

지열 냉방시스템을 이용한 분만돈사의 냉방효과 분석

최희철 · 송준익 · 나재천 · 김민지 · 방한태 · 강환구 · 박성복 · 채현석 · 서옥석 ·
유영선* · 김태원** · 박재홍
국립축산과학원

Evaluation on Cooling Effects of Geothermal Heat Pump System in Farrowing House

Choi, H. C., Song, J. I., Na, J. C., Kim, M. J., Bang, H. T., Kang, H. G., Park, S. B.,
Chae, H. S., Suh, O. S., Yoo, Y. S.*, Kim, T. W.** and Park, J. H.
National Institute of Animal Science

Summary

The principal objective of this study was to investigate the cooling effects of geothermal heat pump system (GHPS) in farrowing house. A total of 96 sows were allocated to 2 pig housings (GHPS and conventional housing) with 48 for four weeks in summer season. During the experimental period of four weeks, the highest outside temperature observed was approximately 34.1°C, GHPS decrease indoor temperature of pig housing up to 30.9°C, but conventional pig housing was similar to outside temperature. Dust concentrations (maximum 61.4%) of particulate matter less than 10µm (PM 10) in GHPS-housing were lower than the conventional housing. GHPS showed no significant difference in carbon dioxide emission, whereas the ammonia gas concentration was significantly decreased in GHPS-housing compared to that of conventional housing. Sows in GHPS-housing showed significantly lower respiratory rate than those of the control group. GHPS did not affect hormone level, litter size and birth weight, but weaning weight of piglets was influenced by GHPS. Feed consumption of sows was significantly increased in GHPS-housing compared to the conventional housing. These results suggest that GHPS decrease dust concentration, ammonia gas emission and indoor temperature of pig housing and may affect performance in sows and weaned piglets.

(Key words : Farrowing House, Geothermal Heat, Cooling System, Noxious Gas, Performance)

서 론

신·재생에너지는 환경 친화적인 청정에너지로서 화석에너지의 고갈, 국제환경 규제강화로 인하여 향후 주요 에너지원으로 부상할

전망이다. 선진국은 기후변화 협약과 관련, 온실가스 감축 의무를 준수하고, 지속 가능한 경제발전을 위해 신·재생에너지 개발·보급을 목표로 정하여 중점 투자하고 있다. 선진국은 1차 온실가스 감축 공약기간인

* 국립농업과학원(National Academy of Agricultural Science)

** (주)티이엔(T.E.N Co.)

Corresponding author : Jae Hong Park, National Institute of Animal Science. Tel: 041-580-6730, E-mail: atom1965@hanmail.net

2010년 5월 11일 투고, 2010년 5월 20일 심사완료, 2010년 5월 22일 게재확정

2008년부터 2012년까지 1990년 대비 평균 5.2% 감축의무를 설정하였으며, 이를 위하여 온실 가스 배출량이 적은 신·재생에너지 확대 보급시책을 펴고 있다. 태양과 풍력, 바이오에너지 등의 신·재생에너지 세계시장은 연평균 20~30% 급신장하고 있으며, OECD 국가의 신·재생에너지 비중은 1993년 3.9%에서 2010년에 4.9% 수준으로 증가할 전망이다. 국내에서도 2008년 광복절에 녹색성장과 관련된 국가비전을 제시하고, 정부 주도로 신·재생에너지 개발 및 이용·촉진법에 근거 바이오 에너지 기술개발을 추진하고 있다. 2002년 12월 에너지이용합리화법 제4조에 근거하여 제 2차 국가 에너지 기본계획이 확정되어 시행되고 있으며, 국가 총 에너지 중 2011년에는 5%의 신·재생에너지 공급 목표 달성을 위한 구체적인 실행 계획을 수립하고 있다. 세계 에너지 소비는 2025년까지 약 54%가 증가될 것으로 전망하고 있다. 특히 개도국은 약 91%, 선진국은 약 33%, 동유럽과 구소련 등 체제 전환국은 약 42%의 에너지 소비 증가가 예상되어 화석연료를 대체할 수 있는 새로운 에너지원의 개발이 절실한 실정이다.

