

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการผลของความเครียดจากความร้อน-ความชื้นต่อสมรรถภาพทางการ
สืบพันธุ์และการให้น้ำนมของแม่โคเลี้ยงในเขตร้อนชื้น

โดย

อ.น.สพ. ศิริวัฒน์ ทรวงทอง

นางสาว จันทร์เพ็ญ สุวิมลธีระบุตร

ภาควิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาสัตวบาลและวิทยาการสืบพันธุ์

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พฤษภาคม 2548

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการผลของความเครียดจากความร้อน-ความชื้นต่อสมรรถภาพทางการ
สืบพันธุ์และการให้น้ำนมของแม่โคเลี้ยงในเขตร้อนชื้น

คณะผู้วิจัย

อ. น.สพ. ศิริวัฒน์ ทรวงทอง

นางสาว จันทร์เพ็ญ สุวิมลธีระบุตร

ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตววิทยาและวิทยาการสืบพันธุ์

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

รายงานฉบับสมบูรณ์

สัญญาเลขที่ RDG4620028

โครงการ “ผลของความเครียดจากความร้อน-ความชื้นต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์และการให้น้ำนมของแม่โคเลี้ยงในเขตร้อนชื้น”

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน	อ. น.สพ. ศิริวัฒน์ ทรวงทอง
ผู้ร่วมวิจัย	นางสาว จันทรีเพ็ญ สุวิมลธีระบุตร
หน่วยงาน :	ภาควิชาสัตวศาสตร์ ภาควิชาสัตวบาลและวิทยาการสืบพันธุ์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อศึกษาผลกระทบของความเครียดจากความร้อน-ความชื้นต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ ภาวะขาดสมดุลของพลังงาน และการผลิตน้ำนมของแม่โคในเขตร้อนชื้น
- เพื่อหาแนวทางการจัดการสุขภาพแม่โคหลังคลอดลูกและเพิ่มผลผลิตน้ำนมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของโคนม
- เพื่อหาแนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มอัตราการผสมติดเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่โคในเขตร้อนชื้น

Executive Summary

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยได้มีการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 30-40 ปี แต่ปัญหาสำคัญที่ยังคงอยู่คือการเลี้ยงโคนมในประเทศมาตลอดจนถึงปัจจุบัน ก็คือโคนมที่เลี้ยงอยู่มีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตต่ำทำให้มีต้นทุนการผลิตสูง และในสถานการณ์ปัจจุบันการเลี้ยงโคนมมีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นจากปัญหาน้ำมันราคาแพง ร่วมกับนโยบายของรัฐบาลที่จะมีการเปิดการค้าเสรีกับประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตน้ำนมสูง เช่น ประเทศนิวซีแลนด์ และออสเตรเลีย จะทำให้น้ำนมที่ผลิตได้ในประเทศไม่สามารถแข่งขันกับนมและผลิตภัณฑ์นมที่นำเข้ามาจากต่างประเทศได้เลย ถ้าเราไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของโคนมที่มีอยู่ได้ ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตของแม่โคนม คือ พันธุ์ อาหาร และการจัดการ ซึ่งจากการปรับปรุงพันธุ์ที่ผ่านมาเราสามารถพัฒนาสายพันธุ์ให้สามารถปรับตัวได้ขึ้นและมีศักยภาพในการให้ผลผลิตดีพอสมควร แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำทำให้แม่โคนมได้รับสารอาหารไม่เพียงพอและไม่สามารถให้ผลผลิตได้เต็มที่ รวมทั้งส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความสมบูรณ์พันธุ์ จึงได้มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับอาหารและวิธีการจัดการกันมาอย่างต่อเนื่อง แต่ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้โคนมที่เลี้ยงในประเทศไทยมีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตต่ำคือ สภาพภูมิอากาศที่ร้อนและมีความชื้นสูง

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศแบบร้อนชื้นซึ่งมีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี แต่โคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงมักจะเป็นโคนมพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอากาศหนาว เช่น พันธุ์โฮลสไตน์เฟรเชียน ซึ่งเป็นพันธุ์โคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงและได้รับความนิยมในการเลี้ยงมาก เมื่อนำมาเลี้ยงในประเทศไทย โคเหล่านี้ไม่สามารถทนต่อสภาพอากาศและโรคในเขตร้อนชื้นได้ ทำให้ไม่สามารถให้ผลผลิตได้เต็มที่หรือโคบางตัวไม่สามารถดำรงชีพอยู่ได้ ต่อมาจึงได้มีการปรับปรุงพันธุ์โดยผสมพันธุ์โคนมที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอากาศหนาวกับพันธุ์ที่สามารถทน

ต่อสภาพอากาศร้อนขึ้นได้ ทำให้โคนมพันธุ์ลูกผสมที่ได้สามารถทนต่อสภาพอากาศและโรคได้ดีขึ้นแต่โคลูกผสมเหล่านี้จะให้ผลผลิตน้ำนมต่ำกว่าโคนมพันธุ์แท้ ดังนั้นโคนมส่วนใหญ่ที่เลี้ยงในประเทศจะเป็นโคนมพันธุ์ลูกผสมไฮลส์ไดน์ฟรีเซียน ซึ่งได้รับการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์กันอย่างเนื่องเพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น โดยผสมพันธุ์เพิ่มระดับสายเลือดไฮลส์ไดน์ฟรีเซียนให้มากขึ้น และเมื่อโคนมเหล่านี้มีระดับสายเลือดไฮลส์ไดน์ฟรีเซียนเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้โคมีความสามารถในการทนทานต่อสภาพอากาศร้อนลดลง ส่งผลทำให้โคเหล่านี้ มีอาการหายใจถี่(หอบ) กินอาหารลดลง กินน้ำมากขึ้น อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น ไม่สามารถให้ผลผลิตน้ำนมได้เต็มที่ตามศักยภาพของสายพันธุ์ที่มีอยู่ และส่งผลเสียต่อความสมบูรณ์ของร่างกายและระบบสืบพันธุ์ของแม่โคหลังคลอด

การจัดการด้านอาหารเพื่อให้แม่โคสามารถกินอาหารได้มากขึ้นเช่นการเพิ่มจำนวนครั้งในการให้อาหารหรือการปรับสูตรอาหารเพื่อให้โคได้รับสารอาหารเพิ่มขึ้น จะช่วยลดผลกระทบและสามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมของแม่โคเหล่านี้ได้ แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดของอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำและปริมาณการกินอาหารที่ลดลงเนื่องผลกระทบจากสภาพอากาศที่ร้อน ทำให้แม่โคได้รับสารอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการในการผลิตน้ำนมและการดำรงชีพ ส่งผลต่อสุขภาพและระบบสืบพันธุ์ และมีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตไม่เต็มที่

แนวทางการแก้ไขปัญหาโดยการคัดเลือกและการปรับปรุงพันธุ์ รวมทั้งการจัดการด้านอาหาร สามารถทำให้โคมีผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามไม่สามารถทำให้แม่โคเหล่านี้ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้เต็มที่ตามศักยภาพของพันธุ์กรรมที่มีอยู่ได้ เนื่องจากแม่โคยังคงได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศที่ร้อน ซึ่งสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตของแม่โคนม ทำให้แม่โคนมมีผลผลิตน้ำนมและสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ลดลง ดังนั้น ถ้าเราสามารถจัดการสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวโคซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อตัวโค ให้มีความเย็นสบายมากขึ้น จะทำให้โคสามารถให้ผลผลิตตามศักยภาพที่มีอยู่ได้มากขึ้น และมีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น

ในการศึกษาวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาว่าความเครียดจากความร้อนมีผลกระทบกับแม่โคนมหลังคลอดอย่างไร และทำการทดลองปรับสภาพสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรือนโคนมโดยใช้ระบบการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling pad system) ในโรงเรือนแบบปิดที่มีพัดลมขนาดใหญ่ดูดอากาศออกจากโรงเรือน ทำให้อากาศที่ไหลเวียนเข้ามาแทนที่ซึ่งผ่านแผ่นทำความเย็น (Cooling pad) มีอุณหภูมิลดลง ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลายในปศุสัตว์อื่นๆ เช่น ไก่ และ สุกร เป็นต้น จากการศึกษานี้พบว่าระบบนี้ทำให้อากาศภายในโรงเรือนเย็นสบายกว่าภายนอก โดยเฉพาะในตอนกลางวันซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศร้อนมากที่สุด ระบบนี้ทำให้อากาศภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอก 5-6 องศาเซลเซียส แต่จะทำให้อากาศภายในโรงเรือนมีความชื้นเพิ่มขึ้น(มีความชื้นสัมพัทธ์ 86-88%) แต่อย่างไรก็ตามระบบนี้ทำให้อากาศภายในโรงเรือนมีค่าดัชนีวัดระดับความเครียดจากความร้อน(THI)ลดลง ซึ่งทำให้อากาศภายในโรงเรือนมีระดับความเครียดลดลงมาอยู่ในระดับที่มีความเครียดเล็กน้อย($THI < 79$)เมื่อเปรียบเทียบกับภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงและมีค่าระดับความเครียดอยู่ในระดับที่มีความเครียดปานกลางถึงสูงมาก($THI > 79$) ทำให้แม่โคที่เลี้ยงภายในโรงเรือนแบบปิดมีความเย็นสบายมากกว่า และมีอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจต่ำกว่าแม่โคที่เลี้ยงภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้แม่โคเหล่านี้สามารถกินอาหารและให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ความสมบูรณ์ของร่างกายหลังคลอด เช่น ความสมดุลของพลังงานและน้ำหนักตัวหลังคลอดของแม่โคที่เลี้ยงภายในโรงเรือนแบบปิดมีแนวโน้มดีกว่าแม่โคที่เลี้ยงภายนอก แต่อย่างไรก็ตามสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่โคที่เลี้ยงภายในและภายนอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สาเหตุสำคัญที่ยังคงส่งผล

กระทบต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่โคหลังคลอดคือ การสูญเสียตัวอ่อนในระยะแรก ทำให้แม่โคมีอัตราการผสมติดต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากแม่โคยังคงได้รับความเครียดจากความร้อนอยู่และในการศึกษานี้ ยังไม่สามารถลดความเครียดจากความร้อนขึ้นให้หมดไปได้ ดังนั้นควรจะต้องทำการศึกษาวิจัยและหาแนวทางแก้ไขต่อไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของแม่โคนม

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้ระบบนี้ พบว่า แม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบนี้ สามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 5 กก./ตัว/วัน ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นหลังจากหักค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นมา 25.50 บาท/ตัว/วัน ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เป็นค่าอาหาร (67%) ค่าไฟฟ้า (20.7%) และค่าอุปกรณ์โรงเรือนและค่าบำรุงรักษา (12.3%) ดังนั้นถ้าหากเราสามารถจัดการอาหารให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีต้นทุนลดลง หรือมีการนำพลังงานทดแทนมาใช้ เช่น การนำมูลโคที่ได้กลับมาใช้ผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้า และนำกลับมาใช้ในฟาร์ม รวมทั้งการศึกษาวิจัยการใช้วัสดุและอุปกรณ์โรงเรือนที่ทำให้ระบบนี้สามารถทำให้โคมีความเย็นสบายมากขึ้นและสามารถผลิตขึ้นได้ภายในประเทศ จะช่วยทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายและต้นทุนการผลิต และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของแม่โคนมในประเทศได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้จะทำให้ต้นทุนการผลิตได้มีต้นทุนการผลิตลดลงและจะสามารถแข่งขันกับนมและผลิตภัณฑ์นมที่นำเข้าจากต่างประเทศได้

จากผลการศึกษาอาจสรุปได้ว่า โคนมถึงแม้จะได้รับการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ให้ทนต่อสภาพอากาศร้อนและมีพันธุกรรมที่สามารถให้ผลผลิตน้ำนมสูงขึ้นได้ แต่ภายใต้สภาพอากาศแบบร้อนชื้นในประเทศเรา ทำให้โคนมเหล่านี้ยังคงได้รับผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนอยู่ ทำให้ไม่สามารถให้ผลผลิตได้เต็มที่ตามศักยภาพที่มีอยู่ได้ และเมื่อมีการจัดการหรือปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้เย็นสบายขึ้น จะช่วยให้แม่โคเหล่านี้มีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ และการใช้ระบบการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling pad system) ในโรงเรือนแบบปิดนี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการเลี้ยงโคนมในเขตอากาศแบบร้อนชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งควรจะมีการศึกษาค้นคว้าวิจัยและพัฒนาต่อไป

บทคัดย่อ

ศึกษาผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้นและการใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนแบบปิดโดยอาศัยการระเหยของน้ำต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์และการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมที่เลี้ยงภายใต้สภาพอากาศแบบร้อนชื้น โดยทำการสุ่มแบ่งแม่โคนมสาวท้องแรกพันธุ์ลูกผสมไฮลส์ไต้หวัน ฟรีเซียน (93.75%HF) จำนวน 36 ตัวออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 18 ตัว ตามกำหนดวันคลอดลูกและน้ำหนักตัว โคกลุ่มทดลองเลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดที่มีพัดลมขนาดใหญ่เพื่อดูดอากาศออกจากโรงเรือนและมีระบบการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำ และแม่โคกลุ่มควบคุมเลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ แม่โคนมทั้ง 2 กลุ่มถูกเลี้ยงแบบผูกยืนโรง สามารถกินน้ำและอาหารแบบผสม(TMR)ได้เต็มที่ตลอดเวลา รีดนมแม่โควันละ 2 ครั้ง จดบันทึกการกินอาหารและปริมาณน้ำนมทุกวัน บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงเรือน อุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจของแม่โคในช่วงตอนเช้าและเย็นหลังรีดนม จากการศึกษาพบว่าการใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศในโรงเรือนแบบปิด ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนลดลงต่ำกว่าภายนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$) แต่ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ระดับความเครียดจากความร้อนขึ้นในโรงเรือนปิดลดลงอยู่ในระดับที่มีความเครียดจากความร้อนขึ้นเล็กน้อย($THI < 79$) เมื่อเทียบกับโรงเรือนแบบเปิดที่มีระดับความเครียดจากความร้อนขึ้นปานกลาง ($THI \geq 79$) ทำให้แม่โคกลุ่มทดลองมีอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจต่ำกว่าแม่โคกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แม่โคกลุ่มทดลองสามารถกินอาหารและให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่าแม่โคกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$) แม่โคทั้ง 2 กลุ่มมีระยะเวลาการตกไข่ครั้งแรกหลังคลอด รวมทั้งการเจริญของฟอลลิเคิลและเวลาการตกไข่หลังจากการเหนี่ยวนำการเป็นสัดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P > 0.05$) แต่แม่โคกลุ่มทดลองมีแนวโน้มมีอัตราการตอบสนองต่อการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและอัตราการผสมติดสูงกว่าแม่โคกลุ่มควบคุม และจากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจ พบว่ารายรับจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมีมากกว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากค่าอาหารรวมกับค่าอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในโรงเรือนแบบปิด จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าความเครียดจากความร้อนขึ้นทำให้แม่โคนมมีสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์และให้ผลผลิตน้ำนมลดลง และการใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนแบบปิดโดยอาศัยการระเหยของน้ำนั้น มีศักยภาพในการลดผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้นได้ มีแนวโน้มทำให้แม่โคมีสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์เพิ่มสูงขึ้น และสามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมของแม่โคนมที่เลี้ยงภายใต้สภาพอากาศแบบร้อนชื้นได้ โดยไม่มีผลเสียต่อสุขภาพและระบบสืบพันธุ์เมื่อเทียบกับแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอก แต่ปัญหาสำคัญที่พบจากศึกษานี้คือแม่โคมีอัตราการสูญเสียตัวอ่อนในระยะแรกสูง

คำสำคัญ : แม่โคนม ความเครียดจากความร้อนขึ้น สมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ ผลผลิตน้ำนม

Abstract

The effects of heat stress and utilizing evaporative cooling, equipped with tunnel ventilation, on postpartum reproductive performance and the milk production of early lactating dairy cows in a hot and humid climate, were studied from April 2004 to May 2005. Thirty-six crossbred, Holstein-Friesian (93.75%HF), primiparous cows were randomly assigned to one of two groups, based upon calving date and body weight. Cooled cows (n=18; treatment) were housed in a tunnel ventilated barn equipped with an evaporative, cooling pad system and uncooled cows (n=18; control) were housed in a naturally ventilated barn without a supplemental cooling system. The temperature, relative humidity, rectal temperature and respiration rates were continuously monitored and recorded at the AM and PM milkings. Cows were milked twice daily and fed a totally mixed ration (TMR), ad libitum. Daily feed intake and milk production were recorded. Evaporative cooling and tunnel ventilation systems reduced ($P<0.05$) the afternoon barn temperature and the conditions of heat stress in the dairy cows. Cooled cows had lower ($P<0.05$) rectal temperatures and respiration rates than the uncooled cows. Cooled cows had greater ($P<0.05$) dry matter intake and milk production than the uncooled cows. There was no significant difference in the postpartum anovular condition and interval to first postpartum ovulation between the cooled and the uncooled cows. In addition, there was no significant difference between the groups for follicular development after the synchronization of oestrus, and the days from $\text{PGF}_{2\alpha}$ injection to ovulation, however the synchronization rate and conception rates in the cooled cows tended to be greater than in the uncooled cows. The benefits were demonstrated by increased income over costs. These results suggest that heat stress has a significant impact on postpartum reproductive performance and milk production. As compared to the naturally ventilation barn, the evaporative cooling and tunnel ventilation systems have the potential to decrease heat stress, alleviate the symptoms of heat stress and improve both milk production and metabolic efficiency, during early lactation, without affecting reproductive function in dairy cows in hot and humid climates, however there was high incidence of early embryonic death in both groups of cows.

Keywords : Dairy cows; Heat stress; Reproductive performance; Milk production

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศแบบร้อนชื้น (tropical area) ซึ่งเป็นเขตที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงตลอดทั้งปี โคนมที่นิยมเลี้ยงเป็นส่วนใหญ่จึงเป็นโคพันธุ์ลูกผสมที่มีสายเลือดไฮลสไตร์น ฟรีเซียน ซึ่งสามารถทนความร้อนได้ดีกว่าโคนมพันธุ์แท้และได้รับผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนน้อยกว่าโคพันธุ์แท้ แต่อย่างไรก็ตามโคนมพันธุ์ลูกผสมเหล่านี้ได้รับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้สามารถให้ผลผลิตน้ำนมได้มากขึ้นโดยการผสมพันธุ์กับน้ำเชื้อของพ่อโคพันธุ์แท้หรือพ่อโคที่มีสายเลือดไฮลสไตร์น ฟรีเซียนสูงๆ ทำให้ลูกโคนมที่เกิดมามีสายเลือดไฮลสไตร์น ฟรีเซียนเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้โคนมเหล่านี้มีความทนทานต่ออากาศร้อนลดลง และต้องพยายามปรับตัวเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกายให้มากขึ้น ทำให้ได้รับผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนมากขึ้น แมโคที่เลี้ยงอยู่ในเขตอากาศร้อนจะมีการสร้างความร้อนเกิดขึ้นในร่างกายมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแมโคที่อยู่ในเขตอากาศเย็น เนื่องจากมีกิจกรรมที่ต้องแสดงออกเพื่อตอบสนองต่อสภาพอากาศที่ร้อนมากกว่า เช่น การหายใจถี่ (หอบ) เป็นต้น นอกจากนั้นแมโคมีร่างกายขนาดใหญ่และมีความร้อนเกิดขึ้นมากจากกระบวนการเผาผลาญเพื่อการดำรงชีพและการสร้างผลผลิตน้ำนม ดังนั้นทำให้มีความร้อนสะสมในร่างกายร่วมกับความร้อนที่ได้รับจากภายนอก ส่งผลให้แมโคเหล่านี้ได้รับผลกระทบและเกิดความเครียดจากความร้อนขึ้นได้ง่ายขึ้น

ความร้อนที่เกิดขึ้นและสะสมในร่างกายรวมทั้งความสามารถในการระบายความร้อนออกจากร่างกายที่ลดลงเนื่องจากสภาพอากาศของสิ่งแวดล้อมภายนอก เป็นสาเหตุให้แมโคมีอุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นและเกิดความเครียดจากความร้อนขึ้นในร่างกาย และส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิตน้ำนมและระบบสืบพันธุ์ ดังนั้นการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมเพื่อลดผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนขึ้น จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของโคนมที่เลี้ยงอยู่ในเขตอากาศแบบร้อนชื้นได้ ทำให้โคนมสามารถให้ผลผลิตได้เต็มที่ตามศักยภาพของสายพันธุ์ที่มีอยู่ได้

สภาพอากาศในเขตอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทยนี้ จะมีช่วงฤดูที่มีอากาศร้อนค่อนข้างยาวนาน และมีฤดูที่มีอากาศเย็นค่อนข้างสั้น และในแต่ละวันจะมีช่วงเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิสูงค่อนข้างยาวนานเช่นกัน รวมทั้งมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศค่อนข้างสูง ทำให้โคนมได้รับผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนขึ้นเกือบตลอดเวลา ซึ่งผลกระทบจากความร้อนนี้จะลดหรือบรรเทาได้บ้างในช่วงเวลากลางคืน ในช่วงเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิสูงแมโคจะพยายามลดกิจกรรมต่างๆ และหาวิธีเพื่อลดความร้อนที่จะเกิดขึ้น และเมื่อร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะกระตุ้นกลไกที่ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้ทำงานเพื่อลดอุณหภูมิของร่างกายให้เป็นปกติ ได้แก่ กระตุ้นการหายใจถี่ขึ้น(หอบ) มีเหงื่อมากขึ้น ลดการกินอาหาร ลดกระบวนการเผาผลาญอาหาร และลดการผลิตน้ำนม (Stott, 1981)

ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเกิดความเครียดจากความร้อน ได้แก่ อุณหภูมิความชื้น และรังสีความร้อน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะทำให้ความสามารถในการระบายความร้อนออกจากร่างกายของแมโคลดลง เมื่อแมโคไม่สามารถระบายความร้อนเพื่อรักษาสอดคล้องของอุณหภูมิในร่างกายให้คงที่ได้ จะทำให้ร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้นและเกิดความเครียดจากความร้อนขึ้น อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเกิดความเครียดจากความร้อนขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดความร้อนในร่างกายมากขึ้นและทำให้ความสามารถในการระบายความร้อนออกจากร่างกายของแมโคลดลง นอกจากนี้ความชื้นก็มีความสำคัญต่อกระบวนการที่ใช้ในการระบายความร้อนออกจากร่างกายเช่นกัน เนื่องจากการระบายความร้อนผ่านทางระเหยโดยน้ำ (Evaporative

heat loss) จะมีประสิทธิภาพมากเมื่ออากาศมีความชื้นต่ำ ดังนั้นจึงมีการนำปัจจัยทั้งสองนี้มาคำนวณร่วมกันเพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ความเย็นสบายของแม่โค ซึ่งในการศึกษานี้เรียกว่าดัชนีวัดระดับความเครียดจากความร้อนขึ้น (Temperature-Humidity Index) หรือค่า THI โดยแม่โคจะเริ่มมีความเครียดจากความร้อนขึ้นเมื่อค่า THI มีค่ามากกว่า 72 (Armstrong, 1994)

แม่โคนมจะมีกลไกหลายวิธีในการระบายความร้อนออกจากร่างกายและช่วยรักษาระดับความร้อนในร่างกาย เช่น การนำความร้อน(Conduction) การพาความร้อน (Convection) การแผ่รังสี (Radiation) และการระเหย (Evaporation) เป็นต้น การระบายความร้อนโดยอาศัยกระบวนการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีนั้น ขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในร่างกายและอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม และกระบวนการระเหยจะมีประสิทธิภาพดีเมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงกับอุณหภูมิร่างกาย รวมทั้งอากาศมีความชื้นสูง จะทำให้กลไกการควบคุมอุณหภูมิร่างกายเสียไป ทำให้กระบวนการระบายความร้อนออกจากร่างกายลดลง ส่งผลให้แม่โคมีอุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นและจะมีการแสดงอาการต่างๆ เพื่อตอบสนองต่อการได้รับผลกระทบจากอากาศร้อน โดยการลดการสร้างความร้อนที่เกิดขึ้นและเพิ่มการระบายความร้อนออกจากร่างกายให้มากขึ้น เช่น การกินอาหารลดลง ผลผลิตน้ำนมลดลง มีกิจกรรมและการเคลื่อนไหวลดลง และมีอัตราการหายใจรวมทั้งการกินน้ำเพิ่มขึ้น เป็นต้น

อุณหภูมิและความชื้นที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้แม่โคกินอาหารลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของกลไกการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย ทำให้กระบวนการหมักในกระเพาะและอัตราการเผาผลาญอาหารในร่างกายลดลง (Moody et al., 1971; Richardson et al., 1961) เมื่อแม่โคกินอาหารลดลงทำให้สารอาหารที่จำเป็นต่อการผลิตน้ำนมลดลง ส่งผลให้แม่โคมีผลผลิตน้ำนมลดลง (Bauman and Currie, 1980; Collier et al., 1982; Moody et al., 1971; Smith et al., 1993b)

เนื่องจากแม่โคที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนจะไม่สามารถกินอาหารได้เพียงพอกับความต้องการ โดยเฉพาะในระยะแรกของการรีดนม ดังนั้นแม่โคจึงจำเป็นต้องนำพลังงานที่สะสมไว้มาใช้ทดแทนส่วนที่ขาดไป จนกว่าแม่โคจะสามารถกินอาหารได้เพียงพอหรือมากกว่าความต้องการ ทำให้ในระยะนี้แม่โคนมจะอยู่ในสภาวะขาดสมดุลของพลังงาน (Negative energy balance) (Butler and Smith, 1989; Nebel and McGilliard, 1993) นอกจากนี้แม่โคที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนจะกินอาหารลดลง ซึ่งจะทำให้ภาวะการขาดสมดุลของพลังงานมีระยะเวลายาวนานขึ้น (Fuquay, 1981)

