

家畜の耐暑性に関する研究（第8報）

乳牛における血液ヘモグロビンの Variability 及び
それと耐暑性との関係*

岡本 正幹・小山田 巽・小川 清彦・大坪 孝雄・増満洲市郎

Studies on the Heat Tolerance in the Farm Animals:

VIII. The Variability of Blood Hemoglobin and its Relation to the Heat Tolerance in Dairy Cows.

Seikan OKAMOTO, Tatsumi OYAMADA, Kiyohiko OGAWA,
Takao OTSUBO and Shuichiro MASUMITSU

(Laboratory of Zootechnical Science)

I 緒 言

乳牛の血液ヘモグロビン量に対する暑熱の影響については、MANRESA *et al* ('40)¹⁾、BONSMA *et al* ('40)²⁾はいずれも高温の際はヘモグロビンが減少すると報告し、McCAY ('31)³⁾、RUSOFF *et al* ('54)⁴⁾は逆にむしろ増加すると報告している。またその品種別の差については、McCAY ('31)³⁾は差がないとしているが、BYERS *et al* ('52)⁵⁾はジャージーがホルスタインより多いとしている。一方 MANRESA *et al* ('40)¹⁾、RUSOFF *et al* ('51)⁶⁾、WORSTELL and BRODY ('53)⁷⁾は Zebu の血液ヘモグロビンが改良種のそれよりも多いことを認め、これと耐暑性との間に関連性があるのではないかと考察している。著者等はこの問題を追究するために、ホルスタイン及びジャージーを材料として、血液ヘモグロビンの気温別ならびに朝昼夕別変化を測定し、同時に測定した呼吸数及び体温の変化との関係を比較検討して、若干の知見を得たのでその結果について報告する。なお、本研究は文部省科学研究費の補助によつて行われた。

II 材料及び方法

材料としては鹿児島大学農学部附属牧場に繋養中のホルスタイン成牝牛4頭、ジャージー成牝牛3頭を供用した。その各々について1955年7月から12月まで、1日3回、午前8時、午後1時、午後5時に血液ヘモグロビン、呼吸数及び体温を同時に測定したが、実施の都合により、供試牛は毎日2～3頭宛交互に供用した。血液の sample は耳朶静脈から採取し、測定には Erma 血色素計を用いた。なお測定の際の気温は 48°F～84°F の範囲にあつた。84°F の気温はこの年度における現地の最高室温であつて、高温条件としては不十分であるが、やむを得なかつた。

III 成績及び考察

A. 血液ヘモグロビンの Variability ホルスタイン及びジャージーにおける気温別による血液ヘモグロビンの平均値の変化を略図として示せば Fig. 1 の通りである。図によれば気温別による血液ヘモグロビンの変化には、必ずしも一定の傾向を見出し難いようであるが、気温 70°F 以下においては幾分減少の傾向が認められる。ところで乳牛の生理状態に対して気温の影響が顕著に見られるのは、およそこの附近からであることが一般に認められているので、さきに岡本等 ('55)⁸⁾が体温、呼吸

* この報文の概要は昭和 31 年度日本畜産学会に口演発表した。都合により表題をこのように簡素化した。

数及び脈搏数などを取扱つた場合に準じて、今回もこの附近で気温を上下に区分して比較することにした。そこでこの区分のもとに血液ヘモグロビンの周日変化を平均値で示せば Fig. 2 の通りである。

