การใช้น้ำในร่างกายเพื่อการปรับตัวในสภาวะอากาศร้อนของกระบือปลัก

ประภา ลอยเพ็ชร, ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร และอายุส พิชัยชาญณรงค์
ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACUTE HEAT ACCLIMATION ON WATER METABOLISM OF SWAMP BUFFALOES

Prapa Loypetjra, Narongsak Chaiyabutr and Ayus Pichaicharnarong
Department of Physiology, Faculty of Veterinary Science,
Chulalongkorn University, Bangkok 10500

ABSTRACT

The investigation was performed to study the adaptive changes in response to acute heat stress on water metabolism of swamp buffaloes. Six healthy swamp buffaloes, 5-8 years old and their body weights ranging from 300-400 kilograms were used.

The experiment was divided into control and acute heat stress periods. Respiratory rate, heart rate and rectal temperature of the heat streessed buffaloes were recorded; they were 86.00 ± 38.28 breaths/min., 50.80 ± 3.92 beats/min., and 39.42±0.44°C respectively, at the 5^{th} hour of experiment, meanwhile air temperature was 42.23±1.37°C. These values were signicantly higher than those of the control period, which were 22.33±6.50 breaths/min., 41.00±4.52 beaths/min., and 38.90±0.29°C respectively and air temperature was 32.67±1.57°C.

Blood volume, plasma volume, total body water, ruminal fluid volume and disapperance rate of ruminal fluid had tendency to increase during heat stressed period; which were 6.69±0.66 L/100 kg. body. wt., 5.00±0.51 L/100 kg. body wt., 24.42±4.76%, 13.59±4.28 L/100 kg. body wt., and 8.99±7.5 L/hr., respectively compared to that of control period which were 6.41±0.56 L/100 kg. body wt., 4.67±0.63 L/100 kg. body wt., 25.33±2.75 %, 11.59±4.46 L/100 kg. body wt., and 3.57±4.25 L/hr., respectively.

On the control period, the rate of water turnover was 523.26±165.92 $ml/kg^{0.82}/d$. significantly lower than that of heat stressed period which was 1,159.21±493.28 $ml/kg^{0.82}/d$., but urine flow of buffalo during heat stress decreased

from 9.29±6.86 ml./min. of control buffaloes to 6.62±2.93 ml./min., not significantly.

These results may be concluded that the changes in cardio-respiratory frequency, body fluid volume, water turnover rate and urine flow are the mechanism for adaptation and water conservation to hot environment of buffaloes.

บทนำ

ความเครียดอันเนื่องมาจากความร้อน เป็นสาเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลายประการ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ ตลอดจนการควบคุมสมดุลย์ของของเหลวในร่างกาย เพื่อเป็นการปรับตัวให้ร่างกายอยู่รอดในสภาวะที่มีอากาศร้อนนั้น *(Findlay, 1968; Collins and Weiner, 1968)* นอกจากนี้ได้มีผู้ศึกษาถึง *total body water* ของกระบือที่เพิ่มขึ้นในฤดูร้อน *(Kamal and Seif, 1969)* มี *water turnover rate* เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับในฤดูหนาว *(MacFarlane, 1968)* ปริมาณของน้ำเลือด *(plasma)* เพิ่ม *(Garg and Nangia, 1981)* แต่ยังไม่มีรายงานว่ามีค่าปริมาตรของเม็ดเลือดอัดแน่น *(packed cell volume)* เปลี่ยนแปลงไปในทางใด ในขณะที่ค่าปริมาณของน้ำเลือดเพิ่มขึ้นนั้นในขณะที่สัตว์อยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากอากาศร้อนจัด.

ในปี 1982 มีรายงานของ *Tilakaratne* และผู้ร่วมงาน กล่าวว่า กระบือที่ตากแดดจะมีอุณหภูมิร่างกาย อัตราการหายใจ และการเต้นของหัวใจสูงกว่าในโค พันธุ์ *Shorthorn* เมื่ออยู่ในภาวะเดียวกัน แสดงว่ากระบือมีความไวต่อแสงแดด และมีการปรับตัวต่ออากาศร้อนมากกว่าโค *(Moran, 1973; Chikamune, 1983)* โดยอธิบายไว้ว่าสีผิวหนังที่เข้มกว่าและขนที่กระจายบางกว่าจะเปิดโอกาสให้ความร้อนดูดซึมเข้าทางผิวหนังของกระบือมากกว่า จึงเกิดความเครียดสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโค ผลของความร้อนและความแห้งแล้งต่อปริมาณของของเหลว และการใช้ของเหลวในร่างกายก็ทำนองเดียวกัน *Ranawana, et, al, 1984* ได้แสดงให้เห็นว่าในกระบือที่อดน้ำและงดการลงแช่น้ำในฤดูร้อนจะมีการเพิ่ม *tatal body water, water turnover rate* และมีรายงานทำนองเดียวกันโดย *Kamal 1982(a)* ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางสรีรสภาพเพื่อปรับอุณหภูมิของร่างกาย *(Garg and Nangia, 1981; Kamal and Seif, 1969* และ *MacFarlane, 1968)*

จุดประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาถึงการปรับตัวเมื่อกระบืออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนอย่างเฉียบพลัน เป็นเวลานาน 6-7 ชั่วโมง โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรสภาพ และการเปลี่ยนแปลงของขบวนการใช้น้ำภายในร่างกายของกระบือพร้อมทั้งการถนอมรักษาน้ำไว้ในร่างกายด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวสัตว์ :

จัดหากระบือสุขภาพดี เพศเมีย ไม่ตั้งท้องหรือให้นม อายุตั้งแต่ 5-8 ปี น้ำหนักตัว 300-400 กิโลกรัม จำนวน 6 ตัว ได้รับการเลี้ยงดูตามปกติ คือปล่อยให้เล็มหญ้าในตอนเช้า และกลับเข้าคอกตอนบ่าย จัดน้ำดื่มไว้ให้พอตามความต้องการ

ก่อนการทดลอง :

ทำการสอดท่อ *polyethylene* ขนาด *PE 200* เข้าในหลอดเลือดดำ *jugular* เพื่อใช้ฉีดสารต่าง ๆ และนำตัวอย่างเลือดออกมาสำหรับการวิเคราะห์ผล

ที่สวาปซ้ายสอดท่อโลหะเข้าสู่กระเพาะรูเมน สำหรับฉีด *polyethlene glycol (PEG)* และสำหรับเป็นทางนำ *ruminal fluid* ออกมาสำหรับการวิเคราะห์ผล

ในวันทำการทดลอง :

จัดหญ้าและน้ำดื่มให้ตอนเช้าก่อนการทดลอง แต่งดหญ้าในขณะทำการทดลองและคงจัดน้ำดื่มให้ตามที่สัตว์ต้องการ

ขณะทำการทดลอง :

สัตว์ไม่ถูกวางยาสลบ หรือยาระงับประสาทอย่างใดและสัตว์อยู่ในท่ายืนบนพื้นคอนกรีตในคอกปิด ซึ่งปรับอุณหภูมิในคอกให้สม่ำเสมอ โดยใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. คอกทดลองพื้นคอนกรีต ผนังอิฐ 2 ชั้น เพื่อป้องกันการผ่านของความร้อน

2. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

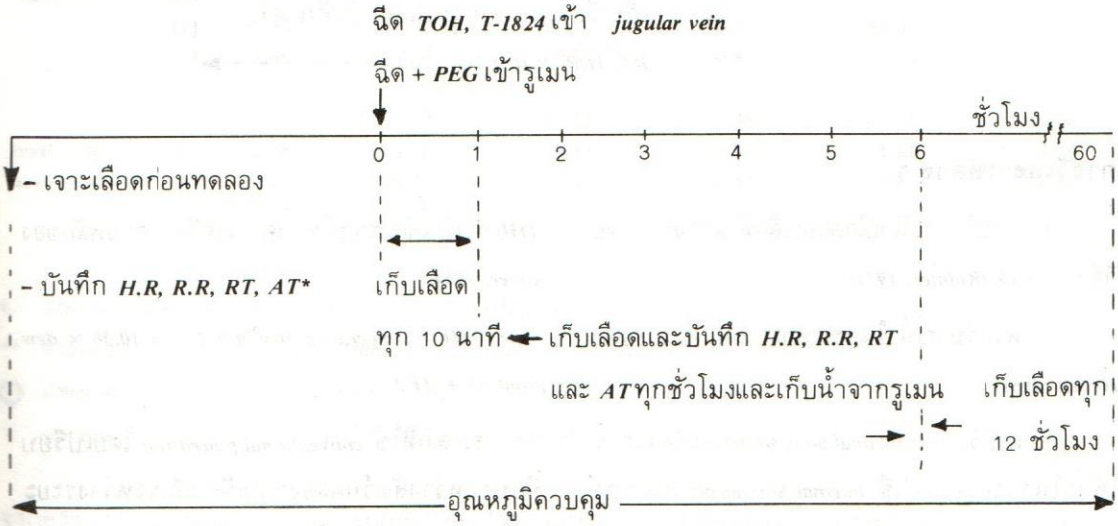
3. สารเคมี : - *tritiated water (TOH), polyethylene glycol (PEG)* น้ำหนักอณู 4,000, *Heparin, T-1824, Dioxane, Napthalein, POPOP, PPO,* $ZnSO_4$, $BaCl_2$, $Ba(OH)_2$, *Trichloro acetic acid*

