

# 개방식우사내 Fan과 Sprinkler 설치가 착유우의 생리적 변화 및 유생산성에 미치는 영향\*

정태영 · 이현민 · 김종민 · 김동일 · 이연섭 · 이인형\*\*

건국대학교 축산대학

## Effects of Sprinkler and Fan Cooling System in Loose Barn on the Physiological Parameter and Milk Productivity in Holstein Cows During Summer

Chung Tae-Young, Lee Hyeon-Min, Kim Chong-Min, Kim Dong-II,

Lee Youn-Sub and Lee In-Hyong\*\*

College of Animal Husbandry, Kon-Kuk University

### Summary

This experiment was carried out to study the effect of sprinkler and fan cooling system on the physiological parameter, milk production and milk composition for Holstein cows in hot, humid climates.

Thirty cows were assigned to one of two sections of open-sided loose barn. Water nozzles of sprinkler system were spaced in line at 1.2m intervals. Forced air was provided by 85cm diameter fans at rate of 3.4m<sup>3</sup>/sec.

The results obtained from these experiments are as follows:

1. There was no significant difference in meteorological data between control and fan + sprinkler cooling system(treatment group).
2. Skin temperature and rectal temperature of the treatment group were significantly lower than those of the control group (32.96 : 39.53°C vs 34.02 : 41.21°C respectively) (P<0.05).
3. Serum cortisol concentration of the treatment group(0.90 µg/dL) was lower than that of control group (1.44 µg/dL)(P<0.05).
4. Milk production of cows cooled with a sprinkler and fan cooling system was significantly higher than that of no cooling system (P<0.01).
5. Lactose, protein and solid-not-fat content of milk were not changed by the treatments. Milk fat content of the control(3.23%) was low compared with the treatment group(3.38%). Somatic cell count was reduced by 26.63% in the treatment.

---

\* 본 연구는 대산 농촌문화재단의 지원에 의해 수행되었음.

\*\* 설성목장

The results indicate that a sprinkler and fan cooling systems can provide an effective means to relieve heat stress and enhance productivity of lactating Holstein cows during hot and humid summer season.

(Key words : fan, sprinkler, heat stress, milk composition and production)

## 서 론

家畜은 환경 溫度가 熱的中性域(TNZ) 範圍 내에서는 생체내 각종 조절 기구에 의하여 일정 體溫을 유지하며, 정상적인 生理活動으로 최대의 生産力을 발휘한다. 젖소의 TNZ 범위는 -5~24℃로 알려져 있는데<sup>1)</sup> 그 이상으로 온도가 높아져 高溫 環境이 되면 젖소는 심한 heat stress 상태가 되고 자체 조절 기능이 저하되어 여러가지 生理的 變化를 초래하므로써 生産性에 惡影響을 미치게 된다.

우리나라는 6月 中旬 부터 8月 下旬까지 高溫 多濕한 氣候 조건으로 인해 우리나라에서 사육하고 있는 품종인 Holstein 착유우에게 심한 stress를 주게 되어 乳生産量을 저하시키고 번식 효율에도 큰 영향을 미치고 있다.<sup>2)</sup>

高溫 環境下에서 젖소는 體熱의 발산을 위하여 방사, 대류, 전도, 증산 등의 물리적 조절과 함께 말초 혈관의 확장, 발한, 호흡수 증가, 타액 분비, 소화관 운동, 채식 및 음수량의 조절 등 생리적·화학적조절과 행동의 변화를 일으켜 heat stress를 완화시키려는 자구책을 강구하나 이 조절범위를 넘어서게 되면 高體溫症(hyperthermia)을 유발하며 皮膚溫度가 增加하게 된다.<sup>3)</sup>

高溫 stress지표로서 呼吸數, 直腸溫度, 혈액내 cortisol 농도 등의 測定值들이 이용되고 있다. 고온시에는 代謝熱 生産을 減少시키기 위하여 飼料 攝取量을 줄이는 반응을 즉시 나타내게 되고<sup>4)</sup> 이는 다시 産乳量의 減少현상으로 나타난다.

정 등<sup>5)</sup>에 의하면 상온(15.3℃)시 보다 고온환경(27.0℃)에서 면양의 심부온도, 평균피부온도 및 체열량이 유의하게 증가하였다고 한다. Holstein 젖소시험 결과 고온시(38℃)에는 18℃

때 보다는 유량이 30%나 감소하였으며<sup>6)</sup>, 유기 별로 보면 비유초기, 중기, 말기에 각각 25%, 41% 및 47%가 감소되었다고 한다.<sup>6)</sup>

高溫 環境下에서는 産乳量의 減少 뿐만 아니라 乳脂率, 무지고형분, 유단백, 유당 및 무기물 함량 등이 저하되어 牛乳 品質을 저하시킨다.<sup>4,12)</sup> 또한, 발정주기의 지연, 발정기간의 단축, 발정정후의 미약 현상과 심할 때에는 무발정 현상도 나타날 뿐만 아니라 수정후 수정란의 생존에도 惡影響을 미친다.<sup>10,20,25)</sup>

젖소의 heat stress를 최소화하므로써 乳生産性 減少를 방지하기 위하여 air conditioner, 증발성 냉각시설, 선풍기, 국소 냉각 및 그늘막 등과 같은 환경 온도를 낮추기 위한 환경 제어 방법들이 그동안 이용되어 왔다. 그 중에서도 가장 효과적이며 경제적인 방법은 젖소 체표면을 Sprinkler로 적신 후 fan으로 氣速을 증가시키므로써 증발 냉각의 효과를 극대화하여 체온 상승을 억제하는 것이다.<sup>11,14)</sup>

이와 같은 Fan과 sprinkler를 이용한 방서시설은 열대성 기후 조건을 가진 지역에서 많이 이용되고 있는데 미국과 이스라엘에서 조사한 바에 의하면, Sprinkler와 fan에 의한 방서시설을 갖춘 목장이 시설을 갖추지 않은 목장에 비하여 산유량에 있어서 Florida에서는 2.1kg(11.6%), Kentucky에서는 3.6kg(15.8%), Missouri에서는 2.0kg(8.6%) 그리고, Israel에서는 2.3kg(7.1%)이 증가되었다고 한다.<sup>8)</sup> 특히 미국의 Florida주는 우리나라의 여름철과 비슷한 고온다습한 기후 조건을 갖고 있기 때문에<sup>9)</sup> 이 시설에 대한 검증이 필요하다고 생각된다.