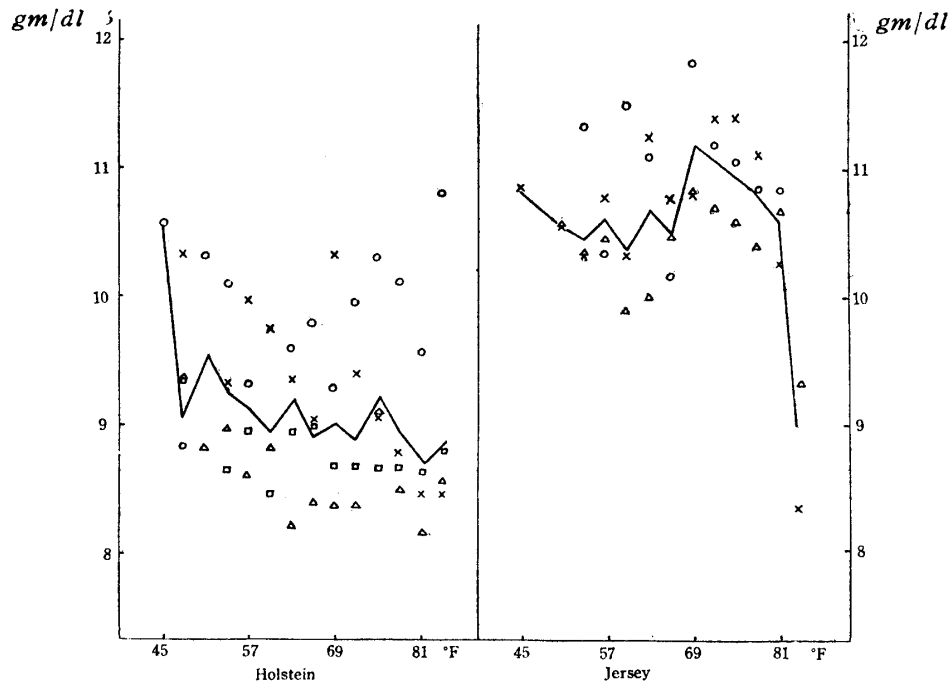


Fig. 1. Variation of the blood hemoglobin.

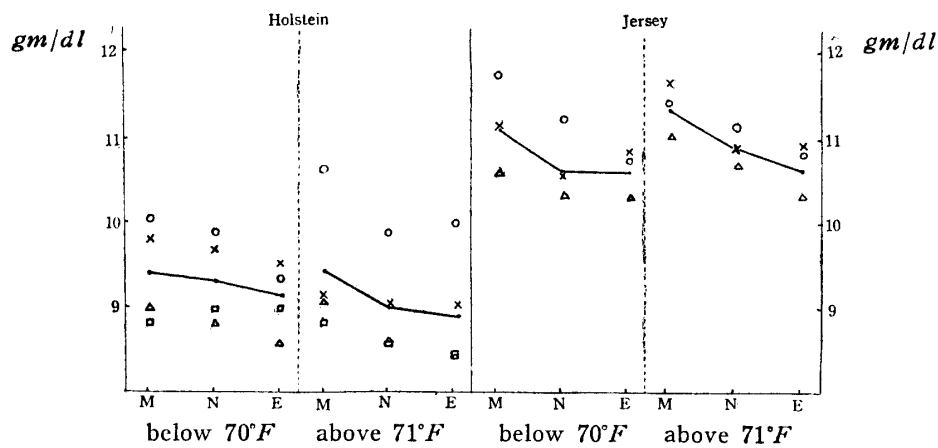


Fig. 2. Diurnal change of the blood hemoglobin.

M..... 8.00 A. M.

N..... 1.00 P. M.

E..... 5.00 P. M.

図によれば両品種を通じて同じ傾向の変化、すなわち朝が多く屋及び夕に少いことが認められ、然も高温の際には一層この傾向が顕著であるように思われる。また一般にジャージーの血液ヘモグロビンはホルスタインのそれよりも幾分多いようにも思われる。

以上の諸傾向を確認するために、個体別、朝屋夕別及び気温別を要因として、血液ヘモグロビンの分散を分析し、完成した分散分析表を Table 1 に示した。ただし低温並びに高温の両端においては data が不足し分析に不適当と思われるので、 $3^{\circ}F$ 間隔の $57^{\circ}F \sim 78^{\circ}F$ の測定値を用いて分析をし

た。これらの気温範囲でも生理機構に顕著な変動を表す 70°F 上下の因子は推定出来るものと考えられる。

Table 1 によれば、 71°F 以上においては、個体別並びに周日性変動に有意性が認められるが、 70°F 以下においては個体別変動にのみ有意性が認められ、他の要因には有意性は認められない。又別に両品種間のヘモグロビンレベルについても差の検定を行つたが、これには有意の差がみとめられた。これらの結果は先に示した一般的傾向を証明するものと考えられるが特にヘモグロビンが周日性変動を示すことは興味ある事実である。そこで更に周日性変動を 70°F の上下について時間的経過の検定を行つて両変動を比較してみたが有意の差は認めえなかつた。

