

## 경기지역 젖소 농가 고온저감시설 활용 실태조사 및 축사내 온습도 변화

이준엽\*<sup>1</sup> · 최희철<sup>1</sup> · 이동현<sup>1</sup> · 우샘이<sup>1</sup> · 기광석<sup>2</sup> · 전중환<sup>3</sup>

<sup>1</sup>국립축산과학원 축산환경과, <sup>2</sup>국립축산과학원 낙농과,  
<sup>3</sup>농촌진흥청 기술협력국 국제기술협력과

### The Survey and its Effect for Cooling Systems used in Dairy Cattle Farms in Gyeonggi

Jun-Yeob Lee<sup>1\*</sup>, Hee-Cheol Choi<sup>1</sup>, Dong-Hyun Lee<sup>1</sup>, Saem-Ee Woo<sup>1</sup>,  
Kwang-Seok Ki<sup>2</sup>, Jung-Hwan Jeon<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Animal Environment Division, National Institute of Animal Science, RDA, 1500,  
Kongjwipatjwi-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do, 55365, Republic of Korea,

<sup>2</sup>Dairy Science Division, National Institute of Animal Science, RDA, 114, Sinbang1gil,  
Seongwhan-up, Seobuk-gu, Cheonan-si, Gyeonggi-do, 31000, Republic of Korea,

<sup>3</sup>International Technology Cooperation Division, Technology Cooperation Bureau, RDA, 300,  
Nongsaengmyeong-ro, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, 54875, Republic of Korea

#### ABSTRACT

This survey was conducted to give the basic information and temperature and humidity variation by cooling systems in dairy farms in Korea. A total of 36 farms were surveyed in Gyeonggi province with the general information of farms such as milk production, and milk quality, types of cooling systems, and its operation method of dairy farms. All of surveyed farms have cooling fan and some have 1 more cooling systems such as sprinkler, foggy systems, ventilation duct, and shower system. Although the indoor THI of cow house was decreased by either ventilation duct or foggy system during hot season, the range belongs to mild heat stress scale for dairy cows.

(Key words : Dairy house, Cooling system, Production, THI)

#### 서 론

비유중인 젖소는 상당한 양의 대사열을 생성할 뿐만 아니라 방사열로부터 추가적인 열을 축적하기도 한다. 따라서 젖소의 열 생성

과 축적은 체온상승과 섭취량 감소를 유도하여 궁극적으로 젖소의 생산성 감소로 이어진다 (West, 2003; Weat et al., 2003). Beede and Collier (1986)은 젖소에서 열 스트레스를 감소시키기 위한 방법으로 3가지를 제시하였

\*Corresponding author : Jun-Yeob Lee, National Institute of Animal Science, RDA, Jeonju, 55365, Korea.

Tel: +82-63-238-7408, Fax: +82-63-238-7447, E-mail: andrewlee@korea.kr

2015년 4월 16일 투고, 2015년 5월 28일 심사완료, 2015년 6월 2일 게재확정

다. 하나는 그늘막을 제공하거나 송풍기와 같은 온도 저감시설의 활용과 같은 축사환경의 개조, 두번째는 고온 스트레스에 대한 저항성을 가진 품종으로의 개량, 마지막으로 흡서기 영양소 관리라고 하였다. 일반적으로 홀스타인 착유우의 생육적온은 25~26℃로 알려져 있으나 이러한 온도는 습도가 높을수록 더욱 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Berman et al., 1985). 따라서 높은 온·습도 환경에서 젖소의 항상성을 유지하는 것은 매우 중요하며 이를 위해 적절한 냉각방법을 활용함으로써 젖소의 생산성을 유지할 수 있다.