4. เครื่องแก้ว - *Scintillation counting vial,* หลอดทดลอง, *flask*

5. เครื่อง *Scintillating counter, spectrophotometer centrifuge*

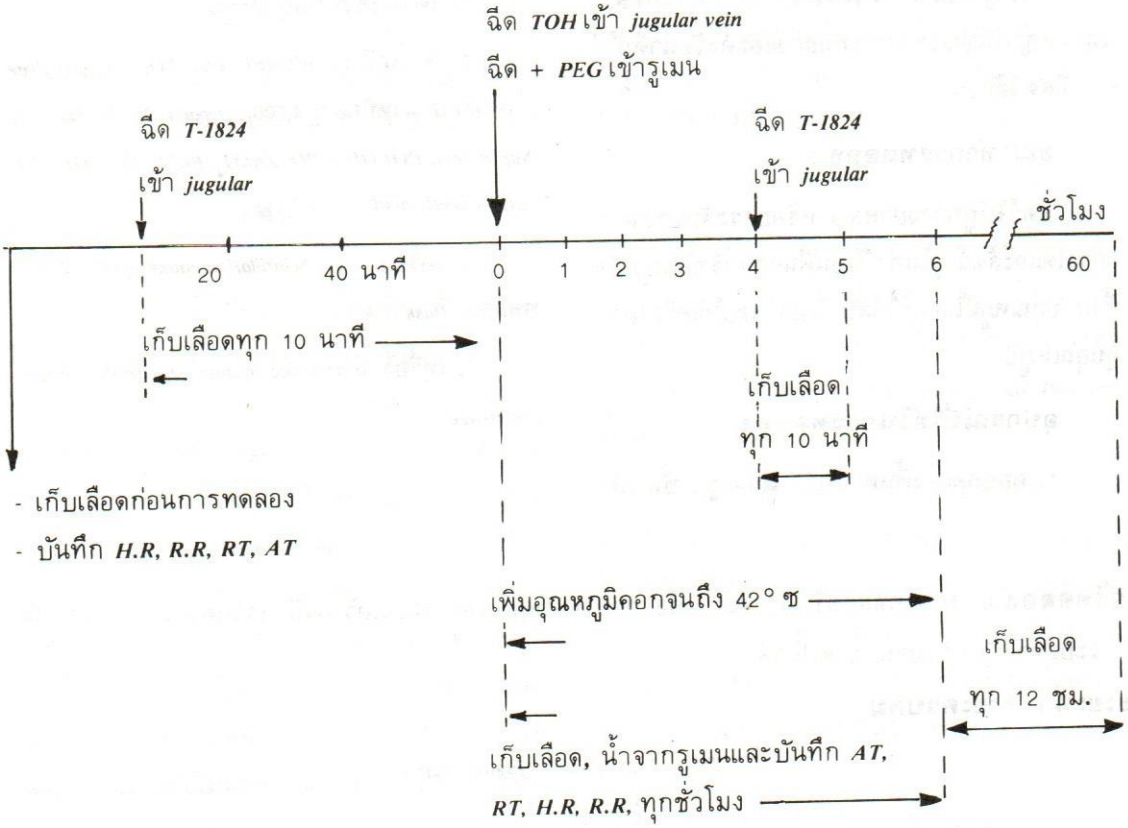
วิธีทดลอง แบ่งการทดลองเป็น 2 ระยะ คือ ระยะควบคุม และ ระยะเครียดเนื่องจากความร้อน และทั้ง 2 ระยะห่างกันประมาณ 3 สัปดาห์

ระยะที่ 1 ระยะควบคุม



* *H.R. = heart rate; R.R. = respiration rate; RT = rectal temperature; AT = ambient temperature*

ระยะที่ 2 ระยะเครียดจากความร้อน



การวิเคราะห์ต่าง ๆ

1. หาปริมาณน้ำเลือดและเลือดในร่างกายโดยวิธีของ *Fick (Kolmer, 1951)*

2. หาปริมาณน้ำในกระเพาะรูเมน ตามวิธีของ *Hyden (1961)*

3. หาปริมาณของ *total body water* และอัตราการใช้น้ำในร่างกายโดยวิธี *Internal Standardization* ของ *Vaughan and Boling (1961)*

4. การคำนวณค่า *Temperature-Humidity Index (THI)* ซึ่งเป็นค่าดรรชนีชี้บ่งความเครียด ตามหลักของ *Kibler, 1964*

$$THI = \text{temperature dry bulb (°c)} + (0.36 \times \text{dew point °c}) + 41.2$$

5. สถิติใช้ *conventional paired test* โดยเปรียบเทียบระหว่างสัตว์ทดลองกลุ่มเดียวกันระหว่างระยะควบคุม และระยะที่อยู่ในภาวะเครียด เนื่องจากความร้อนสูง

ผล

ผลทางสภาวะอากาศ

ตารางที่ 1 แสดงค่าสภาวะอากาศแวดล้อมเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิอากาศ วัดโดย *dry bulb temperature (°C)* ค่า *dew point temperature (°C)* ค่า *total heat (Kcal/kg.dry air)* และค่า *temperature -humidity index* ของกระบือ 6 ตัว ตลอดการทดลองเปรียบเทียบระหว่างระยะควบคุมและระยะเครียด

Experiment \ hour		1	2	3	4	5	6
	C	28.83	30.17	31.75	32.50	32.67	32.67
dry bulb temp	±	1.57	1.37	1.13	1.57	1.57	1.94
	H**	39.42	40.50	+41.08	⊕41.48	⊕42.33	⊕42.00
°C	±	1.36	1.05	0.80	0.49	1.37	1.09
	C	21.52	20.73	20.72	20.6	20.52	20.97
dew point	±	1.87	1.11	1.36	1.45	1.99	2.14
	H**	28.82	28.82	29.06	29.48	30.28	29.46
°C	±	1.34	1.10	1.39	1.85	2.28	2.17
	C	77.76	78.83	80.24	81.03	81.34	81.42
THI	±	1.74	1.51	1.56	1.40	1.79	1.99
	H**	90.80	91.91	92.91	⊕93.40	⊕94.21	⊕93.80
	±	1.40	0.85	0.69	0.82	1.34	1.36
	C	16.93	16.77	17.12	17.45	17.35	17.68
total heat	±	1.18	0.78	0.82	0.95	1.21	1.35
kcal/kg.dry air	H**	24.97	25.39	25.65	26.55	27.80	26.81
	±	1.74	1.20	1.45	2.48	2.86	2.77