지열이용열펌프시스템은 사계절 일정한 수온이 유지되는 지하수열을 이용하여 냉·난방하는 시스템으로 열 교환에 사용된 지하수는 다시 지하공간으로 투입되기 때문에 지하수의 고갈 없이 연속적으로 이용이 가능하다. 지열이용 열펌프시스템은 초기 주거건물의 실내 냉·난방을 위하여 개발되었으며, 그 활용 가치가 우수한 에너지 자원이다. 그러나 아직까지 돈사에 이용된 예가 많지 않으며, 돈사내 환경 및 돼지의 생산성에 관련된 과학적이고, 체계적인 자료 또한 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 세계 에너지 위기 속에서 신·재생에너지인 지열을 이용하여 돈사의 냉방 시스템을 개발하였으며, 이 시스템을 돈사에 적용하여 돈사

시설 내 냉방장치로서의 가치 평가와 이와 관련되는 돈사내 환경평가 및 임신·분만돈의 생리적 변화를 고찰하기 위하여 시행하였다.

재료 및 방법

1. 시험설계 및 방법

충남 서산의 모돈 500두 규모인 양돈농가의 무창형 분만돈사에서 2007년 8월 1일부터 8월 29일까지 시험을 수행하였다. 돈사의 규격은 폭 11미터, 길이 30미터, 면적은 330 m² 이었다. 돈사 내에는 분만틀이 48개 설치되어 있고, 분만돈 48두를 수용하는 시설 2동을 활용하여 지열냉방시스템을 설치한 시험구와 관행 돈사인 대조구간의 비교시험을 수행하였다. 돈사는 무창형태로 칼라강판에 스티로폼 50 mm와 우레탄폼 30 mm를 사용하였으며, 대형 환 4대를 설치하여 온도에 따라 환이 가동되도록 하였다.

2. 지열 히트펌프 설치

지열 히트펌프의 용량을 산정하기 위하여 부하량을 산정한 결과, 방사열은 886 kcal/h, 전도는 1,384 kcal/h, 현열과 체열은 16,908 kcal/h, 잠열은 11,331 kcal/h로 총 30,509 kcal/h의 부하량이 발생하였다. 이를 냉방시키기 위하여 10.1 RT의 히트펌프 용량이 필요하였으며, 10.0 RT의 수직개방형 히트펌프를 설치하였다(표 1). 냉각매질은 지하수로 깊이는 200미터인 관정에 심정펌프를 설치하여 히트펌프에 공급하였다. 압축된 열은 순환펌프를 통하여 웬코일 유니트로 보낸 후 사용된 지하수는 지하 200미터로 투입하여 재순환할 수 있도록 하였다. 히트펌프와 응축기를 통하여 교환·응축된 열은 순환펌프를 통하여 웬코일 유니트로 전달되어지며, 축사 내에

Table 1. Amount of loaded calorie of geothermal heat pump system for cooling

		Loaded calorie for cooling
Amount of loaded calorie	Radiation (kcal/h)	886
	Heat transfer (kcal/h)	1,384
	Sensible heat of fan and body temperature (kcal/h)	16,908
	Latent heat (kcal/h)	11,331
	Total (kcal/h)	30,509
Capacity of earth heat exchanger (RT)		10.1

설치된 FCU 온도센서에 의하여 시로코 환을 통하여 축사 안으로 연결된 덕트로 송풍된다. 여름철의 경우 20℃ 내외의 지하수를 품어 올려 히트펌프를 이용하여 냉열로 응축한 후 이 응축된 10~15℃의 찬 공기는 환코일 유니트를 통하여 돈사 내로 불어 넣게 된다. 이때 돈사 내 온도는 27℃ 정도로 맞추도록 하였다.

