

# 乳牛の耐暑性の遺伝に関する統計的研究

## I. 乳牛の暑熱に対する順応性について

西山久吉・小川清彦・藤島 通・岡本正幹\*

(畜産学教室)

## Statistical Studies on the Inheritance of Heat Tolerance in Dairy Cows

### I. On the Acclimatization to Hot Weather in Dairy Cows.

Hisayoshi NISHIYAMA, Kiyohiko OGAWA, Tōru FUJISHIMA  
and Seikan OKAMOTO\*

(Laboratory of Zootechnical Science)

## 1 緒 言

乳牛の暑熱時におこる生理的变化については、岡本らの一連の研究をはじめとして、多くの報告がなされている。また、乳牛の耐暑性には個体、品種並びに種間に差異のあることが認められ、RHODE (1944)<sup>1)</sup>や BENEZRA (1952<sup>2)</sup> 1954<sup>3)</sup>)は耐暑係数 (Heat-tolerance coefficient または Acclimatization coefficient) なるものを提唱し、この係数によつて牛の耐暑性を比較している。

この研究は、夏季期間中、ホルスタイン成牝牛が暑熱に対して順応するかどうかを明らかにし、暑熱順応性に対する育種上の可能性を検討するために行なつたものである。

## 2 材料及び方法

鹿児島大学農学部附属農場で繋養しているホルスタイン種経産牛 (30ヶ月令以上) 10頭のうち、出産前後のものを除いた8頭を供試牛とし、1958年、4月下旬より、9月末日まで、午前 (10時前後) と午後 (5時30分前後) の2回ずつ、体温 (直腸温度)、脈搏数、呼吸数を測定した。これらの測定値のうち、測定時の気温が20°C前後を示した4月~5月の個体別平均値を、各個体の午前・午後の正常値とみなし、27°Cを越えた6月28日から8月31日までを暑熱期間とし、暑熱時における測定値の正常値からの増減値を求めて、午前と午後に分け、別々に分析に供した。なお、9月の測定値は気温差が大きかつたため、資料より除外した。

乳量は、毎日の測定値を、梶田・檜垣 (1953)<sup>4)</sup>の泌乳曲線の実験式を用いて、暑熱期初日 (6月28日) の乳量に補正したものを、体重は毎月1回、20日前後に測定した。環境条件としては、最高、最低、並びに測定時の気温と相対湿度を測定した。

これらの資料のすべてには、個体間に有意の変異が認められたが、この報告では単に、夏季期間中の推移についてのみ検討した。すなわち、体温、脈搏数、呼吸数、乳量及び気温条件については、暑熱期間の経過日に対する回帰分析により、また体重は *t*-検定によつて分析検討した。

さらに、乳量と体温の関係を詳しく検討するため、経過日に対するそれらの重回帰分析を行なつた。

\* 九州大学農学部畜産学教室

Laboratory of Animal Breeding, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka, Japan.

### 3 実験結果及び考察

環境条件のうち、気温では、最高、最低気温並びに午前、午後の測定時の気温は、いずれも暑熱期間を通じて大きな変化はなく、測定時の気温の暑熱経過日に対する回帰を分析した結果でも、午前、午後ともに有意ではなかつた (Fig. 1). 一方、湿度は7月より8月が高く、特に午後の湿度で、その傾向が顕著であつた (Fig. 2).

