รายงานการวิจัย

ผลการให้ความเย็นระยะสั้นต่ออัตราการผสมติดของโคนมสาวลูกผสม ในช่วงฤดูร้อน

Effect of Short-Term Cooling on Conception Rate Of Crossbred Dairy Heifers during Hot Season

คณะผู้วิจัย นายสุรชัย สุวรรณลี
นายกังวาน ธรรมแสง
นายวันชัย อินทิแสง
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
หมวดเงินอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2545
รหัสโครงการ : 04107601-0005
ISBN: 974-609-168-9

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์สัตว์ทดลอง สถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการดำเนินการทดลองในครั้งนี้ ขอบคุณผู้ช่วยวิจัย คุณอาทิตย์ งามชื่น ที่ช่วยในการจัดการสัตว์ทดลองและช่วยเก็บข้อมูลต่างๆ และขอขอบคุณ คุณพิเชษฐ์ สมทรัพย์ ห้องปฏิบัติการรังสีเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยในการวิเคราะห์หาฮอร์โมนในเลือดโคทดลอง และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2546

รายงานวิจัยเรื่อง ผลการให้ความเย็นระยะสั้นต่ออัตราการผสมติดของโคนมสาวลูกผสมในช่วงฤดูร้อน

หัวหน้าโครงการวิจัย นายสุรชัย สุวรรณลี

ผู้ร่วมโครงการวิจัย นายกังวาน ธรรมแสง

นายวันชัย อินทิแสง

หน่วยงานที่รับผิดชอบ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

คำสำคัญ ความเครียดเนื่องจากความร้อน โคนมลูกผสม และ อัตราการผสมติด

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองด้านสรีรวิทยาบางอย่างและอัตราการผสมติดของโคนมสาวลูกผสมที่ได้รับความเย็นระยะสั้นในคอกที่มีระบบระเหยไอเย็นในช่วงฤดูร้อน ผลจากการทดลองพบว่า คอกปกติมีค่าดัชนีอุณหภูมิ-ความชื้น (Temperature-Humidity Index; THI) สูงกว่า *(P<.01)* คอกที่ให้ความเย็นประมาณ 2.7 หน่วย (80.55 กับ 77.86) เนื่องจากคอกปกติมีอุณหภูมิสูงกว่า *(P<.01)* คอกที่ให้ความเย็น ถึงแม้ว่าความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำกว่า *(P<.01)* ก็ตาม โคที่เลี้ยงในคอกปกติมีอัตราการหายใจเฉลี่ย 42.95 ครั้งต่อนาที ซึ่งสูงกว่า *(P<.01)* โคที่เลี้ยงในคอกที่มีการให้ความเย็น (32.59 ครั้งต่อนาที) เช่นเดียวกันกับอุณหภูมิร่างกายของโคที่เลี้ยงในคอกปกติที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า *(P<.01)* โคที่เลี้ยงในคอกที่ให้ความเย็น (39.04 กับ 38.81 องศาเซลเซียส) ในขณะที่ระดับฮอร์โมน Cortisol, Progesterone, Follicle stimulating hormone และ Luteinizing hormone ไม่มีความแตกต่างกัน *(P>.05)* ในทำนองเดียวกันกับอัตราการผสมติดที่พบว่า โคที่เลี้ยงในคอกปกติไม่แตกต่าง *(P>.05)* จากโคที่เลี้ยงในคอกที่ให้ความเย็น คือมีค่าเท่ากับ 60 และ 66.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Research Title: Effect of Short-Term Cooling on Conception Rate of Crossbred Dairy Heifers during Hot Season

Head of Project: Mr. Surachai Suwanlee

Co-Researcher: Mr. Kungwan Thummasaeng

Mr. Wanchai Intisaeng

Institution: Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University

Key Words: Heat stress, Crossbred dairy cattle and Conception rate

Abstract

The objectives of this experiment were to study physiological responses and conception rates in crossbred dairy heifers (87.5-92%HF) that exposed to short-term cooling by evaporative cooling system during the hot season. Temperature-humidity index (THI) in the control group was 2.7 units lower *(P<.01)* than in the cooled group (80.55 vs 77.86) because ambient temperatures in the control group were higher *(P<.01)* than in the cooled group. The control group had lower *(P<.01)* relative humidity than that in the cooled group. Overall mean of respiration rate was 42.95 breaths/min higher *(P<.01)* in the control group compared to the cooled group (32.59 breaths/min). Rectal temperature in the control group was higher than the cooled group (39.04 vs 38.81 °C). Plasma Cortisol, Progesterone, Follicle stimulating hormone and Luteinizing hormone concentration were not significantly different *(P>.05)*. There were not significant difference *(P<.05)* in conception rate between the control group (60%) and the cooled group (66.7%)

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	iii
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	6
อุปกรณ์และวิธีการ	6
โคทดลอง	6
โรงเรือนและคอกทดลอง	6
วิธีการทดลอง	7
การวิเคราะห์ทางสถิติ	8
ขอบเขตของการวิจัย	9
ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	9
สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล	9
ผลและวิจารณ์ผล	10
อุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อม	10
อัตราการหายใจของโค	11
อุณหภูมิร่างกายโค	12
ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในเลือด	13
ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในเลือด	14
ระดับ Plasma Follicle Stimulating Hormone และ Luteinizing Hormone	16
อัตราการผสมติด	17
สรุป	18
ข้อเสนอแนะ	19
เอกสารอ้างอิง	20
ภาคผนวก	25

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลการให้ความเย็นระยะสั้นต่ออัตราการตั้งท้องของโคนม 5

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด-สูงสุดของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพแวดล้อมภายในคอก 10

ตารางที่ 3 สภาพแวดล้อมคอกทดลอง อุณหภูมิร่างกาย และอัตราการหายใจของโคทดลอง 13

ตารางที่ 4 ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลก่อนเริ่มทดลองและในระหว่างการทดลอง 14

ตารางที่ 5 ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนของโคนมในวันที่ฉีด $PGF_{2\alpha}$ และในวันที่ 15 หลังการผสม 15

ตารางที่ 6 ระดับฮอร์โมน LH ก่อนเริ่มทดลองและในระหว่างการทดลอง 17

ตารางที่ 7 อัตราการตั้งท้องของโคทดลองเมื่อตรวจท้องที่ 30 และ 45 วันหลังการผสม 18

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยของสภาพอากาศในทุกๆชั่วโมงของทุกวัน ตลอดการทดลอง 25

ตารางภาคผนวกที่ 2 ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลก่อนเริ่มทดลองและในระหว่างการทดลอง 26

ตารางภาคผนวกที่ 3 ระดับ FSH ก่อนเริ่มทดลองและในระหว่างการทดลอง 27

ตารางภาคผนวกที่ 4 ระดับ LH ก่อนเริ่มทดลองและในระหว่างการทดลอง 28

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ตารางดัชนีอุณหภูมิ-ความชื้น เพื่อใช้ประเมินระดับความเครียด เนื่องจากความร้อนของโคนมที่อยู่ในระยะการรีดนม 3

รูปที่ 2 แผนผังคอกทดลอง 7

รูปที่ 3 แสดงโปรแกรมการให้ความเย็น การฉีด $PGF_{2\alpha}$ การผสมเทียม และการตรวจการตั้งท้อง โดยนับวันผสมเทียมเป็นวันที่ 0 8

รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยของ THI ในรอบวันตลอดการทดลอง 11

รูปที่ 5 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข 215 ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์ 18

รูปภาคผนวกที่ 1 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข 215 ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์ 29

รูปภาคผนวกที่ 2 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข 221 ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์ 29

รูปภาคผนวกที่ 3 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข 232 ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์ 30

รูปภาคผนวกที่ 4 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข C-30 ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์ 30

รูปภาคผนวกที่ 5 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข C-45 ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์ 31

รูปภาคผนวกที่ 6 กระสอบป่านที่ถูกดัดแปลงเป็นรังผึ้ง หรือ cooling pad 31

รูปภาคผนวกที่ 7 กระสอบป่านที่ถูกดัดแปลงเป็นรังผึ้ง หรือ cooling pad 32

รูปภาคผนวกที่ 8 พัดลมดูดอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 101.2 ซม. 32

รูปภาคผนวกที่ 9 ถังบรรจุน้ำขนาดบรรจุ 1,000 ลิตร เพื่อสำรองน้ำ และมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าเพื่อฉีดพ่นน้ำเข้าใส่ cooling pad ทุกๆ 10 นาที โดยแต่ละครั้งฉีดพ่นนาน 3 นาที 33

บทนำ

โคนมมีอุณหภูมิร่างกายปกติอยู่ระหว่าง 38.3 – 39.1 °C (Hafez, 1968) และเพื่อจะรักษาอุณหภูมิร่างกายให้อยู่ช่วงนี้ การสร้างความร้อนในร่างกายและความร้อนที่ร่างกายได้รับจากสิ่งแวดล้อมต้องสมดุลกับการระบายความร้อนออกจากร่างกาย ถ้าโคนมระบายความร้อนออกจากร่างกายได้น้อยกว่าที่มีการสร้างและรับจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกาย จะทำให้อุณหภูมิภายในร่างกายสูงขึ้น และทำให้โคเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบายความร้อนออกจากร่างกายได้แก่ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม (ambient temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity, RH) การไหลเวียนของอากาศ (air movement) และรังสีความร้อนที่กระทบกับตัวสัตว์ (solar radiation) เป็นต้น แต่ปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญคือ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศรอบๆ ตัวสัตว์ ดังนั้น โดยทั่วไปจึงใช้ค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้น (Temperature-Humidity Index, THI) เป็นค่าที่ทำนายว่าโคเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนในระดับใด ซึ่งค่านี้สามารถคำนวณได้จากหลายสมการ เช่น สมการของ McDowell (1972)

$$THI = 0.72 (C_{db} + C_{wb}) + 40.6 \qquad [1]$$

เมื่อ C_{db} = อุณหภูมิชนิดตุ้มแห้ง (°C)

C_{wb} = อุณหภูมิชนิดตุ้มเปียก (°C)

หรือสมการของ NOAA (1976)

$$THI = T – (0.55 – 0.55RH)(T – 58) \qquad [2]$$

หรือ $$THI = 0.45T + 0.55TRH – 31.9RH + 31.9 \qquad [3]$$

เมื่อ T หมายถึงอุณหภูมิกระเปาะแห้งของเทอร์โมมิเตอร์ (°F) และ RH หมายถึงความชื้นสัมพัทธ์ (%)

หรือสมการของ Wiersma (1990)

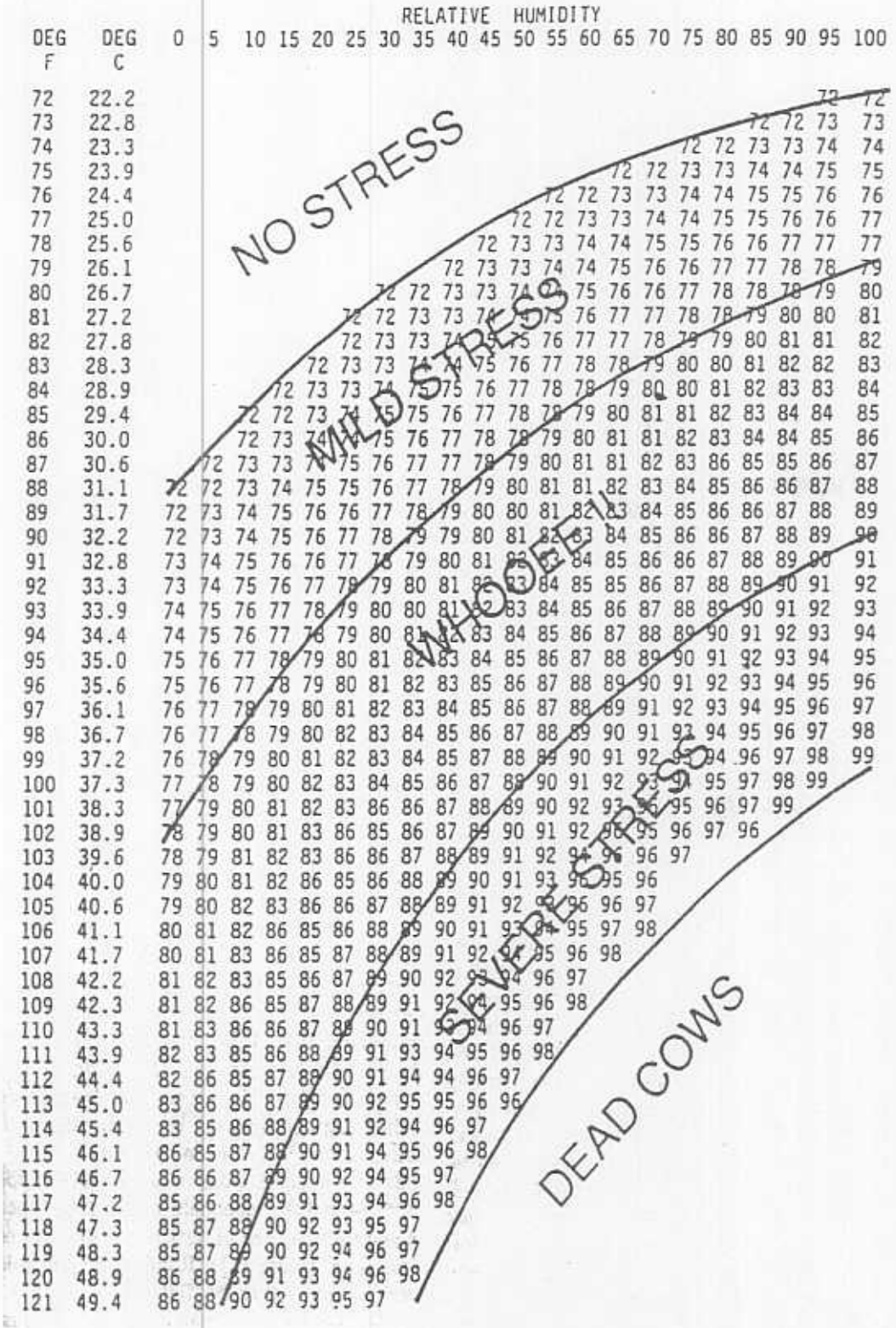
$$THI = (\text{dry bulb temperature; °C}) + (0.36 \text{ dew point temp; °C}) + 41.2 \qquad [4]$$

