



Research Article

Comparison of Karyotypes and Nucleolar Organizer Regions Heteromorphism between Thai Native Si Sawat Cat and Foreign American Shorthair Cat Breeds in Genus *Felis*

Karnjanapond Sornchai¹, Thavorn Supaprom¹, Nicharat Swasdipan¹, Aranya Pimmogkol¹,
Warinee Palasarn¹ and Sutthana Plodsomboon¹

¹Department of Biological Sciences, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand

*Email: sutthana.p@ubu.ac.th

Received <9 October 2023>; Revised <18 January 2024>; Accepted <30 January 2024>

Abstract

This study was a comparison of karyotypes and nucleolar organizer regions (NORs) heteromorphism between Thai native and foreign cats (Genus *Felis*). Chromosome preparations for karyotype analysis were completed by a lymphocyte culture technique. Cytogenetic analysis was performed using conventional staining and NOR-banding techniques. The results showed that the diploid chromosome number of Thai native and foreign cats was 38 chromosomes ($2n=38$), and a fundamental number (NF) was 72 in males and females. The karyotypes can be classified according to their chromosome sizes and shape into 6 groups (A). It also had a pair of satellites on chromosome no. 1 in group E or chromosome no. 14 in both Thai native cat and foreign cat breeds. In NOR-banding technique analysis, nuclear organizer regions (NORs) position showed on chromosome no.1 in group E of all cat breeds. The study findings indicated that both cat breeds demonstrate an equivalent number of diploid chromosomes, and their karyotypic patterns exhibit remarkable resemblances; these results suggest that the genetic structure of the Thai native cat and foreign cat breeds at the chromosome level is highly conserved. However, we found heteromorphism of NOR sites in Thai native and foreign cat breeds, and differences in the amount of silver nitrate staining were observed at NOR positions across each studied sample. This genetic variation has contributed to an augmentation in the genetic diversity within the family Felidae.

Keywords: Karyotypes, Thai native cat breed, Foreign cat breed, Heteromorphism

บทความวิจัย

การเปรียบเทียบแคโรไทป์และเฮเทอโรมอร์ฟิซึมของตำแหน่งนิวคลีโอไลอาร์ ออร์แกนเซอร์ ระหว่างแมวไทยสีสวาดและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ชอร์ตแฮร์ ในสกุลเฟลิส (Genus Felis)

กาญจนาพร ศรชัย¹ ถาวร สุภาพรม¹ นิชารัตน์ สวาสติพันธ์¹ อรัญญา พิมพ์มงคล¹

วาริณี พลสาร¹ และ สุทธนา ปลอดสมบูรณ์^{1*}

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี ประเทศไทย

*Email: sutthana.p@ubu.ac.th

รับบทความ: 9 ตุลาคม 2566 แก้ไขบทความ: 18 มกราคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 30 มกราคม 2567

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบแคโรไทป์และเฮเทอโรมอร์ฟิซึมของตำแหน่งนิวคลีโอไลอาร์ ออร์แกนเซอร์ระหว่างแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ ในสกุลเฟลิส (Genus Felis) เตรียมโครโมโซมโดยใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเซลล์ลิโมนโฟสต์วิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการย้อมสีแบบโครโมโซมมาตรฐานและเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ ผลการศึกษาพบว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีจำนวนโครโมโซมแบบดิพลอยด์เท่ากับ 38 ($2n=38$) และจำนวนแขนโครโมโซมพื้นฐาน (fundamental number, NF) เท่ากับ 72 ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย แคโรไทป์แบ่งตามขนาดและรูปร่างโครโมโซมแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม (A-F) และพบเครื่องหมายโครโมโซมที่มีลักษณะเป็นกระเปาะ (satellite) ที่ส่วนปลายแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 1 ในกลุ่ม E หรือโครโมโซมคู่ที่ 14 ทั้งในแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ ตรวจพบตำแหน่งเอ็นโออาร์บริเวณโครโมโซมคู่ที่ 1 ในกลุ่ม E ในแมวทั้งสองสายพันธุ์ โดยแมวทั้งสองสายพันธุ์นี้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากันและมีรูปแบบแคโรไทป์มีความคล้ายคลึงกันมาก แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างพันธุกรรมในระดับโครโมโซมของแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศอยู่ในสภาพอนุรักษ์สูง แต่อย่างไรก็ตามตรวจพบความแปรผันของปริมาณการติดสีซิลเวอร์ ไนเตรต ที่ตำแหน่งเอ็นโออาร์แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่างที่ศึกษา ความผันแปรทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมของสัตว์ในวงศ์ฟิเลดิมักซ์