以上を総合すると気温差変動については、Fig. 1 よりの一般的傾向としては、MANRESA *et al* ('40)¹⁾ 及び BONSMAN *et al* ('40)²⁾ の報告に似ているが、分析結果からは気温ではなく周日性変動が重要な因子として介在していることがわかる。品種差に関しては BYERS *et al* ('52)³⁾ の報告に似ている。

Table 1. Analysis of variance in the blood hemoglobin

A) Above 71°F of ambient temperature

Source of variance	D. F.	Sum of squares	Mean square	F. ratio
Total	62	7457.1		
I	6	6062.5	1010.4	51.55**
T	2	73.0	36.5	1.86
D	2	309.8	154.9	7.90**
T×D	4	6.9	1.7	0.09
T×I	12	349.3	29.1	1.45
I×D	12	185.1	15.4	0.76
Error	24	470.3	19.6	

** Significant at 1% level,

B) Below 70°F of ambient temperature

Source of variance	D. F.	Sum of squares	Mean square	F. ratio
Total	104	13993.1		
I	6	8194.4	1365.7	15.08**
T	4	157.0	39.3	0.43
D	2	269.1	134.6	1.49
T×D	8	211.6	26.5	0.29
T×I	24	648.5	27.0	0.30
I×D	12	164.6	13.7	0.15
Error	48	4347.8	90.6	

I : Individuals, T : Temperature, D : Diurnal change

B. 呼吸数及び体温の Variability これらの問題については既に前報('55)⁴⁾にも取扱つたが、血液ヘモグロビンとの関係を検討する資料として、同時に測定し同様に処理した結果を記載する必要がある。

1. 呼吸数 気温別による呼吸数の平均値の変化は Fig. 3 に示す通りであつて、気温の上昇に伴つて次第に増加し、 70°F 附近から一層その傾向が顕著となる。たゞしその場合、品種による差は明確でない。また朝昼夕別による呼吸数の平均値の変化は Fig. 4 に示す通りで、高温環境において

は呼吸数は朝が少く、午後が多いようであるが、低温環境においてはあまり明確でない。なおこの場合も品種差はほとんど認められないようである。

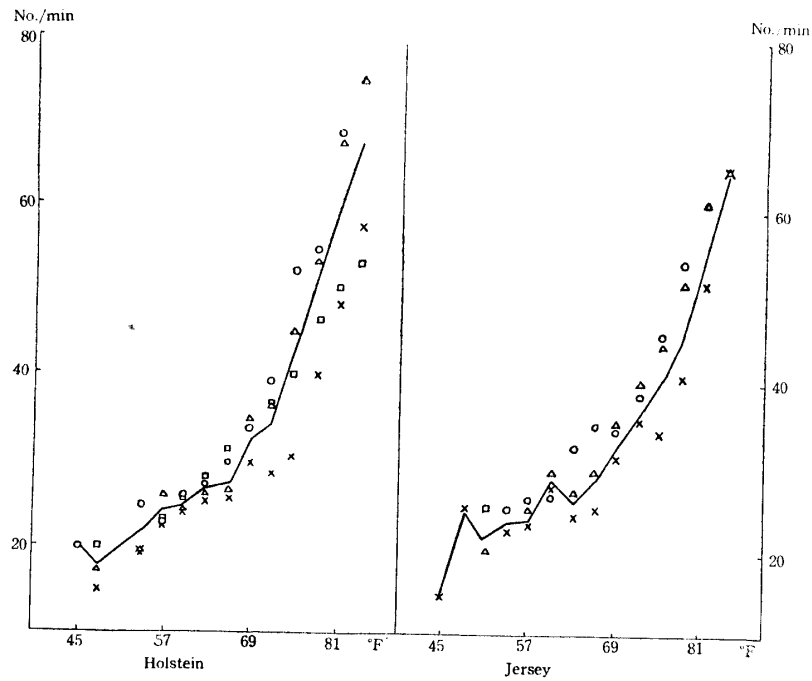


Fig. 3. Variation of the respiration rate.