ถ้าสภาพแวดล้อมมีค่า THI ระหว่าง 72 – 78 หรือความชื้น 70% และอุณหภูมิ 24°C โคนมที่ให้ผลผลิตนมมาก จะอยู่ในสภาพเครียดเล็กน้อย (mild stress) ถ้า THI อยู่ระหว่าง 79 – 89 โคนมจะเครียดปานกลาง (Moderate) ถ้า THI ระหว่าง 89 – 99 โคจะอยู่ในสภาพเครียดจัด (severe stress) และถ้า THI มากกว่า 99 โคจะตายเนื่องจากความเครียดจากความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Frank Wiersma ในปี 1990 (Armstrong, 1994) พฤติกรรมการตอบสนองต่อความเครียดเนื่องจากความร้อนของโคนมนั้นแสดงออกได้หลายวิธีได้แก่ การเดินหาร่มเงา การลดปริมาณการกินอาหารเพื่อลดการสร้างความร้อนภายในร่างกาย โดยเฉพาะลดปริมาณการกินอาหารหยาบเพื่อเป็นการลดการสร้างความร้อนจากขบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ดื่มน้ำมากขึ้น เลือดไหลเวียนไปที่บริเวณผิวหนังมากขึ้น ขณะที่ลดการไหลเวียนของเลือดไปที่อวัยวะภายใน และ

เพิ่มอัตราการหายใจมากขึ้นจนกระทั่งแสดงอาการหอบเพื่อเพิ่มการระบายความร้อนออกจากร่างกาย ซึ่งการตอบสนองเพื่อรักษาอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ เหล่านี้ท้ายที่สุดจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต การผลิตน้ำนมและความสมบูรณ์พันธุ์ของโคนม

การสืบพันธุ์ของโคนมถูกควบคุมโดยฮอร์โมน ซึ่งได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าทั้งจากภายนอกและภายในร่างกาย ซึ่งฮอร์โมนที่ควบคุมการสืบพันธุ์ถูกสร้างจากสมองส่วน Hypothalamus, ต่อมใต้สมอง (pituitary gland) รังไข่ (ovaries) และมดลูก (uterus) อย่างไรก็ตาม แม้ว่า Gonadotrophins releasing hormone (GnRH) จากสมองส่วน Hypothalamus จะมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการหลั่ง Follicle stimulating hormone (FSH) และ Luteinizing hormone (LH) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior pituitary gland) ซึ่งฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิดมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาของไข่ (follicle) การตกไข่ (ovulation) และการพัฒนาของ corpus luteum (CL) ในระยะต้นของวงรอบการเป็นสัด (metoestrous และ dioestrous) ก็ตาม แต่ข้อมูลเกี่ยวกับผลของความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อความเข้มข้นของฮอร์โมนเหล่านี้มีอย่างค่อนข้างจำกัด และยังได้ผลที่แตกต่างกัน กล่าวคือมีทั้งรายงานที่พบว่าความเครียดเนื่องจากความร้อนทำให้ LH และ GnRH-LH induced เพิ่มขึ้น (Roman-Ponce et al., 1981) และไม่เปลี่ยนแปลง (Gwazdauskas *et al.*, 1981) ตลอดจนลดลง (Wise *et al.*, 1988a) เช่นเดียวกันกับผลต่อความเข้มข้นของ FSH และ GnRH-FSH induced ซึ่งมีทั้งรายงานที่พบว่าเพิ่มขึ้น (Armstrong *et al.*, 1986) และลดลง (Gilad *et al.*, 1993)

ในแม่โครีดนมและโคสาวที่อยู่ในสภาพเครียดเนื่องจากความร้อนในช่วงก่อนระยะการเป็นสัดพบว่ามีการผลิต androstenedione จาก theca cells ลดลงมากกว่า 50 %ของโคปกติ (1.1 และ 4.1 ng/10^5 viable cells) จึงทำให้มีสารตั้งต้นเพื่อการสร้าง estradiol โดย granulosa cells ลดลงไปด้วย (Wolfenson *et al.*, 1995 และ Wilson *et al.*, 1998) ส่งผลให้โคนมแสดงอาการเป็นสัดไม่ชัดเจนหรือเป็นสัดเงียบ ซึ่งทำให้โคไม่ได้รับการผสมและไม่มีโอกาสตั้งท้อง เนื่องจากผู้เลี้ยงไม่สามารถสังเกตเห็นพฤติกรรมการเป็นสัดของโคนม



รูปที่ 1 ตารางดัชนีอุณหภูมิ-ความชื้น เพื่อใช้ประเมินระดับความเครียดเนื่องจากความร้อนของโคนมที่อยู่ในระยะการรีดนม (Armstrong, 1994)

ผลของความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อการทำงานของ CL ส่วนใหญ่ตรวจวัดจากความเข้มข้นของ progesterone ในเลือด ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีบทบาทสำคัญในการทำงานและการปรับสภาพของมดลูกเพื่อให้เหมาะสมสำหรับการเกาะตัวของตัวอ่อนและการตั้งท้อง ในกระต่ายที่เกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนมีระดับ progesterone ในเลือดต่ำกว่าปกติ 30 % (Lublin and Wolfenson, 1996) และรายงานส่วนใหญ่ (Wise *et al.*, 1988b และ Wolfenson *et al.*, 1988) พบว่าโคนมที่เกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนแบบต่อเนื่องยาวนาน (chronic heat stress) มีระดับ progesterone ในเลือดต่ำลง ขณะที่โคนมเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนแบบฉับพลัน พบว่าระดับ progesterone ในเลือดสูงขึ้น (Thatcher and Collier, 1986 และ Wise *et al.*, 1988a) ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาการฝ่อตัวของ CL (luteolysis) ช้าออกไป จึงทำให้วงรอบการเป็นสัดยาวนานขึ้นมากกว่าปกติ นอกจากนั้นแล้ว การมี progesterone ต่ำมีผลกระทบทั้งก่อนและหลังการผสม กล่าวคือ ถ้าในเลือดมี progesterone ต่ำจะทำให้การแก่ตัวของ oocyte ในไข่ที่กำลังจะตกไข่ (graafian follicle) ผิดปกติ นอกจากนั้นแล้วยังทำให้เกิดการตายของตัวอ่อนในระยะต้นมากขึ้น (Ahamad *et al.*, 1995)

สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ความเครียดเนื่องจากความร้อนมาก มีผลกระทบยาวนาน (delayed effect) ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ แม้ว่าช่วงเวลาที่โคอยู่ในสภาพเครียดจะผ่านพ้นไปแล้วก็ตาม เช่น ในรัฐ Florida สหรัฐอเมริกา ในฤดูใบไม้ร่วง (autumn) โคนมมีอัตราการผสมติด 35 – 40% ขณะที่ฤดูหนาว โคนมมีอัตราการผสมติดประมาณ 40% (Badinga *et al.*, 1985) และเมื่อตรวจดูคุณภาพ oocyte ก็พบว่าในวงรอบการเป็นสัดที่ 1 – 4 หลังสิ้นสุดฤดูหนาว มีจำนวน oocyte ที่คุณภาพดี (grade 1) น้อยมากและเมื่อทำการเลี้ยงต่อไปในห้องปฏิบัติการ พบว่าตัวอ่อนไม่สามารถแบ่งตัวถึงระยะ blastocyte ได้เลย (Roth *et al.*, 1999)

ความเครียดเนื่องจากความร้อนไม่ได้มีผลกระทบต่อการตกไข่หรือการปฏิสนธิเท่านั้น แต่ยังมีผลกระทบต่อตัวอ่อนทุกระยะตลอดช่วงการตั้งท้องของโคนม แต่ระยะที่ความร้อนสร้างความเสียหายให้กับตัวอ่อนมากที่สุดคือระยะที่เป็นไข่ (ovum) หรือ ตัวอ่อนระยะต้น (early embryo) (Ealy *et al.*,1993) อย่างไรก็ตาม มีแนวทางในการป้องกันการตายของตัวอ่อนจากปัญหาของความร้อน 2 แนวทางคือ 1). การพยายามหาสารที่เติมเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจน (antioxidant) เช่น วิตามิน อี (Ealy *et al.*,1994), Alanine, Taurine (Ealy *et al.*, 1992 และ Malayer *et al.*,1992) และ Glutathione โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Glutathione เนื่องจากสามารถให้ผลได้ดีในขณะที่ใช้ในระดับความเข้มข้นไม่มากนัก (Ealy *et al.*, 1992) แต่อย่างไรก็ตาม ยังเป็นเพียงการทดลองนอกตัวสัตว์ (*in vitro*) เท่านั้น และ 2). การให้ความเย็นแก่โคเพื่อป้องกันไม่ให้โคเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนในช่วงต้นของการตั้งท้อง ซึ่งสามารถทำได้โดยการให้ความเย็นโดยใช้พัดลมร่วมกับฝอยละอองน้ำ และการเลี้ยงในคอกที่ให้ความเย็นด้วยระบบระเหยไอเย็น

(evaporative cooling system) ซึ่งวิธีหลังให้ผลในการลดความเครียดเนื่องจากความร้อนได้ดีกว่าวิธีแรก (สุวิช และคณะ 2541) แต่เนื่องจากเป็นระบบที่ใช้ต้นทุนค่าบำรุงรักษาและค่าไฟฟ้าค่อนข้างสูง จึงอาจจะไม่เหมาะสมนักหากจะมีการให้ความเย็นแก่โคนมตลอดเวลา เพราะโคนมส่วนใหญ่ที่เลี้ยงในประเทศไทย ให้น้ำนมไม่มากนัก ดังนั้นวิธีการที่น่าจะประหยัดกว่าคือระบบการให้ความเย็นระยะสั้น (short-term cooling system) โดยการให้ความเย็นเฉพาะช่วงก่อนและหลังการผสมพันธุ์ไม่นานนัก ซึ่งวิธีนี้มีทั้งรายงานที่พบว่าสามารถเพิ่มอัตราการตั้งท้องได้มาก (Gauthier, 1983) หรือบางรายงานให้ผลเพิ่มอัตราการตั้งท้องเพียงเล็กน้อย (Stott and Wiersma, 1976) ในขณะที่บางรายงานพบว่า ไม่ได้ทำให้อัตราการตั้งท้องเพิ่มขึ้นเลย (Her *et al.*, 1988) ดังที่สรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการให้ความเย็นระยะสั้นต่ออัตราการตั้งท้องของโคนม

