를 유지할 수 있도록 덕트에서 3~4 m/s로 유입하였고, 공기의 입기는 플라스틱 덕트를 통한 하향 입기를 실시하였다. 공기속도는 속도센서를 설치하여 실험을 수행하였다. 환기는 돼지의 생체중을 근거로 최소환기율로 팬을 구동하였다(0.25-0.3 m³ kg⁻¹ h⁻¹). 공기온도는 30분 단위로 기록 하였으며, 정확도는 ±0.2℃이다. 온도센서는 28 channel 을 자동 기록하였고 실험기간 동안 기록하

였다.

3. 공기유동 가시화

열환경제어는 온도뿐만 아니라 공기속도 즉, 배기팬의 운용과도 상관이 있으므로, 먼저 돈사내의 공기유동을 알고자 Smoke generator를 이용하여 배기팬 속도에 따른 공기유동과 온도를 관찰하였으며, 돼지의 생활에 적합한 온도를 제어하기 위해서는 돼지의 행동유형에 따른 몸체에서 발산하는 열을 감지하여 제어하는 것이 보다 나은 열환경을 제어한다고 볼 수가 있다. 따라서 복합 열환경에 따른 돼지의 체온변화와 행동을 통하여 돈사내의 환경변화 분포를 알고자 가시화 시스템을 구축하고자 하였으며, 여기서 얻어진 열환경의 분포를 분석하였다.

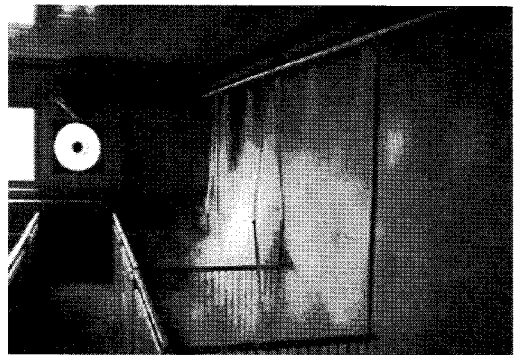
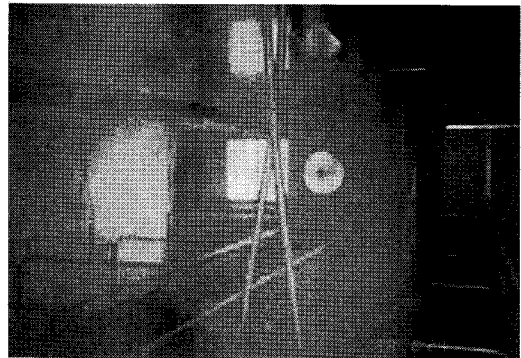


Fig. 3. The visualization of air flow with a smoke generator.

Table 1. Major environmental factors under the Nursery house environmental conditions

Item	LT	OT	HT
Air temperature (°C)	21.3	24.9	29.2
Reative humidity (%)	61.2	58.7	56.6
Floor temperature (°C)	20.9	23.1	28.4
Air velocity (m/s)	0.13	0.08	0.02
Dust (mg/m ³)	0.7	1.2	2.6
NH ₃ (ppm)	1.4	2.1	2.7

* LT : Low Temperature, OT : Optimun Temperature, HT : High Temperature.

4. 돼지의 행동유형 분석

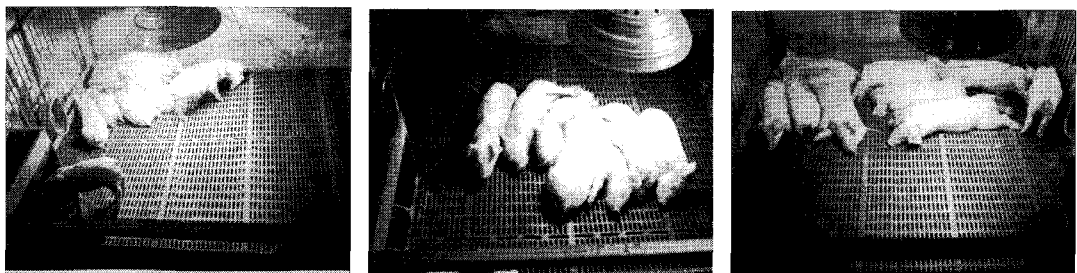
돼지의 체온조절 행동은 추운 경우, 적절한 경우, 더운 경우의 행동으로 나타난다고 보고 (Geers et al. 1991) 하였는데, 이것은 계속적인 실험의 반복을 거쳐 얻어진 data를 바탕으로 구축되어야만 한다. 분석은 추운 경우의 돼지는 체온을 유지하기 위하여 최대한 밀착하여 누우며, 적절한 경우의 돼지는 거의 평평으로 접착하여 눕고 그리고 더운 경우의 돼지는 서로 최대한 멀리 분산하여 눕는 3가지 유형으로 분류하였다.

