

# 高溫環境이 反芻家畜의 체온 및 혈장 Cortisol 농도에 미치는 影響<sup>1)</sup>

정태영 · 양영직 · 이상락\* · 윤희섭

건국대학교 축산대학 축산학과

## Effect of Hot Environment on the Body Temperature and Plasma Cortisol Concentration in Ruminant

Chung, Tae-Young, Yang Young-Jik, Lee, Sang-Rak\*, Yoon, Hee-Sup

Dept. of Animal Sci., College of Animal Husbandry

### Summary

Temperatures of blood and skin, respiratory rate and plasma cortisol concentration in sheep at a warm (average ambient temperature of 15.3°C) and a hot (average ambient temperature of 27.0°C) environment were measured to investigate the effect of hot environment on the physiological responses in ruminant. Temperatures of core, mean skin and mean body in sheep were tended to increase at day time and to decrease at night time at both warm and hot environment, while 24-hr average for those temperatures were significantly higher at hot environment than at warm environment ( $p < 0.05$ ). The calculated body heat content was higher in sheep at hot environment than at warm environment ( $p < 0.05$ ). Respiratory rate and plasma cortisol concentration had no significant differences between warm and hot environment, suggesting that sheep were not stressed by the hot environment in this experiment. It is, therefore, suggested that sheep were well adapted to hot environment by increasing body heat content against heat stress.

(Key words : Hot environment, Ruminant, Body temperature, Plasma cortisol)

### 서 론

恒溫動物인 가축은 環境溫度의 변화에 대응하여 여러 가지 生理的 機能을 동원, 體溫을 일정한 수준으로 維持한다. 체온의 恒常性은 체내에서 생산하는 熱量과 외부환경에 방출 또는 외부환경으로부터 획득한 열의 收支에 의하여 유지된다 (Scott<sup>2)</sup>). 그러나 가축 스스로의 조절능력

을 상회하는 극심한 환경온도의 변화는 각종 질병과 산란율, 유량 등의 생산성의 감소를 초래하게 되고 경우에 따라서는 가축의 생명유지에도 위협을 주게 된다.

중위도에 속하는 우리나라는 계절변화가 뚜렷하여 기온의 계절차가 매우 크고 일교차 또한 매우 크다. 그 중에서도 여름철의 낮기온의 경우는 가축이 추가적인 스트레스를 받지 않고 체

<sup>1)</sup> 본연구는 건국대학교 동물자원연구센터의 지원에 의해 수행되었음.

\* 건국대학교 동물자원연구센터(Animal Resources Research Center, Kon-Kuk Univ., Seoul 143-701, Korea)

열조절이 가능한 온도범위인 熱的中性圈 (thermoneutral zone, TNZ)을 대부분 상회하기 때문에 가축의 생산성 저하와 질병발생율의 증가 등이 현재 큰 문제가 되고 있다. 특히 체격이 비교적 큰 반추가축은 온도환경에 노출되는 체표면적과 체열의 용량이 단위가축보다 크다. 따라서 야외에서 사육되는 경우가 많은 반추가축은 환경온도의 변화에 크게 영향을 받는다. 특히 TNZ가 낮은 반추가축은 겨울철보다 여름철에 더 큰 스트레스를 받게 된다.

일반적으로 고온환경하에 있는 반추동물은 사료섭취량이 낮아지고 행동이나 생리기능에 변화가 생겨 결국 생산효율이 떨어지게 된다 (Ittner 등<sup>3)</sup>, Collier 등<sup>4)</sup>, Flamenbaum 등<sup>5)</sup>, Berman 등<sup>6)</sup>). 그러나 고온으로 인한 생산효율의 감소 정도는 지역에 따라 다르게 나타날 수 있다. 그 이유는 환경온도의 변화에 대한 가축의 적응정도가 지역에 따라 다르게 나타날 수 있기 때문이다. 다시 말하면 계절변화나 일교차의 정도, 그리고 하루중의 기온 변화의 pattern에 따라 가축이 받는 스트레스의 정도가 다르게 나타난다.