3. 조사항목

온도변화에 따른 지하수의 순환량과의 상관관계를 보기 위하여 유량계를 부착하여 냉방에 사용된 지하수의 양을 측정하였으며, 환코일 유니트는 풍량이 90 m²/min인 송풍기를 사용하였다. 시험 돈사의 온도와 습도는 돈사내부 바닥에서 1미터 높이, 지열냉방 공기가 들어오는 덕트 내부, 돈사 외부에서 HD 206-1 (Delta OHM사, Italy) 연속 측정 장치를 이용하여 매 15분마다 각각 측정하였다. 돈사 내부의 먼지농도는 돈사 중앙에 GRIMM Aerosol Monitor (GRIMM AEROSOL, Germany)를 돈사바닥에 설치하여 조사하였다. Particulate matter less than 10 μ m (PM 10), Particulate matter less than 2.5 μ m (PM 2.5), Particulate matter less than 1.0 μ m (PM 1.0)에 대하여 시험돈구와 대조구 돈사 간의 먼지 크기별 농도를 30분 간격으로 24시간씩 측정하였다. CO₂, NH₃, H₂S는 가스 검지관을 이용하여 매일 아침 모돈의 코 높이에서 측정

하였다. 임신돈의 호흡수는 시험구 5두, 대조구 5두에 대하여 1분간 호흡수를 측정하였다. 혈청 내 에피네프린, 노어에피네프린 수준은 임신돈 각각 5두씩 총 10두를 대상으로 하여 IBL ELISA kit를 사용하여 분석하였다. 발색 유도물질을 집어넣고, 490 nm (reference wave length: 630nm)에서 Bio-Tek EL 800 ELISA reader (Winoski, VT, USA)로 흡광도를 측정하였다. 사육 시험성적은 산자수, 자돈의 생시체중, 균일도, 이유시 체중 및 생존율, 분만돈의 사료섭취량 등을 조사하였다.

4. 통계분석

수집된 자료는 SAS package (1996)의 GLM procedure로 분산분석을 실시하였으며, 처리구간 통계적인 차이는 Duncan의 다중 검정법으로 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 최고기온과 지하수 순환량의 상관성

본 지열냉방시스템은 지하수를 순환하여 지하수에서 열을 응축하여 그 열을 돈사내부로 불어넣어 주게 된다. 따라서 외부온도와 지하수 순환량 간의 상관관계가 있을 수 있으며, 지열 냉방시 외부 최고기온과 지하수 순환량의 상관성은 그림 1에서 보는 바와 같다. 외부기온이 33.0℃ 이상으로 더운 날에는

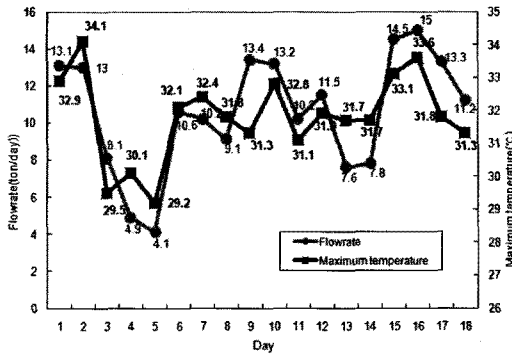


Fig. 1. Correlation analysis between outside temperature and ground water circulation of geothermal heat pump system (GHPS).

냉방을 위한 지하수 순환량이 많이 소요되어 최고기온과 지하수 순환량이 아주 밀접한 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 외부 최고기온이 33.1°C로 높은 날에는 지하수 순환량이 14.5톤이었고 33.6°C일 경우 15톤으로 지하수 순환량이 많은 반면 외부기온이 29.2°C인 날에는 지하수 순환량이 4.1톤으로 낮았다. 이와 같이 외부기온이 높은 날에는 지하수 순환량이 많았고, 외부기온이 낮은 날에는 지하수 순환량이 적어 외부온도와 지하수 순환량 간에는 정의 상관관계가 있는 것으로 분석되었다.