젖소의 체온을 낮추기 위한 고온저감시설의 종류 및 효과는 오래 전부터 입증되어 왔다 (Shearer and Beede, 1990). 일반적으로 여름철에 온·습도를 낮출 수 있는 가장 기본적인면서도 쉬운 방법은 그늘을 제공하는 것으로서 축사에서 그늘을 제공하는 것 만으로도 젖소의 열 부담을 약 30~50% 가량 줄일 수 있는 것으로 알려져 있으며 (Berman, 2005) 이러한 효과는 다른 고온저감 시설들과 병행하여 사용할 경우 효과는 더욱 커지는 것으로 알려져 있다 (Armstrong, 1994; Flamenbaum et al., 1986). 현재 농가에서 사용되고 있는 고온저감시설들은 기본적으로 대류, 전도, 방사 및 증발원리를 이용하고 있으며 여기에는 스프레이, 스프링클러, 안개분무, 증발시스템, 터널환기 등이 있다. 이러한 고온저감시설들은 단독으로 사용될 수도 있으나 대부분 송풍팬과 병행하여 사용되고 있다. 이러한 고온저감시설들은 각각 장단점을 가지고 있으며 효과 및 경제적 비용을 고려하여 농가상황에 적합한 시설을 선택하여 활용하고 있는 실정이다. 하지만 이들 시설을 활용하는 방법에서는 표준화된 방법이 없는 실정이며 이들 시설들의 활용실태 및 사용효과에 대한

연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 활용되고 있는 젖소 고온저감시설의 실태를 대표지역으로서 경기 화성지역을 선정하여 조사하였으며 낙농가에서 많이 사용되고 있는 시설인 안개분무와 환기덕트의 설치에 따른 축사내 온·습도 변화를 조사하여 실제 농가에서 사용되고 있는 고온저감시설의 효과를 살펴보고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사방법

조사기간은 2014년 3월부터 6월까지 경기도 화성소재 36개 낙농가를 임의로 선정하여 조사하였으며 기본적으로 사전에 준비된 실태조사 양식을 바탕으로 설문조사와 방문조사를 병행하여 실시하였다.

### 2. 조사내용

기본적인 조사항목으로서 경기지역 낙농가에서 사용하고 있는 고온저감시설의 종류, 가동기준유무, 가동방법, 흡서기 스트레스에 의한 농가 피해정도를 조사하였다. 또한 기본적으로 조사농가의 평균착유두수(두), 농가 1일 유생산량(kg), 유지율(%) 및 유단백(%) 함량을 조사하였다.

### 3. 우사내 환기덕트 설치

환기덕트가 설치된 우사의 크기는 40m×15m×6m(길이×폭×높이)였으며 길이 방향으로 약 6.5m 마다 환기덕트를 설치하였다. 가동시간은 환기덕트는 매 50분 마다 가동하였고 10분간 정지하였다.

4. 안개분무 설치

안개분무장치가 설치된 우사의 크기는 35 m×28m×5.5m(길이×폭×높이)였으며 안개분무 장치는 우상바닥으로서부터 약 4m의 높이에 길이방향으로 2m 마다 노즐을 한 개씩 설치 하였다. 설치된 안개분무장치의 작동은 정오 시간부터 오후 5시까지 3분 가동 후 2분간 정지하도록 제어하였다.

5. 안개분무와 덕트환기 측사에서 온습도 변화

안개분무와 덕트환기를 실시하고 있는 농가를 선정하여 7월 한달간 축사내외부의 온습도를 조사하였다. 온습도는 온습도기록계(Microlog EC650, Fourtec Co., USA)를 이용하여 축사내외부의 온도와 습도를 측정하여 자동으로 기록하였다. 온습도 측정은 1시간 단위로 실시간 기록하였다. 기록된 데이터는 측정이 종료됨과 동시에 분석을 위해 컴퓨터로 다운로드하였다.

6. THI 환산

본 연구에서 측정된 온습도를 바탕으로 온습도지수 (THI)를 계산하였으며 계산공식은 아래와 같이 NRC (1971)에서 제시한 계산식을 활용하였다.

$$THI = \text{건구온도} (^{\circ}F) - [0.55 - (0.55 \times \text{상대습도} / 100)] \times (\text{건구온도} (^{\circ}F) - 58)$$

결과 및 고찰

경기지역 고온저감시설 실태조사 젖소농가의 평균착유두수는 47두 였으며, 농가당 1일

평균 착유량은 약 1,198 kg으로 조사되었다. 또한 유지율과 유단백은 각각 3.9%와 3.3%로 조사되었다 (Table 1). 다른 지역에 비해 착유두수 및 유생산량에 비해 적은 것으로 나타난 것은 개별 농가수의 젖소 사육두수가 지역적으로 적기 때문인 것으로 판단된다. 하지만 유지율과 유단백은 커다란 차이를 보이지 않았다.