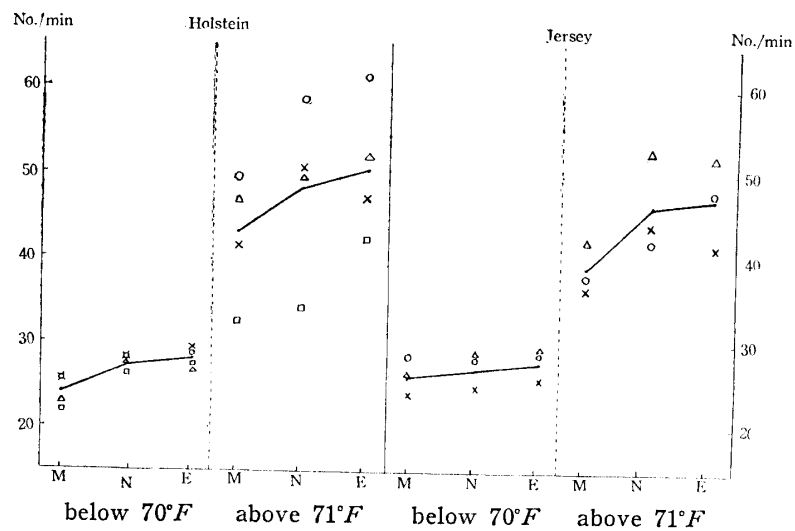


Fig. 4. Diurnal change of the respiration rate.

M..... 8.00 A.M.

N..... 1.00 P.M.

E..... 5.00 P.M.

以上の傾向を確認するために血液ヘモグロビンの場合と同様に処置した分散分析表を Table 2 に示した。

Table 2. Analysis of variance in the respiration rate

A) Above 71°F of ambient temperature

Source of variance	D. F.	Sum of squares	Mean square	F. ratio
Total	62	4990.3		
I	6	1628.4	271.4	15.92**
T	2	2115.9	1057.9	62.05**
D	2	73.5	36.8	2.16
T×D	4	112.8	28.2	1.65
T×I	12	361.8	30.2	1.77
I×D	12	288.7	24.1	1.41
Error	24	408.2	17.1	

* Significant at 5% level. ** Significant at 1% level

B) Below 70°F of ambient temperature

Source of variance	D. F.	Sum of squares	Mean square	F. ratio
Total	104	1576.0		
I	6	185.2	30.9	5.89**
T	4	817.8	204.5	39.02**
D	2	52.1	26.0	4.97*
T×D	8	37.1	4.6	0.89
T×I	24	200.8	8.4	1.60
I×D	12	31.3	2.6	0.50
Error	48	251.7	5.2	

I : Individuals, T : Temperature, D : Diurnal change

これによれば、71°F 以上においては、個体及び気温を要因とする変動には有意性が認められる。70°F 以下においては個体、気温及び周日性変動を要因とする変動にも有意性が認められる。又両品種間の差の検定によれば、いずれの気温区分でも有意性は認められなかつた。血液ヘモグロビンと同様、両気温区分における周日性変動について時間的経過を比較してみたが、両品種共に有意性を認められなかつた。いずれにせよ呼吸数については個体及び気温による変動が顕著であるから、種々の要因を論ずる場合、個体差や気温差を無視して、これらを論ずることは、むしろ不当であるといえよう。

2. 体温 気温別による体温の平均値の変化は Fig. 5 に示す通りで、一般的傾向としては呼吸数の変化と似ている。ただし気温の上昇に伴う体温の上昇はホルスタインの方がジャージーよりも著しいようである。朝昼夕別による体温の平均値の変化は Fig. 6 に示す通りで、朝一昼一タの経過に伴つて次第に高くなつて行く傾向が認められる。この場合 70°F 以下においては品種差は認められないにしても、71°F 以上においてはホルスタインの方がジャージーよりも一般的に高い傾向が認められる。

