



วารสารสัตวแพทยศาสตร์ มข.

KKU Veterinary Journal

ISSN 0858-2297



RESEARCH ARTICLE

Effect of drinking-water temperature reduction on physiological adaptation and complete blood count in Sap PSU.1 goat under heat stress

Sadayut Saisawat^{1*}, Yupin Phasuk¹, Wachirawit Srisuworanan¹, Supakorn Chanapak²

¹ Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Thailand

² Veterinary technology program, Faculty of science and technology of Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Thailand

*Corresponding author E-mail: sadayut.s@kkumail.com

Received 29 March 2025, Revised 26 August 2025 Accepted 24 October 2025, Published 20 December 2025

Abstract

Objective: This study aimed to examine the effect of drinking-water temperature on physiological changes under heat stress in four non-pregnant Sap PSU.1 breed female goats.

Materials and Methods: The trial lasted two weeks: in week 1 (control), goats received ambient-temperature water ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$), and in week 2 they received cold water ($21\pm 2^{\circ}\text{C}$). Animals were turned out to an outdoor paddock for 6 hours per day. Drinking behavior, respiratory rate, heart rate, pulse rate, rectal temperature, and hematological variables—packed cell volume (PCV), red blood cell count (RBC), white blood cell count (WBC), and neutrophil-to-lymphocyte ratio (N/LR)—were recorded.

Results: Body weight increased over the study. The temperature-humidity index (THI) indicated mild and moderate heat stress, and goats consumed more water in the evening. Providing cold water significantly reduced respiratory rate, heart rate, pulse rate, and rectal temperature during the period of peak heat exposure (14:00–22:00 h). PCV, RBC, and WBC did not differ significantly, whereas the N/L ratio was significantly higher than in the control ($p < 0.0001$).

Conclusion: These findings indicate that providing cold water is an effective approach to alleviating heat stress in Sap PSU.1 female goats, modulating physiological responses without significantly affecting hematological indices.

Keywords: Complete blood count, goat, heat stress, physiological

การลดอุณหภูมิน้ำดื่มต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยาของแพะพันธุ์ทรพี ม.อ.1 ภายใต้ ความเครียดจากร้อน

สดายุทธ สายสวาท¹, ยูพิน ผาสุข¹, วชิรวิทย์ ศรีสุวรรณันท์¹, ศุภกร ชนะภักดี²

¹ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

² โปรแกรมวิชาเทคนิคการสัตวแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ อีเมล: sadayut.s@kkumail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิของน้ำดื่มต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเมื่อเกิดความเครียดจากความร้อนในแพะพันธุ์ทรพี ม.อ.1 จำนวน 4 ตัว ที่ไม่ตั้งท้อง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สัปดาห์ที่ 1 กลุ่มควบคุมได้รับน้ำอุณหภูมิปกติ 26 ± 2 องศาเซลเซียส และสัปดาห์ที่ 2 กลุ่มที่ได้น้ำเย็น 21 ± 2 องศาเซลเซียส แพะถูกปล่อยลงแปลงกลางแจ้ง 6 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยวัดพฤติกรรมการดื่มน้ำ อัตราการหายใจ อัตราการเต้นหัวใจ อัตราชีพจร อุณหภูมิทวารหนัก และค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ได้แก่ ค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (PCV) การนับจำนวนเม็ดเลือดแดง (RBC) การนับจำนวนเม็ดเลือดขาว (WBC) และอัตราส่วนนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (N/LR)

ผลการศึกษา พบว่า แพะมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ค่าดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ (THI) พบความเครียดจากความร้อนระดับเล็กน้อยและปานกลาง แพะดื่มน้ำมากขึ้นช่วงเย็น การให้น้ำเย็นส่งผลให้อัตราการหายใจ อัตราการเต้นหัวใจ อัตราชีพจร และอุณหภูมิทวารหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาได้รับความร้อนสูงสุด (14.00–22.00 น.) ค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด พบว่า PCV, RBC และ WBC ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อัตราส่วนนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซต์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$)

สรุป จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การให้น้ำเย็นเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและช่วยบรรเทาความเครียดจากความร้อนในแพะเพศเมียสายพันธุ์ทรพี ม.อ.1 และมีผลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาโดยไม่ส่งผลต่อค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด, แพะ, ความเครียดจากความร้อน, สรีรวิทยา

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทั่วโลกอย่างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตร้อนที่มีอุณหภูมิสูงเกินความสามารถในการปรับตัวของแพะ ซึ่งเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงด้านอาหารและการพัฒนาเศรษฐกิจในหลายประเทศ (Sejian et al., 2021) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพอากาศที่มีความหลากหลาย แม้ว่าแพะเป็นสัตว์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับภูมิประเทศและภูมิอากาศที่หลากหลายได้ดีกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่น (Gupta et al., 2019) แต่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่รวดเร็วและมีความชื้นมากส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของแพะ (Kojima, 2014; Danso et al., 2024) และประสิทธิภาพในการระบายความร้อนลดลง (Banerjee et al., 2014)

การเลี้ยงแพะในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงจัดในช่วงกลางวันเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดภาวะความเครียดจากความร้อนในสัตว์ โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิสูงเกินค่าที่ร่างกายสามารถปรับตัว ทั้งนี้ ดัชนีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature-Humidity Index; THI) ถือเป็นตัวชี้วัดหลักที่มีผลโดยตรงต่อระดับความเครียดจากความร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของสัตว์ (Silanikove and Koluman, 2015) การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน การเผาผลาญพลังงาน การตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน และพฤติกรรมเคลื่อนที่ การแสวงหาร่มเงา การกินอาหาร รวมไปถึงเพิ่มการพักผ่อน (Façanha et al., 2020; Ferreira et al., 2021) ความเครียดจากความร้อนทำให้แพะกินอาหารน้อยลง น้ำหนักตัวลดลง ระบบเผาผลาญและภูมิคุ้มกันลดลง รวมถึงการสูญเสียสมดุลของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายในเลือด และการเปลี่ยนแปลงการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง (Ferreira et al., 2021; Jadhav et al., 2024)

แพะมีกลไกการปรับตัวทางสรีรวิทยาเพื่อความอยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยสามารถตอบสนองต่อความเครียดผ่านการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติและระบบต่อมไร้ท่อ ส่งผลต่อการทำงานของหัวใจ หลอดเลือด การหายใจ และกระบวนการเผาผลาญพลังงาน (Ribeiro et al., 2018) แพะพันธุ์พื้นเมืองมีความทนทานต่ออากาศร้อนและได้รับผลกระทบน้อยกว่าแพะสายพันธุ์นำเข้า จึงสามารถรักษาประสิทธิภาพด้านการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และความต้านทานโรคได้ดีกว่า อย่างไรก็ตาม เมื่อเผชิญความเครียดจากความร้อน ร่างกายยังต้องกระตุ้นการตอบสนองทางสรีรวิทยาเพื่อ

ปรับตัว (Sejian et al., 2021) คุณลักษณะดังกล่าวทำให้แพะเป็นสัตว์เลี้ยงที่เลี้ยงง่าย ทนทาน ให้ผลผลิตทั้งเนื้อ นม และขน อีกทั้งใช้พื้นที่เลี้ยงน้อยและมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจปศุสัตว์ทั่วโลก แต่ในปัจจุบันแพะกลับเผชิญปัญหาความเครียดจากความร้อนจากอุณหภูมิสูงซึ่งเกิดจากปัญหาของภาวะโลกร้อน