2. 지열냉방 돈사가 여름철 돈사 내부의 온·습도에 미치는 영향

표 2는 지열냉방돈사와 관행돈사의 여름철 온도변화를 보여주고 있다. 시험 1주차에 측정된 외부기온은 최고 32.7, 평균 26.0°C인 반면, 관행돈사는 최고기온이 31.7°C로 외부기온과 1°C 차이를 보였다. 지열냉방돈사의 최고기온은 31.2°C 이었고, 평균온도는 27.5°C 이었다. 지열 히트펌프에서 차가운 공기를 넣어주는 덕트 내부의 온도는 최소 17.6°C 이었고, 평균적으로는 26.1°C 이었다. 시험 2주차에 측정된 지열냉방 돈사의 최고 온도는 30.9°C, 최저 26.3°C, 평균 28.3°C로 관

행돈사의 최고 33.9°C, 최저 26.4°C, 평균 28.3°C와 비교시 최고온도는 지열냉방 돈사가 관행돈사에 비하여 3°C 낮았으며, 평균온도는 비슷했다. 시험 3주차 지열냉방 시험돈사의 경우 최고기온이 30.7°C, 최저기온은 26.7°C, 평균기온은 28.5°C로 관행돈사의 최고기온 32.6°C, 최저기온 23.9°C, 평균기온 27.9°C에 비하여 최고기온은 지열냉방돈사에서 1.9°C 낮았다. 습도는 지열냉방돈사가 관행돈사에 비하여 전반적으로 낮은 수치를 나타내었다. 1주차 외부의 평균 습도는 91.3%였으며, 관행돈사는 90.2%, 지열 냉방시 87.9%로 약간 감소하는 경향이였다. 2주차에도 돈사 외부의 평균 습도가 87.2% 일 때 관행돈사 내부는 86.9%이었으며, 지열냉방돈사의 평균 습도는 82.1%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 3주차에도 외부 평균 습도가 85.2% 일 때 관행돈사는 84.6%로 비슷한 경향이였으며, 지열냉방돈사의 경우 79.1%로 약간 낮은 경향이였다. 그림 2는 시험 2주차 돈사 내·외의 일별 온도 변화를 보여주며, 덕트 내부에서는 지열냉방시스템을 가동하는 낮 시간과 밤 시간 간의 확연한 차이를 볼 수 있다. 또한 관행돈사와 돈사 외부의 온도가 거의 같은 경향으로 바뀌는 것에 비하여 지열냉방돈사의 경우 최고기온이 관행돈사에 비하여 낮게 유지되고, 최저기온도 많이 떨어지지 않아 일교차가 훨씬 적은 것을 볼 수 있다. 그림 3에서 보는 바와 같이 습도의 경우에도 돈사 외부와 관행돈사는 같이 변화되는 것을 볼 수 있으며, 지열냉방돈사의 경우 습도의 일교차가 훨씬 적은 것을 볼 수 있다.

3. 지열냉방 돈사가 분진발생에 미치는 영향

표 3은 관행돈사와 지열냉방시스템을 설치한 분만돈사의 분진농도이다. 관행돈사의 돈사내 미세먼지 수준이 10 μm 이하인 PM 10을 측정할 경우, 평균 52.5, PM 2.5는 10.2, PM 1.0은 5.6 μg/m²으로 나타났다. 지열냉방돈

Table 2. Effects of geothermal heat pump system (GHPS) on temperature and humidity of pig housing

			Control (1m height)	GHPS (1m height)	GHPS (in duct)	Outside
1st week	Temp. (°C)	Max.	31.7	31.2	32.1	32.7
		Min.	23.7	25.1	17.6	21.9
		Avg.	27.1	27.5	26.1	26.0
	Humid. (%)	Max.	100	96.1	99.8	99.9
		Min.	72	73.9	68.8	67.1
		Avg.	90.2	87.9	89.1	91.3
2nd week	Temp. (°C)	Max.	33.9	30.9	28.3	34.1
		Min.	26.4	26.3	15.2	22.1
		Avg.	28.3	28.3	22.6	27.1
	Humid. (%)	Max.	97.9	92.4	98.8	99.9
		Min.	63.3	69.7	79.1	59.8
		Avg.	86.9	82.1	93.0	87.2
3rd week	Temp. (°C)	Max.	32.6	30.7	28.1	32.8
		Min.	23.9	26.7	14.9	18.3
		Avg.	27.9	28.5	21.7	26.4
	Humid. (%)	Max.	99.7	89.7	99.9	99.9
		Min.	53.6	62.0	65.2	53.6
		Avg.	84.6	79.1	95.0	85.2