これらの傾向を確認するために前と同様に処理した分散分析表を Table 3 に示した。

Table 3 によれば、71°F 以上の場合には、気温と周日性変動の交互作用を除く他のいずれの要因による変動にも有意性が認められる。

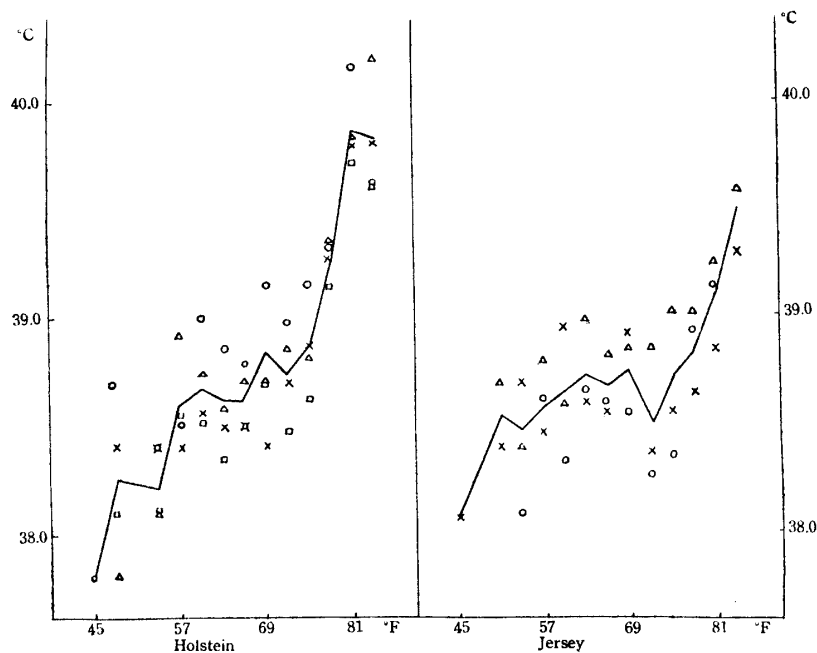


Fig. 5. Variation of the body temperature.

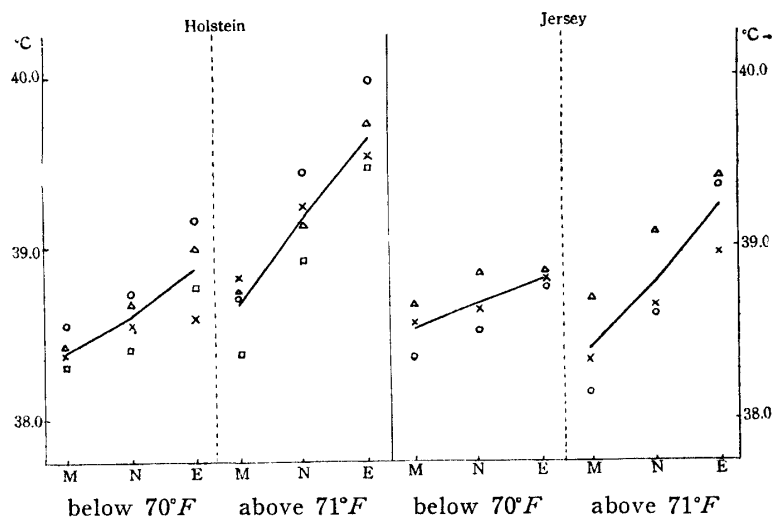


Fig. 6. Diurnal change of the body temperature.

M..... 8.00 A. M.

N..... 1.00 P. M.

E..... 5.00 P. M.

一方 70°F 以下の場合には、個体、朝昼夕及び気温と個体の交互作用を要因とする変動には有意性が認められるが、気温及び他の要因の変動には有意性が認められない。又両品種間の差の検定によれば 71°F 以上では有意の差が認められるが 70°F 以下では有意性は認められない。前の2つと同様に、両気温区分における周日性変動について時間的経過を比較してみたが両品種共に5%の水準で有意の差を認めた。

Table 3. Analysis of variance in the body temperature

A) Above 71°F of ambient temperature

Source of variance	D. F.	Sum of squares	Mean square	F. ratio
Total	62	1106.3		
I	6	196.0	32.7	7.32**
T	2	112.9	56.5	12.66**
D	2	455.4	227.7	51.05**
T×D	4	2.1	0.5	0.11
T×I	12	217.8	18.2	4.07**
I×D	12	165.5	13.8	3.09**
Error	24	170.1	4.5	