			No. pregnant/no. bred (%)		
Experiment	Location	Cooling Period	Control	Cooled	P
Stott&Wiersma, 1976	Arizona	0 to 4-6.5 d post AI	13/61 (22%)	19/63 (30%)	NS
Gauthier, 1983	Guadeloupe	-2 to 10 d post AI	2/15 (13%)	8/15 (53%)	.05
Her *et al.*, 1988	Israel	-1 to 8 d post AI	8/22 (36%)	9/29 (31%)	NS
Ealy *et al.*, 1994	Florida	-3 to 6 d post AI	2/32 (6.2%)	8/50 (16%)	.02

ในกรณีที่แม่โคเกิดความเครียดจากความร้อนในระดับต่ำ (mild stress หรือ THI ระหว่าง 72-78) ในช่วงต้นของการตั้งท้อง จะทำให้ตัวอ่อนมีการสังเคราะห์โปรตีนชนิดหนึ่งที่เรียกว่า heat shock protein (HSP) ซึ่งเชื่อว่าทำให้ตัวอ่อนทนทานต่อความร้อนที่เกิดขึ้นในท่อนำไข่หรือมดลูกได้มากขึ้น (Feder and Hofmann, 1999; Moseley, 1997 และ Lindquist and Craig, 1988) แต่ไข่หรือตัวอ่อนระยะต้นไม่สามารถสังเคราะห์ HSP ได้ จนกระทั่งมีการแบ่งตัวถึงระยะ 8-16 เซลล์ หรือประมาณวันที่ 4 หลังการปฏิสนธิ กลไกการสังเคราะห์ HSP ของตัวอ่อนจึงจะเริ่มทำงานได้ เช่นเดียวกับที่ Hansen *et al.*(1992) ได้รายงานผลการเลี้ยงตัวอ่อน (embryo) ของโคนมในระยะ 8-16 เซลล์ (อายุประมาณ 4 วันหลังการปฏิสนธิ) ที่อุณหภูมิ 38.5 °C นาน 22 ชั่วโมง พบว่า ตัวอ่อนยังมีชีวิตรอดเกือบ 100 % ขณะที่เลี้ยงตัวอ่อนที่อุณหภูมิ 38.5°C นาน 20 ชั่งโมง และ 2 ชั่วโมงสุดท้ายทำการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 43 °C พบว่ามีตัวอ่อนรอดตายเพียง 33 % เท่านั้น และถ้าหากตัวอ่อนได้รับอุณหภูมิ 40 °C หรือสภาพเครียดเนื่องจากความร้อนอย่างอ่อน (mild heat stress) มาระยะหนึ่งก่อนที่จะได้รับอุณหภูมิ 43 °C จะทำให้มีตัวอ่อนรอดตายถึง 86 % เนื่องจากสภาพอุณหภูมิที่ทำให้ตัวอ่อนเครียดอย่างอ่อนทำให้เซลล์สร้าง HSP และถ้าตัวอ่อนมีโปรตีนชนิดนี้แล้ว เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงถึงระดับที่เกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน จะทำให้ตัวอ่อนทนทานได้มากกว่าปกติ

ความล้มเหลวของการให้ความเย็นระยะสั้นของงานวิจัยที่ผ่านมา อาจเกิดขึ้นเนื่องจากระยะเวลาในการให้ความเย็นหลังการผสมพันธุ์สั้นเกินไป ในขณะที่หลังการให้ความเย็นแล้ว โคนมต้องเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่มีค่า THI ที่สูงมากกว่า 78 ทันที ถึงแม้ว่าตัวอ่อนจะสามารถสร้าง HSP ได้แล้วก็ตาม แต่ตัวอ่อนไม่ได้รับการกระตุ้นให้มีการสร้าง HSP เลยในระหว่างที่อยู่ในช่วงทดลอง จึงเป็นไปได้ว่ามีการตายของตัวอ่อนหลังจากระยะที่มีการให้ความเย็นแล้ว ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงเพิ่มระยะเวลาการให้ความเย็นมากกว่างานวิจัยที่ผ่านมา กล่าวคือ ก่อนการผสมเทียม 10 - 18 วัน และหลังการผสมเทียม 15 วัน ก่อนที่จะปล่อยโคนมออกสู่สภาพแวดล้อมปกติ ซึ่งน่าจะช่วยลดอัตราการตายของตัวอ่อนและเพิ่มอัตราการผสมติดของโคนมได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาบางอย่างของโคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนที่ให้ความเย็นระบบระเหยไอเย็นในช่วงระยะเวลาสั้นและโรงเรือนปกติ
2. เพื่อศึกษาผลของการให้ความเย็นระยะสั้นต่ออัตราการผสมติดของโคนมสาวลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนในระหว่างฤดูร้อน

อุปกรณ์และวิธีการ

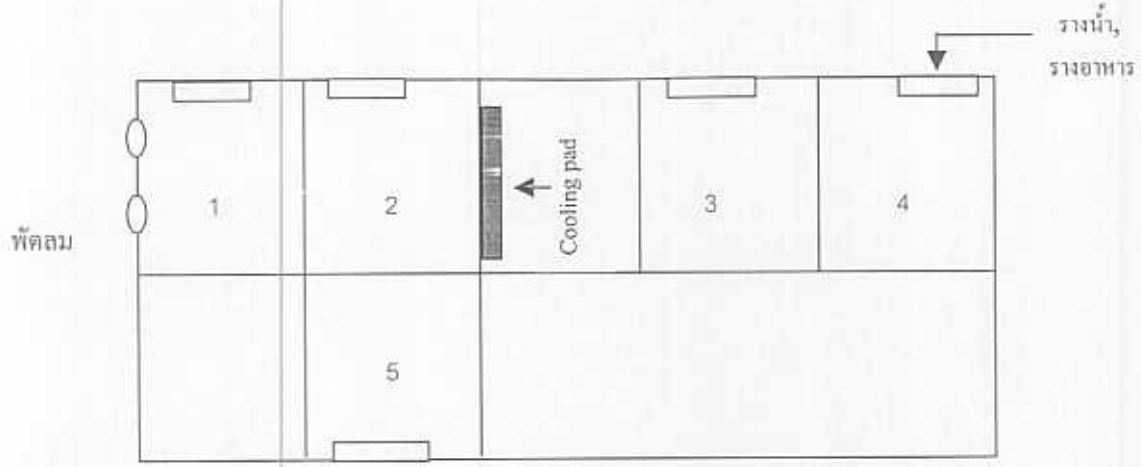
1. โคทดลอง

โคที่ใช้ในการทดลองเป็นโคนมสาวลูกผสมโฮสไตน์ ฟรีเซียน–บราห์มัน-ซาฮิวาล (87.5-92%HF) อายุโคนมสาวระหว่าง 18 - 24 เดือน น้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 250 - 350 กิโลกรัม ทำการสุ่มแบ่งโคออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 มีโคทั้งหมด 11 ตัว และกลุ่มที่ 2 มีโคทั้งหมด 8 ตัว เพื่อจัดเข้าเลี้ยงในคอกที่ไม่มีการให้ความเย็นและคอกที่มีการให้ความเย็นด้วยระบบระเหยไอเย็น ตามลำดับ สาเหตุที่ใช้จำนวนโคทดลองในกลุ่มที่ 2 เพียง 8 ตัว เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่คอก

2. โรงเรือนและคอกทดลอง

โรงเรือนที่ใช้ทดลองเป็นโรงเรือนแบบหน้าจั่ว 2 ชั้น ขนาดกว้าง 30 เมตร ยาว 60 เมตร มีความสูงจากพื้นถึงชายคา 3.5 เมตร และจากพื้นถึงสันหลังคา 7 เมตร พื้นเป็นคอนกรีต ภายในโรงเรือนแบ่งเป็นคอกที่มีซองนอนสำหรับโครีดนม และคอกย่อยสำหรับเลี้ยงโครุ่น-โคสาว

คอกทดลองใช้คอกย่อยสำหรับเลี้ยงโครุ่น-โคสาวดังกล่าวจำนวน 5 คอก (ดังแสดงในรูปที่ 2) ด้านหน้าคอกมีรางน้ำรางอาหาร คอกย่อยแต่ละคอกมีพื้นที่ขนาด 5x6 ตารางเมตร คอกย่อยที่ 1 และ 2 ดัดแปลงเป็นคอกที่ให้ความเย็นด้วยระบบระเหยไอเย็น (evaporative cooling system) ส่วนคอก 3-5 ไม่มีการดัดแปลง ถือเป็นคอกปกติและใช้สำหรับเลี้ยงโคกลุ่มควบคุม (control)



รูปที่ 2 แผนผังคอกทดลอง

คอกที่ให้ความเย็นด้วยระบบระเหยไอเย็น ประกอบด้วยคอกย่อย 2 คอก แต่ละคอกมีพื้นที่ 5x6 ตารางเมตร ใช้เลี้ยงโคคอกละ 4 ตัว เป็นโรงเรือนระบบปิด มีแผ่นรังผึ้ง (cooling pad) ขนาดยาว 4 เมตร สูง 1.80 เมตร ซึ่งเป็นอุปกรณ์ให้น้ำไหลผ่านลงมา โดยดัดแปลงทำจากกระสอบป่าน และมีหัวฉีดน้ำขนาดเล็ก (sprinkler) เพื่อฉีดพ่นน้ำเข้าที่แผ่นรังผึ้ง โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า (HP) เพื่อสูบน้ำจากถังน้ำขนาดบรรจุ 1,000 ลิตร ระบบการฉีดพ่นน้ำทำโดยการติดตั้งตัวควบคุมเวลา (timer) ให้มีการฉีดพ่นน้ำทุกๆ 10 นาที และแต่ละครั้งฉีดพ่นนาน 3 นาที ระบบการให้น้ำทำงานในระหว่าง 07.00 – 23.00 น. ของทุกวัน ตลอดเวลาการทดลอง ทั้งนี้แผ่นรังผึ้งได้รับการติดตั้งอยู่ฝั่ง (หัวคอก) ตรงกันข้ามกับพัดลมดูดอากาศ (ท้ายคอก) 2 เครื่อง ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 101.2 เซนติเมตร โดยในระหว่างเวลา 07.00 – 23.00 น. จะเปิดพัดลมทั้ง 2 เครื่องพร้อมกันตลอดเวลา และจะปิดพัดลม 1 เครื่อง พร้อมกับปิดระบบให้น้ำ ในระหว่างเวลา 23.00-07.00 น. และเปิดประตูคอกเพื่อให้อากาศจากข้างนอกผ่านเข้าภายในคอกได้

3. วิธีการทดลอง

3.1 สุ่มแบ่งโคนมสาวเป็น 2 กลุ่มๆ กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ใช้โค 11 ตัว โคได้รับการเลี้ยงดูในสภาพปกติของฟาร์ม ขณะที่ กลุ่มที่ 2 ใช้โค 8 ตัว เลี้ยงในคอกที่มีระบบให้ความเย็นระบบระเหยไอเย็น ตั้งแต่ 10-18 วันก่อนการผสมเทียมจนถึง 15 วันหลังการผสมเทียม โคทั้งสองกลุ่มได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีนหยาบ 14 % วันละ 2 กิโลกรัม/ตัว โดยแบ่งให้สองครั้งๆละเท่าๆกัน คือช่วงเช้าในเวลาประมาณ 07.30 น. และช่วงบ่ายในเวลาประมาณ 16.00 น. ส่วนอาหารหยาบเป็นหญ้าหมักผสมหญ้าแห้งอย่างละเท่าๆ กัน ให้โคกินแบบเต็มที่

3.2 โคทุกตัวถูกเหนี่ยวนำการเป็นสัดด้วยการฉีด $PGF_{2\alpha}$ 25 มิลลิกรัม (Lutalyse™, Pharmacia N.V./S.A., Puurs-Belgium) และทำการผสมเทียมเมื่อโคแสดงอาการเป็นสัด (ซึ่งจะอยู่ระหว่าง 2-4 วันหลังฉีด) โคตัวที่ไม่แสดงอาการเป็นสัดหลังฉีด $PGF_{2\alpha}$ เข็มแรก จะได้รับการฉีดซ้ำเข็มที่สองในวันที่ 7 หลังฉีด $PGF_{2\alpha}$ เข็มแรก ดังแสดงในรูปที่ 3

3.3 ทำการวัดอุณหภูมิที่ทวารหนักและนับอัตราการหายใจของโคทุกตัว ในระหว่างเวลา 09.00-11.00 น. และ 14.00-16.00 น. ทุกวัน ตลอดระยะเวลาการทดลอง

