

จุดวิกฤตของดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์และระดับเลือดโคนม โฮลสไตน์ที่มีต่อผลผลิตน้ำนมและค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม ภายใต้สภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน

The critical point of temperature humidity index and Holstein fraction level affected on milk production and genetic parameters during heat stress conditions

วุฒิไกร บุญคุ้ม¹, มนต์ชัย ดวงจินดา^{1*}, วิโรจน์ ภัทรจินดา¹, สรเทพ ฐัมวาสร², จุรีรัตน์ แสนโภชน³
และสายัณห์ บัวบาน³

Wuttigrai Boonkum¹, Monchai Duangjinda^{1*}, Virote Pattarajinda¹,
Sornthep Tumwasorn², Jureeratn Sanpote³, and Sayan Buaban³

บทคัดย่อ: การค้นหาจุดวิกฤตของความเครียดเนื่องจากความร้อนที่มีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนมและค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมในโคนมลูกผสมไทย-โฮลสไตน์ ในระยะการให้นมครั้งแรกซึ่งใช้บันทึกผลผลิตน้ำนมในวันทดสอบจำนวน 218,083 บันทึก จากโคนมจำนวน 24,825 ตัว พบว่า ณ ดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ (THI) ที่ระดับ 75 โคนมเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน อัตราการลดลงของผลผลิตน้ำนมพบเมื่อโคนมมีระดับเลือดโฮลสไตน์ ≥ 87.5 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการลดลงสูงสุดที่ระดับเลือดโฮลสไตน์ ≥ 98.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณารายภาคพบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการสูญเสียของผลผลิตน้ำนมต่อปีมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับภูมิภาคอื่นของประเทศไทยเฉลี่ยเท่ากับ 91.05 กก./ตัว/ปี สำหรับอัตราพันธุกรรม ณ THI ที่ระดับ 75 มีค่าเท่ากับ 0.17 โดยค่าดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งถึง THI ที่ระดับ 78 (0.19) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดของค่าอัตราพันธุกรรม หลังจากนั้นค่าดังกล่าวจะลดลงอย่างต่อเนื่อง สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างอิทธิพลของยีนแบบบวกลดลง ณ ภาวะปกติกับภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนมีค่าเท่ากับ -0.21 ซึ่งให้เห็นว่าการคัดเลือกโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของการเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนอย่างไรก็ตามสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมีค่าในระดับต่ำ ดังนั้นการคัดเลือกโคนมที่มีทั้งความสามารถทางพันธุกรรมการให้ผลผลิตน้ำนมดีร่วมกับมีความสามารถในการทนต่อสภาพอากาศร้อนจึงมีความเป็นไปได้

คำสำคัญ: ความเครียดเนื่องจากความร้อน, น้ำนม, พารามิเตอร์ทางพันธุกรรม, โคนมลูกผสมไทย-โฮลสไตน์

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

² ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Jatujak, Bangkok, 10900

³ สำนักเทคโนโลยีชีวภาพการผลิตปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ ปทุมธานี 12000

Bureau of Biotechnology in Livestock Production, Department of Livestock Development, Pathumthani, 12000

* Corresponding author: monchai@kku.ac.th

ABSTRACT: The investigating of critical point of heat stress affecting milk production and genetic parameters in crossbred Thai-Holstein dairy cattle using a total of 218,083 first-parity milk yield test-day records of 24,825 Thai-Holstein crossbred. The results showed that the impact of heat stress began at a temperature humidity index (THI) of 75. The rate of decline of milk production was found when Holstein fraction level was more than 87.5%, and highest when Holstein fraction level was more than 98%. Cow in the North East region had highest average milk production loss (91.05 kg/head/year) compared to another region in Thailand. The heritability for test-day milk at a THI of 75 was 0.17. Heritability for milk yield exhibited a slight increase from THI of 75 to 78 that is the highest heritability (0.19) and tends to decline as THI increases after this point. Genetic correlation between regular and heat stress effect was -0.21. This result indicated that selecting cows for high milk yield leads to an increase in heat stressed cows. However, the genetic correlation from this study was low, therefore combine selection for milk production and heat tolerance is possible in the breeding program.

Keywords: heat stress, milk, genetic parameter, crossbred Thai-Holstein

บทนำ

สภาพอากาศร้อนเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการผลิตนมของโคนม (Fuquay, 1981; Kadzere et al., 2002) หากอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูงกว่าอุณหภูมิที่โคนมสามารถดำรงชีวิตได้อย่างสบาย (comfort zone) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4-24°C (Hahn, 1981) โคนมจะตอบสนองโดยแสดงพฤติกรรมเพื่อควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ และเพื่อระบายความร้อนส่วนเกินที่สะสมภายในร่างกายออกไป เช่น ลดการเดิน เข้าพักในร่มเงา ลดการกินอาหาร ลดการเคี้ยวเอื้อง เป็นต้น (Mitlohner et al., 2002; West et al., 2003) สำหรับผลตอบสนองทางด้านสรีรวิทยามีการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและฮอร์โมน โดยโคนมจะเพิ่มอัตราการหายใจ เพิ่มอัตราการเต้นของชีพจร รวมทั้งเพิ่มอัตราการขับเหงื่อ (Muller and Botha, 1994; Koatdoke, 2008) ซึ่งหากกระบวนการดังกล่าวยังไม่สามารถระบายความร้อนส่วนเกินออกจากร่างกายได้ อาจส่งผลทำให้โคนมเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน (heat stress) และเสี่ยงต่อการลดลงของปริมาณน้ำนม (West et al., 2003; Collier et al., 2006) รวมทั้งอาจกระทบต่อความสมบูรณ์พันธุ์ และนำมาซึ่งปัญหาด้านสุขภาพได้ (Jordan, 2003; Rensis and Scaramuzzi, 2003) ซึ่งหากสภาพอากาศร้อนทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นอาจทำให้โคนมตายได้ (Marcillac-Embertson et al., 2009)