결과 및 고찰

1. 행동유형 분석

〈그림 4〉는 추운 경우의 행동 영상으로

서 사람이 육안적으로도 알 수 있는 행동상태를 나타내고 있는데, 특히 몸체를 움크리고 있는 경우로 분류한다. 〈저온기〉는 서로 엉켜 몸이 붙어 있는 것을 볼 수 있는데, 특히 자돈이 두 세겹 포개져 있음을 알 수 있다. 〈적온기〉는 적온대의 행동은 적온이 유지되면 돼지의 몸체는 이완이 되어 있으며, 특히 다리를 뻗는 것이 특징으로 영상을 통하여 돼지가 누웠을 때의 다리의 모양으로 적온상태를 분류할 수 있다. 〈고온기〉는 고온상태의 것으로 고온일 경우에는 편하게 쉬지를 못하고 계속적으로 몸을 뒤척이는 행동을 나타내는데, 이와 같이 영상으로 처리되는 행동을 육안으로 판단하여 구성된 자료를 바탕으로 유전자 알고리즘을 이용하여 시스템을 구축하면 돈사환경을 제어할 수가 있다 〈그림 3 참조〉. Kabuga와 Annor (1992)는 하루중의 기온과 습도, 시간의 변화에 따라



Cold

Comfort

Hot

Fig. 4. The piglet status related to background temperature.

돼지의 행동양식을 14가지 형태로 분류하여 관찰하였고 상대적으로 추운 아침 (AM 08:00~12:00) 보다는 오후 (P.M12:00~04:00)에 활동이 활발하였다고 보고하였다. Geers와 Dellaert 등 (1989)은 돼지에 있어서 카니발리즘에 대한 온도의 영향을 조사하였는데 40~50 kg의 체중을 가지는 돼지의 경우 온도에 따라 민감하게 반응하므로 카니발리즘을 최소로 하기 위해서 축사내에 20~22℃의 환경 온도를 유지할 것을 제안하였다.

2. 프로그램의 영상화

실험은 배기팬의 수준으로 돈방내의 온도차이를 이용하여 실험을 실시하였으며, 실험의 범위는 돈사내 높이 1.5 m에 설치된 자동온도 센서기에 의하여 감지된 온도를 인위적으로 배기팬의 수준을 조절하여 추운 상태 (20℃ 이하 <육성 14℃ 이하>), 적온 상태 (25℃ 전후 <육성 18℃ 전후>), 고온상태 (30℃ 이상 <육성 22℃ 이상>)로 구분하여 실시하였다.

위의 표와 같이 자돈사의 온도범위에 따라 측정된 행동상태에 따른 체온의 변화를 감지하고자 가시화 시스템 (열화상 프로그램)을 이용하여 얻은 결과는 다음과 같다.

<그림 5>는 자돈사의 환경이 저온일 경

우의 상태 및 온도분포를 영상으로 나타낸 것으로 돈방내에서 보온등 바로 밑의 온도는 33℃를 나타내었지만, 배기팬의 속도증가에 의한 환경온도의 조절로 b 지점은 보온등을 약간 벗어난 지점은 온도는 약 16℃로 측정되었다. 이와 같이 돈방내의 온도가 저온일 경우의 자돈행동은 영상과 같이 서로 몸을 접근시켜 웅크리고 있음을 알 수 있었다. 특히 다리의 행동은 다리를 안쪽으로 움크린 상태로 서로 몸을 밀착시켜 되도록 움직임을 적게하여 몸에서 발산하는 열을 최소화 하려고 하는 행동이 영상으로 분류되었다.