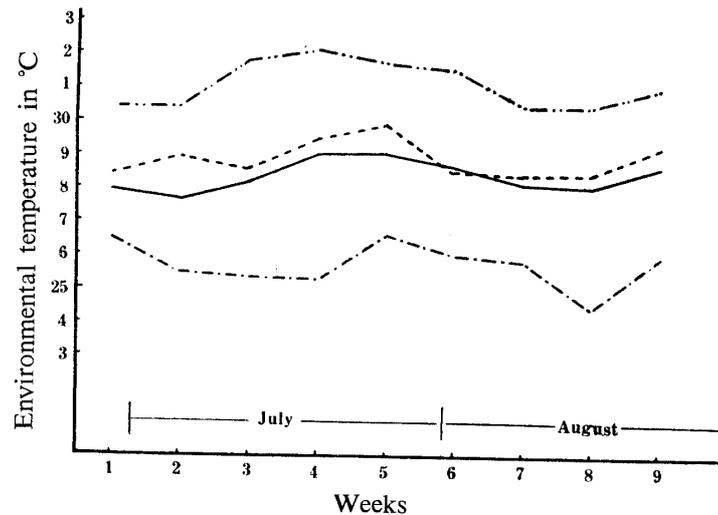


Fig. 1. Variation of the environmental temperature during the summer experimental period

..... Maximum temperature      -.- Minimum temperature  
 ---- Temperature in the afternoon      — Temperature in the morning

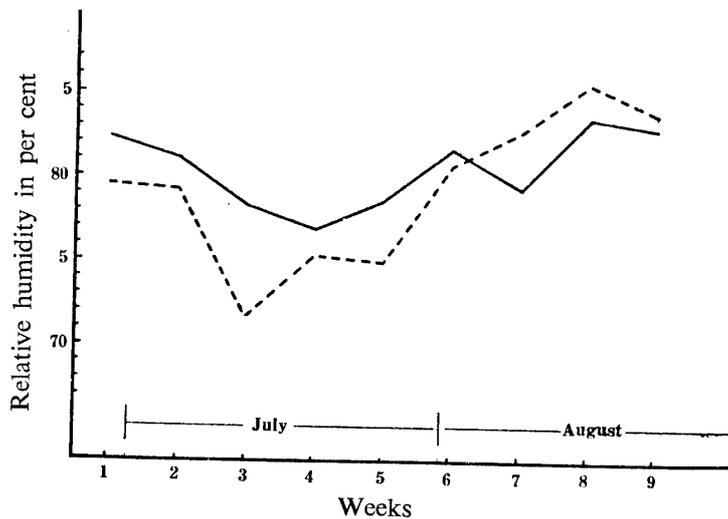


Fig. 2. Variation of the relative humidity during the summer experimental period

— Relative humidity in the morning  
 ---- Relative humidity in the afternoon

これに対し、体温に関する平均値の推移は Fig. 3 に示すように、漸減の傾向にあり、経過日に対する回帰分析の結果は午前・午後共に高度に有意 ( $P < 0.1\%$ ) (Table 1) であつた。さらに、各個体の回帰間にも、午前・午後共に有意の差があり、このような体温低下の程度は、個体によつて異なることを示していた。