C = ระยะควบคุม *(control);* H = ระยะเครียด *(Heat Stress)*

** ค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $P < 0.001$ ระหว่างระยะควบคุมและระยะเครียด

⊕ ค่าแตกต่างระหว่างชั่วโมงที่ 1 และชั่วโมงที่ 4, 5, 6, อย่างมีนัยสำคัญ $P < 0.01$

\+ ค่าแตกต่างระหว่างชั่วโมงที่ 1 และชั่วโมงที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ $P < 0.05$

จากตารางที่ 1 แสดงค่าเปรียบเทียบผลของสภาวะอากาศร้อนจนเกิดความเครียดกับอากาศในระยะควบคุม ปรากฏว่า อุณหภูมิของปรอทกระเปาะแห้ง *(dry bulb temeprature)* อุณหภูมิ *dew point, total heat* ของอากาศแห้งและค่า *temperature-humidity index* ของสภาวะอากาศร้อน มีความแตกต่างจากค่าต่าง ๆ เหล่านั้นเมื่ออยู่ในระยะควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ *($P < 0.001$)* และค่าแตกต่างระหว่างชั่วโมงที่ 4, 5, 6 แตกต่างจากชั่วโมงเริ่มการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ *($P < 0.01$)*

ผลของการปรับตัวทางสรีรสภาพ

ตารางที่ 2 แสดงค่าเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ การหายใจและอุณหภูมิร่างกาย เฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบระหว่างการทดลองในระยะควบคุม และระยะของภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนในกระบือ 6 ตัว ระหว่างการทดลอง 6 ชั่วโมง

Parameter	Condition	Time (hour)					
		1	2	3	4	5	6
Heart rate beats/min	Control	40.00	40.33	40.67	43.83	41.00	41.33
	±	6.32	5.72	5.16	4.67	4.52	4.32
	Heat**	46.67	47.33	51.33	51.50	50.80	50.83
	±	3.93	4.18	8.82	4.18	3.92	4.99
R.R. breath/min	Control	21.33	20.67	22.83	23.00	22.33	22.83
	±	3.50	2.66	7.28	6.57	6.50	6.08
	Heat**	46.00	58.00	73.17	82.17	86.00 +	79.00
	±	22.80	31.82	32.87	36.49	38.28	27.44
Rectal temp °C	Control	38.33	38.33	38.34	38.36	38.40	38.57
	±	0.24	0.24	0.24	0.22	0.29	0.34
	Heat**	38.82	39.00	39.28	39.44	39.72	39.80
	±	0.15	0.15	0.19	0.34	0.44	0.47

\+ ค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชั่วโมงต่าง ๆ กับชั่วโมงเริ่มการทดลอง $P < 0.05$

** ค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการทดลองระยะควบคุมและระยะเครียด $P < 0.001$

ตามตารางที่ 2 ชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรสภาพเพื่อการปรับตัวที่เกี่ยวกับการทำงานของหัวใจในระยะควบคุม มีอัตราการเต้นของหัวใจเกือบคงที่ตามกันไปกับอัตราการหายใจ และอุณหภูมิของร่างกายตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนสิ้นสุดและไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อกระบือออยู่ในภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนจะมีการปรับตัวโดยการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ และอุณหภูมิร่างกาย สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.001$) เมื่อเปรียบเทียบกับระยะควบคุม ทั้งนี้สังเกตได้ว่าในชั่วโมงที่ 4, 5, 6 จะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดตามสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงตามตารางที่ 1

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ เลือด และปัสสาวะ

ตารางที่ 3 แสดงค่าปริมาตรของเลือด และน้ำเลือด ปริมาตรของเม็ดเลือดอัดแน่นและปริมาณการขับปัสสาวะ เฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบือ 6 ตัวเปรียบเทียบกันระหว่างการทดลอง ควบคุมและในสภาวะอากาศร้อน

Parameter	Control	Heat Stress
Plasma volume (L/100 kg.bd.wt)	4.67 ± 0.63	5.00 ± 0.51^{NS}
Blood volume (L/100 kg.bd.wt)	6.41 ± 0.56	6.69 ± 0.66^{NS}
Packed cell volume (%)	25.33 ± 2.75	24.42 ± 4.76^{NS}
Urine flow (ml./min.)	9.29 ± 6.86	6.52 ± 2.93^{NS}

NS = not significant

ผลการเปลี่ยนแปลงทั้งค่าปริมาตรน้ำเลือด ปริมาตรเลือด ปริมาตรเม็ดเลือดอัดแน่น และการขับปัสสาวะ จากกระบือที่อยู่ในสภาวะอากาศร้อนจนเกิดความเครียด ที่แตกต่างจากระยะควบคุมนั้น อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามเป็นค่าที่แสดงถึง การเปลี่ยนแปลงอันเป็นชี้บ่งว่า การตอบสนองของร่างกายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศนั้น ๆ