우리나라는 1994년 여름의 혹서로 많은 목장이 큰 피해를 입었고, 또한 전 세계적인 지구 온난화 현상으로 점점 대기온도가 올라가는 상황에서 적절하고도 체계적인 방서대책이 수립되

# 개방식우사내 Fan과 Sprinkler 설치가 착유우의 생리적 변화 및 유생산성에 미치는 영향\*

정태영 · 이현민 · 김종민 · 김동일 · 이연섭 · 이인형\*\*

건국대학교 축산대학

## Effects of Sprinkler and Fan Cooling System in Loose Barn on the Physiological Parameter and Milk Productivity in Holstein Cows During Summer

Chung Tae-Young, Lee Hyeon-Min, Kim Chong-Min, Kim Dong-II,

Lee Youn-Sub and Lee In-Hyong\*\*

College of Animal Husbandry, Kon-Kuk University

### Summary

This experiment was carried out to study the effect of sprinkler and fan cooling system on the physiological parameter, milk production and milk composition for Holstein cows in hot, humid climates.

Thirty cows were assigned to one of two sections of open-sided loose barn. Water nozzles of sprinkler system were spaced in line at 1.2m intervals. Forced air was provided by 85cm diameter fans at rate of 3.4m<sup>3</sup>/sec.

The results obtained from these experiments are as follows:

1. There was no significant difference in meteorological data between control and fan + sprinkler cooling system(treatment group).
2. Skin temperature and rectal temperature of the treatment group were significantly lower than those of the control group (32.96 : 39.53°C vs 34.02 : 41.21°C respectively) (P<0.05).
3. Serum cortisol concentration of the treatment group(0.90 μg/dL) was lower than that of control group (1.44 μg/dL)(P<0.05).
4. Milk production of cows cooled with a sprinkler and fan cooling system was significantly higher than that of no cooling system (P<0.01).
5. Lactose, protein and solid-not-fat content of milk were not changed by the treatments. Milk fat content of the control(3.23%) was low compared with the treatment group(3.38%). Somatic cell count was reduced by 26.63% in the treatment.

\* 본 연구는 대산 농촌문화재단의 지원에 의해 수행되었음.

\*\* 설성목장

The results indicate that a sprinkler and fan cooling systems can provide an effective means to relieve heat stress and enhance productivity of lactating Holstein cows during hot and humid summer season.

(Key words : fan, sprinkler, heat stress, milk composition and production)

## 서 론

家畜은 환경 溫度가 熱的中性域(TNZ) 範圍 내에서는 생체내 각종 조절 기구에 의하여 일정 體溫을 유지하며, 정상적인 生理活動으로 최대의 生産力을 발휘한다. 젓소의 TNZ 범위는 -5~24℃로 알려져 있는데<sup>1)</sup> 그 이상으로 온도가 높아져 高溫 環境이 되면 젓소는 심한 heat stress 상태가 되고 자체 조절 기능이 저하되어 여러가지 生理的 變化를 초래하므로써 生産性에 惡影響을 미치게 된다.

우리나라는 6月 中旬 부터 8月 下旬까지 高溫 多濕한 氣候 조건으로 인해 우리나라에서 사육하고 있는 품종인 Holstein 착유우에게 심한 stress를 주게 되어 乳生産量을 저하시키고 번식 효율에도 큰 영향을 미치고 있다.<sup>2)</sup>

高溫 環境下에서 젓소는 體熱의 발산을 위하여 방사, 대류, 전도, 증산 등의 물리적 조절과 함께 말초 혈관의 확장, 발한, 호흡수 증가, 타액 분비, 소화관 운동, 채식 및 음수량의 조절 등 생리적·화학적조절과 행동의 변화를 일으켜 heat stress를 완화시키려는 자구책을 강구하나 이 조절범위를 넘어서게 되면 高體溫症(hyperthermia)을 유발하며 皮膚溫度가 增加하게 된다.<sup>3)</sup>

高溫 stress지표로서 呼吸數, 直腸溫度, 혈액내 cortisol 농도 등의 測定值들이 이용되고 있다. 고온시에는 代謝熱 生産을 減少시키기 위하여 飼料 攝取量을 줄이는 반응을 즉시 나타내게 되고<sup>4)</sup> 이는 다시 産乳量의 減少현상으로 나타난다.

정 등<sup>5)</sup>에 의하면 상온(15.3℃)시 보다 고온환경(27.0℃)에서 면양의 심부온도, 평균피부온도 및 체열량이 유의하게 증가하였다고 한다. Holstein 젓소시험 결과 고온시(38℃)에는 18℃

때 보다는 유량이 30%나 감소하였으며<sup>6)</sup>, 유기 별로 보면 비유초기, 중기, 말기에 각각 25%, 41% 및 47%가 감소되었다고 한다.<sup>6)</sup>

高溫 環境下에서는 産乳量의 減少 뿐만 아니라 乳脂率, 무지고형분, 유단백, 유당 및 무기물 함량 등이 저하되어 牛乳 品質을 저하시킨다.<sup>4,12)</sup> 또한, 발정주기의 지연, 발정기간의 단축, 발정정후의 미약 현상과 심할 때에는 무발정 현상도 나타날 뿐만 아니라 수정후 수정란의 생존에도 惡影響을 미친다.<sup>10,20,25)</sup>

젓소의 heat stress를 최소화하므로써 乳生産性 減少를 방지하기 위하여 air conditioner, 증발성 냉각시설, 선풍기, 국소 냉각 및 그늘막 등과 같은 환경 온도를 낮추기 위한 환경 제어 방법들이 그동안 이용되어 왔다. 그 중에서도 가장 효과적이며 경제적인 방법은 젓소 체표면을 Sprinkler로 적신 후 fan으로 氣速을 증가시키므로써 증발 냉각의 효과를 극대화하여 체온 상승을 억제하는 것이다.<sup>14)</sup>

이와 같은 Fan과 sprinkler를 이용한 방서시설은 열대성 기후 조건을 가진 지역에서 많이 이용되고 있는데 미국과 이스라엘에서 조사한 바에 의하면, Sprinkler와 fan에 의한 방서시설을 갖춘 목장이 시설을 갖추지 않은 목장에 비하여 산유량에 있어서 Florida에서는 2.1kg(11.6%), Kentucky에서는 3.6kg(15.8%), Missouri에서는 2.0kg(8.6%) 그리고, Israel에서는 2.3kg(7.1%)이 증가되었다고 한다.<sup>8)</sup> 특히 미국의 Florida주는 우리나라의 여름철과 비슷한 고온다습한 기후 조건을 갖고 있기 때문에<sup>7)</sup> 이 시설에 대한 검증이 필요하다고 생각된다.