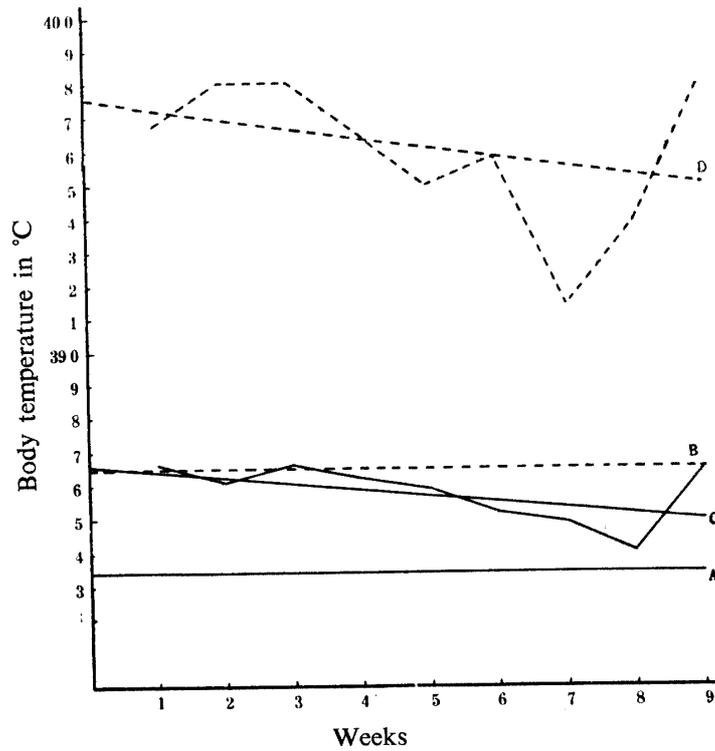


Fig. 3. Variation of the body temperature during the summer experimental period

- Body temperature in the morning
- Body temperature in the afternoon
- A ..... Normal body temperature in the morning
- B ..... Normal body temperature in the afternoon
- C ..... Regression line in the morning ( $\hat{Y}=38.6575-0.0023X$ )
- D ..... Regression line in the afternoon ( $\hat{Y}=39.7552-0.0041X$ )
- $\hat{Y}$ .....Body temperature in °C
- X.....Days

Table 1. Regression analysis of body temperatures on days.

Source of variation	Degrees of freedom	p. m.		a. m.	
		Mean square	F	Mean square	F
Within cows, pooled regression	375	0.133		0.057	
Within cows, individual regression	368	0.124		0.054	
Cows regression coefficients	7	0.640	5.17**	0.217	4.02**
Cow means, adjusted	7	4.461	33.467**	1.232	21.614**
Total	382				
Regression coefficient		-0.0041**		-0.0023**	

\*\*.....Significant at 1% level.

また、脈搏数についても、午前午後ともに暑熱期間の経過にともない有意の減少が認められたが、各個体の回帰間には有意の差はなく、全個体が一様な減少傾向を示していた (Fig. 4, 5) (Table 2).

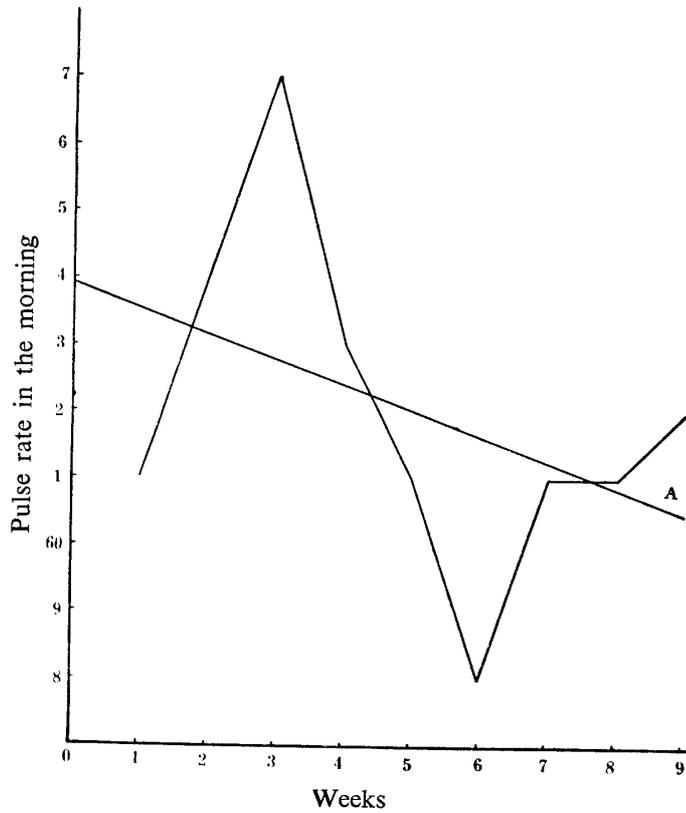


Fig. 4. Variation of the pulse rate during the summer experimental period

A ..... Regression line ( $\hat{Y}=5.8-0.0549X$ )

