

## ผลกระทบจากรูปแบบโรงเรือนและสภาพแวดล้อมต่อความสบายของโคในฟาร์มรายย่อยใน จังหวัดเชียงใหม่

ณัชวิษฐ์ ตีกุล\* และ สุวิทย์ ประชุม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

กลุ่มพัฒนาคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ ปศุสัตว์เชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโคเนื้อและโคนมกำลังเผชิญกับความแปรปรวนกับสภาพอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูร้อนส่งผลทำให้ผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงโคลดลงและมีต้นทุนการเลี้ยงโคสูงขึ้น รูปแบบโรงเรือนและสภาพแวดล้อมรอบโรงเรือนจึงส่งผลต่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนอย่างมาก เอกสารนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอลักษณะทั่วไปทางกายภาพโรงเรือนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบโรงเรือนเพื่อพิจารณาปัญหาในรูปแบบโรงเรือนที่มีอยู่และความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบโรงเรือนและสิ่งแวดล้อมต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือนและความสบายของโคทั้งโคเนื้อและโคนมในฟาร์มขนาดเล็กในจังหวัดเชียงใหม่ จากการสำรวจพบว่าโรงเรือนส่วนใหญ่ต่ำเกินไป มีความสูงประมาณ 2.70 เมตร ใช้วัสดุผนังหลังคาที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนบริเวณใต้หลังคาและแผ่ความร้อนลงมาภายในโรงเรือน มีการจัดวางอาคารที่ไม่เอื้อต่อการรับลมรวมทั้งยังมีอาคารที่ขวางทิศทางลมบริเวณรอบโรงเรือนด้วย ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน ส่งผลทำให้ระดับความเครียดของโคในช่วงฤดูร้อนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาปรับปรุงสภาพอากาศภายในโรงเรือนได้แก่การออกแบบโรงเรือนให้มีความสูงเพิ่มขึ้น เพิ่มการระบายอากาศบริเวณใต้หลังคาและใช้วัสดุผนังหลังคาที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ รวมถึงการเพิ่มร่มเงาบริเวณรอบโรงเรือน ลดการปลูกสร้างสิ่งกีดขวางทางลมจะช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้

**คำสำคัญ:** โรงเรือน โคนม โคเนื้อ เกษตรกรรายย่อย ความเครียดจากความร้อน

\* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: nachawit@gmail.com

---

## The Effect of Housing and Environment on Cow Comfort in Small Household Farms in Chiang Mai

---

Nachawit Tikul<sup>\*</sup> and Suwit Prachum

*Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University, San Sai, Chiang Mai, 50290, Thailand  
Chiang Mai Provincial Livestock Office, Amphoe Mueang Chiang Mai, Chiang Mai, 50300, Thailand*

### Abstract

Beef and dairy cattle small household farmers in Chiang Mai are facing severe weather, especially in the summer, resulting in reduced productivity and higher costs. Cattle housing and its environment are important factors that affect indoor temperature. This paper aims to provide the general physical characteristics of beef and dairy cattle housing and the environment surrounding the houses in the small farms in Chiang Mai. They were used to consider the existing housing problems and the relationship between housing characteristics and cattle comfort. It was found that most cattle housing is too short with a height of about 2.7 meters, using roofing materials that cause heat transfer under the roof and radiating heat into the cattle housing. In addition, the survey also found that cattle housing is not conducive to the wind, and there are other buildings near cattle housing that block the wind direction that cause the indoor temperature was higher than the outside temperature. The high temperature leads to increase heat stress of cattle during the summer to moderate to high levels. Therefore, the important strategy that should be considered to improve the indoor air quality is the cattle housing styles i.e. increasing height and using roof materials with low thermal conductivity. Shading around the house and building orientation are also important for reducing the temperature inside the housing.

**Keywords:** cattle housing, dairy cattle, beef cattle, small household farmer, heat stress

---

\*

Corresponding author: E-mail: nachawit@gmail.com

บทนำ

จังหวัดเชียงใหม่เป็นพื้นที่ที่ผลิตนํ้ามันดิบที่มีคุณภาพดีที่สุดในประเทศไทยและยังเป็นที่ที่เลี้ยงโคเนื้อมากที่สุดของภาคเหนือ เกษตรกรผู้เลี้ยงโค 92% เป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีข้อจำกัดทางการเงินจึงใช้วิธีการเลี้ยงโคแบบระบบเปิดซึ่งเชื่อมโยงกับสภาพดินฟ้าอากาศและสภาพธรรมชาติในพื้นที่โดยตรง ดังนั้นสภาพอากาศภายนอกโรงเรือนจึงส่งผลต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือนและส่งผลต่อคุณภาพและปริมาณผลิตภัณฑ์จากโคในที่สุด (NRC, 1981; Devendra and Thomas, 2002; Hatem *et al.*, 2004; Nagayets, 2005) ปัจจุบันเกษตรกรเหล่านี้กำลังเผชิญกับความแปรปรวนของสภาพอากาศที่ส่งผลกระทบต่อการใช้เลี้ยงโคเป็นอย่างมาก ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมของทุกปีซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน ปริมาณและคุณภาพนํ้ามันดิบในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่จะลดลงประมาณ 10% (DLD, 2018) เนื่องจากโคมีความเครียดจากความร้อน กินอาหารแห้งลดลง ส่งผลทำให้โคอ่อนแอ เจ็บป่วยได้ง่าย มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ (Amundson *et al.*, 2005; Mader *et al.*, 2006; Garcia, 2006) และมีแนวโน้มที่ปริมาณนํ้ามันดิบในจังหวัดเชียงใหม่จะลดลงทุกปีจากความร้อนและความแปรปรวนสภาพอากาศที่เพิ่มขึ้น จากข้อมูลจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่เป็นสมาชิกสหกรณ์โคนมในจังหวัดเชียงใหม่พบว่าในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2559-2561) มีเกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโคนมได้ปิดฟาร์มลง 14 ราย เนื่องจากไม่สามารถรับมือกับสถานการณ์เหล่านี้ได้ (CM-PVLO, 2018)