경기 화성지역 젖소농가에서 활용하고 있는 고온저감시설의 종류를 살펴보면 모든 조사농가에서는 송풍팬을 사용하고 있었다 (Table 2). 차광막은 17개 농가에서 사용중에 있었으며 차광막은 여름철을 앞두고 설치하였다가 가을이 시작되면 제거하며 사용하고 있었다. 이들 농가 중 환기덕트를 사용하고

Table 1. Milk production and quality in dairy farms surveyed in Gyeonggi province

	No. of farms
No. of lactating cows in farm (heads)	47
Daily milk production in farm (kg)	1198
Milk fat (%)	3.9
Milk protein (%)	3.3

Table 2. Types of cooling systems used in surveyed dairy farms

	No. of farms
Cooling fan	36
Shade	17
Ventilation duct	4
Foggy system	4
Shower system	2
Sprinkler	2
Farms having 1 cooling system	12
Farms having 2 cooling systems	20
Farms having 3 more cooling systems	4

있는 농가는 4 농가였으며 안개분무, 샤워시설, 그리고 스프링클러를 활용하고 있는 농가는 각각 4 농가, 2 농가, 2 농가로 조사되었다. 조사농가 중 12 농가에서는 1종류 고온저감시설을 사용하고 있었으며 20개 농가에서는 2 종류의 고온저감시설을 활용하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 3 종류 이상의 시설을 사용하고 있는 농가도 4 농가나 되었다. 고온저감시설의 가동기준 및 가동방법을 살펴보면 Table 3과 같다. 고온저감시설의 가동기준은 센서에 의해 작동시키는 농가는 1 농가 뿐이었으며 농장주가 수동으로 조절하는 농가는 28개 농가였다. 농장주의 수동조절 조건은 외기온도에 의한 조절은 10 농가 뿐이었으며 농장주 판단에 의해 작동시키는 농가도 18개 농가나 되는 것으로 조사되었다.

경기지역은 수도권과 밀접해 있어 목장의 규모가 작을 수밖에 없으나 농가 생산성에서는 다른 지역과 커다란 차이를 보이지 않았다. 고온저감시설은 모든 농가에서 송풍팬을 활용하고 있어 가장 기본적인 고온저감시설임을 확인할 수 있었다. 반면에 약 50%의 농가에서 차광막을 활용하고 있어 상대적으로 저렴한 비용으로 고가의 고온저감 시설을 대체하여 사용하고 있는 것으로 나타났다. 농가들의 고온저감시설 활용 방식은 농가들마다 다른 방식으로 활용하고 있는 것으로 나타났다으며 9개 농가에서는 계절에 상관없이 연속가동하고 있었으나 약 40% 농가에서는 여름철을 제외하고는 낮에만 가동하고 여름철에는 밤낮 구분 없이 가동하고 있었다. 이러한 가동의 기준은 농장주 임의로 설정하여 활용하고 있는 것으로 조사되었다.

여름철 고온 스트레스에 의한 농가 피해를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 산유량 및 유지방이 각각 13.9%와 8.4%씩 감소하였으며 체세포 수는 약 65.4% 증가하는 것으로 나타

Table 3. The operation criteria and methods of cooling systems

	No. of farms
Operation criteria	
- Sensor	1
- Outdoor temp.	10
- Subjective	18
Operation method (Non hot season, hot season)	
- consecutive, consecutive	9
- interval, consecutive	15
- consecutive, consecutive	-
- interval, interval	5

Table 4. The changes of milk production and quality by heat stress

	Percentage
Milk production	13.9 ▽
Milk fat	8.4 ▽
Somatic cell	65.4 △

나 농가 피해가 상당한 것으로 조사되었다. 환기덕트를 우사 지붕에 설치한 후 여름철 일별 평균 온·습도를 측정 한 결과는 Fig. 1과 같다. 축사내부의 온도와 외부온도 사이에 커다란 차이를 보이지 않았으나 다소 낮아지는 경향이었으며 습도에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

여름철 온도가 높은 하루를 선택하여 시간대별 온·습도를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 축사 외부온도의 변화에 비해 내부온도는 가장 온도가 높은 시간대인 10시에서 16 사이에는 습도에는 차이가 없었으나 온도가 낮아지는 것으로 조사되었다. 조사된 온·습도를 바탕으로 온·습도 지수 (THI)를 계산하여 분석한 결과 환기덕트의 효과로 낮시간에 온도가 낮아지기는 하지만 습도가 높아 축사 내부에서의 열 부담을 완화시키지는 못하는 것으로 나타났다 (Fig. 3). 고온저감시설로서