$\hat{Y}$  ..... Pulse rate    X ..... Days

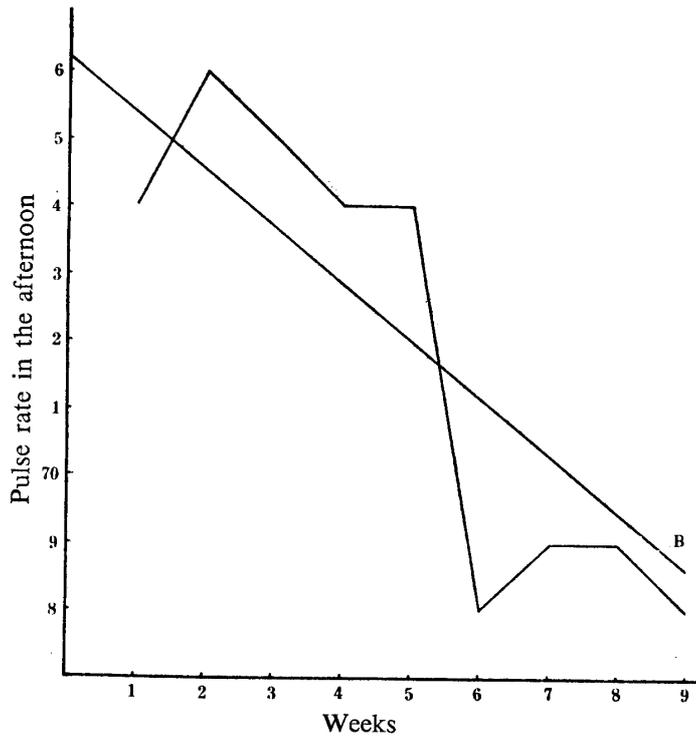


Fig. 5. Variation of the pulse rate during the summer experimental period

B ..... Regression line ( $\hat{Y}=8.2-0.1247X$ )

$\hat{Y}$  ..... Pulse rate    X ..... Days

Table 2. Regression analysis of pulse rates on days.

Source of variation	Degrees of freedom	p. m.		Degrees of freedom	a. m.	
		Mean square	F		Mean square	F
Within cows, pooled regression	375	48.31		374	32.14	
Within cows, individual regression	368	48.56		367	31.84	
Cows regression coefficients	7	35.14	—	7	47.71	1.50
Cows means, adjusted	7	1308.28	27.08**	7	2196.14	68.33**
Total	382			381		
Regression coefficient		-0.125**			-0.0549**	

\*\*.....Significant at 1% level

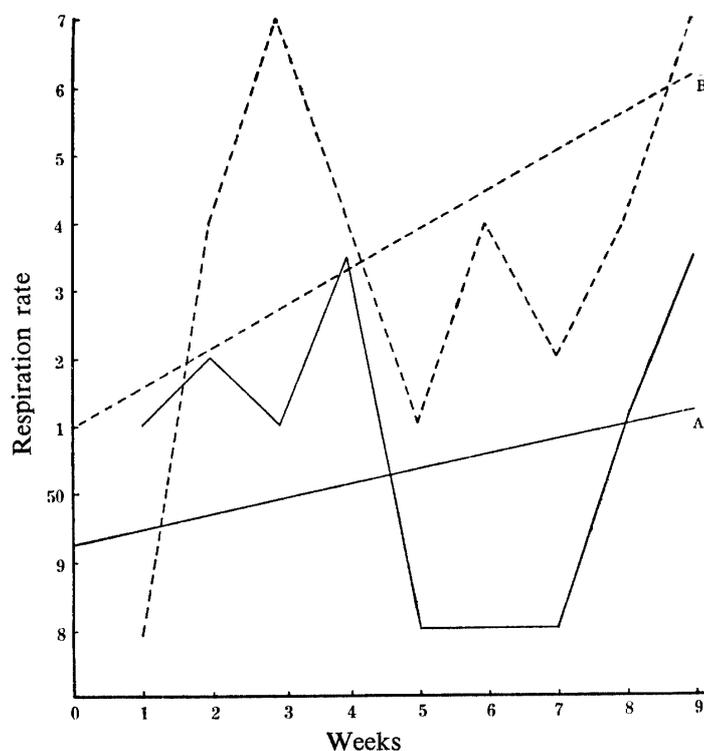


Fig. 6. Variation of the respiration rate during the experimental period

- Respiration rates in the morning
- Respiration rates in the afternoon
- A..... Regression line in the morning ( $\hat{Y}=27.6+0.0839X$ )
- B..... Regression line in the afternoon ( $\hat{Y}=30.0+0.0313X$ )
- $\hat{Y}$ ..... Respiration rates /min.
- X..... Days