* Significant at 5% level ** Significant at 1% level

B) Below 70°F of ambient temperature

Source of variance	D. F.	Sum of squares	Mean square	F. ratio
Total	104	999.9		
I	6	192.4	32.1	7.22**
T	4	35.0	7.8	1.92
D	2	227.2	113.6	25.59**
T×D	8	54.9	6.9	1.55
T×I	24	223.7	9.3	2.10*
I×D	12	53.5	4.5	1.01
Error	48	213.2	4.4	

I : Individuals, T : Temperature, D : Diurnal change

以上の結果を総合すれば、気温による変動に有意性を認められない70°F以下は耐暑性の問題にはならないので、気温による変動が有意である71°F以上を問題にすれば、品種間の差が有意である。また体温の変動において、朝昼夕差が特に顕著である事実は重要視すべき問題であつて、気温差はもちろんであるが個体差あるいは品種差を論ずる場合にも、この点を充分考慮して検討する必要がある。この体温の周日性変動の問題については、さきに HUTCHINSON ('55)⁹⁾ が SIMPSON and GALBRAITH ('05)¹⁰⁾ の資料を引用して考察しているように、気温と無関係な生理的要素が介入している可能性もあるので、更に別の角度からも追究する必要があるかもしれない。又特に71°F以上では気温と個体或は朝昼夕と個体の交互作用による変動の要因が有意性を示している。これらからも体温には各種要因が複雑に介在していることが考えられ更に検討する余地がある。

C. 血液ヘモグロビンと呼吸数及び体温との相関並びにそれと耐暑性との関係 さきに述べたように71°F以上の気温区分における周日性変動は有意であるが、気温による変動は有意でない。しかし Fig. 1 による一般的傾向としては幾分減少の傾向があるようにも思われる。一方71°F以上の気温区分では、呼吸数及び体温の変動が顕著であるから、血液ヘモグロビンがこれらとの関連において変動することも考えられる。この点を明確にするために、まず血液ヘモグロビンと呼吸数及び体温との相関係数を、各気温区分ごとに算出して、その結果を Table 4 に示した。その結果によれば血液ヘモグロビンと呼吸数とについては、ジャージーの71°F以上のみに有意の逆相関が認められるだけで、他には有意の相関が認められない。一方血液ヘモグロビンと体温とについては、いずれ

の区分においても有意の逆相関が認められる。従つて血液ヘモグロビンの変動は、呼吸数の変動よりも体温の変動に、密接な関連を有することが推定できよう。そこで血液ヘモグロビンと呼吸数との関係は、今回の資料では不十分であるから別途検討することにして一応これを保留し、血液ヘモグロビンと体温との関係を追究することにした。そのためにまず気温と血液ヘモグロビン及び体温との相関係数を算出し、これを基礎として、体温の影響を除いた血液ヘモグロビンと気温との偏相関係数及び気温の影響を除いた血液ヘモグロビンと体温との偏相関係数を、それぞれ算出して Table 5 に示した。

Table 4. Correlation of the blood hemoglobin with respiration rate and body temperature

Breed	Ambient temperature	Blood hemoglobin : Respiration rate		Blood hemoglobin : Body temperature	
		Correlation Coefficient	Confidence limit	Correlation coefficient	Confidence limit
Holstein	below 70°F	-0.10		-0.26**	-0.07~-0.42
	above 71°F	0.13		-0.16*	-0.01~-0.30
Jersey	below 70°F	-0.10		-0.31**	-0.08~-0.50
	above 71°F	-0.48**	-0.32~-0.62	-0.51**	-0.36~-0.62

* Significant at 5 % level, ** Significant at 1 % level

Table 5. Partial correlation of blood hemoglobin with ambient temperature and body temperature

Breed	Ambient temperature	Partial correlation coefficient between blood hemoglobin and ambient temperature, eliminating body temperature		Partial correlation coefficient between blood hemoglobin and body temperature, eliminating ambient temperature	
Holstein	below 70°F		-0.10		-0.18*
	above 71°F		-0.07		-0.11
Jersey	below 70°F		-0.10		-0.27*
	above 71°F		-0.02		-0.44**