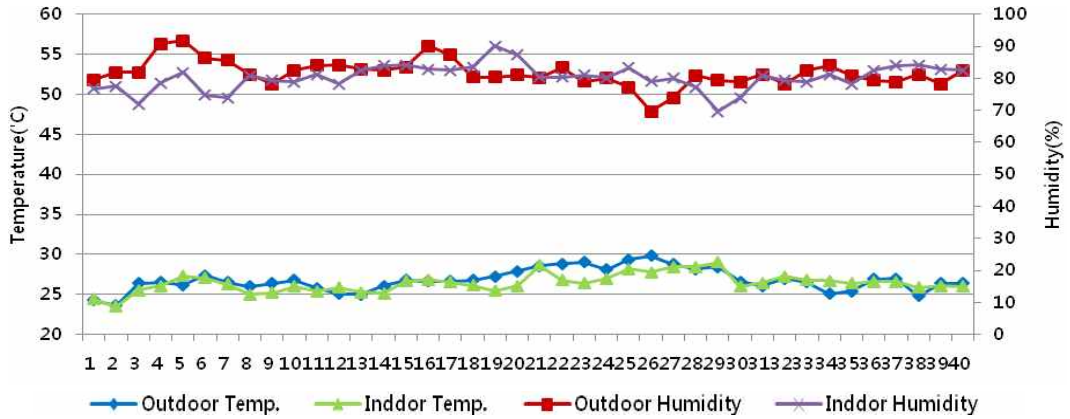


Fig. 1. Changes in daily temperature and humidity in cow house with ventilation duct.

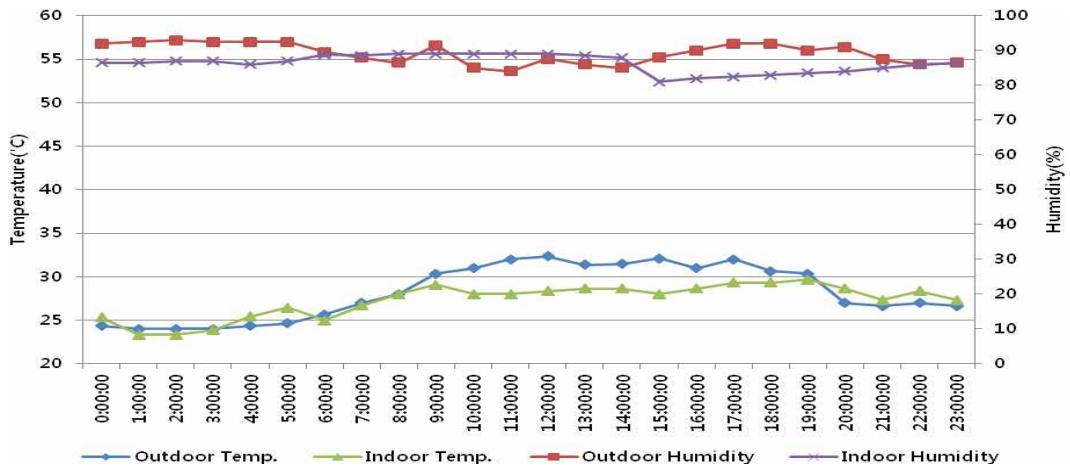


Fig. 2. Changes in hourly temperature and humidity in cow house with ventilation duct.



Fig. 3. Changes in hourly temperature-humidity index in cow house with ventilation duct.

