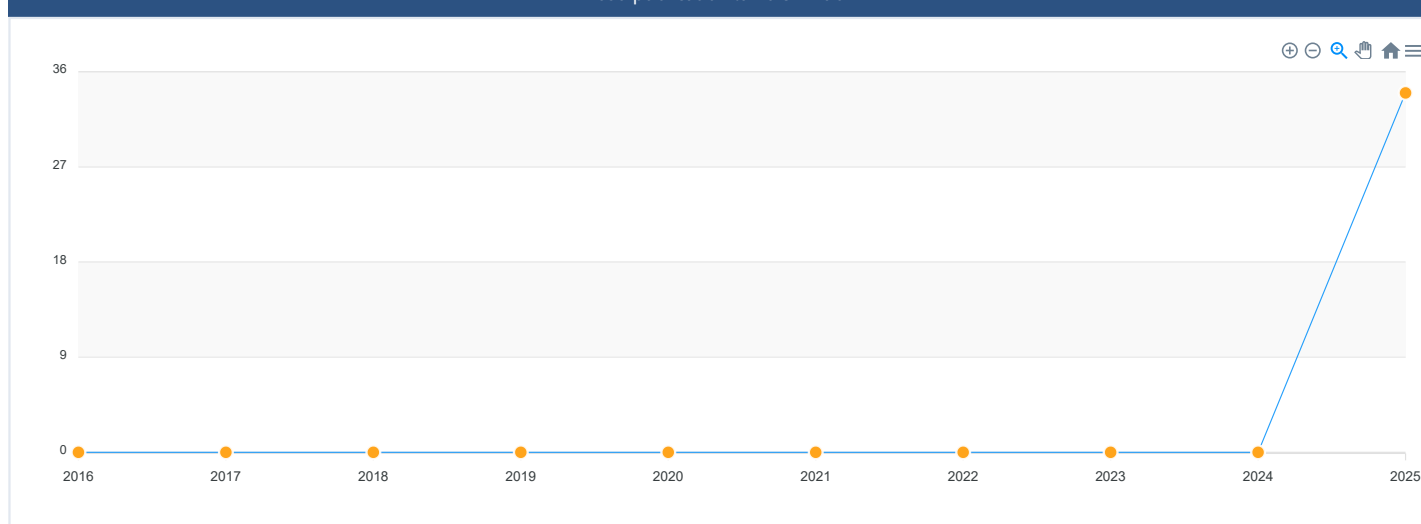




Name (English):	Science and Technology to Community
Name (Local):	วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน
Status:	Active
Editor-in-Chief:	ผศ. ดร.รุ่งนภา ทากัน
Abbreviation (English):	Sci Tech Com
Abbreviation (Local):	-
pISSN:	2822-132X
eISSN:	2822-1338
Issues/Year:	6
Address:	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม 180 หมู่ 7 ถนนโชตนา (เชียงใหม่-ฝาง) ตำบลชี้เหล็ก อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180
Website:	https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC
Email:	khonta_1@hotmail.com
Publisher (English):	Institute of Research and Development, Chiang Mai Rajabhat University
Publisher (Local):	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
TCI Tier:	1
Top Levels:	Life Sciences
Subject Area:	Agricultural and Biological Sciences Biochemistry, Genetics and Molecular Biology Computer Science
Sub-Subject Area:	-
Note:	-
TCI Tier History:	Tier 1: From 01 Jan 2025 to 31 Dec 2029

จำนวน publication ใน 10 ปีที่ผ่านมา



TCI Thailand

ประวัติความเป็นมา

ภารกิจศูนย์ TCI

ติดต่อศูนย์ TCI

Related Sites

เว็บไซต์นี้ใช้คุกกี้เพื่อปรับปรุงประสบการณ์ผู้ใช้ โปรดยอมรับข้อกำหนดและเงื่อนไข ([อ่านนโยบายและเงื่อนไข](#))

ยอมรับ



ที่ อว ๐๖๑๒.๐๗/๗๖๐

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน
สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ศูนย์แม่ริม
๑๘๐ หมู่ ๗ ถ.โชตนา ต.ชี้เหล็ก
อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ ๕๐๑๘๐

๑ ธันวาคม ๒๕๖๘

เรื่อง ตอบรับบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน

เรียน คุณพิพัฒน์ ชนาเทพพร, จันทรจิรา โต๊ะขวัญแก้ว และ เฉลิมพันธ์ ดันทะรา

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัย เรื่อง “ผลของการติดตั้งสแตนร่วมกับระบบพ่นน้ำฝอยและพัดลมภายในโรงเรือนต่อสภาพความร้อนและสมรรถภาพการผลิตของโคเนื้อ” เพื่อขอรับการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน นั้น

กองบรรณาธิการได้พิจารณาบทความวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว มีมติรับบทความวิจัยดังกล่าวตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน ประจำปีที่ ๓ ฉบับที่ ๖ พฤศจิกายน – ธันวาคม ๒๕๖๘ โดยบทความนี้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งเป็นบุคคลภายนอกจากหลายสถาบัน จำนวน ๓ ท่าน และวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน ได้รับการรับรองคุณภาพวารสารวิชาการจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai-Journal Citation Index : TCI) อยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ ๑ ตั้งแต่วันที่ ๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๘ – ๓๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๗๒