3.4 บันทึกอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในทั้งสองคอกด้วยเครื่องวัดและบันทึกระบบตัวเลข ยี่ห้อ Luff, Model OPUS 10, Model type 8152.00 ซึ่งบันทึกทุก 10 นาที ตลอดระยะเวลาการทดลอง และคำนวณหาค่าดัชนีของอุณหภูมิ-ความชื้น (THI) โดยสมการ $THI = T - (0.55 - 0.55RH)(T - 58)$

3.5 ทำการเจาะเลือดโคทุกตัวที่บริเวณใต้โคนหาง (coccygeal vein) ในวันก่อนจัดโคเข้าการทดลอง, ในวันที่ฉีด $PGF_{2\alpha}$, ในวันที่ผสมเทียม และ ในวันที่ 15 หลังการผสมเทียม หลังจากนั้นนำเลือดที่ได้ไปปั่นที่ความเร็ว 2,500 รอบต่อนาที นาน 15 นาที แล้วแยกเก็บส่วนของพลาสมาไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ –5 °C และนำไปวิเคราะห์หาฮอร์โมน Cortisol, Follicle Stimulating hormone, Luteinizing hormone และ Progesterone ด้วยวิธี Radio Immunoassay (RIA)

3.6 ตรวจการตั้งท้องในวันที่ 30 หลังการผสมเทียม โดยใช้เครื่อง Ultrasonography และ ตรวจซ้ำอีกครั้งในวันที่ 45 หลังการผสมเทียม

รูปที่ 3 แสดงโปรแกรมการให้ความเย็น การฉีด $PGF_{2\alpha}$ การผสมเทียม และการตรวจการตั้งท้อง โดยนับวันผสมเทียมเป็นวันที่ 0

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มด้วย T-test ส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ ดัชนีของอุณหภูมิและความชื้น อัตราการหายใจและอุณหภูมิ

ทวารหนักของโคในช่วงเช้าและบ่ายของแต่ละกลุ่ม วิเคราะห์ด้วย Proc GLM และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test ส่วนความแตกต่างของอัตราการผสมติดวิเคราะห์โดยวิธี Chi-square ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นถึงการทดสอบว่า การให้ความเย็นระยะสั้นแก่โคนมตั้งแต่ 10 วันก่อนผสมจนถึง 15 วันหลังผสม ในช่วงฤดูร้อน มีอัตราการผสมติดสูงกว่าการเลี้ยงในสภาพที่ไม่ได้ให้ความเย็นแก่โคหรือไม่ อย่างไร

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย : เมษายน 2545 - มิถุนายน 2546

สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล: ฟาร์มสัตว์เคี้ยวเอื้อง สำนักงานไร่ฝึกทดลองและห้องปฏิบัติการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผลและวิจารณ์ผล

อุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อม

ค่าเฉลี่ยต่ำสุด - สูงสุดของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ทั้งนี้พบว่าช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดในรอบวันคือเวลา 13.30-15.30 น. ส่วนช่วงเวลาที่อุณหภูมิต่ำสุดในรอบวันคือเวลา 05.00-06.00 น. สำหรับความชื้นสัมพัทธ์จะมีลักษณะตรงกันข้ามคือ ช่วงที่มีค่าสูงสุดคือเวลา 05.00-06.00 น. และช่วงเวลาที่มีค่าต่ำสุดคือเวลา 13.30-15.30 น. วันที่มีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในคอกปกติเท่ากับ 37.5 °C (41.5 %RH, THI = 85.68) และ 21.1 °C (89.5 %RH, THI = 69.29) ตามลำดับ ในขณะที่ภายในคอกที่ให้ความเย็น วันที่อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 34.9 °C (51 %RH, THI = 84.90) และ 21.1 °C (86 %RH, THI = 69.06) ตามลำดับ

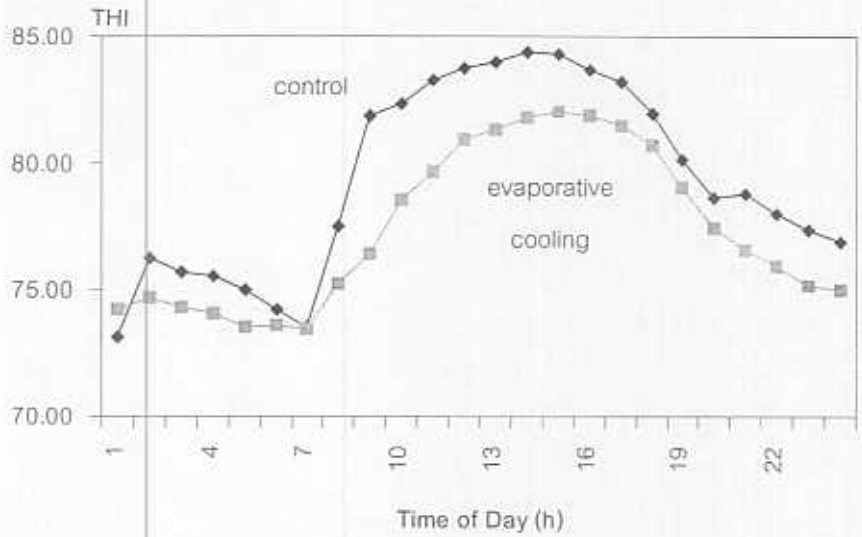
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด-สูงสุดของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพแวดล้อมภายในคอก

	Mean	SE	Range
Control			
Maximum Temperature (°C)	34.52	0.06	28.8 – 37.5
Minimum Temperature (°C)	23.38	0.04	21.5 – 25.5
Maximum Humidity (%)	98.81	0.02	91.5 – 99.7
Minimum Humidity (%)	51.34	0.15	36.0 – 76.5
Evaporative cooling system			
Maximum Temperature (°C)	31.46	0.05	26.3 – 34.9
Minimum Temperature (°C)	22.94	0.04	21.1 – 24.9
Maximum Humidity (%)	96.94	0.03	92.0 – 99.5
Minimum Humidity (%)	62.73	0.12	46.0 – 80.0

ถ้าหากพิจารณาจากสภาพอากาศในเวลากลางวัน โดยเฉพาะช่วงเวลาที่คาดว่าน่าจะทำให้โคนมเกิดความเครียด พบว่า อุณหภูมิของคอกปกติโดยเฉลี่ยตลอดการทดลองสูงกว่า ($p<.01$) อุณหภูมิภายในคอกที่ให้ความเย็นโดยเฉลี่ย เท่ากับ 1.87 °C และหากเปรียบเทียบแต่ละช่วงเวลาคือ เช้า บ่ายก็จะได้ผลทำนองเดียวกัน (ตารางที่ 3)

ความชื้นสัมพัทธ์เป็นไปในทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิ กล่าวคือ ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยตลอดการทดลองในคอกที่ให้ความเย็นมีมากกว่า ($p<.01$) คอกปกติประมาณ 10.25% และถ้าหากเปรียบเทียบแต่ละช่วงเวลาก็ให้ผลในทำนองเดียวกัน

เมื่อคำนวณค่าดัชนีอุณหภูมิ – ความชื้น หรือค่า THI จะเห็นว่าค่า THI ของคอกปกติ (80.55) สูงกว่าค่า THI ของคอกที่ให้ความเย็น (77.86) เท่ากับ 2.69 แต่ค่า THI ของทั้งสองคอกก็สูงกว่าระดับที่โคจะอยู่ได้อย่างสบาย หรือมากกว่า 72 ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยค่า THI ของคอกที่ให้ความเย็นจัดอยู่ในช่วงที่ทำให้โคเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนในระดับอ่อน (mild stress) ในขณะที่ค่า THI ของคอกปกติ จัดอยู่ในช่วงที่ทำให้โคเกิดความเครียดในระดับปานกลาง (moderate) หากพิจารณาตามเกณฑ์ของโคนมเลือดยุโรปพันธุ์แท้ (ดังแสดงในรูปที่ 1)



รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยของ Temperature-Humidity Index (THI) ในรอบวันตลอดการทดลอง

อัตราการหายใจของโค

ผลจากการทดลองครั้งนี้พบว่า โคกลุ่มที่อยู่ในคอกปกติมีอัตราการหายใจเฉลี่ย 43 ครั้งต่อนาที สูงกว่า ($p<.01$) โคกลุ่มที่อยู่ในคอกที่ให้ความเย็น ซึ่งมีอัตราการหายใจ 32.6 ครั้งต่อนาที โดยปกติแล้ว โคที่อยู่ในสภาพแวดล้อมปกติมีอัตราการหายใจ 10 – 30 ครั้ง/นาที (Hafez, 1968) และอัตราการหายใจที่ถือเป็นค่าวิกฤติในโคคือมากกว่า 80 ครั้ง/นาที (McDowell, 1972) การเพิ่มอัตราการหายใจบ่งชี้ถึงการเพิ่มการระบายความร้อนออกจากร่างกายด้วยวิธีการระเหยไอน้ำ (evaporative cooling) มากขึ้น อย่างไรก็ตาม อัตราการหายใจของโคทั้งสองกลุ่มต่ำกว่าที่พบในรายงานส่วนใหญ่ กล่าวคือ Ominski *et al.* (2002) พบว่าเมื่อ THI เฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 74.1 $\pm$ 3 แม่โค

ที่อยู่ในช่วงรีดนม มีอัตราการหายใจ 87 ครั้ง/นาที ในขณะที่ สุวิช และคณะ (2541) เลี้ยงแม่โคที่อยู่ในช่วงรีดนม ลูกผสมออสเตรเลียนฟรีเซียน-ซาฮีวาล (75%HF) โคให้นมประมาณ 12.5 กก./วัน ในโรงเรือนระบบระเหยไอเย็นที่มีค่า THI เฉลี่ย 83 โคมีอัตราการหายใจเฉลี่ย 63.2 ครั้ง/นาที และ Tarazon-Herrera *et al.* (1999) เลี้ยงแม่โคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน ที่อยู่ในช่วงรีดนม และให้นมประมาณ 34 กก./วัน ในโรงเรือนระบบระเหยไอเย็นที่มีค่า THI เฉลี่ย 79 พบว่า โคมีอัตราการหายใจเฉลี่ย 67.3 ครั้ง/นาที

สาเหตุที่อัตราการหายใจในการทดลองครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าค่าที่พบในรายงานอื่นๆ น่าจะเกิดจากพันธุ์และสถานะภาพการให้ผลผลิตของโคทดลองที่แตกต่างกัน โดยการทดลองครั้งนี้ใช้โคสาวลูกผสม ในขณะที่การทดลองอื่นๆ ส่วนใหญ่ใช้แม่โคนม พันธุ์โฮลสไตน์-ฟรีเซียน ซึ่งมีความทนทานต่อสภาพอากาศร้อนชื้นได้น้อยกว่าโคนมลูกผสม ประกอบกับส่วนใหญ่ใช้โคนมที่อยู่ในระยะการรีดนม (lactating cow) มีปริมาณการกินอาหารมากกว่า จึงมีความร้อนที่เกิดจากขบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกาย จากทั้งขบวนการหมักในรูเมนและขบวนการกลั่นสร้างน้ำนม มากกว่าโคที่อยู่ในระยะที่ไม่ให้นม เช่นโคพักรีดนม (dry off cow) โคสาวและลูกโค