ภาวะการขาดสมดุลของพลังงานจะทำให้ระดับอินซูลิน (Insulin) กลูโคส (Glucose) และ IGF-I (Insulin-like growth factor-I) ในพลาสมาลดลง แต่มีระดับ GH (Growth hormone) และ NEFA (Non-esterified fatty acid) ในพลาสมาเพิ่มสูงขึ้น (Lucy et al., 1992; Jolly et al., 1995) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้อาจมีผลกระทบต่อความสมบูรณ์พันธุ์ของแม่โคหลังคลอดได้ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ช่วงระยะเวลาที่ไม่ตกไข่หลังคลอด (Postpartum anovulatory interval) มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่เกิดภาวะการขาดสมดุลของพลังงาน (Butler et al., 1981; Butler and Smith, 1989; Staples et al., 1990)

ความเครียดจากความร้อนขึ้นมีผลกระทบต่อสมรรถภาพทางสืบพันธุ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยความเครียดจากความร้อนขึ้นนั้นจะมีผลกระทบโดยตรงต่อระบบสืบพันธุ์ หรือมีผลกระทบทางอ้อมโดยมีผลกระทบผ่านการเปลี่ยนแปลงของสมดุลของพลังงาน ภาวะการขาดสมดุลของพลังงานจะส่งผลทำให้มีการสังเคราะห์ลูทีนในซิงฮอร์โมน (LH) ลดลง และฟอลลิเคิลหลัก (Dominant follicle) ในช่วงหลังคลอดหลังคลอดมี

ขนาดลดลง (Jonsson et al., 1997) เป็นผลให้มีการสังเคราะห์ฮอร์โมนเอสตราไดโอลจากฟอลลิเคิลเหล่านี้ลดลง ทำให้การแสดงอาการเป็นสัดลดลง (Nobel et al., 1997) และมีอุบัติการณ์ของการไม่เป็นสัดหลังคลอดและการเป็นสัดเจ็บบเพิ่มสูงขึ้น (Gwazdauskas et al., 1981)

ความเครียดจากความร้อนขึ้นทำให้ฮอร์โมนคอร์ติโคสเตียรอยด์ (Corticosteroids) เพิ่มสูงขึ้น (Roman-Ponce et al., 1977) และฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนลดลง (Howell et al., 1994) และทำให้การมีชีวิตรอดของตัวอ่อนก่อนการฝังตัวลดลง (Ealy et al., 1993) และมีการไหลเวียนของเลือดที่มดลูกลดลง ทำให้สภาพแวดล้อมภายในมดลูกเปลี่ยนแปลงไป (Roman-Ponce et al., 1978) และทำให้อุณหภูมิในมดลูกเพิ่มสูงขึ้น (Gwazdauskas et al., 1973) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียตัวอ่อนในระยะแรกและความสำเร็จในการผสมพันธุ์ แม่โคที่ได้รับความเครียดจากความร้อนขึ้นจะมีอุบัติการณ์ของอัตราการตายของตัวอ่อนในระยะแรกสูง (Putney et al., 1988; Ealy et al., 1993) ซึ่งเป็นผลกระทบโดยตรงต่อตัวอ่อนจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (Rivera and Hansen, 2001) ทำให้แม่โคมีความสมบูรณ์พันธุ์ลดลง (Hansen, 1997) ซึ่งความรุนแรงของผลกระทบจะขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้งและลักษณะภูมิประเทศ รวมทั้งปริมาณผลผลิตน้ำนม (Badinga et al., 1985a; 1985b; Al-Katanani et al., 1999)

การลดความเครียดจากความร้อนขึ้นในโคนมต้องอาศัยวิทยาการหลายด้านร่วมกัน เช่น การปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้มีความทนทานต่อสภาพอากาศร้อนได้ดีขึ้น การปรับปรุงด้านอาหารเพื่อให้โคได้รับสารอาหารเพิ่มขึ้นให้เพียงพอกับความต้องการ และการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในโรงเรือนเพื่อลดผลกระทบของความร้อนจากภายนอกและลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้เย็นสบายขึ้น

การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในโรงเรือนสามารถช่วยลดความเครียดจากความร้อนและเพิ่มความเย็นสบายให้กับแม่โคได้ (Younas et al., 1993; Fuquay, 1981; Roman-Ponce et al., 1981) เป้าหมายหลักของการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนของแต่ละวิธีการที่นำมาใช้ในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมคือ พยายามรักษาอุณหภูมิร่างกายของแม่โคให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับปกติให้มากที่สุด ($38.5-39.3^{\circ}\text{C}$) ซึ่งสามารถทำได้ 2 แบบคือ 1) การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมเพื่อให้สามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกได้ และ 2) การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมเพื่อให้แม่โคสามารถระบายความร้อนผ่านทางผิวหนังได้มากขึ้น

วิธีการปรับปรุงที่ง่ายและสะดวกที่สุดในการช่วยลดความเครียดจากความร้อนขึ้นก็คือการจัดหาร่มเงาให้พอเพียงกับแม่โค เนื่องจากแสงแดดเป็นปัจจัยโดยตรงที่มีผลทำให้แม่โคมีความร้อนเกิดขึ้นในร่างกายเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการมีร่มเงาที่เพียงพอจะช่วยป้องกันความร้อนจากแสงแดดได้ แต่อย่างไรก็ตามการมีร่มเงาอย่างเดียวนั้นอาจไม่สามารถลดผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้นได้ทั้งหมด การใช้วิธีการลดอุณหภูมิโดยการระเหยด้วยน้ำ (Evaporative cooling) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ได้ผลดีในการช่วยลดผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้นได้ ซึ่งสามารถทำได้ 2 รูปแบบคือ 1) การลดอุณหภูมิโดยตรงที่ตัวโคโดยการระบายความร้อนผ่านทางผิวหนังโดยอาศัยการระเหยของหยดน้ำบนผิวหนังโค (Direct evaporation) โดยใช้วิธีการพ่นน้ำหรือทำให้ตัวโคเปียก และใช้พัดลมเป่าอากาศเพื่อให้น้ำเกิดการระเหยและระบายความร้อนออกไปจากตัวโค (Fan and sprinkler combinations) และ 2) การลดอุณหภูมิของอากาศรอบๆ ตัวโคให้ต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกายของโค ซึ่งจะทำให้ความร้อนในร่างกายของโคระบายออกสู่ภายนอกผ่านทางผิวหนังได้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยอาศัยการระเหยของน้ำที่ช่วยดึงพลังงานความร้อนและลดอุณหภูมิของอากาศที่ไหลผ่านน้ำ (Indirect

evaporation) โดยใช้ในโรงเรือนแบบปิดซึ่งจะมีพัดลมขนาดใหญ่เพื่อดูดอากาศจากภายนอกให้เข้าไปภายในโรงเรือนทำให้อากาศไหลผ่านแผ่นทำความเย็นซึ่งเปียกน้ำ ส่งผลทำให้อากาศภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอก

มีการศึกษาวิจัยหลายงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในโรงเรือนในเขตที่มีสภาพอากาศร้อนโดยอาศัยการระเหยของน้ำนั้น สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำนมและประสิทธิภาพทางการสืบพันธุ์ได้ (Armstrong et al., 1988, 1993; Flamenbaum et al., 1986; Ryan et al., 1992; Smith et al., 1993a) ซึ่งวิธีการนี้มีศักยภาพมากในการช่วยลดอุณหภูมิและค่า THI แต่ในสภาพอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น จะทำให้ศักยภาพในการลดอุณหภูมิของระบบนี้ลดลง จึงมีคำถามหรือข้อสงสัยว่าการลดอุณหภูมิโดยอาศัยการระเหยของน้ำนั้น จะเหมาะสมหรือมีประสิทธิภาพหรือไม่ในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้นต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์และการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โคนมหลังคลอด และศึกษาผลของการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมโดยการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนแบบปิดโดยอาศัยการระเหยของน้ำ เพื่อเพิ่มความเย็นสบาย การกินอาหาร ความสมดุลของพลังงานในแม่โคนมหลังคลอด รวมทั้งสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์และการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โคนมหลังคลอดที่เลี้ยงภายใต้สภาพอากาศแบบร้อนชื้น

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของความเครียดจากความร้อนที่มีผลต่อความสมบูรณ์ของแม่โคหลังคลอด สมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ และการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โคนมที่เลี้ยงในสภาพอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย รวมทั้งแนวทางการแก้ไขผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนขึ้น โดยการปรับปรุงสภาพสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวโคหรือภายในโรงเรือนให้มีความเย็นสบายขึ้น เพื่อลดความเครียดจากความร้อนขึ้น ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้ทางคณะผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนแบบปิดโดยอาศัยการระเหยของน้ำ ซึ่งจะมีพัดลมขนาดใหญ่ดูดอากาศออกจากโรงเรือนทำให้อากาศที่ไหลเวียนเข้ามาแทนที่ซึ่งจะผ่านแผ่นทำความเย็น (Cooling pad) มีอุณหภูมิลดลงทำให้อากาศภายในโรงเรือนเย็นสบายขึ้น

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่าแม่โคนมที่เลี้ยงในบ้านเรือนนั้นได้รับผลกระทบจากความร้อนเกือบตลอดทั้งปี ทำให้มีผลผลิตและสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ลดลง นอกจากนี้วิธีปรับปรุงสิ่งแวดล้อมโดยการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนโดยอาศัยกระบวนการระเหยของน้ำในโรงเรือนแบบปิดนั้น จะสามารถช่วยลดผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้น และเพิ่มสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์และการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โคนมที่เลี้ยงในสภาพอากาศแบบร้อนชื้นได้

โดยทำการศึกษาวิจัยในแม่โคนมสาวท้องแรก พันธุ์ลูกผสมที่มีสายเลือดโฮลสไตน์ ฟรีเซียน 93.75 เปอร์เซนต์ จำนวนทั้งหมด 36 ตัว ซึ่งมีกำหนดคลอดลูกในช่วงฤดูร้อน(เดือนเมษายน-มิถุนายน) จำนวน 12 ตัว ช่วงฤดูฝน(เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม) จำนวน 12 ตัว และช่วงฤดูหนาว(เดือนพฤศจิกายน-มกราคม) จำนวน 12 ตัว โดยสุ่มแบ่งแม่โคทั้งหมดนี้ออกเป็น 2 กลุ่ม ตามกำหนดวันคลอดลูกและน้ำหนักตัว ดังนี้ คือ **กลุ่มควบคุม** (18 ตัว) เป็นแม่โคที่ถูกเลี้ยงอยู่ในโรงเรือนเปิดที่มีอากาศถ่ายเทตามธรรมชาติ และ **กลุ่มทดลอง** (18 ตัว) เป็นแม่โคที่ถูกเลี้ยงอยู่ในโรงเรือนแบบปิดที่มีระบบการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling pad system) โดยทำการศึกษาวิจัยผลกระทบตั้งแต่ในระยะหลังคลอดลูกจนถึงระยะ 22 สัปดาห์หลังคลอด ซึ่งจะแบ่งการศึกษาวิจัยออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

1. ช่วงการศึกษาที่ 1 ทำการศึกษาในระยะหลังคลอดจนถึง 12 สัปดาห์หลังคลอด

การทดลองที่ 1 ทำการศึกษามลกระทบของความเครียดจากความร้อนและการใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำต่อ สภาพอากาศภายในโรงเรือน ความเย็นสบายของแม่โค การกินอาหาร ภาวะความสมดุลของพลังงาน ผลผลิตน้ำนม และการทำงานของรังไข่ของแม่โคหลังคลอด

2. ช่วงการศึกษาที่ 2 ทำการศึกษาในระยะ 12-15 สัปดาห์หลังคลอด

การทดลองที่ 2 ทำการศึกษามลกระทบของความเครียดจากความร้อนและการใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำต่อการเจริญของฟอลลิเคิล และการตกไข่ของแม่โครีดนมหลังจากการเหนี่ยวนำการเป็นสัด

3. ช่วงการศึกษาที่ 3 ทำการศึกษาในระยะ 15-22 สัปดาห์หลังคลอด

การทดลองที่ 3 ทำการศึกษามลกระทบของความเครียดจากความร้อนและการใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำต่ออัตราการผสมติดในแม่โคนมหลังจากการเหนี่ยวนำการตกไข่และผสมเทียมแบบกำหนดเวลา

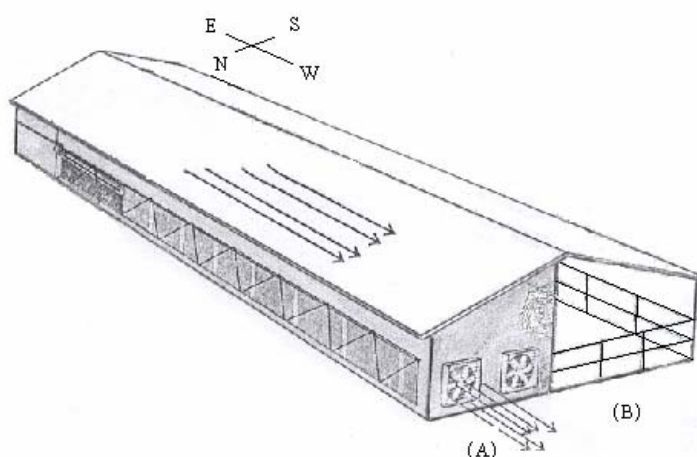
โรงเรียนสัตว์ทดลอง

โรงเรียนที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ตั้งอยู่ ณ ศูนย์ฝึกนิสิตฯ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดนครปฐม เป็นโรงเรียนแบบหลังคาจั่วมุงด้วยกระเบื้อง มีขนาด (กว้าง x ยาว) 10 x 20 เมตร ตั้งอยู่ในแนวทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ภายในโรงเรียนถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 มีขนาด (กว้าง x ยาว) 5 x 20 เมตร ถูกปรับปรุงเป็นโรงเรียนแบบปิด ผนังทางด้านข้างของโรงเรียนฝั่งทิศตะวันออกติดตั้งแผ่นทำความเย็น และผนังทางด้านทิศตะวันตกติดตั้งพัดลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร จำนวน 2 ตัว เพื่อดูดอากาศออกจากโรงเรียน ทำให้อากาศที่ไหลเข้ามาภายในโรงเรียนไหลผ่านแผ่นทำความเย็น ซึ่งแผ่นทำความเย็นนี้จะมีระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อรดน้ำให้แผ่นทำความเย็นเปียกในช่วงที่ระบบทำงาน ทำให้อากาศที่ไหลผ่านเข้ามาภายในโรงเรียนมีอุณหภูมิลดลง

ส่วนที่ 2 มีขนาดเท่ากัน (กว้าง x ยาว) 5 x 20 เมตร เป็นโรงเรียนแบบเปิดที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ ไม่มีระบบระบายอากาศอื่นช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรียน เพื่อใช้เลี้ยงโคกลุ่มควบคุม ดังแสดงในรูปที่

1



รูปที่ 1. แสดงลักษณะโรงเรียนที่ใช้ในการศึกษาวิจัยประกอบด้วยส่วนที่โรงเรียนแบบปิด (A) และโรงเรียนแบบเปิด (B)

การทดลองที่ 1 “ศึกษาผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้นต่อการทำงานของรังไข่ ภาวะขาดสมดุลของพลังงาน และผลผลิตน้ำนม”

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของความเครียดจากความร้อนขึ้นและการใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำต่อสภาพอากาศในโรงเรือน การกินอาหาร การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักร่างกาย ความสมดุลของพลังงาน การทำงานของรังไข่และการตกไข่ในช่วง 12 สัปดาห์หลังคลอด และปริมาณผลผลิตน้ำนม ระหว่างแม่โคนมหลังคลอดที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดตามธรรมชาติ (กลุ่มควบคุม) และแม่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดที่มีการปรับอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling pad system) เพื่อลดความเครียดจากความร้อนขึ้น (กลุ่มทดลอง)

วิธีการศึกษาวิจัย

สัตว์ทดลองและการเก็บตัวอย่าง

1. ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้แม่โคนมสาวท้องแรก พันธุ์ลูกผสมที่มีสายเลือดโฮลสไตน์ ฟรีเซียน 93.75 เปอร์เซนต์ จำนวนทั้งหมด 36 ตัว โดยสุ่มแบ่งแม่โคออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 18 ตัว ตามกำหนดวันคลอดลูกและน้ำหนักตัว คือ **กลุ่มควบคุม** แม่โคจะถูกเลี้ยงอยู่ในโรงเรือนเปิดที่มีอากาศถ่ายเทตามธรรมชาติ และ **กลุ่มทดลอง** แม่โคจะถูกเลี้ยงอยู่ในโรงเรือนปิดที่มีระบบการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling pad system) โดยแม่โคแต่ละตัวถูกเลี้ยงแบบผูกยืนโรงมีรางอาหารและน้ำแยกกันแต่ละตัว
2. อาหารที่ใช้เลี้ยงแม่โคนมทดลองเป็นอาหารแบบผสม (TMR) มีส่วนประกอบของต้นข้าวโพดหมักและอาหารขึ้นดังแสดงในตารางที่ 1 โดยให้แม่โคสามารถกินได้เต็มที่ตลอดเวลา
3. บันทึกปริมาณอาหารที่ให้และปริมาณอาหารที่เหลือทุกวันและคำนวณปริมาณอาหารที่กินได้แต่ละวัน และสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารสัปดาห์ละ 1 ครั้งเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร
4. รีดนมแม่โคนมวันละ 2 ครั้ง ตอนเช้าเวลาประมาณ 05.00 น. และตอนเย็นเวลาประมาณ 15.00 น. และจดบันทึกปริมาณน้ำนมทุกครั้ง และเก็บตัวอย่างน้ำนม(เช้าและเย็น)สัปดาห์ละ 1 ครั้งเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำนมโดยเครื่อง Milko-Scan 133B (N.FOSS ELECTRIC, DENMARK)
5. ชั่งน้ำหนักแม่โคนมสัปดาห์ละ 1 ครั้ง
6. เก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่ที่คอ (jugular vein) สัปดาห์ละ 2 ครั้งห่างกัน 3-4 วัน
7. เก็บตัวอย่างเลือดในหลอดที่ไม่มีสารกันเลือดแข็งตัว 10 มล. และหลอดที่มีสารกันเลือดแข็งตัว (EDTA) 10 มล. และแช่ในกระติกน้ำแข็ง แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นแยกสารที่ความเร็ว 3000 รอบ/นาที นาน 10 นาที และแยกส่วนของซีรัมและพลาสมาตามลำดับ นำไปเก็บในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

การวัดอุณหภูมิและความชื้น

1. ใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดวัดอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด (Max-Min) ทุกวัน เพื่อวัดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำที่สุดในรอบวัน
2. ใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดมีกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศภายในโรงเรือน ทั้ง 2 แบบทุกวันๆละ 2 ครั้งหลังรีดนม

3. คำนวณค่าดัชนี THI จากสูตร $THI = 0.72(C_{dry} + C_{wet}) + 40.6$ (McDowell, 1972 cited by Ashutosh *et al.*, 2001) โดย C_{dry} คืออุณหภูมิในเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง และ C_{wet} คืออุณหภูมิในเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก

4. วัดอุณหภูมิร่างกายแม่โคผ่านทางทวารหนัก อัตราการหายใจ หลังรีดนมตอนเช้าและตอนเย็น สัปดาห์ละครั้ง

การตรวจอวัยวะสืบพันธุ์

1. ล้วงตรวจอวัยวะสืบพันธุ์หลังคลอด โดยการล้วงตรวจผ่านทางทวารหนักเพื่อตรวจการเข้าช่องมดลูกและลักษณะของรังไข่

2. ตรวจอวัยวะสืบพันธุ์ด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ชนิดบี โมด เรียลไทม์ (Aloka SD 500) และหัวตรวจชนิดสอดผ่านทางทวารหนักที่มีความถี่ 5 MHz ทุกสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เพื่อตรวจลักษณะของมดลูกและรังไข่ในแม่โคหลังคลอด

การทำงานของรังไข่และการตกไข่หลังคลอด

ตรวจวัดการทำงานของรังไข่และการตกไข่โดยการวัดระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในพลาสมา สัปดาห์ละ 2 ครั้งห่างกัน 3-4 วันตั้งแต่คลอดลูกจนถึง 12 สัปดาห์หลังคลอด ถ้าระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนมากกว่าหรือเท่ากับ 1 นก./มล. แสดงว่ามีการเจริญของฟอลลิเคิลและเกิดการตกไข่ วันที่ตกไข่ครั้งแรกหลังคลอดให้นับจากวันที่เก็บตัวอย่าง 2 ครั้งก่อนวันที่ตัวอย่างมีระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนมากกว่าหรือเท่ากับ 1 นก./มล.

การคำนวณค่าความสมดุลของพลังงาน

ค่าสมดุลของพลังงานในช่วง 12 สัปดาห์แรกหลังคลอดคำนวณจาก ปริมาณผลผลิตน้ำนม ปริมาณอาหารที่กิน (วัตถุดิบ) น้ำหนักตัว ปริมาณไขมันในน้ำนม และปริมาณพลังงานในอาหาร โดยคำนวณจากสูตร (NRC, 1989)

$$EB = NE_C - NE_R$$

$$NE_C = NE_L \text{ per kilogram of DM} * DMI$$

$$NE_L = 0.74[\text{milk(kilograms)} * 0.4 + \text{milk fat(kilograms)} * 15]$$

$$NE_R = BW^{0.75} (0.08) + NE_L$$

โดยที่ EB คือค่าความสมดุลของพลังงาน (energy balance)

NE_C คือค่าพลังงานที่โคได้รับจากอาหารที่กิน (net energy consumed)

NE_R คือค่าพลังงานที่โคต้องการทั้งหมด (net energy required)

NE_L คือค่าพลังงานที่ต้องใช้ในการให้ผลผลิตน้ำนม

BW คือน้ำหนักตัว (body weight)

DMI คือปริมาณวัตถุดิบของอาหารที่โคกิน (dry matter intake)

ค่าสมดุลของพลังงานที่คำนวณได้มีหน่วยเป็นแมกแคลอรีต่อวัน ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าเป็นบวก (Positive energy balance) หรือเป็นลบ (Negative energy balance) และค่าที่ต่ำที่สุดของแม่โคแต่ละตัวเรียกว่า Energy balance nadir

การวิเคราะห์ตัวอย่างพลาสมาและซีรัม

1. ความเข้มข้นของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในพลาสมาตรวจสัปดาห์ละ 2 ครั้งห่างกัน 3-4 วัน โดยใช้ชุดตรวจ Solid phase RIA kit (Coat-A-Count Progesterone, Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA, USA)
2. ความเข้มข้นของ NEFA (Non-Esterified Fatty Acids) ในพลาสมาตรวจสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยใช้ชุดตรวจ NEFA C kits (Wako Pure Chemical Industries Ltd., Osaka, Japan)
3. ความเข้มข้นของ β -hydroxybutyrate ในพลาสมาตรวจสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยใช้ชุดตรวจ RANBUT D-3-Hydroxybutyrate kits (Randox Laboratories Ltd, Co., Antrim, UK)
4. ความเข้มข้นของ IGF-I ในพลาสมาตรวจสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยใช้ชุดตรวจ ACTIVE IGF-I ELISA (DSL-10-5600) (Diagnostic Systems Laboratories, Inc., Texas, USA)
5. ความเข้มข้นของ Cortisol ในซีรัมตรวจสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยใช้ชุดตรวจ Coat-A-Count Cortisol kit (Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA, USA)
6. ความเข้มข้นของยูเรีย (BUN) ในซีรัมตรวจสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยใช้ชุดตรวจ UREA UV Multi-Purpose Liquid Reagent (Audit Diagnostics, Cork, Ireland)

การทดลองที่ 2 “ศึกษาผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้นต่อการเจริญของฟอลลิเคิลและการตกไข่ของแม่โครีดนม”

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของความเครียดจากความร้อนขึ้นและการใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำต่อการเจริญของฟอลลิเคิล และการตกไข่หลังจากการเหนี่ยวนำการเป็นสัด ระหว่างแม่โคนมหลังคลอดที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดตามธรรมชาติ (กลุ่มควบคุม) และแม่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดที่มีการปรับอุณหภูมิเพื่อลดความเครียดจากความร้อนขึ้น (กลุ่มทดลอง)

วิธีการศึกษาวิจัย

1. แม่โครีดนมชุดเดียวกับการทดลองการทดลองที่ 1 มีระยะรีดนมประมาณ 85-90 วัน คือ **กลุ่มควบคุม** ถูกเลี้ยงอยู่ในโรงเรือนเปิดที่มีอากาศถ่ายเทตามธรรมชาติ และ**กลุ่มทดลอง** ถูกเลี้ยงอยู่ในโรงเรือนปิดที่มีระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยใช้ระบบการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system)
2. เหนี่ยวนำการเป็นสัดโดยใช้ฮอร์โมน GnRH ร่วมกับ PGF_{2α} โดยใช้ฮอร์โมน gonadorelin 100 ไมโครกรัม (GnRH agonist; Fertagyl[®], Intervet) ในวันแรก (D0) และฉีดฮอร์โมน cloprostenol 500 ไมโครกรัม (PGF_{2α} agonist; Estrumate[®], Schering-Plough Animal Health) ในวันที่ 7 (D7) หลังจากฉีดฮอร์โมน GnRH
3. ตรวจการเจริญและวัดขนาดของฟอลลิเคิลโดยใช้เครื่องอัลตราซาวด์ชนิดบี โหมด เรียลไทม์ (Aloka SD 500) และหัตถตรวจชนิดสอดผ่านทางทวารหนักที่มีความถี่ 5 MHz ทุกวันๆละ 1 ครั้ง ตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่ 7 หลังจากนั้นตรวจทุก 4 ชม.จนเกิดการตกไข่หรือถึงวันที่ 12 (D12)
4. บันทึกขนาดของฟอลลิเคิลและเวลาการตกไข่ โดยเวลาการตกไข่หาได้จากค่าเฉลี่ยของเวลาที่ตรวจพบฟอลลิเคิลหลักครั้งสุดท้ายกับเวลาที่ตรวจไม่พบ ส่วนฟอลลิเคิลหลักที่ไม่เกิดการตกไข่หลังจากวันที่ 12 ให้ถือว่าไม่ตกไข่

5. เจาะเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่ที่คอ (jugular vein) หลังจากฉีด $\text{PGF}_{2\alpha}$ วันละ 1 ครั้งเป็นเวลา 3 วัน
6. เก็บตัวอย่างเลือดในหลอดที่มีสารกันเลือดแข็งตัว (EDTA) 10 มล. และแช่ในกระติกน้ำแข็ง แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นแยกสารด้วยความเร็ว 3000 รอบ/นาที นาน 10 นาที และแยกส่วนของพลาสมาไปเก็บในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป
7. ตรวจวิเคราะห์ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในพลาสมาตรวจโดยใช้ชุดตรวจ Solid phase RIA kit (Coat-A-Count Progesterone, Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA, USA)
8. การสลายตัวของคอร์ปัสลูเตียมพิจารณาจากระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนของแม่โคที่มากกว่า 1 นก./มล. แล้วลดลงจนมีระดับน้อยกว่า 1 นก./มล.
9. อัตราการตอบสนองต่อการเหนี่ยวนำคิดจากอัตราส่วนของแม่โคที่มีการสลายตัวของคอร์ปัสลูเตียมและมีการตกไข่ต่อแม่โคที่ทำการเหนี่ยวนำทั้งหมด

การทดลองที่ 3 “ศึกษาผลของการควบคุมความเครียดจากความร้อนขึ้นต่อการสูญเสียตัวอ่อนระยะต้นและอัตราการผสมติดในแม่โคนม”

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของความเครียดจากความร้อนขึ้นและการใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำต่ออัตราการผสมติดและการสูญเสียตัวอ่อนระยะแรกในช่วง 42 วัน หลังผสมพันธุ์ระหว่างแม่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดตามธรรมชาติ (กลุ่มควบคุม) และแม่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดที่มีการปรับอุณหภูมิเพื่อลดความเครียดจากความร้อนขึ้น (กลุ่มทดลอง)

วิธีการศึกษาวิจัย

1. แม่โครีดนมหลังจากทำการทดลองที่ 1 และ 2 มีระยะรีดนมประมาณ 110 วัน **กลุ่มควบคุม** คือแม่โคที่ถูกเลี้ยงอยู่ในโรงเรือนเปิดที่มีอากาศถ่ายเทตามธรรมชาติ และ**กลุ่มทดลอง** คือแม่โคที่ถูกเลี้ยงอยู่ในโรงเรือนปิดที่มีระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยใช้ระบบการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system)
2. ใช้โปรแกรมการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและกำหนดเวลาผสมเทียมเพื่อลดความผิดพลาดจากการสังเกตอาการเป็นสัด โดยใช้ใช้ฮอร์โมน GnRH ร่วมกับ $\text{PGF}_{2\alpha}$ โดยฉีดฮอร์โมน gonadorelin 100 ไมโครกรัม (GnRH agonist; Fertagyl[®], Intervet) ในวันแรก (D0) และฉีดฮอร์โมน cloprostenol 500 ไมโครกรัม ($\text{PGF}_{2\alpha}$ agonist; Estrumate[®], Schering-Plough Animal Health) ในวันที่ 7 (D7) และฉีดฮอร์โมน gonadorelin 100 ไมโครกรัม (GnRH agonist; Fertagyl[®], Intervet) อีกครั้งในวันที่ 9 (D9) และผสมเทียมที่เวลา 16-20 ชั่วโมงหลังจากการฉีดฮอร์โมน gonadorelin ครั้งที่ 2
3. เจาะเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่ที่คอ (jugular vein) สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
4. เก็บตัวอย่างเลือดในหลอดที่มีสารกันเลือดแข็งตัว (EDTA) 10 มล. และแช่ในกระติกน้ำแข็ง แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นแยกสารด้วยความเร็ว 3000 รอบ/นาที นาน 10 นาที และแยกส่วนของพลาสมา นำไปเก็บในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป
5. ตรวจวัดความเข้มข้นของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในพลาสมาตรวจโดยใช้ชุดตรวจ Solid phase RIA kit (Coat-A-Count Progesterone, Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA, USA)

6. ตรวจวัดระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในวันที่ผสมเทียมและวันที่ 7, 14 และ 22-24 วันหลังผสมเทียม และสังเกตอาการกลับสัด
7. การตรวจวินิจฉัยการตั้งครรภ์ระยะแรกสามารถตรวจได้โดย ถ้าระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ของแม่โคมากกว่า 1 นก./มล. และมีระดับยาวนานจนถึงวันที่ 22-24 วันหลังผสมเทียม แสดงว่ามีการผสมติดในระยะแรก
8. ถ้าแม่โคมีระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนน้อยกว่า 1 นก./มล. ในวันที่ 22-24 วันหลังผสมเทียม แสดงว่าแม่โคผสมไม่ติดหรือมีการตายของตัวอ่อนก่อนวันที่ 18 หลังผสม
9. ถ้าแม่โคมีระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนมากกว่า 1 นก./มล. ในวันที่ 22-24 วันหลังผสมเทียม แต่หลังจากนั้นตรวจด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ในวันที่ 28 พบว่าไม่ท้อง แสดงว่ามีการตายของตัวอ่อนในช่วงระหว่างวันที่ 18 - 28
10. ตรวจวินิจฉัยการตั้งครรภ์ระยะแรกโดยใช้เครื่องอัลตราซาวด์ชนิดบี โหมด เรียลไทม์ (Aloka SD 500) และหวัตรวจชนิดสอดผ่านทางทวารหนักที่มีความถี่ 5 MHz ในช่วงประมาณวันที่ 27-30 วันที่ 34-37 และวันที่ 41-44 หลังผสมเทียม และตรวจยืนยันการตั้งครรภ์อีกครั้งในวันที่ 60 หลังผสม
11. การตายของตัวอ่อนในช่วงระหว่างวันที่ 28 – 35 และ 35 – 42 สามารถตรวจได้โดยเครื่องอัลตราซาวด์
12. อัตราการผสมติดคิดจากอัตราส่วนของแม่โคที่ผสมติดต่อจำนวนแม่โคที่ผสมเทียมทั้งหมด

การวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการศึกษาวิจัยนี้มีแม่โคกลุ่มละ 1 ตัว มีปัญหาเกี่ยวกับขาและกีบ ดังนั้นจึงตัดข้อมูลของโคทั้ง 2 ตัว ออกจากการวิเคราะห์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS ข้อมูลที่มีการวัดซ้ำ(เช่น ปริมาณการกินอาหาร น้ำหนักตัว ปริมาณน้ำนม และสารเมตาโบไลต์ต่างๆ เป็นต้น) ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย repeated measures ANOVA โดยมีชนิดของโรงเรือน (แบบเปิดและปิด) เป็นปัจจัยหลัก และเวลา (วันหรือสัปดาห์หลังคลอด) เป็นตัววัดซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูล (เช่น อุณหภูมิ ความชื้น THI อุณหภูมิร่างกาย อัตราการหายใจ ระยะการตกไข่ครั้งแรก ขนาดของฟอลลิเคิล และเวลาการตกไข่) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้ Student's *t* test เปรียบเทียบสัดส่วนของข้อมูล (เช่น อัตราการตอบสนองต่อการเหนี่ยวนำการตกไข่ และอัตราการผสมติด) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้ Chi-square และหาความสัมพันธ์ของข้อมูลโดย Simple correlation

ตารางที่ 1. ส่วนประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคทดลอง (% ของวัตถุดิบแห้ง)

ส่วนประกอบ	วัตถุดิบ (%)
ต้นข้าวโพดหมัก	42.1
มันสำปะหลัง	10.3
กากถั่วเหลือง	19.1
รำข้าวละเอียด	8.7
เมล็ดฝ้าย	12.8
ไคแคลเซียม	4.0
เกลือ	1.5
กระดูกป่น	1.4
แร่ธาตุ	0.1
สารอาหาร	
วัตถุดิบ (%)	52.3
โปรตีนหยาบ (%)	17.9
แคลเซียม (%)	1.7
ฟอสฟอรัส (%)	1.3
พลังงาน(NEL; Mcal/kg of DM)	1.6

ผลการทดลอง

จากการทำการศึกษาวิจัยในช่วงระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ. 2547 – เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2548 โดยการศึกษาในแม่โคนมที่คลอดลูกในช่วงฤดูต่างๆ ตั้งแต่ในระยะเวลาหลังคลอดลูกจนถึงสัปดาห์ที่ 22 หลังคลอดลูกของแม่โคนมทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าสภาพอากาศและการตอบสนองของแม่โคนมแต่ละชุดที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดและแบบปิดในช่วงฤดูต่างๆ มีแนวโน้มใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงรวมข้อมูลของแม่โคแต่ละชุดที่คลอดลูกในช่วงฤดูต่างๆ ในโรงเรือนแบบเปิดเป็น 1 กลุ่ม คือ แม่โคกลุ่มควบคุม และแม่โคที่คลอดลูกในโรงเรือนแบบปิดเป็นอีก 1 กลุ่ม คือ แม่โคกลุ่มทดลอง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2. แสดงสภาพอากาศในโรงเรือน ผลผลิตน้ำนม และอัตราการผสมติดของแม่โคนมหลังคลอดในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

	ฤดูร้อน(เม.ย.- มิ.ย.)	ฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.)	ฤดูหนาว (พ.ย.-ก.พ.)	รวม
สภาพอากาศในโรงเรือน :				
(ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด; Max)				
โรงเรือนแบบเปิด ($^{\circ}\text{C}$)	35.1 ± 2.5	34.5 ± 1.6	33.9 ± 2.0	34.4 ± 2.0
โรงเรือนแบบปิด ($^{\circ}\text{C}$)	29.3 ± 0.7	29.1 ± 0.8	27.2 ± 1.5	28.4 ± 1.5
ผลผลิตน้ำนม :				
(22 สัปดาห์แรกหลังคลอด)				
กลุ่มควบคุม (ก.ก./วัน)	13.2 ± 2.3	11.1 ± 2.9	12.3 ± 3.1	12.0 ± 3.0
กลุ่มทดลอง (ก.ก./วัน)	17.5 ± 3.7	17.4 ± 4.8	16.1 ± 3.6	17.1 ± 4.2
ระบบสืบพันธุ์:				
(อัตราการผสมติดครั้งแรก)				
กลุ่มควบคุม (%)	20.0(1/5)	16.7(1/6)	16.7(1/6)	17.6(3/17)
กลุ่มทดลอง (%)	25.0(1/4)	16.7(1/6)	33.3(2/6)	25.0(4/16)

สภาพอากาศในโรงเรือนและการตอบสนองของแม่โคนม

จากการศึกษาพบว่า อากาศในโรงเรือนแบบเปิดมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นในตอนกลางวันและสูงที่สุดในช่วงบ่าย และอุณหภูมิจะลดลงในตอนเย็นจนถึงตอนกลางคืนและจะมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในช่วงเช้ามืด และในช่วงเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นนั้นอากาศจะมีความชื้นลดลงและในช่วงเวลาที่อุณหภูมิลดลงอากาศจะมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นอากาศจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในช่วงบ่ายและสูงที่สุดในช่วงเช้ามืด(ยกเว้นวันที่ฝนตก)

อากาศภายในโรงเรือนแบบปิดมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ซึ่งอากาศจะมีอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 24.2 ± 0.1 และ $28.4 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ ส่วนอากาศภายนอกในโรงเรือนแบบเปิดจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมากกว่าโดยมีอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 24.7 ± 0.1 และ $34.4 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอากาศภายในโรงเรือนแบบปิดมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าภายนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตลอด

ทั้งวัน โดยเฉพาะในช่วงเวลาตอนกลางวันซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิสูงสุด ซึ่งในการศึกษานี้พบว่า การใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยใช้ระบบการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system) ในโรงเรือนแบบปิดนั้น ทำให้อากาศภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าภายนอก $6.0 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ($P < 0.05$)

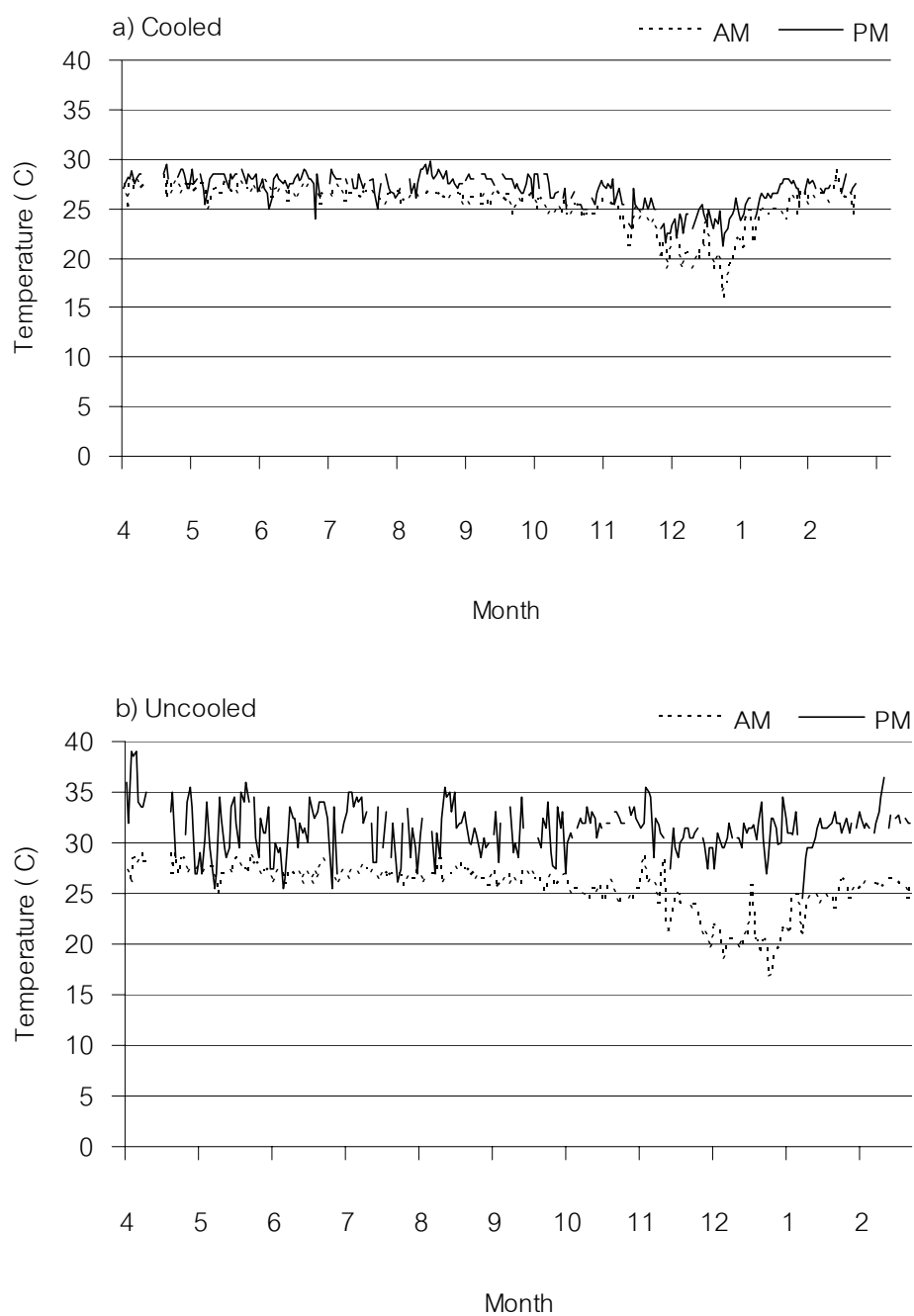
แต่อย่างไรก็ตามการใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยใช้ระบบการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system) ในโรงเรือนแบบปิดนี้ จะทำให้ความชื้นของอากาศในโรงเรือนเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือนแบบปิดนี้จะสูงตลอดทั้งวัน ซึ่งจะแตกต่างกับโรงเรือนแบบเปิดที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงในช่วงเวลากลางคืนจนถึงตอนเช้า และจะลดลงในช่วงเวลากลางวัน

อุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเกิดความเครียดจากความร้อน ดังนั้นเมื่อนำค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนแบบปิดและแบบเปิดมาคำนวณค่าดัชนีวัดระดับความเครียดจากความร้อน (THI) พบว่า การใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยใช้ระบบการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system) ในโรงเรือนแบบปิด ทำให้อากาศภายในโรงเรือนมีเฉลี่ย THI ต่ำกว่าภายนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตลอดวัน ทั้งในช่วงเวลาเช้าและบ่าย ทำให้ระดับความเครียดจากความร้อนภายในโรงเรือนแบบปิดลดลงอยู่ในระดับที่มีความเครียดจากความร้อนในระดับเล็กน้อย (mild stress; $\text{THI} < 79$) ส่วนสภาพอากาศภายนอกในโรงเรือนแบบเปิดซึ่งมีการระบายอากาศตามธรรมชาติและไม่มีระบบทำความเย็นที่ช่วยปรับอุณหภูมิในโรงเรือน ทำให้อากาศภายในโรงเรือนแบบเปิดมีอุณหภูมิสูงกว่า และเกิดความเครียดจากความร้อนที่สูงกว่าโรงเรือนแบบปิด โดยมีค่าระดับความเครียดจากความร้อนอยู่ในระดับปานกลาง (moderate stress; $\text{THI} \geq 79$) ตลอดทั้งในช่วงเช้าและบ่าย (รูปที่ 4)

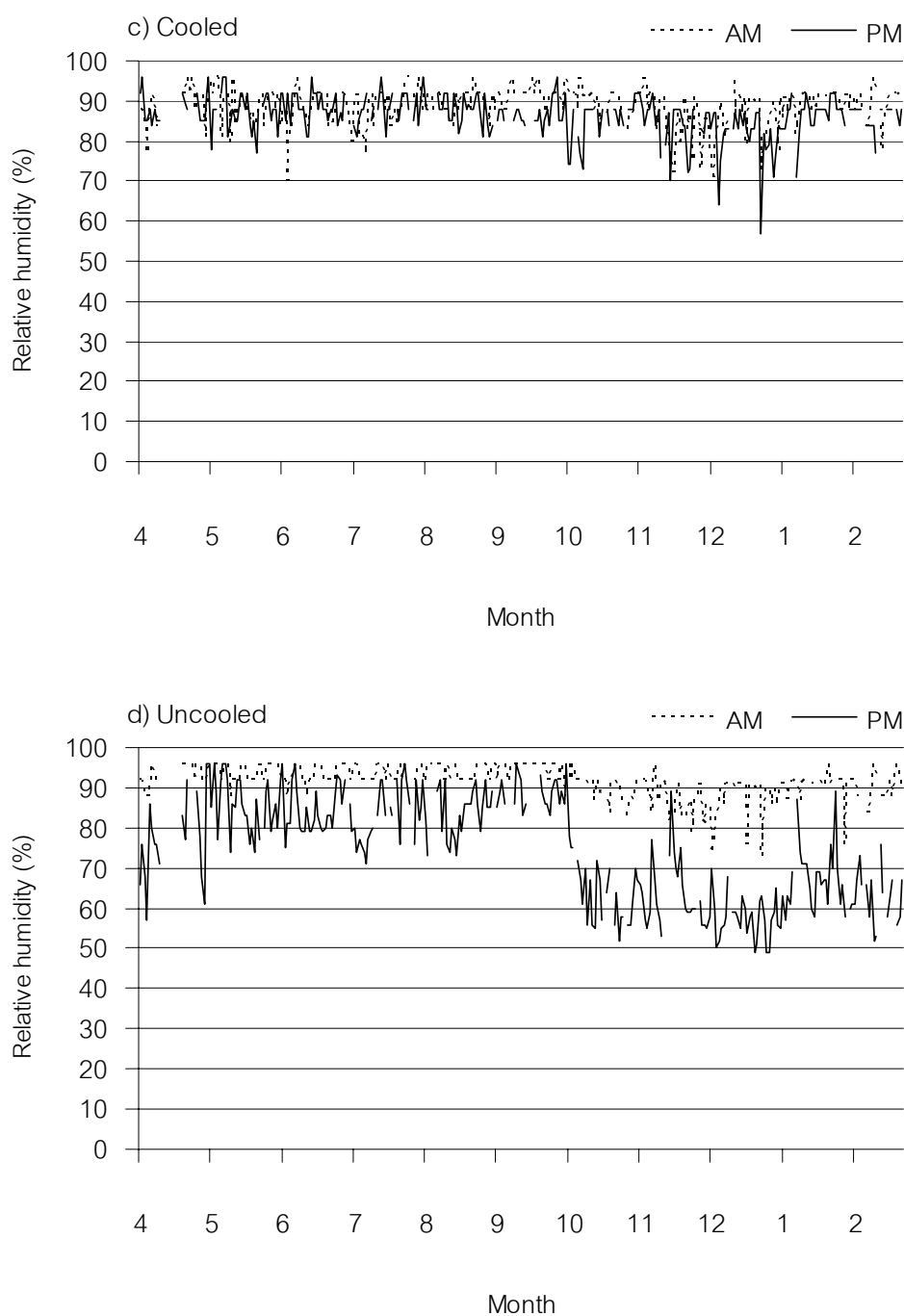
แม่โคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนแบบปิดที่ใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยใช้ระบบการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system) มีอุณหภูมิร่างกาย และอัตราการหายใจต่ำกว่าแม่โคนมที่เลี้ยงอยู่ภายนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตลอดทั้งวันดังแสดงในตารางที่ 2

ระดับคอร์ติซอล (cortisol) ในซีรัม

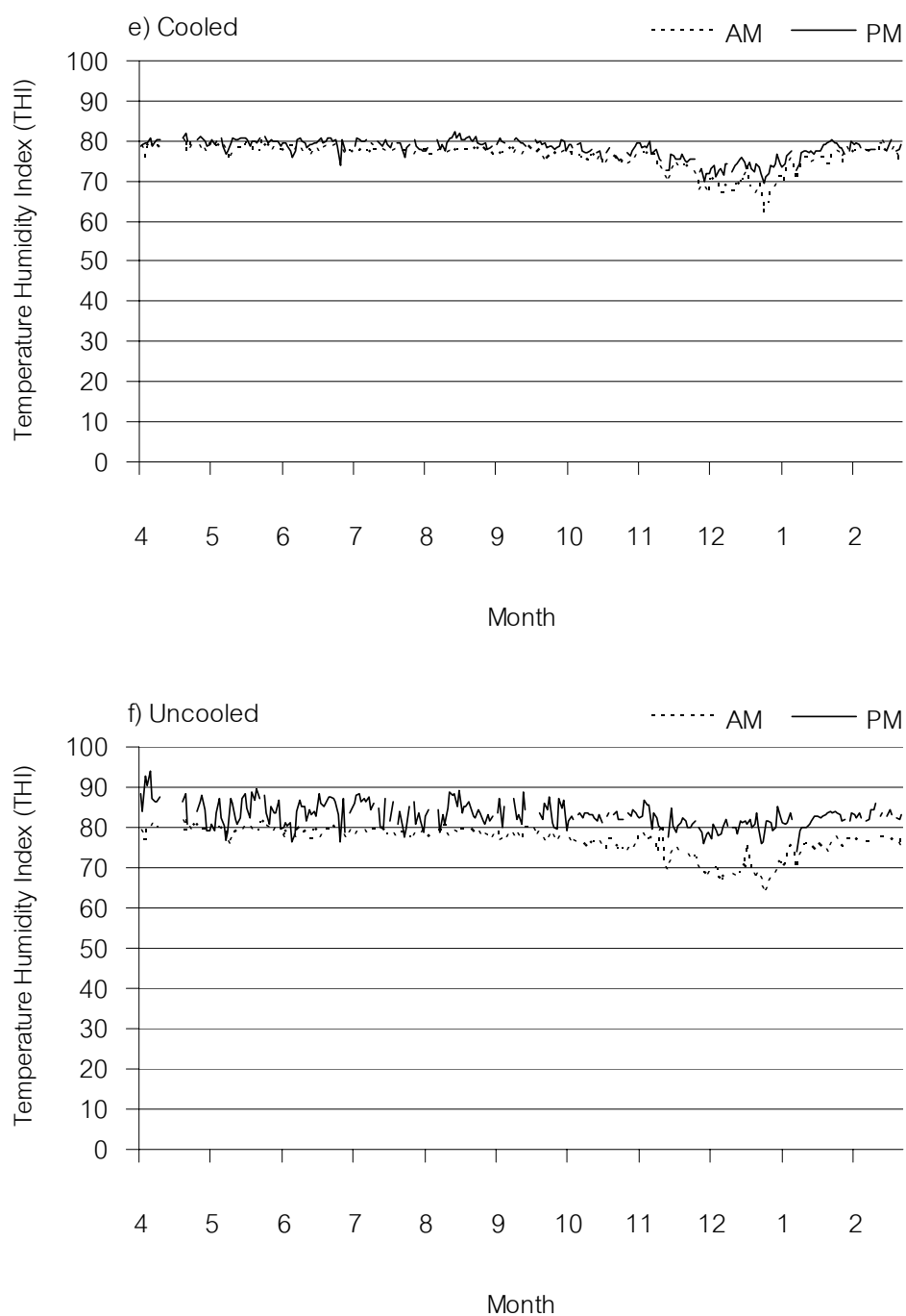
จากการศึกษานี้พบว่าระดับคอร์ติซอล (cortisol) ในซีรัมของแม่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดและโรงเรือนแบบเปิด ตั้งแต่ช่วงหลังคลอดจนถึงสัปดาห์ที่ 12 หลังคลอด พบว่า สัปดาห์หลังคลอด หรืออิทธิพลของชนิดโรงเรือนร่วมกับสัปดาห์หลังคลอดไม่มีผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของระดับคอร์ติซอลในซีรัมของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม และค่าเฉลี่ยของระดับคอร์ติซอลในซีรัมของแม่โคกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.317$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.2 ± 1.0 และ 15.9 ± 1.0 นก./มล. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ปกติของแม่โคที่ไม่มีความเครียด (ประมาณ 8-10 นก./มล.) แสดงว่า แม่โคนมยังคงมีความเครียดอยู่ทั้ง 2 กลุ่ม



รูปที่ 2. แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ(Temperature)ในช่วงเวลาเช้า(AM)และเวลาบ่าย(PM)ในโรงเรือนแบบปิดที่ใช้ระบบ evaporative cooling system(cooled; a) และโรงเรือนแบบเปิดที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ(uncooled; b) ในช่วงระหว่างเดือนเมษายน 2547 – เดือนกุมภาพันธ์ 2548



รูปที่ 3. แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์(Relative humidity)ในช่วงเวลาเช้า(AM)และเวลาบ่าย(PM)ในโรงเรือนแบบปิดที่ใช้ระบบ evaporative cooling system(cooled; c) และโรงเรือนแบบเปิดที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ(uncooled; d) ในช่วงระหว่างเดือนเมษายน 2547 – เดือนกุมภาพันธ์ 2548



รูปที่ 4. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า THI ในช่วงเวลาเช้า(AM)และเวลาบ่าย(PM)ในโรงเรือนแบบปิดที่ใช้ระบบ evaporative cooling system(cooled; e) และโรงเรือนแบบเปิดที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ(uncooled; f) ในช่วงระหว่างเดือนเมษายน 2547 – เดือนกุมภาพันธ์ 2548

ตารางที่ 3. แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าTHI ของอากาศในโรงเรือนและค่าเฉลี่ยอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจของแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดที่ใช้ระบบ evaporative cooling system และโรงเรือนแบบเปิดที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ (Mean±S.E.M.)