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งนภา ทากัน)

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บรรณาธิการฝ่ายจัดการ ผู้ประสานงาน ดร.มนธรส ไชยสุต โทรศัพท์ ๐๘๙-๙๕๓๓๔๒๖

E-mail: research_cmru@hotmail.com

<https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/index>

ISSN 2822-1338 (Online)

ผลของการติดตั้งสแลนร่วมกับระบบพ่นน้ำฝอยและพัดลมภายในโรงเรือนต่อสภาพ ความร้อนและสมรรถภาพการผลิตของโคเนื้อ

Effects of Shade Netting Combined with Mist Cooling System and Fans in Beef
Cattle Housing on Thermal Environment and Production Performance

พิพัฒน์ ชนาเทพาพร, จันทรจิรา โต๊ะขวัญแก้ว และ เฉลิมพันธ์ ต้นทะรา*

Piphat Chanartaeparporn, Janjira Tohwankaew and Chalermpan Tantara*

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University

E-mail : piphath.cha@pcru.ac.th, janjira.toh@pcru.ac.th and chalermpan.tan@pcru.ac.th*

*Corresponding author

(Received: 11 August 2025, Revised: 26 November 2025, Accepted: : 27 November 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.1282>

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนโคเนื้อ ต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือน ภาวะความเครียดจากความร้อน และสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ วางแผนการทดลองแบบ การทดสอบค่าที (T-test) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่สนใจระหว่างโรงเรือนที่แตกต่างกัน โดยใช้โคเนื้อลูกผสมชาร์โรเลส์ จำนวน 6 ตัว และโคเนื้อลูกผสมวากิว จำนวน 6 ตัว และแบ่งโคลูกผสมทั้ง 2 สายพันธุ์ออกเป็น 2 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 6 ตัว โดยกลุ่มแรกเลี้ยงในโรงเรือนมาตรฐาน (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่สองเลี้ยงในโรงเรือนที่ได้รับการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อช่วยลดอุณหภูมิ โคทุกกลุ่มได้รับอาหารผสมสำเร็จ (TMR) ที่มีระดับโปรตีน 16% ผลการศึกษาพบว่า อุปกรณ์ลดอุณหภูมิที่ติดตั้งในการทดลองนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของดัชนีสภาพภูมิอากาศภายในโรงเรือน ได้แก่ ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะเปียกและโกลบ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิภายในกระเปาะดำ อุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิจุดน้ำค้างทั้งในช่วงเช้าและบ่าย ($P>0.05$) อุณหภูมิผิวหนังและอุณหภูมิทวารหนัก ($P>0.05$) นอกจากนี้การติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตของโค ได้แก่ ปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว ($P>0.05$) แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ในครั้งนี้ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ดังนั้นในอนาคตอาจต้องศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ลดอุณหภูมิชนิดอื่นที่มีศักยภาพสูงกว่า รวมถึงการปรับปรุงการจัดการระบบภายในโรงเรือน เพื่อให้ลดผลกระทบจากความร้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในโคเนื้อได้

คำสำคัญ: โคเนื้อ การจัดการโรงเรือน ความเครียดจากความร้อน สมรรถภาพการผลิต

Abstract

This study aimed to evaluate the effectiveness of installing a cooling system in beef cattle housing on climatic conditions inside the cattle house, heat stress, and production performance. The experimental design was a paired t-test to compare the means of variables of different housing types. Twelve crossbred beef cattle (six Charolais crossbreds and six Wagyu crossbreds) were used. These cattle were divided into two groups, with six heads per group. The first group was housed in standard housing (control group), while the second group was housed in a cooling system housing. A total mixed ration consisting of 16% crude protein was provided to all cows. The results showed that the cooling system in this experiment had no significant effect on climatic conditions, including wet-bulb globe temperature (WBGT), dry-bulb temperature (TA), relative humidity (%RH), black globe temperature (TG), wet-bulb temperature (WET), and dew point temperature (DEW) during both morning and afternoon periods ($P>0.05$), skin temperature, and rectal temperature ($P>0.05$). In addition, the cooling system did not significantly affect production performance, such as dry matter intake, average daily gain (ADG), final body weight, and body weight change ($P>0.05$). The cooling system used in this study may not be sufficiently effective. Therefore, future research should explore and develop alternative cooling technologies with higher potential, along with improving housing management, to effectively mitigate heat stress and enhance beef cattle production efficiency.