환기덕트에 대한 연구결과가 부족하여 효과를 비교하기는 어려우나 일반적으로 환기덕트는 우사 내부의 공기흐름을 빠르게 하여 내부의 높은 온·습도를 낮출 수 있다는 점에서 국내 일부 농가에서 유용하게 사용되고 있다. 하지만 환기덕트에 의한 공기흐름이 송풍팬에 의한 공기흐름과 배치될 경우 축사 내부에서 와류현상이 발생하여 오히려 내부

의 온·습도 상승을 초래할 수 있으므로 환기덕트는 송풍팬의 방향을 고려하여 설치하는 것이 온·습도 저하효과를 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

안개분무 방식을 사용하고 있는 축사의 여름철 온·습도 변화를 살펴보면 Fig. 4와 Fig. 5와 같다. 안개분무 장치 설치 후 여름철 일별 평균 습도는 축사의외보다 축사내부

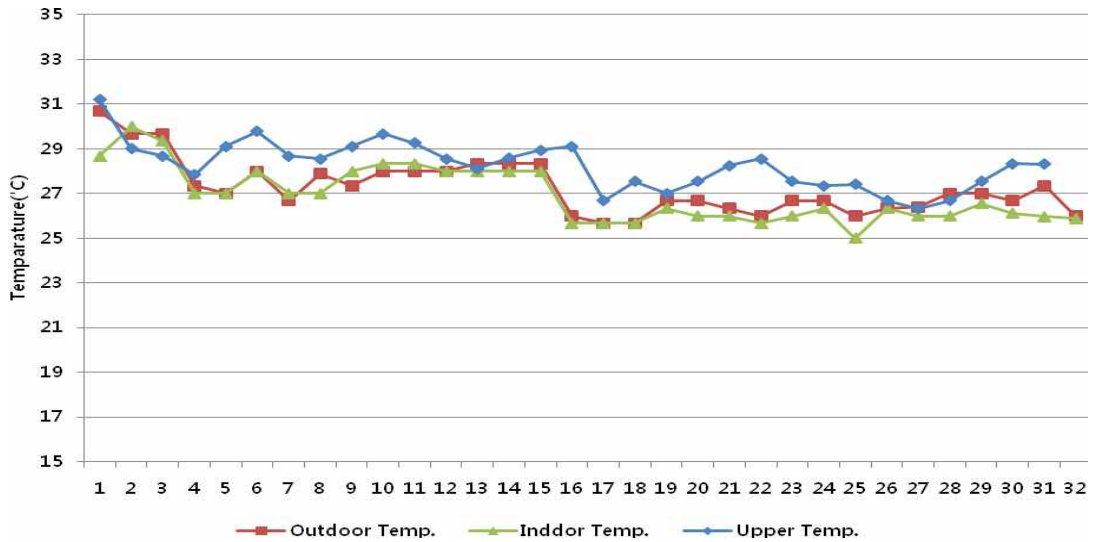


Fig. 4. Changes in daily temperature in cow house with foggy system.

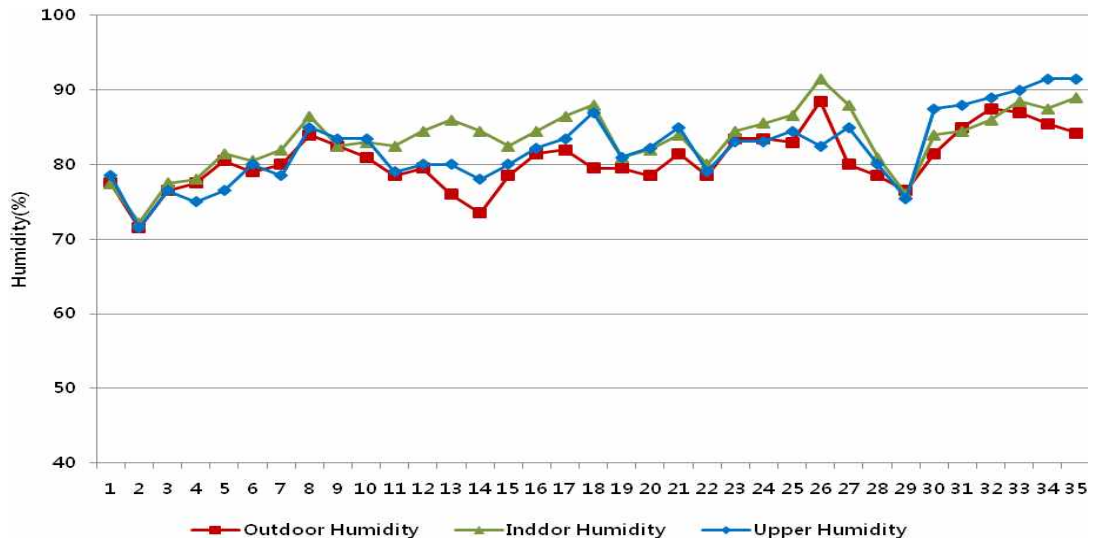


Fig. 5. Changes in daily humidity in cow house with foggy system.