St. Pierre et al. (2003) รายงานว่า อิทธิพลของความเครียดเนื่องจากความร้อนส่งผลกระทบต่อธุรกิจโคนมของประเทศสหรัฐอเมริกาประมาณ 897 ถึง 1,500 ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี ในขณะที่หลายประเทศ เช่น บราซิล นิวซีแลนด์ อิสราเอล และสหรัฐอเมริกา ทำการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางลดผลกระทบของความเครียดเนื่องจากความร้อนที่มีต่อผลผลิตและสุขภาพ เช่น ดัดแปลงโรงเรือนให้สามารถระบายความร้อนได้ดียิ่งขึ้นโดยใช้พัดลมระบายอากาศร่วมกับการพ่นละอองน้ำรวมทั้งเพิ่มจุดให้น้ำและร่มเงาภายในฟาร์ม (Madalena et al., 1990; Bryant et al., 2007; Berman, 2008; Marcillac-Embertson et al., 2009) สำหรับการจัดการด้านอาหารและการให้อาหารมีการพัฒนาสูตรอาหารและหรือให้สารเสริมเพื่อลดกระบวนการสร้างความร้อนในขณะกิน ย่อยและดูดซึมอาหารโดยโคนมยังคงได้รับโภชนาเพียงพอต่อความต้องการ รวมถึงมีการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการปล่อยโคนมแทะเล็มในแปลงหญ้าเป็นช่วงเวลาที่อากาศเย็น เป็นต้น (Mader et al., 2002; Moore et al., 2005) ซึ่งวิธีการทั้งหมดที่กล่าวมาพบว่ามีข้อจำกัดบางประการ เช่น งบประมาณลงทุนสูง อีกทั้งต้องปรับเปลี่ยนวิถีปฏิบัติไปตามสภาพอากาศที่เปลี่ยนไปจึงไม่สามารถแก้ไขปัญหาคความเครียดเนื่องจากความร้อนได้อย่างถาวร ดังนั้นทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ในระยะยาวและให้ผลยั่งยืนต่อโคนมนั้นคือการคัดเลือกโคนมที่มีความสามารถทางพันธุกรรมที่ดีของลักษณะที่สนใจภายใต้สภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (heat tolerance)

Ravagnolo and Misztal (2000) เสนอวิธีการประเมินพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมภายใต้สภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนโดยใช้ข้อมูลผลผลิตน้ำนมในวันทดสอบร่วมกับข้อมูลดัชนีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (temperature humidity index; THI) ทำการศึกษาในโคนมไฮสไตน์พันธุ์แท้ของรัฐจอร์เจีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเมื่อค่า THI สูงขึ้นถึงจุดวิกฤติหรือจุดเริ่มต้นของการเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน (critical or threshold point of heat stress) พบว่าผลผลิตน้ำนมลดลงอย่างรวดเร็ว ต่อมา Bohmanova et al. (2005) นำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลโคนมระดับชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ในขณะที่ Freitas et al. (2006) ศึกษาอิทธิพลของความเครียดเนื่องจากความร้อนโดยพิจารณาแยกตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการคัดเลือกพันธุกรรมโคนมในประชากรขนาดใหญ่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตามโคนมในแต่ละภูมิภาคมีการตอบสนองต่อความเครียดเนื่องจากความร้อนที่แตกต่างกัน

สำหรับประเทศไทยโคนมส่วนใหญ่เป็นโคนมลูกผสมระหว่างโคตระกูลอินเดียน (*Bos indicus*) และโคตระกูลยุโรป (*Bos taurus*) สายพันธุ์ไฮสไตน์ โดยมีคุณลักษณะด้านการให้ผลผลิตน้ำนมที่ดีและยังสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพการเลี้ยงและสภาพอากาศของประเทศไทย (Reodecha, 2002; Buaban, 2005; Chanvijit et al., 2005) ในด้านการปรับปรุงพันธุ์โคนมพบว่าเน้นปรับปรุงลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมเป็นหลัก อย่างไรก็ตามในขั้นตอนของการประเมินพันธุกรรมในลักษณะดังกล่าวพบว่ายังไม่มีหลักการพิจารณาปรับปัจจัยเนื่องจากสภาพอากาศในโมเดลการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมอย่างชัดเจน แนวทางการศึกษาและการปฏิบัติในปัจจุบันปัจจัยดังกล่าวถูกพิจารณารวมอยู่ในส่วนของผังการจัดการโดยกำหนดเป็นอิทธิคงที่ (fixed effect) จึงเป็นไปได้ที่ค่าประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและค่าการผสมพันธุ์สำหรับใช้คัดเลือกโคนมให้มีความสามารถทางพันธุกรรมการให้ผลผลิตน้ำนมดีภายใต้สภาวะเครียดเนื่องจาก