	โรงเรือนแบบปิด	โรงเรือนแบบเปิด	P-value
จำนวนโค (ตัว)	17	17	
สภาพอากาศในโรงเรือน:			
อุณหภูมิต่ำสุด (Min; °C)	24.2±0.1	24.7±0.1	*
อุณหภูมิสูงสุด (Max; °C)	28.4±0.1	34.4±0.1	*
ช่วงเวลารีดนมเช้า			
อุณหภูมิ (°C)	25.3±0.1	25.6±0.1	*
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	88.5±0.3	91.6±0.2	*
ค่า THI	76.0±0.2	76.7±0.2	*
อุณหภูมิร่างกาย (°C)	38.4±0.0	39.2±0.1	*
อัตราการหายใจ (ครั้ง/นาที)	42.7±1.4	54.5±1.4	*
ช่วงเวลารีดนมเย็น			
อุณหภูมิ (°C)	26.5±0.1	31.4±0.1	*
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	86.5±0.3	74.6±0.8	*
ค่า THI	78.0±0.2	83.1±0.2	*
อุณหภูมิร่างกาย (°C)	38.7±0.0	39.7±0.1	*
อัตราการหายใจ (ครั้ง/นาที)	46.3±1.8	68.3±2.2	*

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการศึกษานี้พบว่า อุณหภูมิของอากาศมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าTHI($r=0.96$, $P<0.01$) อุณหภูมิร่างกาย ($r = 0.70$, $P<0.01$) และอัตราการหายใจ ($r = 0.66$, $P<0.01$) แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความชื้นสัมพัทธ์ ($r = -0.47$, $P<0.01$)

ส่วนค่าTHI ความสัมพันธ์เชิงบวกกับ อุณหภูมิร่างกาย ($r = 0.71$, $P<0.01$) และอัตราการหายใจ ($r = 0.65$, $P<0.01$) แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความชื้นสัมพัทธ์ ($r = -0.27$, $P<0.01$) ปริมาณการกินอาหาร ($r = -0.23$, $P<0.01$) และผลผลิตน้ำนม ($r = -0.13$, $P<0.05$)

อุณหภูมิร่างกายมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตราการหายใจ ($r = 0.83$, $P<0.01$) แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณการกินอาหาร ($r = -0.35$, $P<0.05$) และปริมาณการกินอาหารมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตน้ำนม ($r = 0.74$, $P<0.01$) (ตารางที่ 4)

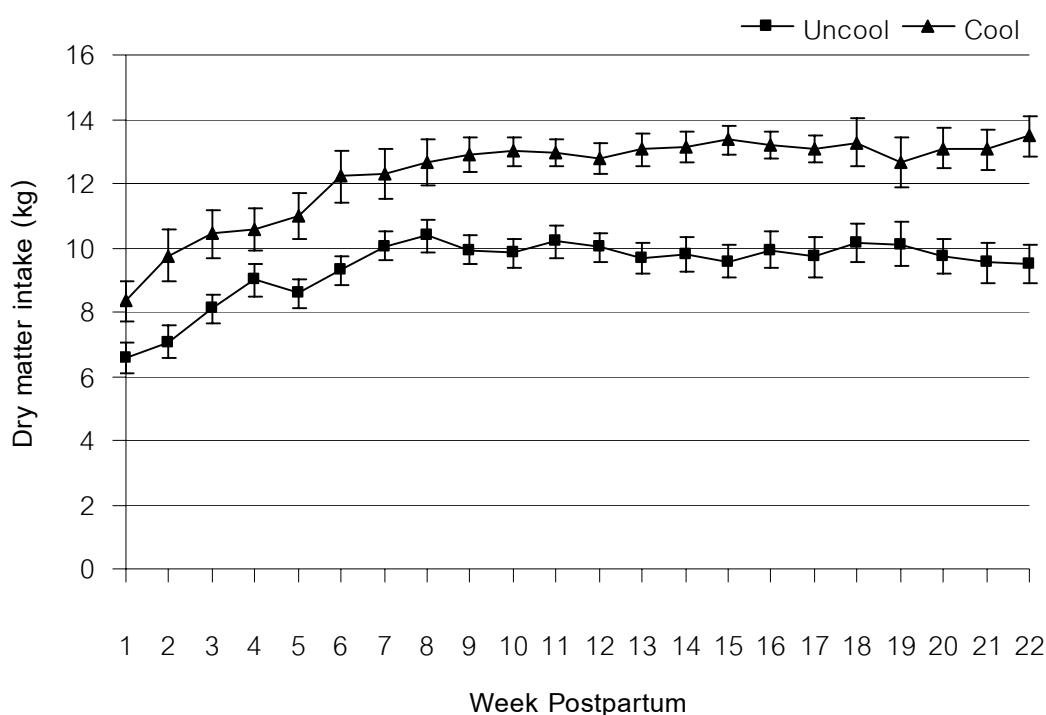
ตารางที่ 4. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ(TEMP)ความชื้นสัมพัทธ์(HUMID)ดัชนีวัดระดับความเครียดจากความร้อนชื้น(THI)อุณหภูมิร่างกาย(REC) อัตราการหายใจ (RES) ปริมาณการกินอาหาร(DMI) และผลผลิตน้ำนม(MILK) ในช่วง 12 สัปดาห์แรกหลังคลอด

Variable	HUMID	THI	REC	RES	DMI	MILK
TEMP	-0.47**	0.96**	0.70**	0.66**	-0.12*	-0.07
HUMID		-0.27**	-0.27**	-0.31**	-0.18**	-0.09
THI			0.71**	0.65***	-0.23**	-0.13*
REC				0.83**	-0.35*	-0.04
RES					-0.23	-0.03
DMI						0.74**

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

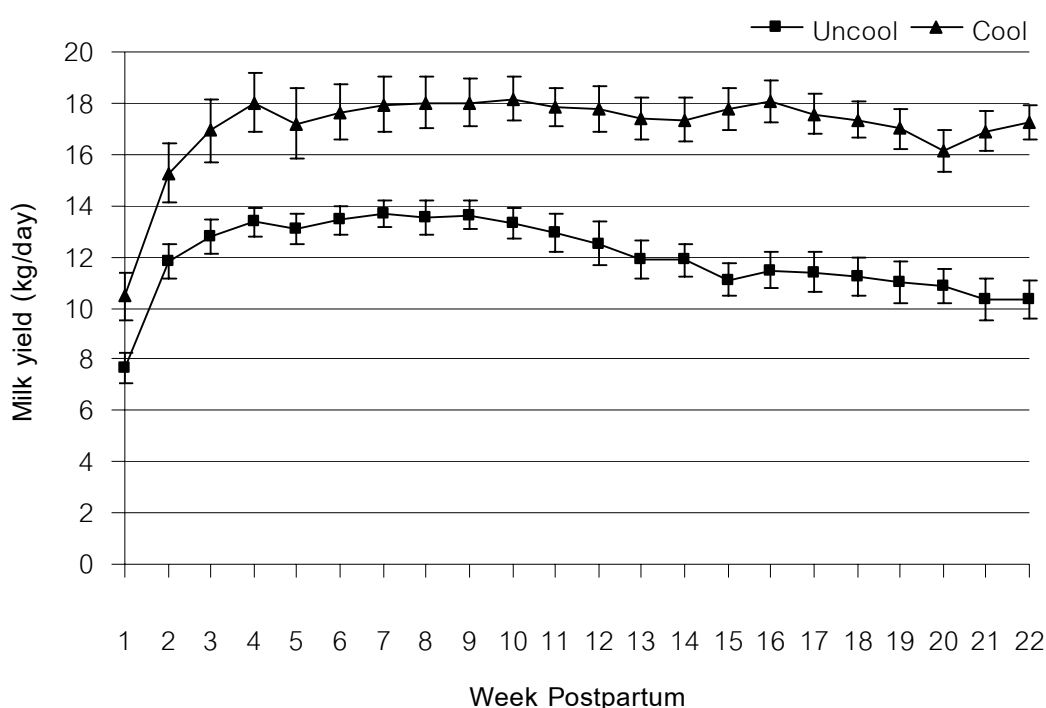
การกินอาหารและผลผลิตน้ำนม

จากการศึกษาพบว่า การกินอาหารของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามสัปดาห์หลังคลอด แต่อย่างไรก็ตามแม่โคกลุ่มทดลองสามารถกินอาหาร (วัตถุดิบ) ได้มากกว่าแม่โคกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (12.0 ± 0.2 และ 9.1 ± 0.2 กก/วัน ตามลำดับ, $P < 0.05$) (รูปที่ 5)



รูปที่ 5. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยปริมาณการกินอาหารวัตถุดิบ (Dry matter intake) ของแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด (Cool) และแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด (Uncool) ในช่วง 22 สัปดาห์แรกหลังคลอด

จากการศึกษาในช่วง 12 สัปดาห์หลังคลอด แม่โคกลุ่มทดลองสามารถให้ผลผลิตน้ำนมได้มากกว่า แม่โคกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (16.9 ± 0.3 และ 12.6 ± 0.2 กก/วัน ตามลำดับ, $P < 0.001$) และ สัปดาห์หลังคลอดมีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตน้ำนมของแม่โคหลังคลอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แม่โคทั้ง 2 กลุ่มมีผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นตามสัปดาห์หลังคลอด และพบว่าแม่โคกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยน้ำนมสูงสุด (lactation peak) และมีความคงที่ในการให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่าแม่โคกลุ่มควบคุม (รูปที่ 6) นอกจากนี้พบว่า องค์ประกอบในน้ำนมของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.50$) ดังแสดงใน ตารางที่ 5



รูปที่ 6. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตน้ำนม (Milk yield) ของแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด (Cool) และแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด (Uncool) ในช่วง 22 สัปดาห์แรกหลังคลอด

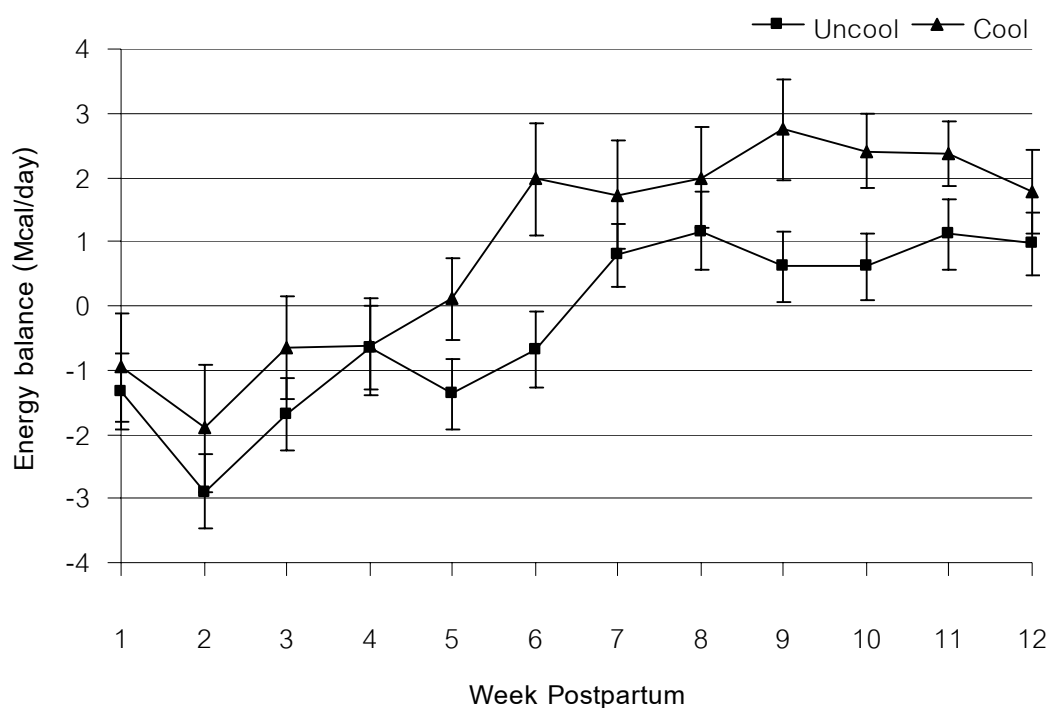
ตารางที่ 5. แสดงปริมาณการกินอาหาร (วัตถุแห้ง), ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบในน้ำนมของแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด (กลุ่มทดลอง) และแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด (กลุ่มควบคุม) ในช่วง 12 สัปดาห์แรกหลังคลอด (Mean $\pm$ S.E.M.)

	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	P-value
ปริมาณการกินอาหาร (กก/วัน)	12.0 $\pm$ 0.2	9.1 $\pm$ 0.2	0.001
ผลผลิตน้ำนม (กก/วัน)	16.9 $\pm$ 0.3	12.6 $\pm$ 0.2	0.001
องค์ประกอบในน้ำนม			
ไขมัน (%)	3.3 $\pm$ 0.6	3.4 $\pm$ 0.6	0.810
โปรตีน (มก/มล)	3.2 $\pm$ 0.3	3.1 $\pm$ 0.3	0.650
แลคโตส (มก/มล)	5.0 $\pm$ 0.2	5.0 $\pm$ 0.2	0.571
ของแข็งไม่รวมไขมัน (Solid not fat; มก/มล)	8.9 $\pm$ 0.4	8.8 $\pm$ 0.4	0.450

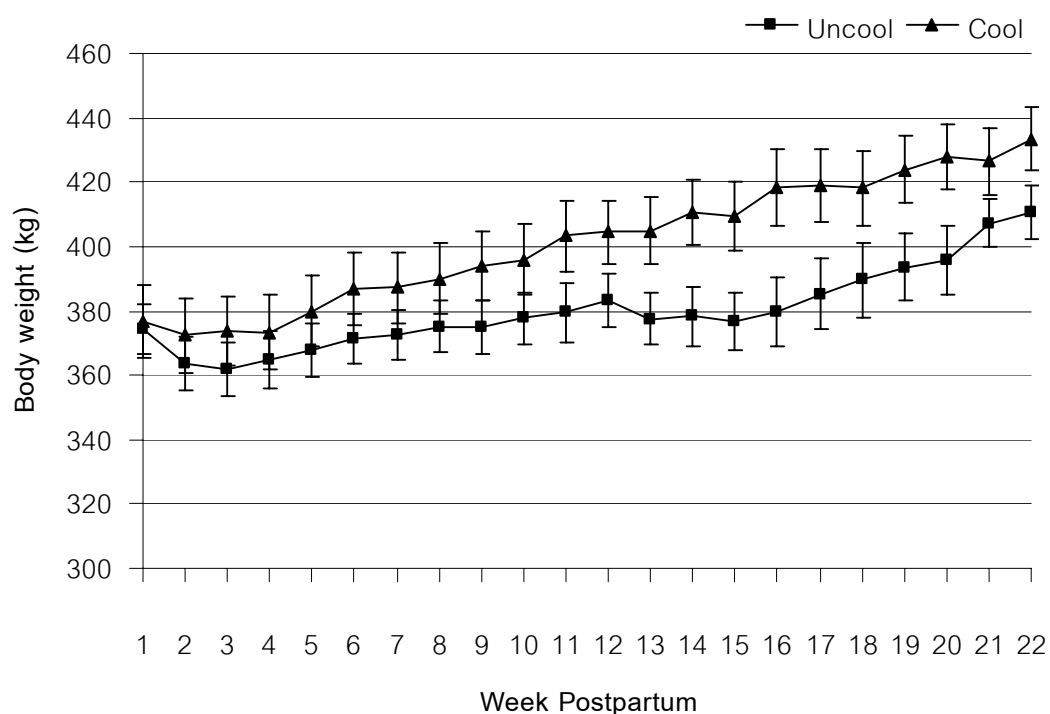
ความสมดุลของพลังงานและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว

ความสมดุลของพลังงานหลังคลอดของแม่โคนมทั้ง 2 กลุ่ม แสดงในรูปที่ 7 จากการศึกษาพบว่า ชนิดของโรงเรือนและสัปดาห์หลังคลอดมีอิทธิพลต่อความสมดุลของพลังงานหลังคลอดของแม่โคนมทั้ง 2 กลุ่ม ($P < 0.05$) แต่อิทธิพลร่วมของชนิดโรงเรือนกับสัปดาห์หลังคลอดไม่มีผลกระทบต่อความสมดุลของพลังงานของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม ($P > 0.05$) แม่โคทั้ง 2 กลุ่มจะเกิดภาวะขาดพลังงานตั้งแต่สัปดาห์แรกหลังคลอด และเกิดภาวะขาดพลังงานมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 หลังคลอด ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) หลังจากนั้นจะมีความสมดุลของพลังงานเพิ่มมากขึ้น แม่โคกลุ่มควบคุมต้องใช้ระยะเวลาในการเพิ่มความสมดุลของพลังงานจนมีสมดุลพลังงานมากกว่าศูนย์หรือมีสมดุลพลังงานเป็นบวกยาวนานกว่าแม่โคกลุ่มทดลอง โดยแม่โคกลุ่มควบคุมมีสมดุลพลังงานเป็นบวกที่สัปดาห์ที่ 7 หลังคลอด ส่วนแม่โคกลุ่มทดลองมีสมดุลพลังงานเป็นบวกที่สัปดาห์ที่ 5 หลังคลอด และในช่วง 12 สัปดาห์หลังคลอดแม่โคกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความสมดุลของพลังงานสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.916 ± 0.194 และ -0.268 ± 0.195 แมกะแคลอรี/วัน, ตามลำดับ, $P < 0.05$)

แม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดและปิดมีน้ำหนักเฉลี่ยก่อนคลอดใกล้เคียงกัน โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยที่ 1 สัปดาห์ก่อนคลอดเท่ากับ 421.1 ± 37.4 และ 428.2 ± 48.1 กก. ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวในช่วง 12 สัปดาห์หลังคลอด พบว่า แม่โคกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักหลังคลอดสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (389.10 ± 2.83 และ 372.47 ± 2.84 กก., ตามลำดับ, $P < 0.05$) นอกจากนี้พบว่า สัปดาห์หลังคลอดมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวของแม่โคหลังคลอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยแม่โคทั้ง 2 กลุ่มจะมีน้ำหนักลดลงระหว่างสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 4 หลังคลอด และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นระหว่างสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 12 หลังคลอด การสูญเสียน้ำหนักหลังคลอดในช่วงสัปดาห์ที่ 1 - 4 ของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนอิทธิพลร่วมของชนิดโรงเรือนกับสัปดาห์หลังคลอดไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวหลังคลอดของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม ($P > 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 7. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยสมดุลพลังงาน (Energy balance) ของแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด (Cool) และแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด (Uncool) ในช่วง 12 สัปดาห์แรกหลังคลอด



รูปที่ 8. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (Body weight) ของแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด (Cool) และแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด (Uncool) ในช่วง 22 สัปดาห์แรกหลังคลอด

จากการศึกษานี้พบว่า ค่าที่ต่ำที่สุดของภาวะการขาดพลังงาน (nadir of NEB) มีความสัมพันธ์เชิงบวก ($r=0.55$, $P<0.01$) กับการสูญเสียน้ำหนักในช่วงหลังคลอด แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบ ($r=-0.69$, $P<0.01$) กับระยะเวลาที่จะเกิดสมดุลของพลังงาน (days to equilibrium EB) และการสูญเสียน้ำหนักในช่วงหลังคลอดมีความสัมพันธ์เชิงลบ ($r=-0.49$, $P<0.01$) กับระยะเวลาที่จะเกิดสมดุลของพลังงานเช่นกัน

ตารางที่ 6. แสดงค่าที่ต่ำที่สุดของภาวะการขาดพลังงาน (nadir of NEB) ระยะเวลาที่มีการขาดพลังงานต่ำที่สุดในช่วงหลังคลอด (days to nadir of NEB) ระยะเวลาที่จะเกิดสมดุลของพลังงาน (days to equilibrium EB) สูญเสียน้ำหนักในช่วงหลังคลอด (body weight loss) และระยะเวลาการตกไข่ครั้งแรกหลังคลอด (days to first ovulation) ของแม่โคกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในช่วง 12 สัปดาห์แรกหลังคลอด (Mean $\pm$ S.E.M.)

	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	P-value
จำนวนโค (ตัว)	15	14	
Nadir of NEB (Mcal/d)	-2.8 ± 0.8	-3.7 ± 0.4	0.404
Days to nadir of NEB (days)	19.1 ± 2.7	20.0 ± 2.3	0.810
Days to equilibrium EB (days)	39.7 ± 5.0	53.0 ± 4.1	0.050
Body weight loss (kg)	51.9 ± 5.1	56.2 ± 5.5	0.571
Days to first ovulation (day)	31.4 ± 4.3	26.1 ± 3.6	0.357

การทำงานของรังไข่หลังคลอดและการตกไข่ครั้งแรก

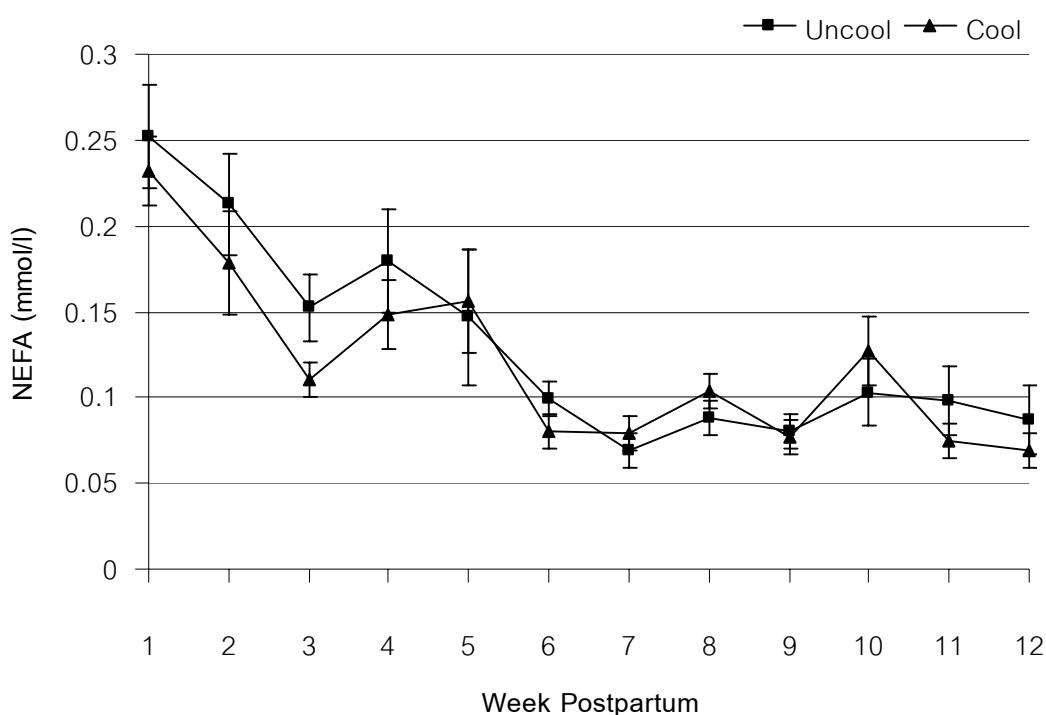
จากการศึกษาการทำงานของรังไข่และการตกไข่ครั้งแรกหลังคลอดของแม่โคทั้งหมด 34 ตัว โดยทำการศึกษาจากระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในแม่โคนมหลังคลอด ถ้ามีระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ng/ml แสดงว่ามีการเจริญของฟอลลิเคิลและเกิดการตกไข่ทำให้มีการเจริญของคอร์ปัสลูเตียมและการสังเคราะห์ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน จากการศึกษานี้พบว่า มีแม่โคกลุ่มทดลอง 2 ตัว (11.8 %) และกลุ่มควบคุม 3 ตัว (17.6 %) ไม่มีการตกไข่หรือไม่เป็นสัดหลังคลอด (postpartum anestrus) หรือมีระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนน้อยกว่า 1 ng/ml ในช่วงเวลา 12 สัปดาห์หลังคลอด แม่โคกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีระยะเวลาการตกไข่ครั้งแรกหลังคลอดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (30.4 ± 17.2 และ 26.1 ± 13.4 วัน ตามลำดับ, $P>0.05$) และสัดส่วนของแม่โคที่มีการตกไข่ครั้งแรกในช่วงเวลา 12 สัปดาห์หลังคลอด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (88.2 และ 82.4 % ตามลำดับ, $P>0.05$)

Nonesterified fatty acid (NEFA)