อุณหภูมิร่างกายโค

ผลจากการทดลองครั้งนี้พบว่า โคกลุ่มที่อยู่ในคอกปกติมีอุณหภูมิร่างกายสูงกว่า ($p<.01$) โคกลุ่มที่อยู่ภายในคอกที่ให้ความเย็น และอุณหภูมิร่างกายเฉลี่ยของโคทั้งสองกลุ่มในช่วงเช้าต่ำกว่าในช่วงบ่าย ซึ่งสอดคล้องกับสภาพอากาศภายในคอกดังแสดงในตารางที่ 3 ในขณะที่ สุวิช และคณะ (2541) พบว่าแม่โครีดนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนที่ให้ความเย็นด้วยระบบระเหยไอเย็นที่มีค่า THI เฉลี่ย 83.0 มีอุณหภูมิร่างกายเฉลี่ย 39.5 °C ซึ่งต่ำกว่า ($p<.05$) แม่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนที่ไม่มีการให้ความเย็น (THI = 86.31) ที่มีอุณหภูมิร่างกายเฉลี่ย 40.4 °C ส่วน Chen *et al.* (1993) รายงานว่าแม่โครีดนม พันธุ์โฮลสไตน์-ฟรีเซียน ที่อยู่ช่วงกลางของการให้นม และให้นมวันละ 35 กก. เลี้ยงในโรงเรือนที่ให้ความเย็นด้วยระบบระเหยไอเย็นที่มีค่า THI เฉลี่ย 76.6 มีอุณหภูมิร่างกายเฉลี่ย 38.6 °C และ Tarazon-Herrera *et al.* (1999) พบว่าแม่โคโฮลสไตน์ฟรีเซียน ที่อยู่ในช่วงรีดนม และให้นมประมาณ 34 กก./วัน เลี้ยงในโรงเรือนระบบระเหยไอเย็นที่มีค่า THI เฉลี่ย 79 โคมีอุณหภูมิร่างกาย 38.7 °C ต่ำกว่า ($p<.01$) โคที่เลี้ยงในโรงเรือนที่ไม่มีการให้ความเย็น (THI = 83.4) ซึ่งโคมีอุณหภูมิร่างกาย 39.5 °C โดยทั่วไปแล้ว โคมีอุณหภูมิร่างกายอยู่ระหว่าง 38.3 – 39.1 °C (Hafez, 1968) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิร่างกายจะเกิดขึ้นหลังจากการเพิ่มของอัตราการหายใจ และเป็นการแสดงให้เห็นว่า ร่างกาย สามารถขับความร้อนออกจากร่างกายได้น้อยกว่าความร้อนที่ร่างกายได้รับเข้าไปและความร้อนที่เกิดขึ้นจากขบวนการหมักหรือเมตาบอลิซึมภายในร่างกาย

อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิร่างกายของโคทั้งสองกลุ่มยังอยู่ในระดับปกติ และอุณหภูมิร่างกายของโคของการทดลองในครั้งนี้ ต่ำกว่าค่าที่ได้จากงานทดลองอื่นๆ เมื่อเลี้ยงในโรงเรือนที่สภาพอากาศใกล้เคียงกัน (THI) ซึ่งสาเหตุคล้ายคลึงกันกับเรื่องอัตราการหายใจ

ตารางที่ 3 สภาพแวดล้อมคอกทดลอง อุณหภูมิร่างกาย และอัตราการหาใจของโคทดลอง

Parameter	Control			Cooled		
	Morning 0900-1100	Noon 1400-1600	Daily average 0100-2400	Morning 0900-1100	Noon 1400-1600	Daily average 0100-2400
Ambient temperature (°C)	30.84 [a]	33.35 [b]	28.81 **	28.21 [c]	30.68 [a]	26.94 **
Relative humidity (%)	71.03 [a]	56.09 [b]	71.12 **	79.36 [c]	66.93 [d]	81.37 **
THI	83.22 [a]	83.70 [a]	80.55 **	79.84 [b]	81.77 [c]	77.86 **
Rectal temperature (°C)	38.87 [a]	39.20 [b]	39.04 **	38.69 [c]	38.94 [d]	38.81 **
Respiration rate (breaths/min)	37.97 [a]	49.09 [b]	42.95 **	30.04 [c]	35.36 [d]	32.59 **

[a,b,c,d] ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแถวนอนเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันในทางสถิติ *(p<.05)*

** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคอกปกติและคอกที่ให้ความเย็น ซึ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติยิ่ง *(p<.01)*

ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในเลือด (plasma cortisol)

โคที่เลี้ยงในคอกที่ให้ความเย็นมีความเข้มข้นของฮอร์โมนคอร์ติซอลอยู่ระหว่าง 0.17 – 0.38 µg/dl หรือ 17 – 35 ng/ml ซึ่งต่ำกว่า *(p<.05)* โคกลุ่มที่อยู่ในคอกปกติ ที่อยู่ระหว่าง 0.34 – 1.06 µg/dl หรือ 34 – 106 ng/ml (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับ Elvinger *et al.* (1992) ที่พบว่าโคกลุ่มที่อยู่ในสภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนมีระดับคอร์ติซอลมากกว่าโคที่อยู่ในสภาวะปกติ (12.7 ng/ml กับ 9.4 ng/ml) โดยเฉพาะในช่วงแรกของการเกิดความเครียด (1-6 วันแรก) แต่ก็มีบางรายงาน ที่พบว่าระดับคอร์ติซอลจะกลับสู่ระดับปกติเมื่อโคอยู่ในสภาวะเครียดเรื้อรัง (chronic heat stress) (Christison and Johnson, 1972) ในขณะที่บางรายงานพบว่าระดับคอร์ติซอลยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาประมาณ 30 วันของโคที่อยู่ในสภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองครั้งนี้ขัดแย้งกับรายงานของ West *et al.* (1991) และ Johnson *et al.* (1991) ที่พบว่าโคนมที่อยู่ในสภาพเครียดเนื่องจากความร้อนมีระดับคอร์ติซอลไม่แตกต่างจากโคที่อยู่ในสภาวะปกติ (8.36 vs 9.04 ng/ml) ในขณะที่ Abilay *et al.* (1975) พบว่าโคนมที่อยู่ในสภาพเครียดเนื่องจากความร้อนมีระดับ cortisol ลดลง

ความเข้มข้นของคอร์ติซอลของการทดลองในครั้งนี้สูงมากเมื่อเทียบกับการทดลองอื่นๆ ซึ่งยังไม่สามารถระบุสาเหตุได้

ตารางที่ 4 ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลก่อนเริ่มทดลองและในระหว่างการทดลอง

Plasma Cortisol concentration	Control (X ± SD)	Cooled (X ± SD)
Prior Exp. (ng/dl)	64 ± 0.37[a]	35 ± 0.21[a]
PG injection-day (ng/dl)	106 ± 0.62[a]	33 ± 0.24[a]
AI-day(µg/dl)	34 ± 0.04[a]	17 ± 0.23[a]
15-d post AI (ng/dl)	101 ± 1.21[a]	38 ± 0.18[b]

[a,b] ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแถวนอนเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันในทางสถิติ *($p<.05$)*

ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Plasma Progesterone)

โคที่เลี้ยงในคอกที่ให้ความเย็นมีระดับ progesterone ในวันที่ฉีด $PGF_{2\alpha}$ ค่อนข้างแปรปรวนมาก ตั้งแต่มีน้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้จนถึง 2.83 ng/ml (ตารางที่ 5) เช่นเดียวกับระดับ progesterone เมื่อ 15 วันหลังการผสมเทียม ที่มีค่าตั้งแต่น้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้จนถึง 7.27 ng/ml และจะพบว่าโคตัวที่ไม่แสดงพฤติกรรมการเป็นสัดหรือเป็นสัดแต่ผสมไม่ติดจะมีระดับ progesterone ต่ำทั้งในวันที่ฉีด $PGF_{2\alpha}$ และในวันที่ 15 หลังการผสมเทียม

ขณะที่ โคที่เลี้ยงในคอกปกติมีระดับ progesterone ในวันที่ฉีด $PGF_{2\alpha}$ ตั้งแต่มีน้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้จนถึง 9.59 ng/ml ส่วนระดับ progesterone เมื่อ 15 วันหลังการผสมเทียมมีค่าตั้งแต่น้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้จนถึง 6.41 ng/ml และส่วนใหญ่ของโคที่มีระดับ progesterone ต่ำจนไม่สามารถตรวจพบได้ จะไม่ตั้งท้อง ยกเว้นโคหมายเลข C-39 ซึ่งมีระดับ progesterone สูง แต่พบว่าไม่ตั้งท้อง เมื่อตรวจด้วยเครื่อง ultrasonography ที่ 30 วันหลังการผสม และตรวจด้วยการล้วงผ่านทางทวารหนักเมื่อ 45 วันหลังการผสม ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ามีการตายของตัวอ่อนในช่วงระหว่างวันที่ 16-30 หลังการผสม

ตารางที่ 5 ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนของโคนมในวันที่ฉีด $PGF_{2\alpha}$ และในวันที่ 15 หลังการผสม

Cattle ID	PG-inject day (ng/ml)	Estrus & AI	on 15-d post AI (ng/ml)	Result*
Control group				
21		estrus	7.07	PR
27	9.59	estrus	5.65	PR
188	2.91	estrus	5.30	PR
224	-	estrus	-	NP
C-38	-	estrus	-	NP
C-40	-	estrus	-	NP
C-42	-	no	-	Culled
C-28	-	estrus	3.64	PR
C-30	6.72	estrus	4.12	PR
C-39	4.14	estrus	6.41	NP
227	4.69	estrus	4.97	PR
X ± SD	5.61 ± 2.62[a]		5.31 ± 1.21[a]	
Cooled group				
C-45	0.07	estrus	5.99	PR
215	2.83	estrus	7.27	PR
218	0.60	estrus	1.83	NP
221	0.83	estrus	6.63	PR
226	-	No	-	Culled
229	-	estrus	-	NP
231	-	No	-	Culled
232	1.58	estrus	5.42	PR
X ± SD	1.18 ± 1.07[a]		5.43 ± 2.13[a]	

- หมายถึง มีความเข้มข้นของฮอร์โมนน้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้

[a] ตัวอักษรที่เหมือนกัน ในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ *(p>.05)*

*PR = ตั้งท้อง, NP= ไม่ท้อง และ Culled = โคที่มีเป็นสัดหลังการฉีด $PGF_{2\alpha}$ และไม่ได้รับการผสม

ผลของความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อการทำงานของ CL ส่วนใหญ่ตรวจวัดจากความเข้มข้นของ Progesterone ในเลือด ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีบทบาทสำคัญในการทำงานและการปรับสภาพของมดลูกเพื่อให้เหมาะสมสำหรับการเกาะตัวของตัวอ่อนและการตั้งท้อง ในกระต่ายที่เกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนมีระดับ progesterone ในเลือดต่ำกว่าปกติ 30 % (Lublin and Wolfenson, 1996) และรายงานส่วนใหญ่ (Wise *et al.*, 1998b และ Wolfenson *et al.*, 1988) พบว่าโคนมที่เกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนแบบต่อเนื่องยาวนาน (chronic heat stress) มีระดับ progesterone ในเลือดต่ำลง ขณะที่โคนมเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนแบบฉับพลัน พบว่าระดับ progesterone ในเลือดสูงขึ้น (Thatcher and Collier, 1986 และ Wise *et al.*, 1988a) ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาการฝ่อตัวของ CL (luteolysis) ข้าออกไป จึงทำให้วงรอบการเป็นสัดยาวนานขึ้นมากกว่าปกติ นอกจากนั้นแล้ว การมี progesterone ต่ำมีผลกระทบทั้งก่อนและหลังการผสม กล่าวคือ ถ้าในเลือดมี progesterone ต่ำจะทำให้การแก่ตัวของ oocyte ในไข่ที่กำลังจะตกไข่ (graafian follicle) ผิดปกติ นอกจากนั้นแล้วยังทำให้เกิดการตายของตัวอ่อนในระยะต้นมากขึ้น (Ahamad *et al.*, 1995)

ระดับ Plasma Follicle Stimulating Hormone (FSH) และ Luteinizing Hormone (LH)

FSH ที่พบในพลาสมาของโคทดลองมีความเข้มข้นต่ำมากและส่วนใหญ่เครื่องไม่สามารถตรวจวัดได้ ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 3 จึงไม่สามารถสรุปผลของการให้ความเย็นแก่โคต่อระดับของ FSH ได้

LH ในพลาสมาของโคที่เลี้ยงในคอกที่ให้ความเย็น ณ วันที่ผสมพันธุ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.48 ± 1.71 ซึ่งไม่มีความแตกต่าง *($p>.05$)* จากระดับ LH ในโคที่เลี้ยงในคอกปกติ ดังตารางที่ 6

FSH และ LH เป็นฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior pituitary gland) ฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิดนี้มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาของไข่ (follicle) การตกไข่ (ovulation) และการพัฒนาของ corpus luteum (CL) ในระยะต้นของวงรอบการเป็นสัด (metoestrous และ dioestrous) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับผลของความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อความเข้มข้นของฮอร์โมนเหล่านี้มีอย่างค่อนข้างจำกัด และยังได้ผลที่แตกต่างกัน กล่าวคือมีทั้งรายงานที่พบว่าความเครียดเนื่องจากความร้อนทำให้ LH และ GnRH-LH induced เพิ่มขึ้น (Roman-Ponce *et al.*, 1981) และไม่เปลี่ยนแปลง (Gwazdauskas *et al.*, 1981) ตลอดจนลดลง (Wise *et al.*, 1988a) เช่นเดียวกันกับผลต่อความเข้มข้นของ FSH และ GnRH-FSH induced ซึ่งมีทั้งรายงานที่พบว่าเพิ่มขึ้น (Armstrong *et al.*, 1986) และลดลง (Gilad *et al.*, 1993)