와 상부에서 높은 결과를 나타내었으나 온도는 축사 상부에서 상당히 높은 것으로 조사되었다.

시간대별 온·습도를 조사한 결과는 각각 Fig. 6과 Fig. 7과 같다. 축사 외부온도의 변화에 비해 내부온도는 한낮의 시간대인 10시 이후에는 축사내부의 온도는 낮아지는 것으로 조사되었으나 습도는 상당히 높아지는 것

으로 조사되었다. 조사된 온·습도를 바탕으로 온·습도 지수 (THI)를 계산하여 분석한 결과 (Fig. 8)에서 보는 바와 같이 안개분무의 효과로 낮 시간에 온도는 낮아지지만 습도의 증가로 인해 열 부담은 다소 적어지기는 하지만 낮 시간에는 여전히 열 부담이 높은 것으로 조사되었다.

안개분무처럼 축사내부에서 미세한 물방울

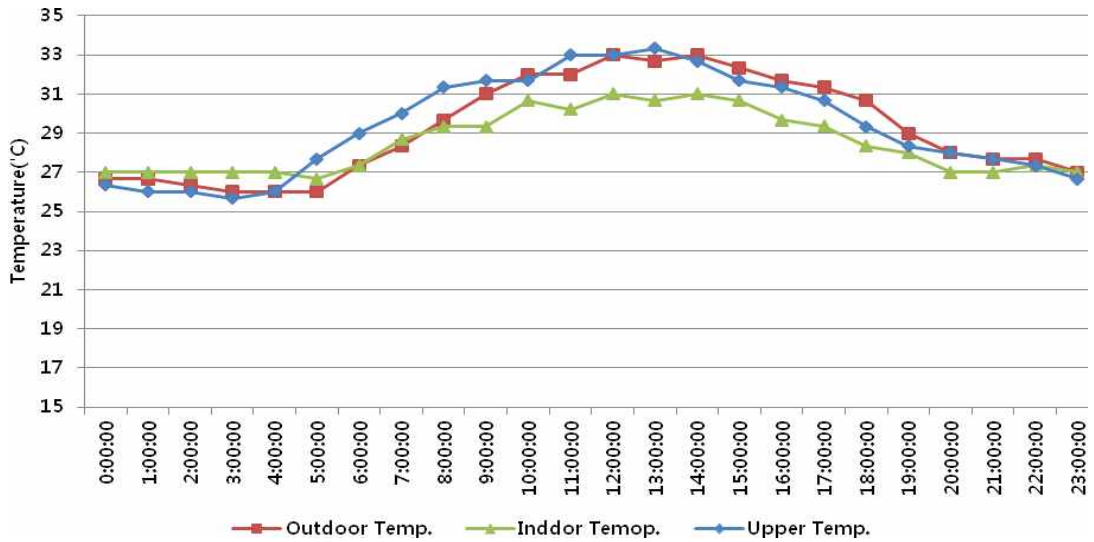


Fig. 6. Changes in hourly temperature in cow house with foggy system.