지금까지의 연구는 주로 일정수준의 고온환경하에 있어서 반추가축의 생리적 조절반응에 관한 연구가 대부분이며 실제 변화하는 온도환경하에서의 연구는 그다지 많지 않다. 더욱이 국내에 있어서의 연구는 몇몇의 사례 보고적 연구조사가 있을 뿐, 매우 부진하며, 가축 생산성 저하의 실태조차 정확히 파악되어 있지 못한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 여름철 온도환경하에서의 반추가축의 체온 및 체열조절반응을 조사하기 위하여 면양을 공시하여 체 각부분의 체온변화와 혈액성상의 변화를 경시적으로 측정하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시동물 및 관리

시험에는 임상상 건강하다고 인정되는 평균

체중 55kg의 코리데일종 숫면양 3두를 공시하였다. 면양은 2개월 이상 대사케이시내에서 예비사양하여 케이지, 사료 및 주위환경에 적응시킨 후 측정에 이용하였다. 급여사료로는 조사료 (alfalfa hay cube): 농후사료 (시판 중송아지용 배합사료)를 7:3비율로 NRC사양표준 (1988)에 근거하여 유지수준의 양을 1일 1회 오전 9시에 물과 함께 급여하였다.

### 2. 시험기간 및 장소

고온환경시의 측정은 1990년 8월 18일부터 8월 24일 까지, 그리고 상온시의 측정은 1990년 10월 31일 부터 11월 6일 사이에 건국대학교 축산대학 동물자원연구센터 부속 반추동물 사육실에서 실시하였다.

### 3. 측정항목 및 방법

신체 각부위 체온측정을 위한 온도 sensor 및 혈액채취를 위한 catheter는 측정일 2일전에 장착하여 측정일까지 적응시켰고, 모든 측정은 고온 및 상온시의 각각 24시간 동안 실시하였다.

혈액온도는 외경 1mm의 polyethylene제 catheter내에 삽입한 E-type의 thermo-couple (Tokyo wire Co., Tokyo)을 투관침을 이용하여 경정맥에 심장방향으로 약 20 cm정도 삽입하여 5분 간격으로 연속 측정하였다. 그리고 피부온도는 T-type의 thermo-couple을 면양 몸체 우측의 6개 부위, 즉, 귀(耳), 軀幹上部, 軀幹下部, 脚上部, 脚下部, 목(胸垂) 등의 피부에 순간접착제를 사용하여 부착하여 역시 5분 간격으로 연속 측정하였다. 또한 외기 온도는 가능한 한 공시동물과 가까운 위치의 온도를 역시 T-type의 thermo-couple을 이용하여 5분 간격으로 연속 측정하였다. 각 thermo-couple로 부터의 출력은 multi-channel digital recorder (TR2724, Advantest, Yokohama)를 이용, 온도로 변환시켜 연속 기록하였다. 기록된 각 측정온도를 측정완료 후에 GPIB (IEEE-488 Instrumentation Interface,

National Instruments Co., New York)를 통하여 personal computer (AT286, Dae-Sung System, Seoul)에 전송한 후, 매시간별 평균치를 구하여 각종 계산에 이용하였다. 호흡수는 매시간 복부의 운동을 육안으로 관찰하여 측정하였다.

경정맥 혈액온도를 深部體溫(core temperature)으로 하고, 평균피부온과 평균체온은 McLean의 係數를 사용하여 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{平均皮膚溫}(^{\circ}\text{C}) = \text{耳溫} \times 0.04 + \text{軀幹上部溫} \times 0.25 + \text{軀幹下部溫} \times 0.25 + \text{脚上部溫} \times 0.32 + \text{脚下部溫} \times 0.12 + \text{胸垂溫} \times 0.02$$

$$\text{平均體溫}(^{\circ}\text{C}) = \text{深部體溫} \times 0.86 + \text{平均皮膚溫} \times 0.14$$

또한 體熱量(body heat content)은

$$\text{體熱量}(J) = \text{體重}(g) \times \text{體組織比熱}(3.47J/g/^{\circ}\text{C}) \times \text{平均體溫}(^{\circ}\text{C}) \text{의 식으로 계산하였다.}$$

혈액채취를 위하여 three-direction cock이 연결된 직경 1 mm의 polyethylene catheter를 혈액온도 측정용 thermo-couple삽입 반대쪽 경정맥에 투관침을 이용하여 심장방향으로 약 30cm 삽입하였다. 혈액응고를 방지하기 위하여 3.8 %의 tri-sodium citrate용액 약 10ml를 측정시까지 하루 약 4회 주입하였다.

분석에 사용하기 위하여 경정맥 혈액 약 10ml를 three-direction cock을 통하여 2시간 간격으로 12회 주사기로 채취하였다. 채취된 혈액은 즉시 4℃로 조정된 냉동원심분리기에서 12,000 rpm으로 20분간 원심하여 상등 plasma를

분리한 후, -20℃의 냉동실에 분석시까지 보관하였다. 혈액내의 cortisol농도는 Amerlex Cortisol RIA Kit (Amersham, New York)를 이용하여 측정하였다.