กลยุทธ์สำคัญที่ถูกนำมาใช้เพื่อให้เกษตรกรรายย่อยสามารถรับมือกับความแปรปรวนจากสภาพอากาศได้แก่ การพัฒนาสายพันธุ์โคที่แข็งแรงและทนทานมากขึ้น การพัฒนาวัคซีนและอาหารเสริม รวมทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีในการเลี้ยงโค ทำให้การเลี้ยงโคระบบปิดถูกให้ความสำคัญมากขึ้นและกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการทำ

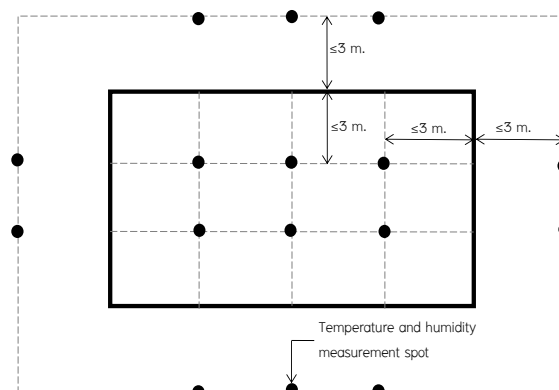
ปศุสัตว์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต (Aditto, 2011; Senorpe *et al.*, 2018) แต่ทั้งนี้การเลี้ยงโคในระบบปิดมักพบในกลุ่มผู้เลี้ยงสัตว์รายใหญ่เท่านั้น เนื่องจากการสร้างโรงเรือนเลี้ยงสัตว์แบบระบบปิดที่ครบวงจรจำเป็นต้องมีการลงทุนในระยะเริ่มต้นสูงและยังมีค่าใช้จ่ายที่ตามมาอีกหลายรายการ ได้แก่ ค่าไฟ ค่านํ้า และค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ เกษตรกรต้องมีความเข้าใจในระบบของโรงเรือนและต้องตรวจสอบอุปกรณ์เป็นประจำเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้โรงเรือนระบบปิดอาจไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีปัญหาการจ่ายไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเพราะถ้าไฟฟ้าดับเป็นเวลานานอาจทำให้สัตว์ตายได้ ทั้งหมดนี้ล้วนเป็นข้อจำกัดของเกษตรกรรายย่อยทั้งสิ้นทั้งด้านเงินทุน องค์ความรู้ และทำเลที่ตั้งที่เลี้ยงสัตว์และการทำโรงเรือนแบบปิดนี้อาจไม่คุ้มค่าสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงสัตว์จำนวนไม่มาก (Aditto, 2011)

แนวทางหนึ่งที่ไม่ควรมองข้ามและจัดเป็นพื้นฐานสำคัญในการเลี้ยงปศุสัตว์คือการมีรูปแบบโรงเรือนและการจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่พึงพิงธรรมชาติ (passive strategy) ให้ได้มากที่สุดเพื่อสนับสนุนการสร้างสภาวะน่าสบายที่โคต้องการภายใต้แรงผลักดันจากสภาพอากาศที่รุนแรงแบบประหยัด ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหาด้านคุณภาพและการลดลงของผลผลิต การคงอยู่ของเกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงสัตว์และนำไปสู่ความมั่นคงทางด้านอาหารของประเทศไทยในที่สุด รายงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอลักษณะทั่วไปทางกายภาพโรงเรือนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบโรงเรือนเพื่อพิจารณาปัญหารูปแบบโรงเรือนที่มีอยู่และความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบโรงเรือนและสิ่งแวดล้อมต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือนและความสบายของโคทั้งโคเนื้อและโคนมในฟาร์มขนาดเล็กในจังหวัดเชียงใหม่เพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางการจัดสภาพแวดล้อมและออกแบบโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อและโคนมที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายย่อยในระยะต่อไป

### วิธีดำเนินการวิจัย

สำรวจฟาร์มเลี้ยงโคของเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งหมายถึงฟาร์มที่มีโคเนื้อไม่เกิน 30 ตัว หรือมีโคนมแม่พันธุ์ไม่เกิน 10 ตัว ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนเมษายน 2562 ในช่วงเวลา 13.00-16.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงสุดของวันโดยไม่ใช้ระบบช่วยปรับสภาพอากาศใดๆภายในโรงเรือนขณะสำรวจและตรวจวัด จากฐานข้อมูลของ Chiang Mai Provincial Livestock Office (CM-PVLO, 2018) พบว่ามีเกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 11,524 รายและเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจำนวน 187 ราย โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อจำนวน 347 ราย และกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจำนวน 43 ราย ( $e=0.05$ ) เลือกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มตามสะดวก (convenience หรือ accidental sampling) ควบคู่กับการใช้วิธีการแนะนำของหน่วยตัวอย่างที่ได้เก็บข้อมูลไปแล้ว (snowball sampling)

สถิติพรรณนาถูกใช้เพื่ออธิบายลักษณะโรงเรือนและข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง โดยเลือกใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการอธิบายข้อมูลแบบอัตราส่วน (ratio scale) และอันตรภาค (interval scale) ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ขนาดและรูปแบบโรงเรือน จำนวนต้นไม้ ขนาดพื้นที่สิ่งแวดล้อมต่างๆรอบโรงเรือน ใช้ค่าความถี่ (frequency) และร้อยละ (percentile) ในการอธิบายข้อมูลเรียงอันดับ (ordinal scale) และนามบัญญัติ (nominal scale) ได้แก่ ระดับความเครียดของโค ชนิดของวัสดุผนังหลังคาและรูปทรงหลังคา



อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายนอกและภายในโรงเรือนถูกวัดโดยเครื่องมือวัดสภาพอากาศแบบดิจิตอล รุ่น Lutron LM-8102 ตามตำแหน่งตัวอย่างดัง Fig.1 (ASHRAE, 2005) และนำมาหาค่าเฉลี่ยและนำไปใช้ในการประเมินความเครียดของโคโดยการคำนวณค่า Temperature-Humidity Index (THI) ตามสมการความสัมพันธ์ของ Mader *et al.* (2006) เนื่องจากเป็นดัชนีที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาสภาพอากาศภายในโรงเรือนที่มีร่มเงาแบบเปิด มีการเคลื่อนที่ของอากาศต่ำและมีการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งโคเนื้อและโคนม (Li *et al.*, 2009)

$$THI = (0.8 \times Tdb) + [(RH/100) \times (Tdb - 14.4)] + 46.4$$

โดยที่

Tdb คือ อุณหภูมิอากาศหรืออุณหภูมิกระเปาะแห้ง (°C)

RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ที่แสดงในรูปสัดส่วน

นำค่า THI ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การวิเคราะห์ระดับความรุนแรง (threshold) ของการเกิด heat stress ตามระดับความเครียดซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 5 ระดับ ได้แก่ ไม่มีความเครียด มีความเครียดเล็กน้อย มีความเครียดปานกลาง มีความเครียดรุนแรง

และมีความเครียดระดับสูงจนไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้  
รายละเอียดดัง Table 1

**Table 1** Thermal humidity index (THI)

| Heat stress levels | THI        |
|--------------------|------------|
| No-stress          | < 72       |
| Mild-stress        | 72 – 78    |
| Moderate           | 79 – 88    |
| Severe             | 89 – 98    |
| Cannot life        | มากกว่า 98 |

Source: Mader (2006)

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) ถูกใช้เพื่อวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในโรงเรือน (Y) กับ ชนิดของวัสดุผนังหลังคารูปทรงหลังคา ขนาดโรงเรือน จำนวนอาคารโดยรอบ จำนวนต้นไม้ พื้นที่บ่อน้ำ พื้นที่ทุ่งหญ้าและพื้นที่ลาดเชิง โดยใช้วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (stepwise regression) คัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ที่ดีที่สุดและได้โมเดลที่ประหยัดที่สุด หากตัวแปรใดไม่ได้ส่งผลให้ค่า R-square เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็จะถูกขจัดออกไป

#### ผลการวิจัย

#### 1. ลักษณะทั่วไปทางกายภาพโรงเรือนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

จากการสำรวจพบว่าการเลี้ยงโคเนื้อและโคนมของเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดเชียงใหม่มี 3 ลักษณะ ได้แก่ การเลี้ยงแบบปล่อยหรือแบบไล่ต้อน การเลี้ยงแบบยืนโรงและแบบผสม ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบผสมผสานกับการทำเกษตรกรรม พันธุ์โคเนื้อส่วนใหญ่มักเป็นพันธุ์โคพื้นเมืองไทย (Thai Indigenous Cattle) หรือโคลูกผสมพื้นเมือง หรือโคลูกผสมอื่นที่มีขนาดเล็ก

ใหญ่มากนัก ที่เลี้ยงง่าย หากินเก่ง สำหรับโคนมส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ขาว-ดำหรือลูกผสมขาว-ดำ รูปแบบโรงเรือนทั้งหมดเป็นแบบเปิด ดังนั้นความเครียดจากความร้อนของโคจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพอากาศโดยรอบเป็นสำคัญ ประกอบกับพื้นที่ตั้งฟาร์มในจังหวัดเชียงใหม่ช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน 2562 จะมีสภาพอากาศร้อนมากกว่า 40 °ซ มากกว่า 10 วันติดต่อกัน สิ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันสภาพอากาศร้อนภายในฟาร์มมีเพียงร่มเงาที่ได้จากหลังคาและต้นไม้ใหญ่รอบโรงเรือน โรงเรือนโคเนื้อโดยทั่วไปมีพื้นที่ส่วนที่เป็นโรงเรือนเฉลี่ย 63.6 ตร.ม. (SD=65.37) หรือประมาณ 6.6 ตร.ม./โคเนื้อ 1 ตัว (SD=10.06) ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานของปศุสัตว์ที่ 8-10 ตร.ม./ตัว (DLD, 2018) ในขณะที่โรงเรือนเลี้ยงโคนมจะมีขนาดพื้นที่มากกว่าโดยเฉลี่ยที่ 116.86 ตร.ม. (SD=112.78) หรือ ประมาณ 13.15 ตร.ม./โคนม 1 ตัว (SD=12.14) จากการสำรวจรูปแบบโรงเรือนและวัสดุที่ใช้ทำโรงเรือนพบว่า โรงเรือนโคเนื้อและโคนมมีรูปแบบหลังคาทรงจั่วเป็นส่วนใหญ่ (87%) ดัง Fig.2 และ Fig.3 และพบหลังคารูปทรงอื่นบ้างประปราย เช่น ทรงหมาแหงนและหมาแหงนกลาย อย่างไรก็ตาม ความสูงของหลังคาหรือร่มเงาโดยทั่วไปควรอยู่ระหว่าง 5-8 ม. แต่ถ้าหากมีความกว้างโรงเรือนมากกว่า 24 ม. ควรมีความสูงโรงเรือนมากกว่า 8 ม. (Hatem *et al.*, 2004; Samer, 2010) แต่จากการสำรวจพบว่าโรงเรือนโคนมมีความกว้างเฉลี่ยประมาณ 13 ม. ในขณะที่มีความสูงประมาณ 2.7 ม. ซึ่งทำให้การระบายอากาศเป็นไปได้ช้าลง (Table 2)