ผลของการปรับตัวต่อการใช้น้ำในร่างกาย

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยนเบนมาตรฐานของ *total body water, water turnover rate, biological half-life* ของ *TOH, ruminal fluid volume, half-life* ของ *PEG* และ *disappearance rate* ของ *ruminal fluid (R.F)* ของกระบือ 6 ตัว เปรียบเทียบ เมื่ออยู่ในระยะควบคุมและระยะที่เกิดความเครียด เนื่องจากภาวะอากาศร้อน

Parameter	Control	Heat Stress
Total body water (L/100 kg.bd.wt)	93.11 ± 23.38	100.92 ± 36.79^{NS}
Water turnover rate (ml./kg$^{0.82}$/d)	523.26 ± 165.92	1,159.21 ± 493.28*
Biological half-life (hr.)	98.33 ± 32.73	54.17 ± 20.28*
Ruminal fluid vol. (L/100 kg.bd.wt)	11.59 ± 4.46	13.59 ± 4.28^{NS}
Half-life of PEG (hr.)	8.39 ± 3.25	6.04 ± 6.01^{NS}
Disapp. rate of R.F. (L/hr.)	3.57 ± 4.25	8.99 ± 7.25^{NS}

* ค่าแตกต่างจากระยะควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ค่า *water turnover rate* และ *biological half-life* ของ *TOH* ในกระบือที่อยู่ในภาวะควบคุมกับที่อยู่ในภาวะเครียด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ *($P < 0.025$)* ส่วนค่า *ruminal fluid volume, total body water half-life* ของ *PEG* และ *disappearance rate* ของ *Ruminal fluid* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการทดลองทั้ง 2 ระยะ แต่อย่างไรก็ตาม *disappearance rate* ของ *R.F* ในระยะควบคุมช้ากว่าเมื่ออยู่ในระยะเครียด เนื่องจากความร้อน

วิจารณ์

ผลทางสภาวะอากาศ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่อยู่ในภาวะอากาศร้อนนั้น ทั้งค่าของอุณหภูมิอากาศและความร้อนในอากาศสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.001$) อันเป็นผลให้ค่า *THI* สูงมากในภาวะอากาศร้อน ซึ่งเป็นการชี้บ่งถึงสภาวะอากาศที่ก่อให้เกิดความเครียดเมื่อเปรียบเทียบกับในภาวะควบคุม ตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนถึงชั่วโมงที่ 6 ในภาวะควบคุมนั้น สภาวะอากาศค่อนข้างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นผลเช่นเดียวกับรายงานของ *Pandey and Roy 1969 (b)* และ *1969 (c)*

การเกิดความเครียด เนื่องจากสภาวะอากาศนั้นเป็นผลให้กระบือปรับตัวในเบื้องต้นโดยมีการเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญของอัตราการหายใจ อุณหภูมิร่างกาย และอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งเป็นผลสนับสนุนการศึกษาของ *Mullick, 1960; Moran, 1973* และ *Tilakaratne. et al., 1982* ซึ่งได้แสดงถึงการเพิ่มอุณหภูมิภาวะแวดล้อมในระยะสั้น 2-6 ชั่วโมง ทำให้กระบือมีการปรับตัวทางสรีรสภาพ *(physiological adaptation* หรือ *acclimation)* ในปี *1968, MacFarlane* ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรสภาพของสัตว์เคี้ยวเอื้องเมื่ออยู่ในที่มีอากาศร้อน โดยแสดงอาการหอบ น้ำลายเหนียวไหลอ้าปากและลิ้นห้อย ซึ่งเป็นในทำนองเดียวกับผลของการทดลองครั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรสภาพนี้ แสดงถึงการปรับตัวเพื่อให้ร่างกายทนอยู่ได้ในภาวะที่ผิดปกติ โดยการระบายความร้อนออกจากร่างกายในทุก ๆ ทางที่สามารถทำได้ และเนื่องจากการระบายความร้อนโดยการระเหยทางผิวหนัง ของกระบือ เป็นไปได้น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโคเพราะลักษณะทางกายวิภาคของผิวหนังหนา สีดำ รวมทั้งจำนวนของต่อมเหงื่อที่มีน้อยมีขนาดใหญ่ และตำแหน่งที่อยู่ใต้ชั้นผิวหนังลึกกว่า *(Prusty, 1965* และ *1971)* ทำให้การขับเหงื่อเป็นไปได้ยาก ซึ่งเป็นขบวนการเก็บถนอม *(conserve)* น้ำไว้ไม่ให้สูญเสียออกจากร่างกาย โดยเฉพาะในกรณีที่มีน้ำจำกัด นอกจากนี้การกระจายความร้อนโดยการพาจากส่วนลึก *(core)* มายังชั้นนอกของผิวหนังเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเส้นเลือดฝอยมาเลี้ยงผิวหนังอยู่ลึกกว่าของโค *(Hafez et al 1955)* แต่ก็จะทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่เนื้อเยื่อภายใต้ผิวหนังได้ดีเช่นกัน ลักษณะทั่วไปดังกล่าวเป็นการปรับตัวทางพันธุกรรม *(genetic adaptation)* เพื่อการอยู่รอดในภูมิอากาศร้อน