เมื่อโคได้รับพลังงานไม่เพียงพอกับความต้องการและอยู่ในสภาพขาดพลังงานจะมีการนำพลังงานที่สะสมในรูปของไขมันมาใช้ทำให้มีการสูญเสียไขมันและผอมลงหลังคลอด การสลายไขมัน (Lipolysis) มาใช้จะทำให้เกิดมีสาร Non-esterified fatty acids (NEFA) ในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น และจะทำให้เกิดการสะสมของ Triacylglycerol (TAG) ในตับ ทำให้เกิดภาวะ Fatty liver และการทำงานของตับผิดปกติไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การสังเคราะห์ไลโปโปรตีน (Lipoprotein) และสเตอรอยด์ฮอร์โมน เช่นโปรเจสเตอโรน ดังนั้นระดับของ NEFA จะ

เป็นตัวแปรที่บ่งชี้สภาวะการขาดพลังของแม่โคนมหลังคลอดได้ ซึ่งค่าปกติของ NEFA ในพลาสมาของแม่โคอยู่ในช่วง 0.2-0.5 mmol/l ในรายที่อยู่ในภาวะขาดพลังงานไม่รุนแรง (mild case) จะมีระดับของ NEFA อยู่ในช่วงระหว่าง 0.44-1.25 mmol/l แต่ในรายที่มีความรุนแรงมาก ส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่า 1.04 mmol/l (Roberts et al., 1981)

จากการศึกษานี้ พบว่า ระดับความเข้มข้นของ NEFA ในพลาสมาของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มในช่วง 12 สัปดาห์หลังคลอดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ความเข้มข้นเฉลี่ยของ NEFA ในพลาสมาของแม่โคกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.122 ± 0.007 mmol/L และ 0.133 ± 0.007 mmol/L ตามลำดับ สัปดาห์หลังคลอดมีอิทธิพลต่อระดับความเข้มข้นของ NEFA ในพลาสมาของแม่โคหลังคลอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่อิทธิพลร่วมของชนิดโรงเรือนกับสัปดาห์หลังคลอดไม่มีผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของ NEFA ในพลาสมาของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม ($P>0.05$) ระดับความเข้มข้นของ NEFA ในพลาสมาของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มสูงที่สุดในสัปดาห์แรกและจะลดลงตั้งแต่หลังคลอดจนถึงสัปดาห์ที่ 6 หลังคลอด ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของ Nonesterified fatty acid (NEFA) ของแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด (Cool) และแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด (Uncool) ในช่วง 12 สัปดาห์แรกหลังคลอด

β -hydroxybutyrate (BHBA)

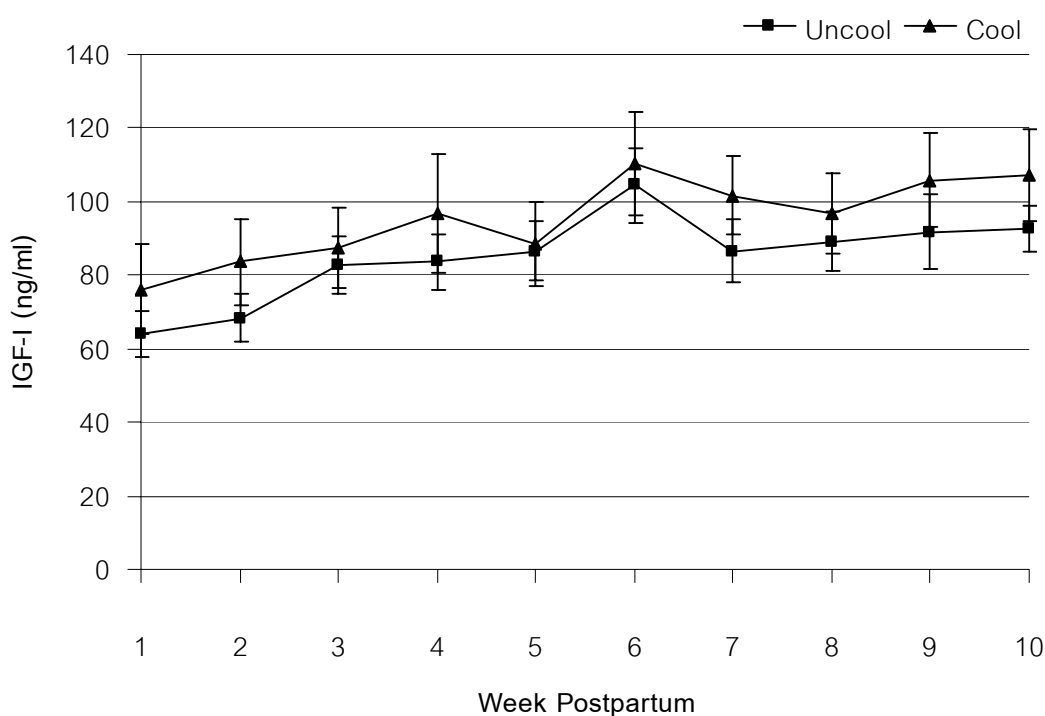
BHBAเป็นดัชนีบ่งชี้สภาวะคีโตซิส (ketosis) ในโคซึ่งมีสาเหตุมาจากภาวะการขาดพลังงานและพบมากในแม่โคที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูง ซึ่งมีรายงานการใช้ค่าBHBA ที่ระดับ 1200 $\mu\text{mol/L}$ เป็นจุดที่ใช้ในการวินิจฉัยแยกแยะระหว่างแม่โคที่ปกติกับแม่โคที่เริ่มป่วยเป็นคีโตซิสชนิดไม่แสดงอาการ(subclinical ketosis)

จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของ β -hydroxybutyrate ของแม่โคกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (539.73 ± 15.01 และ $479.12 \pm 15.56 \mu\text{mol/L}$, ตามลำดับ, $P < 0.05$) แต่แม่โคทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยระดับ BHBA อยู่ในช่วงเกณฑ์ปกติ (ต่ำกว่าระดับที่พบในแม่โคที่เป็นคีโตซิสชนิดไม่แสดงอาการ) ส่วนสัปดาห์หลังคลอดและอิทธิพลร่วมของชนิดโรงเรือนกับสัปดาห์หลังคลอดไม่มีผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของ β -hydroxybutyrate ของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม ($P > 0.05$)

Insulin-Like Growth Factor-I (IGF-I)

IGF-I เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรังไข่ (hormonal mediator) ในโค IGF-I ส่วนใหญ่สร้างมาจากตับซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับสารอาหารโปรตีนและพลังงานที่โคกินเข้าไป IGF-I สามารถกระตุ้นการสังเคราะห์ฮอร์โมนของแกนไฮโปทาลามัสและต่อมใต้สมอง ซึ่ง IGF-I จะเป็นดัชนีที่ช่วยบ่งชี้ความสัมพันธ์ของภาวะการทำงานของรังไข่กับภาวะโภชนาการในแม่โคได้

ความเข้มข้นเฉลี่ยของ IGF-I ในพลาสมาของแม่โคกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (94.8 ± 3.3 และ 85.0 ± 3.4 นก./มล., ตามลำดับ, $P < 0.05$) อิทธิพลร่วมของชนิดโรงเรือนกับสัปดาห์หลังคลอดไม่มีผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของ IGF-I ในพลาสมาของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม ($P > 0.05$) แต่สัปดาห์หลังคลอดมีอิทธิพลต่อระดับความเข้มข้นของ IGF-I ในพลาสมาของแม่โคหลังคลอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยระดับความเข้มข้นของ IGF-I ในพลาสมาจะเพิ่มขึ้นตามสัปดาห์หลังคลอด (รูปที่ 10)

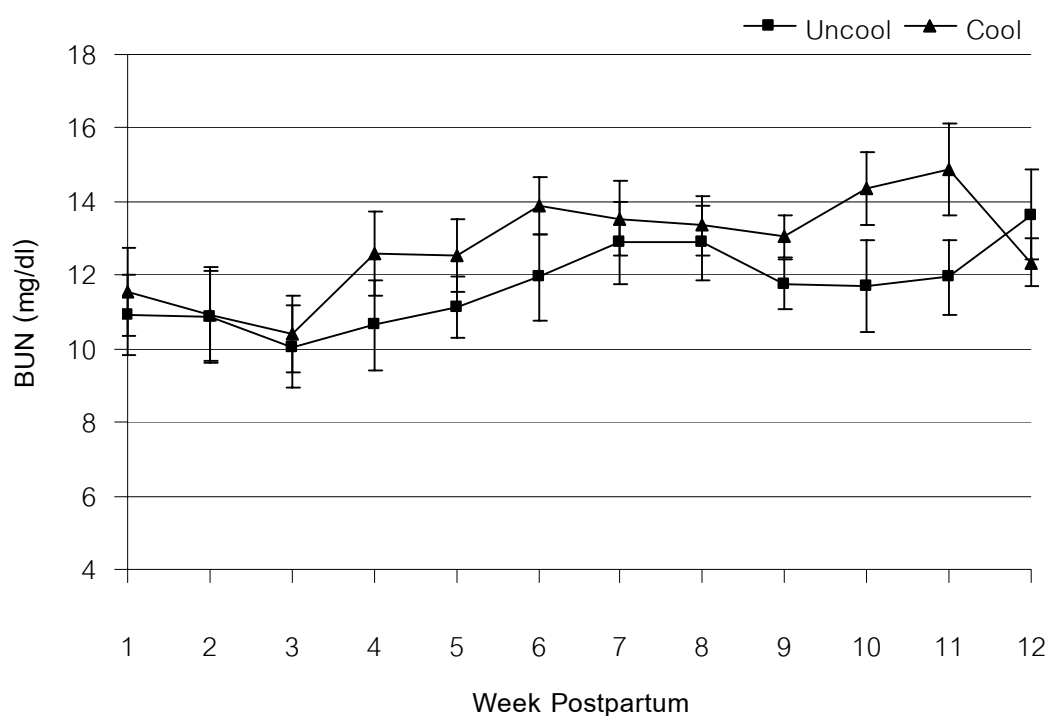


รูปที่ 10. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของ Insulin-like growth factor-I (IGF-I) ของแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด (Cool) และแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด (Uncool) ในช่วง 10 สัปดาห์แรกหลังคลอด

ค่ายูเรียในกระแสเลือด (BUN)

โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการสร้างน้ำนมและมีอิทธิพลต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ ในกระเพาะหมักของแม่โคอาหารโปรตีนจะถูกย่อยและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียและกรดอะมิโนโดยจุลินทรีย์ แอมโมเนียที่เกิดขึ้นถ้ามีปริมาณมากเกินไป จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักใช้ จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและถูกเปลี่ยนเป็นยูเรียที่ตับ ยูเรียส่วนหนึ่งจะถูกนำกลับไปเป็นแหล่งสารอาหารโปรตีนใหม่ และอีกส่วนหนึ่งจะถูกขับออกจากร่างกาย ดังนั้นแม่โคที่กินอาหารที่มีระดับโปรตีนที่น้อยในกระเพาะหมักสูง จะมีโอกาสทำให้ระดับยูเรียในกระแสเลือด (BUN) เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะแม่โคที่ให้ผลผลิตน้ำนมปริมาณสูงหรืออยู่ในช่วงแรกของระยะการให้น้ำนม ปกติระดับยูเรียในกระแสเลือดของแม่โคมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.8 – 24.6 มก./ดล. ดังนั้นค่าระดับยูเรียในกระแสเลือดของแม่โค จึงเป็นตัวแปรที่ช่วยแสดงสภาวะโภชนาการของสารอาหารโปรตีน

จากการศึกษานี้ พบว่า ระดับยูเรียในกระแสเลือด (BUN) ของแม่โคกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (12.8 ± 0.3 และ 11.7 ± 0.3 มก./ดล., ตามลำดับ, $P < 0.05$) แต่มีระดับอยู่ในช่วงเกณฑ์ปกติ ทั้ง 2 กลุ่ม สัปดาห์หลังคลอดมีอิทธิพลต่อระดับความเข้มข้นของยูเรียในกระแสเลือดของแม่โคหลังคลอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่อิทธิพลร่วมของชนิดโรงเรือนกับสัปดาห์หลังคลอดไม่มีผลกระทบต่อระดับยูเรียในกระแสเลือดของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม ($P > 0.05$) (รูปที่ 11)



รูปที่ 11. แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของยูเรียในเลือด (BUN) ของแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด (Cool) และแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด (Uncool) ในช่วง 12 สัปดาห์แรกหลังคลอด

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ความสมดุลของพลังงานมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณการกินอาหาร ($r = 0.72$, $P < 0.01$) ค่า IGF-I ($r = 0.51$, $P < 0.01$) ค่า BUN ($r = 0.17$, $P < 0.01$) และค่า β -hydroxybutyrate ($r = 0.11$, $P < 0.05$) แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่า NEFA ($r = -0.35$, $P < 0.01$)

ปริมาณการกินอาหารมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่า BUN ($r = 0.23$, $P < 0.01$) ค่า IGF-I ($r = 0.39$, $P < 0.01$) และค่า β -hydroxybutyrate ($r = 0.11$, $P < 0.05$) แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่า NEFA ($r = -0.28$, $P < 0.01$) และจากการศึกษานี้พบว่าระยะเวลาการตกไข่ครั้งแรกไม่มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยความสมดุลของพลังงานและสารเมตาโบไลต์ต่างๆในเลือด (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความสมดุลของพลังงาน (EB), ปริมาณการกินอาหาร (DMI) NEFA , β -hydroxybutyrate (BH), IGF-I, BUN และ ระยะเวลาการตกไข่ครั้งแรกหลังคลอด (OV) ในช่วง 12 สัปดาห์แรกหลังคลอด

Variable	DMI	NEFA	BH	IGF-I	BUN	OV
EB	0.72**	0.35**	0.11**	0.51**	0.17**	0.27
DMI		-0.28**	0.11**	0.39**	0.23**	-0.05
NEFA			0.04	-0.20**	-0.03	-0.00
BH				-0.06	0.13**	-0.06
IGF-I					0.04	-0.18
BUN						-0.04

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

การทดลองที่ 2

การเจริญของฟอลลิเคิลและการตกไข่หลังจากการเหนี่ยวนำการเป็นสัด

จากการเหนี่ยวนำการเจริญของฟอลลิเคิลโดยใช้ฮอร์โมน GnRH ร่วมกับ $\text{PGF}_{2\alpha}$ และศึกษาการเจริญของฟอลลิเคิลและการตกไข่ในการศึกษาวิจัยนี้ พบว่า มีแม่โคกลุ่มทดลอง จำนวน 3 ตัว และกลุ่มควบคุม จำนวน 8 ตัว ไม่มีการตกไข่ภายใน 120 ชม. หลังจากการฉีด $\text{PGF}_{2\alpha}$ เมื่อคิดเป็นอัตราการตอบสนองต่อการเหนี่ยวนำ (Synchronization rate) พบว่า แม่โคกลุ่มทดลองมีอัตราการตอบสนองต่อการเหนี่ยวนำมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม (82.4 % และ 52.9 % ตามลำดับ; $P=0.08$)

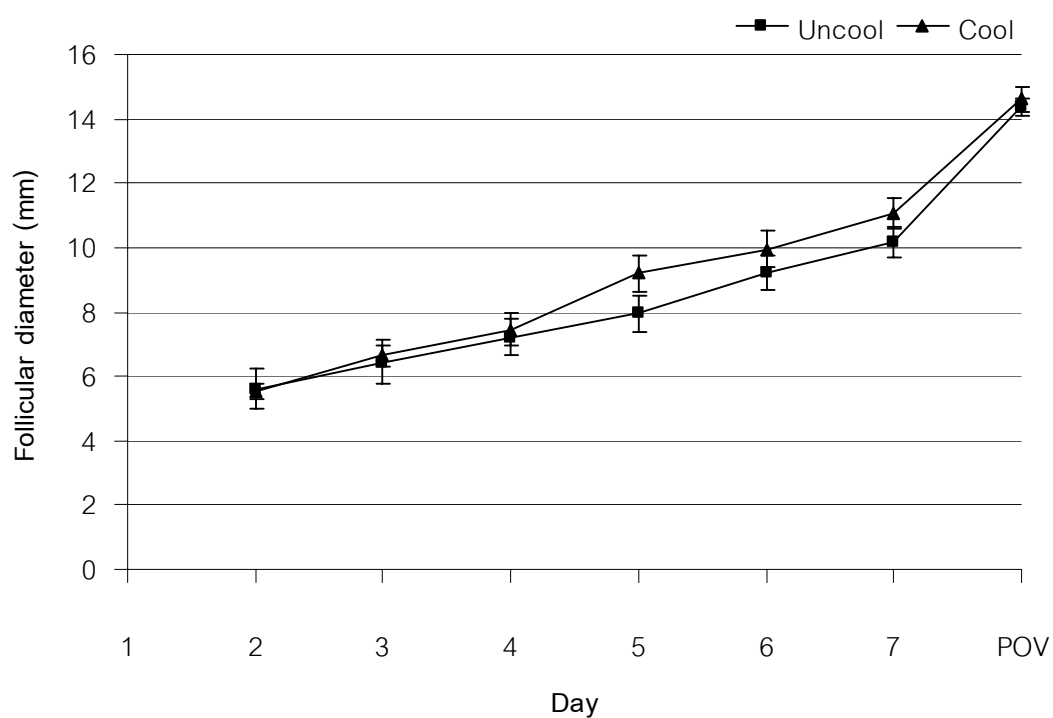
ระยะเวลาในการเกิดคลื่นฟอลลิเคิลใหม่หลังจากการฉีดฮอร์โมน GnRH ของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่แม่โคกลุ่มทดลองมีแนวโน้มมีขนาดของฟอลลิเคิลในวันที่ฉีดฮอร์โมน $\text{PGF}_{2\alpha}$ (วันที่ 7) ใหญ่กว่ากลุ่มควบคุม ($P=0.1$) และขนาดของฟอลลิเคิลหลักก่อนเกิดการตกไข่ของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อัตราการเจริญของฟอลลิเคิลหลัก(Dominant follicle) หลังจากการฉีดฮอร์โมน $\text{PGF}_{2\alpha}$ ของแม่โคกลุ่มควบคุมเร็วกว่ากลุ่มทดลอง แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ระยะเวลาการตกไข่เฉลี่ยหลังจากการฉีดฮอร์โมน $\text{PGF}_{2\alpha}$ ของแม่โคกลุ่มทดลองเร็วกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเฉลี่ย 83.6 ± 5.1 และ 88.0 ± 6.9 ชั่วโมงหลังจากการฉีด $\text{PGF}_{2\alpha}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8. แสดงอัตราการตอบสนองต่อการเหนี่ยวนำการเจริญของฟอลลิเคิล ขนาดของฟอลลิเคิล และเวลาการตกไข่ของแม่โคกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังจากการเหนี่ยวนำการเจริญของฟอลลิเคิลโดยใช้ฮอร์โมน GnRH ร่วมกับ $\text{PGF}_{2\alpha}$ (Mean $\pm$ SEM)

	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	P-value
จำนวนโค (ตัว)	17	17	
อัตราการตอบสนอง (%)	82.4 (14/17)	52.9 (9/17)	0.08
ระยะเวลาการเกิดฟอลลิเคิลคลื่นใหม่หลังจากการฉีด GnRH(new follicular wave emergence ;วัน)	2.2 ± 0.1	2.3 ± 0.2	0.55
ขนาดของฟอลลิเคิลในวันที่ฉีด $\text{PGF}_{2\alpha}$ (มม.)	11.5 ± 0.6	10.2 ± 0.5	0.12
ขนาดของฟอลลิเคิลก่อนที่จะตกไข่ (มม.)	14.6 ± 0.5	14.2 ± 0.4	0.57
อัตราการเจริญของฟอลลิเคิลหลังจากการฉีด $\text{PGF}_{2\alpha}$ (มม./วัน)	0.9 ± 0.1	1.1 ± 0.1	0.17
ระยะเวลาการตกไข่หลังจากการฉีด $\text{PGF}_{2\alpha}$ (ชม.)	83.6 ± 5.1	88.0 ± 6.9	0.63



รูปที่ 12. แสดงค่าเฉลี่ยขนาดของฟอลลิเคิล (Follicular diameter) ของแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด (Cool) และแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด (Uncool) หลังจากการเหนี่ยวนำการเจริญของฟอลลิเคิลโดยฮอร์โมน GnRH ร่วมกับ $\text{PGF}_{2\alpha}$ (วันที่ 1-7) และขนาดของฟอลลิเคิลก่อนตกไข่ (POV)

การทดลองที่ 3

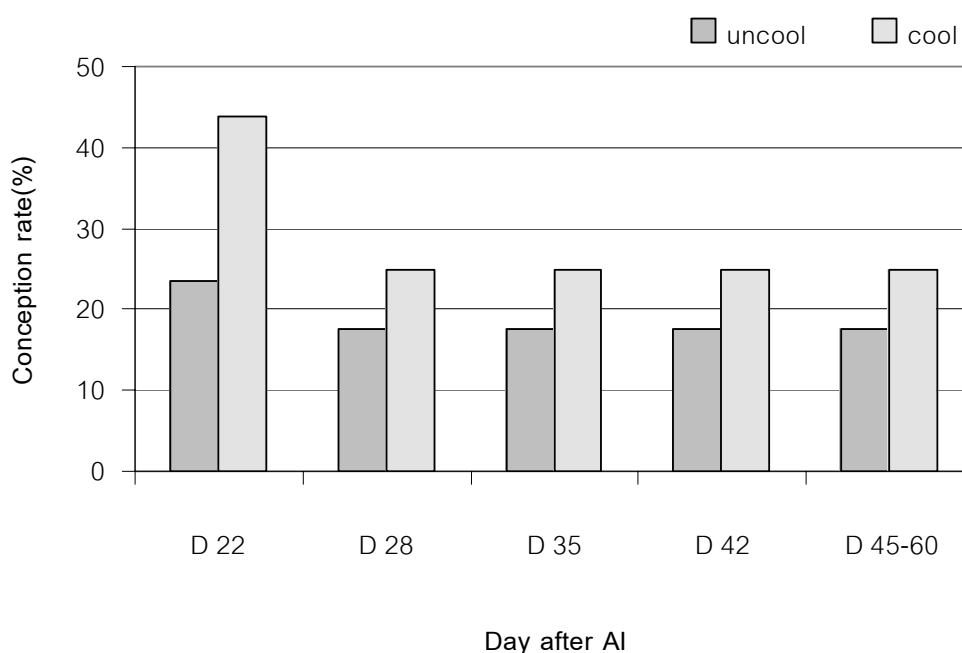
อัตราการผสมติดและการสูญเสียตัวอ่อนในระยะแรกหลังจากการเหนี่ยวนำการตกไข่และผสมเทียมแบบกำหนดเวลา

การศึกษาอัตราการผสมติดและการสูญเสียตัวอ่อนในระยะแรกของแม่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดตามธรรมชาติ และแม่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิด จากระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนและการตรวจด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ โดยถ้ามีการผสมไม่ติดหรือมีการสูญเสียตัวอ่อนในช่วงก่อนวันที่ 18 หลังผสม แม่โคจะกลับสัดและมีระดับโปรเจสเตอโรนต่ำ (<1 นก./มล.) ในช่วงประมาณวันที่ 21-22 หลังผสม และถ้ามีการสูญเสียตัวอ่อนในช่วงหลังจากวันที่ 18 หลังผสมแม่โคจะไม่กลับสัดและมีระดับโปรเจสเตอโรนสูงกว่า 1 นก./มล. ในช่วงวันที่ 21-24 หลังผสม และหลังจากนั้นจะทำการตรวจหุ้มตัวอ่อน (embryonic vesicle) หรือตัวอ่อนด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ชนิดบีโมด เรย์ลโทม์ ต่อไปอีกสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

จากการศึกษานี้ถึงแม้ว่าจะมีการใช้โปรแกรมการผสมเทียมแบบกำหนดเวลาเพื่อลดความผิดพลาดจากการตรวจการเป็นสัด แต่ไม่สามารถเพิ่มอัตราการตั้งท้องของแม่โคได้มากนัก เนื่องจากพบว่า แม่โคทั้ง 2 กลุ่มมีอัตราการสูญเสียตัวอ่อนในช่วง 1-2 สัปดาห์แรกสูง โดยแม่โคนมกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดมีอัตราการสูญเสียตัวอ่อนในช่วงก่อนวันที่ 18 หลังผสม สูงถึง 76.5 เปอร์เซ็นต์ และแม่โคนมกลุ่มทดลองที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดมีอัตราการสูญเสียตัวอ่อน 56.2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้แม่โคนมกลุ่มทดลองมีอัตราการผสมติดในช่วงวันที่ 22-24 หลังผสมมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม (43.8 % และ 23.5%ตามลำดับ; $P=0.22$) และต่อมาในช่วงสัปดาห์ที่ 3-4 หลังผสมยังคงมีการสูญเสียตัวอ่อน โดยแม่โคนมกลุ่มทดลองมีอัตราการสูญเสียตัวอ่อน 42.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแม่โคนมกลุ่มควบคุมมีอัตราการสูญเสียตัวอ่อน 25.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้แม่โคทั้ง 2 กลุ่มมีอัตราการผสมติดลดลงและมีอัตราการผสมติดในช่วงวันที่ 27-30 หลังผสมต่ำเช่นเดียวกัน (25.0 % และ 17.7 % ตามลำดับ; $P=0.61$) หลังจากนั้นไม่พบการสูญเสียตัวอ่อนอีก (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9. แสดงอัตราการผสมติดและอัตราการสูญเสียตัวอ่อนระยะแรกหลังจากการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและกำหนดเวลาการผสมเทียมของแม่โคนมกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

อัตราการผสมติด (%)			อัตราการสูญเสียตัวอ่อน (%)		
วันที่หลังผสมเทียม	กลุ่มทดลอง (ตัว)	กลุ่มควบคุม (ตัว)	วันที่หลังผสมเทียม	กลุ่มทดลอง (ตัว)	กลุ่มควบคุม (ตัว)
22	43.8	23.5	น้อยกว่า 18	56.2	76.5
	(7/16)	(4/17)		(9/16)	(13/17)
28	25.0	17.7	18-28	42.9	25.0
	(4/16)	(3/17)		(3/7)	(1/4)
35	25.0	17.7	28-35	0	0
	(4/16)	(3/17)			
42	25.0	17.7	35-42	0	0
	(4/16)	(3/17)			
45-60	25.0	17.7	มากกว่า 42	0	0
	(4/16)	(3/17)			