一方、呼吸数については、Fig. 6 でみられるように、午後の呼吸数にのみ、有意の増加が認められた。各個体の回帰間にも有意差があり、個体差の大きいことが推定されるが、全体として、増加の傾向があつた (Table 3)。

以上のように、暑熱期の当初、急激に増加した体温及び脈搏数は、暑熱期間中漸減して正常値に

Table 3. Regression analysis of respiration rates on days.

Source of variation	Degrees of freedom	p. m.		Degrees of freedom	a. m.	
		Mean square	F		Mean square	F
Within cows, pooled regression	373	110.15		375	90.09	
Within cows, individual regressions	366	103.44		368	81.86	
Cows regression coefficients	7	460.86	4.46**	7	523.14	6.39**
Cow means, adjusted	7	3611.29	32.79**	7	5364.57	59.55**
Total	380			382		
Regression coefficient		0.0829**			0.0313	

\*\*.....Significant at 1% level

近ずき、呼吸数は反対に増加の傾向を示したが、呼吸数、脈搏数はいずれも、体温調節機能の一環として現われた現象と考えられるので、家畜の暑熱に対する反応は、体温上昇の程度によつて総合的に示されるものと推定される。本実験の結果では、環境条件において、気温には有意の差がなく、湿度は後期にかえつて高く、体温上昇を招く状態にあつたにも拘らず、暑熱期間の経過とともに体温が低下し、正常値への近接が認められたことは、乳牛が暑熱に順応し得たことを示すものである。すなわち、正常値への近接現象を **Acclimatization** とみるならば、ホルスタイン種成牝牛には明らかにこの現象があるということが出来る。また、この現象には個体間に大きな差異があるので、暑熱に対する **Acclimatization** の高い個体を作りだす可能性もあるものと考えられる。

JOHNSTON (1958)<sup>5)</sup>は、乳牛が急に高い気温に遭遇するときには、直ちに体温、呼吸数が急激に上昇し、乳量、飼料摂取量が減少するが、前もつて、温度、湿度の徐々の上昇によつて順応しているときには、乳生産、飼料摂取にほとんど影響がなく、家畜に対する暑熱状態の直接の影響は大部分その高温に **acclimate** しているか否かによつていと述べている。JOHNSON *et al.* (1961)<sup>6)</sup>も、種々の温度、湿度状態に対して、飼料摂取量、飲水量、体温及び乳生産に **Acclimatization** の現象があることを認め、JOHNSTON *et al.* (1960)<sup>7)</sup>は彼等の行なつた **air conditioning** の効果が認められなかつたのは、乳牛が実験開始前、すでに高温に順応していたためと推定している。

次に、乳量については、補正泌乳量の推移 (Fig. 7) 及びその分析結果 (Table 4) にみられるように、暑熱期間の経過に伴い、有意の減少が認められ、また体重も7月 ( $499 \pm 65.70 \text{ kg}$ ) より8月 ( $491 \pm 70.92 \text{ kg}$ ) が少なくなつていた。しかし、暑熱期間前後の体重の変化をみれば、6月より7月までの体重の減少 ( $19.8 \text{ kg}$ ) は、統計的に有意ではないが ( $P=0.2$ )、7月より8月までの減少 ( $8.0 \text{ kg}$ ) より大きく、9月には6月と差のない位まで回復していた。このように、乳牛が6月末から7月にかけての暑熱に遭遇したとき、急激な体重減少がみられ、暑熱期間中その減少が緩慢となり、9月には急激に回復した点よりみれば、体重に対しては暑熱の積算効果があるとみるより、家畜が次第に暑熱に順応したと考える方が妥当のように思われる。