แพะพันธุ์ทรอปิคอล.1 ที่เกิดจากการนำแพะพันธุ์แองโกลนูเบียนมาผสมข้ามกับแพะพันธุ์พื้นเมืองภาคใต้ของคณะทรัพยากรธรรมชาติ ม.อ. ถูกนำมาเลี้ยงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ต้องเผชิญกับปัญหาอุณหภูมิแวดล้อมที่สูงขึ้นและสภาพอากาศที่ร้อนจัด ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและการเจริญเติบโตของแพะ อาทิเช่น ผลผลิตลดลง การเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคต่าง ๆ และส่งผลต่อการปรับตัว จากงานวิจัยที่ผ่านมาสามารถใช้กลยุทธ์ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและน้ำ เช่น การจัดร่มเงา การทำความเย็นแบบระเหย การระบายอากาศ การปรับอากาศ การทำความเย็นแบบแบ่งโซน และการทำความเย็นแบบนำไฟฟ้า เพื่อลดความเครียดจากความร้อนในโคนมที่เลี้ยงในเขตร้อน (Wonghhor et al., 2019) เพื่อเป็นแนวทางลดอุณหภูมิร่างกายแพะเพื่อลดความเครียดจากความร้อน ส่งเสริมสุขภาพ ผลผลิตคุณภาพ และความยั่งยืนของการเลี้ยงแพะไทยภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิของน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเมื่อเกิดความเครียดจากความร้อนในแพะพันธุ์ทรอปิคอล.1 ด้านการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิร่างกาย อัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราชีพจร และการวิเคราะห์ค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete Blood Count; CBC) ประกอบด้วย การวิเคราะห์หาค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Pack cell volume: PCV หรือ ค่า Hematocrit) การนับจำนวนเม็ดเลือดแดง (Erythrocyte or total red blood cell count; RBC) การนับจำนวนเม็ดเลือดขาว (Leucocyte or total white blood cell count; WBC) และอัตราส่วนนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซต์ เพื่อพัฒนาวิธีการจัดการและลดผลกระทบของความเครียดจากความร้อนในแพะให้เหมาะสม ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตและสุขภาพของแพะ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

สัตว์ทดลอง สถานที่ และการจัดการ

การศึกษานี้ทำการคัดเลือกแพะเพศเมียพันธุ์ทรอปิคอล.1 จำนวน 4 ตัว อายุ 23-ปี น้ำหนักเฉลี่ย 20 กิโลกรัมขึ้นไป มีระดับคะแนนร่างกาย (Body condition scores: BCS) ระหว่าง 2.50-3- ตามวิธีการของ Villaquiran et al. (2004) ณ หมดแพะแกะ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น แพะทั้งหมด

ได้รับการตรวจเช็คสุขภาพ ซีดัวคขึ้นโรคปากเท้าเปื่อยชนิดไทป์ ไอ โดยการฉีดเข้าใต้ผิวหนัง ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อตัว ตามวิธีการของสำนักเทคโนโลยีชีวภัณฑ์สัตว์ (2558) และให้ยาถ่ายพยาธิตามโปรแกรมโดยใช้ยาไอเวอร์เมกติน (Ivermectin) ฉีดเข้าใต้ผิวหนัง ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อตัว ตามวิธีการของ Hobby Farms (2021) ทำการบันทึกน้ำหนักตัวของแพะโดยชั่งน้ำหนักแพะเริ่มต้นก่อนเริ่มการทดลอง เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแพะในแต่ละกลุ่มทดลอง แพะได้รับน้ำตลอดเวลาและให้อาหารตามความต้องการโดยให้หญ้าเนเปียร์สดวันละ 3 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และอาหารข้นสำหรับแพะมีวัตถุดิบดังนี้ มันเส้น 47% รำอ่อน 20% ข้าวโพด 12% กากปาล์ม 10% กากถั่วเหลือง 7.5% วิตามินเค 0.25% เกลือ 0.25% ไคแคลเซียม 1.5% และยูเรีย 1.5% จนถึงสิ้นสุดการทดลอง แพะทุกตัวเลี้ยงในโรงเรือนเปิดโดยแบ่งคอกละ 4 ตัว บริเวณโรงเรือนมีแสงแดดส่องถึงและแปลงหญ้าไม่มีร่มเงา งานวิจัยนี้ได้รับอนุญาตดำเนินการทางจรรยาบรรณสัตว์ทดลองและการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ IACUC-KKU-3968/

การดำเนินการทดลอง

แพะเพศเมียสายพันธุ์ทรอปี้ มอ.1 ที่ไม่ตั้งท้อง จำนวน 4 ตัว มีระยะปรับตัว 7 วัน และระยะทดลอง 14 วัน โดยทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ อัตราการหายใจ (ครั้ง/นาที) อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที) อัตราชีพจร (ครั้ง/นาที) อุณหภูมิทวารหนัก (องศาเซลเซียส) และค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete Blood Count; CBC) ประกอบด้วย การวิเคราะห์หาค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Pack cell volume: PCV หรือ ค่า Hematocrit) การนับจำนวนเม็ดเลือดแดง (Erythrocyte or total red blood cell count; RBC) การนับจำนวนเม็ดเลือดขาว (Leucocyte or total white blood cell count; WBC) และอัตราส่วนนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (Differential count) โดยแพะทั้ง 4 ตัวถูกปล่อยลงแปลงกลางแจ้งโดยได้รับความร้อน 6 ชั่วโมง (08.00-14.00) 2 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สัปดาห์ที่ 1 กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำอุณหภูมิปกติ 26±2 องศาเซลเซียส และสัปดาห์ที่ 2 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ได้รับน้ำเย็นอุณหภูมิ 21±2 องศาเซลเซียส จากการเติมน้ำแข็ง โดยใช้เวลาในการทดลอง 2 สัปดาห์ ในเดือนกุมภาพันธ์ 2568

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวัดและบันทึกอุณหภูมิแวดล้อม

การวัดและบันทึกอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมใช้เครื่องวัดอุณหภูมิรุ่น GSP Temperature and Humidity Data Logger

GSP-6 ผลิตโดย Elitech Technology, Inc. USA เป็นอุปกรณ์เพื่อบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในสิ่งแวดล้อม โดยบันทึกค่าของอุณหภูมิและความชื้นได้ในเวลาที่กำหนด ตั้งค่าช่วงเวลาบันทึก (Logging Interval) ทุก 1 นาที แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นแบบเรียลไทม์และรองรับการส่งข้อมูลในรูปแบบ CSV หรือ PDF เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล ติดตั้งไว้กลางแจ้งเมื่อปล่อยแพะลงแปลงและบนโรงเรือนหลังจากนำแพะขึ้นโรงเรือน โดยใช้สูตรคำนวณดัชนีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระบบการเลี้ยงปศุสัตว์ Thom. (1959) ดังนี้ $THI = 0.8 \times T + ((RH/100) \times (T - 14.3)) + 46.4$ โดย T (Temperature) คือ การวัดอุณหภูมิของอากาศที่แสดงถึงระดับความร้อน และ RH (Relative humidity) คือ ความชื้น โดยระดับของความเครียดของแพะพิจารณาจากค่า THI อยู่ในระดับที่ต่างกัน ดังนี้ ค่า $THI \leq 72$ รู้สึกสบายตัว ค่า $THI \geq 73-74$ เครียดจากความร้อนเล็กน้อย ค่า $THI \geq 75-78$ เครียดจากความร้อนปานกลาง ค่า $THI \geq 79$ เครียดจากความร้อนรุนแรง (Aleena et al., 2018)

การตอบสนองทางสรีรวิทยา

ทำการการบันทึกค่าทางสรีรวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิทวารหนัก อัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราชีพจร เวลา 08.00 น., 14.00 น., 16.00 น., 18.00 น., 20.00 น., 22.00 น. และ 00.00 น. อุณหภูมิทวารหนักของแพะแต่ละตัววัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล โดยสอดปลายเทอร์โมมิเตอร์เข้าไปในทวารหนักของแพะประมาณ 2-3 เซนติเมตร ประมาณ 30 วินาที ถึง 1 นาที ตามวิธีการของ Pugh and Baird. (2012) อัตราการหายใจ (ครั้งต่อนาที) โดยสังเกตการเคลื่อนไหวของช่องอกและท้องด้วยสายตาตามวิธีการของ Wu et al. (2020) อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที) โดยใช้ Stethoscope จากการฟังเสียงจังหวะของหัวใจ 2 ครั้ง ตามวิธีการของ Mirabad et al. (2017) และนับอัตราชีพจร (ครั้งต่อนาที) โดยการนับชีพจรแพะตำแหน่งหลอดเลือดแดง (Coccygeal Artery) คลำใต้กึ่งกลางโคนหางตามวิธีการของ Pugh and Baird. (2012)