ตารางที่ 6 ระดับฮอร์โมน LH ก่อนเริ่มทดลองและในระหว่างการทดลอง

Plasma LH concentration	Control (X ± SD)	Cooled (X ± SD)
Prior Exp. (µg/dl)	0.57 ± 0.46^{a}	0.74 ± 0.57^{a}
PG injection-day (µg/dl)	0.89 ± 0.79^{a}	0.32 ± 0.45^{a}
AI-day(µg/dl)	0.51 ± 0.48^{a}	1.48 ± 1.71^{a}
15-d post AI (µg/dl)	0.88 ± 0.00^{a}	0.35 ± 0.00^{b}

[a,b] ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแถวนอนเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันในทางสถิติ *(p<.05)*

อัตราการผสมติด

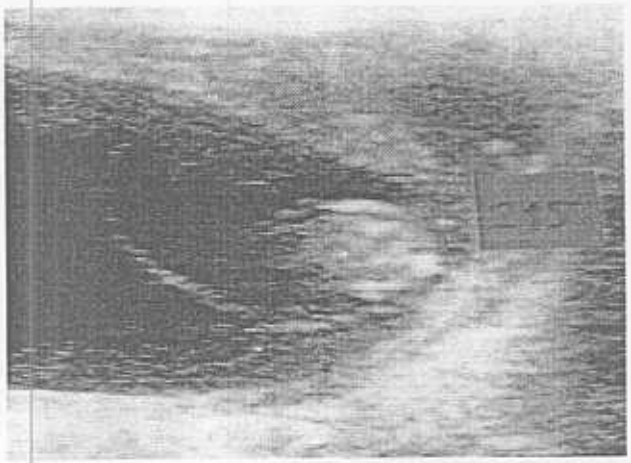
โคกลุ่มที่เลี้ยงในคอกปกติจำนวน 11 ตัว หลังจากฉีด $PGF_{2\alpha}$ ครั้งที่ 2 มีโคที่แสดงการเป็นสัดและได้รับการผสมระหว่าง 2-4 วันหลังการฉีดฮอร์โมน จำนวน 10 ตัว เมื่อตรวจท้องด้วยเครื่องอุลตราซาวด์ในวันที่ 30 หลังการผสมเทียม (รูปที่ 5) และตรวจท้องอีกครั้ง เพื่อยืนยันผลเมื่อ 45 หลังการผสมเทียม พบว่ามีโคตั้งท้องจำนวน 6 ตัว คิดเป็น 60 %ของจำนวนโคที่ได้รับการผสม (ตารางที่ 7) ในขณะที่โคกลุ่มที่เลี้ยงในคอกที่ให้ความเย็นจำนวน 8 ตัว มีโคที่แสดงการเป็นสัดและได้รับการผสมเทียม หลังการฉีด $PGF_{2\alpha}$ ครั้งที่ 2 จำนวน 6 ตัว และมีโคตั้งท้องจำนวน 4 ตัว คิดเป็น 66.7 % ของโคที่ได้รับการผสมเทียม ซึ่งอัตราการผสมติดหรืออัตราการตั้งท้องของโคทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ *(p>.05)* ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Stott and Wiersma (1976) ที่ให้ความเย็นแก่โคตั้งแต่วันแรกที่ผสมเทียม จนถึง 4 - 6.5 วันหลังผสม พบว่าโคกลุ่มที่ให้ความเย็น มีอัตราการตั้งท้อง 30% ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ให้ความเย็น (22%) และผลการทดลองของ Her *et al.* (1988) ซึ่งให้ความเย็นก่อนวันผสม 1 วัน จนกระทั่งถึง 8 วันหลังผสม พบว่าโคกลุ่มที่ให้ความเย็นมีอัตราการตั้งท้อง 31% ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ให้ความเย็น (36%) แต่ขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Gauthier (1983) ที่ให้ความเย็นก่อนการผสม 2 วันจึงกระทั่งหลังผสม 10 วัน และพบว่าโคกลุ่มที่ให้ความเย็น มีอัตราการตั้งท้อง 53% แตกต่าง *(p<.05)* จากกลุ่มที่ไม่ให้ความเย็น (13%) และ Ealy *et al.* (1994) ซึ่งให้ความเย็นก่อนการผสม 3 วันจึงกระทั่งหลังผสม 6 วัน และพบว่าโคกลุ่มที่ให้ความเย็น มีอัตราการตั้งท้อง 16% แตกต่าง *(p<.02)* จากกลุ่มที่ไม่ให้ความเย็น (6.2%)

ข้อสันนิฐานที่อัตราการผสมติดของโคทั้ง 2 กลุ่มในการทดลองครั้งนี้ไม่แตกต่างกันน่าจะมาจากสาเหตุ 2 ประการ คือ 1) โคทั้ง 2 กลุ่มต่างก็ไม่อยู่ในสภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน หรือทั้ง 2 กลุ่มอยู่ในสภาวะเครียดเหมือนกัน 2) ความเครียดเนื่องจากความร้อน ทั้งก่อนและหลังช่วงที่มีการให้ความเย็น ยังคงมีผลกระทบต่อการพัฒนาของตัวอ่อนหรือยังมีผลต่อการการปฏิสนธิและการตายของตัวอ่อน

ตารางที่ 7 อัตราการตั้งท้องของโคทดลองเมื่อตรวจท้องที่ 30 และ 45 วันหลังการผสม

Parameter	Control	Evaporative cooling
Total number of cattie (head)	11	8
No. of cattle show estrous & AI	10	6
No. of pregnant cattle (head)	6	4
Conception rate (%)	60.00 ^{NS}	66.70 ^{NS}

^{NS} ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (p>.05)



รูปที่ 5 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข 215 ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์

สรุป

โรงเรือนที่ดัดแปลงให้มีการให้ความเย็นด้วยระบบระเหยไอเย็น (evaporative cooling system) สามารถลดอุณหภูมิและดัชนีอุณหภูมิ-ความชื้น (Temperature-Humidity Index; THI) ลงได้ประมาณ 3 หน่วย เมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อมนอกโรงเรือน โคที่เลี้ยงในคอกปกติมีอัตราการหายใจเฉลี่ย 42.95 ครั้งต่อนาที ซึ่งสูงกว่าโคที่เลี้ยงในคอกที่มีการให้ความเย็น (32.59 ครั้งต่อนาที) เช่นเดียวกันกับอุณหภูมิร่างกายของโคที่เลี้ยงในคอกปกติที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าโคที่เลี้ยงในคอกที่ให้ความเย็น (39.04 กับ 38.81 องศาเซลเซียส) ในขณะที่ระดับฮอร์โมน Cortisol, Progesterone, Follicle stimulating hormone และ Luteinizing hormone ไม่มีความแตกต่างกัน ในทำนองเดียวกันกับอัตราการผสมติดที่พบว่า โคที่เลี้ยงในคอกปกติไม่แตกต่างจากโคที่เลี้ยงในคอกที่ให้ความเย็น คือมีค่าเท่ากับ 60 และ 66.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. โรงเรือนที่ให้ความเย็นด้วยระบบระเหยไอเย็นควรมีระบบการเปิดผนังด้านข้างแบบอัตโนมัติเมื่อไฟฟ้าดับ กล่าวคือเมื่อไฟฟ้าดับผนังด้านข้างของโรงเรือนต้องเปิดออกเพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศ หรืออาจต้องมีเครื่องปั่นไฟฟ้าสำรอง มิเช่นนั้นแล้วจำเป็นต้องมีคนดูแลตลอดเวลา
2. จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการให้ความเย็น 10-18 วัน ก่อนการผสมจนถึง 15 วันหลังการผสม ไม่มีผลต่ออัตราการผสมติด สำหรับโคนมสาวลูกผสมที่มีเลือดโฮลสไตน์ 87.5-92% ดังนั้นการทดลองครั้งต่อไปควรใช้แม่โคช่วงตั้งแต่วันคลอดจนถึง 60 วันหลังคลอด เนื่องจากเป็นช่วงวิกฤติทั้งด้านการให้ผลผลิตนมและการสืบพันธุ์ แต่การใช้โครยะยะรีดนมในการทดลอง อาจมีความยุ่งยากในการรีดนม ซึ่งต้องทำในโรงเรือนที่ให้ความเย็น
3. การทดลองครั้งต่อไปควรมีการศึกษาต้นทุนการผลิตร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

สุวิช บุญโปร่ง หาญชัย อัมภาผล จำเริญ เที่ยงธรรม และ ชาญวิทย์ วัชรพุกก์. 2541. ผลของการจัดการโรงเรือนต่างกัน 3 แบบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทางสรีรวิทยาบางประการและการให้ผลผลิตนมในโคนมลูกผสมออสเตรเลียนฟรีเชียน-ซาฮิวาล. รายงานผลงานวิจัยการปศุสัตว์ประจำปี 2541 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมปศุสัตว์.161-174.

Abilay, T.A., H.D. Johnson, and M. Madan. 1975. Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. J. Dairy Sci. 58: 1836-1840.

Ahamad, N., Schrick, F.N., Butcher, R.L., Inskeep. E.K. 1995. Effect of persistent follicles on early embryonic losses in beef cows. Bil. Reprod. 52, 1129-1135.

Ambrose, J.D., M. Drost, R.L. Monson, J.J. Rutledge, M.L. Leibfried-Rutledge, M-J. Thatcher, T. Kassa, M. Binelli, P.J. Hansen, P.J. Chenoweth, and W.W. Thatcher. 1999. Efficacy of timed embryo transfer with fresh and frozen *in vitro* produced embryos to increase pregnancy rates in heat-stressed dairy cattle. J. Dairy Sci. 82: 2369-2376.

Armstrong, J.D., Britt. J.H., Cox, N.M., 1986. Seasonal differences in fuction of the hypothalamus-hypophysial-ovarian axis in weaned primiparous sows. J. Reprod. Fert. 78, 11-20.

Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. J. Dairy Sci. 77: 2044.

Badinga, L., R. J. Collier, W. W. Thatcher, and C. J. Wilcox. 1985. Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environments. J. Dairy Sci. 68:78.

Cavestany, D., A. B. El-Whishy, and R. H. Foot. 1985. Effect of season and high environmental temperature on fertility of Holstein cattle. J. Dairy Sci. 68:1471.

Chen, K.H., J.T. Huber, C.B. Theurer, D.V. Armstrong, R.C. Wanderley, J.M. Simas, S.C. Chan and J.L. Sullivan. 1993. Effect of protein quality and evaporative cooling on lactational performance of Holstein cows in hot weather. J. Dairy Sci. 76: 819-825.

Christison, G.I., and H.D. Johnson. 1972. Cortisol turnover in heat-stressed cows. J. Anim. Sci. 35: 1005.

Ealy, A. D., C. F. Arechiga, D. R. Bray, C. A. Risco and P. J. Hansen. 1994. Effectiveness of short-term cooling and vitamin A for alleviation of infertility induced by heat stress in dairy cows. J. Dairy Sci. 77:3601-3607.

Ealy, A. D., M. Drost, and P. J. Hansen. 1993. Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. J. Dairy Sci. 76:2899.

Ealy, A. D., M. Drost, C. M. Barros and P. J. Hansen. 1992. Thermoprotection of preimplantation bovine embryos from heat shock by glutathione and taurine. Cell Biol. Int. Rept. 16:125.

Elvinger, F., R.P. Natzke, and P.J. Hansen. 1992. Interactions of heat stress and Bovine Somatotropin affecting physiology and immunology of lactating cows. J. Dairy Sci. 75: 449-462.

Feder, M. E. and G. E. Hofmann. 1999. Heat-shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: evolutionary and ecological physiology. Annu. Rev. Physiol. 61:243.

Flamenbaum, I. 1999. Management of dairy cows in hot climate conditions. State of Israel-Ministry of agriculture, Extension service, Cattle division, Israel.

Gauthier, D. 1983. Technique permettant d'ameliorer la fertilite des femelles francaises frisonnes pie noire (FFPN) en climat tropical. Influence sur l'evolution de la progesterone plasmatique. Reprod. Nutr. Dev. 23:129.

Gilad, E., Meidan, R., Berman, A., Graber. Y., Wolfenson, D., 1993. Effect of heat stress on tonic and GnRH-induced gonadotrophin secretion in relation to concentration of oestradiol in plasma of cyclic cows. J. Report. Fert. 99, 315-321

Gordon, I. 1996. Controlled reproduction in cattle & buffaloes. CAB international Wallingford, Oxon OX 10 8DE, UK.