สำหรับค่า *packed cell volume, plasma volume* และ *blood volume* ของกระบือที่อยู่ในภาวะควบคุม เป็นผลที่ได้ตรงตามกับรายงานในค่าปกติของกระบือโดย *Pandey and Roy (1969 (a))* แต่เมื่อสัตว์ได้รับความร้อนอย่างเฉียบพลันในระยะเวลา 2-6 ชั่วโมงจะมีผลทำให้เลือดใส *(hemo dilution)* ดังนั้นค่า *packed cell volume* จึงลดลงตามไปกับปริมาตรเลือดและน้ำเลือดที่เพิ่มขึ้น ผลนี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลที่ได้จากการศึกษาในโค *(Bianca, 1957)* และในกระบือ *(Murti and Mullick, 1961)* จากการศึกษาของ *Bass and Henschel, 1956; Pandey and Roy, 1968* เกี่ยวกับการปรับตัวของสัตว์เนื่องจากอยู่ในภาวะอากาศร้อน มีผลทำให้เพิ่มปริมาณของของเหลวภายนอกเซลล์ ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่อากาศร้อนจะมีการถ่ายเทน้ำจากภายนอกเส้นเลือดเข้าสู่เส้นเลือดเพิ่มขึ้น *(Garg and Nangia, 1981)* ขบวนการนี้น่าจะเกิดขึ้นได้ในทำนองเดียวกันในกระบือที่อยู่ในภาวะอากาศร้อนจัด นอกจากนี้เมื่อวัดปริมาณการขับปัสสาวะปรากฏว่ามีแนวโน้มลดลง ในภาวะอากาศร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับระยะควบคุม ตรงกับรายงานของ *Pandey and Roy, 1969 (a)* แสดงว่าปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในน้ำเลือด ได้มาจากการดูดซึมกลับของน้ำผ่านทางไต เข้าสู่เส้นเลือดจึงมีปัสสาวะลด และน้ำเลือดเพิ่ม *(Garg and Nangia, 1981)* ขบวนการนี้เป็นขบวนการเก็บถนอมน้ำโดย *acclimation* ของกระบือในสภาวะนี้

จากการศึกษาครั้งนี้ ค่า *total body water* ของกระบือเมื่ออยู่ในภาวะควบคุมมีค่าสูงกว่าในรายงานของ *Ranjham et al., 1982 ; Ranawana et al., 1984* ซึ่งศึกษา

ในกระบือแม่น้ำ *(river buffalo)* ปกติ แต่ค่าสูงกว่ากันเพียงเล็กน้อย เมื่อสัตว์อยู่ในภาวะอากาศร้อนเป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง ปรากฏว่ามีค่าเพิ่มขึ้น และผลนี้ตรงกับรายงานของ *Kamal, 1982 (b); Ranjhan et al., 1982* ซึ่งได้ทำการศึกษาในกระบือแม่น้ำ และตามรายงานของ *Ghosal et al., 1974* และ *Kamal, 1982 (a)* ในอูฐ ตามรายงานของ *Springell, 1968* ในโคเนื้อก็มีการเพิ่ม *total body water* เมื่ออยู่ในอากาศร้อนเช่นกัน *Kamal and Seif, 1969* กล่าวว่าเมื่อสัตว์อยู่ในภาวะ *heat stress* แล้วมีการสูญเสียน้ำออกจากร่างกาย จึงทำให้เกิดการกระตุ้น *thirst center* ใน *hypothalamus* และ *Seif, et al., 1973* อธิบายว่า ผลนี้ไปเพิ่ม *water consumption* จึงเพิ่ม *total body water* ตามมาภายหลัง

รายงานของ *King, 1979* แสดงให้เห็นความแตกต่างของค่า *water turnover rate* ในกระบือมีสูงกว่าในสัตว์เคี้ยวเอื้องอื่น ๆ ซึ่งแสดงว่า กระบือต้องการน้ำใช้ในร่างกายสูงกว่า เพื่อช่วยในการลดความร้อนของร่างกาย โดยการระเหย *(MacFarlane, 1968)* เพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิร่างกาย ไม่ให้สูงเกินกำหนด *(Ranjham et al., 1982)* เป็นการศึกษาที่สอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ในกระบือ 6 ตัว ที่มีค่าเฉลี่ยของ *water turnover rate* เพิ่มขึ้น และ *biological half-life* ของ *TOH* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับระยะควบคุม และผลนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับการศึกษาของ *Kamal, 1982 (b) ; Ranjhan et al., 1982; Ranawana et al., 1984* ในกระบือแม่น้ำ *Ghosal et al., 1974* และ *Kamal 1982* ในอูฐ ของ *Springell, 1968* ในโคเนื้อ ซึ่งมีค่า *water turnover rate* เพิ่มและลด *biological half-life* ของ *TOH* ในฤดูร้อน