ความร้อนยังไม่ถูกต้องและแม่นยำเท่าที่ควร ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกโคนมให้มีความสามารถทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมที่ดีภายใต้สภาพอากาศของประเทศไทยวัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้จึงเพื่อค้นหาจุดวิกฤติผลของความเครียดเนื่องจากความร้อนที่มีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนมและค่าประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของและศึกษาหาระดับเลือดไฮสไตน์ที่ได้รับผลกระทบจากความเครียดเนื่องจากความร้อนในโคนมลูกผสมไทย-ไฮสไตน์

วิธีการศึกษา

ข้อมูลในการศึกษา

บันทึกผลผลิตน้ำนมรายตัวโดยสุ่มเก็บเดือนละ 1 ครั้ง ซึ่งเรียกว่า บันทึกน้ำนมในวันทดสอบ (test-day milk record) ในระยะการให้นมครั้งแรกจำนวน 218,083 บันทึก จากโคนมลูกผสมไทย-ไฮสไตน์จำนวน 24,825 ตัวถูกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ข้อมูลทั้งหมดรวบรวมได้จากฟาร์มเกษตรกรในโครงการ Master bull ของกรมปศุสัตว์ รวมทั้งฟาร์มเอกชนจาก 26 จังหวัดทั่วประเทศไทยในช่วงระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2533 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551 การเตรียมข้อมูลก่อนวิเคราะห์บันทึกผลผลิตน้ำนมรายตัวในแต่ละวันทดสอบถูกกำหนดให้อยู่ในช่วงวันให้นมที่ 5 ถึง 305 วัน และมีอายุเมื่อคลอดลูก ณ วันที่เก็บข้อมูลอยู่ในช่วง 24 ถึง 72 เดือน การจำแนกกลุ่มพันธุ์โคนมลูกผสมไทย-ไฮสไตน์จำแนกตามระดับเปอร์เซ็นต์สายเลือดของโคนมพันธุ์ไฮสไตน์ซึ่งจำแนกได้ 5 กลุ่มดังนี้ <75.0, 75.0 ถึง 87.4, 87.5 ถึง 93.6, 93.7 ถึง 97.9 และ ≥ 98.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำนมต่อตัวต่อวันมีค่าเท่ากับ 12.9 กก. ค่าเฉลี่ยจำนวนวันให้นมมีค่าเท่ากับ 236 วัน (Table 1)

ข้อมูลอุณหภูมิรายรายวันได้แก่ บันทึกอุณหภูมิ (temp: หน่วยเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์ (RH: หน่วยเปอร์เซ็นต์) โดยเก็บบันทึกทุก 3 ชั่วโมง ถูกคำนวณให้อยู่ในรูปแบบของดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์

(temperature humidity index; THI) ตามวิธีการของ National Oceanic and Atmospheric Administration (1976) เพื่อใช้ศึกษาผลกระทบของความเครียดเนื่องจากความร้อนที่มีต่อผลผลิตน้ำนมและค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม ได้แก่ อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ข้อมูล THI ถูกบันทึกและเก็บรวบรวมจากสถานีอุตุนิยมวิทยาแต่ละจังหวัดซึ่งใกล้เคียงกับฟาร์มโคนมแต่ละฟาร์มโดยใช้รหัสไปรษณีย์ของที่ตั้งฟาร์ม (postal code) เป็นข้อกำหนดในการเชื่อมโยงข้อมูลน้ำนมและข้อมูล THI เข้าด้วยกันก่อนนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยรูปแบบสมการคำนวณค่า THI เป็นดังนี้

$$THI = (1.8 \times temp + 32) - (0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times temp - 26)$$

ค่าเฉลี่ย THI สามวันก่อนการเก็บบันทึกผลผลิตน้ำนมโดยพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์สูงสุดระหว่างค่า THI และบันทึกน้ำนมในแต่ละวันทดสอบ (ไม่ได้แสดง) ถูกกำหนดให้เป็นค่า THI ทดสอบในการวิเคราะห์หาจุดเริ่มต้นของการเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน (THI threshold of heat stress)