사는 평균 PM 10이 33.8, PM 2.5는 21.7, PM 1.0은 18.8 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ 로 큰 입자는 지열 냉방구가 일반 돈사에 비하여 감소하였다. PM 10의 경우 지열냉방돈사가 관행돈사에 비하여 최

고 61.4%(111.1 vs 42.9) 감소되었으나 작은 입자의 분진은 오히려 지열냉방돈사에서 약간 높은 경향이였다. 이러한 결과는 냉열로 응축한 찬 공기가 덕트를 통해서 돈사로 공

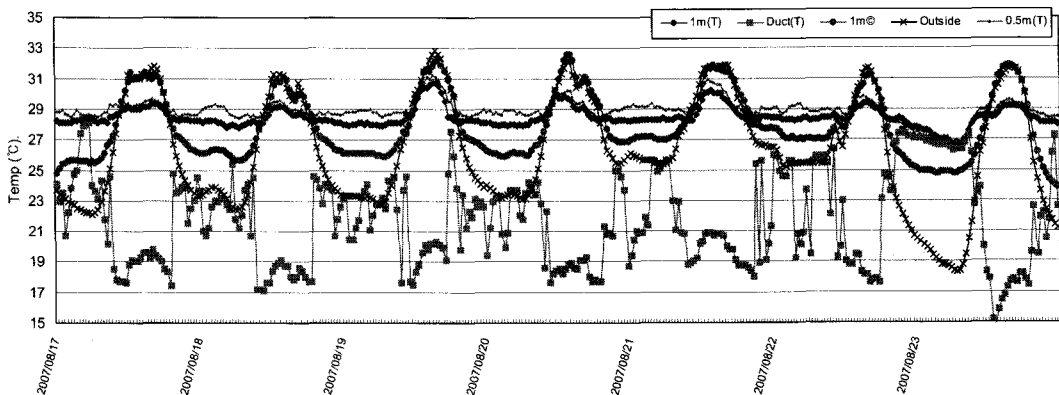


Fig. 2. Effects of geothermal heat pump system (GHPS) on temperature of pig housing during the 2nd week.

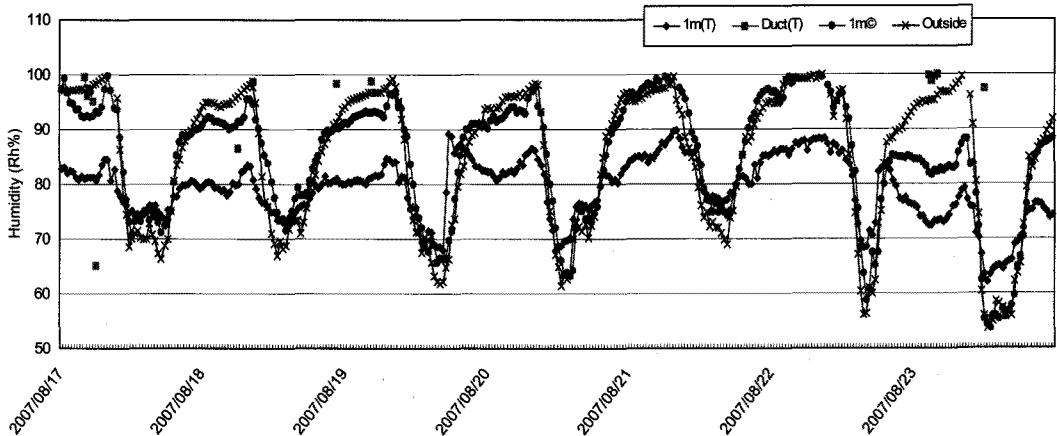


Fig. 3. Effects of geothermal heat pump system (GHPS) on humidity of pig housing during the 2nd week.