**Fig.2** Characteristics of beef cattle housing found in Chiang Mai



**Fig.3** Characteristics of dairy cow housing found in Chiang Mai

**Table 2** Cattle housing information (n=390)

| Components                         | Beef housing<br>(n=347) |       | Dairy housing<br>(n=43) |       |
|------------------------------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
|                                    | ( $\bar{x}$ )           | SD    | ( $\bar{x}$ )           | SD    |
| Width (m)                          | 6.17                    | 3.06  | 7.60                    | 4.85  |
| Length (m)                         | 9.17                    | 5.18  | 13.39                   | 8.50  |
| Height (m)                         | 3.28                    | 0.97  | 2.70                    | 0.81  |
| Areas/cow<br>(m <sup>2</sup> /cow) | 6.6                     | 10.06 | 13.15                   | 12.14 |

การเลือกวัสดุหลังคาที่เหมาะสมจะช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ (Bucklin, 1993; Samer, 2010, Arla, Morrisons and DairyCo, 2012) ซึ่งพบว่าเกษตรกรรายย่อยนิยมใช้ zinc roof sheets (43.8%) เนื่องจากมีความทนทาน น้ำหนักเบา ราคาถูก หาซื้อและติดตั้งง่าย รองลงมาเป็นกระเบื้องซีเมนต์ลอนคู่ (33.1%) และพลาสติกจำพวกโพลีเอทิลีน (polyethylene plastic) (14.4%) แต่สังกะสีกลับเป็นตัวเลือกสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นเนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (thermal conductivity) สูง โดยที่ค่าการนำความร้อนของสังกะสีอยู่ที่ 211 W/mK ในขณะที่กระเบื้องซีเมนต์ลอนคู่และ polyethylene plastic อยู่ที่ 0.993 และ 0.44 W/mK ในขณะที่ polyethylene plastic แบบใสจะส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นเนื่องจากความร้อนที่ผ่านมารวมกับแสงอาทิตย์ (Ngo *et al.*, 2016) การติดตั้งผ้าเพดานจึงเป็นทางเลือกที่ดีโดยใช้วัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น เช่น เลื้อยฟาง (Thormark, 2002; Samer *et al.*, 2010) พบการทำผ้าเพดานในโรงเรือนโคเนื้อแบบง่าย ๆ โดยใช้วัสดุประเภทไม้ไผ่และพลาสติกแต่มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บฟางและกันฝนจากรอยรั่วของหลังคาจำนวน 48 แห่งจาก 347 แห่ง (13.9%) และไม่พบการทำผ้าเพดานสำหรับกันความร้อนภายในโรงเรือนโคนมเลย (100%)

โรงเรือนโคเนื้อบางแห่ง (19%) มีผนังซึ่งอาจมีผนังทุกด้านที่ทำจากสแลนหรือมุ้งเพื่อป้องกันแมลงหรือมีผนังบางส่วนที่ทำจากวัสดุถาวรจำพวกไม้หรือก่ออิฐ (ฉาบปูน) เพื่อใช้เป็นพื้นที่เก็บอุปกรณ์ในการเลี้ยงโค สำหรับโคนมพบการใช้สแลนเพื่อกันแสงและกันแมลง 18% แต่การกันผนังที่สูงจรดหลังคาเช่นนี้อาจเป็นอุปสรรคต่อการระบายอากาศภายในโรงเรือนได้ (Cole, 2011) พื้นโรงเรือนโคเนื้อส่วนใหญ่เป็นพื้นดินไม่ยกสูง (72%) กรณีนี้จะช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนและช่วยให้อุณหภูมิในตัวโคลดลงได้เมื่อนอนบนพื้นดิน (Cole, 2011; Thormark, 2002) แต่อาจส่งผลต่อสุขภาพของโค (Samer *et al.*, 2010) มีฟาร์มบางแห่งที่เทพื้น

โรงเรือนด้วยคอนกรีต (16.7%) หรือทำพื้นด้วยไม้เนื้อแข็ง (1.7%)

การออกแบบและจัดวางตำแหน่งที่เหมาะสมจะช่วยให้เกิดการเคลื่อนที่ในช่องว่างระหว่างหลังคาและพื้นที่ที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติจะช่วยปรับปรุงสภาพอากาศบริเวณฟาร์มได้ (Hatem *et al.*, 2004; Samer, 2010; Arla, Morrisons and DairyCo, 2012) การวางตัวอาคารควรทำร่วมกับการนำเอาสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศทั้งระดับท้องถิ่น (local climate) และระดับพื้นที่ (specific microclimate) เข้ามาร่วมในการพิจารณา (Cole, 2011) โรงเรือนในประเทศแถบร้อนควรสร้างโรงเรือนตามตะวันคือแนวทิศตะวันออกและตะวันตก เพื่อให้ได้รับลมประจำฤดูและเกิดร่มเงาภายใต้โรงเรือนมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าพื้นที่โรงเรือนเป็นดินแล้วแสงแดดที่ส่องเข้ามาภายใต้โรงเรือนในช่วงเช้า บ่ายและเย็น จะช่วยทำให้พื้นดินแห้งไม่เปียกแฉะแฉะและควรมีลานดินด้านข้างของโรงเรือนทั้งสองด้าน เพื่อให้โคออกไปอยู่และใช้ประโยชน์ร่มเงาที่ตกทอดออกไปได้ (Tatsapong, 2017) ซึ่งจากการสำรวจพบว่าโรงเรือนส่วนใหญ่ (70.3%) หันหน้าอาคาร (ด้านยาว) ไปทางด้านทิศเหนือกรณีเช่นนี้ช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนลงได้