#### 4. 통계처리

모든 측정치는 우선 매시간별로 평균하였고 상온시와 고온시의 측정치간의 유의차는 SAS (ver. 6.0)의 GLM procedure를 이용하여 검정하였다.

### 결과 및 고찰

상온 및 고온환경시의 환경온도와 면양의 체온, 체열함량 및 호흡수의 하루중의 평균치를 Table 1에, 매시간별 변화를 Fig. 1과 2에 나타내었다.

#### 1. 환경온도

상온시의 하루중의 온도변화는 약 13~18℃의 범위였으며 주간이 높고 야간이 낮은 전형적인 우리나라 가을의 기온 변화를 나타내었고, 24시간의 평균온도는 15.3℃였다 (Table 1). 또한 고온환경시의 온도는 약 24~31℃의 범위에서 변화하였으며 그 평균온도는 27.0℃였다. 고온 및 상온환경시의 온도차는 약 12℃로 이 차의 폭은 24시간동안 거의 일정하게 나타났다.

Table 1. The 24hr average core, mean skin, and mean body temperature, body heat content, and respiratory rate in sheep acclimated warm and hot environmental temperature (n=3).

	Ambient temp.	Core temp.	Mean skin temp.	Mean body temp.	Body heat content	Respiratory number
	..... °C .....				(J/kg B.W.)	(Breaths/min)
Warm	15.3	38.6±0.2	33.5±0.3	37.9±0.2	131.5±1.5	30.8±1.6
Hot	27.0	39.5±0.2*	35.5±0.2*	38.9±0.2*	135.0±0.9*	36.0±1.0

\* P<0.05.

## 2. 심부체온

경정맥 혈액온도로 나타낸 심부체온의 상온에서의 변화는 환경온도의 변화에 그다지 영향을 받지 않고 1°C내외의 비교적 좁은 범위내에서 변동하는 경향을 보였다(Fig 1). 면양의 심부체온이 채식직후부터 약 1시간동안 낮아졌다가 그 후 회복되는 현상은 매우 특징적인 것으로 채식후의 음수에 의한 일시적인 체온의 하강과 열 생산량의 감소 (이<sup>10</sup>) 등이 그 원인으로 볼 수 있다.

그러나 고온환경하에서의 혈액온도의 변화는 그 변화 폭이 크며 변화 pattern도 공시면양간에 차이를 보였다. 이것은 고온에 대한 적응반응이 개체에 따라 다르다는 것을 시사하며 다른 한편으로는 고온 stress에 대한 체온조절반응의 어려움을 반영하고 있다.

상온과 고온환경시의 공시면양의 심부체온 평균치의 변화는 주간에 높고 야간에 낮은 일반적인 경향을 보였으나, 24시간의 평균치는 각각  $38.6 \pm 0.2$ ,  $39.5 \pm 0.2$ °C로 고온환경시가 유의하게 높았다 ( $p < 0.05$ ). 이와 같이 심부체온이 계절에 따라 변화하는 것은 체온의 set point를 환경온도의 변화에 따라 변화시키므로서 체열량을 조절하여 체온조절을 용이하게 하려는 적응성을 나타내고 있는 것으로 보인다.

## 3. 평균피부온

상온 및 고온환경시의 평균피부온은 약 2°C의 폭을 가지고 변화하는 경향을 보였다. 주간 피부온이 높은 것은 체열의 주 방산경로인 피부의 모세혈관이 확장됨에 따라 높아지는 것으로 보인다. 이러한 경향은 12시간씩 교대로 25°C와 5°C에 면양을 사육하였을 경우 평균피부온이 온도변화에 따라 높아지거나 낮아지는 이<sup>11</sup>의 연구 결과와 일치하는 것으로 상대적으로 환경온도가 높아서 열 부하가 큰 주간에 적극적으로 피부를 통하여 열을 방산시키는 조절 기능이 잘 발휘되고 있는 것을 나타내고 있다.