乳量については、上記の報告にもみられるように、**Acclimatization** のあることが述べられているが、一方 JOHNSTON (1958)<sup>5)</sup>によれば、長期間暑熱状態にさらすときには、暑熱に順応する代謝機能の変化とともに乳量は徐々に減少すると述べている。従つて、本実験にみられたような、暑熱期間におこる乳量、体重の減少は、**Physiological homeostasis** の一つの現われであるとみることも出来る。

しかし、乳量、体重に関しては、暑熱以外の要因、特に飼料の量並に質によつて大きく影響される

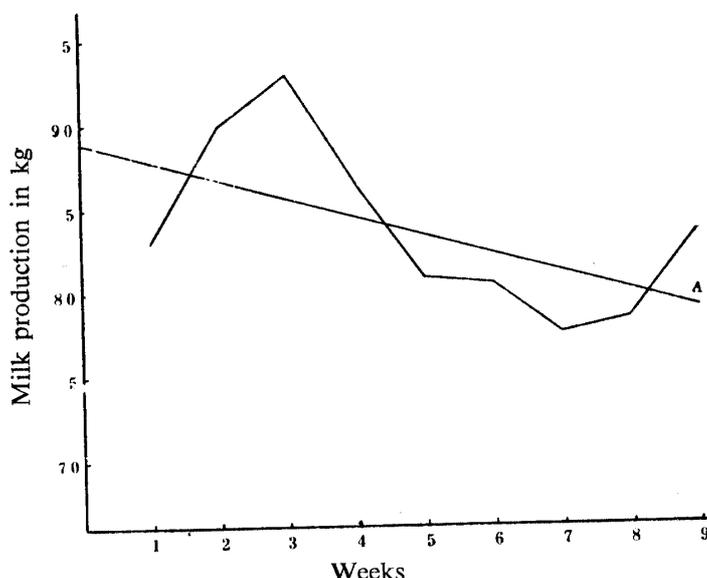


Fig. 7. Variation of the milk production during the summer experimental period

A ..... Regression line ( $\hat{Y}=8.8919-0.0156X$ )  
 X ..... Days  
 $\hat{Y}$  ..... Milk production in kg

Table 4. Regression analysis of milk production on days

Source of variation	Degrees of freedom	Mean square	F
Within cows, pooled regression	375	1.193	
Within cows, individual regression	368	0.857	
Cows regression coefficients	7	18.904	22.06**
Cow means, ajusted	7	747.418	626.50**
Total	382		
Regression coefficient		-0.0156**	

\*\*.....Significant at 1% level

ものであり、一般に暑熱期間の後期（8月中下旬）に劣悪化する傾向がある。JOHNSTON (1958)<sup>5)</sup>も暑熱の影響は家畜に対する直接的影響のほか、栄養上の変化にもとづく間接的影響があり、この栄養的影響は、長い暑熱期間におこる飼料の質の変化によるもので、消化率の減少とともに乳量の減少を惹き起すと述べている。また同氏は1957年<sup>6)</sup>、乳生産に関しては、暑熱状態より、飼料の質の変化が著明な影響を与えるものであることを強調している。従つて、乳量、体重の変化については、今後、一層精密な研究が必要であると考えられ、耐暑性、順応性を検討する場合、留意すべきことがらであろう。

#### 4 摘 要

乳牛が、夏季期間中の暑熱に対して順応するかどうかを明らかにするため、ホルスタイン成牝牛8頭を用い、夏季暑熱時の体温・脈搏数・呼吸数及び体重・乳量を、気温・相対湿度とともに測定し、体重はt検定により、他の測定値は経過日数に対する回帰分析によつて分析検討した。