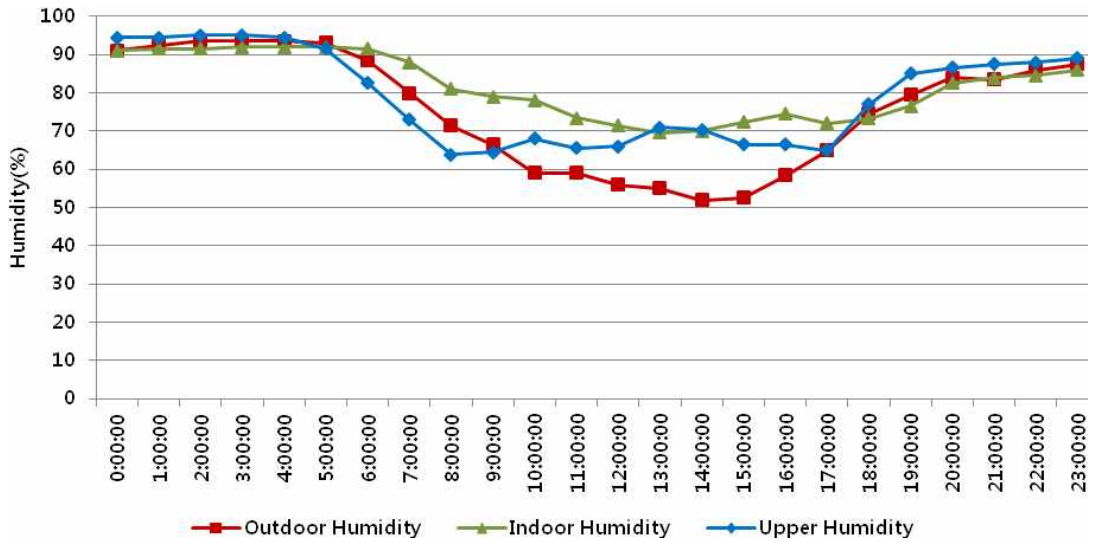


Fig. 7. Changes in hourly humidity in cow house with foggy system.

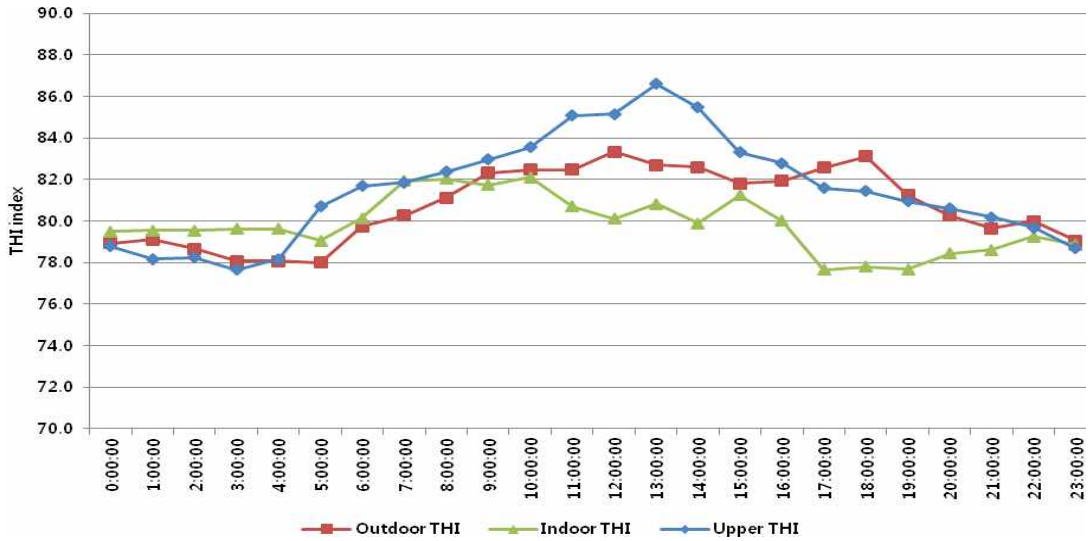


Fig. 8. Changes in hourly temperature-humidity index in cow house with foggy system.

을 분사하여 가축의 체표면 또는 축사내부 고온의 공기 온도를 낮추고자 하는 방법은 오래 전부터 그 효과가 인정되어 왔다 (Seath and Miller, 1948). 최근에는 고온저감시설의 가동시간에 따른 젖소의 체표면에서의 온도 변화 및 열 스트레스 감소 효과에 대한 연구가 많이 이루어져왔다 (Ortiz et al., 2010; Berman, 2006; Berman, 2008; Berman, 2010). 젖소의 체표면에서 온도는 축사내부의 온도에 의해 많은 영향을 받는다, 특히 우리나라에서와 같이 태양열에 의해 직접적인 영향을 받는 방목보다 축사를 이용한 사육환경에서는 축사내부의 온도에 의한 열 스트레스는 상당하다. 하지만 온도 외에도 실제 젖소가 체감하는 열 스트레스는 습도에 의한 효과도 큰 것으로 알려져 있다. Anderson et al. (2013)은 안개분무 방식을 이용하여 축사내부의 온도를 낮출 경우 습도상승으로 가축의 열 스트레스가 증가할 수 있지만 송풍팬과의 병행 사용으로 열 스트레스를 완화할 수 있는 것으로 보고하였다. Bohmanova et al. (2007)은 현재 사용되고 있는 온·습도 지수 공식들에 대한 적합성을 평가하는 연구에서 우리나라