สิ่งแวดล้อมและการใช้พื้นที่รอบโรงเรือนในระยะ 10 ม. ส่งผลต่อสภาพอากาศโดยรอบและภายในโรงเรือน บริเวณรอบโรงเรือนที่ประกอบด้วยพื้นที่สีเขียวและพื้นที่ชุ่มน้ำจะส่งผลทำให้อุณหภูมิโดยรอบโรงเรือนลดลงก่อนพัดเข้าสู่ภายในโรงเรือน แต่หากบริเวณโรงเรือนเป็นพื้นที่ลาดชันจะทำให้อุณหภูมิโดยรอบมีแนวโน้มสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างในระยะ 15 ม. จะทำให้การระบายอากาศและรับลมได้ลดลงและส่งผลต่อการแพร่กระจายโรคได้ (Hatem *et al.*, 2006; Samer *et al.*, 2008b; Samer *et al.*, 2008d) โรงเรือนโคนอมีจำนวนต้นไม้รอบโรงเรือนเฉลี่ย 3.86 ต้น (SD=2.96) ซึ่งน้อยกว่าจำนวนต้นไม้รอบโรงเรือนโคนม ( $\bar{X}$ =7.28 SD=3.44) ซึ่งต้นไม้ส่วนใหญ่จะอยู่ทางทิศเหนือและทิศตะวันออกแทนที่จะอยู่ทางทิศใต้และทิศตะวันตกเพื่อช่วยให้เกิดเงาในช่วงบ่าย (Cole, 2011) และมีพื้นที่บ่อน้ำธรรมชาติในพื้นที่ฟาร์มโคนอและโคนมเฉลี่ย 18.80 และ 27.30 ตร.ม. (SD=60.67 และ 31.01) ตามลำดับ พื้นที่ทุ่งหญ้าที่ส่วนใหญ่ถูกปลูกไว้เพื่อเป็นอาหารโคเฉลี่ย 200 และ 2,514 ตร.ม. (SD= 46.45 และ 936.83) ตามลำดับ ดังข้อมูลใน Table 4 และ Table 5

**Table 3** Beef and dairy cow housing components (n=390)

| Beef and dairy housing components (n = 556) |              |         |       |         |       |           |              |         |      |         |      |
|---------------------------------------------|--------------|---------|-------|---------|-------|-----------|--------------|---------|------|---------|------|
| Items                                       |              | Beef    |       | Dairy   |       | Items     |              | Beef    |      | Dairy   |      |
|                                             |              | housing |       | housing |       |           |              | housing |      | housing |      |
|                                             |              | F       | %     | F       | %     |           |              | F       | %    | F       | %    |
| Roof shape                                  | Flat         | 14      | 4.03  | -       | -     | Ceiling   | None         | 299     | 86.2 | 43      | 100  |
|                                             | Skillion     | 25      | 7.20  | 6       | 13.95 |           | Bamboo       | 2       | 0.6  | -       | -    |
|                                             | Butterfly    | 1       | 0.29  | -       | -     |           | Polyethylene | 46      | 13.3 | -       | -    |
|                                             | Gabled       | 305     | 87.90 | 37      | 86.05 | Wall      | None         | 281     | 79.4 | 28      | 63.6 |
|                                             | Others       | 2       | 0.58  | -       | -     |           | Hard wood    | 7       | 2    | -       | -    |
| Roofing materials                           | Fiber cement | 125     | 34.7  | 24      | 52.2  | Floor     | Bamboo       | 22      | 6.2  | 7       | 15.9 |
|                                             | Zinc sheet   | 163     | 45.3  | 18      | 39.1  |           | Block cement | 2       | 0.6  | -       | -    |
|                                             | Alu-Zinc     | 17      | 4.7   | 4       | 8.7   |           | Polyethylene | 34      | 9.6  | 8       | 18.2 |
|                                             | Plastic nets | 2       | 0.6   | -       | -     |           | Plastic nets | 8       | 2.3  | 1       | 2.3  |
|                                             | Polyethylene | 53      | 14.7  | -       | -     |           | None         | 250     | 72   | 25      | 58.1 |
| Constructive materials                      | Concrete     | 2       | 0.6   | -       | -     | finishing | Concrete     | 58      | 16.7 | 15      | 34.9 |
|                                             | Steel        | 25      | 7.2   | 6       | 14    |           | Steel        | 1       | 0.3  | -       | -    |
|                                             | Hardwood     | 303     | 87.3  | 36      | 83.7  |           | Hardwood     | 6       | 1.7  | 3       | 7    |
|                                             | Plywood      | 7       | 2     | -       | -     |           | Others       | 32      | 9.2  | -       | -    |
|                                             | Bamboo       | 9       | 2.6   | 1       | 2.3   |           |              |         |      |         |      |

**Note:** F= Frequency

**Table 4** Environment and orientation of beef cow housing (n=347)

| Items        | Cardinal directions |      |           |      |          |      |          |      |
|--------------|---------------------|------|-----------|------|----------|------|----------|------|
|              | North (N)           |      | South (S) |      | East (E) |      | West (W) |      |
|              | F                   | %    | F         | %    | F        | %    | F        | %    |
| Orientation* | 272                 | 78.4 | -         | -    | 75       | 21.6 | -        | -    |
| Trees        | 152                 | 43.8 | 94        | 27.1 | 105      | 30.3 | 72       | 20.7 |
| Hardscape    | 25                  | 7.2  | 16        | 4.6  | 18       | 5.2  | 14       | 4.0  |
| Wet land     | 12                  | 3.5  | 4         | 1.2  | 5        | 1.4  | 4        | 1.2  |
| Grass land   | 21                  | 6.1  | 11        | 3.2  | 14       | 4.0  | 12       | 3.5  |
| Building     | 61                  | 17.6 | 38        | 11.0 | 40       | 11.5 | 39       | 11.2 |