Keywords: Beef cattle, Housing management, Heat stress, Productivity

บทนำ

การลดความเครียดจากความร้อนในโคถือว่าเป็นประเด็นสำคัญในอุตสาหกรรมเลี้ยงโคเนื้อในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีภูมิอากาศร้อนหรือร้อนชื้น เนื่องจากโคเนื้อมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในสิ่งแวดล้อมอย่างมาก เพราะอากาศร้อนส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของการรักษาสมดุลความร้อนในร่างกาย ที่เกิดจากการเผาผลาญพลังงาน การดูดซึมสารอาหาร รวมถึงความสามารถในการระบายความร้อนของโคเนื้อ เมื่อต้องเผชิญกับสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมเป็นระยะเวลานาน จะทำให้โคเนื้อเข้าสู่ภาวะความเครียดจากความร้อน ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา พฤติกรรม และสมรรถภาพการผลิตลดลง ซึ่งความเครียดจากความร้อนจะทวีความรุนแรงขึ้นจากการที่โคเนื้อถูกเลี้ยงในโรงเรือนที่ไม่มีระบบระบายอากาศหรือการจัดการโรงเรือนที่ดี การเลี้ยงโคเนื้อในพื้นที่ของประเทศไทย พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยและค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้น (Temperature-Humidity Index, THI) มักสูงกว่าระดับที่ทำให้โคเนื้ออยู่ในภาวะสุขสบาย ($THI > 75$) (กนกกาญจน์ และคณะ 2558) ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อกลุ่มเกษตรกรที่เลี้ยงโคเนื้อพันธุ์ลูกผสม เช่น ลูกผสมชาร์โรลส์ และ ลูกผสมวากิว ถือเป็นโคที่มีพันธุกรรมมาจากเขตเมืองหนาว ซึ่งมีแนวโน้มความอ่อนไหวต่อความร้อนสูงกว่าโคพื้นเมือง (ชัยญพัทธ์ 2564) เมื่อโคกลุ่มนี้ถูกเลี้ยงภายใต้สภาวะภูมิอากาศร้อนชื้นของไทย (THI สูง) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเพื่อรักษาสมดุลความร้อน ส่งผลให้ต้องใช้พลังงานเมตาบอลิซึมเพิ่มขึ้นเพื่อระบายความร้อน นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดความเครียดจากความร้อน ที่ทำให้การกินได้และอัตราการเจริญเติบโตลดลง (Gouvêa et al., 2022)

เพื่อบรรเทาผลกระทบจากความเครียดจากความร้อน นิยมแบ่งกลยุทธ์ออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ การปรับที่โคเนื้อโดยตรง เช่น การปรับปรุงพันธุ์ รวมถึงการจัดการด้านสุขภาพโค เพื่อเพิ่มการต้านทานความร้อน ซึ่งการจัดการเหล่านี้อาจใช้ระยะเวลานานและจัดการได้ยาก ในทางกลับกันการจัดการโรงเรือนให้มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเลี้ยงโคเนื้อ เช่น การปรับปรุงโครงสร้างโรงเรือน การเพิ่มการระบายอากาศ รวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน สามารถจัดการได้ง่ายและปฏิบัติได้ทันที จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าวัสดุที่ใช้ทำหลังคาโรงเรือนมีผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในโรงเรือน เช่น การใช้หลังคาที่ทำจากพืชจำพวกหญ้า สามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้มากที่สุดถึง 5 องศาเซลเซียส (Georg & Ashour, 2012) หรือหลังคาที่ทำจากลูมิเนียมสีแดงสามารถสะท้อนแสงได้มากถึง 22.1% ที่สามารถช่วยลดความร้อนภายในโรงเรือนได้ (Vox et al., 2016) การใช้ฉนวนกันความร้อนและรูปแบบหลังคาถือเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ใช้ได้ผลในการลดผลกระทบจากความเครียดจากความร้อน (Fournel et al., 2017) นอกจากนี้การออกแบบระบบระบายอากาศภายในโรงเรือนก็ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวาง เช่น การใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของการไหล (computational fluid dynamics; CFD) เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในโรงเรือน (Tomasello et al., 2021) หรือการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ (เครื่องดูดอากาศและระบบหล่อเย็น) ที่ถือเป็นกลยุทธ์ที่ดีในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเลี้ยงโค (Jiang et al., 2024; Sugiono et al., 2016) อย่างไรก็ตามยังขาดการศึกษาประสิทธิภาพของการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่เหมาะสมกับฟาร์มขนาดเล็กถึงกลางในเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย เป็นต้น ควบคู่ไปกับการประเมินผล

กระทบต่อสมรรถภาพการผลิตจริงของโคเนื้อพันธุ์ลูกผสมในประเทศไทยอย่างเป็นระบบ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการกำหนดแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนและคุ้มค่าสำหรับเกษตรกร ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพผลของการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน ต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือน ภาวะความเครียดจากความร้อน และสมรรถภาพการผลิตของโคเนื้อ เพื่อเป็นการพัฒนาแนวทางการจัดการโรงเรือนเพื่อรับมือกับการจัดการภาวะความเครียดจากความร้อนในโคเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีวิจัย

สัตว์ทดลองและแผนการทดลอง

การศึกษานี้ใช้โคเนื้อลูกผสมชาร์โรเลส์ จำนวน 6 ตัว ที่อายุ 10 เดือนขึ้นไป น้ำหนักไม่น้อยกว่า 140 กิโลกรัม และโคเนื้อลูกผสมวากิว จำนวน 6 ตัว ที่อายุ 24 เดือนขึ้นไป น้ำหนักไม่น้อยกว่า 350 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบ การทดสอบค่าที (T-test) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่สนใจระหว่างโรงเรือนที่แตกต่างกัน โดยโคทดลองทั้งสองพันธุ์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มทดลองโดยการสุ่ม กลุ่มละ 3 ตัว โดยมีรายละเอียดการจัดการดังนี้ กลุ่มที่ 1: เลี้ยงในโรงเรือนโคเนื้อของเกษตรกรภายใต้สภาพปกติทั่วไป (ควบคุม) และกลุ่มที่ 2: เลี้ยงในโรงเรือนที่ได้รับการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน โคทดลองได้รับอาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration; TMR) ที่เป็นอาหารสำเร็จรูปทางการค้า (commercial feed) ที่มีโปรตีน 16% ปริมาณอาหารที่โคได้รับต่อวันจะคำนวณจาก 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของโคทดลอง โดยทำการให้อาหารวันละ 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเช้าเวลา 7.00 น. และช่วงบ่ายเวลา 16.00 น. และมีระยะเวลาการทดลอง 3 เดือน (พฤษภาคม ถึง กรกฎาคม) โดยเก็บข้อมูลสภาพภูมิอากาศภายในโรงเรือนตลอดระยะเวลา 3 เดือน และทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพการเจริญเติบโตระยะเวลา 2 เดือน ณ ฟาร์มโคเนื้อพัฒน์นาฟาร์ม ตำบลนายม อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

โรงเรือนทดลอง

โรงเรือนในการศึกษาเป็นโรงเรือนที่มีความสูงจากพื้นถึงหลังคา 3.5 เมตร และแบ่งกันเป็นคอกทดลองขนาดกว้าง 5.0 เมตร ยาว 6.5 เมตร รวมทั้งสิ้น 4 คอก โดยแต่ละคอกมีการจัดการหลังคาและอุปกรณ์เสริมที่แตกต่างกันดังนี้ ใช้หลังคาในสภาพปกติทั่วไป (แผ่นเหล็กเมทัลชีท) จำนวน 2 คอก (ภาพที่ 1) และได้รับการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน ประกอบด้วยโครงสร้างหลังคาสำหรับกางแสลนพรางแสง 70 เปอร์เซ็นต์ (สูงจากหลังคาเดิม 1.2 เมตร) ระบบพ่นน้ำแบบละอองฝอย โดยติดตั้ง 4 จุด โดยแต่ละจุดห่างกัน 1 เมตร และสูงจากระดับพื้นคอก 2.5 เมตร และพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 นิ้ว จำนวนคอกละ 1 เครื่อง (ภาพที่ 2)



ก.



ข.

ภาพที่ 1 โรงเรือนกลุ่มควบคุม: ก. หลังคาโรงเรือน; ข. ภายในโรงเรือน



ก.



ข.

ภาพที่ 2 โรงเรือนกลุ่มทดลอง: ก. โรงเรือนที่คลุมหลังคาด้วยแสลง;
ข. โรงเรือนที่ติดตั้งเครื่องพ่นไอน้ำแบบละอองฝอยและพัดลม

การเก็บและบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลสภาพภูมิอากาศภายในโรงเรือน ได้แก่ ค่าดัชนีอุณหภูมิกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Temperature Index; WBGT), อุณหภูมิ กระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature; TA), เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ (%Relative Humidity; %RH), อุณหภูมิภายในกระเปาะดำ (Black Globe Temperature; TG), อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature; WET) และอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature; DEW) ด้วยเครื่อง Heat Stress WBGT Meter รุ่น TM-188 (Taipei, Taiwan) นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าดัชนีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่บ่งชี้ถึงสภาวะเครียดจากความร้อนในโค ตามวิธีการของ Termotecnica (2018) โดยแบ่งระดับความเครียดจากความร้อน 5 ระดับ ได้แก่ ไม่มีความเครียด (no stress) เครียดเล็กน้อย (mild stress) เครียดรุนแรง (severe stress) เครียดรุนแรงมาก (very severe stress) และ เสียชีวิต (dead) บันทึกข้อมูลทางสรีรวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิที่ผิวหนัง และอุณหภูมิทวารหนัก ในช่วงเวลาเช้า และบ่ายของทุกสัปดาห์ตลอดระยะเวลาการทดลอง ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอล microlife รุ่น MT – 1611 (Taipei, Taiwan) บันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ของอาหารในแต่ละวัน เพื่อหาปริมาณการกินได้ต่อวัน บันทึกน้ำหนักตัวโคเมื่อเริ่มต้นทดลองและน้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง ด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล Iconix รุ่น FX41 (Palmerston North, New Zealand) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวระหว่างการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลสภาพภูมิอากาศและข้อมูลทางสรีรวิทยามาวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธีการ Paired t-test พิจารณาความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัย

ผลของการจัดการโรงเรือนระหว่างโรงเรือนปกติ และโรงเรือนที่ได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ ต่อสภาพภูมิอากาศภายในโรงเรือน (ตารางที่ 1) พบว่าการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ ไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของ WBGT, TA, %RH, TG, WET และ DEW ภายในโรงเรือนทั้งในช่วงเวลาเช้า และบ่ายของวัน ($P > 0.05$)