ในการศึกษาหาปริมาณของ *ruminal fluid volume* ในระยะควบคุม ได้ค่าใกล้เคียงกับที่ปรากฏในรายงานของ *Rana and Langar, 1980* และในรายงานของ *Davis, 1967* ซึ่งศึกษาในโค แต่มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากกระบือในการทดลองครั้งนี้เล็กน้อย ส่วนในขณะที่อยู่ในภาวะอากาศร้อนมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ประมาณ 15%) อย่างไม่มีนัยสำคัญ ปริมาณของน้ำในกระเพาะรูเมนที่เพิ่มเล็กน้อยนี้ อาจจะเนื่องมาจากในภาวะอากาศร้อน กระบือมีการขับน้ำลายออกมามากและกลืนกลับลงไปสู่กระเพาะรูเมนอีก ประกอบกับน้ำที่ถูกขับออกจากผนังของรูเมน *(Smith, (1959)* จึงทำให้ปริมาณน้ำในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้นจากปกติ แต่อัตราการหายไปของน้ำจากรูเมนในภาวะอากาศร้อนเร็วกว่าเมื่อกระบืออยู่ในภาวะควบคุมถึง 50% ซึ่งแสดงว่าในภาวะอากาศร้อน น้ำในรูเมนจะผ่านต่อไปยังส่วนถัดไปของท่อทางเดินอาหารได้เร็วกว่าเมื่ออยู่ในอากาศธรรมดา ทั้งนี้ตามไปกับค่า *half-life* ของ *PEG* ที่ลดลงเป็นลำดับเช่นกัน อีกประการหนึ่งการเพิ่มอุณหภูมิภายนอก ทำให้อุณหภูมิภายในร่างกายเพิ่มขึ้น อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เพิ่มการเคลื่อนไหวของท่อทางเดินอาหารตั้งแต่รูเมนลงไป *(Cakala, 1965)* และช่วยให้การดูดซึมของน้ำผ่านจากผนังของท่อทางเดินอาหารเพิ่มขึ้น เพราะว่าตามรายงานของ *(Smith, (1959)* พบว่าน้ำจากรูเมนจะไหลติดต่อไปยัง *abomasum* เป็นการช่วยในการย่อยอาหารและดูดซึมอาหารและน้ำในท่อทางเดินอาหารส่วนถัดไป การเพิ่มการดูดซึมของน้ำจากท่อทางเดินอาหารนี้เองเป็นปัจจัยอย่างที่ที่ทำให้ *plasma volume* เพิ่มซึ่งเป็นการปรับตัวเพื่อการถนอมรักษาน้ำไว้ในร่างกายอีกวิธีหนึ่ง

สรุป

การวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อกระบืออยู่ในสภาวะเครียดเนื่องจากอุณหภูมิและความร้อนในอากาศสูง ถึงแม้ว่าจะภายในระยะเวลาสั้นแบบเฉียบพลัน แต่สัตว์ก็ได้แสดงการปรับตัว *(acclimation)* โดยมีการเพิ่มอัตราการหายใจ การเต้นของหัวใจ และอัตราการใช้น้ำในร่างกาย *(water metabolism)* รวมทั้งการเก็บถนอมน้ำไว้ใช้ในร่างกาย *(water conservation)* โดยการจำกัดปริมาณน้ำที่ขับทิ้งออกจากร่างกาย

จากผลการศึกษานี้เป็นพื้นฐานนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเลี้ยงดู เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เพื่อขจัดสาเหตุของการเกิดความเครียดในสัตว์ ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรสภาพมากเกินไป และการปรับตัวไม่เพียงพอ อาจจะมีผลต่อสุขภาพของสัตว์ และอาจจะมีผลต่อเนื่องไปถึงผลผลิตด้วย

เอกสารอ้างอิง

Bass, D.E. and Henschel, A. 1956. Responses of body fluid compartments to heat and cold. Physiol. Rev. 36:1 128-144.

Bianca, W. 1957. Effect of repeated exposure to heat on the volume of the blood of the calf. Br. Vet. J. 113-227.

Cakala, S. 1965. Effects of high temperature on reticulo-ruminal motility in goats. Bulletin of Veterinary Institute in Pulawy, Warsaw. pp. 103-108.

Chikamune, T. 1983. Comparison of Physiological response to environment in swamp buffaloes and cattle under a temperate condition. International Symposium on swamp buffalo. University of Tsukuba, Japan, August, 12-13

Collins, K.J. and Weiner, J.S. 1968. Endocrinological aspects of exposure to high environmental temperature. Physiol. Rev 48(4): 785.

Davis, C.L. 1967. Acetate production in the rumen of cow fed either control or low-fiber, high-grain diets. J. Dairy Sci. 50 (10):1621-1625.

Findlay, J.D. 1968. Physiological reactions of cattle to climatic stress. Proc. Nutr. Soc. 17:186.

Garg, S.K. and Nangia, O.P. 1981. Response of body fluid compartments to climatic variations in buffaloes. Indian J. Anim. Sci. 51(11): 1028-1033.

Ghosal, A.K.; Appana, T.C. and Dwaraknath, P.K. 1974. Seasonal variations in water compartment of the Indian camel. Br. Vet. J. 130: xlvii-xlix

Hafez, E.S.E., Badreldin, A.L., and Shafei, M.M. 1955. Skin Structure of Egyptian buffaloes and cattle with particular reference to sweat glands. J. Agric. Sci, Camb. 46:19-30.