<그림 6>은 자돈에 있어서 적온의 환경 온도를 공급하면 위와 같이 보온등 아래에서도 활발하게 움직임을 나타내고 있으며, 특히 바닥등 지점별에 따른 온도를 살펴 보면 돈사내의 온도분포가 북도부분이 22℃를 나타내고 있지만 생주공간내에서의 온도분포는 24.2℃~27.0℃를 나타내어 안정된 상태라 할 수 있다. 이것은 돈사내의 환경온도는 부분적으로는 차이를 나타내고 있지만 생활공간 즉, 돈방내의 온도감지에 의하여 돈사환경을 조절할 수 있으며, 이와 같이 동물의 행동이나 돈사내의 특정지점의 온도변화를 감지하여 온도분포에 따른 자돈행동을 분류하였다.

<그림 7>은 자돈사의 환경이 고온일 경

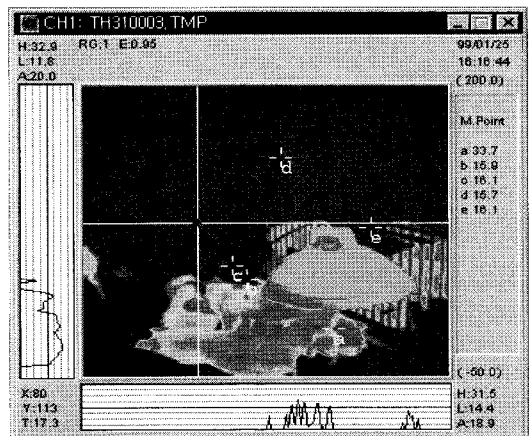


Fig. 5. Thermal image during cold temperature period in the piglet barn.

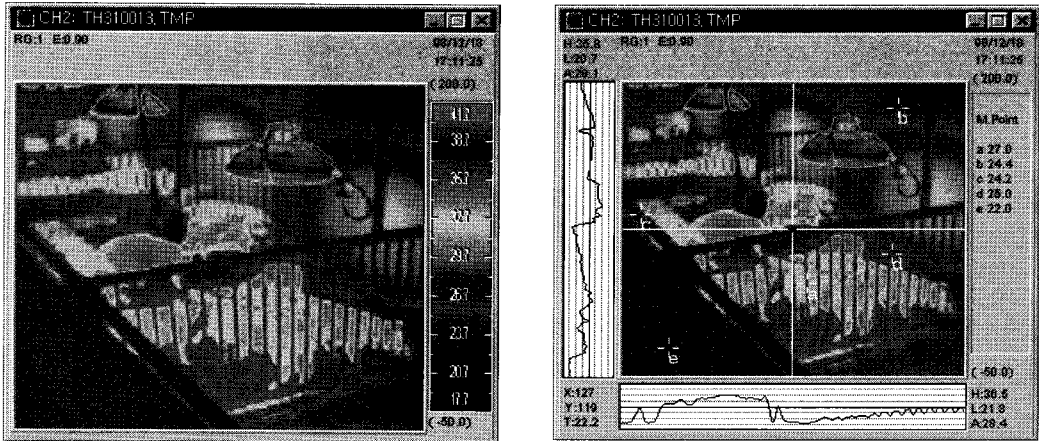


Fig. 6. Thermal image during comfortable temperature period in the piglet barn.

우의 상태 및 온도분포를 영상으로 나타낸 것으로 돈방내에서 가장 낮은 지점이 a 지점으로 온도는 약 28℃로 측정되었으며, 특히 보온등 아래의 온도는 38℃를 나타내어 환경이 고온일 경우의 대표적인 행동을 영상으로 감지한 것인데, 이때의 특징은 보온등 아래 지점을 피하고, 코부분을 되도록 보온등 바깥쪽으로 일률적으로 취하는 행동을 하였다. 따라서 영상으로 이와 같은 행동을 감지할 경우 고온의 상태라는 것을 눈으로 알 수 있으며, 이러한 현상을 PC를 통하여 감지된 영상을 바탕으로 가시화 시스템을 구축하였다.

3. 사료섭취량

환경온도에 따른 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 실험을 시작하기 전 체중은 유의적인 차이가 없었으나 사육환경 변화(저온, 적온, 고온)를 달리하면서 자돈에 환경온도를 달리하였을 때 사료섭취량은 저온구가 다른 환경온도에 비하여 사료를 많이 섭취하였던 반면에 종료체중과 일당증체량에서는 낮게 나타났다 ($p < 0.05$). 따라서 본 연구 결과에서는 무엇보다도 자돈에 맞는 사육환경 온도가 제공될