우리나라는 1994년 여름의 혹서로 많은 목장이 큰 피해를 입었고, 또한 전 세계적인 지구 온난화 현상으로 점점 대기온도가 올라가는 상황에서 적절하고도 체계적인 방서대책이 수립되

어 있지 않은 실정이다. 따라서 우사내에 적절한 Fan과 Sprinkler 시설을 설치하여 젖소의 생리적 조건 즉, 직장온도, 피부온도, 혈액내 Cortisol 농도 등의 변화와 산유량과 유조성분의 변화 등을 관찰하고 우리나라 기후 조건에 알맞는 방서 방법을 제시하므로써 유우 생산성을 제고하기 위하여 본 연구를 실시하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 試驗期間 및 場所

1995년 7월 7일 부터 7월 22일 까지 16일간 예비시험을 거친 후, 7월 24일 부터 8월 23일 까지 31일간 경기도 이천에 소재한 설성 목장에서 실시하였다.

#### 2. 試驗動物

분만 후 189.3일이 경과하고 평균유량이 26.7kg이며 평균 2산인 Holstein 착유우 30두를 대조구와 시험구에 각각 15두씩 임의로 배치하여 산유량을 측정 하였으며, 생리적 변화와 유조성분 검사를 위해서 위의 30두 중에서 대조구와 시험구에서 각각 4두씩 임의로 선발하여 총 8두를 공시하였다.

#### 3. 飼養管理

농후사료와 조사료인 옥수수 사일리지를 50:50의 비율로 완전자가배합하여 오전 9:30과 오후 5:30 사조에 넣어주어 자유 채식 시켰다. 급여한 농후사료의 성분과 영양소 함량은 Table 1과 같으며, 착유는 하루에 두 번 오전 04:00와 16:00에 실시하였고, 기타 사양관리는 본 목장의 일반 관행에 준하였다.

#### 4. 試驗施設

우사는 원래 Free stall barn이었으나 현재는

Table 1. Ingredient and chemical composition of concentrate mixtures

Item	Composition
Ingredient composition (%)	
Corn, flaked	26.8
Rye	7.4
Gluten feed	9.7
Coconut meal	14.5
Soybean meal	17.1
Rapeseed meal	4.9
Sunflower meal	8.3
Molasses	6.0
Limestone	1.8
Tricalcium phosphate	1.0
Premix*	1.0
Salt	0.8
Sodium bicarbonate	0.7
Chemical composition (%)	
Dry matter (%)	88.64
..... %, DM basis .....	
Crude protein	19.90
Crude ash	6.40
Ether extract	3.16
Crude fiber	7.20

\* Vitamin-mineral mixture contains as following in 1Kg: Vit. A 2,000,000IU; Vit. D<sub>3</sub> 400,000IU; Vit. E 1,500IU; Vit. K<sub>3</sub> 300mg; Vit. B<sub>1</sub> 200mg; Vit. B<sub>2</sub> 800mg; Ca. D. Pantothenate 1,200mg; Niacin 5,500mg; Choline Cl 50,000mg; Folic Acid 100mg; Vit. B<sub>12</sub> 1,500mg; CU 1,000,000mg; I 150mg; Fe 12,000mg; Mn 12,000mg; Zn 8,000mg; Co 100mg; Se 100mg.

stall을 제거하여 Loose barn형태로 우상과 통로를 하나의 평면으로 만들어 톱밥을 깔아 소의 휴식장소로 이용하고 있다. 우사는 4m의 폭을 가진 급사통로를 중심으로 양쪽에 두 개의 독립된 우군을 수용관리토록 되어 있어 一見 2개 축사와 같은 형태이다. 양쪽 우사의 면적은 각각 571.2m<sup>2</sup>(48×11.9m)이며 사조의 폭은 1m이고 우사의 옆벽은 완전히 개방되어 자연환기법에 의해 환기되고 있다(Fig. 1 및 2).

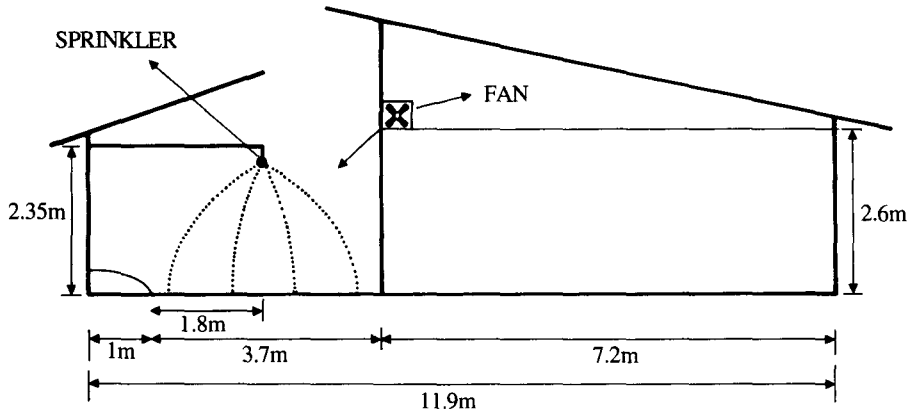


Fig. 1. End view of barn.