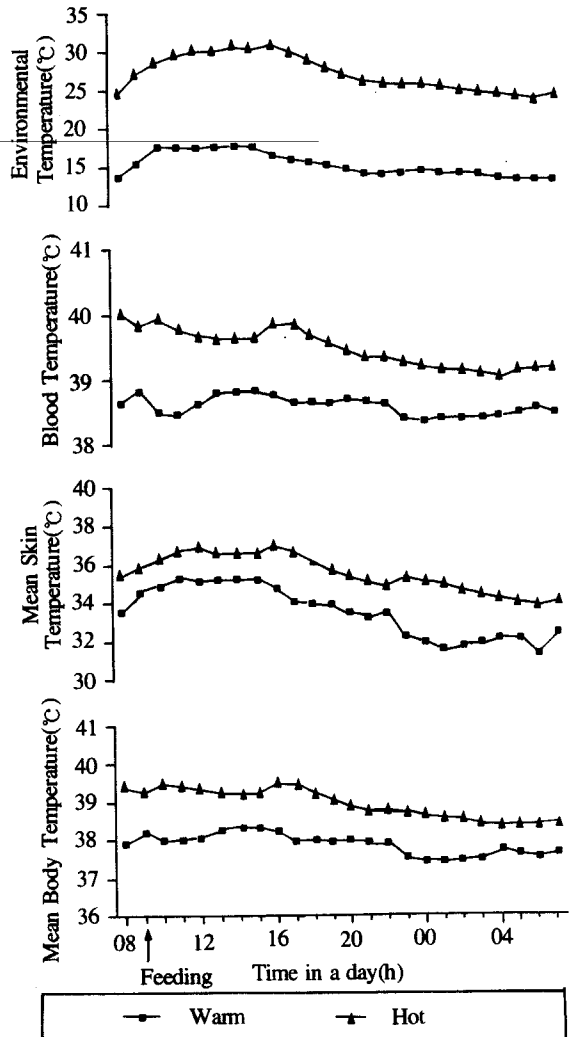


Fig. 1. Changes in blood, mean skin and mean body temperature in sheep under warm and hot environment

또한 평균피부온의 24시간 평균치는 상온과 고온환경시에 각각  $33.5 \pm 0.3$ ,  $35.5 \pm 0.5$ °C로 고온환경시가 유의하게 높았다 ( $p < 0.05$ ). 이와 같은 경향은 위에서 서술한 바와 같이 고온환경시에는 체열의 주 방산경로인 피부 말초혈관의 확장이 일어나고 있음을 시사하고 있다.

## 4. 평균체온

심부체온과 평균피부온으로 부터 계산한 평균체온은 상온시와 고온환경시에 주간에 상승하였다가 야간으로 감에 따라 낮아져서 서로 비슷한 경향을 보였으나, 24시간의 평균치는 각각  $37.9 \pm 0.2$ ,  $38.9 \pm 0.2$ ℃로 고온환경시가 상온시에 비하여 유의하게 높은 경향을 나타내었다 ( $p < 0.05$ ). 이것은 심부체온과 평균피부온이 고온환경시가 높기 때문인 것으로 분석된다. 평균체온은 동물이 가지고 있는 체열량을 간접적으로 나타내는 것이므로 평균체온이 고온환경시에 높은 것은 체열량이 높다는 것을 시사하고 있다.

### 5. 체 열 량

상온시 및 고온환경시의 체열량 (Table 1)은 각각  $131.5 \pm 1.5$ ,  $135.0 \pm 0.9$  J/kg body weight로 고온환경시가 유의하게 높았다 ( $p < 0.05$ ). 이와 같이 체열량이 고온환경시에 높은 것은 고온환경시에는 체온과 환경온도간의 차이가 상온시보다 줄어들게 되어 상온시와 동일한 양의 체열을 유지하려면 많은 에너지를 소모하면서 체열을 방출하지 않으면 안되므로 체온의 상승을 허용하면서도 체열량을 높게 가지는 조절기능이 나타났기 때문으로 보인다. 이와 같은 고온환경시의 체열조절반응은 아직 구체적으로 보고된 연구 결과는 없으나 상온과 저온환경을 반복시켰을 경우 면양과 젖소가 체열량의 변화를 허용하여 결국 체온조절을 위한 열 생산량을 절감하는 기작이 작용한다는 Young 등<sup>10)</sup>과 이<sup>6)</sup>의 연구 결과로부터 추론해 볼 때, 여름철 고온환경하에서는 체격이 상대적으로 큰 반추가축은 체온의 상승을 허용하면서도 체열량을 높여 상대적으로 체온조절을 위한 생리적 노력을 줄임으로서 고온 stress를 극복하는 특이한 조절능력을 가지고 있다는 점이 시사된다.