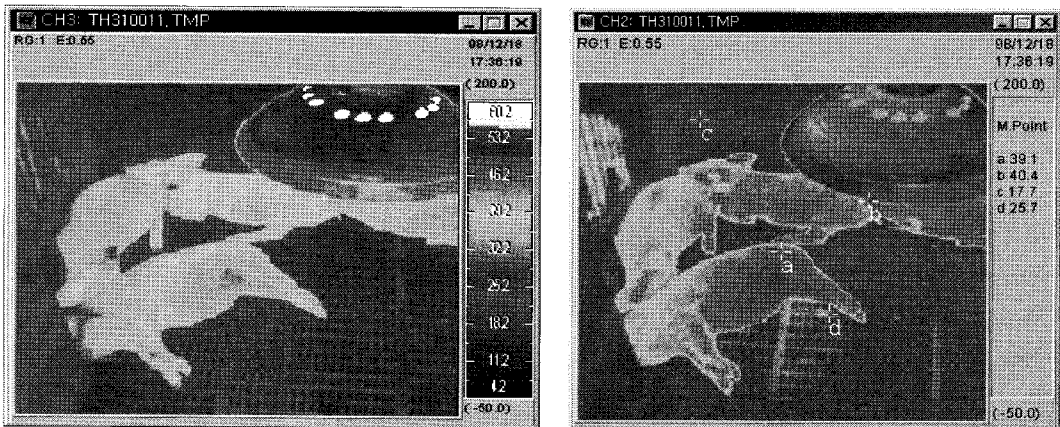


Fig. 7. Thermal image during hot temperature period in the piglet barn.

Table 2. Results of performance in the experimental

Item	Treatment			SEM
	OT	LT	HT	
Initial body Wt. (kg)	7.63	7.94	8.12	0.43
Final body Wt. (kg)	19.56	17.48	18.78	1.32
Average daily gain	368.2*	342.7**	353.13*	28.40
Average daily feed intake	563.75	589.68	542.13	27.40
Feed/gain	1.53*	1.72**	1.50*	0.23

LT : Low Temperature, OT : Optimum Temperature, HT : High Temperature

* : Means with different superscripts in the row differ significantly ($P < 0.05$).

때 가장 효율이 높다는 것을 알 수 있었다.

종료체중과 일당증체량에서는 낮게 나타났다 ($p < 0.05$).

요 약

본 연구는 돼지의 체온 발산에 따른 행동에 근거하여 환경을 제어할 때 몸체에서 발산되는 체열과 환경의 온도차이를 이용하여 환경을 제어할 수 있는 방법을 모색하고자 하였으며, 열환경에서 얻어진 자료를 바탕으로 축사의 환경제어 시스템에 접목하고자 실시하였다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 환경온도에 따른 돼지의 행동을 칼라영상을 통하여 획득한 후 가시화 시스템(열화상 프로그램)을 통한 행동상태를 고온, 적온, 저온기로 분류하였다.

2. 영상처리 시스템의 하드웨어를 적외선 CCD 카메라, 영상처리 보드DIF (TH3100) 모델과 컴퓨터는 400Hz, 128M, 586 Pentium로 구성되었으며, 프로그램은 C++ 언어로 작성되었다.

3. 영상처리시스템을 온도에 따라 분류했던 결과 저온, 적온, 고온으로 분류되어 돈사내 환경제어 시스템에 응용이 가능할 것으로 판단되었다.

4. 사료섭취량은 저온구가 다른 환경온도에 비하여 사료를 많이 섭취하였던 반면에

인 용 문 헌

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., V. Goedseels, G. Parduyns and G. Vercruysse. 1986. The group postural behavior of growing pigs in relation to air velocity, air and floor temperature. *Apple. Anim. Behav. Sci.* 16:353-362.
3. Geers, R., B. Dellaert, V. GoedSeels, A. Hoogerbrugge, E. Vravken, F. Maes and D. Berckmans. 1989. An assessment of optimal air temperatures in pig houses by the quantification of behavioural and health-related problems *Animal production.*, 48: 571-578.
4. 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.

5. Mount, L. E. 1978. The Climate Physiology of the Pig. Edward Arnold, London.
6. Shao, J., H. Xin and J. D. Harmon. 1996. Evaluating thermal comfort behavior of young pigs by neural network. ASAE Paper No.964058
7. Wounter, P., R. Geers, G. Parduyns, K. Goossens, B. Truyen, V. Goedseels and E. Vander Studyft. 1990. Image analysis parameters as inputs for automatic environmental temperature control in the piglets houses. Computer and Electronics in Agriculture. 5:233-246.