การเก็บตัวอย่างเลือด

การเก็บตัวอย่างเลือดที่บริเวณหลอดเลือดดำใหญ่ (Jugular vein) ทำการเก็บตัวอย่างเลือดปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดป้องกันการแข็งตัวของเลือด (Ethylene Diamine Tetraacetic Acid; EDTA) จำนวน 3 ครั้ง ณ เวลา 08.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น. ในสัปดาห์ที่ 1 วันที่ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ที่ 2 วันที่ 11, 13 และ 15 กุมภาพันธ์ 2568 นำมาตรวจค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (CBC) ได้แก่ การวิเคราะห์หาค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (PCV%) ด้วยวิธี Microhematocrit method โดยใช้

เครื่อง Hematocrit Centrifuge DM1424^{©2025} ผลิตโดย Daigger Scientific Inc. and its affiliates การนับจำนวนเม็ดเลือดแดง (RBC) และการนับจำนวนเม็ดเลือดขาว (WBC) ด้วยวิธี Manual method Hemocytometer ตามวิธีการของ Thrall et al. (2012) แยกชนิดเม็ดเลือดขาว (Differential count) โดยวิธีการ Thin Blood smear ตามวิธีการของ Techangamsuwan and Pirarat. (2013)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดจากการศึกษาวิจัยได้รับการวิเคราะห์ด้วยความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบการวัดซ้ำ (Repeated measure) เพื่อประเมินผลกระทบของความเครียดจากความร้อน โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวแปรระหว่างกลุ่มทดลอง และช่วงเวลาก่อนและหลังได้รับความร้อน 2 สัปดาห์วิเคราะห์ผลค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิทวารหนัก อัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราชีพจร และค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดที่เกิดจากอิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

น้ำหนักตัวแพะ

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (Body Weight, BW) ของแพะทั้ง 2 สัปดาห์ ก่อนเริ่มการทดลองแพะแต่ละตัวมีน้ำหนักตัวเริ่มต้นค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 20.6 ถึง 22.2 กิโลกรัม และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 21.17 ± 0.36 กิโลกรัม ผลจากการศึกษา พบว่าน้ำหนักตัวของแพะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สัปดาห์ที่ 1 น้ำหนักตัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 21.78 ± 0.38 กิโลกรัม และเพิ่มขึ้นอีก 22.38 ± 0.38 กิโลกรัมในสัปดาห์ที่ 2 โดยช่วงเวลามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) (Table 1)

อุณหภูมิและความชื้น

สัปดาห์ที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ย 24.03 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ย 59.71% และค่าดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ โดยเฉลี่ยระหว่างการได้รับความเครียดจากความร้อน คือ 71.31% และสัปดาห์ที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ย 25.20 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ย 58.83% และค่าดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยระหว่างการได้รับความเครียดจากความร้อน คือ 72.83% (Fig. 1)

ดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์และความเครียดจากความร้อน

ดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ (THI) ตลอด 2 สัปดาห์ ทำให้แพะเผชิญความเครียดจากความร้อนในบางช่วงเวลา โดยเวลาในแต่ละวันมีผลต่อค่า THI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.0001$) ช่วงเวลา 14.00 มีความเครียดจากความร้อนสูงที่สุด โดยมีค่า THI ทั้งในสัปดาห์ที่ 1 (75.53%) และสัปดาห์ที่ 2 (76.72%) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เครียดจากความร้อนระดับปานกลาง และยังส่งผลให้เกิดความเครียดต่อเนื่องเวลา 16.00 และ 18.00 ทั้งในสัปดาห์ที่ 1 (73.91%) และ (73.21%) สัปดาห์ที่ 2 (75.46%) และ (76.40%) ช่วงเวลา 20.00 สัปดาห์ที่ 1 อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ทำให้แพะรู้สึกสบาย (71.89%) ขณะที่สัปดาห์ที่ 2 ยังคงอยู่ในระดับความเครียดเล็กน้อย (73.48%) ส่วนช่วง 08.00, 22.00 และ 00.00 ไม่พบความเครียดจากความร้อน โดยค่า THI อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ความเครียดทั้งสัปดาห์ที่ 1 (67.63%), (69.69%) และ (67.95%) สัปดาห์ที่ 2 (68.84%), (71.70%) และ (69.42%) จากการศึกษา ไม่พบภาวะเครียดรุนแรงมาก ($THI \geq 80$) ในทุกช่วงเวลา ขณะที่สัปดาห์ที่ 2 มีแนวโน้มค่า THI สูงกว่าสัปดาห์ที่ 1 เล็กน้อยในเกือบทุกช่วงเวลา ทำให้ระยะเวลาที่อยู่ในภาวะเครียดระดับปานกลางและระดับเล็กน้อย โดยเฉพาะในช่วง 14.00-18.00 ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้เกิดความเครียดจากความร้อนทั้งสองสัปดาห์ (Fig. 2)

ค่า THI สูงสุดในช่วง 14.00-18.00 และลดลงในเวลา กลางคืนถึงเช้า สอดคล้องกับการรายงานว่าการสะสมความร้อนสูงขึ้นเมื่อมีรังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงสุดในช่วงบ่าย (Silanikove, 2000; Marai et al., 2007) ผลจากการศึกษา สอดคล้องกับเกณฑ์ ค่า THI ของ Aleena et al. (2018) ที่อยู่ในช่วงของ ค่า $THI \geq 73-74$ เครียดจากความร้อนเล็กน้อย และ ค่า $THI \geq 75-78$ เครียดจากความร้อนปานกลาง ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ อัตราการเต้นหัวใจ อัตราชีพจร และอุณหภูมิทวารหนัก (Silanikove, 2000; Marai et al., 2007; Berihulay et al., 2019) ซึ่งเกิดจากความร้อนสะสมและการระบายความร้อนต่ำ จากการรายงานในสัตว์เคี้ยวเอื้องเขตร้อน หากอุณหภูมิในช่วงกลางวันไม่ลดลง ร่างกายสัตว์จะไม่สามารถระบายความร้อนส่วนเกินได้อย่างเพียงพอ ส่งผลให้โอกาสในการฟื้นฟูสมดุลระหว่างความร้อนและการเผาผลาญลดลง เกิดการสะสมความเครียดจากความร้อนต่อเนื่อง (Marai et al., 2007)

ปริมาณน้ำที่แพะดื่ม

จากการศึกษาเมื่อแพะได้รับความร้อนเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ในสัปดาห์ที่ 1 ช่วง อุณหภูมิเฉลี่ย 24.13 องศาเซลเซียส

Table 1. Weekly changes in the body weight (kg) of goats.

Variable	Number goats				Mean ± SE	P-value
	6064	6083	6099	6909		
Initial BW (kg)	20.60	20.51	21.37	22.20	21.17 ± 0.36 ^a	<0.0001
Week 1 BW (kg)	21.25	21.12	21.92	22.82	21.78 ± 0.38 ^b	
Week 2 BW (kg)	21.84	21.73	22.54	23.42	22.38 ± 0.38 ^c	

Data are shown as Mean ± SE. Means in the same column with different superscripts are significantly different (p < 0.0001). BW; Body weight (kg)