その結果は次の通りである。

1. 環境温度に関しては、日数の経過にともない、乳牛に悪影響を与える傾向にあつた。すなわち、最高、最低および午前、午後の測定時の気温は、いずれも、夏季実験期間中、日数に対する回帰が有意でなく、一方湿度は次第に上昇していた。
2. このような環境状態であつたにも拘らず、体温は日数の経過にともない有意に減少し、正常値に近づく。また、個体の回帰間にも有意の差が認められた。
3. 呼吸数には増加の傾向があつたが、有意差は午後の測定値のみに見出され、個体の回帰間には、午前・午後のいずれにも、有意の差が認められた。
4. 実験期間の推移にともない、脈搏数は有意に減少したが、個体の回帰間には有意差は認められなかつた。
5. 乳量は日数の経過とともに有意に減少し、体重も7月より8月に下つたが、これらの減少は暑熱の直接的影響によるものか、あるいは間接的影響によるものか、明らかでなかつた。
6. 体温を、暑熱に対する反応の指標とすれば、乳牛は夏季高温に順応し得るということができ、また、この現象に個体間の差が大きく認められたことから、順応性の高い個体を育種することも可能であると考えられる。

## 文 献

- 1) RHODE, A. C.: *Animal Breeding Abstr.*, **12**, No. 184 (1944)
- 2) BENEZRA, R., M. V.: *Ibid.*, **21**, No. 618(1952)
- 3) ———, M. A. MORREO, J. R. GARCIA, and A. MARTINEZ: *Ibid.*, **22**, No.1317 (1954)
- 4) 栢田精一・桧垣繁光: 農技研報告 G **5**, 111 (1953)
- 5) JOHNSTON, J. E.: *J. Dairy Sci.*, **41**, 349 (1958)
- 6) JOHNSON, H. D., H. H. KIBLER, A. C. RAGSDALE, I. L. BERRY and M. D. SHANKLIN: *Ibid.*, **44**, 1191 (1961)
- 7) JOHNSTON, J. E., G. A. HINDERY, T. TURNIPSEED and D. THOMPSON: *Ibid.*, **43**, 871 (1960)
- 8) ———, E. J. STONE, J. W. SMITH, G. SCHRADER and J. B. FRYE, JR.: *Ibid.*, **40**, 616 (1957)

## R é s u m é

The present study was undertaken in an attempt to clarify whether cows were capable of being acclimatized to hot weather, using eight Holstein cows, which were kept in Kagoshima University.

Rectal temperatures, pulse rates and respiration rates were determined, twice a day, in the morning and afternoon, through the summer period, to be exactly, from June 28, to the end of August, 1958, during which environmental temperatures were over than 27°C.

The normal values of these characters of each cow had been determined beforehand, in spring, in the same manner.

These measurements were analyzed by regression analysis for environmental temperature, rectal temperature, pulse rate, respiration rate and milk yield, and by t-test for body weight.

The results obtained were as follows.

- (1) As for the environmental condition, there was a tendency to give a more adverse effect to the cow with lapse of days; all of the regressions on days for maximum and minimum temperatures, and degrees of mercury at determination were not significant, while relative humidities were higher in August than in July.

(2) In spite of these environmental conditions, rectal temperatures in both the fore- and afternoon, came down significantly with lapse of days and closed gradually to normal degrees. The regression coefficients of fore- and afternoon rectal temperatures on days were  $-0.0023$  and  $-0.0041$  respectively.

It was also found that the individual coefficients differed from each other with statistical significance.

(3) There was a tendency for respiration rate to increase with days, but the statistical significance was found only in afternoon measurements.

The difference among individuals was also significant.

(4) In the course of the experiment, pulse rates declined significantly. However, no significant difference was found among individuals.

(5) Milk production declined significantly.

(6) Body weights decreased rapidly in the early July and the decrease continued until the end of August. However, the decrease became more slowly with lapse of days and after the experiment it recovered quickly.

(7) The decline in milk yields and body weights might be attributed, at least partly, to physiological homeostasis for hot weather. However, these characters are affected by several other factors, for example, the quality and quantity of the feed consumed which usually become inferior in the late August, and so it seems likely that these decrease are not necessarily attributed to the accumulative effects of hot weather.

Since pulse rates and respiration rates are part of the thermoregulatory mechanisms of cows, they may be represented by the degree of body temperature, as a whole. Therefore, assuming the body temperature as an index of heat tolerance, it may be concluded that the cow is able to acclimate to hot weather. The degrees of acclimatization differed among individuals, then it may be possible to breed an individual capable being acclimatized to hot weather.