* Significant at 5 % level, ** Significant at 1 % level

Table 5 によれば、体温の影響を除けば血液ヘモグロビンと気温との相関はことごとく有意でないが、血液ヘモグロビンと体温との相関は、ホルスタインにおける 71°F 以上の場合を例外として、その他の区分においては依然として有意の逆相関が認められる。従つて血液ヘモグロビンの変動は、気温の変動よりも体温の変動と密接に関連していることが推定される。なお血液ヘモグロビンと体温との関係はジャージーの方がホルスタインよりも一層密接なようである。(71°F 以上では相関係数の差は有意)

以上の関係を総合して、血液ヘモグロビンの変動は体温調節機能に関連する現象であると見なしうるようであるが、この場合ジャージーの方がホルスタインよりも血液ヘモグロビンと体温とが一層密接に関連して変動する傾向は、体温の変動を基礎としたジャージーの耐暑性がホルスタインよりも強いと考えられる事実と関係がありそうに思われる。

血液ヘモグロビンの変動を生ずる生理的機構については、おそらく水分の移行によるのではないかと考えられるが、本報ではそこまではふれられないので今後の追究を必要とする。

IV 摘 要

ホルスタイン及びジャージーの成牝牛について、血液ヘモグロビンの変動を呼吸数及び体温とともに気温的、周日的ならびに個体的要因に分析し、さらに血液ヘモグロビンと呼吸数及び体温との相互関係を検討して、次の結果を得た。各要因による血液ヘモグロビンの変動は、一般に気温の上昇に伴って増大する傾向があり、気温 $71^{\circ}F$ 以上においては、周日性変動が顕著であり、朝一昼一夕と漸次減少する傾向がある。ジャージーの血液ヘモグロビンはホルスタインのそれよりも多く、その差は有意である。血液ヘモグロビンと体温との間には概して気温と無関係な有意の逆相関が認められる。一方血液ヘモグロビンと呼吸数との相関は明確でない。

以上の結果によつて、著者等は、血液ヘモグロビンの変動を体温調節機能に関係する現象であると推定した。しかしその変動の生理的機構を確めていないので、今後の追究が必要であると考えている。

文 献

- 1) MANRESA, M., REYS, N. C., GOMEZ, F., ZIALCITA, L. P. and FALCON, P. R. : *Emp. J. Exp. Agr.*, 8, 97 (1940).
- 2) BONSMAN, J. C., SCHOLTZ, G. D. J. and BADENHOLT, F. G. J. : *Farming in S. Africa*, 15, 7 (1940).
- 3) McCAY, C. M. : *J. Dairy Sci.*, 14, 373 (1931).
- 4) RUSOFF, L. L., JOHNSTON, J. E. and BRANTON, C. : *J. Dairy Sci.*, 37, 30 (1954).
- 5) BYERS, J. H., JONES, I. R. and HAAG, J. R. : *J. Dairy Sci.*, 35, 661 (1952).
- 6) RUSOFF, L. L., FRYE, J. B. and SCOTT, G. W. : *J. Dairy Sci.*, 34, 1145 (1951).
- 7) WORSTELL, O. M. and BRODY, S. : *Res. Bull. Mo. Agr. Exp. Sta.*, No. 515 (1953).
- 8) 岡本正幹・小山田巽・大坪孝雄：鹿大農学術報告，4，16 (1955)。
- 9) HUTCHINSON, J. C. D. : *Progress in the Physiology of Farm Animals*, 2, 299 (1955).
- 10) SIMPSON, S. and GALBRAITH, J. J. : *J. Physiol.*, 33, 225 (1905).

Résumé

In the statistical analysis to estimate thermal, diurnal, and individual variabilities and the breed difference of the blood hemoglobin value and the relation of blood hemoglobin value to the respiration rate and body temperature in Holstein and Jersey cows, following results were obtained.

When the environmental temperature increased over $71^{\circ}F$, the blood hemoglobin value decreased gradually, while the respiration rate and body temperature increased from morning to evening.

The average blood hemoglobin value of Jersey cows was significantly higher than that of Holstein cows.

In both breeds, the negative significant correlation was estimated between the blood hemoglobin value and body temperature irrespective of the environmental temperature, while no significant correlation was estimated between the blood hemoglobin value and environmental temperature when the body temperature had been eliminated. On the contrary, the relation of the blood hemoglobin value to the respiration rate was questionable.

According to the results the authors considered that the variability of the blood hemoglobin value should be related to the function regulating body temperature, although the physiological mechanism was still unknown.