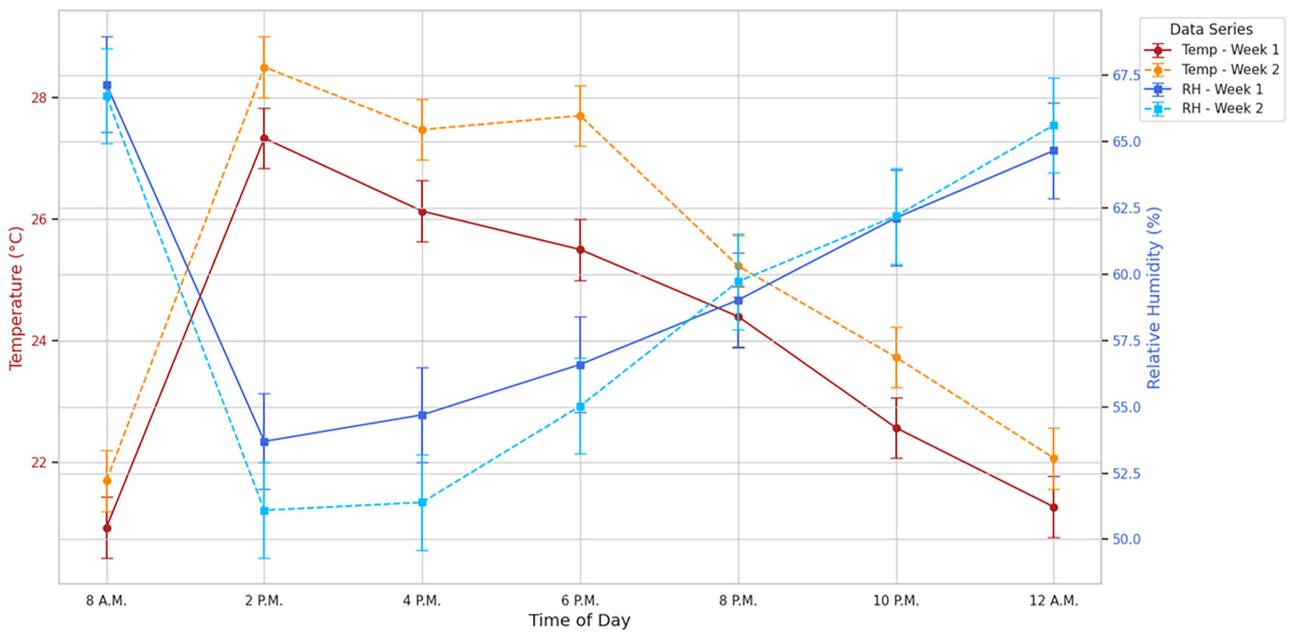


Fig. 1. Temperature and Relative humidity over time: Week 1 vs. Week 2. Temp; Temperature, RH; Relative Humidity

ทำให้แพะมีพฤติกรรมการดื่มน้ำน้อย แพะหมายเลข 6064 6083 6099 และ 6909 ดื่มน้ำ 0.67, 0.53, 0.67 และ 0.70 ลิตร ตามลำดับ และสัปดาห์ที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ย 25.07 องศาเซลเซียส ดื่มน้ำ 0.67, 0.53, 0.67 และ 0.70 ลิตร ตามลำดับ

ปริมาณการดื่มน้ำต่อวันในสัปดาห์ที่ 1 เฉลี่ย 2.38 ลิตร ต่อวัน และในสัปดาห์ที่ 2 เฉลี่ย 2.29 ลิตรต่อวัน การดื่มน้ำของแพะในแต่ละวัน พบว่าการดื่มน้ำในช่วงเช้าและบ่ายมีปริมาณเล็กน้อย ตั้งแต่ 08.00-14.00 ช่วงเวลาที่แพะได้รับความร้อน ปริมาณการดื่มน้ำเฉลี่ย 0.64 ± 0.07 ลิตร (26.9%) และ 0.69 ± 0.08 ลิตร (30.1%) และดื่มน้ำมากในช่วงเย็น 16.00-08.00

ปริมาณการดื่มน้ำเฉลี่ย 1.25 ± 0.08 ลิตร (52.5%) และ 1.36 ± 0.09 ลิตร (59.4%) ช่วงเวลา 14.00-16.00 ในสัปดาห์ที่ 1 กลุ่มที่ได้รับน้ำอุณหภูมิปกติ ปริมาณการดื่มน้ำเฉลี่ย 0.49 ± 0.07 ลิตร (20.6%) และในสัปดาห์ที่ 2 กลุ่มที่ได้รับน้ำเย็น ปริมาณการดื่มน้ำเฉลี่ย 0.24 ± 0.07 ลิตร (10.5%) อย่างไรก็ตาม ในแต่ละสัปดาห์ ไม่มีผลต่อการดื่มน้ำ (p = 0.3680) การกินน้ำของแพะทั้งสองสัปดาห์ไม่แตกต่างกัน และช่วงเวลา (Time) ส่งผลต่อปริมาณการดื่มน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.0001) แม้ค่าเฉลี่ยปริมาณการดื่มน้ำของแพะระหว่างสัปดาห์จะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสัปดาห์และช่วงเวลา (Week × Time interac-

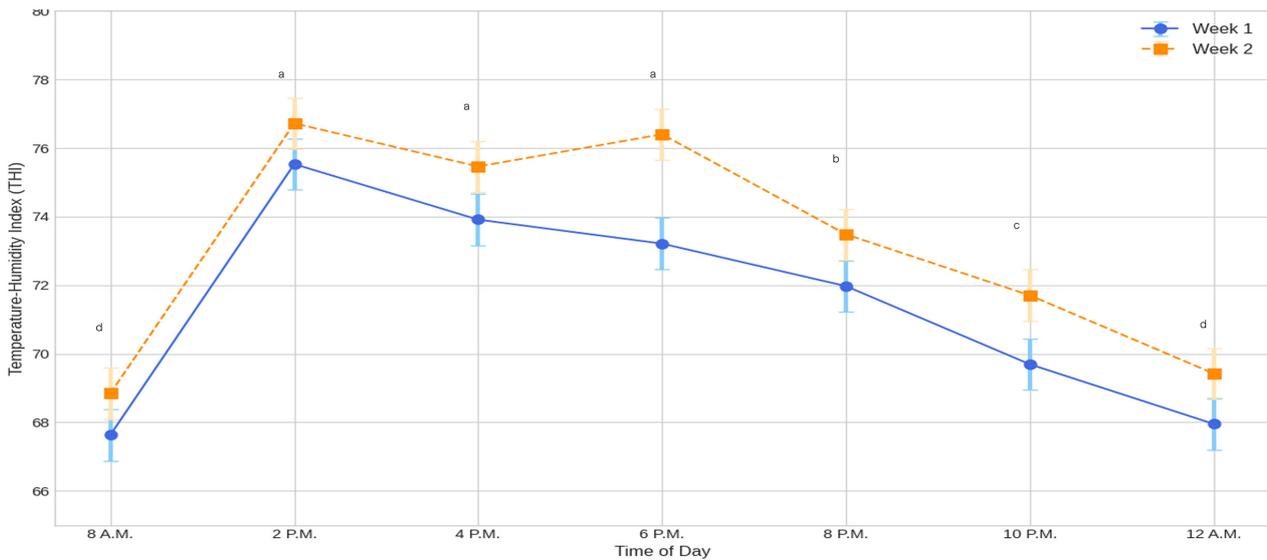


Fig. 2. Temperature Humidity Index (THI%) and Heat stress in goats. Letters with different superscripts are significantly different ($p < 0.0001$)

tion) อย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.0005$) แสดงว่าการดื่มน้ำของแพะเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาในลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างสัปดาห์ (Fig. 3) สาเหตุที่ทำให้การดื่มน้ำไม่เหมือนกันอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อมรายสัปดาห์ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการสะสมความร้อน (Heat load) ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความต้องการน้ำของแพะ โดยทั่วไปแพะมักจะมีการดื่มน้ำเพิ่มขึ้นในช่วงที่อุณหภูมิสูงและมีความเครียดจากความร้อน (Marai et al., 2007) ดังนั้น แม้ว่าสัปดาห์ที่หนึ่งและสัปดาห์ที่สองจะมีปริมาณน้ำที่ดื่มใกล้เคียงกัน แต่ความแตกต่างของรูปแบบการดื่มน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา สะท้อนว่าแพะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในแต่ละสัปดาห์ไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมในแต่ละสัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mader et al. (2006) ที่กล่าวว่า สัตว์ในเขตร้อนมักมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการดื่มน้ำตามการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศระหว่างวันและระหว่างสัปดาห์

ในช่วงที่อุณหภูมิลดต่ำลง แพะจะดื่มน้ำน้อยลงเนื่องจากความต้องการน้ำและทดแทนการสูญเสียไอน้ำลดลง ระบบสมดุลของเหลวในร่างกายยังคงปกติ จึงทำให้แพะดื่มน้ำน้อยลงกว่าช่วงที่อากาศร้อน (Olsson and Hydbring, 1996) และเมื่อแพะได้รับน้ำอุณหภูมิปกติ 26 ± 2 องศาเซลเซียส และน้ำเย็นอุณหภูมิ 21 ± 2 องศาเซลเซียส แพะเลือกดื่มน้ำอุณหภูมิปกติมากกว่าน้ำเย็น เนื่องจากแพะเลือกดื่มน้ำที่อุ่นและมีอุณหภูมิที่