Table 3. Effects of geothermal heat pump system (GHPS) on dust concentration of pig housing

		Control	GHPS
	 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	
PM 10	Max.	111.1	42.9
	Min.	16.3	25.1
	Avg.	52.5	33.8
PM 2.5	Max.	15.3	27.6
	Min.	7.0	11.9
	Avg.	10.2	21.7
PM 1.0	Max.	9.9	24.5
	Min.	3.6	10.3
	Avg.	5.6	18.8

급되기 때문에 관행돈사에 비하여 비교적 낮은 온도를 유지되므로 환기 팬의 작동 횟수가 그 만큼 적었던 요인과, 덕트를 통하여 송풍되는 공기 흐름에 의해서 큰 먼지입자보다는 상대적으로 입자가 적은 먼지가 더 많이 날린 것 때문으로 여겨진다. 돈사는 환기 팬과 냉방시스템이 연동되도록 시스템화 되어 있기 때문에 27℃ 이상으로 올라가면 환기 팬이 가동되기 시작한다. 따라서 신선하고, 찬 공기가 지속적으로 제공되는 지열냉

방 분만사는 환기 팬에 의한 풍속에 의해서도 체감 온도를 낮추어 주게 되므로 여름철 고온 스트레스를 예방할 수 있는 환경을 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 지열냉방 돈사가 유해가스 발생에 미치는 영향

표 4는 지열냉방과 관행돈사의 여름철 돈사내 유해가스 농도이다. 이산화탄소 농도는

Table 4. Effects of geothermal heat pump system (GHPS) on CO₂ and NH₃ concentration of pig housing

	Control	GHPS
 (ppm)	
CO ₂	1,241±421	1,079±161
NH ₃	6.2±4.42 ^b	2.7±0.96 ^a
H ₂ S	0.0	0.0

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

관행돈사의 경우 1,241 ppm으로 지열냉방돈사 1,079 ppm 보다 높은 경향이었으나 유의성은 인정되지 않았다. 암모니아가스의 경우 관행돈사는 6.2 ppm으로 지열냉방돈사 2.7 ppm에 비하여 유의적으로 (p<0.05) 높았다. 그러나 황화수소는 지열냉방돈사와 대조구 모두에서 검출되지 않았다. 돈사내에서 문제되는 유해 가스로는 암모니아 가스, 황화수소 가스, 이산화탄소 등이 있다. 암모니아 가스는 돼지의 눈 점막과 상부기도를 자극하여 호흡기 질병을 유발하는데 본 시험 결과, 지열냉방시스템은 돈사내 암모니아 발생량 감소에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

5. 지열냉방 돈사가 모돈의 호흡수에 미치는 영향

지열냉방에 의한 임신돈의 호흡수를 조사하기 위하여 지열냉방돈사와 관행돈사의 모돈 5두에 대하여 호흡수를 측정하였다. 지열

냉방과 관행돈사의 주령별 모돈의 분당 호흡수는 표 5에서 보는 바와 같다. 시험 1주차에 조사된 관행돈사의 분당 호흡수는 119.2회로 지열냉방돈사의 77.2회에 비하여 유의적 (p<0.05)으로 높았으며, 2주차에도 관행돈사는 143.6회로 지열냉방돈사 105.6회에 비하여 유의적으로 (p<0.05) 높았다. 3주차에도 1, 2주차와 비슷한 양상으로 관행돈사의 호흡수 (150.4회)는 지열냉방돈사 (110.8회)에 비하여 유의적으로 (p<0.05) 높았다. 돈사 온도가 주령이 경과할수록 높아짐으로써 호흡수도 주령이 경과할수록 많아졌다. 하절기 주변온도가 29℃ 정도까지 상승하면 돼지의 피부는 0.18℃, 유방은 0.08℃ 및 직장온도는 0.11℃가 상승한다 (Brown-Brandl, 2001; 정, 2007). 호흡수는 주변온도 1℃ 증가할 때마다 분당 8회 정도 증가하는데, 온도가 30℃부터 호흡수 증가가 두드러지고, 35℃가 되면 22℃ 보다 7배 이상의 호흡수를 나타낸다 (Patience 등, 2005; 정, 2007). 이것은 체열발산을 위한

Table 5. Effects of geothermal heat pump system (GHPS) on respiratory rate of sows