คำสำคัญ: แคโรไทป์ แมวไทย แมวต่างประเทศ เฮเทอโรมอร์ฟิซึม

บทนำ

สัตว์ในวงศ์ฟิเลด (Felidae) เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จัดอยู่ในอันดับสัตว์กินเนื้อ (order Carnivora) สัตว์ในวงศ์นี้ครอบคลุมถึงเสือและแมวชนิดต่าง ๆ (Kitchener *et al.*, 2017) แมวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Felis catus* Linnaeus, 1758 จัดอยู่ในสกุลฟิเลด (Genus *Felis*) ปัจจุบันแมวมีหลากหลายสายพันธุ์ทั้งแมวสายพันธุ์ไทยและแมวต่างประเทศ ซึ่งแมวแต่ละสายพันธุ์จะมีเอกลักษณ์เด่นประจำสายพันธุ์ แมวไทยมีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศไทย สืบเชื้อสายมาจากแมวโบราณมีลักษณะเด่น คือ มีขนสั้น ทางเรียวยาว ขาเรียวยาวได้สัดส่วนกับลำตัว และสีขนมีความโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ในปัจจุบันแมวไทยยังไม่ได้ได้รับความนิยมน้อยในประเทศไทยมากนัก ทำให้แมวไทยเริ่มลดจำนวนลง ตามหลักการอนุรักษ์พันธุกรรมว่า แมวไทยสายพันธุ์แท้มีทั้งหมด 23 สายพันธุ์ แต่ในปัจจุบันแมวไทยเหลืออยู่เพียง 5 สายพันธุ์ เท่านั้น ได้แก่ สายพันธุ์วิเชียรมาศ สายพันธุ์สีสวาด สายพันธุ์ขาวมณี สายพันธุ์ศุภลักษณ์ และสายพันธุ์โกนจา ดังนั้นเพื่อเป็นการอนุรักษ์แมวไทยสายพันธุ์แท้ให้คงอยู่จึงมีการคัดเลือกสายพันธุ์และวางแผนการผสมพันธุ์เพื่อให้เกิดระดับพันธุ์แท้ที่สูงขึ้น (Biodiversity-Based Economy Development Office, 2014) ในทางตรงกันข้ามแมวสายพันธุ์ต่างประเทศเป็นที่ต้องการและได้รับความนิยม อาทิเช่น สายพันธุ์เปอร์เซีย (Persian) สายพันธุ์อเมริกัน ชอร์ตแฮร์ (American Shorthair) และสายพันธุ์สกอตติช โฟลด์ (Scottish Fold) แมวสายพันธุ์ต่างประเทศเหล่านี้เป็นที่ต้องการของผู้ที่สนใจเพาะพันธุ์แมวทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ

ในปัจจุบันงานวิจัยทางด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของสัตว์ในตระกูลเสือและแมวมีข้อมูลค่อนข้างน้อยและยังไม่แพร่หลาย การศึกษาความผันแปรของพันธุกรรมสามารถสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้ ในปี ค.ศ. 1956 ในประชุมวิชาการระดับนานาชาติที่เมืองซานฮวน ได้กำหนดมาตรฐานแคริโอไทป์ของสัตว์ในวงศ์ฟิเลดเสนอให้จัดกลุ่มออโตโซม (autosome) โดยแบ่งออก 6 กลุ่ม คือ กลุ่ม A-F และโครโมโซมเพศถูกจัดไว้ในคู่สุดท้าย (Ford, Pollock and Gustavsson, 1980; Toshihide and Kyoko, 1982) การศึกษาจำนวนโครโมโซมของสัตว์ตระกูลเสือและแมวโดยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐาน สามารถตรวจสอบจำนวนและโครงสร้างของโครโมโซมได้ สัตว์ตระกูลเสือและแมวมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 38 แท่ง และมีจำนวนแกนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 72-74 (Gustavsson, 1965; Ghotage *et al.*, 2019) ยกเว้นสัตว์ตระกูลเสือและแมวเพียง 4 ชนิด ในสกุล *Leopardus* เท่านั้น ที่มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 36 แท่ง นอกจากนี้การศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ได้มีการพัฒนาเทคนิคการย้อมสีและย้อมแถบโครโมโซมที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อศึกษาลักษณะของโครโมโซมและตรวจสอบเครื่องหมายโครโมโซม (chromosome marker) ที่เป็นลักษณะเฉพาะสัตว์ในวงศ์ฟิเลดที่ตรวจพบแซตเทลไลต์โครโมโซม (satellite chromosome) บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซม คู่ที่ 14 (De Lorenzi *et al.*, 2017) และในการศึกษาบริเวณตำแหน่งเอ็นโออาร์ (nucleolar organizer regions, NORs) ในกลุ่มของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ในส่วนนี้จะมียีนสำหรับสังเคราะห์ไรโบโซมอลอาร์เอ็นเอ (ribosomal RNA) พบว่าสัตว์ในวงศ์ฟิเลดมีตำแหน่งเอ็นโออาร์บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 14 (Cho, Kong and Sohn, 2013).

แม้ว่าก่อนหน้านี้จะมีรายงานการศึกษาโครโมโซมของสัตว์ในวงศ์ฟิเลด แต่ยังไม่มียางานทางด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ และศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ โดยเลือกศึกษาในแมวไทยสายพันธุ์สีสวาดและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศสายพันธุ์อเมริกัน ชอร์ตแฮร์ ก่อนที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมในแมวไทยสายพันธุ์อื่น ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อตรวจสอบแคริโอไทป์ และเฮเทอโรมอร์ฟิซึมของตำแหน่งนิวคลีโอลาร์ ออร์แกไนเซอร์ ในแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ โดยใช้เทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐาน (conventional staining) และเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ (NOR-banding)

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างเลือดสัตว์ (Blood Sample Collection)

เก็บตัวอย่างเลือดแมว ประกอบด้วยแมวไทยสายพันธุ์สีสวาด จากบ้านแมวโคราช อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา และแมวสายพันธุ์ต่างประเทศสายพันธุ์อเมริกัน ชอร์ตแฮร์ จากฟาร์มแมวในจังหวัดอุบลราชธานี เก็บตัวอย่างเลือดทั้งเพศผู้และเพศเมีย (ภาพที่ 1) (ตารางที่ 1) เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณลำคอ (jugular vein) โดยสัตวแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ขั้นตอนการทดลองทั้งหมดเป็นไปตามแนวทางการขอใช้สัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 1 ตัวอย่างแมวที่ศึกษา (ก) สายพันธุ์สีสวาด และ (ข) สายพันธุ์อเมริกัน ชอร์ตแฮร์

ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างแมวที่ศึกษา

สายพันธุ์	เพศเมีย (ตัว)	เพศผู้ (ตัว)
สีสวาด	3	3
อเมริกัน ชอร์ตแฮร์	1	2

การเตรียมโครโมโซม (chromosome preparation)

การเพาะเลี้ยงเซลล์ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte culture) ตามวิธีมาตรฐานของ Howe, Umrigar and Tsien (2014) เพาะเลี้ยงเซลล์ลิมโฟไซต์ในสภาพปลอดเชื้อ (aseptic technique) โดยใช้อาหารเลี้ยงเพาะเซลล์ที่ประกอบด้วย อาหารเพาะเลี้ยงเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด RPMI 1640 สารกระตุ้นการแบ่งเซลล์ (phytohemagglutinin) ซีรัมจากตัวอ่อนลูกวัว (fetal calf serum) และยาปฏิชีวนะ (penicillin/streptomycin) ผสมสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นกรองสารละลายโดยใช้มิลลิพอร์ฟิลเตอร์ (millipore membrane filter) ขนาด 0.2 ไมครอน แบ่งอาหารใส่ขวดเพาะเลี้ยง หยอดตัวอย่างเลือดลงในขวดเพาะเลี้ยงปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายและเลือดเข้ากัน นำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส ที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำการเขย่าขวดเพาะเลี้ยงวันละ 2 ครั้ง เข้ายืนเพื่อกระตุ้นการแบ่งเซลล์และเพิ่มปริมาณเมทาเฟสให้มากขึ้น เมื่อครบชั่วโมงที่ 72 ทำการเก็บเกี่ยวเซลล์ (harvesting)