วิธีการวิเคราะห์และโมเดลที่ใช้ศึกษา

โมเดลวันทดสอบรีเกรซันส์สุ่ม (random regression test-day model; RRTDM) ถูกใช้เป็นโมเดลสำหรับวิเคราะห์หาจุดเริ่มต้นของการเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน อัตราการลดลงของผลผลิตน้ำนมต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า THI (rate of decline of milk production) และค่าประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนเพื่อใช้คำนวณหาค่าประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมใช้วิธี Expectation Maximization Restricted Maximum Likelihood (EM-REML) โดยใช้โปรแกรม remlf90 ซึ่งพัฒนาโดย Misztal (1999) โดยมีรูปแบบโมเดล RRTDM ดังนี้

$$y_{ijklm} = hmy_i + bg_j dim_k + ca_l + \alpha(bg_j) + a_{0m} + a_{1m} \times f(THI) + p_{0m} + p_{1m} \times f(THI) + e_{ijklm}$$

$$Var \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ p_0 \\ p_1 \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_{a_0}^2 & A\sigma_{a_0a_1} & 0 & 0 & 0 \\ A\sigma_{a_0a_1} & A\sigma_{a_1}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_{p_0}^2 & I\sigma_{p_0p_1} & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_{p_0p_1} & I\sigma_{p_1}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

เมื่อ y_{ijklm} = เวกเตอร์ของผลผลิตน้ำนมรายตัวในวันทดสอบของโคนมลูกผสมไทย-โฮลสไตน์ตัวที่ m ในฝูง-เดือนทดสอบ-ปีทดสอบ (hmy_i) จัดแบบ class ที่ i และกลุ่มพันธุ์ (bg_j) จัดแบบ class ที่ j ร่วมกับวันให้นม (dim_k) จัดแบบ class ที่ k และอายุเมื่อคลอดลูก (ca_l) จัดแบบ class ที่ l, hym_i = เวกเตอร์ของอิทธิพลคงที่เนื่องจากฝูง-เดือนทดสอบ-ปีทดสอบที่ i, bg_j = เวกเตอร์ของอิทธิพลคงที่เนื่องจากกลุ่มพันธุ์ที่ j, dim_k = เวกเตอร์ของอิทธิพลคงที่เนื่องจากวันให้นมที่ k, ca_l = เวกเตอร์ของอิทธิพลคงที่เนื่องจากอายุเมื่อคลอดลูกที่ l, a_{0m} = เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากยีนแบบบวกลบผสม ณ ภาวะปกติ (0) ของสัตว์ตัวที่ m, a_{1m} = เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากยีนแบบบวกลบผสม ณ ภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (1) ของสัตว์ตัวที่ m, p_{0m} = เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร ณ ภาวะปกติ (0) ของสัตว์ตัวที่ m, p_{1m} = เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร ณ ภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (1) ของสัตว์ตัวที่ m, e_{ijklm} = เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากความคลาดเคลื่อน, $\alpha(bg_j)$ = อัตราการลดลงของผลผลิตน้ำนมต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า THI ในแต่ละกลุ่มพันธุ์ที่ j, A=เมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวสัตว์, I= Identity matrix, $f(THI)$ = ฟังก์ชันดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีรูปแบบฟังก์ชันดังนี้

$$f(THI) = \begin{cases} 0 & ; TH I \leq TH I_{threshold} \text{ (no heat stress),} \\ TH I - TH I_{threshold} & ; TH I > TH I_{threshold} \text{ (heat stress)} \end{cases}$$

ค่า THI ในช่วงระหว่าง 72 ถึง 82 ถูกใช้เป็นค่า THI ทดสอบภายใต้โมเดล RRTDM ความแม่นยำของการประเมินพันธุกรรมและความถูกต้องของโมเดล (best model) พิจารณาจากค่าสถิติได้แก่ negative log likelihood (-2logL) ที่มีค่าต่ำที่สุด และค่า coefficient of determination (R²) ที่มีค่าสูงที่สุด ในแต่ละค่า THI ทดสอบ นอกจากนี้ทำการศึกษาผลกระทบของความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อการลดลงของผลผลิตน้ำนม โดยพิจารณาตลอดหนึ่งปี (Δy) แยกตามปีและภูมิภาคของประเทศไทย โดยมีรูปแบบสมการคำนวณดังนี้

$$\Delta y = \alpha \sum_{d=1}^{365} HL_{d(BG)}$$

เมื่อ α = อัตราการลดลงของผลผลิตน้ำนม, $\sum_{d=1}^{365} HL_{d(BG)}$ = ผลรวมของระดับของความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อปีจำแนกตามกลุ่มพันธุ์ (heat stress level; HL) เมื่อ $HL = TH I - TH I_{threshold}$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพอากาศของประเทศไทย

สภาพอากาศของประเทศไทยในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2533 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551 มีลักษณะร้อนและชื้นตลอดทั้งปี โดยอุณหภูมิเฉลี่ย 27.1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 73.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อกำหนดในรูปของดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.4 (Table 1) โดยอุณหภูมิสูงสุดพบในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดพบในช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคมของทุกปี ซึ่งสอดคล้องกับฤดูร้อนและฤดูหนาวของประเทศไทย ตามลำดับสำหรับความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม และต่ำสุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ตามลำดับ (Figure 1)

Table 1 Data structure for the analysis.