จากข้อมูลอุณหภูมิ WBGT และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ ภายใต้สภาพการจัดการโรงเรือนทั้ง 2 รูปแบบ ชี้ให้เห็นว่า ดัชนีบ่งชี้ภาวะความเครียดของโคนอู่ทุกกลุ่มทดลองอยู่ในระดับ "เครียดเล็กน้อย" (Mild stress) ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมในโรงเรือนไม่ได้ช่วยลดระดับความเครียดจากความร้อนของสภาพภูมิอากาศภายในโรงเรือนให้แตกต่างจากโรงเรือนปกติ

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่าง ๆ และค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างโรงเรือนหลังคาปกติ กับโรงเรือนที่คลุมหลังคาด้วยแสลนในช่วงเช้าและช่วงบ่ายตลอดการทดลอง

อุณหภูมิ	อุณหภูมิโรงเรือน (°C)					
	โรงเรือนหลังคาปกติ			โรงเรือนที่คลุมหลังคาด้วยแสลน		
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
ช่วงเช้า						
WBGT	26.53±1.44	26.90±1.49	26.67±1.37	26.61±1.41	26.93±1.46	26.62±1.41
TA	29.53±2.27	30.69±3.40	29.38±1.94	24.75±11.44	29.94±2.32	29.73±2.14
%RH	67.71±9.78	70.94±10.24	69.07±10.09	67.30±10.35	70.39±9.69	68.70±9.39
TG	30.43±2.58	30.53±2.64	30.28±2.54	30.30±2.41	30.65±2.64	30.36±2.41
WET	24.78±1.09	25.52±1.11	25.17±1.13	24.95±1.13	25.55±1.17	25.17±1.17
DEW	22.72±1.27	23.88±1.37	23.18±1.19	22.89±1.40	24.03±1.76	23.24±1.48
ภาวะเครียด	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย
ช่วงบ่าย						
WBGT	26.92±1.89	27.08±1.93	26.94±1.88	26.88±1.66	27.07±1.76	27.04±1.83
TA	29.45±3.84	29.72±3.66	30.49±3.37	30.32±3.25	30.47±3.31	30.47±3.39
%RH	65.83±13.06	67.03±12.92	66.74±13.16	66.15±13.88	68.01±14.18	67.46±13.51
TG	31.04±3.52	31.13±3.53	31.05±3.46	30.80±3.34	30.94±3.41	30.99±3.47
WET	25.16±1.32	25.46±1.37	25.36±1.26	25.15±1.10	25.56±1.18	25.53±1.25
DEW	23.39±1.83	23.51±1.22	23.23±1.17	23.00±1.05	23.59±1.24	23.49±1.02
ภาวะเครียด	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย

ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตจากทั้ง 2 บั้จจัยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ผลของการจัดการโรงเรือนระหว่าง โรงเรือนปกติ และโรงเรือนที่ได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ ต่อข้อมูลอุณหภูมิร่างกายของโคเนื้อลูกผสมชาร์โรเลส์และลูกผสมวากิว (ตารางที่ 2) พบว่าการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ ไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิผิวหนังและอุณหภูมิทวารหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยโคเนื้อลูกผสมชาร์โรเลส์และลูกผสมวากิวที่เลี้ยงในโรงเรือนปกติมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวหนังตลอดการทดลองเท่ากับ 36.30 และ 36.30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิร่างกายของโคเนื้อลูกผสมชาร์โรเลส์ และโคเนื้อลูกผสมวากิวที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบมีหลังคาปกติกกับโรงเรือนที่คลุมหลังคาด้วยแสลนตลอดช่วงการทดลอง

รายการ	โรงเรือนหลังคาปกติ	โรงเรือนที่คลุมหลังคาด้วยแสลน
โคเนื้อลูกผสมชาร์โรเลส์		
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวหนัง	36.30±0.42	36.30±0.46
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทวารหนัก	38.98±0.65	38.97±0.99
โคเนื้อลูกผสมวากิว		
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวหนัง	36.73±0.50	35.42±0.42
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทวารหนัก	38.97±0.41	38.65±0.63

ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ผลของการจัดการโรงเรือนระหว่าง โรงเรือนปกติ และโรงเรือนที่ได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ ต่อสมรรถภาพการผลิตของโคเนื้อลูกผสมชาร์โรเลส์และลูกผสมวากิว (ตารางที่ 3) พบว่าการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (ADG) น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบสมรรถภาพการเจริญเติบโตของโคเนื้อลูกผสมชาโรเลส์ และโคเนื้อลูกผสมวากิวที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบมีหลังคาปกติกับโรงเรือนที่คลุมหลังคาด้วยแสลนตลอดช่วงการทดลอง

รายการ	โรงเรือนหลังคาปกติ	โรงเรือนที่คลุมหลังคาด้วยแสลน
โคเนื้อลูกผสมชาโรเลส์		
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม/วัน)	16.28±2.41	15.32±3.20
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ตัว/วัน)	1.27±0.34	1.22±0.06
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)		
เริ่มต้นการทดลอง	196.67±62.96	194.33±33.99
สิ้นสุดการทดลอง	272.67±82.95	267.33±35.22
เพิ่มขึ้น	76.00±20.22	73.00±3.61
โคเนื้อลูกผสมวากิว		
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม/วัน)	17.33±2.81	16.09±2.47
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ตัว/วัน)	0.68±0.26	0.55±0.08
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)		
เริ่มต้นการทดลอง	415.67±49.92	414.67±8.02
สิ้นสุดการทดลอง	456.33±58.00	447.67±6.66
เพิ่มขึ้น	40.67±15.63	33.00±5.00

ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลดอุณหภูมิที่ติดตั้งในโรงเรือนโคเนื้อ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างโรงเรือนควบคุมซึ่งเป็นโรงเรือนปกติ และโรงเรือนทดลองที่ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ พบว่าการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของดัชนีสภาพภูมิอากาศภายในโรงเรือน ได้แก่ WBGT, TA, %RH, TG, WET และ DEW ทั้งในช่วงเช้าและบ่าย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ดังกล่าวอาจยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการจัดการกับภาระความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอก ส่งผลให้ไม่สามารถปรับปรุงภาวะความเครียดจากความร้อนในโคเนื้อได้ แตกต่างจากรายงานของ Borshch et al. (2022) ที่ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิสูงต่อพฤติกรรมและความสุขสบายของโคนมสายพันธุ์โฮลสไตน์ โดยการติดตั้งระบบระบายอากาศด้วยพัดลมและระบบฉีดพ่นละอองน้ำ พบว่าสามารถลดอุณหภูมิได้ประมาณ 3-5 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และปรับปรุงดัชนีบ่งชี้ความสุขสบายของโค (cow comfort index) ให้ดีขึ้นอย่างชัดเจน นอกจากนี้ การศึกษาของ Tikul & Prachum (2022) ยังพบว่าการปรับปรุงรูปแบบและวัสดุของหลังคาสามารถลดการนำความร้อนเข้าสู่โรงเรือน ส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนลดลง 3-5 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนเช่นกัน

สัตว์มีกลไกทางสรีรวิทยาหลายประการในการปรับตัวและลดภาระความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย หากกลไกเหล่านี้ไม่เพียงพอที่จะบรรเทาผลกระทบจากความร้อน อุณหภูมิร่างกายของสัตว์อาจสูงขึ้นจนเกิน ภาวะความสบายได้ ดังนั้น อุณหภูมิร่างกายจึงเป็นตัวบ่งชี้ความต้านทานต่อความร้อนที่ดี เนื่องจากเป็น ผลรวมของการผลิตความร้อนและการสูญเสียความร้อนภายในร่างกาย (Berihulay et al., 2019) การ ตรวจวัดอุณหภูมิร่างกายโคเป็นวิธีการเบื้องต้นในการประเมินภาวะที่โคต้องเผชิญกับสภาพอากาศ ซึ่งสามารถ ทำได้หลายวิธี ได้แก่ การวัดอุณหภูมิผิวหนัง ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก สามารถวัดผลได้แบบเรียลไทม์และ ต่อเนื่อง หรือการวัดอุณหภูมิทวารหนัก ซึ่งเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ให้ค่าอุณหภูมิร่างกายที่แม่นยำที่สุด แต่มีข้อเสียคือ อาจทำให้โคเกิดความไม่สบายตัวและเกิดความเครียดได้ รวมถึงอาจต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญในการวัด (Zhang et al., 2024) จากการศึกษาการจัดการโรงเรือนโคเนื้อครั้งนี้ ที่เปรียบเทียบระหว่างโรงเรือนปกติ และโรงเรือนที่ติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ พบว่าไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวหนังและทวารหนักของโค อาจเป็นเพราะการศึกษานี้อยู่ภายใต้สภาวะความร้อนที่อยู่ในระดับไม่รุนแรง ระบบลดอุณหภูมิที่ประเมินใน ครั้งนี้ยังไม่สามารถปรับสภาพภูมิอากาศภายในโรงเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะก่อให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาได้ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวหนังของโคที่อยู่ในโรงเรือน ทดลองมีค่าประมาณ 35-37 องศาเซลเซียส ใกล้เคียงกับการศึกษาของ ศิริวัฒน์ ทรวดทรง และคณะ (2556) พบค่าอุณหภูมิผิวหนังเฉลี่ยของโค มีค่าประมาณ 38 องศาเซลเซียส เมื่อมีการใช้เทคโนโลยีการเลี้ยงโคนมใน โรงเรือนระบบปรับอากาศด้วยการระเหยของน้ำเพื่อลดความเครียดจากความร้อน อย่างไรก็ตามการติดตั้ง อุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิในการศึกษานี้ไม่ส่งผลต่อค่าอุณหภูมิผิวหนังและอุณหภูมิทวารหนักของโคเมื่อ ลูกผสมชาร์โรลส์และลูกผสมวากิว ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Maia et al. (2023) ซึ่งทำการทดลองเลี้ยง โคเนื้อเพศผู้พันธุ์ *B. indicus* × *B. taurus* จำนวน 800 ตัว โดยสุ่มจัดกลุ่มให้อยู่ในคอกที่มีร่มเงาและไม่มีย่อม เงา พบว่าโคเนื้อที่เลี้ยงในคอกที่มีร่มเงา มีอุณหภูมิร่างกายลดลงประมาณ 5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิใต้ ผิวหนังลดลงประมาณ 1 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับโคเนื้อที่เลี้ยงในคอกไม่มีร่มเงา ส่วนค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ทวารหนักของโคในโรงเรือนติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ มีค่าประมาณ 38-39 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับ การศึกษาของ อติศร ยะวงศาและคณะ (2559) ที่เปรียบเทียบอุณหภูมิทวารหนัก และช่องคลอด ด้วย เทอร์โมมิเตอร์และดาต้าล็อกเกอร์ในโคนม พบว่า ค่าอุณหภูมิทวารหนักโดยเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 38-40 องศา เซลเซียส