รูปที่ 13. แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการผสมติด (Conception rate) ในวันที่ 22, 28, 35, 42 และ 45-60 วันหลังผสมของแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด(Cool)และแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด(Uncool) หลังจากการเหนี่ยวนำการตกไข่และกำหนดเวลาการผสมเทียมโดยใช้ฮอร์โมนGnRHร่วมกับPGF_{2α}

จากผลการศึกษาพบว่า การสูญเสียตัวอ่อนระยะแรกเกิดขึ้นในช่วง 4 สัปดาห์แรกหลังผสมโดยเฉพาะในช่วง 2 สัปดาห์แรกมีอัตราการสูญเสียตัวอ่อนระยะแรกสูง หลังจากนั้นไม่พบการสูญเสียตัวอ่อนในแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม และแม่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิดมีแนวโน้มมีอัตราการสูญเสียตัวอ่อนระยะแรกสูงกว่าแม่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิด ทำให้แม่โคนมที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดมีแนวโน้มมีอัตราการผสมติดสูงกว่า แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (รูปที่ 13)

และจากการศึกษาระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในพลาสมาหลังจากการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและกำหนดเวลาการผสมเทียมของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มนี้ พบว่าระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในพลาสมาในวันที่ทำการผสมเทียมมีระดับต่ำกว่า 1 นก./มล. ทั้ง 2 กลุ่ม และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในพลาสมาในวันที่ 7 และ 14 หลังผสมเทียมของแม่โคกลุ่มทดลองมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.10$) ซึ่งอาจจะมีผลต่อการเจริญของตัวอ่อน (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10. แสดงระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในพลาสมาหลังจากการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและกำหนดเวลาการผสมเทียมของแม่โคกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในพลาสมา	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	P-value
วันที่ผสมเทียม (นก/มล)	0.08±0.04 (n=16)	0.01±0.01 (n=17)	0.13
วันที่ 7 หลังผสมเทียม (นก/มล)	3.03±0.38 (n=16)	2.18±0.21 (n=17)	0.06
วันที่ 14 หลังผสมเทียม (นก/มล)	4.83±0.44 (n=16)	3.62±0.47 (n=17)	0.07

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

เนื่องจากมีข้อสงสัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในการใช้ระบบการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนแบบปิดโดยอาศัยการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling pad system) เพื่อปรับสภาพสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรือนโคนมให้เย็นสบายขึ้นนั้น ซึ่งจากการศึกษาวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยคิดว่า การปรับสภาพสิ่งแวดล้อมโดยวิธีการนี้น่าจะเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการช่วยลดผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนขึ้นของแม่โคนมที่เลี้ยงในบ้านเราได้ เนื่องจากระบบนี้ทำให้แม่โคมีความเย็นสบายมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากแม่โคมีอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจลดลง สามารถกินอาหารได้มากขึ้น และสามารถให้ผลผลิตน้ำนมได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่า แม่โคเหล่านี้มีสุขภาพร่างกายหลังคลอดแข็งแรงดี ไม่พบปัญหาโรคทางระบบทางเดินหายใจเนื่องจากความชื้นสูงภายในโรงเรือน แต่อย่างไรก็ตามการใช้นี้จะทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้น เช่น ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงโรงเรือน ค่าอุปกรณ์และการบำรุงรักษา ค่าไฟฟ้า และค่าอาหารที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากแม่โคกินอาหารมากขึ้น เป็นต้น ดังนั้นเพื่อศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุน คณะผู้วิจัยจึงได้ทดลองคำนวณผลต่างระหว่างรายรับที่เพิ่มขึ้นจากผลผลิตน้ำนมดิบที่เพิ่มขึ้น และค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ระบบนี้ ดังแสดงในตารางที่ 11.

ตารางที่ 11. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของการใช้ระบบการลดอุณหภูมิโดยอาศัยการระเหยของน้ำในโรงเรือนแบบปิดเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำนมของแม่โคในช่วง 22 สัปดาห์แรกหลังคลอด

รายการ	ผลต่างระหว่าง กลุ่ม	ราคา/หน่วย (บาท)	มูลค่า (บาท/ตัว/วัน)
รายรับที่เพิ่มขึ้น			
ผลผลิตน้ำนมที่เพิ่มขึ้น (กก/ตัว/วัน)	5.1	11.50	58.65
รายจ่ายที่เพิ่มขึ้น			
ปริมาณการกินอาหาร(วัตถุดิบ)ที่เพิ่มขึ้น (กก/ตัว/วัน)	2.9	7.64	-22.16
ค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น (พัดลม & ปั้มน้ำ)	-	-	-6.88
ค่าวัสดุอุปกรณ์โรงเรือนและค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ (5 ปี)	-	-	-4.11
รวม			25.50

จากตารางที่ 11 จะเห็นว่า รายรับที่เพิ่มขึ้นมีมากกว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้ระบบนี้น่าจะมีความคุ้มค่าในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยลดผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตของแม่โคนมที่เลี้ยงในเขตอากาศแบบร้อนขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษานี้เราพบว่า ในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมนี้ยังไม่สามารถทำให้ความเครียดจากความร้อนขึ้นในโรงเรือนหมดไปได้ เพียงแต่ช่วยลดระดับหรือบรรเทาความรุนแรงของความเครียดจากความร้อนขึ้นลง ซึ่งทำให้แม่โคสามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ แต่แม่โคเหล่านี้ยังคงได้รับความเครียดจากความร้อนขึ้นอยู่ในระดับหนึ่ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์พันธุ์ของแม่โค ดังนั้นจะต้องมีการพัฒนาหรือปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในการลดระดับความเครียดจากความร้อนขึ้นลง หรือศึกษาวิธีการจัดการระบบสืบพันธุ์โดยเฉพาะในช่วงหลังผสมพันธุ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดปัญหาการตายของตัวอ่อนในระยะแรกและมีอัตราการผสมติดเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้แม่โคนมที่เลี้ยงในเขตอากาศแบบร้อนขึ้นนี้มีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตสูงที่สุด

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาพบว่า สภาพอากาศที่พบจะมีลักษณะอากาศที่ค่อนข้างร้อนเป็นระยะเวลายาวนานเกือบตลอดทั้งปี โดยเฉพาะตอนกลางวันอากาศจะมีอุณหภูมิสูงกว่า 30-32 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 60-70 % ทำให้แม่โคนมเหล่านี้ได้รับผลกระทบจากความร้อนติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ซึ่งผลกระทบจากความร้อนนี้จะลดหรือบรรเทาลงได้บ้างในช่วงเวลากลางคืนจนถึงตอนเช้า ทำให้แม่โคเหล่านี้ไม่สามารถให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่

การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวโค โดยการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยอาศัยการระเหยของน้ำดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นในวิธีการดำเนินการวิจัย จะช่วยลดอุณหภูมิของอากาศที่ผ่านเข้ามาในโรงเรือน แต่จะทำให้อากาศภายในโรงเรือนมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้นด้วย จากผลการศึกษาจะพบว่าในช่วงเวลากลางวันซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อากาศจะมีอุณหภูมิสูงสุด แต่ระบบนี้สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในโรงเรือนต่ำกว่าภายนอกอย่างมีนัยสำคัญถึง 6 องศาเซลเซียส ในขณะที่มีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นกว่าภายนอกประมาณ 16 %

จากการศึกษาที่ผ่านมาในเขตพื้นที่ที่อากาศมีอุณหภูมิสูงแต่มีความชื้นต่ำ ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยอาศัยการระเหยของน้ำนั้น จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก (Ryan et al., 1992) แต่ในพื้นที่ที่อากาศมีอุณหภูมิสูงและมีความชื้นสูงประสิทธิภาพของระบบนี้จะลดลง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกจะเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบว่าจะสามารถลดอุณหภูมิของอากาศที่ผ่านเข้ามาในโรงเรือนได้มากน้อยเพียงใด ถ้าอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 70% จะทำให้ระบบมีความสามารถในการลดอุณหภูมิได้น้อยลง (ลดได้ประมาณ 2.8 - 5.6°C) ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่า อุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลากลางวัน และจะลดลงในตอนเย็นจนถึงตอนเช้า หลังจากนั้นอุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มสูงขึ้นอีกเช่นเดิมในช่วงตอนกลางวัน ซึ่งในช่วงที่อุณหภูมิของอากาศเพิ่มสูงขึ้นนั้น อากาศจะมีความชื้นสัมพัทธ์ลดต่ำลง และในทางกลับกันเมื่ออากาศมีอุณหภูมิลดต่ำลง อากาศจะมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นในช่วงเวลากลางวันซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อากาศร้อนและมีอุณหภูมิสูงสุด ความชื้นของอากาศจะลดต่ำลง ทำให้ระบบนี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้ระบบสามารถลดระดับความรุนแรงของความเครียดจากความร้อนขึ้นลงได้

จากการศึกษานี้ พบว่า ระบบนี้ทำให้อากาศภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดเฉลี่ย 24.2±0.1 และ 28.4±0.1°C ตามลำดับ โดยที่อากาศภายนอกจะมีอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดเฉลี่ย 24.7±0.1 และ 34.4±0.1°C ตามลำดับ จะเห็นว่าอุณหภูมิต่ำสุดซึ่งจะพบได้ในช่วงตอนเช้ามีอากาศจะมีอุณหภูมิต่ำใกล้เคียงกัน แต่อากาศภายนอกจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นมากในตอนกลางวัน (ประมาณ 10°C) ส่วนอากาศภายในโรงเรือนจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ประมาณ 3 - 4°C) ซึ่งจะเห็นว่าระบบนี้ช่วยทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าและลดลงต่ำกว่าภายนอก และทำให้ความชื้นและค่าTHIภายในโรงเรือนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเช่นกัน

จุดวิกฤตของอุณหภูมิที่จะทำให้แม่โคเริ่มเกิดความเครียดจากความร้อน คือ ที่อุณหภูมิระหว่าง 25 และ 26°C (Berman et al., 1985) จากผลการศึกษาพบว่า ถึงแม้ระบบนี้จะช่วยลดอุณหภูมิลงได้ แต่อุณหภูมิสูงสุดในช่วงตอนกลางวันก็ยังคงสูงกว่าจุดวิกฤต เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกเป็นตัวจำกัดขีดความสามารถในการลดอุณหภูมิของระบบ ทำให้ไม่สามารถลดอุณหภูมิจนอยู่ในระดับที่ไม่มีความเครียดจากความร้อนขึ้นได้ ทำให้แม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดยังคงมีความเครียดจากความร้อนขึ้นอยู่ แต่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าแม่โคที่อยู่ภายนอก ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าTHIในโรงเรือนแบบปิดนั้นมีระดับต่ำกว่าภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ

ถึงแม้ว่าอากาศภายในจะมีความชื้นสูงกว่าก็ตาม แสดงให้เห็นว่าระบบนี้สามารถระดับความเครียดจากความร้อนขึ้นได้

ค่าเฉลี่ยTHIภายในโรงเรือนแบบปิดนี้จะมีระดับต่ำกว่า 79 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่มีความเครียดจากความร้อนขึ้นเล็กน้อย (mild heat stress) ตลอดทั้งวัน ส่วนค่าเฉลี่ยTHIภายนอกจะมีระดับมากกว่า 79 ทำให้มีความเครียดจากความร้อนขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง (moderate heat stress) ตลอดทั้งวันเช่นกัน ซึ่งระดับความเครียดที่แตกต่างกันนี้ ทำให้แม่โคมีการตอบสนองที่แตกต่างกัน จะเห็นได้จากแม่โคที่อยู่ภายในจะมีอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจต่ำกว่าแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ และจากการศึกษานี้พบว่า ค่าTHIมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจ ซึ่งWestและคณะ(2003) พบว่า อุณหภูมิร่างกายของแม่โคจะมีความไวและมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศ

จากการศึกษานี้พบว่า ระดับค่าเฉลี่ยของคอร์ติซอลในซีรัมของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มนี้สูงกว่าระดับปกติในแม่โคที่ไม่มีความเครียด (Arave et al., 1996) เนื่องจากแม่โคยังคงได้รับความเครียดจากความร้อนขึ้นอยู่ตลอดเวลา ซึ่งWiseและคณะ(1988) ได้รายงานไว้ว่า โคที่ได้รับผลกระทบจากอากาศร้อนจะมีระดับของคอร์ติซอลเพิ่มสูงขึ้นมากอย่างรวดเร็วในระยะแรก และจะลดระดับลงเมื่อได้รับผลกระทบจากความร้อนติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน (Abilay et al., 1975)

Legates และคณะ (1991) รายงานว่า อุณหภูมิของอากาศมีผลกระทบมากที่สุดต่อการตอบสนองของร่างกาย รองลงมาคือ การแผ่รังสีความร้อน ความกดอากาศ และการเคลื่อนที่ของอากาศ ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศจะทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของร่างกายแม่โคลดลง ทำให้การระบายความร้อนในร่างกายของแม่โคออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกทำได้ลำบากขึ้น ดังนั้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ที่มีความชื้นสูงหรือพื้นที่ที่มีความชื้นต่ำ กลไกที่ควบคุมการระบายความร้อนในร่างกายจะเปลี่ยนแปลงจากระบบที่ไม่อาศัยกระบวนการระเหยของน้ำ (nonevaporative processes) เช่น กระบวนการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน เป็นระบบที่มีการระบายความร้อนโดยอาศัยการระเหยของน้ำ (evaporative processes) เช่น กระบวนการขับเหงื่อ และการหายใจมากขึ้น (Kibler and Brody, 1953 cited by West et al., 2003) ดังนั้น เมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น กระบวนการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อนออกจากร่างกายจะทำงานลดลง ในขณะที่เดียวกันกระบวนการขับเหงื่อและการหายใจจะทำงานมากขึ้น ส่งผลให้แม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอกมีอัตราการหายใจและอุณหภูมิร่างกายสูงกว่าแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายในโรงเรือนปิดอย่างมีนัยสำคัญ

อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตน้ำนมของแม่โคสายพันธุ์โฮลสไตน์ที่เลี้ยงในสภาพอากาศร้อน (Kabuga and Sarpong, 1991 cited by West et al., 2003) นอกจากนี้ Maust และคณะ (1972) รายงานว่า ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิรายวันมีความสัมพันธ์อย่างมากกับอุณหภูมิร่างกายของแม่โคในช่วงบ่าย และปริมาณผลผลิตน้ำนมก็มีความสัมพันธ์อย่างมากกับอุณหภูมิร่างกายของแม่โคในช่วงบ่ายเช่นเดียวกัน การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิร่างกายมีความสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณการกินอาหารและปริมาณผลผลิตน้ำนม ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่า แม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอกจะมีอุณหภูมิร่างกายมากกว่า 39°C ทั้งในช่วงเวลาเช้าและบ่าย ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่แม่โคควรจะมีอุณหภูมิร่างกายใกล้เคียงกับจุดต่ำที่สุดและจุดที่สูงที่สุดในแต่ละวัน ตามลำดับ จากข้อมูลจะเห็นว่าแม่โคเลี้ยงอยู่ภายนอกจะมีอุณหภูมิร่างกายสูงตลอดเวลา ส่งผลให้แม่โค

เหล่านี้มีปริมาณการกินอาหารและปริมาณผลผลิตน้ำนมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โคที่เลี้ยงอยู่ในโรงเรือนแบบปิดที่มีอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่า

McGuire และคณะ (1989) รายงานว่า ความเครียดจากความร้อนขึ้นส่งผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนมของแม่โค เนื่องจากความเครียดจากความร้อนขึ้นทำให้แม่โคกินอาหารได้ลดลง ทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารลดลง และแม่โคที่ได้รับความเครียดจากความร้อนขึ้นจะทำให้มีการไหลเวียนของเลือดไปเลี้ยงที่บริเวณเนื้อเยื่อหรืออวัยวะรอบนอกมากขึ้น เพื่อช่วยในกระบวนการระบายความร้อนออกจากร่างกาย ซึ่งอาจทำให้มีผลกระทบต่อกระบวนการเผาผลาญอาหารและทำให้มีผลผลิตน้ำนมลดลง

จากการศึกษานี้พบว่า อุณหภูมิร่างกายมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิของอากาศและค่า THI แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณการกินอาหาร นอกจากนี้พบว่า ปริมาณการกินอาหารมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณผลผลิตน้ำนม ซึ่งปริมาณผลผลิตน้ำนมและปริมาณการกินอาหารจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อค่า THI สูงสุด มีค่ามากกว่า 77 (Johnson et al., 1963 cited by West, 2003). ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกันระหว่างค่า THI และปริมาณการกินอาหาร (Holter et al., 1996; 1997) ซึ่งผลกระทบนี้ น่าจะเป็นผลมาจากการที่แม่โคมีอุณหภูมิร่างกายเพิ่มสูงขึ้น

Ravagnolo และคณะ (2000) รายงานว่า เมื่อค่า THI สูงกว่า 72 ผลผลิตน้ำนมของแม่โคจะลดลง 0.2 กิโลกรัมต่อค่า THI ที่เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ดังนั้นค่า THI อาจสามารถนำมาใช้ประเมินผลกระทบของความเครียดจากความร้อนต่อการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โคได้

การจัดหาร่มเงาและระบบการระบายอากาศที่ช่วยให้แม่โคมีความเย็นสบายมากขึ้น จะสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำนมของแม่โคนมได้ (Armstrong, 1994) การใช้ระบบการพัดลมของน้ำร่วมกับพัดลมเป่าอากาศสามารถเพิ่มการกินอาหาร (7.1 - 9.2%) และผลผลิตน้ำนม (7.1 - 15.8%) และสามารถลดอุณหภูมิร่างกาย (-0.4 ถึง -0.5 °C) และอัตราการหายใจ (17.6 - 40.6 %) (Bucklin et al., 1991)

จากการศึกษานี้พบว่า การใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยอาศัยการระเหยของน้ำในโรงเรือนแบบปิดนั้น สามารถเพิ่มความเย็นสบายและผลผลิตน้ำนมของแม่โคนมได้ ระบบนี้สามารถลดอุณหภูมิของอากาศและค่า THI ได้ ทำให้แม่โคมีอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจลดลง ทำให้แม่โคสามารถกินอาหารได้มากขึ้น (30.9 %) และมีผลผลิตน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น (42.5%) นอกจากนี้พบว่า รายรับที่เพิ่มขึ้นจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมีค่ามากกว่า ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากใช้ระบบนี้ (ค่าวัสดุและอุปกรณ์ ค่าบำรุงรักษา ค่าไฟฟ้า และค่าอาหารที่เพิ่มขึ้น)

การตอบสนองของแม่โคเมื่อได้รับความเครียดจากความร้อนขึ้นมากขึ้นได้แก่ หายใจเร็วขึ้น และมีเหงื่อมากขึ้น แต่ถ้าวางกายไม่สามารถระบายความร้อนออกได้อย่างเพียงพอจะทำให้ร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้แม่โคมีการกินอาหารลดลงและมีความต้องการพลังงานที่ใช้ในการดำรงชีพมากขึ้น (เพื่อใช้ในการหายใจที่เร็วขึ้นหรือใช้ในกระบวนการระบายความร้อนออกจากร่างกายมากขึ้น) ส่งผลให้ความสามารถในการให้ผลผลิตมีประสิทธิภาพลดลงด้วย เมื่อแม่โคไม่สามารถกินอาหารได้เพียงกับความต้องการ จึงมีการนำพลังงานที่สะสมไว้มาใช้ทดแทนจนกว่าแม่โคจะสามารถกินอาหารได้เพียงพอหรือมีพลังงานมากกว่าความต้องการ ทำให้มีการสูญเสียไอน้ำหนักและเกิดภาวะการขาดสมดุลของพลังงาน (Butler and Smith, 1989; Nebel and McGilliard, 1993)

จากการศึกษานี้พบว่า แม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอกสามารถกินอาหารได้น้อยกว่าแม่โคที่เลี้ยงอยู่ในอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้แม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอกมีช่วงระยะเวลาที่เกิดภาวะการขาดสมดุลของพลังงานในช่วงหลังคลอดดูยาวนานกว่า และมีน้ำหนักเฉลี่ยหลังคลอดน้อยกว่าแม่โคที่เลี้ยงอยู่ในโรงเรือนแบบปิดอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเกิดภาวะการขาดสมดุลของพลังงานจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของสารเมตาโบไลต์ต่างๆในกระแสเลือดหลายตัว ที่เด่นชัดมากคือ การเพิ่มขึ้นของระดับของ NEFA และ BHBA จาก การศึกษานี้พบว่า ระดับของ NEFA ในพลาสมาของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แม่โคจะมีระดับของ NEFA สูงที่สุดในช่วงสัปดาห์แรกหลังคลอด และมีระดับลดลงอย่างมากจนถึงในช่วงสัปดาห์ที่ 6 และ 7 หลังคลอด หลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ซึ่งระดับของ NEFA ที่ตรวจพบอยู่เกณฑ์ปกติที่สามารถพบได้ในแม่โคนมหลังคลอดที่มีภาวะการขาดพลังงาน เนื่องจากในระยะแรกหลังคลอดแม่โคจะมีกลไกการสลายไขมันเพื่อนำพลังงานมาใช้ในการผลิตน้ำนม (Coppock et al., 1974) ซึ่งจะทำให้เกิด NEFA มีระดับสูงในพลาสมาโดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์แรกหลังคลอด หลังจากนั้นจะมีระดับลดลง (Staples et al., 1990) และจากการศึกษาระดับของ NEFA นี้พบว่า แม่โคทั้ง 2 กลุ่มมีระดับของ NEFA อยู่ในระดับที่มีการขาดพลังงานไม่รุนแรงมาก และจากการศึกษานี้ พบว่า ค่าเฉลี่ยระดับของ BHBA ของแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายในโรงเรือนแบบปิดสูงกว่าแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ แต่ระดับของ BHBA ในพลาสมาของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม อยู่ในช่วงเกณฑ์ปกติ

และจากการศึกษาความสมดุลของพลังงานพบว่า แม่โคมีสมดุลของพลังงานลดลงและเกิดภาวะการขาดพลังงานตั้งแต่หลังคลอดและมีภาวะขาดพลังงานมากที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 2 หลังคลอด ซึ่งแม่โคทั้ง 2 กลุ่มมีระยะเวลาตั้งแต่หลังคลอดจนถึงจุดที่มีการขาดพลังงานมากที่สุด (EB nadir) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากนั้นแม่โคจะมีสมดุลของพลังงานเพิ่มขึ้นเนื่องจากสามารถกินอาหารได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายในโรงเรือนแบบปิดมีสมดุลของพลังงานเพิ่มขึ้นมากกว่า ถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของผลผลิตน้ำนมอย่างต่อเนื่อง อาจเป็นผลเนื่องจากแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอกไม่สามารถกินอาหารทดแทนได้เพียงพอกับความต้องการของพลังงานที่ใช้ในการดำรงชีพที่สูงกว่า ดังนั้น ทำให้แม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอกจะมีช่วงระยะเวลาที่เกิดภาวะการขาดสมดุลของพลังงานในช่วงหลังคลอดดูยาวนานกว่าแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายในโรงเรือนแบบปิดอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษานี้ พบว่า ค่าเฉลี่ยของ IGF-I มีระดับเพิ่มสูงขึ้นตามสัปดาห์หลังคลอดและมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสมดุลของพลังงาน ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ระดับความเข้มข้นของ IGF-I จะลดลงในช่วงคลอดลูกและจะมีระดับเพิ่มสูงขึ้นในช่วงหลังคลอด (Schams et al., 1991 cited by Roberts et al., 1997) ระดับความรุนแรงของการลดลงและระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มขึ้นจนมีระดับใกล้เคียงกับระดับในช่วงก่อนคลอดขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของภาวะการขาดอาหาร (Spicer et al., 1990) และระดับความเข้มข้นของ IGF-I มีความสัมพันธ์เชิงลบกับระยะเวลาการไม่เป็นสัดหลังคลอด (Simpson et al., 1992)

เนื่องจากภาวะที่สารอาหารโปรตีนไม่เพียงพอจะมีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนม แต่ถ้าอาหารมีโปรตีนมากเกินไปร่างกายจะต้องสูญเสียพลังงานในกระบวนการกำจัดส่วนที่เหลืออกนอกร่างกาย นอกจากนั้นโปรตีนส่วนที่เหลือนั้นอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ได้ โดยทำให้มีระดับยูเรียในเลือดและแอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้นซึ่งส่งผลให้แม่โคมีอัตราการผสมติดลดลง แต่จากการศึกษานี้ พบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับยูเรียในเลือดของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม อยู่ในช่วงปกติ

Buttler และ Smith (1989) รายงานว่า ภาวะการขาดพลังงานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะเวลาการตกไข่ครั้งแรกหลังคลอด และมีผลกระทบต่อขนาดของฟอลลิเคิลของแม่โคนมในระยะแรกหลังคลอด นอกจากนี้ Spicer และคณะ (1993) พบว่า ค่าเฉลี่ยความสมดุลของพลังงานในช่วง 4 สัปดาห์แรกหลังคลอดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับระยะเวลากการตกไข่ครั้งแรกหลังคลอด ($r=-0.52$) เช่นเดียวกับ Butler และคณะ (1981) ที่พบว่ามีความสัมพันธ์คล้ายๆกัน ($r=-0.60$) แต่จากการศึกษานี้ ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าระยะเวลากการตกไข่ครั้งแรกหลังคลอดของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ อาจเนื่องจากแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม มีภาวะการขาดพลังงานในระยะแรกหลังคลอดที่ไม่รุนแรง ทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของรังไข่ในระยะแรกหลังคลอด

จากการศึกษาในช่วง 12 สัปดาห์หลังคลอด คณะผู้วิจัยไม่พบภาวะการเกิดถุงน้ำที่รังไข่ในแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม แต่อย่างไรก็ตามเราพบว่า แม่โคที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดและภายนอกมีภาวะการไม่ตกไข่หรือไม่เป็นสัดหลังคลอด (11.8 และ 17.6%, ตามลำดับ) ซึ่งแม่โคเหล่านี้ตรวจพบว่าฟอลลิเคิลขนาด 10 – 15 มม. แต่ไม่เกิดการตกไข่ ซึ่งภาวะแบบนี้มีรายงานว่า สามารถพบได้ในระยะแรกหลังคลอดทั้งในแม่โคนมและโคเนื้อ (Williams, 1990; Schillo, 1992) และจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า มีอุบัติการณ์ของการไม่ตกไข่ในช่วงหลังคลอดของแม่โคนม(โดยการตรวจระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน) อยู่ในช่วงประมาณ 18 - 29 % (Cartmill et al., 2001b; Moreira et al., 2001; Pursley et al., 2001) ซึ่งภาวะการไม่ตกไข่ในช่วงหลังคลอดของฟอลลิเคิลเหล่านี้ อาจเป็นผลเนื่องจากมีกลไกยับยั้งการหลั่งของ GnRH เพิ่มขึ้น (Williams, 1990 ; Schillo, 1992).