상온시와 고온환경시의 체열량의 차인 약 3 J/kg body weight는 상온시의 하루 열 생산량의 약 2%에 상당하는 큰 에너지이다.

### 6. 호 흡 수

상온시의 호흡수의 변화는 채식후 증가하였다가 야간으로 감에 따라 감소하는 경향을 나타내었다 (Fig. 2). 그러나 고온환경시에는 매 시간 별 기록이 심하여 일정한 경향은 나타내지 않았다. 그리고 24시간 평균 호흡수는 상온시 및 고온환경시에 각각  $30.8 \pm 1.6$ ,  $36.0 \pm 1.0$  회/분으로 고온환경시가 약간 높게 나타났으나, 온도환경간에 유의차는 인정되지 않았다 (Table 1). 가축에 있어서 고온환경시의 체열방산 방법중 가장 효율이 좋은 방법이 호흡에 의한 열발산 (respiratory evaporative heat loss)이다. 따라서 일반적으로 고온 stress시에는 신속호흡 (panting)을 동반하게 되는데, 면양을 20℃에 적응시킨 후 30℃에서 1주일간 노출시킨 이<sup>6)</sup>의 연구에서는 평균 호흡수가 분당 130회를 상회하였다. 그러나 본 연구에서 환경온도가 30℃를 넘는 시간이 수시간이나 되어도 상온시와 거의 차이가 없는 호흡수를 나타낸 것은 봄철에서 여름철로 감에 따라 서서히 환경온도가 상승하는 동안 면양이 적절히 고온환경에 적응하였기 때문으로 보여진다. 이러한 적응형태는 심부체온, 평균피부온 등의 상승으로 인한 평균체온의 상승만으로도 본 실험 정도의 온도(고온)환경은 극복할 수 있음을 시사하고 있다. 그러나 Fig. 2에도 나타난 바와 같이 운동, 채식, 반추등의 상황에 따라서는 호흡수가 2배이상 증가하는 경우가 나타나고 있는 것으로 보아 본 실험에서의 고온환경은 panting발현 임계온도에 가까운 것으로 보인다.

### 7. 혈액 Cortisol농도

고온환경시의 cortisol 평균농도는 3.86 ug/100ml인데 비하여, 상온시에서는 4.21 ug/100ml로 고온환경시에 평균농도가 낮은 경향을 보였다. 사료급여 직전 첫번째 혈액 채취후부터 기온이 상승하는 낮동안은 낮은 경향을 보이고, 기온이 현저히 떨어지는 2시 부터 아침 사료를

주기 직전까지는 상대적으로 고온구에서 높은 경향을 나타내었다. Cortisol은 소를 포함하는 많은 포유동물의 calorigenic agent로서 인식되어지고 있는데 일반적으로 탄기간의 heat stress는 plasma cortisol의 농도를 증가시키고, 고온이 계속되면 정상치 보다 낮아지게 된다. Rynes등<sup>8)</sup>은 소에게 장기간의 heat stress를 주면 혈중 cortisol농도가 18.03 ng/ml에서 11.93 ng/ml로 감소한다고 하였고, Alvarez 등<sup>11)</sup>도 heat stress를 준 48시간 후 농도가 감소하여 그 수치가 지속된다고 하였다. 한편, Muller 등<sup>7)</sup>은 젖소운동장에 그늘막을 설치하면 설치하지 않았을 때보다 cortisol 농도가 유의하게 증가되었다고 보고한 바 있다. 본 실험에서 고온환경시에 cortisol

농도가 낮게 나타난 것은 이미 면양들이 고온환경에 잘 적응되어 있는 것으로 판단되며, 따라서 이 정도의 환경온도는 심대한 stress를 주는 것은 아닌 것으로 생각된다.

## 적 요

우리나라 여름철 온도환경하에서의 반추가축의 체온 및 체열조절반응을 조사하기 위하여 3두의 면양을 공시하여 상온 및 고온환경시에 체각부분의 체온과 혈액성상의 변화를 경시적으로 측정하였다.

심부체온(경정맥 혈액온도)은 상온(15.3℃) 및 고온환경(27.0℃)에 관계없이 환경온도가 높은 주간에 상승하고 야간에 하강하는 경향을 보였으나, 24시간 평균 심부체온은 고온환경시가 상온시보다 유의하게 높았다(P<0.05).