Gwazdauskas, F.C., Thatcher, W.W., Kiddy, C.A., Paape, M.J., Wilcox, C.J., 1981. Hormonal pattern during heat stress following their salt induced luteal regression in heifers. Theriogenology. 16, 271-285.

Hafez, E. S. E. 1968. Adaptation of Domestic Animals. Lea and Febiger, Philadelphia.

Hansen, P.J., W.W. Thatcher, and A.D. Ealy. 1992. Methods for reducing effects of heat stress on pregnancy. In: H.H. Van Horn and C.J. Wilcox (Ed.) Large Dairy Herd Management. P. 116. American Dairy Science Association, Champaign, IL.

Her, E., D. Wolfenson, I. Flamenbaum, Y. Folman, M. Kaim, and A. Berman. 1988. Thermal, productive, and reproductive responses of high yielding cows exposed to short-term cooling in summer. J. Dairy Sci. 71:1085.

Johnson, H.D., R. Li, W. Manalu, K.J. Spencer-Johnson, B. Ann Becker, R.J. Collier and C.A. Baile. 1991. Effects of Somatotropin on milk yield and physiological responses during summer farm and hot laboratory conditions. J. Dairy Sci. 74: 1250-1262.

Lindquist, S. and E. A. Craig. 1988. The heat-shock proteins. Annu. Rev. Genet. 22:631.Malayer, J. R., J. W. Pollard and Hansen, P. J. 1992. Modulation by alanine and taurine of thermal killing of lymphocytes and preimplantation embryos. Am. J. Vet. Res. 53:689.

Lublin, A., Wolfenson, D., 1996. Lactation and pregnancy effects on blood folw to mammary and reproductive systems in HS rabbits. Comp. Biochem. Physiol. 115A, 277-285.

Malayer, J. R., J. W. Pollard and Hansen, P. J. 1992. Modulation by alanine and taurine of thermal killing of lymphocytes and preimplantation embryos. Am. J. Vet. Res. 53:689.

McDowell, R.E. 1972. Effect of heat stress on energy and water utilization of lactating cows. J. Dairy Sci. 52: 188-191.

Moseley, P. L. 1997. Heat shock proteins and heat adaptation of the whole organism. App. Physio. 83: 1413.

NOAA. 1976. Livestock hot weather stress. United State Dept. of Commerce, Natl. Oceanic and Atmospheric Admin., Natl. Weather Service Central Region. Regional Operations Manual Letter C-31-76.

Ominski, K.H., A.D. Kennedy, K.M. Wittenberg and S.A. Moshtaghi Nia. 2002. Physiological and Production responses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress. J. Dairy Sci. 85:730-737.

Roman-Ponce, H., Thatcher, W.W., Wilcox, C.J., 1981. Hormonal interrelationships and physiological responses of lactating dairy cows to shade management system in a tropical environment. Theriogenology. 16, 139-154.

Roth, Z., Arav, A., Bor, A., Zeron, Y., Ocheretny, A., Wolfenson, D., 1999. Enhanced removal of impaired follicles improves the quality of oocytes collected in the autumn from summer heat-stressed cows. Ann. Meeting, Soc. For the Study of Fertility. Aberystwyth, Abstract 78.

SAS® User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. 1985. SAS Inst., Inc., Cary, NC.

Stott, G. H., and F. Wiersma. 1976. Short term thermal relief for improved fertility in dairy cattle during hot weather. Int. J. Biometeorol. 20: 344.

Tarazon-Herrera, M., J.T. Huber, J. Santos, H. Mena, L. Nusso, and C. Nussio. 1999. Effects of Bovine Somatotropin and evaporative cooling plus shade on lactation performance of cows during summer heat stress. J. Dairy Sci. 82: 2352-2357.

Thatcher, W.W., Collier, R.J. 1986. Effects of climate on bovine reproduction. In: Morrow, D.A.(Ed), Current Therapy in Theriogenology: Diagnosis, Treatment and prevention of Reproductive Diseases in Small and Large Animals. W.B. Saunders, Philadelphia, PA., pp.301-309.

West, J.W., B.G. Mullinix, and T.G. Sandifer. 1991. Effects of Bovine Somatotropin on physiologic responses of lactating Holstein and Jersey cows during hot, humid weather. J. Dairy Sci. 74: 840-851.

Wiersma, F. 1990. Temperature-humidity index table for dairy producers to estimate heat stress for dairy cows. Dept. Agric. Eng., Univ. Arizona, Tucson.

Wilson, S.J., Marion, R.S., Spain, J.N., Spiers, D.E., Keisler, D.H., Lucy, M.C., 1998. Effect of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 1. Lactating cows. J. Dairy Sci. 81, 2124-2131.

Wise, M.E., Armstrong, D.B., Huber, J.T., Hunter, R., Wiersma, F., 1988a. Hormonal alterations in the lactating dairy cow in response to thermal stress. J. Dairy Sci. 71, 2480-2485.

Wise, M.E., Rodreguez, R.E., Armstrong, D.B., Huber, J.T., Weirsma, F., Hunter, R., 1988b. Fertility and hormonal responses to temporary relirf of heat stress in lactating dairy cows. Theriogenology. 29, 1027-1035.

Wolfenson, D., Flamenbum, I., Berman, A., 1988. Hyperthermia and body energy store effects on estrous behavior, conception rate, and corpus luteum function in dairy cows. J. Dairy Sci. 71, 3497-3540.

Wolfenson, D., Thatcher, W.W., Badinga, L., Savio, J.D., Meidan, R., Lew, B.J., Braw-Tal, R., Berman, A., 1995. Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. Biol. Reprod. 52, 1106-1113.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยของสภาพอากาศในทุกๆชั่วโมงของทุกวัน ตลอดการทดลอง

	Control			Cooled		
Time	Temp (°C)	Humid (%)	THI	Temp (°C)	Humid (%)	THI
0:00	25.03	87.62	73.13	24.45	90.83	74.23
1:00	24.80	89.53	76.29	24.16	92.15	74.71
2:00	24.48	91.56	75.70	23.88	92.69	74.29
3:00	24.18	92.72	75.55	23.70	92.81	74.07
4:00	24.02	95.97	75.02	23.43	93.21	73.53
5:00	23.74	97.00	74.21	23.44	93.41	73.59
6:00	23.49	97.00	73.50	23.34	93.83	73.42
7:00	24.80	97.00	77.57	24.41	94.24	75.28
8:00	29.10	82.60	81.86	25.30	89.57	76.41
9:00	29.35	80.90	82.36	26.94	85.12	78.60
10:00	30.76	71.43	83.29	28.04	79.74	79.66
11:00	31.95	63.75	83.77	29.28	74.88	80.90
12:00	32.70	58.88	84.00	29.88	71.71	81.32
13:00	33.55	56.63	84.37	30.47	68.84	81.76
14:00	33.83	54.38	84.32	30.90	66.28	82.01
15:00	33.35	56.49	83.64	30.73	66.99	81.84
16:00	32.88	57.35	83.16	30.42	67.51	81.46
17:00	31.62	60.10	81.96	29.69	69.01	80.66
18:00	29.43	68.72	80.17	27.99	75.69	79.04
19:00	27.75	76.29	78.65	26.41	82.82	77.43
20:00	27.03	78.69	78.77	25.68	86.05	76.60
21:00	26.28	82.89	77.98	25.15	87.98	75.95
22:00	25.82	83.79	77.39	24.75	89.48	75.20
23:00	25.43	86.03	76.92	24.41	90.51	75.05
Mean	28.14	77.80	79.32	26.54	83.14	77.38
SE	0.13	0.10	0.19	0.12	0.05	0.04

ตารางภาคผนวกที่ 2 ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลก่อนเริ่มทดลองและในระหว่างการทดลอง

Cattle ID	Cort. before Exp. (µg/dl)	Cort. on PG inject-day (µg/dl)	Cort. on AI-day(µg/dl)	Cort. on 15-d post AI (µg/dl)	Result
Cooled group					
C-45	0.37	-*	-	0.28	PR
215	0.15	-	0.33	0.29	PR
218	-	0.17	-	-	NP
221	-	-	0.01	0.68	PR
226	0.63	-	-	-	Culled
229	-	0.22	-	0.39	NP
231	-	0.61	-	-	Culled
232	0.25	-	-	0.25	PR
X ± SD	0.35 ± 0.21	0.33 ± 0.24	0.17 ± 0.23	0.38 ± 0.18	
Control group					
21	0.50	-		-	PR
27	-	0.62	-	3.08	PR
188	0.55	-	-	0.26	PR
224	-	1.49	-	-	NP
C-38	0.43	-	-	-	NP
C-40	1.26	-	-	-	NP
C-42	-	-	-	-	Culled
C-28	0.88	-	-	-	PR
C-30	0.21	-	0.37	1.11	PR
C-39	-	-	0.31	0.20	NP**
227	-	-	-	0.41	PR
X ± SD	0.64 ± 0.37	1.06 ± 0.62	0.34 ± 0.04	1.01 ± 1.21	

* very low concentration of hormone and could not detected

PR = Pregnant, NP = No pregnant, Culled = No estrous and AI

ตารางภาคผนวกที่ 3 ระดับ FSH ก่อนเริ่มทดลองและในระหว่างการทดลอง

Cattle ID	FSH before Exp. (µg/dl)	FSH on PG inject-day (µg/dl)	FSH on AI-day(µg/dl)	FSH on 15-d post AI (µg/dl)	Result
Cooled group					
C-45	-*	-	-	-	PR
215	-	1.00	-	-	PR
218	-	-	-	-	NP
221	-	0.76	-	-	PR
226	-	-	-	-	Culled
229	-	-	-	-	NP
231	-	-	-	-	Culled
232	-	-	-	-	PR
Control group					
21	-	-	-	2.36	PR
27	-	-	-	-	PR
188	-	-	-	2.13	PR
224	-	-	1.93	-	NP
C-38	-	-	-	-	NP
C-40	-	-	0.91	-	NP
C-42	-	-	-	-	Culled
C-28	2.86	-	-	-	PR
C-30	-	-	-	-	PR
C-39	-	-	-	-	NP**
227	-	-	-	-	PR

* very low concentration of hormone and could not detected

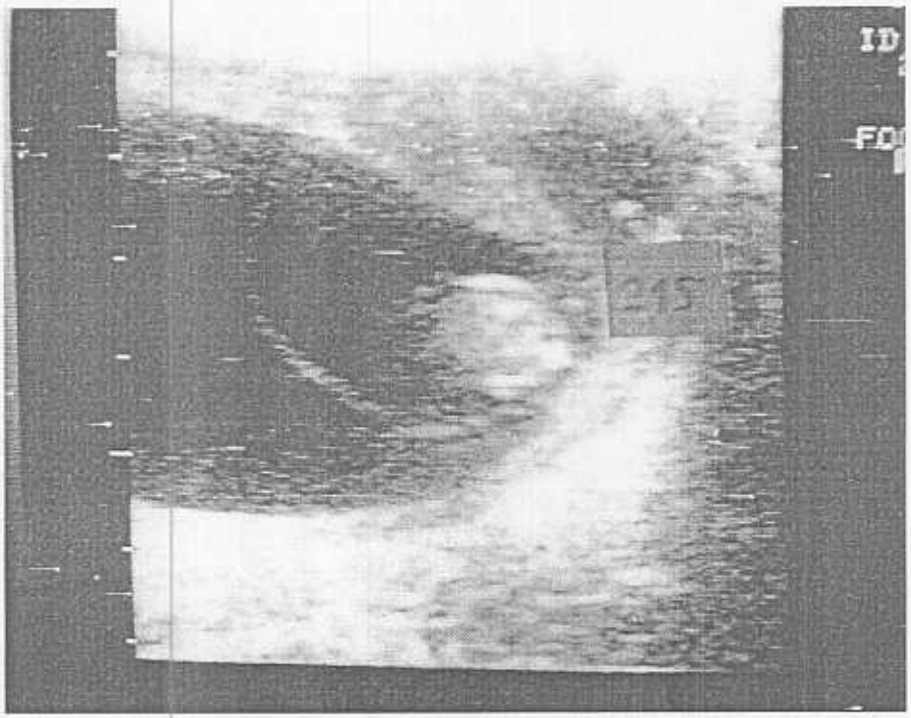
PR = Pregnant, NP = No pregnant, Culled = No estrous and AI