Category	N	Mean	SD	Min	Max
Herd-test month-test year	8,531				
Animal with records	24,805				
Animal with pedigrees	42,501				
Test-days records (before edited)	255,447				
Test-days records (after edited)	218,083				
Test-day milk separated by Holstein blood					
<75.0	11,334	11.5	4.3		
75.0 to 87.4	53,216	12.8	4.8		
87.5 to 93.6	84,309	13.6	5.0		
93.7 to 97.9	58,496	13.9	4.6		
≥98.0	10,728	14.3	5.9		
Air temperature, °C		27.1	3.3	4	36
Relative humidity, %		73.4	12.5	5	100
Temperature humidity index, THI		77.4	4.7	49	86

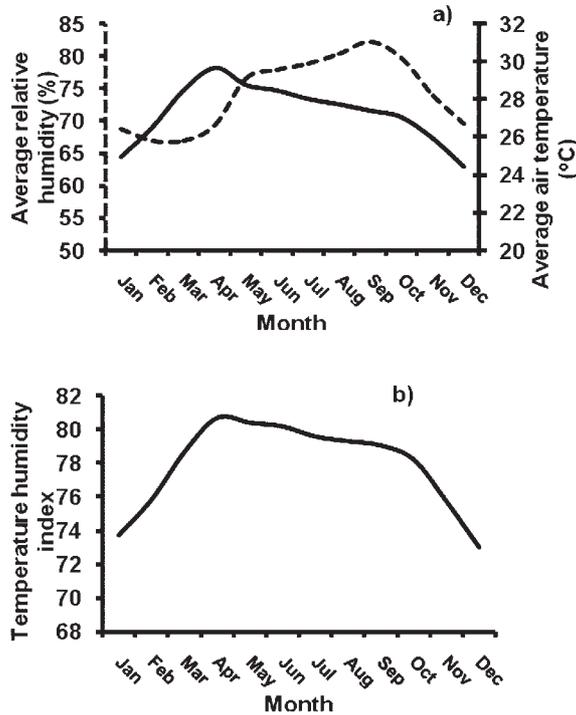


Figure 1 Average monthly pattern of relative humidity (a, dashed line) and air temperature (a, solidline), and temperature humidity index (b) in Thailand.

การวิเคราะห์หาจุดเริ่มต้นของการเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน

THI ที่ระดับ 75 มีค่า negative log likelihood (-2logL) ต่ำที่สุด และค่า coefficient of determination (R^2) สูงที่สุด (Table 2) ซึ่งแปลความได้ว่าโคนมลูกผสมไทย-โฮลสไตน์ เริ่มเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนเมื่อสภาพอากาศมีค่า THI ที่ระดับ 75 และเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการศึกษาของ Ravagnolo and Misztal (2000) ในโคนมโฮลสไตน์พันธุ์แท้ ของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าโคนมเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนเมื่อสภาพอากาศมีค่า THI ที่ระดับ 72 ผลดังกล่าวชี้ว่าโคนมลูกผสมไทย-โฮลสไตน์มีความสามารถในการทนต่อความเครียดเนื่องจากความร้อนสูงกว่าโคนมโฮลสไตน์พันธุ์แท้ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากโคนมของประเทศไทยได้รับพันธุกรรมส่วนหนึ่งจากโคตระกูลอินเดีย ซึ่งมีความสามารถในการทนร้อน (heat

tolerance) ได้ดีกว่าโคตระกูลยุโรป (Beatty et al., 2006) และอาจเนื่องมาจากผลผลิตน้ำนมของโคนมลูกผสมไทย-โฮลสไตน์ มีปริมาณน้อยกว่าผลผลิตน้ำนมของโคนมพันธุ์แท้ จึงส่งผลให้การผลิตความร้อนในกระบวนการสร้างน้ำนมมีปริมาณน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมโฮลสไตน์พันธุ์แท้ (Bianca, 1965)

การลดลงของผลผลิตน้ำนม

Table 3 แสดงอัตราการลดลงของผลผลิตน้ำนม (rate of decline of milk production) ณ THI ที่ระดับ 75 ตามระดับเลือดโฮลสไตน์ โดยพบว่าอัตราการลดลงของผลผลิตน้ำนมเริ่มปรากฏเมื่อระดับเลือดโฮลสไตน์ ≥ 87.5 เปอร์เซ็นต์ และสูงขึ้นตามระดับเลือดโฮลสไตน์ อัตราการลดลงของผลผลิตน้ำนมจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ -0.050, -0.021, และ -0.002 กิโลกรัมต่อการเพิ่มขึ้นของค่า THI หนึ่งระดับภายหลัง THI