**Note:** N= 315-45, E= 45-135, S= 135-225, W= 225-315

Orientation\*: N= N-S axis, E= E-W axis

**Table 5** Environment and orientation of dairy cow housing (n=43)

| Items        | Cardinal directions |      |           |      |          |      |          |      |
|--------------|---------------------|------|-----------|------|----------|------|----------|------|
|              | North (N)           |      | South (S) |      | East (E) |      | West (W) |      |
|              | F                   | %    | F         | %    | F        | %    | F        | %    |
| Orientation* | 29                  | 67.4 | -         | -    | 14       | 32.6 | -        | -    |
| Trees        | 29                  | 67.4 | 21        | 48.8 | 18       | 41.9 | 17       | 39.5 |
| Hardscape    | 8                   | 18.6 | 3         | 7.0  | 3        | 7.0  | 2        | 4.7  |
| Wet land     | 8                   | 18.6 | 0         | 0.0  | 7        | 16.3 | 2        | 4.7  |
| Grass land   | 8                   | 18.6 | 11        | 25.6 | 10       | 23.3 | 8        | 18.6 |
| Building     | 19                  | 44.2 | 8         | 18.6 | 9        | 20.9 | 10       | 23.3 |

**Note:** N= 315-45, E= 45-135, S= 135-225, W= 225-315

Orientation\*: N= N-S axis, E= E-W axis

## 2. สภาพาสบายในโรงเรือน

จากการตรวจวัดสภาพอากาศช่วงฤดูร้อน บริเวณโดยรอบโรงเรือนโคนมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 38.20 °ซ (SD = 2.97) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 40.38% (SD = 10.08) มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือน 37.88 °ซ (SD = 3.25) และมีความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 45.00% (SD = 10.28) สำหรับพื้นที่บริเวณโดยรอบ

โรงเรือนโคนมพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย 37.13 °ซ (SD = 3.04) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 49.57% (SD = 7.84) มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือน 36.40 °ซ (SD = 3.40) และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 50.37% (SD = 8.12) นอกจากนี้ยังไว้วัดระดับความเร็วลมและระดับเสียงภายนอกและภายในโรงเรือนโคนมและโคนมซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงใน Table 6

**Table 6** Mean daily weather on farm

| Weather               | Beef housing (n=347) |       |                |       | Dairy housing (n=43) |      |                |      |
|-----------------------|----------------------|-------|----------------|-------|----------------------|------|----------------|------|
|                       | Outside housing      |       | Inside housing |       | Outside housing      |      | Inside housing |      |
|                       | ( $\bar{X}$ )        | SD    | ( $\bar{X}$ )  | SD    | ( $\bar{X}$ )        | SD   | ( $\bar{X}$ )  | SD   |
| Temperature (°C)      | 38.20                | 2.97  | 37.88          | 3.25  | 37.13                | 3.04 | 36.40          | 3.40 |
| Relative humidity (%) | 40.38                | 10.08 | 45.00          | 10.28 | 49.57                | 7.84 | 50.37          | 8.12 |
| Wind speed (m/s)      | 0.21                 | 0.29  | 0.14           | 0.35  | 0.13                 | 0.21 | 0.06           | 0.09 |

เมื่อนำค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนมาหาค่าระดับความเครียดของโคโดยใช้ Temperature-Humidity Index (THI) ตามสมการของ Mader (2006) พบว่าโรงเรือนโคนมมีค่า THI เฉลี่ย

87.16 (SD=4.03) สำหรับโรงเรือนโคนมพบว่าค่า THI เฉลี่ย 86.60 (SD=4.35) เมื่อนำผลไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ความเครียดของโค 5 ระดับ พบว่าระดับความเครียดทั้งโคนมและโคนมอยู่ในระดับปานกลาง

ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2562

วารสารเกษตรพระวรุณ 301

(moderate stress) เป็นความเครียดในระดับปกติที่ไม่ก่ออันตรายและไม่แสดงออกถึงความเครียดที่ชัดเจนและส่วนใหญ่จะสามารถปรับตัวกลับสู่ภาวะปกติได้เอง (Table 7)

เมื่ออากาศร้อนโคจะแสดงอาการหอบ กินหญ้าน้อย กินน้ำมาก การเลี้ยงโคระบบเปิดในพื้นที่ที่แห้งแล้งและกึ่งแห้งควรเลือกใช้ระบบทำความเย็นแบบหัวฉีดขนาดเล็ก (sprinkle) ร่วมกับการใช้พัดลมจะช่วยลดความร้อนภายในโรงเรือน และควรเลือกระบบระบายความร้อนด้วยหมอก (fog cooling system) เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความชื้นค่อนข้างสูง (Amundson *et al.*, 2005; Samer *et al.*, 2008) และควรติดตั้งภายในโรงเรือนใต้โครงสร้างที่ร่มเช่นเหนือโคประมาณ 2.5 ม. แต่ระบบนี้จะไม่มีประสิทธิภาพภายใต้สภาพเรือนเปิด

เนื่องจากอากาศภายนอกที่ร้อนจะไหลผ่านเข้ามาและนำอากาศเย็นที่ล้อมรอบโคออกไป (Hatem *et al.*, 2006) แต่จากการสำรวจพบว่าเมื่ออากาศร้อนและโคเริ่มแสดงอาการเกษตรกรจะแก้ปัญหาโดยการอาบน้ำให้โคหรือนำโคไปผูกไว้ที่ร่มเงาใต้ต้นไม้ริมรั้ว ซึ่งเป็นวิธีการที่เกษตรกรรายย่อยทำได้ไม่ยากเนื่องจากมีจำนวนโคน้อย พื้นที่เลี้ยงส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในบริเวณที่มีแหล่งน้ำธรรมชาติ พบเพียง 5 ฟาร์ม ที่มีพัดลมระบายความร้อนลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนซึ่งพบในการเลี้ยงโคนม และพบ 7 ฟาร์มที่ติดตั้งระบบ sprinkle บนหลังคาโดยไม่มีพัดลม มีเพียง 2 ฟาร์มที่ติดตั้ง sprinkle บนหลังคาและมีพัดลม ไม่พบการติดตั้ง Fog cooling system ภายในโรงเรือนเกษตรกรรายย่อยทั้งโคเนื้อและโคนม