ใกล้เคียงกับร่างกายมากกว่า (Cooper et al., 1991) เช่นเดียวกับในแกะที่มีพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงการดื่มน้ำเย็น การดื่มน้ำเย็นในช่วงที่มีการสะสมความร้อนในร่างกายทำให้เกิดอาการไม่สบายตัวและกระตุ้นให้เกิดความเครียดเพิ่มขึ้น (Savage et al. 2008) แม้ว่าอุณหภูมิน้ำในกลุ่มน้ำเย็นจะอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับอุณหภูมิแวดล้อม แต่แพะตอบสนองต่อน้ำดื่มที่เย็นกว่าระดับอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายประมาณ 38–39 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วยลดการสะสมความร้อนภายในร่างกาย ลดความต้องการระบายความร้อนผ่านการหายใจ อุณหภูมิทวารหนักต่ำลง และช่วยลดสมดุลน้ำในร่างกายทำให้ลดความเครียดจากความร้อนได้ (Dunshea et al., 2013; Shilja et al., 2016)

ผลของการตอบสนองทางสรีรวิทยา

การตอบสนองทางสรีรวิทยาเป็นกลไกสำคัญที่สัตว์ใช้ในการปรับสมดุลความร้อนภายในร่างกาย เมื่ออุณหภูมิร่างกายเพิ่มสูงขึ้น สัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กจะเกิดความเครียดจากความร้อน ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับอุณหภูมิของร่างกายได้ (Čukić et al., 2023) เนื่องจากความร้อนที่ได้รับรวมถึงความร้อนจากการเผาผลาญภายในร่างกาย การแผ่รังสี และการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย (Mili and Chutia, 2021) การเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดทางสรีรวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิทวารหนัก อัตราการหายใจ อัตราการเต้นหัวใจ อัตราชีพจร และอุณหภูมิผิวที่สามารถสะท้อนถึงระดับความเครียดจากความร้อนในสัตว์ได้ (Fig. 4)

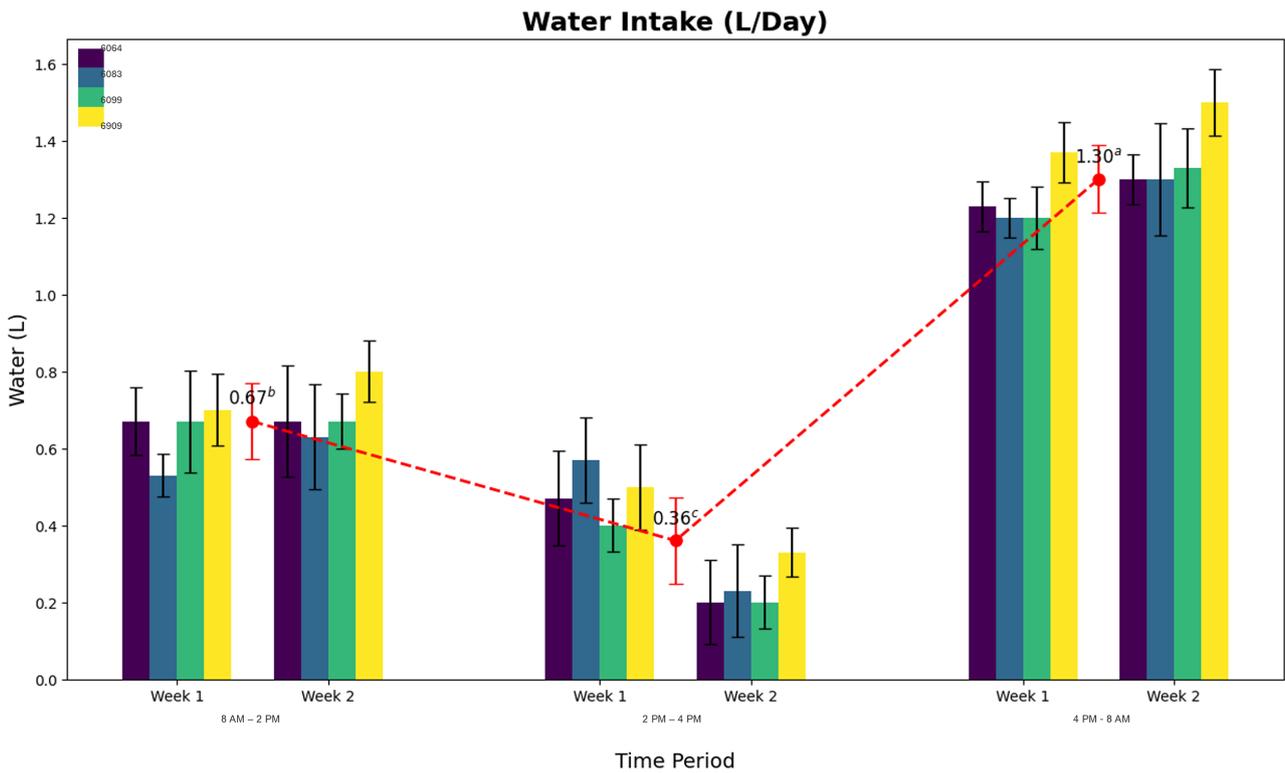


Fig. 3. Water Intake of Goats during Two Experimental Weeks.

อัตราการหายใจ (RR) ของแพะในสัปดาห์ที่ 1 กลุ่มควบคุม และสัปดาห์ที่ 2 กลุ่มได้รับน้ำเย็น ที่เวลา 08.00 น. ไม่แตกต่างกัน (24.58 เทียบกับ 23.50 ครั้งต่อนาที) เช่นเดียวกับเวลา 14.00 น. ที่แม้อัตราการหายใจของกลุ่มควบคุมสูงขึ้นเมื่อได้รับความร้อน (115.58 เทียบกับ 105.33 ครั้งต่อนาที) แต่ยังไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม อัตราการหายใจของแพะในสัปดาห์ที่ 1 สูงกว่าสัปดาห์ที่ 2 ตั้งแต่เวลา 16.00-22.00 น. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 64.08 เทียบกับ 54.17 ครั้งต่อนาที ($p = 0.0005$) 18.00 น. 49.42 เทียบกับ 38.08 ครั้งต่อนาที ($p = 0.0006$) 20.00 น. 40.08 เทียบกับ 28.58 ครั้งต่อนาที ($p < 0.0001$) และ 22.00 น. 30.83 เทียบกับ 27.00 ครั้งต่อนาที ($p = 0.0028$) ขณะที่เวลา 00.00 น. ไม่พบความแตกต่างระหว่าง 2 สัปดาห์ อีกทั้งยังพบผลของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) รวมถึงผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการและเวลา ส่งผลให้อัตราการหายใจมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ($p = 0.0004$) สอดคล้องกับการศึกษาของ (Gupta et al., 2013; Salama et al., 2014) อัตราการหายใจของแพะเพิ่มขึ้นเมื่อแพะที่ได้รับความร้อนนานถึง 6 ชั่วโมง ทำให้เกิดการสะสมความร้อนและอุณหภูมิร่างกายสูง สัตว์มีการปรับตัวโดยเพิ่มอัตราการ

หายใจถี่ เพื่อระบายความร้อน (Bhateshwar and Datt, 2023)

อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ในสัปดาห์ที่ 2 ลดลงเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 1 ที่เวลา 14.00 น. (131.67 เทียบกับ 148.33 ครั้งต่อนาที) 16.00 น. (72.08 เทียบกับ 94.25 ครั้งต่อนาที) ($p < 0.0001$) 18.00 น. (57.42 เทียบกับ 76.92 ครั้งต่อนาที) ($p = 0.0007$) และ 20.00 น. (57.58 เทียบกับ 71.25 ครั้งต่อนาที) ($p = 0.0050$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เวลา 08.00 น., 22.00 น. และ 00.00 น. ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อีกทั้งยังพบผลของช่วงเวลาและปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการและเวลา เมื่อแพะได้รับน้ำเย็นพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเร็วกว่ากลุ่มควบคุมในทุกช่วงเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.0001$) สอดคล้องกับการรายงานของ Attia (2016) ที่ระบุว่าระดับความเครียดจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการเต้นของหัวใจและการหายใจสูงขึ้น ขณะที่ Sejian et al. (2017) รายงานว่า การให้น้ำเย็นหรือน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าร่างกายช่วยลดภาระการสูดเลือดเพื่อระบายความร้อน ส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง

อัตราชีพจร (PR) ระหว่างสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 2 พบว่า ที่เวลา 08.00 น. อัตราชีพจรของแพะไม่มีความแตกต่างกัน

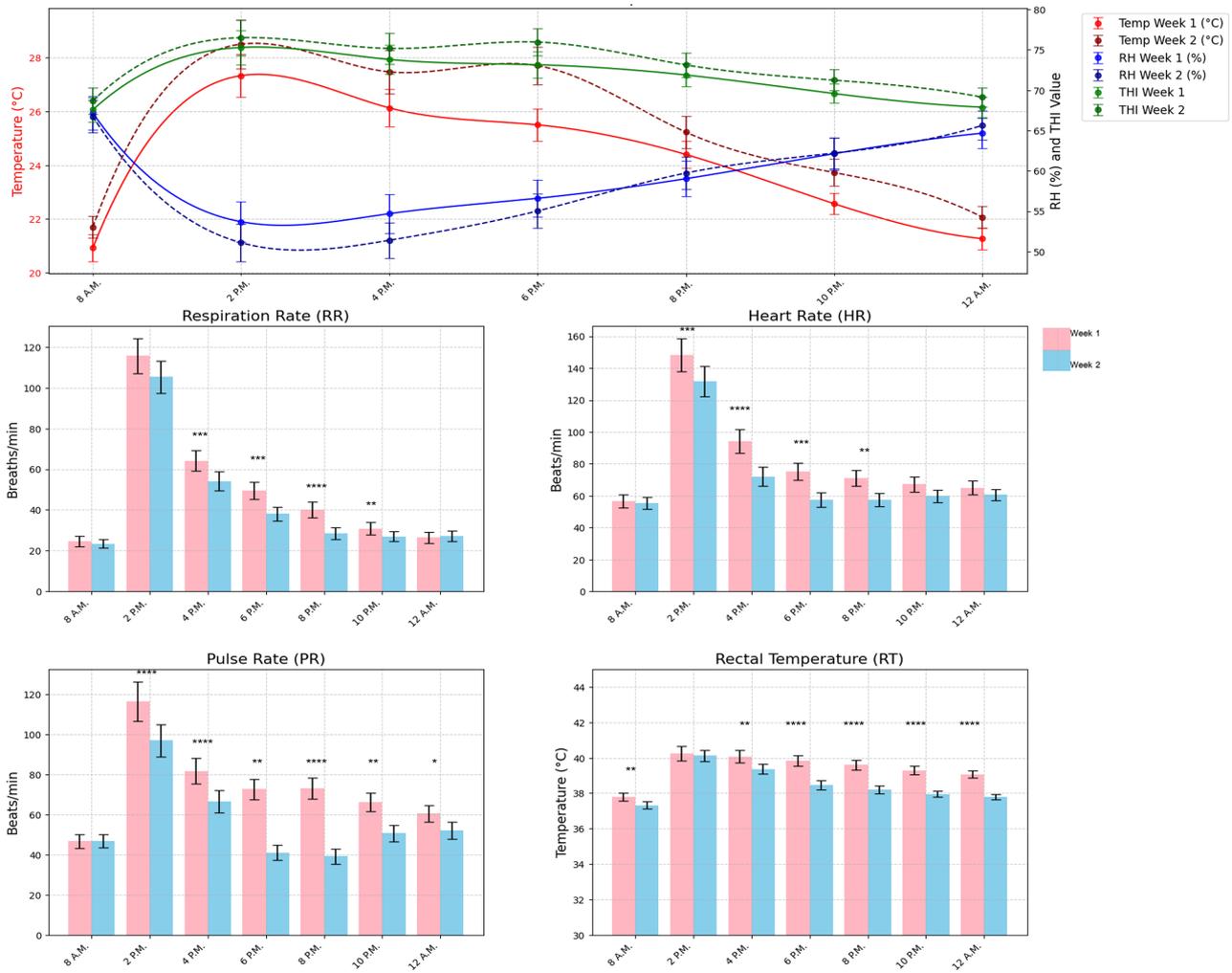


Fig. 4. Physiological response: Respiratory rate, Heart rate, Pulse rate and Rectal Temperature.

Data are shown as Means in the asterisk bar graph with different superscripts are significantly different.

ตั้งแต่วเวลา 14:00-00:00 น. พบว่า แพะที่ได้รับน้ำเย็นมีอัตราชีพจรลดลง โดยในช่วงเวลา 14:00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่สัตว์ได้รับความร้อนสูงสุด พบว่าอัตราชีพจรในสัปดาห์ที่ 1 เฉลี่ย 116.33 ครั้งต่อนาที และสัปดาห์ที่ 2 เฉลี่ย 96.92 ครั้งต่อนาที แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.0001$) หลังจากได้รับน้ำเย็นอัตราชีพจรลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะเวลา 16.00 น. (66.50 ครั้งต่อนาที) ($p < 0.0001$), 18:00 น. (41.08 ครั้งต่อนาที) ($p = 0.0019$), และ 20:00 น. (39.17 ครั้งต่อนาที) ($p < 0.0001$) ทั้งนี้ผลของช่วงเวลาและปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการและเวลาแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) แสดงให้เห็นว่าอัตราชีพจรของกลุ่มที่ได้รับน้ำเย็นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นอัตราการเต้นของชีพจรเกิดการเปลี่ยนแปลง (Phulia et al. 2010) สอดคล้องกับการรายงานของ

Gupta and Mondal. (2019) และ Shilja et al. (2016) และ Sejian et al. (2017) การเพิ่มขึ้นของอัตราชีพจรเกิดขึ้นพร้อมกับอัตราการหายใจที่สูงขึ้น เมื่อเผชิญกับความเครียดจากความร้อนแพะจะตอบสนองโดยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดไปยังผิวหนังเพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกาย กลไกดังกล่าวทำให้อัตราชีพจรเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความรุนแรงของความร้อนและจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อสภาวะร่างกายกลับเข้าสู่สมดุลทางสรีรวิทยา ซึ่งเป็นลักษณะการปรับตัวที่พบได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

อุณหภูมิร่างกายของแพะทั้ง 2 สัปดาห์เพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 14.00 น. โดยกลุ่มควบคุมมีค่า 40.26 องศาเซลเซียสขณะที่กลุ่มที่ได้รับน้ำเย็นมีค่า 40.12 องศาเซลเซียส หลังการให้น้ำอุณหภูมิทวารหนักลดลง ในสัปดาห์ที่ 1 ค่าอุณหภูมิช่วงเวลา 16:00-00:00 น. อยู่ที่ 40.08, 39.84, 39.61, 39.30 และ 39.07

องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 2 อยู่ที่ 39.37, 38.46, 38.19, และ 37.78 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำและช่วงเวลาในแต่ละวันมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออุณหภูมิทวารหนัก นอกจากนี้ยังพบ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) แสดงว่า ผลของอุณหภูมิน้ำต่ออุณหภูมิทวารหนักขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของวัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมีผลมากในช่วงเวลาที่สัตว์เผชิญกับความเครียดจากความร้อนสูง อุณหภูมิทวารหนักเป็นตัวชี้วัดความรุนแรงของความเครียดจากความร้อน เนื่องจากอุณหภูมิแกนกายสูงขึ้นเมื่อเผชิญกับภาวะความร้อนสะสม (Gupta and Mondal, 2019; Phulia et al., 2010; Okoruwa, 2014; Wang et al., 2016) โดยปกติอุณหภูมิทวารหนักของแพะอยู่ระหว่าง 38.8–39.9 องศาเซลเซียส (Noach and Handayani, 2019)