ที่ระดับ 75 ซึ่งสอดคล้องกับระดับเลือดไฮสโตไนด์ได้แก่ ≥ 98.0 , 93.7 ถึง 97.9 และ 87.5 ถึง 93.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการลดลงของผลผลิตน้ำนมโดยเฉลี่ยในช่วงสามปีหลังสุดแสดงแนวโน้มการสูญเสียผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นตามปี ซึ่งอาจเป็นผลจากปรากฏการณ์อุณหภูมิโลกร้อนขึ้น (global warming) (Table 3) นับเป็นความเสียหายในระดับรุนแรงโดยเฉพาะกับเกษตรกรที่เลี้ยงโคนมลูกผสมที่มีระดับเลือดไฮสโตไนด์ ≥ 93.7 เปอร์เซ็นต์ ในทางตรงกันข้ามโคนมลูกผสมที่มีระดับเลือดไฮสโตไนด์ < 87.5 เปอร์เซ็นต์ ยังไม่พบการสูญเสียของผลผลิตน้ำนมจากอิทธิพลของความเครียดเนื่องจากความร้อน ณ THI ที่ระดับ 75 ทั้งนี้เป็นไปได้ที่จุดเริ่มต้นของการเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนในโคนมลูกผสมที่มีระดับเลือดไฮสโตไนด์ < 87.5 เปอร์เซ็นต์ จะสูงกว่านี้ สำหรับการสูญเสียของผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยตลอดปีแยกตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทยแสดงให้เห็นว่าโคนมที่เลี้ยงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการสูญเสียของผลผลิตน้ำนมโดยเฉลี่ยมากกว่าโคนมที่เลี้ยงในภูมิภาคอื่นโดยมีค่าการลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 91.05 กก/ตัว/ปี สำหรับโคนมลูกผสมที่มีระดับเลือดไฮสโตไนด์ ≥ 98.0 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2) ซึ่งมีสาเหตุจากสภาพอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอุณหภูมิสูง (เฉลี่ยอุณหภูมิเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553) รวมถึงการขาดแคลนเครื่องมือสำหรับช่วยโคนมในการระบายความร้อนออกจากร่างกายในช่วงเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน เมื่อพิจารณาการสูญเสียของผลผลิตน้ำนมรายเดือนแสดงให้เห็นว่าเดือนมีนาคม เมษายน และพฤษภาคม มีการสูญเสียของผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยสูงกว่าเดือนอื่นๆ ซึ่งช่วงเดือนดังกล่าวสัมพันธ์กับฤดูร้อนของประเทศไทย

องค์ประกอบความแปรปรวนและพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

ผลการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนต่างๆ (Figure 3) แสดงให้เห็นว่าค่าความแปรปรวน

ของยีนแบบบวกระยะสม (2.8) และสภาพแวดล้อมถาวร (8.0) ที่ไม่มีการพิจารณาอิทธิพลของความเครียดเนื่องจากความร้อนร่วมด้วยจะคงที่ในทุกระดับค่า THI ในขณะที่ค่าความแปรปรวนของยีนแบบบวกระยะสม (0.007) และสภาพแวดล้อมถาวร (0.119) ที่มีการพิจารณาอิทธิพลของความเครียดเนื่องจากความร้อนร่วมด้วยจะสูงขึ้นภายหลังจากค่า THI ที่ระดับ 75 สำหรับอัตราพันธุกรรม ณ THI ที่ระดับ 75 มีค่าเท่ากับ 0.17 และมีค่าสูงสุด ณ THI ที่ระดับ 78 เท่ากับ 0.19 หลังจากนั้นอัตราพันธุกรรมจะลดลงอย่างต่อเนื่อง ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าอิทธิพลของความเครียดเนื่องจากความร้อนส่งผลกระทบต่อการค่าประมาณของความแปรปรวนต่างๆ และค่าประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม (Aguilar et al., 2009) ดังนั้นการนำเอาปัจจัยของสภาพอากาศเข้าร่วมในการประเมินพันธุกรรม จะช่วยให้การประเมินพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมร่วมกับความทนทานต่อความเครียดเนื่องจากความร้อนมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น สำหรับสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างอิทธิพลของยีนแบบบวกระยะสม ณ ภาวะปกติกับภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนมีค่าเท่ากับ -0.21 ผลดังกล่าวแสดงถึงโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงจะมีความสามารถทนต่อความเครียดเนื่องจากความร้อนได้น้อยลงดังนั้นหากคัดเลือกโคนมที่มีความสามารถทางพันธุกรรมของการให้ผลผลิตน้ำนมสูงจะส่งผลให้โคนมเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนได้เร็วขึ้นตามไปด้วยซึ่งเสี่ยงต่อการคัดทิ้งหรือโคนมอาจมีอายุการใช้งานสั้นลง (short longevity) (Freitas et al., 2006) อย่างไรก็ตามเนื่องจากค่าสหสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้มีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นโอกาสที่จะคัดเลือกโคนมที่มีความสามารถทางพันธุกรรมของการให้นมที่ดีร่วมกับมีความสามารถทนต่อสภาพอากาศภายใต้ความเครียดเนื่องจากความร้อนจึงมีความเป็นไปได้

Table 2 Deviation value of negative log likelihood ($-2\log L$), and coefficient of determination (R^2) in various temperature humidity index compared to temperature humidity index threshold of heat stress at 75 (THI 75) using random regression test-day model.

Parameter	THI72	THI73	THI74	THI75	THI76	THI77	THI78	THI79	THI80	THI81	THI82
$-2\log L$	477	271	81	0	156	591	1425	2646	3696	4449	4614
R^2	0.45	0.47	0.49	0.50	0.49	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.47

Table 3 Threshold point of heat stress at THI 75, rate of decline of milk production (α), and average yearly losses in milk production last three year (Δy) separated by breed groups.