จากการศึกษาเปรียบเทียบการจัดการโรงเรือนระหว่างโรงเรือนปกติ และโรงเรือนที่ได้รับการติดตั้ง อุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ พบว่าการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของโค เนื้อ โดยพิจารณาจากปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (ADG) น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการ ทดลอง และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตว่าโคที่เลี้ยงในโรงเรือนที่ติดตั้งอุปกรณ์ช่วย ลดอุณหภูมิมีการกินได้ลดลงเล็กน้อย ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับโคในโรงเรือนปกติ ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก สภาพแวดล้อมที่สบายขึ้น ทำให้โคมีการใช้พลังงานในการรักษาสมาดุลร่างกาย (maintenance energy) ลดลง ส่งผลให้ความต้องการพลังงานโดยรวมของโคลดลง และอาจบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น (Pusillo

et al., 1991) สอดคล้องกับรายงานของ Hidalgo et al. (2022) ที่ศึกษาผลกระทบของหลังคาโรงเรือนต่อประสิทธิภาพการเลี้ยงโคขุนในเขตภูมิอากาศอบอุ่น (THI $\approx$ 60) โดยเก็บข้อมูลจากฟาร์มโคขุนในประเทศเม็กซิโกในช่วงปี ค.ศ. 2016-2019 ซึ่งครอบคลุมโคจำนวน 1,062 รอบการเลี้ยง (68,305 ตัว) พบว่าโคขุนที่เลี้ยงภายใต้หลังคามีค่าการกินได้ลดลง แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม โคขุนที่เลี้ยงภายใต้หลังคามีค่า อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และ ประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น เมื่อเทียบกับโคขุนที่เลี้ยงในพื้นที่โล่ง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Maia et al. (2023) ซึ่งทำการทดลองเลี้ยงโคเนื้อเพศผู้พันธุ์ *B. indicus* $\times$ *B. taurus* จำนวน 800 ตัว โดยสุ่มจัดกลุ่มให้อยู่ในคอกที่มีร่มเงาและไม่มีร่มเงา พบว่าโคเนื้อที่เลี้ยงในคอกที่มีร่มเงา มีน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio) ที่ดีขึ้น

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาลของการติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิในโรงเรือนโคเนื้อ โดยเปรียบเทียบกับโรงเรือนปกติ พบว่าอุปกรณ์ลดอุณหภูมิที่ติดตั้ง ได้แก่ แสลงพรางแสง 70 เปอร์เซ็นต์ ระบบพ่นน้ำแบบละอองฝอยและพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 นิ้ว ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของดัชนีสภาพภูมิอากาศภายในโรงเรือน ได้แก่ ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะเปียกและโกลบ (WBGT) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (TA) เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ (% RH) อุณหภูมิภายในกระเปาะดำ (TG) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (WET) และอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (DEW) ทั้งในช่วงเช้าและบ่าย นอกจากนี้ยังไม่ส่งผล ต่อค่าอุณหภูมิผิวหนังและอุณหภูมิทวารหนักในโคเนื้อลูกผสมชาร์โรเลส์และลูกผสมวากิว รวมถึงสมรรถภาพการผลิตของโค ได้แก่ ปริมาณการกินได้, อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน, น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว ดังนั้น ในอนาคตอาจต้องศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ลดอุณหภูมิชนิดอื่นที่มีศักยภาพสูงกว่า รวมถึงการปรับปรุงการจัดการระบบภายในโรงเรือน เพื่อให้ลดผลกระทบจากความร้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในโคเนื้อได้

กิตติกรรมประกาศหรือคำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทว.) ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัย และฟาร์มโคเนื้อพัฒน์วนาฟาร์ม ตำบลนายม อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์โรงเรือนและโคเนื้อในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กนกกาญจน์ ธิเบตรัมย์, มนต์ชัย ดวงจินดา, สายันท์ บัวบาน, จุริรัตน์ แสนโกชน และ วุฒิไกร บุญคุ้ม.

(2558). อิทธิพลของความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อพันธกรรมของลักษณะโปรตีนนมและไขมันนมในโคนมลูกผสมไทย-โฮลสไตน์. *แก่นเกษตร*, 43(1), 151-160 <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/article/view/1116>

ชัยญพัทธ์ ติชะรา. (2564). *การศึกษาสายพันธุ์โคชาโรเลส์พันธุ์แท้ และโคบราห์มันพันธุ์แท้ต่อการตอบสนองทาง*

สรีรวิทยาในช่วงฤดูกาลที่แตกต่างกัน. (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม).