การย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐาน (conventional staining) ตามวิธีมาตรฐานของ Rooney (2001) นำแผ่นสไลด์ที่หยดตะกอนเซลล์ (cell suspension) ย้อมด้วยสีจิมซ่าความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที

การย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ (NOR-banding) ดัดแปลงตามวิธีมาตรฐานของ Goodpasture and Bloom (1975) หยดสารละลายเจลาติน (gelatin) ตามด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำแผ่นสไลด์เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นำแผ่นสไลด์ออกมาล้างซิลเวอร์ไนเตรทส่วนเกินออกด้วยน้ำกลั่น ย้อมด้วยสีจิมซ่าความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลาเพียง 1 นาที

ตรวจสอบโครโมโซมโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (bright-field microscopes) จากนั้นถ่ายภาพโครโมโซมด้วยชุดถ่ายภาพที่ต่อกับกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า เพื่อตรวจนับจำนวนโครโมโซม ความถี่ของจำนวนโครโมโซมที่พบมากที่สุดจะเป็นค่าของจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ จากนั้นจึงคัดเลือกภาพถ่ายโครโมโซมระยะเมทาเฟสจำนวน 25 เซลล์ นำมาจัดเรียงแคริโอไทป์ด้วยเครื่องจัดเรียงโครโมโซมอัตโนมัติ (automated chromosome analyzer) และจัดทำอิดิโอแกรมมาตรฐาน โดยวัดค่าเฉลี่ยความยาวของแขนโครโมโซมข้างสั้น (length short : Ls) ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว (length long : Ll) ความยาวทั้งหมดของโครโมโซมแต่ละคู่ (length total : Lt) และหาค่าความยาวโครโมโซมสัมพัทธ์ (relative length : RL) ค่าดัชนีเซนโทรเมียร์ (centromeric index : CI) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation : SD) เพื่อกำหนดขนาดและชนิดของโครโมโซม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาโครโมโซมและแคริโอไทป์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเซลล์ลิมโฟไซต์ พบว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 38 แท่ง (2n=38) จำนวนแขนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 72 ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย สัญลักษณ์โครโมโซมของเพศเมียเป็น 38, XX และเพศผู้ 38, XY (ภาพที่ 2 และ 3) แคริโอไทป์แบ่งตามขนาดและรูปร่างโครโมโซมออกเป็น 6 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่ม A โครโมโซมรูปร่างแบบซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 2 คู่ (A1, A3) โครโมโซมรูปร่างแบบอะโครเซนทริกขนาดใหญ่ 1 คู่ (A2) กลุ่ม B โครโมโซมรูปร่างแบบซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 4 คู่ (B1-B4) กลุ่ม C โครโมโซมรูปร่างแบบเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 2 คู่ (C1-C2) กลุ่ม D โครโมโซมรูปร่างแบบซับเมทาเซนทริก

ขนาดเล็ก 4 คู่ (D1-D4) กลุ่ม E โครโมโซมรูปร่างแบบเมทาเซนทริกขนาดเล็ก 3 คู่ (E1-E3) และกลุ่ม F โครโมโซมรูปร่างแบบเทโลเซนทริกขนาดเล็ก 2 คู่ (F1-F2) โครโมโซมเพศชนิดเอ็กซ์มีรูปร่างแบบซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง และโครโมโซมเพศชนิดวายรูปร่างแบบเมทาเซนทริกขนาดเล็ก