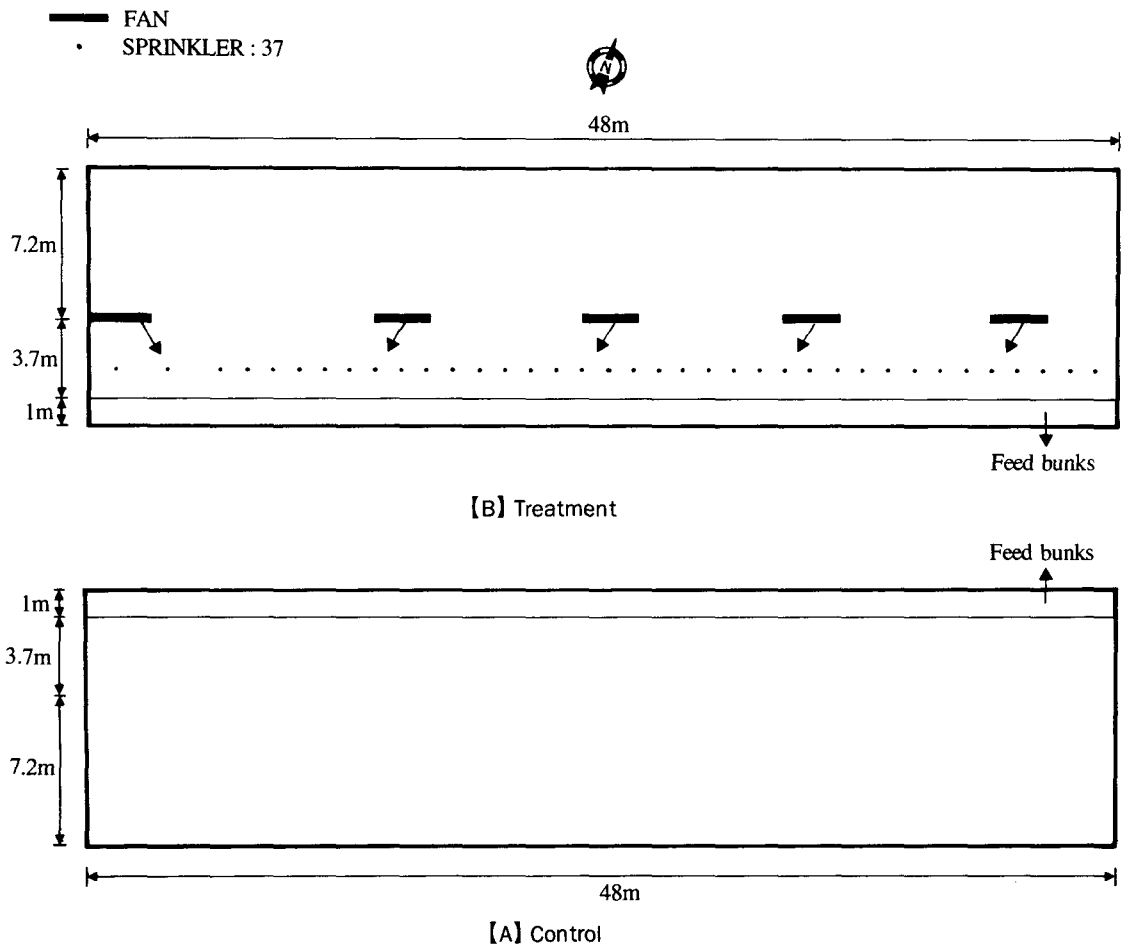


Fig. 2. Layout of sprinkler and fan system in the loose barn.

Sprinkler는 360° mist bridge로서 Fig. 1과 2에서 보는 바와 같이 1.2m 간격으로 37개를 콘크리트 바닥에서 2.35m 위에 설치하여 개당 분당 1.8ℓ의 물이 우체로 분무되도록 하였다.

Fan의 직경은 85cm(0.4kw, 1hp)로 풍량은 3.4m<sup>3</sup>/sec이며, 우사의 왼쪽 부분부터 14.4, 9.6, 9.6 및 9.6m 간격으로 5개를 축사바닥에서 2.6m 위에 설치하였다(Fig. 1, 2).

축사내 온도가 27℃ 이상이 되면 자동으로 sprinkler가 10분간 작동된 후에 sprinkler의 작동은 자동으로 중지되고 fan이 20분간 작동하도록 timer를 설치하였다.

## 5. 測定項目 및 方法

### 가. 기상 측정

본 시험기간 동안 매일 06:00, 12:00 및 15:00시에 각각 대조구와 처리구의 지정된 4개소에서 대기온도, 상대습도, 노점온도 및 수증기압 등을 측정하여 기록하였으며, 사용된 기계는 Digital Thermo-Hygrometer(NOVASINA MSI SET E, Sweden)이었다.

### 나. 피부온도 측정

피부온도는 오후 사료 급여와 착유 전인 오후 3시에 몸체 6곳에서 5cm 떨어진 거리에서 1분간 Infrared Thermometer CT-30(Japan)을 사용하여 측정하였다.

평균 피부온도의 계산은 다음 McLean 등<sup>22)</sup>의 공식을 사용하여 계산하였다.

$$\text{平均 皮膚溫(℃)} = \text{耳溫} \times 0.04 + \text{軀幹上部溫} \times 0.25 + \text{軀幹下部溫} \times 0.25 + \text{脚上部溫} \times 0.32 + \text{脚下部溫} \times 0.32 + \text{胸垂溫} \times 0.02$$

### 다. 직장온도 측정

직장온도는 오후 사료 급여와 착유전인 오후 3시 30분에 Thermistor Thermometer HI 9050 (Hanna Instruments, Singapore)을 사용하여 젖소의 직장 11cm 위치까지 삽입하여 1분간 측정하였다.

### 라. 혈액 성분

1) 혈액채취 : 혈액은 오후 사료 급여와 착유 직전에 1회용 주사기를 이용하여 꼬리 정맥으로 부터 10ml 채취하여 상온에서 2시간 방치한 후 2,500rpm에서 5분간 원심분리하여 혈청을 분리한 후 분석시까지 -18℃에서 냉동 보관하였다가 후에 분석하였다.

2) 혈청 Cortisol 농도 : 채취한 혈청내의 cortisol 농도를 측정하기 위하여 Coat-A-Count<sup>®</sup> Cortisol RIA Kit(DPC Coporation, USA)을 사용하여  $\gamma$ -counter ICN 880 PLUS(USA)로 측정하였다.