Breed groups	α (kg)	Average milk losses (kg) Δy		
		2005	2006	2007
<75.0	0.045	63.82	62.52	61.91
75.0 to 87.4	0.024	34.04	33.34	33.02
87.5 to 93.6	-0.002	-2.84	-2.89	-3.04
93.7 to 97.9	-0.021	-29.78	-30.39	-31.89
≥ 98.0	-0.050	-70.91	-72.36	-75.92

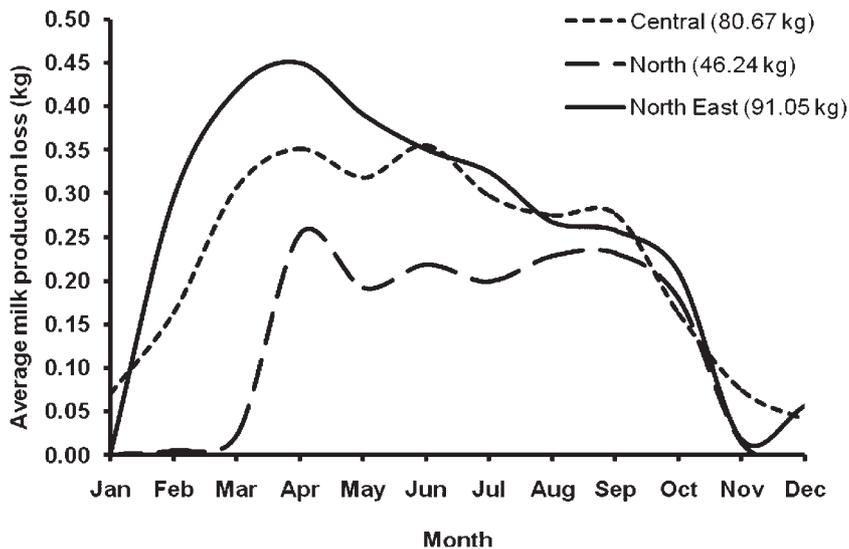


Figure 2 The pattern of average milk production loss throughout a year of $\geq 98\%$ Holstein blood exposed to heat stress at THI 75 separated by region (Central, North, and North East).

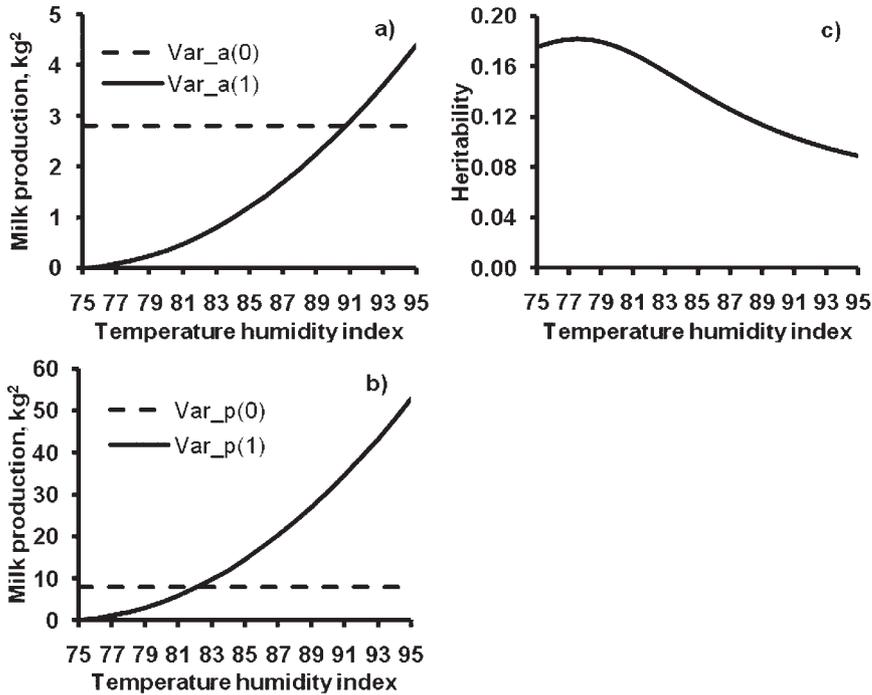


Figure 3 Estimates of additive genetic variance with (Var_a(0)) and without (Var_a(1)) heat stress considered (a), permanent environmental variance with (Var_p(0)) and without (Var_p(1)) heat stress considered (b), and heritability (c) across temperature humidity index (THI) after threshold point at THI 75.

สรุป

อิทธิพลของความเครียดเนื่องจากความร้อนกระทบต่อการลดลงของปริมาณน้ำนมและทำให้เกิดความผันแปรทางพันธุกรรมซึ่งตรวจพบได้เมื่อค่าดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 75 ถือเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนในโคนมลูกผสมไทย-โฮลสไตน์ การลดลงของผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นตามระดับเลือดโฮลสไตน์ โดยมีค่าสูงสุดเมื่อระดับเลือดโฮลสไตน์ ≥ 98.0 เปอร์เซ็นต์ โคนมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการสูญเสียของผลผลิตน้ำนมมากกว่าภูมิภาคอื่นของประเทศไทย อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการคัดเลือกโคนมที่มีความสามารถทางพันธุกรรมการให้ผลผลิตน้ำนมดีพร้อมกับมีความสามารถในการทนต่อความเครียดเนื่องจากความร้อน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักเทคโนโลยีชีวภาพการผลิตปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ และฟาร์มโคนมเอกชนทุกแห่งที่สนับสนุนข้อมูลผลผลิตน้ำนมสำหรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาที่สนับสนุนข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2553. ความรู้อุตุนิยมวิทยา: ภูมิอากาศของประเทศไทย. แหล่งข้อมูล: <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=22>. ค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2553.
 Aguilar, I., I. Misztal, and S. Tsuruta. 2009. Genetic components of heat stress for dairy cattle with multiple lactations. *J. Dairy Sci.* 92: 5702-5711.