	Control	GHPS
 (Breathing rate/minute)	
1st week	119.2±30.4 ^b	77.2±11.7 ^a
2nd week	143.6±25.5 ^b	105.6±11.9 ^a
3rd week	150.4±15.7 ^b	110.8±22.8 ^a

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

피부 모세혈관의 혈류량 증가 때문으로 설명되어지는데, 같은 동물이라도 돼지는 땀샘이 잘 발달되어 있지 않기 때문에 호흡으로 열을 증발시켜야 한다. 따라서 이 시험의 결과, 호흡수 감소는 온도저하를 느끼는 임신돈의 체감 반응으로써 지열냉방이 하절기에 효과적임을 의미한다.

6. 지열냉방 돈사가 스트레스성 호르몬에 미치는 영향

지열냉방시스템이 모돈의 혈중 에피네프린과 노르에피네프린 함량에 미치는 영향은 표 6에 나타내었다. 에피네프린의 경우 관행돈사는 2.6 ng으로 지열냉방돈사 0.66 ng에 비하여 높은 경향이었으며, 노르에피네프린의 경우에도 관행돈사는 0.88 ng으로 지열냉방돈사 0.61 ng에 비하여 증가하는 경향을 보였다. 고온 스트레스를 받게 되면 일단 뇌의 시상

하부-뇌하수체-부신 축이 반응을 하게 된다 (Minton, 1994). 이로 인하여 부신에서 부신피질 호르몬, 코티졸 및 에피네프린 등이 많이 분비되면 발정호르몬과 배란 호르몬 등의 성선 호르몬의 분비를 저해하여 난포 발육과 배란에 영향을 미칠 수 있다 (Li와 Wagner, 1983). 또한 Almond와 Bilkei (2005)의 보고에 의하면 35℃ 이상 고온하에서는 모돈의 이유 후 발정재귀까지의 기간이 길어지고, 재발정 비율도 높아지며, 분만을, 산자수가 감소하였다고 하였다. 이와 같이 특히 임신·분만돈의 하절기 온도 관리는 발정, 배란 및 자돈의 생산성에 중요한 영향을 미친다. 이 시험의 결과, 에피네프린 함량의 경우 지열냉방돈사가 관행돈사에 비하여 74.6%나 감소하는 경향을 보였으나 통계적인 차이는 인정되지 않았다. 반복간의 변이가 심했던 것으로 판단되며, 이에 대하여 좀 더 세밀한 추가 시험이 요구된다.

Table 6. Effects of geothermal heat pump system (GHPS) on stress hormone of sows

	Control	GHPS
 (ng/ml)	
Epinephrine	2.60±1.64	0.66±0.28
Norepinephrine	0.88±0.32	0.61±0.18

Table 7. Effects of geothermal heat pump system (GHPS) on performance of sows and piglets

	Control	GHPS
Litter size (piglets/litter)	12.4 ± 3.5	11.3 ± 1.7
Birth weight (kg)	1.37± 0.05	1.51± 0.22
Parity	2.6	2.5
Litter size at weaning (piglets/litter)	10.4 ± 1.1	10.7 ± 0.5
Weaning weight (kg)	5.6 ± 0.36 ^a	6.0 ± 0.21 ^b
Feed intake per sow (kg)	62.2 ±11.9 ^a	72.2 ±14.4 ^b