นอกจากนี้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้นและการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในโรงเรือนต่อการเจริญของฟอลลิเคิลและการตกไข่หลังจากการเหนี่ยวนำการเป็นสัด พบว่าการเจริญของฟอลลิเคิลและเวลาการตกไข่ของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยหลังจากการเหนี่ยวนำจะเริ่มพบการเจริญของฟอลลิเคิลหลักของคลื่นฟอลลิเคิลใหม่ของแม่โคทั้ง 2 กลุ่ม ในเวลาใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นพบว่าขนาดของฟอลลิเคิลหลักในวันที่ 7 ของแม่โคกลุ่มที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดมีแนวโน้มมีขนาดใหญ่กว่าแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอก อาจเป็นผลเนื่องจากความเครียดจากความร้อนขึ้นทำให้ฟอลลิเคิลมีการเจริญลดลง ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ความเครียดจากความร้อนขึ้นทำให้การเจริญของฟอลลิเคิลมีการเปลี่ยนแปลง (Wolfenson et al., 1995) Badinga และคณะ (1993) รายงานว่า แม่โคที่ได้รับความเครียดจากความร้อนขึ้นจะทำให้ฟอลลิเคิลหลักมีขนาดเล็กลง และความเครียดจากความร้อนขึ้นจะทำให้ฟอลลิเคิลหลักมีการเจริญเติบโตลดลงและมีฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลงด้วย (Wolfenson et al., 1997; Wilson et al., 1998a ; 1998b)

หลังจากการเหนี่ยวนำให้คอร์ปัสลูเทียมเกิดการสลายตัวโดยการฉีด $\text{PGF}_{2\alpha}$ (วันที่ 7) ฟอลลิเคิลหลักของแม่โคที่อยู่ภายนอกและภายในโรงเรือนแบบปิดมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ขนาดของฟอลลิเคิลหลักที่ใหญ่ที่สุดก่อนตกไข่ของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มมีขนาดใกล้เคียงกัน ทำให้ระยะเวลาในการตกไข่หลังจากการเหนี่ยวนำให้คอร์ปัสลูเทียมสลายตัวของฟอลลิเคิลหลักของแม่โคที่อยู่ภายนอกมีระยะเวลายาวนานกว่าเล็กน้อย เนื่องจากระยะเวลาในการตกไข่หลังจากการฉีด $\text{PGF}_{2\alpha}$ ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญและขนาดฟอลลิเคิลหลักที่มีอยู่ในขณะนั้น (Stevenson et al., 1998) ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่า ในวันที่ 7 ฟอลลิเคิลหลัก

ของแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอกมีขนาดเล็กกว่าจึงต้องใช้เวลาในการเจริญเติบโตจนถึงระยะก่อนตกไข่ยาวนานกว่า อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการตกไข่หลังจากการเหนี่ยวนำของแม่โคทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

แต่อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาพบว่า อัตราการตอบสนองต่อการเหนี่ยวนำและเกิดการตกไข่ของแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายในโรงเรือนแบบปิดมีแนวโน้มอัตราการตอบสนองสูงกว่าแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอก (82.4 และ 52.9 %, ตามลำดับ) อาจเป็นผลจากความเครียดจากความร้อนขึ้นทำให้การเจริญของฟอลลิเคิลลดลงและทำให้มีฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลง (Wilson et al., 1998b) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะก่อนตกไข่ ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนเอสโตรเจนในระดับสูงสุด (Estradiol peak) มีความสำคัญต่อการหลั่งของลูทิไนซิงฮอร์โมน (LH surge) และการตกไข่ (Gilad et al., 1993) ซึ่งการลดลงของฮอร์โมนเอสโตรเจนจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของ LH surge ทำให้ไม่เกิดการตกไข่ในแม่โครีดนมได้ (Wiltbank et al., 2002) หรืออาจเกิดเนื่องจากความเครียดจากความร้อนขึ้นมีผลกระทบโดยตรงทำให้ระดับของ LH surge ลดลง (Madan and Johnson, 1973) นอกจากนี้การฉีด GnRH ครั้งที่ 2 ในโปรแกรมการเหนี่ยวนำแบบ Ovsynch จะช่วยให้แม่โคมีอัตราการตอบสนองต่อการตกไข่สูงขึ้นอยู่ระหว่าง 87% (Vasconcelos et al., 1999) และ 91% (Moreira et al., 2001) ดังนั้นการฉีด GnRH หลังจากการเหนี่ยวนำให้คอร์ปัสลูเทียมเกิดการสลายตัวโดยการฉีด $\text{PGF}_{2\alpha}$ นั้น อาจจะช่วยให้แม่โคที่ได้รับผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนขึ้นมีอัตราการตกไข่เพิ่มสูงขึ้นได้

จากการศึกษาผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้นและการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในโรงเรือนต่ออัตราการผสมติดหลังจากการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและกำหนดเวลาผสมเทียม พบว่า แม่โคที่เลี้ยงภายในโรงเรือนแบบปิดมีอัตราการผสมติดในระยะแรก (วันที่ 22-24 หลังผสม) สูงกว่าแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอก (43.8 และ 23.5%, ตามลำดับ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะช่วยลดผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้นต่อการเจริญของตัวอ่อนในระยะแรกได้ แต่อย่างไรก็ตามแม่โคยังคงได้รับผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนขึ้นต่อไปอีก ทำให้มีอัตราการผสมติดลดลงอีกเนื่องจากการตายของตัวอ่อน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความร้อนจากสิ่งแวดล้อม ทำให้แม่โคมีอุณหภูมิร่างกายเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลเสียต่อการเจริญของตัวอ่อน (Putney et al., 1989a) หรือระบบนี้ไม่สามารถลดอุณหภูมิลงได้ต่ำพอที่จะป้องกันตัวอ่อนจากความร้อนได้

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า เมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงกว่า 30°C ในวันหลังผสม อัตราการตั้งท้องของแม่โครีดนมจะได้รับผลกระทบมากกว่าโคสาว (Thatcher and Collier, 1986) อุณหภูมิร่างกายของแม่โคที่สูงมากจะมีผลกระทบต่อการเจริญและการมีชีวิตรอดของตัวอ่อน (Gordon et al., 1987; Monty and Racowsky, 1987; Ulberg and Sheenan, 1973) ไข่และตัวอ่อนระยะแรกจะมีความไวต่อความเครียดจากความร้อนขึ้นมากและจะมีความทนทานมากขึ้นเมื่อมีอายุมากขึ้น (Ealy et al., 1993; Putney et al., 1988)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า อัตราการผสมติดจะลดลงจาก 61% เป็น 45% เมื่อร่างกายมีอุณหภูมิในช่วง 12 ชม. หลังผสมพันธุ์สูงขึ้น 1°C (Ulberg and Burfening, 1967) และถ้าแม่โคมีอุณหภูมิร่างกายสูงถึง 40°C ซึ่งเป็นผลมาจากได้ความร้อนจากอากาศที่มีอุณหภูมิสูง (32.2°C) เป็นเวลานาน 72 ชม. หลังจากผสมพันธุ์จะมีอัตราการผสมติดลดลงเป็น 0% เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โคมีอุณหภูมิร่างกาย 38.5°C ซึ่งถูกเลี้ยงในอากาศที่มีอุณหภูมิ 21.1°C แต่มีอัตราการผสมติดสูงถึง 48% (Ulberg and Burfening, 1967)

Cartmill และคณะ (2001a) รายงานว่า เมื่ออากาศมีค่า THI สูงมากกว่าหรือเท่ากับ 72 จะทำให้แม่โคถูกตรวจพบการเป็นสัดน้อยลงและมีอัตราการผสมติดลดลง เช่นเดียวกับ Ingraham และคณะ (1976) พบว่า อัตรา

การผสมติดจะลดลงจาก 66 % เป็น 35% เมื่อค่าTHI เพิ่มขึ้นจาก 68 เป็น 78 ในช่วง 2 วันก่อนผสมพันธุ์ ซึ่งจากการศึกษานี้จะพบว่า ระบบการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยอาศัยการกระบวนการระเหยของน้ำนั้นสามารถลดระดับความเครียดจากความร้อนได้ (ค่าTHI<79) แต่อย่างไรก็ตามระบบนี้ยังไม่สามารถทำให้ค่าTHI ต่ำกว่า 72 ได้ ทำให้แม่โคยังคงได้รับความเครียดจากความร้อนขึ้นอยู่และมีอัตราการผสมติดลดลง

การใช้โปรแกรมการผสมเทียมแบบกำหนดเวลาอาจจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผสมพันธุ์ในช่วงที่มีอากาศร้อนได้ เนื่องจากจะช่วยลดปัญหาความผิดพลาดจากการสังเกตอาการเป็นสัดได้ แต่ความเครียดจากความร้อนนั้นนอกจากจะมีผลกระทบต่ออาการแสดงอาการเป็นสัดแล้ว ยังมีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญของตัวอ่อนอีกด้วยซึ่งอาจจะทำให้โคเหล่านี้มีอัตราการผสมติดต่ำได้ การใช้โปรแกรมแบบ Ovsynch ในแม่โคจะมีอัตราการผสมติดอยู่ระหว่าง 31 - 42 % (Pursley et al., 1997a; 1997b; Fricke and Wiltbank, 1999; Tenhagen et al., 2001; Moreira et al., 2001; Pursley et al., 2001) แต่แม่โคที่ได้รับความเครียดจากความร้อนขึ้นจะมีอัตราการผสมติดลดลงเมื่อใช้โปรแกรมการผสมแบบเดียวกัน เนื่องจากการตายของตัวอ่อนมากขึ้น (Cartmill et al., 2001b)

Ryan และคณะ (1993) พบว่า อัตราการสูญเสียตัวอ่อนจะพบมากระหว่างวันที่ 7 และ 14 วันหลังผสม ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่า มีอัตราการสูญเสียตัวอ่อนสูงในช่วง 28 วันแรกหลังผสม และหลังจากนั้นไม่พบการตายของตัวอ่อนอีก จากผลการศึกษานี้จะเห็นว่าแม่โคเหล่านี้สามารถเหนี่ยวนำให้มีการตกไข่และผสมติดได้ แต่มีความสามารถในการคงสภาพการตั้งท้องต่อไปได้ลดลง ซึ่งในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ายังคงมีการสูญเสียตัวอ่อนอยู่ในช่วงวันที่ 28 – 56 หลังผสม (9.3 to 16.8 %) (ศิริวัฒน์ และคณะ 2543; Vasconcelos et al., 1997; Santos et al., 2001).

Sugiyama และคณะ (2003) พบว่า จากการศึกษากการเจริญของตัวอ่อนระยะแรกในหลอดทดลองจะมีพฤติกรรมการตายของตัวอ่อนในระยะแรกเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อได้รับความเครียดจากความร้อนขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อร่างกายแม่มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของตัวอ่อนและอัตราการผสมติด เนื่องจากการเพิ่มสูงขึ้นของอุณหภูมิร่างกายแม่จะทำให้อุณหภูมิของไข่ หรือตัวอ่อน ที่อยู่ในท่อนำไข่หรือมดลูกมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นด้วย จากการศึกษาของ Gwazdauskas และคณะ (1973) พบว่า เมื่ออุณหภูมิร่างกายเพิ่มสูงกว่าอุณหภูมิร่างกายปกติ 0.5°C จะมีความสัมพันธ์กับอัตราการตั้งท้องที่ลดลง

นอกจากนี้ความเครียดจากความร้อนขึ้นมีผลทำให้แม่โคมีอัตราการปฏิสนธิลดลงเช่นกัน (Sartori et al., 2000) คุณภาพของไข่และอัตราการเจริญของตัวอ่อนหลังจากการปฏิสนธิในหลอดทดลองในช่วงฤดูร้อนจะมีสัดส่วนต่ำกว่าในช่วงฤดูหนาว (Rocha et al., 1998) แต่จากการศึกษาของ Putney และคณะ (1989b) พบว่า เมื่อแม่โคที่ถูกกระตุ้นให้มีการเจริญและตกไข่จำนวนมาก (Superovulation) และได้รับความเครียดจากความร้อนขึ้นในช่วงที่เริ่มแสดงอาการเป็นสัดเป็นเวลานาน 10 ชั่วโมงนั้น ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการปฏิสนธิ แต่ตัวอ่อนที่มีคุณภาพปกติที่เก็บได้ในวันที่ 7 หลังผสมจะมีอัตราส่วนลดลง

คุณภาพของไข่ที่ลดลงเมื่อได้รับผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนขึ้น อาจเป็นผลมาจากกระบวนการสร้างฟอลลิเคิลได้รับผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนขึ้น ทำให้เกิดการตกไข่ที่มีไข่อายุมากกว่าปกติซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพในการปฏิสนธิลดลง (Mihm et al., 1999) ความสามารถในการปฏิสนธิของ

ไข่ของแม่โคจะลดลงในช่วงฤดูร้อน ซึ่งคุณภาพของไข่ที่ลดลงนั้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แม่โคมีความสมบูรณ์พันธุ์ลดลงในช่วงฤดูร้อน (Al-katanani et al., 2002)

จากการศึกษานี้ถึงแม้ว่า การใช้ระบบการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนแบบปิดโดยอาศัยการระเหยของน้ำ อาจจะช่วยป้องกันตัวอ่อนจากอุณหภูมิสูงได้ แต่แม่โคเหล่านี้ต้องออกมาวิ่งนวดภายนอกวันละ 2 ครั้งๆ ละ ประมาณ 30 นาที ซึ่งไม่ระบบทำความเย็นอื่นๆ ที่ช่วยลดอุณหภูมิของอากาศ ทำให้แม่โคเหล่านี้มีอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิร่างกายนั้น อาจมีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญของตัวอ่อน (Arechiga et al., 1995) ดังนั้นการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมเพื่อลดผลกระทบจากความร้อนนั้น ควรจะป้องกันแม่โคจากความร้อนได้ตลอดเวลาซึ่งอาจจะทำให้แม่โคมีอัตราการผสมติดเพิ่มขึ้นได้

สรุปผลการวิจัย

เมื่อสภาพอากาศมีอุณหภูมิและความชื้นสูงจะส่งผลกระทบต่อแม่โคในหลายอย่าง เช่น การกินอาหารลดลง ผลผลิตน้ำนมลดลง และมีความสมบูรณ์พันธุ์ลดลง เป็นต้น ซึ่งการตอบสนองต่างๆ เหล่านี้เป็นผลเนื่องมาจากแม่โคต้องการที่จะควบคุมและรักษาระดับอุณหภูมิร่างกายให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังนั้น การป้องกันหรือลดผลกระทบจากอุณหภูมิและความชื้นสูงซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นสาเหตุของปัญหาเหล่านี้ จะช่วยให้แม่โคมีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นได้ ซึ่งจากผลการศึกษาจะเห็นว่า การใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยอาศัยกระบวนการระเหยของน้ำในโรงเรือนแบบปิดนั้น มีศักยภาพในการลดอุณหภูมิของอากาศและสามารถลดความเครียดจากความร้อนขึ้นในแม่โคในสภาพอากาศแบบร้อนชื้นได้ แต่ยังไม่สามารถลดความเครียดจากความร้อนขึ้นได้ทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในโรงเรือนโดยวิธีการนี้ จะทำให้แม่โคสามารถให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นได้และมีความคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มสูงขึ้น

การใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยอาศัยการระเหยของน้ำในโรงเรือนแบบปิดนี้สามารถลดผลกระทบของความเครียดจากความร้อนขึ้นต่อการเจริญของฟอลลิเคิลและเพิ่มอัตราการตอบสนองต่อการเหนี่ยวนำการตกไข่ของแม่โคในสภาพอากาศแบบร้อนชื้นได้ แต่อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาครั้งนี้ยังคงพบปัญหาอัตราการสูญเสียของตัวอ่อนในระยะแรกสูง ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากยังไม่สามารถลดอุณหภูมิหรือระดับความเครียดจากความร้อนขึ้นลงมาให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญหรือการมีชีวิตรอดของตัวอ่อนในระยะแรกได้เพียงพอ หรืออาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของไข่และตัวอ่อน รวมทั้งการปฏิสนธิด้วยทำให้มีความสมบูรณ์พันธุ์ลดลง แต่ผลที่ได้รับจากการทำให้แม่โคสามารถให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นและยาวนานขึ้น จะช่วยลดการสูญเสียและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตของแม่โคได้ ซึ่งถ้ามีการศึกษาวิจัยและพัฒนากันต่อไปในอนาคต หรือมีการปรับปรุงให้ระบบนี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นหรือมีวิธีการอื่นที่สามารถช่วยลดระดับความเครียดจากความร้อนขึ้นได้มากขึ้น จะทำให้แม่โคเหล่านี้สามารถให้ผลผลิตได้เต็มที่ตามศักยภาพของสายพันธุ์หรือพันธุ์กรรมที่มีอยู่ได้ ซึ่งจำเป็นจะต้องทำการการศึกษาวิจัยต่อไปเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์และการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โคในสภาพอากาศแบบร้อนชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม

แนวทางการนำไปใช้ประโยชน์และการศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป

จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทางคณะผู้วิจัยมีความเห็นว่าปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตของแม่โคนมที่เลี้ยงในเขตอากาศร้อนชื้น การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมจะเป็นแนวทางสำคัญแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตของแม่โคนมในประเทศเราได้ ระบบการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนแบบปิดโดยอาศัยกระบวนการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling pad system) นั้น เป็นระบบหนึ่งที่มีศักยภาพในการช่วยลดผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนชื้นและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของแม่โคที่เลี้ยงในเขตอากาศแบบร้อนชื้นได้มากขึ้น และสามารถจะนำไปประยุกต์ใช้ในฟาร์มขนาดกลางหรือย่อมได้ จะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการผลิตน้ำนมของแม่โคนมได้มากขึ้น นอกจากนี้การศึกษาพัฒนาและปรับปรุงให้ระบบนี้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นและมีต้นทุนลดลงหรือมีค่าใช้จ่ายที่ใช้ในระบบลดลงน่าจะมีแนวทางในการศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไปได้ เช่น

1. จากข้อมูลที่ได้ในการศึกษานี้ มีความน่าจะเป็นที่จะสามารถพัฒนาระบบการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนแบบปิดโดยอาศัยการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling pad system) นี้ ให้มีประสิทธิภาพในการลดความเครียดจากความร้อนชื้นได้มากขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้แม่โคสามารถให้ผลผลิตได้เพิ่มมากขึ้นและมีสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์เพิ่มขึ้นด้วยได้ เนื่องจากแม่โคจะเริ่มเกิดความเครียดจากความร้อนชื้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงกว่า $25-26^{\circ}\text{C}$ และจากผลการศึกษาพบว่า อากาศในโรงเรือนแบบปิดนี้มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย $28-29^{\circ}\text{C}$ ดังนั้น ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะมีการพัฒนาหรือปรับปรุงระบบเพื่อทำให้อากาศภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิลดลงให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับที่เหมาะสมได้

การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในการลดความเครียดจากความร้อนชื้นภายในโรงเรือนให้มากขึ้น โดยทำให้ระบบสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกที่จะผ่านเข้ามาได้ทางผนังด้านข้างและด้านบนเพดานให้ได้มากขึ้น และเพิ่มการไหลเวียนของอากาศภายในโรงเรือนให้มากขึ้น จะทำให้อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำผ่านเข้ามาได้มากขึ้นและนำพาความร้อนออกไปจากโรงเรือนได้เร็วขึ้น ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนสามารถลดลงได้อีก และจะส่งผลให้ค่าดัชนีวัดระดับความเครียดจากความร้อนชื้นลดลงด้วยเช่นกัน ทำให้โคมีความเย็นสบายมากขึ้นถึงแม้ว่าอากาศภายในโรงเรือนจะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นก็ตาม เนื่องจากเมื่ออากาศมีอุณหภูมิต่ำลงจะทำให้แม่โคสามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายผ่านทางผิวหนังได้มากขึ้นโดยอาศัยกระบวนการนำ กระบวนการพา หรือกระบวนการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งกระบวนการเหล่านี้อาศัยความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิร่างกายกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

2. การปรับปรุงด้านอาหารให้มีคุณภาพมากขึ้นและมีต้นทุนลดลง โดยเฉพาะวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบ

3. การลดค่าใช้จ่ายจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของระบบ โดยพัฒนาระบบพลังงานทดแทนมาใช้ในฟาร์ม เช่น พลังงานจากก๊าซชีวภาพ

4. การศึกษาวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับวัสดุหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถผลิตได้เองภายในประเทศ และมีต้นทุนการผลิตต่ำ

5. การศึกษาวิจัยการจัดการระบบสืบพันธุ์โดยเฉพาะในช่วงก่อนและหลังผสมพันธุ์เพื่อลดอัตราการสูญเสียตัวอ่อนในระยะแรก โดยเฉพาะในช่วง 1 เดือนแรกหลังผสมพันธุ์

เอกสารอ้างอิง

- Abilay, T.A., Johnson, H.D. and Madan, M. 1975. Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. *J. Dairy Sci.* 58:1836-1840.
- Al-Katanani, Y.M., Paula-Lopes, F.F. and Hansen, P.J. 2002. Effect of season and exposure to heat stress on oocyte competence in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 85:390-396.
- Al-Katanani, Y.M., Webb, D.W. and Hansen, P.J. 1999. Factors affecting seasonal variation in nonreturn rate to first service in lactating Holstein cows in a hot climate. *J. Dairy Sci.* 82:2611-2616.
- Arave, C.W., Shipka, M.L., Morrow-Tesch, J. and Albringht, J.L. 1996. Changes in serum cortisol following extended lock-up time of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 79 (Suppl):244(Abst.)
- Arechiga, C.F., Ealy, A.D. and Hansen, P.J. 1995. Evidence that glutathione is involved in thermotolerance of preimplantation murine embryos. *Biol. Reprod.* 52:1296-1301.
- Armstrong, D. 1994. Heat stress interactions with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044-2050.
- Armstrong, D., DeNise, S., Delfino, F., Hayes, E., Grundy, P., Montgomery, S. and Correa, M. 1993. Comparing three different dairy cattle cooling systems during high environmental temperatures. *J. Dairy Sci.* 76(Suppl. 1):24. (Abstr.)
- Armstrong, D., Wise, M., Torabi, M., Weirsmas, F., Hunter, R. and Kopel, K. 1988. Effect of different cooling systems on milk production of late lactation Holstein cows during high ambient temperatures. *J. Dairy Sci.* 71(Suppl. 1):212. (Abstr.)
- Ashutosh, O.P.D. and Kundu, R.L. 2001. Effect of climate on the seasonal endocrine profile of native and crossbred sheep under semi-arid conditions. *Tropical Animal Health and Production* 33:241-252.
- Badinga, L., Collier, R.J., Wilcox, C.J. and Thatcher, W.W. 1985a. Interrelationships of milk yield, body weight and reproductive performance *J. Dairy Sci.* 68:1828-1831.
- Badinga, L., Collier, R.J., Thatcher, W.W. and Wilcox, C.J. 1985b. Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environmen. *J. Dairy Sci.* 68:78-85.
- Badinga, L., Thatcher, W.W., Diaz, T., Drost, M. and Wolfenson, D. 1993. Effect of environmental heat stress on follicular development and steroidogenesis in lactating Holstein cows. *Theriogenology* 39:797-810.
- Bauman, D.E. and Currie, W.B. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63:1514-1529.
- Berman, A., Folman, Y., Kaim, M., Marnen, M., Herz, Z., Wolfensen, D., Arieli, A. and Graber, Y. 1985. Upper critical temperature and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 68:1488-1495.