- Beatty, D. T., A. Barnes, E. Taylor, D. Pethick, M. McCarthy, and S. K. Maloney. 2006. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *J. Anim. Sci.* 84: 972-985.
- Berman, A. 2008. Increasing heat stress relief produced by coupled coat wetting and forced ventilation. *J. Dairy Sci.* 91: 4571-4578.
- Bianca, W. 1965. Reviews of the progress of dairy science. *J. Dairy Res.* 32: 291-345.
- Bohmanova, J., I. Misztal, S. Tsuruta, H. D. Norman, and T. J. Lawlor. 2005. National genetic evaluation of milk yield for heat tolerance of United States Holsteins. *Interbull Bull.* 33:160-162.
- Bryant, J. R., N. Lopez-Villalobos, J. E. Pryce, C. W. Holmes, D. L. Johnson, and D. J. Garrick. 2007. Environmental sensitivity in New Zealand dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 90: 1538-1547.
- Buaban, S. 2005. Dairy cattle improvement system in Thailand. p.12-24. The experience of dairy industry development in South East Asia, September 14-15, Hanoi.
- Chanvijit, K., M. Duangjinda, V. Pattarajinda, and C. Reodecha. 2005. Model comparison for genetic evaluation of milk yield in crossbred Holsteins in the tropics. *J. Appl. Genet.* 46: 387-393.
- Collier, R. J., G. E. Dahl, and M. J. VanBaale. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89: 1244-1253.
- Freitas, M. S., I. Misztal, J. Bohmanova, and R. Torres. 2006. Regional differences in heat stress in U.S. Holsteins. Commun. No. 01-11 in Proc. 8th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Belo Horizonte.
- Fuquay, J. W. 1981. Heat stress as it affects animal production. *J. Anim. Sci.* 52: 164-174.
- Hahn, G. L. 1981. Housing and management to reduce climatic impacts on livestock. *J. Anim. Sci.* 52: 175-186.
- Kadzere, C. T., M. R. Murphy, N. Silanikove, and E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows; A review. *Livest. Prod. Sci.* 77: 59-91.
- Koatdoke, U. 2008. Comparative study on physiological mechanism and cellular responses related to heat tolerance between *Bos indicus* and *Bos taurus*. Doctor of Philosophy Thesis, Khon Kaen University. Khon Kaen.
- Madalena, F. E., R. L. Teodoro, A. M. Lemos, J. B. N. Monteiro, and R. T. Barbosa. 1990. Evaluation of strategies for crossbreeding of dairy cattle in Brazil. *J. Dairy Sci.* 73: 1887-1901.
- Mader, T. L., S. M. Holt, G. L. Hahn, M. S. Davis, and D. E. Spiers. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80: 2373-2382.
- Marcillac-Embertson, N. M., P. H. Robinson, J. G. Fadel, and F. M. Mitloehner. 2009. Effects of shade and sprinklers on performance, behavior, physiology, and the environment of heifers. *J. Dairy Sci.* 92: 506-517.
- Misztal, I. 1999. Complex models, more data: simpler programming. Proc. Inter. Workshop Comput. Cattle Breed. '99, March 18-20, Tuusula, Finland. *Interbull Bull.* 20: 33-42.
- Mitlohner, F. M., M. L. Galyean, and J. J. McGlone. 2002. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 80: 2043-2050.
- Moore, C. E., J. K. Kay, R. J. Collier, M. J. VanBaale, and L. H. Baumgard. 2005. Effect of supplemental conjugated linoleic acids on heat-stressed Brown Swiss and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 88: 1732-1740.
- Muller, C. J. C., and J. A. Botha. 1994. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa: 2. Physiological responses. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 24: 56-60.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 1976. Livestock hot weather stress. US Dept. Commerce, Natl. Weather Serv. Central Reg., Reg. Operations Manual Lett. C-31-76. US Govt. Printing Office, Washington, DC.
- Ravagnolo, O., and I. Misztal. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *J. Dairy Sci.* 83: 2126-2130.
- Rensis, F. D., and R. J. Scaramuzzi. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow-A review. *Theriogenology.* 60: 1139-1151.
- Reodecha, C. 2002. Genetic evaluation of dairy cattle in Thailand. Commun. No. 01-79 in Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Montpellier.
- St-Pierre, N. R., B. Cobanov, and G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.* 86(E. Suppl.): E52-E77.
- West, J. W., B. G. Mullinix, and J. K. Bernard. 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.