ค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด

การตรวจค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดเป็นการตรวจนับเซลล์เม็ดเลือดพื้นฐาน เพื่อประเมินสุขภาพ ตรวจปริมาณคุณภาพของเซลล์เม็ดเลือด และตรวจหาความผิดปกติของร่างกาย เช่น โรค ระบบเผาผลาญ ความเสียหายของอวัยวะ และความเครียด (Kubkomawa et al., 2015; Saxena and Srivastava, 2021)

ค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดในแพะที่ได้รับความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับน้ำเย็น พบว่า ปริมาตรเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่น (PCV) ทั้ง 2 สัปดาห์มีแนวโน้มลดลง โดยกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 15.92% ลดลงเป็น 14.41% ในกลุ่มที่ได้รับน้ำเย็นมีค่าเฉลี่ย 14.25% ลดลงเป็น 13.83% ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวนเม็ดเลือดแดง (RBC) พบว่า กลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 8.11 ล้านเซลล์ต่อไมโครลิตร เป็น 8.41 ล้านเซลล์ต่อไมโครลิตร ขณะที่กลุ่มที่ได้รับน้ำเย็นเพิ่มขึ้นจาก 7.48 ล้านเซลล์ต่อไมโครลิตร และเพิ่มขึ้น 9.11 และลดลง 7.7 ล้านเซลล์ต่อไมโครลิตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของจำนวนเม็ดเลือดแดงสามารถเกิดขึ้นชั่วคราวจากอัตราการหายใจที่สูงขึ้น กระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงในระยะสั้น (Jackson, 2013) อย่างไรก็ตาม ความเครียดจากความร้อนส่งผลต่อกลไกการควบคุมของร่างกายแพะ ทำให้การสร้างเม็ดเลือดแดงลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงเพิ่มอัตราการหายใจ ส่งผลให้จำนวนเม็ดเลือดแดงที่ไหลเวียนและค่า PCV ลดลง (Sivakumar et al., 2010; Kumar et al., 2011) นอกจากนี้ ภาวะความร้อนยังทำให้ปริมาตรพลาสมาเพิ่มขึ้น (Hemodilution) เพื่อช่วยระบายความร้อน ส่งผลให้ค่า RBC และ PCV ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Silanikove,

2000; Habeeb et al., 2018) จำนวนเม็ดเลือดขาว (WBC) ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 3.21–3.67 เซลล์ต่อไมโครลิตร ขณะที่กลุ่มที่ได้รับน้ำเย็นอยู่ระหว่าง 2.78–3.22 เซลล์ต่อไมโครลิตร แม้ว่ากลุ่มควบคุมจะมีค่า WBC สูงกว่าเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าความเครียดจากความร้อนกระตุ้นการเพิ่มจำนวน WBC เป็นกลไกป้องกันตามธรรมชาติของร่างกายเนื่องจากแพะที่ได้รับความร้อนสะสมจะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานเพื่อป้องกันการอักเสบ (Alam et al., 2011) อัตราส่วนนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (N/LR) ในกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นจาก 0.51 เป็น 0.98 และลดลง 0.75 ขณะที่กลุ่มที่ได้รับน้ำเย็นเพิ่มจาก 0.89 เป็น 1.43 และลดลง 1.13 โดยค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ได้รับน้ำเย็นสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกช่วงเวลา แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.0001$) แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาและสภาวะความเครียดจากความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ N/LR ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความเครียดและการตอบสนองของภูมิคุ้มกันที่เพิ่มขึ้น (Syafiq et al., 2023)

สรุป

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อแพะได้รับความร้อน 6 ชั่วโมง ทำให้มีการสะสมความร้อนภายในร่างกายแพะส่งผลให้อัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราชีพจร และอุณหภูมิทวารสูงขึ้น เมื่อแพะได้รับน้ำเย็นอุณหภูมิ 21±2 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าสรีรวิทยาลดลงอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำเย็นช่วยลดผลจากความร้อนและลดความเครียดในแพะได้และทำให้อุณหภูมิทวารกลับมาใกล้เคียงกับช่วงเวลาที่ปกติได้เร็ว และการเปลี่ยนแปลงของค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ได้แก่ ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (PCV) และจำนวนเม็ดเลือดแดง (RBC) ของแพะที่ได้รับความเครียดจากความร้อนลดลงเล็กน้อย การเพิ่มขึ้นชั่วคราวของ RBC เกิดจากการกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงในระยะสั้นจากอัตราการหายใจที่สูงขึ้น ความเครียดจากความร้อนทำให้เกิด Hemodilution และค่า PCV และ RBC ลดลง แต่ WBC เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อตอบสนองต่อความร้อน ขณะที่อัตราส่วนนิวโทรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (N/LR) ของกลุ่มที่ได้รับน้ำเย็นสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกช่วงเวลา แสดงถึงการตอบสนองของภูมิคุ้มกันและความเครียดที่เกิดขึ้นชัดเจน แสดงให้เห็นว่าช่วงระยะเวลาทำให้แพะมีการสะสมความร้อนในร่างกายมีอิทธิพลมากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดและแพะมีกลไกการปรับตัวที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาสสมดุลร่างกายภายใต้สภาวะความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 2. Effect of heat stress and drinking water temperature on complete blood count in goats.

Variable	Treatment	8 A.M.	2 P.M.	4 P.M.	SE	P-value		
						trt	time	trt*time
PCV	W1 Control	15.92	15.00	14.41	0.741	0.0982	0.4483	0.7584
	W2 Cold water	14.25	14.08	13.83				
WBC (cell/ μ l)	W1 Control	3.54	3.21	3.67	0.520	0.2632	0.7734	0.8859
	W2 Cold water	2.78	2.96	3.20				
RBC ($\times 10^6$ cells/ μ l)	W1 Control	8.11	8.16	8.41	1.255	0.8998	0.7922	0.7599
	W2 Cold water	7.48	9.11	7.70				
N/LR	W1 Control	0.51 ^b	0.98 ^b	0.75 ^b	0.086	<0.0001	<0.0001	0.8780
	W2 Cold water	0.89 ^a	1.43 ^a	1.13 ^a				

Data are shown as Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p < 0.0001$).

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หมอแดง แพะ แกะ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ที่อนุเคราะห์สัตว์ทดลองแพะพันธุ์ทรัพย์ มอ.1 ที่ใช้ในการศึกษาห้องปฏิบัติการกายวิภาคและสรีรวิทยาในการตรวจวิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยา รวมถึงโรงผสมอาหาร สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนด้านอาหารสัตว์ ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของงานนี้

Supplementary file <https://kku.world/vcaws3>

เอกสารอ้างอิง

สำนักเทคโนโลยีชีวภัณฑ์สัตว์. 2558. มาตรฐานวิธีปฏิบัติงาน เรื่อง การทดสอบความคุ้มโรควัคซีนโรคปากและเท้าเปื่อย สำหรับโคกระบือ แพะ แกะ (Potency test of FMD vaccine for cattle), SOP-QCF-045. ฝ่ายทดสอบ คุณภาพวัคซีนโรคปากและเท้าเปื่อย หน้า 1-5

Alam M, Hashem M, Rahman M, Hossain M, Haque M, Sobhan Z, Islam M, 2011. Effect of heat stress on behavior, physiological and blood parameters of goat. *Prog Agric* 22, 37-45.

Aleena J, Sejian V, Bagath M, Krishnan G, Beena V, Bhatta R, 2018. Resilience of three indigenous goat breeds to heat stress based on phenotypic traits and PBMC HSP70 expression. *Int J Biometeorol* 62, 1995-2005.

Attia NES, 2016. Physiological, hematological and biochemical alterations in heat stressed goats. *Benha Vet Med J* 31, 56-62.

Banerjee D, Upadhyay RC, Chaudhary UB, Kumar R, Singh S, Ashutosh MJG, Polley S, Mukherjee A, Das TK, De S, 2014. Seasonal variation in the expression pattern of genes under HSP70 family in heat- and cold-adapted goats (*Capra hircus*). *Cell Stress Chaperones* 19, 401-408.

Berihulay H, Abied A, He X, Jiang L, Ma Y, 2019. Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress. *Animals (Basel)* 9, 75.