### 마. 사료성분 조사

AOAC(1980)<sup>3)</sup> 방법에 의해 분석하였다.

### 바. 산유량 측정

대조구와 시험구 각각 15두의 착유우에 대하여 오전, 오후 착유시에, herringbone parlor내에서 유량계에 의해 매 1주 마다 유량 측정을 실시하였다.

### 사. 유조성분 검사

주 1회 우유 sample을 채취하여 유조성분과 체세포수를 측정하였다. 유조성분은 DAIRY (U.S. Patent No 4310763, Multispec LTD, UK)로 유지방, 무지고형분, 유단백 및 유당 등을 분석하였고, 체세포수는 Somacount 300(CC-300, Bentley LTD, USA)로 측정하였다.

## 6. 統計分析

분석된 자료의 통계적 처리는 SAS package program을 이용하여 Duncan's Multiple Range Test(Steel and Torrie, 1980)와 Student T-test에 의하여 처리간 유의성 검정을 하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 기상조건

시험기간중 우사내 건구온도, 상대습도, 노점 온도 및 수증기압 등은 Table 2와 같다. 오전 6시, 정오 및 오후 3시에 측정 한 대조구와 처리구 사이의 건구온도와 상대습도, 노점 온도 및 수증기압 등에 있어서 별차이가 없었으나, 건구 온도는 축사내가 축사의 보다 1°C 정도 낮았다.

이와 같이 처리구와 대조구 사이의 기상조건에 차이가 없었던 이유는 우사 방향이 정남향이

아니고 서쪽으로 약 20° 기울어져 있어서 오후 12:00 이후에는 차양막이 햇빛을 가리지 못하여 태양열을 직접적으로 받았기 때문으로 보인다. 또한 시험 기간 동안 이 지역의 기상청 자료에 의하면(1995년 7, 8월) 바람의 방향은 남서풍으로서 축사 구조상 처리구에 까지 바람의 영향이 미치지 못한 반면에 대조구는 처리구에 비해 바람에 의한 영향을 더 받은 것으로 추정된다.

Table 2. Climatological data in the barn during experimental periods

Measurement	Control		Fan + Sprinkler		Outdoor	
	Mean	SE*	Mean	SE	Mean	SE
Dry bulb temperature (°C)						
06:00 h	24.43	0.04	24.58	0.05	24.41	0.05
12:00 h	29.00	0.07	29.32	0.08	30.02	0.09
15:00 h	30.15	0.06	30.40	0.06	30.91	0.06
Relative humidity (%)						
06:00 h	92.68	0.20	92.35	0.22	92.25	0.23
12:00 h	75.99	0.30	74.56	0.33	70.78	0.37
15:00 h	71.44	0.33	70.82	0.33	66.91	0.38
Dew point temperature (°C)						
06:00 h	23.21	0.05	23.18	0.05		
12:00 h	24.17	0.04	24.09	0.05		
15:00 h	24.32	0.04	24.26	0.05		
Vapour pressure (mbar)						
06:00 h	28.67	0.08	28.57	0.09		
12:00 h	30.37	0.08	30.07	0.10		
15:00 h	30.51	0.08	30.50	0.09		

\* SE: Standard Error.

## 2. 생리적 변화

Fan과 sprinkler시설이 피부 온도와 직장 온도 및 혈청내 cortisol 농도에 미치는 영향은 Table 3과 같고, 피부온도와 직장온도의 변화는 Fig. 3에 나타내었다.

대조구와 처리구의 평균 피부 온도는 각각 34.02°C와 32.96°C로서 처리구의 평균 피부 온도가 유의하게 낮았다(P<0.05). 이것은 고온 환경하에서 평균 피부 온도가 유의하게(P<0.01)

증가했다는 Christison 등<sup>9)</sup>의 결과와 일치한다.

직장온도에서도 처리구가 39.53°C로 대조구의 41.21°C에 비해 유의하게 낮은 결과를 보였는데, 이러한 결과는 Igono 등<sup>13,14)</sup>의 연구에서 fan과 sprinkler system이 단순히 그늘막 설치의 경우보다 직장온도를 유의하게 낮추었다는 보고와 유사하였으며, 고온에 노출될 경우 직장온도가 증가한다는 Ingraham 등<sup>15)</sup>과 Thatcher<sup>29)</sup>의 보고와도 일치하였다.



Table 3. Physiological responses of Holstein cows during the experimental periods

Physiological parameter	Control		Fan + Sprinkler	
	Mean	SE	Mean	SE
Skin Temperature (°C)	34.02 <sup>a</sup>	0.05	32.96 <sup>b</sup>	0.04
Rectal Temperature (°C)	41.21 <sup>a</sup>	0.04	39.53 <sup>b</sup>	0.02
Serum Cortisol (μg/dL)	1.44 <sup>a</sup>	0.05	0.90 <sup>b</sup>	0.04

\*<sup>ab</sup> : Means in the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