면양의 몸 6개 부위에서 관찰한 평균피부온은 환경온도변화에 따라서 변화하는 경향을 보였으며, 24시간평균치는 고온환경시가 상온시보다 유의하게 높았다 (P<0.05).

심부체온과 평균피부온으로부터 산출한 평균체온은 상온 및 고온환경에 관계없이 환경온도가 높은 주간에 상승하고 야간에 하강하는 경향을 보였으나, 24시간 평균치는 고온환경시가 상온시보다 유의하게 높았다 (P<0.05).

평균체온에 체조직의 비열을 곱하여 산출한 체열량은 고온환경시가 상온시보다 유의하게 높아서 (p<0.05) 체열량을 높여 열 발산량을 줄이려는 조절반응이 존재한다는 것이 시사되었다.

호흡수는 고온환경시가 상온시보다 높은 경향을 나타내었으나 유의한 차이는 인정되지 않았다.

혈장 cortisol농도는 고온환경시가 상온시에 비하여 낮은 경향을 보였으나 유의한 차이는 인정되지 않았다.

(핵심어 : 고온환경, 반추가축, 체온, 혈장 cortisol)

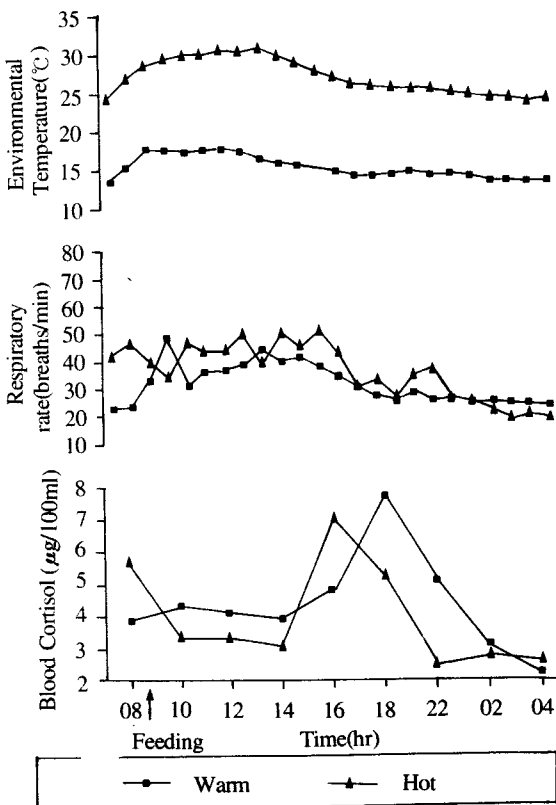


Fig. 2. Changes in respiratory rate and blood cortisol concentration in sheep under warm and hot environment

## 인 용 문 헌

1. Alvarez, M. B. and Johnsen, H. D. 1973 : Environmental heat exposure on cattle plasma catecholamine and glucocorticoids. *J. Dairy Sci.*, 56, 189.
2. Berman, A., Folman, Y., Kaim, M., Mamen, M., Herz, Z., Wolfensen, D., Arieli, A. and Graber, Y. 1985 : Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.*, 68(6):1488-1495.
3. Collier, R. J., Beede, D. K., Thatcher, W. W., Israel, L. A. and Wilcox, C. J. 1982 : Influences of environment and its modification on dairy health and production. *J. Dairy Sci.*, 65:2213-2227.
4. Flamenbaum, I., Wolfensen, D., Mamen, M. and 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.
5. Ittner, N. R., Bond, T. E. and Kelly, C. F. 1958 : Methods of increasing beef production in hot climates. *Calif. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* pp 761-769.
6. 이상락. 1989 : A study on the heat balance in sheep exposed to a intermittent cold. 博士學位論文, 東北大學 農學研究科.
7. Muller, C. J. C., Botha, J. A., Smith, W. A. and Coetzer, W. A. 1994 : Production, physiological and behavioral responses of lactating Friesian cows to a shade structure in a temperate climate. In "Dairy Systems for 21st Century." *Proceedings of 3rd International Dairy Housing Conference.* Orlando, U.S.A. pp 579-588.
8. Rhynes, W. E. and Ewing, L. L. 1973 : Plasma corticosteroids in Hereford bulls exposed to high ambient temperature. *J. Anim. Sci.*, 36:369-373.
9. Scott, G. H. 1974 : In "Proceeding of the International livestock environmental symposium." pp 51-54.
10. Young, B. A. 1988 : In "Ruminant animal, Digestive physiology and nutrition." ed. Church, D. C. pp 456-467.