ตารางภาคผนวกที่ 4 ระดับ LH ก่อนเริ่มทดลองและในระหว่างการทดลอง

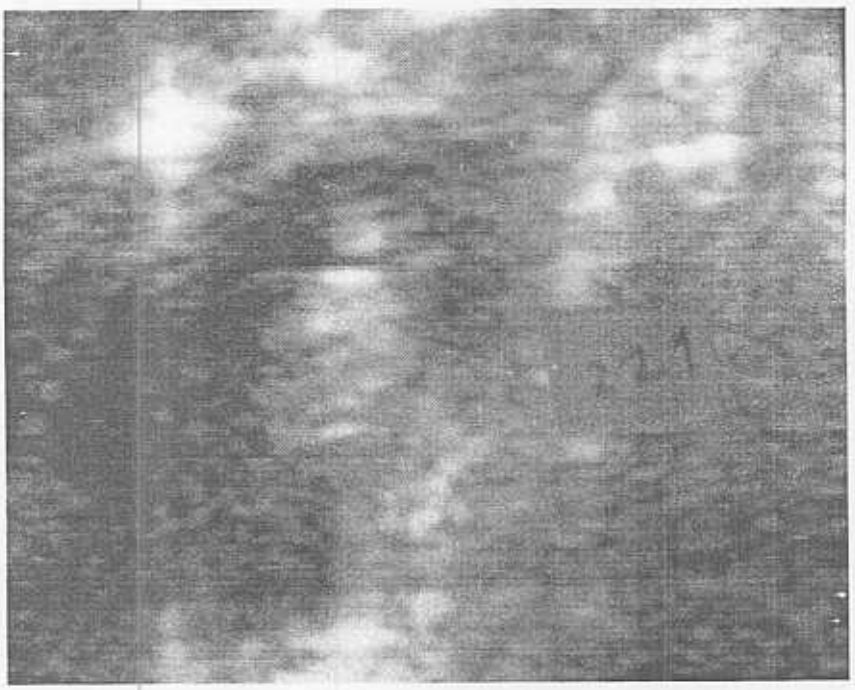
Cattle ID	LH before Exp. (µg/dl)	LH on PG inject-day (µg/dl)	LH on AI-day(µg/dl)	LH on 15-d post AI (µg/dl)	Result
Cooled group					
C-45	1.35	0.10	1.06	-	PR
215	-*	-	3.36	-	PR
218	-	-	0.02	0.35	NP
221	-	-	-	-	PR
226	-	1.00	-	-	Culled
229	0.67	-	-	-	NP
231	0.21	0.05	-	-	Culled
232	-	0.14	-	-	PR
X ± SD	0.74 ± 0.57	0.32 ± 0.45	1.48 ± 1.71	0.35	
Control group					
21	0.04	-	-	-	PR
27	-	-	0.99	-	PR
188	0.67	-	-	-	PR
224	-	1.88	-	-	NP
C-38	-	1.51	-	-	NP
C-40	-	0.81	0.03	-	NP
C-42	-	0.14	-	-	Culled
C-28	0.05	-	-	-	PR
C-30	1.03	0.12	0.51	-	PR
C-39	0.56	-	-	0.88	NP
227	1.09	-	-	-	PR
X ± SD	0.57 ± 0.46	0.89 ± 0.79	0.51 ± 0.48	0.88	

* very low concentration of hormone and could not detected

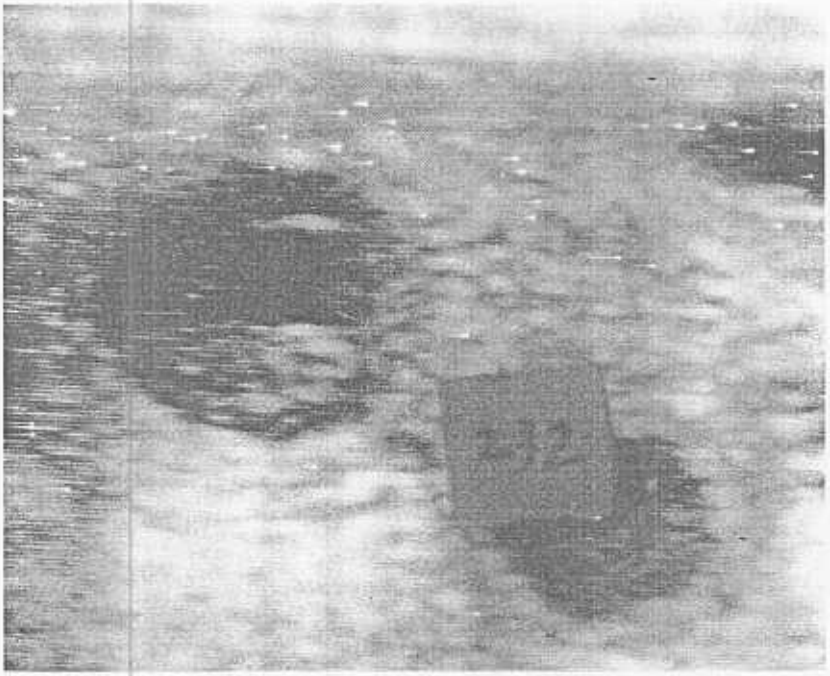
PR = Pregnant, NP = No pregnant, Culled = No estrous and AI



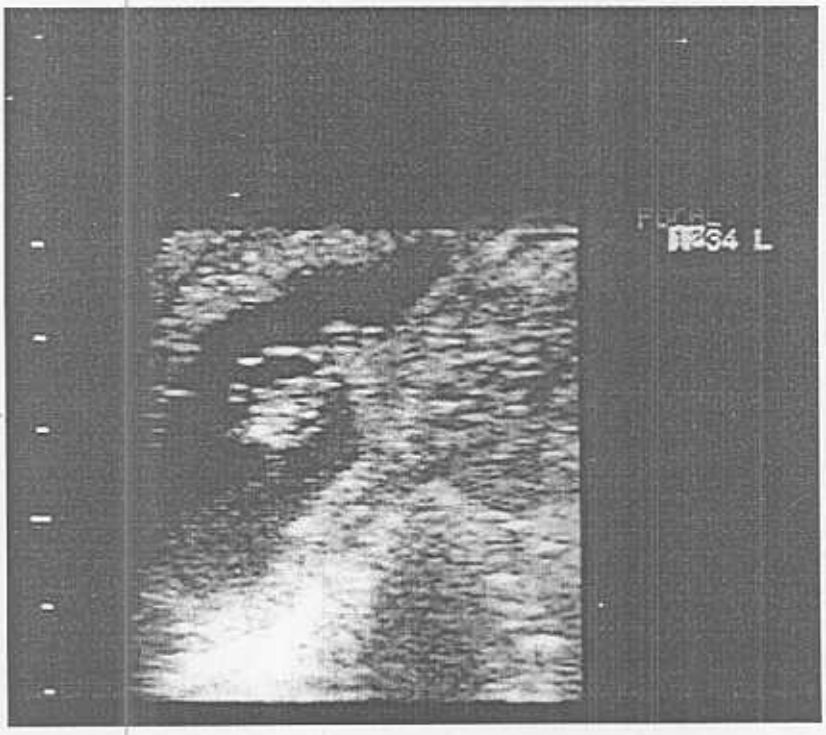
รูปภาคผนวกที่ 1 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข 215
ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์



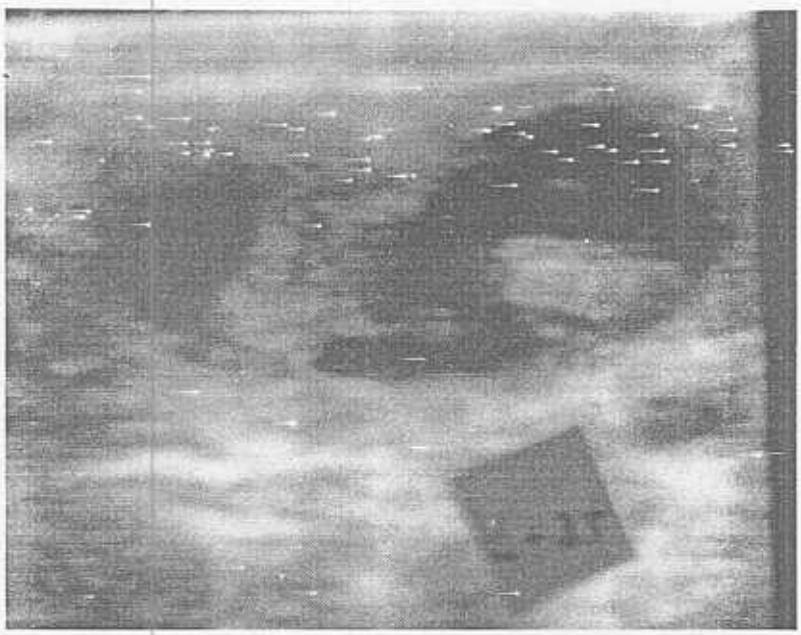
รูปภาคผนวกที่ 2 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข 221
ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์



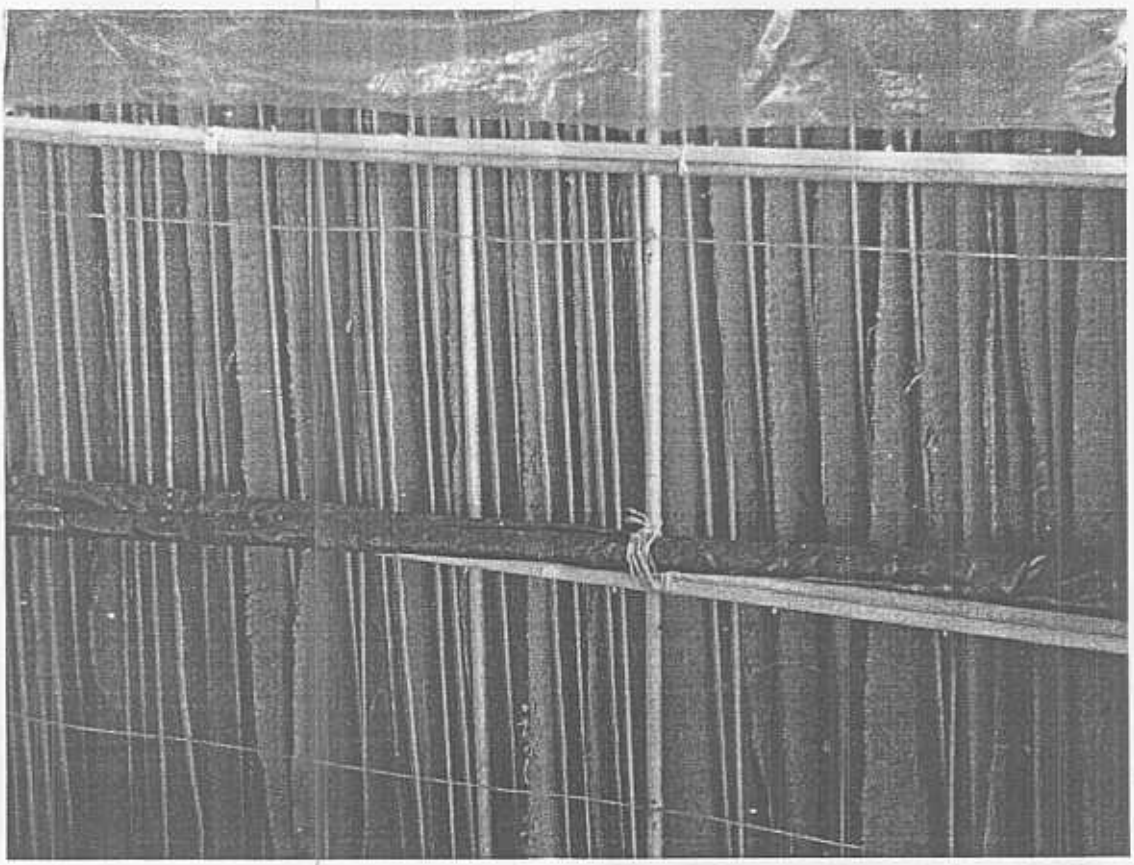
รูปภาคผนวกที่ 3 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข 232 ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์



รูปภาคผนวกที่ 4 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข C-30 ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์



รูปภาคผนวกที่ 5 ตัวอ่อนอายุ 30 วัน ภายในปีกมดลูกของโคหมายเลข C-45 ถ่ายจากจอของเครื่องอุลตราซาวด์



รูปภาคผนวกที่ 6 กระสอบป่านที่ถูกดัดแปลงเป็นรังผึ้ง หรือ cooling pad