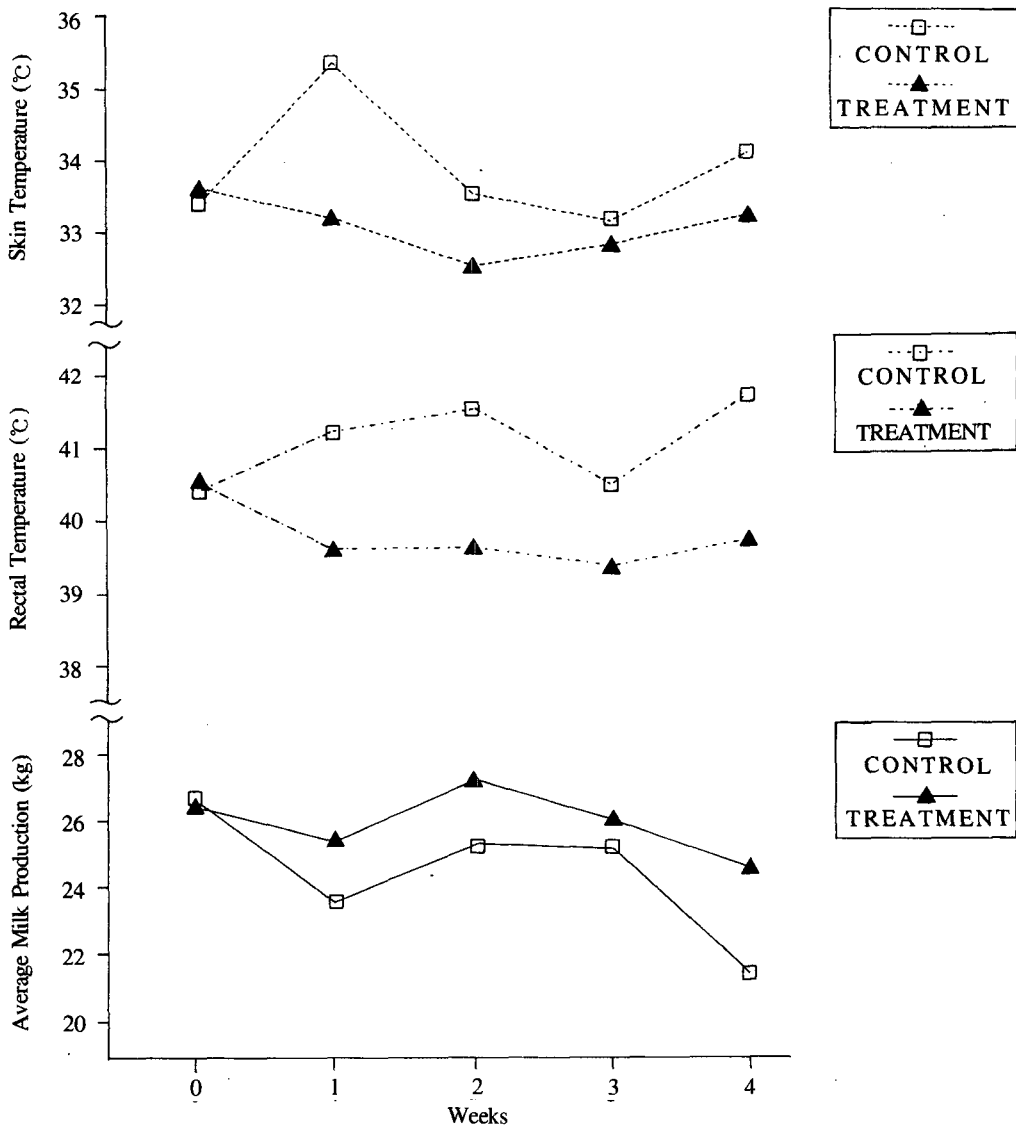


Fig. 3. Changes in skin temperature, rectal temperature, and average milk production of Holstein cows during the experimental periods.

대조구와 처리구의 혈청내 cortisol 농도는 대조구가 1.44  $\mu\text{g/dL}$ 으로 처리구의 0.9  $\mu\text{g/dL}$ 에 비해 62.5%나 높았다. Stress를 받은 동물의 가장 일반적인 반응중의 하나가 바로 혈액내의 cortisol 분비 증가로 나타난다.<sup>9)</sup>

Alvarez<sup>19)</sup>는 소가 heat stress를 받으면 plasma glucocorticoids가 증가한다고 보고 하였으며 Lee 등<sup>19)</sup>의 연구에서는 유의하게 감소하였다고 보고하였다. Alvarez와 Johnson<sup>2)</sup>은 고온 환경(35℃)에서, Holstein 젖소를 1시간 노출시켰더니 glucocorticoid가 38% 증가하였고, 2시간 후에는 62%, 4시간 후에는 120% 까지 증가했고, 그후 점차적으로 감소해서 일정 수준을 유지하였음을 관찰하였다. 이와 같이 단기간 고온 환경에 노출되면 cortisol 농도가 증가하는 반면에, 장기간 노출되면 동물이 환경에 순응하게 되어 변화가 없다고 Scott와 Wiersma<sup>27)</sup> 보고하였다.

이상의 연구 결과들과 본 연구 결과를 비교하여 볼 때 본 시험 결과에서 대조구의 높은

cortisol 함량은 고온 stress의 영향을 받았음을 반영하고, 처리구에서의 낮은 cortisol 함량은 고온 stress의 경감 효과를 반영하였다.

### 3. 산 유 량

Table 4에서 보는 바와 같이 시험기간중 처리구의 평균산유량이 25.87kg으로 대조구 23.66kg에 비해 유의하게 증가하였다(P<0.01). 이와 같이 대조구보다 처리구에서 산유량이 증가한 것은 Strickland 등<sup>28)</sup>이 그늘막하에서 대조구보다 sprinkler와 fan을 설치한 처리구의 산유량이 11.6% 증가하였다는 보고와 일치하였으며, Turner 등<sup>30)</sup>과 Flamenbaum 등<sup>11)</sup>도 이와 유사한 보고를 한 바 있다. 또한 Petkov<sup>24)</sup>도 정상온도(21℃)보다 평균 환경온도를 1.6, 3.2 및 8.8℃ 높였더니 1일 우유생산량이 각각 4.5, 6.8 및 14% 감소를 보였다고 하였다.

Table 4. Effect of fan + spinkling in the loose barn on the milk production in Holstein cows

Weeks	Control		Fan + Sprinkler	
	Mean	SE	Mean	SE
0	26.84	0.35	26.51	0.32
1	23.68	0.22	25.41	0.34
2	25.20	0.49	27.26	0.41
3	25.14	0.35	26.31	0.42
4	21.35	0.42	24.65	0.49
Average (1~4 weeks)	23.66	0.38	25.87*	0.36

\* : Differ significantly, P<0.05.