ศิริวัฒน์ ทรวงทรง, จันทรเพ็ญ สุวิมลธีระบุตร และ สมศักดิ์ ศรีทองเชษฐ์. (2556). *โครงการการใช้เทคโนโลยีการเลี้ยงโคนมในโรงเรือนระบบปรับอากาศด้วยการระเหยของน้ำ สำหรับลดความเครียดจากความร้อนขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตน้ำนมและ สมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่โคนมในฟาร์มขนาดใหญ่ภายใต้สภาพอากาศแบบร้อนชื้น*. ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตววิทยาและวิทยาการสืบพันธุ์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

https://elibrary.tsri.or.th/fullP/IUG5180011/IUG5180011_full.pdf

อดิสร ยะวงศา, มรกต วงศ์หน่อ และ วสุพล ชาแท่น. (2559). *การเปรียบเทียบอุณหภูมิของทวารหนักและ*

ช่องคลอดโดยเทอร์โมมิเตอร์และดาต้าล็อกเกอร์ในโคนม. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/BKN/search_detail/result/335268

Berihulay, H., Abied, A., He, X., Jiang, L., & MA, Y. (2019). Adaptation Mechanisms of Small Ruminants to Environmental Heat Stress. *Animals*, 9(3), 75.

<https://doi.org/10.3390/ani9030075>

Borshch, O. V., Ruban, S., Kostenko, V., Borshch, O. O. O., Cherniavskyi, L., Korol-Bezpal, Fedorchenko, M., & Matvieiev, M. (2022). Effects of Different Cooling Systems on Cows' Behaviour and Comfort during the Hot Period. *Veterinarija ir Zootechnika*, 80(2), 10-15. <https://vetzoo.lsmuni.lt/data/vols/2022/8002/lt/borshch.pdf>

Fournel, S., Ouellet, V., & Charbonneau, É. (2017). Practices for Alleviating Heat Stress of Dairy Cows in Humid Continental Climates: A Literature Review. *Animals*, 7(5), 37. <https://doi.org/10.3390/ani7050037>

Georg, H., & Ashour, T. (2012). Sustainable livestock buildings – a challenge for the future of organic farming. *Agriculture and Forestry Research*, 362, 1-7. https://www.researchgate.net/publication/280641531_Sustainable_livestock_buildings_-_a_challenge_for_the_future_of_organic_farming

- Gouvêa, V. N., Cooke, R. F., & Marques, R. S. (2022). Impacts of stress-induced inflammation on feed intake of beef cattle. *Frontiers in Animal Science*, 3, 1-10.
<https://doi.org/10.3389/fanim.2022.962748>
- Hidalgo, J., Muñoz, J. G. G., Cesarani, A., Larios, N., Atzori, A. S., Sánchez, F., Espino, M., Gorocica, M., Salcedo, R., & Gonzalez, J. (2022). Feedlot pens with greenhouse roofs improve beef cattle performance in temperate weather. *Translational Animal Science*, 6(2), 1-10. <https://doi.org/10.1093/tas/txac042>
- Jiang, L., Yi, Y., & Akdeniz, N.. (2024). Energy-saving cooling strategies in tunnel-ventilated dairy buildings: Computational fluid dynamics (CFD) simulations and validation. *Smart Agricultural Technology*, 9, 100576. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100576>
- Maia, A. S. C., Moura, G. A. B., Fonsêca, V. F. C., Gebremedhin, K. G., Milan, H. M., Chiquitelli Neto, M., Simão, B. R., Campanelli, V. P. C., & Pacheco, R. D. L. (2023). Economically sustainable shade design for feedlot cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1110671. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1110671>
- Pusillo, G. M., Hoffman, M. P., & Self, H. L. (1991). Effects of placing cattle on feed at two-month intervals and housing on feedlot performance and carcass grades. *Journal of Animal Science*, 69(2), 443-450. <https://doi.org/10.2527/1991.692443x>
- Sugiono, S., Dewi, H., & Rudy, S. (2016). Measuring Thermal Stress of Dairy Cattle Based on Temperature Humidity Index (THI) in Tropical Climate. *MATEC Web of Conferences*, 68, 06004. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20166806004>
- Termotecnica. (2018). *Temperature Humidity Index*. <http://www.veterinaryhandbook.com.au>
- Tikul, N., & Prachum, S. (2022). Passive cooling strategies for cattle housing on small farms: A case study. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 16(1), 25-39.
<http://www.mijst.mju.ac.th>
- Tomasello, N., Valenti, F., Cascone, G., & Porto, S. M. C. (2021). Improving natural ventilation in renovated free-stall barns for dairy cows: Optimized building solutions by using a validated computational fluid dynamics model. *Journal of Agricultural Engineering*, 52(1), 1135. <https://doi.org/10.4081/jae.2021.1135>
- Vox, G., Maneta, A., & Schettini, E. (2016). Evaluation of the radiometric properties of roofing materials for livestock buildings and their effect on the surface temperature. *Biosystems Engineering*, 144, 26-37. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.01.016>

Zhang, W., Yang, R., Choi, C. Y., Rong, L., Zhang, G., Wang, K., & Wang, X. (2024). Recent research and development of individual precision cooling systems for dairy cows – A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 225, 109248.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109248>