Bhateshwar V, Rai DC, Datt M, 2023. Heat stress responses in small ruminants under arid and semiarid regions of western India: A review. *Agric Rev* 44, 164-172.

Cooper RA, Hill B, Kirk JA, 1991. Effect of water temperature on water consumption in female angora goats. *Proc Br Soc Anim Prod*; 1991. p. 163-163.

Danso F, Iddrisu L, Lungu SE, Zhou G, Ju X, 2024. Effects of heat stress on goat production and mitigating strategies: a review. *Animals (Basel)* 14, 1793.

Dunsha FR, Leury BJ, Fahri F, DiGiacomo K, Hung A, Chauhan S, Clarke IJ, Collier R, Little S, Baumgard L, Gaughan JB, 2013. Amelioration of thermal stress impacts in dairy cows. *Anim Prod Sci* 53, 965-975.

Façanha DAE, Ferreira J, Silveira RMF, Nunes TL, de Oliveira MG, de Sousa JE, de Paula VV, 2020. Are locally adapted goats able to recover homeothermy, acid-base and electrolyte equilibrium in a semi-arid region. *J Therm Biol* 90, 102593.

Ferreira J, Silveira RMF, de Sousa JER, Guilhermino MM, Vasconce-

- los AM, Façanha DAE, 2021. Evaluation of homeothermy, acid-base and electrolytic balance of black goats and ewes in an equatorial semi-arid environment. *J Therm Biol* 100, 103027.
- Gupta M, Mondal T, 2019. Heat stress and thermoregulatory responses of goats: a review. *Biol Rhythm Res*, 1-27.
- Gupta M, Kumar S, Dangi SS, Jangir BL, 2013. Physiological, biochemical and molecular responses to thermal stress in goats. *Int J Livest Res* 3, 27-38.
- Habeeb AAM, Gad AE, El-Tarabany AA, Atta MAA, 2018. Negative effects of heat stress on growth and milk production of farm animals. *J Anim Husb Dairy Sci* 2, 1-12.
- Hobby Farms, 2021. Goat Health How To: Injection And Drenching [internet]. [Cited 2024 Dec 12]. Available from: https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Animal_Health_in_the_World/docs/pdf/Disease_cards/FOOT_AND_MOUTH_DISEASE.pdf
- Jackson ML, 2013. *Handbook of Veterinary Clinical Pathology: an introduction*. Ames: John Wiley & Sons.
- Jadhav SN, Nayyar S, Honparkhe M, Kumar BV, Singla M, Patodkar VR, 2024. Effect of seasonal stress on growth performance, blood hemato-biochemical, antioxidant, thyroid hormones and HSP 70 gene expression profile of Beetal does and goat kids. *UP J Zool* 45, 143-155.
- Kojo I, 2014. Effect of coat colour, ecotype, location and sex on hair density of West African Dwarf (WAD) goats in Northern Ghana. *Sky J Agric Res* 3, 25-30.
- Kumar M, Jindal R, Nayyar S, 2011. Influence of heat stress on antioxidant status in Beetal goats. *Indian J Small Rumin* 17, 178-181.
- Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T, 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J Anim Sci* 84, 712-719.
- Marai IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM, 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep—a review. *Small Rumin Res* 71, 1-12.
- Mirabad MM, Mokhber Dezfouli MR, Rezakhani A, Sadeghian Chaleshtori S, Akbarein H, 2017. The prevalence of irregularity in rhythm and heart sound in apparently healthy small ruminants. *Iran J Rumin Health Res* 2, 75-92.
- Noach YR, Handayani HT, 2019. Physiological response of etawah crossbred pregnant goat on supplementation of katuk leave meal (*saupus androgynus*) and zn biocomplex. *J Trop Anim Sci Technol* 1, 1-6.
- Okoruwa MI, 2014. Effect of heat stress on thermoregulatory, live bodyweight and physiological responses of dwarf goats in southern Nigeria. *Eur Sci J* 10.
- Olsson K, Hydbring E, 1996. The preference for warm drinking water induces hyperhydration in heat-stressed lactating goats. *Acta Physiol Scand* 157, 109-114.
- Phulia SK, Upadhyay RC, Jindal SK, Misra RP, 2010. Alteration in surface body temperature and physiological responses in Sirohi goats during day time in summer season. *Indian J Anim Sci* 80, 340.
- Pugh DG, Baird N, 2012. *Handbook of Sheep and Goat Medicine*. 2nd edn. Maryland Heights: Elsevier Saunders.
- Ribeiro NL, Costa RG, Pimenta Filho EC, Ribeiro MN, Bozzi R, 2018. Effects of the dry and the rainy season on endocrine and physiologic profiles of goats in the Brazilian semi-arid region. *Ital J Anim Sci* 17, 454-461.
- Salama AAK, Caja G, Hamzaoui S, Badaoui B, Castro-Costa A, Façanha DAE, Guilhermino MM, Bozzi R, 2014. Different levels of response to heat stress in dairy goats. *Small Rumin Res* 121, 73-79.
- Savage DB, Nolan JV, Godwin IR, Mayer DG, Aoetpah A, Nguyen T, Bailliea ND, Rheinberger TE, Lawlor C, 2008. Water and feed intake responses of sheep to drinking water temperature in hot conditions. *Aust J Exp Agric* 48, 1044-1047.
- Sejian V, Kumar D, Gaughan JB, Naqvi SMK, 2017. Effect of multiple environmental stressors on the adaptive capability of Malpura rams based on physiological responses in a semi-arid tropical environment. *J Vet Behav* 17, 6-13.
- Sejian V, Silpa MV, Reshma Nair MR, Devaraj C, Krishnan G, Bagath M, Chauhan SS, Suganthi RU, Fonseca VF, König S, Gaughan JB, 2021. Heat stress and goat welfare: Adaptation and production considerations. *Animals (Basel)* 11, 1021.
- Shilja S, Sejian V, Bagath M, Mech A, David CG, Kurien EK, Varma G, Bhatta R, 2016. Adaptive capability as indicated by behavioral and physiological responses, plasma HSP70 level, and PBMC HSP70 mRNA expression in Osmanabadi goats subjected to combined (heat and nutritional) stressors. *Int J Biometeorol* 60, 1311-1323.
- Silanikove N, 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest Prod Sci* 67, 1-18.
- Silanikove N, Koluman N, 2015. Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. *Small Rumin Res* 123, 27-34.
- Sivakumar AVN, Singh G, Varshney VP, 2010. Antioxidants supplementation on acid base balance during heat stress in goats. *Asian-Australas J Anim Sci* 23, 1462-1468.
- Syafiq NN, Zulkifli I, Zuki ABM, Goh YM, Kaka U, 2023. Physio-

logical, haematological and electroencephalographic responses to heat stress in Katjang and Boer goats. *Saudi J Biol Sci* 30, 103836.

Techangamsuwan S, Pirarat N, 2013. *Handbook of Veterinary Clinical Pathology*.

Thrall MA, Weiser G, Allison RW, Campbell TW (Eds.), 2012. *Veterinary hematology and clinical chemistry*. Ames: John Wiley and Sons.

Thom EC, 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-61.

Villaquiran M, Gipson TA, Merkel RC, Goetsch AL, Sahlu T, 2004. Body condition scores in goats. American Institute for Goat Research, Langston University. pp. 1-8.

Wang X, Liu J, Zhou G, Guo J, Yan H, Niu Y, Li Y, Yuan C, Geng R, Lan X, An X, Tian X, Zhou H, Song J, Jiang Y, Chen Y, 2016. Whole-genome sequencing of eight goat populations for the detection of selection signatures underlying production and adaptive traits. *Sci Rep* 6, 38932.

Wongnhor M, Yawongsa A, Rukkwamsuk T, Arunvipas P, 2019. Environmental and water management to reduce heat stress in dairy cows raised in tropical areas. *J Kasetsart Veterinarians* 29, 100-120.

Wu D, Yin X, Jiang B, Jiang M, Li Z, Song H, 2020. Detection of the respiratory rate of standing cows by combining the Deeplab V3+ semantic segmentation model with the phase-based video magnification algorithm. *Biosyst En*