**Table 7** Temperature-humidity index (THI) and heat stress levels of beef and dairy cows

| Type of housing      | Temperature-humidity index |      | Heat stress levels      |
|----------------------|----------------------------|------|-------------------------|
|                      | (THI)                      |      |                         |
|                      | ( $\bar{X}$ )              | SD   |                         |
| Beef housing (n=347) | 87.16                      | 4.03 | Moderate stress (79-88) |
| Dairy housing (n=43) | 86.60                      | 4.35 | Moderate stress (79-88) |

### 3. ประสิทธิภาพการลดความร้อนของโรงเรือน

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของโรงเรือนของเกษตรกรรายย่อยที่มีอยู่ในการลดระดับความเครียดของโคจากความต่างของอุณหภูมิบริเวณโดยรอบ ( $T_{out}$ ) และอุณหภูมิภายในโรงเรือน ( $T_{in}$ ) โดยให้  $\Delta T = T_{out} - T_{in}$  พบว่าโรงเรือนโคเนื้อของเกษตรกรรายย่อยที่มีอยู่สามารถลดอุณหภูมิจากภายนอกได้เฉลี่ย 0.76 °ซ (SD = 1.41) โดยมีโรงเรือนโคเนื้อที่สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 10.25 °ซ และมีบางแห่งมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกถึง 3.15 °ซ สำหรับโรงเรือนโคนมของเกษตรกรรายย่อยที่มีอยู่สามารถลดอุณหภูมิจากภายนอกได้เฉลี่ย 0.18 °ซ (SD = 0.71) โดยมีโรงเรือนโคนมที่สามารถลดอุณหภูมิได้

สูงสุด 2.55 °ซ และพบว่าและมีบางแห่งมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกถึง 1.95 °ซ ดังข้อมูลใน Table 8

**Table 8** Thermal efficiency of cattle housing

| Type of housing      | ความต่างของอุณหภูมิ               |      |
|----------------------|-----------------------------------|------|
|                      | ( $\Delta T = T_{out} - T_{in}$ ) |      |
|                      | ( $\bar{X}$ )                     | SD   |
| Beef housing (n=347) | 0.74                              | 1.24 |
| Dairy housing (n=43) | 2.55                              | 0.56 |

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้การวิเคราะห์แบบถดถอยหลายตัวแปรและใช้การเลือกตัวแปรพยากรณ์โดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) พบว่าความสูงของโรงเรียนมีอิทธิพลต่อความต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในโรงเรียนมากที่สุด รองลงมาเป็นรูปทรงหลังคา จำนวนอาคารโดยรอบโรงเรียน และวัสดุผนังหลังคา ซึ่งสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถอธิบายได้สามารถอธิบายค่าความต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในโรงเรียนได้ถึง 93.6% ( $F=107.59$ ) ดังนั้นการออกแบบโรงเรียนของ

เกษตรกรรายย่อยจึงควรให้ความสำคัญกับการกำหนดสัดส่วนโรงเรียน รูปทรงหลังคาและเลือกวัสดุผนังหลังคาที่เหมาะสมจะช่วยให้การระบายอากาศภายในโรงเรียนดีขึ้นและลดอุณหภูมิภายในโรงเรียน (Hatem *et al.*, 2004; Samer, 2010) รวมถึงเพิ่มพื้นที่สีเขียวและพื้นที่ชุ่มน้ำและลดการมีพื้นที่ลาดชันและการสร้างอาคารที่ติดกับโรงเรียนจะช่วยลดอุณหภูมิก่อนเข้าโรงเรียนได้ เหล่านี้จะช่วยลดระดับความเครียดของโคได้ (Cole, 2011; Tatsapong, 2017)

| ANOVA <sup>a</sup> |                |     |             |         |                   |
|--------------------|----------------|-----|-------------|---------|-------------------|
| Model              | Sum of Squares | df  | Mean Square | F       | Sig.              |
| Regression         | 53.101         | 2   | 27.957      | 107.588 | .000 <sup>a</sup> |
| Residual           | 477.436        | 385 | .260        |         |                   |
| Total              | 530.537        | 387 |             |         |                   |

| Model Summary     |          |                   |                            |
|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| .967 <sup>c</sup> | .936     | .927              | .50976                     |

| Coefficients <sup>a</sup>   |                             |            |                           |         |      |
|-----------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|---------|------|
| Model                       | Unstandardized Coefficients |            | Standardized Coefficients | t       | Sig. |
|                             |                             |            |                           |         |      |
|                             | B                           | Std. Error | Beta                      |         |      |
| (Constant)                  | -3.413                      | .360       |                           | -9.476  | .000 |
| Roof shape (Skillion)       | -6.674                      | .559       | -.540                     | -11.939 | .000 |
| Housing height              | 1.660                       | .131       | .625                      | 12.647  | .000 |
| Building around housing (S) | .506                        | .162       | .135                      | 3.127   | .003 |
| Building around housing (W) | .584                        | .181       | .144                      | 3.237   | .003 |
| Roofing materials (Zinc)    | -3.032                      | 1.258      | -.120                     | -2.409  | .021 |

a. Dependent Variable: Temperature difference ( $\Delta T = T_{out} - T_{in}$ )

### สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโคในจังหวัดเชียงใหม่มีการสร้างโรงเรือนเป็นไปตามความสามารถในการจ่ายและความสามารถในการก่อสร้างของตนเอง โดยพบว่าโรงเรือนส่วนใหญ่เตี้ยเกินไป มีความสูงประมาณ 2.70 ม. ใช้วัสดุผนังหลังคาที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อนบริเวณใต้หลังคาและแผ่ความร้อนลงมาภายในโรงเรือน มีการจัดวางอาคารที่ไม่เอื้อต่อการรับลม รวมทั้งยังมีอาคารที่ขวางทิศทางลมบริเวณรอบโรงเรือนด้วย อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน ส่งผลทำให้ระดับความเครียดของโคในช่วงฤดูร้อนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ดังนั้นฟาร์มเฮอร์ที่สำคัที่ควรนำมาพิจารณาปรับปรุงสภาพอากาศภายในโรงเรือนได้แก่การแก้ไขข้อบกพร่องในการออกแบบได้แก่

การออกแบบให้อาคารมีความสูงเพิ่มขึ้น มีการระบายอากาศที่ตีบริเวณใต้หลังคาและใช้วัสดุผนังหลังคาที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ รวมถึงการเพิ่มร่มเงาบริเวณรอบโรงเรือน ลดสิ่งกีดขวางและวางอาคารที่สามารถรับลมฤดูร้อนได้ดี รวมทั้งอาจมีการพิจารณาใช้ระบบกลที่เหมะสมเข้ามาช่วยในกรณีที่ฟาร์มมีศักยภาพในการติดตั้ง

### กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2561

### References

- Aditto, S. 2011. Risk Analysis of Smallholder Farmers in Central and North –East Thailand, Agricultural Economics, Lincoln University.
- Alexandratos, N. and Bruinsma, J., 2012. World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision Rome: FAO, ESA Working Paper No. 1203. Retrieved from [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/esag/docs/AT2050\\_revision\\_summary.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/AT2050_revision_summary.pdf).
- Amundson, J.L., Mader, T.L., Rasby, R.J. and Hu, Q.S., 2005. Temperature and temperature–humidity index effects on pregnancy rate in beef cattle. In:Proceedings of 17th International Congress on Biometeorology, Deutscher Wetterdienst, Offenbach, Germany.
- Arla, Morrisons and Dairy Co, 2012. Housing the 21st Century Cow-AHDB Dairy, The Dairy Group New Agriculture House, Retrieved from [https://dairy.ahdb.org.uk/non\\_umbraco/download.aspx?media=13205](https://dairy.ahdb.org.uk/non_umbraco/download.aspx?media=13205)
- ASHRAE. 2005. ANSI/ASHRAE Standard 55-2013 (Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 55-2010) Includes ANSI/ASHRAE addenda listed in Appendix M Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
- Bucklin, R.A. 1993. Reflective Coatings for Heat Stress Reduction in Livestock Housing. App. Eng. Agric. 9:123-129.

- Chiangmai Provincial Livestock Office [CM-PVLO]. 2018. Information Technology: Number of farmers, Retrieved from <http://pvlo-cmi.dld.go.th>.
- Cole, G. 2011. Residential passive design for temperate climates. Environment design guide, EDG 66 GC. Australian Institute of Architects, Melbourne. [www.environmentdesignguide.com.au](http://www.environmentdesignguide.com.au)
- Department of Livestock Development [DLD]. 2018. DLD Information on animal farmers (in Thai). DLD Smart Data Center, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Retrieved from <http://sdc.dld.go.th/project.html>.
- Devendra, C., and Thomas, D. 2002. Smallholder farming systems in Asia. *Agricultural Systems*, 71: 17-25.
- Garcia, A. 2006. Dealing with Heat Stress in Dairy Cows. SDSU Extension Extra, Archives from [https://openprairie.sdstate.edu/extension\\_extra/122](https://openprairie.sdstate.edu/extension_extra/122)
- Hatem, M. H., Sadek, R.R. and Samer, M. 2004. Cooling, shed height and shed orientation affecting dairy cows microclimate. *Misr J. Ag. Eng.*, 21: 714-726.
- Ich-Long N., Sangwoo J. and Chan B. 2016. Thermal conductivity of transparent and flexible polymers containing fillers: A literature review, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 98: 219-226.
- Li, S., Gebremedhin, K.G., Lee, C.N. and Collier, R.J., 2009. Evaluation of Thermal Stress Indices for Cattle, ASABE Annual Meeting.
- Mader, T. L., Davis, M. S. and Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 712-719.
- Nagayets, O. 2005. Small farms: current status and key trends. Paper presented at the future of small farms research workshop, 26-29 June 2005, Imperial College, Wye Campus, London. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.144.1658>
- NRC. 1981. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. Subcommittee on Environmental Stress, National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.
- Pilachai, R., Schonewille, J.T., Thamrongyos wittayakul, C., Aiumlamai, S. and Hendriks, W.H. 2013. Diet factors and subclinical laminitis score in lactating cows of smallholder dairy farms in Thailand, *Livestock Science*, 155:197-204.
- Samer, M. 2010. Adjusting Dairy Housing in Hot Climates to Meet Animal Welfare Requirements, *Journal of Experimental Sciences*, 1: 14-18.
- Sandrine O., Houessou, L.H.D., Rodrigue V.C.D., Marcel H., Andreas B. and Eva S. 2019. Change and continuity in traditional cattle farming systems of West African Coast countries: A case study from Benin, *Agricultural Systems*, 168: 112-122.

- Senorpe, A.H., Rotz, A.C., Dale J.S., Sandlin, R.R. and Stout C.R. 2018. Management characteristics of beef cattle production in Hawaii, *The Professional Animal Scientist*, 34: 167-176.
- Tatsapong P. 2017. Ruminant Production: House for Ruminants, *Agricultural Science, Agriculture Natural Resource and Environment*, Naresuan University. Retrieved from [http://www.agi.nu.ac.th/science/121113\\_1.php](http://www.agi.nu.ac.th/science/121113_1.php)
- Thormark, C. 2002. A low energy building in a life cycle-its embodied energy, energy need for operation and recycling potential, *Building and Environment*, 37:429-435.