Hyden, S. 1961. Determination of the amount of fluid in the reticulorumen of the sheep and its rate of passage to the omasum. Kungl. Lantbrukshögskol. Ann. 27:51-79.

Kamal, T.H. 1982(a) Water turnover rate and total body water as affected by different physiological factors under Egyptian environmental condition. IN; Use of tritiated water in studies of production and adaptation in ruminants. International Atomic Energy Agency, Vienna, pp. 143-153.

Kamal, T.H. 1982 (b) Tritiated-water heat-tolearance index to predict the growth rate in calves in hot deserts. IN: Use of tritiated water in studies of production and adaptation in ruminants. International Atomic Energy Agency, Vienna, pp. 155-165.

Kamal, T.H. and Seif, S.M. 1969. Effect of natural and controlled climates of the sahara on virtual tritium space in Friesians and water buffaloes. J Dairy Sci. 52(10):1657-1663.

Kibler, H.H. 1964. Environmental physiology and shelter engineering LXVII. Thermal effect of various temperature humidity combination of Holstien cattle as measured by eight physiological respones. Res. Bull Mo. Agric. Exp. Station, No. 862.

King J.M. 1979. Game domestication for animal production in Kenya: Field studies of the body-water turnover of game and livestock J. Agric. Sci, Camb. 93:71-79.

Kolmer, J.A, Spaulding, E.H. and Robinson, H.W. 1951. In; Approved laboratory technique. Attenton-Century Croft, Inc., New York, pp. 66-69.

McFarlane, W.V. 1968. Adaptation of ruminants to tropics and deserts. IN: Adaptation of domestic animals. Lea and Febiger, Philadelphia, pp. 164-181.

Moran, J.B. 1973. Heat tolerance of Brahman cross, buffalo, banteng and shorthorn steers during exposure to sun and as a result of exercise. Aust. J. Agric. Res. 24:775.

Mullick, D.N. 1960. Effect of humidity and exposure to sun on the pulse rate, respiratory rate, rectal temperature and hemoglobin level in different sexes of cattle and buffalo. J. Agric. Sci. Camb. 54:39.

Murti, T.L. and Mullick, D.N. 1961. Seasonal variations of plasma and blood volumes in buffaloes. Ann. Biochem. Exp. Med. 21:91-96.

Pandey, M.D. and Roy, A. 1968. Variation in volume and composition of body fluids (interstitial, blood and urine), as a measure of adaptability in buffaloes to hot environment. Br. Vet. J. 124:389-402.

Pandey, M.D. and Roy, A. 1969(a). Studies on the adaptability of buffaloes to tropical climate. I. Seasonal changes in the water and electrolyte status of buffalo-cows. Indian J. Anim. Sci. 39(5):367-317.

Pandey, M.D. and Roy, A. 1969(b). Studies on the adaptability of buffaloes to tropical climate. II. Seasonal changes in the body temperature, cardio-respiratory and hematological attributes in buffalo-cows. Indian. J. Anim. Sci. 39(5):378-386.

Pandey, M.D. and Roy, A. 1969(c). Variation in cardio - respiratory rates, rectal temperature, blood hematocrit and hemoglobin as measures of adaptability in buffalo to a hot environment Br. Vet. J. 125 (9):463-470.

Prusty, J.N. 1965. Distribution of the hair follicles and sweat glands in the skin of a buffalo-bullock, Indian Vet. J. 42:113-116.

Prusty, J.N. 1971. Sweat gland morphology of Indian water buffalo. Indian. J. Anim. Health. December, 163-164.

Rana, V.K. and Langar, P.N. 1980. Studies on the rumen fluid volume, dilution rate and outflow rate in ruminants. Indian. J. Anim.Sci, 50(5):398-399.

Ranawana, S.S.E., Rajaratne, A.A.J., Tilakaratne, N. and Srikandakumar, A. 1984. Utilization of water by buffaloes in a hot and humid environment. Final research cordination meeting on the use of nuclear-techniques to improve domestic buffalo production in Asia. Manila, 30 Jan-3 Feb.

Ranjhan, S.K., Kalanidhi, A.P., Gosh, T.K., Singh, U.B. and Saxena, K.K. 1982. Body composition and water metabolism in tropical ruminants using tritiated water. In: Use of tritiated water in studies of production and adaptation in ruminants. International Atomic Energy Agency, pp. 117-132.

Sief, S.M., Johnson, H.D. and Hahn, L. 1973. Environmental heat and partial water restriction effect on body fluid spaces, water loss, body temperature and metabolism of Holstein cows. J. Dairy, Sci. 56(5): 581-586.

Smith, R.H. 1959. The development and function of the rumen in milkfed calves. J. Agric. Sci. 52:72.

Springell, P.H. 1968. Water content and water turnover in beef cattle. Aust. J. Agric. Res. 191:129-144.

Tilakaratne, N., Ranawana, S.S.e., Srikandakumar, A. and Rajaratne, A.A.J. 1982. The buffalo and the tropical environment. Workshop on water buffalo research in Sri Lanka, November 24-28, in Sarec Report: 103-108.

Vaughan, B.E. and Boling, E.A. 1961. Rapid assay procedures for tritium-labelled water in body fluid. J. Lab and Clin. Med 57(1): 159-164.