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

7. 지열냉방 돈사가 모든 및 이유자돈의 생산성에 미치는 영향

관행돈사와 지열냉방돈사의 사육성적은 표 7에서 보는 바와 같다. 이유자돈수는 관행돈사는 모든 두당 10.4두로 지열냉방돈사의 10.7두에 비하여 낮았으며, 이유시 체중은 관행돈사는 5.6 kg으로 지열냉방돈사의 6.0 kg에 비하여 유의적으로 ($p < 0.05$) 작았다. 특히 모든의 포유기간 중 여름철 사료섭취량은 관행돈사의 경우 62.2 kg으로 지열냉방돈사 72.2 kg에 비하여 유의적으로 ($p < 0.05$) 감소하였다. 이러한 모든의 사료섭취량의 감소는 관행돈사의 온도와 습도가 지열냉방돈사에 비하여 상대적으로 높은 것에 기인한 결과라고 판단된다. 일반적으로 1°C 상승할 때마다 일당 100g의 사료섭취 저하가 일어난다고 알려져 있으나 실제로는 온도가 높아지면 사료섭취량의 감소 폭은 더 크게 나타난다. 이 시험의 결과, 지열냉방돈사는 하절기에 발생할 수 있는 분만돈의 사료섭취량 감소 및 포유자돈의 생산성 저하 등의 부정적인 측면을 완화할 수 있을 것이라 사료된다.

적 요

지열냉방시스템을 분만돈사에 적용하여 냉방효과 및 분만돈과 자돈의 생산성을 조사하였다. 처리구는 지열냉방돈사와 관행돈사로 2개로 나누었으며, 돈사당 각각 모든 48두씩을 수용하여 하절기 4주간 시험을 실시하였다.

시험결과, 외부기온이 33.0°C 이상으로 더운 날에는 냉방을 위한 지하수 순환량이 많이 소요되어 최고기온과 지하수 순환량이 아주 밀접한 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 지열냉방 돈사의 온·습도 변화의 경우 최고기온은 관행돈사에 비하여 낮게 유지되고, 최저기온도 많이 떨어지지 않아 일

교차가 훨씬 적었다. 미세먼지 입자가 상대적으로 큰 PM 10은 지열냉방돈사가 관행돈사에 비하여 최고 61.4% (111.1 vs 42.9) 까지 감소되었다. 그러나 작은 입자의 분진은 오히려 지열 냉방구에서 약간 높은 경향이었다. 암모니아가스 배출량의 경우 지열냉방돈사는 관행돈사에 비하여 유의하게 ($p < 0.05$) 감소하였다. 총 3회에 걸쳐 측정된 임신돈의 호홉수는 지열냉방돈사에서 유의적으로 ($p < 0.05$) 감소하였고, 에피네프린과 노르에피네프린 호르몬의 경우에 지열냉방돈사에서 감소하는 경향을 보였다. 이유시 체중은 지열냉방돈사가 관행돈사에 비하여 유의적으로 ($p < 0.05$) 증가하였으며, 여름철 모든의 사료섭취량은 관행돈사에서 유의적으로 ($p < 0.05$) 감소하였다.

따라서 지열냉방시스템은 여름철 분만사의 온·습도를 낮게 유지시킬 수 있을 뿐만 아니라 분진, 암모니아 가스 발생량 및 모든의 호홉수 감소에 영향을 주어 모든과 포유자돈의 생산성을 개선시킬 수 있다.

인 용 문 헌

1. Almond, P. K. and Bilkei, G. 2005. Seasonal infertility in large pig production units in an Eastern-European climate. *Aust. Vet. J.* 83:344-346.
2. Brown-Brandl, T. M., Eigenberga, R. A., Nienabera, J. A. and Kachmanb, S. D. 2001. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. *Livest. Prod. Sci.* 71:253-260.
3. Li, P. S. and Wagner, W. C. 1983. *In vivo* and *in vitro* studies on the effect of adrenocorticocropic hormone or cortisol on the pituitary response to gonadotropin-releasing hormone. *Biol. Reprod.* 29:25-37.
4. Minton, J. E. 1994. Function of the

- hypothalamic-pituitary-adrenal axis and the sympathetic nervous system in models of acute stress in domestic farm animals. *J. anim. sci.* 72:1891-1898.
5. Patience, J. F., Umboh, J. F., Chaplin, R. K. and Nyachoti, C. M. 2005. Nutritional and physiological responses of growing pigs exposed to a diurnal pattern of heat stress. *Livest. Prod. Sci.* 96:205-214.
6. SAS Institute. 1996. SAS/STAT Guide Version 6.12. SAS, Institute Inc. Cary NC.
7. 정기화. 2007. 하절기 스트레스를 입은 모돈의 번식생리 변화. 월간 *Pig & Pork*. vol. 29.