와 같이 습도가 높은 지역에서는 젖소의 생산성에 영향을 미치는 온·습도 지수 계산에서 습도가 제한인자로 작용한다고 하였다. 따라서, 젖소의 생산성에 미치는 온·습도 지수의 영향은 크기 때문에 고온다습한 우리나라와 같은 기후조건에서 습도의 조절로 가축의 체감 열 스트레스를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 결 론

경기 지역의 젖소농가를 대상으로 고온저감시설의 활용실태를 조사하였으며 대표적인 고온저감시설인 안개분무와 환기덕트에 의한 고온기 축사내부의 고온저감 효과를 조사하였다. 경기 화성지역의 모든 조사농가에서 송풍팬을 사용하고 있었으며 전체 36개 조사농가 중 17농가는 차광막을 활용하고 있었다. 환기덕트와 안개분무는 4개 농가에서 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 20농가에서는 2종류 이상의 고온저감시설을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 작동기준은 절반의 농가에서 농장주의 주관적 판단으로



작동하고 있었다. 또한 가동방식은 15 농가에서 평상시에는 간헐적으로 작동하였으며 혹서기에는 연속적으로 가동하고 있는 것으로 조사되었다. 고온 스트레스에 의한 농가의 피해는 젖소 산유량이 약 13.9% 감소하였던 것으로 조사되었다. 고온저감시설로서 환기 덕트 및 안개분무의 사용은 축사내부의 온도는 다소 낮추어 주는 것으로 조사되었으나 기온이 높은 낮 시간에는 습도의 영향으로 온·습도 지수가 다소 높아지는 것으로 조사되었다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ01005003)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인 용 문 헌

1. Anderson, S.D., Bradford, B.J., Harner, J. P., Tucker, C.B., Choi, C.Y., Allen, J.D., Hall, L.W., Rungruang, S., Collier, R.J., Smith, J.F., 2013. Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and lying behavior of lactating dairy cows in a semiarid climate. *J. Dairy Sci.* 96:4738-4750. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6401>.
2. Armstrong, D.V., 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044-2050.
3. Beede, D.K., Collier, R.J., 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J. Anim. Sci.* 62:543-554.
4. Berman, A., 2005. Estimates of heat stress relief needs for holstein dairy cows. *J. Anim. Sci.* 2005. 83:1377-1384.
5. Berman, A., 2006. Extending the potential of evaporative cooling for heat-stress relief. *J. Dairy Sci.* 89:3817-3825.
6. Berman, A., 2008. Increasing heat stress relief produced by coupled coat wetting and forced ventilation. *J. Dairy Sci.* 91: 4571-4578. doi:10.3168/jds.2008-1175.
7. Berman, A., 2010. Forced heat loss from body surface reduces heat flow to body surface. *J. Dairy Sci.*
8. Berman, A., Folman, Y., Kaim, M., Mamen, M., Herz, Z., Wolfenson, D., Arieli, A., Graber, Y., 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.*, 68:1488-1495.
9. Bohmanova, J., Misztal, I., Cole, J.B., 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* 90:1947-1956. doi: 10.3168/jds.2006-513.
10. Flamenbaum, I., Wolfenson, D., Mamen, M., Berman, A., 1986. Cooling dairy cattle by a combination of sprinkling and forced ventilation and its implementation in the shelter system. *J. Dairy Sci.* 69:3140-3147.
11. Ortiz, X.A., Smith, J.F., Bradford, B.J., Harner, J.P., Oddy, A., 2010. Effects of running time of a cattle-cooling system on core body temperature of cows on dairy farms in an arid environment. *J. Dairy Sci.* 93:4949-4954. doi:10.3168/jds.2010-3119.
12. Seath, D.M., Miller, G.D., 1948. Effect of water sprinkling with and without air movement on cooling dairy cows. *J. Dairy*

- Sci. 31(5):361-366.
13. Shearer, J.K., Beede, D.K., 1990. Thermoregulation and physiological responses of dairy cattle in hot weather. *Agri-Practice*. 11:5-17.
14. Weat, J.W., Mullinix, B.G., Bernard, J.K., 2003. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 86:232-242.
15. West, J.W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86: 2131-2144.