Fig. 3에서 보듯이 각 기간별 유량의 변화는 피부온도와 직장온도가 낮을수록 유량은 높아졌다. 전 시험축을 각 비유기별로 나누어 fan + spinkler의 효과를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 비유 초기, 중기 및 후기 등의 유생산에서 처리구가 대조구에 비하여 통계적인 유의차는 인정되지 않았으나 각각 8.16%, 2.83% 및 12.14% 증가를 보여 비유 전기간에 걸쳐 처리구가

대조구에 비하여 높은 산유량을 나타내었다. 또한 기간별 산유량의 증가 폭을 보면 비유 후기에 가장 높은 증가율을 보여주므로 비유 후기 젖소가 heat stress를 가장 많이 받은 것으로 생각된다. Maust 등<sup>20)</sup>의 연구에서는 열환경하에서 비유 중기의 소가 가장 영향을 많이 받았고, 비유 초기의 젖소가 적은 영향을 받았다고 하였고, Bober 등<sup>6)</sup>에 의하면 비유 초기, 중기 및 후기

등의 유생산이 각각 25, 41, 47% 감소하였다고 하므로서, 비유 후기의 젖소가 가장 영향을 많

이 받은 것으로 나타나 본 시험 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

Table 5. Effects of Fan + Sprinkler facilities on the milk yield performance according to stage of lactation in dairy cow

Lactation stage	Control		Fan + Sprinkler		Significance
	Mean	SE	Mean	SE	
Early lactation*	25.33	0.47	27.58	0.49	NS
Mid lactation	25.76	0.18	26.51	0.24	NS
Late lactation	21.07	0.26	23.96	0.33	NS

\* Early lactation : postpartum~90 days.  
 Mid lactation : 91~210 days.  
 Late lactation : 211~305 days.

#### 4. 유조성분

시험기간중 유조성분 및 체세포수의 변화는 Table 6과 같다. Fan과 sprinkler를 이용한 처리구

와 대조구 사이에 유당과 SNF함량은 거의 차이가 없었으나, 유단백은 약간 감소하였으며 유지방은 0.15% 증가하였으나, 이들 모두 통계적 유의차는 없었다.

Table 6. Changes in milk composition and somatic cell count of Holstein cows in hot, humid climates

Item	Control		Fan + Sprinkler		Significance
	Mean	SE	Mean	SE	
Yield (kg/day)					
FCM <sup>1</sup>	25.45	0.55	26.42	0.45	NS <sup>4</sup>
Fat	0.93	0.03	0.99	0.02	NS
Protein	0.89	0.01	0.88	0.01	NS
Lactose	1.29	0.02	1.33	0.02	NS
SNF <sup>3</sup>	2.39	0.03	2.41	0.03	NS
Composition (%)					
Fat	3.22	0.06	3.37	0.05	NS
Protein	3.14	0.02	3.03	0.02	NS
Lactose	4.53	0.02	4.57	0.03	NS
SNF <sup>3</sup>	8.38	0.04	8.32	0.04	NS
SCC <sup>2</sup> (cell/ml)	336,500	19,500	246,909	21,701	NS

<sup>1</sup> 4% fat corrected milk.

<sup>2</sup> Somatic cell count.

<sup>3</sup> Solid not fat.

<sup>4</sup> NS : P>0.05.

그러나 Johnson 등<sup>17)</sup>은 heat stress 상태에서 유 조성분의 변화가 일어나는데, 특히 유지방이 감소된다고 하였고, Habeeb 등<sup>12)</sup>은 유조성분에 대한 고온의 영향에 관한 시험에서 38℃에서는 열적중성역(18℃)에서 보다 평균 총고형분, 지방, 단백질과 유당 등의 함량이 각각 28, 27, 7 및 30% 감소한다고 보고한 바 있으나, 본 연구에서는 커다란 차이를 발견할 수 없어서 이들 결과와는 차이가 있었다. 이와 같은 상반된 결과는 본 시험이 외기 온도차가 크지 않은 상태에서 수행된 반면 상기 연구자들도 열적중성역과 고온영역간의 차이를 규명하였기 때문으로 사료된다.

한편 체세포수에서는 대조구보다 처리구의 체세포수가 26.63% 감소하여 Igono 등<sup>14)</sup>이 대조구보다 fan과 sprinkler를 설치한 처리구에서 체세포수가 유의하게 감소했다고 보고한 연구 결과와 일치하였다.

따라서 이상의 결과를 종합하여 볼 때 우리나라 여름철과 같은 고온 다습한 환경하에서는 우사내에 fan + sprinkler를 설치 이용하므로써 고온 stress를 완화시켜, 생산성 향상에 크게 도움이 되리라고 사료된다.

## 적 요

고온다습한 여름철에 우사내 fan + sprinkler에 의한 방서대책이 Holstein착유우의 생리적 반응, 유생산성 및 유조성분 등에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 외기 온도가 가장 높은 15:00시에 측정된 대조구와 처리구의 건구 온도, 상대 습도, 이슬점 온도 및 수증기압 등은 각각 30.15 : 30.40℃, 71.44 : 70.82%, 24.32 : 24.26℃, 30.51 : 30.50m bar로 fan + sprinkler 설치가 기상 조건에 영향을 미치지 않는다고 하였다.

2. 피부온도는 대조구(34.02℃)에 비하여 fan + spinkler처리구(32.96℃)가 유의하게 저하되었다(P<0.05). 또한 직장온도도 대조구가 41.21℃, 처리구가 39.53℃로 대조구에 비해 처리구

에서 유의하게 낮았다(P<0.05).

3. 혈청 Cortisol 농도는 대조구가 1.44 μg/dL로 처리구의 0.90 μg/dL 보다 유의하게 높았다(P<0.05).

4. 평균 산유량은 대조구가 23.66kg, 처리구가 25.87kg으로 대조구에 비해 처리구가 유의하게 증가하였으며(P<0.05), 시험축을 유기별로 나누어 유량을 조사한 바 대조구 보다 처리구가 비유초기, 중기 및 후기에서 각각 8.16%, 2.83% 및 12.14%의 증가를 보였으나 유의차는 없었다.

5. 우유중 유당, 유단백 및 무지고형분 등의 함량 및 생산량은 대조구와 처리구간에 차이가 없었다. 그러나 유지방 함량의 경우 대조구가 3.22%, 처리구가 3.37%로 처리구가 0.15% point 증가했으나 유의차는 없었다. Fan + Spinkler가 설치된 시설에서 사육된 젖소에서 생산된 우유내 체세포수는 대조구에 비해 26.63%가 감소되었으나 유의차는 발견할 수 없었다.

이상의 시험 결과에서 볼 때 fan + sprinkler를 이용한 방서 방법은 고온 stress를 완화시켜 유생산성의 증가에 기여할 수 있는 하나의 방법이라고 본다.