- Berman, A. and Wolfenson, D. 1992. Environment modifications to improve production and fertility.
In: Van Horn HH and Wilcox CJ (eds), **Large Dairy Herd Management**, Amer Dairy Sci Assoc., 126-134.
- Bucklin, R.A., Turner, L.W., Beede, D.K., Bray, D.R. and Hemken, R.W. 1991. Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Appl. Eng. Agric.** 7:241-247.
- Butler, W.R., Everett, R.W. and Coppock, C.E. 1981. The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. **J. Anim. Sci.** 53:742-748.
- Butler, W.R. and Smith, R.D. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 72: 767-783.
- Cartmill, J.A., Al-Zarkouny, S.Z., Hensley, B.A., Rozell, T.G., Smith, J.F. and Stevenson, J.S. 2001a. An alternative AI breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperature before or after calving or both. **J. Dairy Sci.** 84:799-806.
- Cartmill, J.A., El-Zarkouny, S.Z., Hensley, B.A., Lamb, G.C. and Stevenson, J.S. 2001b. Stage of cycle, incidence, and timing of ovulation, and pregnancy rates in dairy cattle after three timed breeding protocols. **J. Dairy Sci.** 84:1051-1059.
- Collier, R.J., Beede, D.K., Thatcher, W.W., Israel, L.A. and Wilcox, C.J. 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. **J. Dairy Sci.** 65:2213-2227.
- Coppock, C.E., Noller, C.H. and Wolfe, S.A. 1974. Effect of forage-concentrate ration in complete feeds fed ad libitum on energy intake in relation to requirements by dairy cows. **J. Dairy Sci.** 75:1371-1380.
- Ealy, A.D., Drost, M. and Hansen, P.J. 1993. Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. **J. Dairy Sci.** 76:2899-2905.
- Flamenbaum, I., Wolfenson, D., Mamen, A. and Berman, A. 1986. Cooling cattle by a combination of sprinkling and forced ventilation and its implementation in the shelter system. **J. Dairy Sci.** 69:3140-3147.
- Fricke, P.M. and Wiltbank, M.C. 1999. Effect of milk production on the incidence of double ovulation in dairy cows. **Theriogenology** 52:1133-1143.
- Fuquay, J.W. 1981. Heat stress as it affects animal production. **J. Anim. Sci.** 52:164-174.
- Gilad, E., Meidan, R., Berman, A., Graber, Y. and Wolfenson, D. 1993. Effect of heat stress on tonic and GnRH-induced gonadotrophin secretion in relation to concentration of estradiol in plasma of cyclic cows. **J. Reprod. Fertil.** 99:315-321.
- Gordon, I., Boland, M.P., McGovern, H. and Lynn, G. 1987. Effect of season on superovulating responses and embryo quality in Holstein cattle in Saudi Arabia. **Theriogenology** 27:231(Abstr.)

- Gwazdauskas, F.C., Thatcher, W.W., Kiddy, C.A., Pape, M.J. and Wilcox, C.J. 1981. Hormonal pattern during heat stress following PGF₂α-tham salt induced luteal regression in heifers. **Theriogenology** 16:271-285.
- Gwazdauskas, F.C., Thatcher, W.W. and Wilcox, C.J. 1973. Physiological, environmental and hormonal factors at insemination which may affect conception. **J. Dairy Sci.** 56:873-877.
- Hansen, P.J. Effects of environment on bovine reproduction. 1997. In: **Current therapy in large animal theriogenology**. Philadelphia: WB Saunders, pp.403-415.
- Holter, J.B., West, J.W. and McGilliard, M.L. 1997. Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 80:2188-2199.
- Holter, J.B., West, J.W., McGilliard, M.L. and Pell, A.N. 1996. Predicting ad libitum dry matter intake and yields of Jersey cows. **J. Dairy Sci.** 79:912-921.
- Howell, J.L., Fuquay, J.W. and Smith, A.E. 1994. Corpus luteum growth and function in lactating Holstein cows during spring and summer. **J. Dairy Sci.** 77:735-739.
- Ingraham, R.H., Stanley, R.W. and Wagner, W.C. 1976. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in Hawaii. **J. Dairy Sci.** 59:2086-2090.
- Jolly, P.D., McDougall, S., Fitzpatrick, L.A., Macmillan, K.L. and Enwhitsle, K. 1995. Physiological effects of under nutrition on postpartum anoestrous in cows. **J. Reprod. Fertil. Suppl.** 49:477-492.
- Jonsson, N.N., McGowan, M.R., McGuigan, K., Davison, T.M., Hussain, A.M. and Kafi, M. 1997. Relationship among calving season, heat load, energy balance and postpartum ovulation of dairy cows in a subtropical environment. **Anim. Reprod. Sci.** 47:315-326.
- Legates, J.E., Farthing, B.R., Casady, R.B. and Barrada, M.S. 1991. Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chamber conditions. **J. Dairy Sci.** 74:2491-2500.
- Lucy, M.C., Savio, J.D., Badinga, L., de la Sota, R.L. and Thatcher, W.W. 1992. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. **J. Anim. Sci.** 70:3615-3626.
- Madan, M.L. and Johnson, H.D. 1973. Environmental heat effects on bovine luteinizing hormone. **J. Dairy Sci.** 56:1420-1423.
- Maust, L.E., McDowell, R.E. and Hooven, N.W. 1972. Effect of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. **J. Dairy Sci.** 55:1133-1139.
- McGuire, M.A., Beede, D.K., DeLorenzo, M.A., Wilcox, C.J., Huntington, G.B., Reynolds, C.K. and Collier, R.J. 1989. Effects of thermal stress and level of feed intake on portal plasma flow and net fluxes of metabolites in lactating Holstein cows. **J. Anim. Sci.** 67:1050-1060.
- Mihm, M., Curran, N., Hyttel, P., Knight, P.G., Boland, M.P. and Roche, J.F. 1999. Effect of dominant follicle persistence on follicular fluid oestradiol and inhibin and on oocyte maturation in heifers. **J. Reprod. Fertil.** 116:293-304.

- Moody, E.G., Van Soest, P.J., McDowell, R.E. and Ford, G.L. 1971. Effect of high temperature and dietary fat on milk fatty acids. *J. Dairy Sci.* 54:1457-1460.
- Monty, D.E. and Racowsky, C. 1987. In vitro evaluation of early embryo viability and development in summer heat-stressed, superovulated dairy cows. *Theriogenology* 28:451-465.
- Moreira, F., Orlandi, C., Risco, C.A., Mattos, R., Lopes, F. and Thatcher, W.W. 2001. Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:1646-1659.
- National Research Council. 1989. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C., pp.157.
- Nebel, R.L., Jobst, S.M., Dransfield, M.B.G., Pandolfi, S.M. and Balley, T.L. 1997. Use of radio frequency data communication system, HeatWatch, to describe behavioural estrus in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 179(Abst.)
- Nebel, R.L. and McGilliard, M.L. 1993. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3257-3268.
- Pursley, J.R., Fricke, P.M., Garverick, H.A., Kesler, D.J., Ottobre, J.S., Stevenson, J.S. and Wiltbank, M.C. 2001. Improved fertility in noncycling lactating dairy cows treated with exogenous progesterone during Ovsynch. *J. Dairy Sci.* 83(Suppl. 1):1563.(Abstr.)
- Pursley, J.R., Kosorok, M.R. and Wiltbank, M.C. 1997a. Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. *J. Dairy Sci.* 80:301-306.
- Pursley, J.R., Wiltbank, M.C., Stevenson, J.S., Ottobre, J.S., Garverick, H.A. and Anderson, L.L. 1997b. Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. *J. Dairy Sci.* 80:295-300.
- Putney, D.J., Drost, M. and Thatcher, W.W. 1988. Embryonic development in superovulated dairy cows exposed to elevated ambient temperatures between Days 1 to 7 post insemination. *Theriogenology* 30:195-209.
- Putney, D.J., Drost, M. and Thatcher, W.W. 1989a. Influence of heat stress on pregnancy rates of lactating dairy cattle following embryo transfer or artificial insemination. *Theriogenology* 31:765-778.
- Putney, D.J., Mullins, S., Thatcher, W.W., Drost, M. and Gross, T.S. 1989b. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between the onset of estrus and insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 19:37-51.
- Ravagnolo, O., Misztal, I. and Hoogenboom, G. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *J. Dairy Sci.* 83:2120-2125.
- Richardson, C.W., Johnson, H.D., Gehrke, C.W. and Goerlitz, D.F. 1961. Effects of environmental temperature and humidity on the fatty acid composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 44:1937-1940.

- Rivera, R.M. and Hansen, P.J. 2001. Development of cultured bovine embryos after exposure to high temperatures in the physiological range. **Reproduction** 121:107-115.
- Roberts, A.J., Nugent III, R.A., Klindt, J. and Jenkins, T.G. 1997. Circulating insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor binding proteins, growth hormone, and resumption of estrus in postpartum cows subjected to dietary energy restriction. **J. Anim. Sci.** 75:1909-1917.
- Rocha, A., Randel, R.D., Broussard, J.R., Lim, J.M., Blair, R.M., Roussel, J.D., Godke, P.A. and Hansel, W. 1998. High environmental temperature and humidity decrease oocyte quality in *Bos Taurus* but not in *Bos indicus* cows. **Theriogenology** 49:657-665.
- Roman-Ponce, H., Thatcher, W.W., Buffington, D.E., Wilcox, C.J. and Van Horn, H.H. 1977. Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. **J. Dairy Sci.** 66:424-430.
- Roman-Ponce, H., Thatcher, W.W., Caton, D., Barron, D.H. and Wilcox, C.J. 1978. Thermal stress effects on uterine blood flow in dairy cows. **J. Anim. Sci.** 46:175-180.
- Roman-Ponce, H., Thatcher, W.W. and Wilcox, C.J. 1981. Hormonal relationships and physiological responses of lactating dairy cows to a shade management system in a subtropical environment. **Theriogenology** 16:139-154.
- Ryan, D.P., Prichard, J.F., Kopel, E. and Godke, R.A. 1993. Comparing early embryonic death in dairy cows during hot and cool seasons of the year. **Theriogenology** 39:719-737.
- Ryan, D.P., Scland, M., Kopel, E., Armstrong, D., Munyakazi, L., Gorke, G. and Ingergam, R. 1992. Evaluating two different evaporative cooling management systems for dairy cows in hot dry climate. **J. Dairy Sci.** 76(Suppl. 1):240. (Abstr.)
- Santos, J.E.P., Thatcher, L., Pool, L. and Overton, M.W. 2001. Effect of human chorionic gonadotropin on luteal function and reproductive performance of high-producing lactating Holstein dairy cows. **J. Anim. Sci.** 79:2881-2894.
- Sartori, R., Sartor-Bergfelt, R., Mertens, S.A., Guenther, J.N., Parrish, J.J. and Wiltbank, M. C. 2000. Early embryonic development during summer in lactating dairy cows and nulliparous heifers. **Biol. Reprod.** 62:(Suppl 1):155 (Abstr).
- Schillo, K.K. 1992. Effect of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. **J. Anim. Sci.** 70:1271-1282.
- Simpson, R.B., Armstrong, J.D. and Harvey, R.W. 1992. Effect of prepartum administration of growth hormone-releasing factor on somatotropin, insulin-like growth factor I, milk production, and postpartum return to ovarian activity in primiparous beef heifers. **J. Anim. Sci.** 70:1478-1487.
- Smith, J., Armstrong, D., Correa, A., Auendens, L., Rubio, A. and DeNise, S. 1993a. Effects of spray and fan system on milk production and reproductive efficiency in hot arid climate. **J. Dairy Sci.** 76(Suppl. 1):240. (Abstr.)

- Smith, W.A., Harris, B., Van Horn, Jr. H.H. and Wilcox, C.J. 1993b. Effect of forage type on production of dairy cows supplemented with whole cottonseed, tallow, and yeast. *J. Dairy Sci.* 76:205.
- Spicer, L.J., Tucker, W.B. and Adams, G.D. 1990. Insulin-like growth factor-I in dairy cows: Relationships among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrous behavior. *J. Dairy Sci.* 73:929-937.
- Spicer, L.J., Vernon, R.K., Tucker, W.B., Wettemann, R.P., Hogue, J.F. and Adams, G.D. 1993. Effects of inert fat on energy balance, plasma concentrations of hormones and reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:2664-2673.
- Staples, C.R., Thatcher, W.W. and Clark, J.H. 1990. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:938-947.
- Stevenson, J.S., Lamb, G.C., Kobayashi, Y. and Hofman, D.P. 1998. Luteolysis during two stages of the oestrous cycle: Subsequent endocrine profiles associated with radiotelemetrically detected estrus in heifers. *J. Dairy Sci.* 81:2897-2903.
- Stott, G.H. 1981. What is animal stress and how is it measured. *J. Anim. Sci.* 52:150-153.
- Sugiyama, S., McGowan, M., Kafi, M., Phillips, N. and Yong, M. 2003. Effects of increased ambient temperature on the development of in vitro derived bovine zygotes. *Theriogenology* 60:1039-1047.
- Tenhagen, B.A., Drillich, M. and Heuwieser, W. 2001. Analysis of cow factors influencing conception rates after two timed breeding protocols. *Theriogenology* 56:831-838.
- Thatcher, W.W. and Collier, R.J. 1986. Effect of climate on bovine reproduction. In: *Current Therapy in Theriogenology*, Morrow, D.A. (ed). Philadelphia: WB Saunders Co, pp.301-309.
- Ulberg, L.D. and Burfening, P.J. 1967. Embryo death resulting from adverse environment on spermatozoa or ova. *J. Anim. Sci.* 26:571-577.
- Ulberg, L.D. and Sheenan, L.A. 1973. Early development of mammalian embryos in elevated temperature. *J. Reprod. Fertil.* 19:155-161.
- Vasconcelos, J.L.M., Silcox, R.W., Lacerda, J.A., Pursley, J.R. and Wiltbank, M.C. 1997. Pregnancy rate, pregnancy loss, and response to heat stress after AI at 2 different times from ovulation in dairy cows. *Biol. Reprod.* 56(Suppl 1):230.
- Vasconcelos, J.L.M., Silcox, R.W., Rosa, G.L.M., Pursley, J.R. and Wiltbank, M.C. 1999. Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrus cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology* 52:1067-1078.
- West, J.W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86:2131-2144.

- West, J.W., Mullinix, B.G. and Bernard, J.K. 2003. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 86:232-242.
- Williams, G.L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: A review. **J. Anim. Sci.** 68:831-852.
- Wilson, S.J., Kirby, C.J., Koeningsfield, A.T., Keisler, D.H., Lucy, M.C. 1998a. Effects of a controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 2. Heifers. **J. Dairy Sci.** 81:2132-2138.
- Wilson, S.J., Marion, R.S., Spain, J.N., Spiers, D.E., Keisler, D.H. and Lucy, M.C. 1998b. Effects of a controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 1. Lactating cows. **J. Dairy Sci.** 81:2124-2131.
- Wiltbank, M.C., Gumen, A. and Sartori, R. 2002. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. **Theriogenology** 57:21-52.
- Wise, M.E., Armstrong, D.V., Huber, J.T., Hunter, R. and Wiersma, F. 1988. Hormonal alterations in the lactating dairy cow in response to thermal stress. **J. Dairy Sci.** 71:2480-2485.
- Wolfenson, D., Lew, B.J., Thatcher, W.W., Graber, Y. and Meidan, R. 1997. Seasonal and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles in cows. **Anim. Reprod. Sci.** 47:9-19.
- Wolfenson, D., Thatcher, W.W., Badinga, L., Savio, J.D., Meidan, R., Lew, B.J., Braw-Tal, R. and Berman, A. 1995. Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. **Biol. Reprod.** 52:1106-1113.
- Younas, M., Fuquay, J.W., Smith, A.E. and Moore, A.B. 1993. Estrous and endocrine responses of lactating Holsteins to forced ventilation during summer. **J. Dairy Sci.** 76:430-436.

ภาคผนวก

สัญญาเลขที่ RDG4620028

โครงการ “ผลของความเครียดจากความร้อน-ความชื้นต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์และการให้น้ำนมของแม่โคเลี้ยงในเขตร้อนชื้น”

สรุปรายงานตามแผนงาน (โดยสังเขป)

วัตถุประสงค์		
1. เพื่อศึกษาผลกระทบของความเครียดจากความร้อน-ความชื้นต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ ภาวะขาดสมดุลของพลังงาน และการผลิตน้ำนมของแม่โคนมที่เลี้ยงในเขตอบอุ่นร้อนชื้น 2. เพื่อหาแนวทางการจัดการสุขภาพแม่โคหลังคลอดลูกและเพิ่มผลผลิตน้ำนมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของโคนม 3. เพื่อหาแนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มอัตราการผสมติดเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่โคนมหลังคลอด		
กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
1. ศึกษาเปรียบเทียบสภาพอากาศภายในโรงเรือนแบบปิดที่มีระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยอาศัยการระเหยของน้ำกับโรงเรือนแบบเปิดที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และค่า THI เป็นต้น รวมทั้งศึกษาการตอบสนองของแม่โค เช่น อุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจ เป็นต้น	1. ตรวจวัดสภาพอากาศภายในโรงเรือนแบบปิดและแบบเปิดโดยวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ทุกวันๆ ละ 2 ครั้ง(เช้า-เย็น) วัดอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจของแม่โค วันละ 2 ครั้ง	1. จากการศึกษพบว่าสภาพอากาศทั่วไปจะมีอุณหภูมิสูงในตอนกลางวันโดยมีสูงสุดในช่วงบ่าย และจะมีอุณหภูมิลดลงในตอนกลางคืนซึ่งจะมีอุณหภูมิต่ำสุดในช่วงเช้ามืด ส่วนความชื้นในอากาศจะเพิ่มสูงขึ้นในเวลากลางคืนและลดลงเวลากลางวัน เมื่อมีการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมโดยใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศในโรงเรือนแบบปิดโดยอาศัยการระเหยของน้ำนั้น จะช่วยให้สภาพอากาศภายในโรงเรือนแบบปิดมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะทำให้อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้ระบบการลดอุณหภูมิแบบนี้จะช่วยลดระดับความเครียดจากความร้อนชื้นลงได้ ทำให้สภาพอากาศภายในโรงเรือนมีค่า THI ต่ำกว่าภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ เป็นผลให้แม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายในมีความเย็นสบายกว่าภายนอก ทำให้แม่โคเหล่านี้มีอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจต่ำกว่าแม่โคที่เลี้ยงอยู่ภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ

2. ศึกษาเปรียบเทียบการกินอาหารและการให้ผลผลิตน้ำนม	2.1. ชั่งน้ำหนักอาหารที่แม่โคกินได้ทุกวันและคำนวณปริมาณวัตถุดิบที่กิน 2.2. ชั่งน้ำหนักน้ำนมทุกวันและเก็บตัวอย่างน้ำนมสัปดาห์ละ 1 ครั้งเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำนม	2. แม่โคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนแบบปิดสามารถกินอาหารและให้ผลผลิตน้ำนมได้สูงกว่าแม่โคที่อยู่ภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ
3. ศึกษาเปรียบเทียบความสมดุลของพลังงาน และความสมบูรณ์ของร่างกายและระบบสืบพันธุ์ในระยะแรกหลังคลอด	3.1. ชั่งน้ำหนักแม่โคหลังคลอดสัปดาห์ละ 1 ครั้ง 3.2. คำนวณความสมดุลพลังงานของแม่โคในระยะแรกหลังคลอด 3.3. เจาะเลือดเพื่อตรวจวัดระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนสัปดาห์ละ 2 ครั้ง และตรวจวัดสารต่างๆ เช่น NEFA, β-hydroxybutyrate, IGF-I และ BUN เป็นต้น สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	3. จากผลการศึกษาพบว่า แม่โคทั้ง 2 กลุ่มมีภาวะการขาดพลังงานในช่วงหลังคลอดไม่แตกต่างกันโดยมีการขาดพลังงานมากที่สุดในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังคลอด หลังจากนั้นจะมีความสมดุลของพลังงานเพิ่มมากขึ้น แต่แม่โคนมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนแบบปิดจะมีสมดุลของพลังงานสูงกว่า ทำให้มีระยะเวลาที่เกิดภาวะการขาดพลังงานช่วงหลังคลอดน้อยกว่าแม่โคที่อยู่ภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ และมีน้ำหนักเฉลี่ยหลังคลอดสูงกว่าแม่โคที่อยู่ภายนอกอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน และจากการศึกษาการทำงานของรังไข่ของแม่โคหลังคลอดพบว่า แม่โคนมทั้ง 2 กลุ่มมีความสมบูรณ์ของระบบสืบพันธุ์และระยะเวลาการตกไข่ครั้งแรกหลังคลอดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
4. ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญของฟอลลิเคิลและการตกไข่หลังจากการเหนี่ยวนำการเป็นสัด	4.1. เหนี่ยวนำการเป็นสัดโดยใช้ฮอร์โมน GnRH ร่วมกับ $\text{PGF}_{2\alpha}$ 4.2. ตรวจการเจริญและวัดขนาดของฟอลลิเคิลและการตกไข่โดยใช้เครื่องอัลตราซาวด์	4. จากการเหนี่ยวนำการเป็นสัดพบว่าแม่โคทั้ง 2 กลุ่มมีการเจริญของฟอลลิเคิลและระยะเวลาการตกไข่หลังจากการเหนี่ยวนำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่แม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดมีแนวโน้มมีขนาดของฟอลลิเคิลและอัตราการตกไข่สูงกว่าแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด
5. ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการผสมติดและอัตราการสูญเสียตัวอ่อนในระยะแรกหลังจากการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและผสมเทียมแบบกำหนดเวลา	5.1. ใช้โปรแกรมการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและกำหนดเวลาผสมเทียมโดยใช้ฮอร์โมน GnRH ร่วมกับ $\text{PGF}_{2\alpha}$ 5.2. ตรวจวินิจฉัยการตั้งท้องระยะแรกโดยใช้ระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน และเครื่องอัลตราซาวด์	5. แม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดและโรงเรือนเปิดตามธรรมชาติมีอัตราการสูญเสียตัวอ่อนระยะแรกสูงในช่วง 1 เดือนหลังผสมพันธุ์และหลังจากนั้นไม่พบเช่นเดียวกัน ทำให้มีอัตราการตั้งท้องต่ำ

6. เปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ(นอกแผน)	6. คำนวณผลต่างระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยอาศัยการระเหยของน้ำ	6. จากการศึกษาพบว่า การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้เย็นสบายขึ้นนั้นมีความคุ้มค่ากับการลงทุน เพราะจะช่วยทำให้แม่โคสามารถให้ผลผลิตน้ำนมได้เพิ่มมากขึ้น เป็นผลทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นมากกว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น
--	---	--

สรุปผลการวิจัย

1. ความเครียดจากความร้อนขึ้นทำให้แม่โคมีอุณหภูมิร่างกายและอัตราการหายใจสูงขึ้น ทำให้แม่โคกินอาหารลดลงและให้ผลผลิตน้ำนมลดลง นอกจากนี้ทำให้แม่โคมีอัตราการสูญเสียตัวอ่อนระยะแรกสูงทำให้มีอัตราการตั้งท้องต่ำ
2. การปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยอาศัยการระเหยของน้ำในโรงเรือนแบบปิดนั้น มีศักยภาพในการช่วยลดระดับความเครียดจากความร้อนขึ้นในเขตพื้นที่ที่มีสภาพอากาศแบบร้อนชื้นได้ ทำให้แม่โคเย็นสบายขึ้น มีความสมบูรณ์ของร่างกายหลังคลอดและสามารถให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นได้
3. จากการศึกษาี้ยังไม่สามารถทำให้ความเครียดจากความร้อนขึ้นหมดไปได้ ทำให้แม่โคยังคงได้รับผลกระทบจากความเครียดจากความร้อนขึ้นอยู่ในระดับเล็กน้อย ซึ่งยังไม่เหมาะสมกับการเจริญของตัวอ่อน ทำให้แม่โคยังคงมีอัตราการสูญเสียตัวอ่อนระยะแรกสูงโดยเฉพาะในช่วง 1 เดือนแรกหลังผสมพันธุ์

แนวทางการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สามารถนำวิธีการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมโดยใช้ระบบการลดอุณหภูมิของอากาศโดยอาศัยการระเหยของน้ำในโรงเรือนแบบปิดนี้ ไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตของแม่โคนมหลังคลอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. การพัฒนาและปรับปรุงระบบนี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จะช่วยทำให้แม่โคสามารถให้ผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและมีสมรรถภาพทางสืบพันธุ์เพิ่มสูงขึ้นได้ ซึ่งจากข้อมูลในการศึกษาที่ผ่านมาจะมีโอกาสเป็นไปได้เนื่องจากแม่โคจะเริ่มเกิดความเครียดจากความร้อนขึ้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงกว่า 25-26°C และจากผลการศึกษาพบว่า อากาศในโรงเรือนแบบปิดนี้มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 28-29°C ดังนั้น มีความเป็นไปได้ที่จะมีการพัฒนาหรือปรับปรุงระบบเพื่อให้อากาศภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิลดลงให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับที่เหมาะสมได้ เช่น การป้องกันความร้อนจากภายนอกที่สามารถผ่านเข้ามาได้ทางผนังและเพดานโรงเรือน หรือการทำให้อากาศหมุนเวียนเร็วขึ้นเพื่อนำความร้อนออกจากระบบได้เร็วขึ้น เป็นต้น
3. การจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมในช่วงก่อนผสมและช่วง 1 เดือนแรกหลังผสมพันธุ์จะช่วยลดอัตราการสูญเสียตัวอ่อนและสามารถเพิ่มอัตราการตั้งท้องได้

ข้อเสนอแนะ

สภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมรวมทั้งวิธีการจัดการเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการเลี้ยงโคนมในเขตอากาศแบบร้อนชื้น ดังนั้น การศึกษาวิจัย หรือการพัฒนารูปแบบต่างๆที่เหมาะสมในการจัดการเพื่อลดผลกระทบและเพิ่มผลผลิต จึงมีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างมาก ถ้าต้องการให้โคนมที่เลี้ยงในประเทศมีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากผลการดำเนินงานวิจัยในช่วงที่ผ่านมาพบว่า แม่โคนมที่เลี้ยงในประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่ ถึงแม้จะได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้เป็นแม่โคนมพันธุ์ลูกผสมเพื่อให้สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศที่ร้อนชื้นได้และสามารถให้ผลผลิตน้ำนมมานานนั้น ยังคงได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศแวดล้อมอยู่ ทำให้ไม่สามารถกินอาหารได้เต็มที่ มีผลผลิตน้ำนมลดลงและไม่สามารถให้ผลผลิตได้เต็มที่ตามศักยภาพของพันธุ์กรรมที่อยู่ได้ และเมื่อมีระบบการปรับปรุงสภาพแวดล้อมรอบๆตัวโคให้มีอุณหภูมิลดลง จะทำให้แม่โคนมสามารถกินอาหารได้มากขึ้นและมีผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน รวมทั้งจะทำให้มีความสมบูรณ์ของร่างกายและระบบสืบพันธุ์หลังคลอดดีขึ้นได้