## 참 고 문 헌

1. Alvarez, M. B. 1968: Relation of environmental temperature to the activity of the adreno-sympathetic system of cattle. PhD. Thesis, University of Missouri, USA.
2. Alvarez, M. B. and Johnson, H. D. 1973: Environmental heat exposure on cattle plasma catecholamine and glucocorticoids. J. Dairy Sci. 56, 189-194.
3. A.O.A.C. 1980: Official Methods of Analysis (12th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
4. Beede, D. K., R. J. Collier, C. J. Wilcox and W. W. Thatcher. 1985: Effects of warm climates on milk yield and composition(short-

- term effects). In *Milk Production in Developing Countries*, ed. A. J. Smith, 322-347. Trowbridge, Great Britain: Redwood Burn Ltd.
5. Beede, D. K., D. R. Bray, R. A. Bucklin, F. Elvinger and I. K. Shearer. 1987: Integration of cooling methods in hot humid environments. *Proceeding of the 24th Florida Dairy Production Conference*. University of Florida, Gainesville.
  6. Bober, M. A., B. A. Becker, S. E. Valtorta, P. Kratt, H. Mertsching, H. D. Johnson and M. D. Shanklin. 1980: The relationship of growth hormone and thyroxine to milk production under heat in Holstein cows. *J. Animal Sci.* 51 (suppl. 1), 261-268.
  7. Bray, D. R., D. K. Beede, R. A. Bucklin, and G. L. Hahn. 1992: Cooling, shade, and sprinkling In *Large dairy herd management*. Am. Dairy Sci. ASS. Champaign. IL, p. 655.
  8. Bucklin, R. A., L. W. Turner, D. K. Beede, D. R. Bray. R. W. Hemkin. 1991: Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Appl. Eng. Agric.* 7, 241.
  9. Christison, G. I. and H. D. Johnson. 1972: Cortisol turnover in heat-stressed cows. *J. Dairy Sci.* 35, 1005-1010.
  10. Collier, R. J., D. K. Beede, W. W. Thatcher, L. A. Israel, and C. J. Wilcox. 1982: Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.* 65, 2213.
  11. Flamenbaum, I., D. Wolfenson, M. Mamen, and A. Berman. 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.
  12. Habeeb, A. A., A. M. Abdel-Samee and T. H. Kamal. 1989: Effect of heat stress, feed supplementation and cooling technique on milk yield, milk composition and some blood constituents in Friesian cows, under Egyptian conditions. *Proceedings of 3rd. Egyptian-British Conference on Animal, Fish and Poultry Production*, Vol. 2. Alexandria, Egypt. pp. 629-635.
  13. Igono. M. O., H. D. Johnson, B. J. Stevens, G. F. Krause, and M. D. Shanklin. 1987: Physiological, productive, and economic benefits of shade, spary and fan system versus shade for Holstein cows during summer heat. *J. Dairy Sci.* 70, 1069-1079.
  14. Igono. M. O., B. J. Stevens, M. D. Shanklin, and H. D. Johnson. 1985: Spray cooling effects on milk production, milk, and rectal temperatures of cows during a moderate temperate summer season. *J. Dairy Sci.* 68, 979-985.
  15. Ingraham, R. H., D. D. Gillette, and W. D. Wagner. 1974: Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in subtropical climates. *J. Dairy Sci.* 57, 476.
  16. Johnson, H. D. 1976: World climate and milk production. *Int. J. Biometerol.* 20, 171.
  17. Johnson, M. D. and W. J. Vanjonack. 1976: Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals. *J. Dairy Sci.* 59, 1603.
  18. Kamal, T. H., A. A. Habeeb, A. M. Abdel-Samee, and I. F. M. Marai. 1989: Milk production of heat-stressed Friesian cows and its improvement in the subtropics. *Proc. of International symposium on the constraints and possibilities of ruminant production in the dry subtropics*. Cairo. Egypt.
  19. Lee, J. A., J. D. Roussel and J. F. Beaty. 1976: Effect of temperature season on bovine adrenal cortisol function blood cell profile and milk production. *J. Dairy Sci.* 59, 104-114.

20. Maust, L. E., R. E. McDowell, and N. W. Hooven. 1972: Effects of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. *J. Dairy Sci.* 55, 1133.
21. McDowell, R. E. 1969: Effects of heat stress on energy and water utilization of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 52, 188-194.
22. McLean, J. A., A. J. Dowine, C. D. R. Jones, and D. P. Stombaugh. 1983: *J. Agric. Sci. Camb.* 100, 315.
23. Monteith, J. L. and L. E. Mount. 1974: *Heat Loss from Animals and Man.* Butterworths, London.
24. Petkov. G. 1971: Environmental temperature and milk production of cows. *Veterinaria Sbirka* 75, 23-28.
25. Romance-Ponce, R. J., D. K. Beede, W. W. Thatcher, L. A. Israel, and C. J. Wilcox. 1982: Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.* 65, 2213.
26. Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980: *Principles and procedures of statistics.* McGraw-Hill book Co., New York.
27. Stott, G. H. and F. Wiersma. 1971: Plasma corticoids as an index of acute and chronic environmental stress. Presented at: First Conference on Bio-meteorology and Tenth Conference on Agricultural Meteorology, Columbia.
28. Strickland, J. T., R. A. Bucklin, R. A. Nordstedt, D. K. Beede, and D. R. Bray. 1989: Sprinkler and fan cooling system for dairy cows in hot, humid climates. *Applied Engineering in Agriculture.* 5(2), 231-233.
29. Thatcher, W. W. 1974. Effects of season, climate, and temperature on reproduction and lactation. *J. Dairy Sci.* 57, 360-368.
30. Turner, L. W., J. P. Chastain, R. W. Hemken, R. S. Gates, and W. L. Crist. 1992: Reducing heat stress in dairy cows through sprinkler and fan cooling. *Applied Engineering in Agriculture.* 8(2), 251-256.
31. 氣象月報. 1992~1995. 氣象廳.
32. 정태영. 양영직. 이상락. 윤희섭. 1995: 고온 환경이 반추가축의 체온 및 혈장 cortisol 농도에 미치는 영향. *한국축산시설환경학회지.* 1권 1호, 39-45.