จากการศึกษาด้วยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐานในแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศตรวจพบแซตเทลไลต์โครโมโซมซึ่งเป็นบริเวณรอยคอดตำแหน่งที่สอง (secondary constriction) ที่บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 1 ในกลุ่ม E หรือ โครโมโซมคู่ที่ 14 (ภาพที่ 2 และภาพที่ 3) และจากการศึกษาด้วยเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ สามารถระบุโครโมโซมเครื่องหมายได้ชัดเจน พบว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีตำแหน่งเอ็นโออาร์ 1 คู่ อยู่ที่บริเวณปลายแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 1 ในกลุ่ม E หรือ โครโมโซมคู่ที่ 14 (ภาพที่ 4 และภาพที่ 5) อิติโอแกรมมาตรฐานเมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐานและย้อมแถบแบบโครโมโซมเอ็นโออาร์ของแมวไทยสายพันธุ์สีสวาด และแมวสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ชอร์ตแฮร์ (ภาพที่ 6)

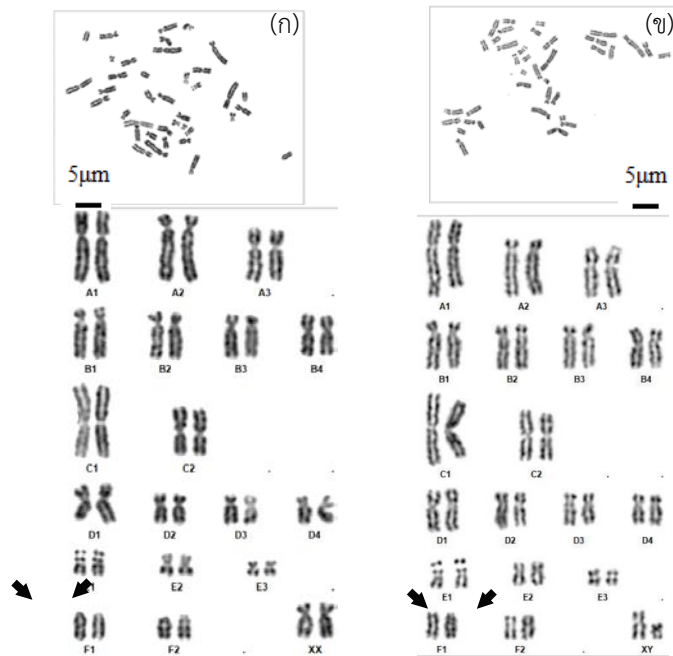
ความผันแปรทางพันธุกรรมของแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ

แมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากัน (2n=38) และรูปแบบแคริโอไทป์มีความคล้ายคลึงกันมาก แสดงให้เห็นว่าสัตว์ในวงศ์นี้มี การอนุรักษ์ทั้งจำนวนโครโมโซมและรูปแบบแคริโอไทป์ไว้สูงในสายวิวัฒนาการ และจากการศึกษาโดยใช้เทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์สามารถยืนยันตำแหน่งโครโมโซมเครื่องหมายได้ โดยพบว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีตำแหน่งเอ็นโออาร์เป็นตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งรอยคอดตำแหน่งที่สอง ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ถูกอนุรักษ์ไว้ในวิวัฒนาการของสัตว์ในวงศ์ฟิเลดี อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาในครั้งนี้ตรวจพบความผันแปรของการติดสีซิลเวอร์ ในเตรต ที่ตำแหน่งเอ็นโออาร์ในแมวแต่ละตัว ความผันแปรนี้เรียกว่า เฮเทอโรมอร์ฟิซึม (heteromorphism) (ตารางที่ 2) ความผันแปรของปริมาณการติดสีซิลเวอร์ ในเตรต ที่บริเวณปลายแขนข้างสั้นของโครโมโซม ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบทางพันธุกรรมในระดับโครโมโซมเกิดการเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ มีการเพิ่มหรือการหายไปของไรโบโซมอลีนในตำแหน่งเอ็นโออาร์ ส่งผลทำให้เกิดความหลากหลายทางของลักษณะนิวคลีโอลาร์ ออแกโนเซอร์มากเพิ่มขึ้น (polymorphism) (Gold, 1984)

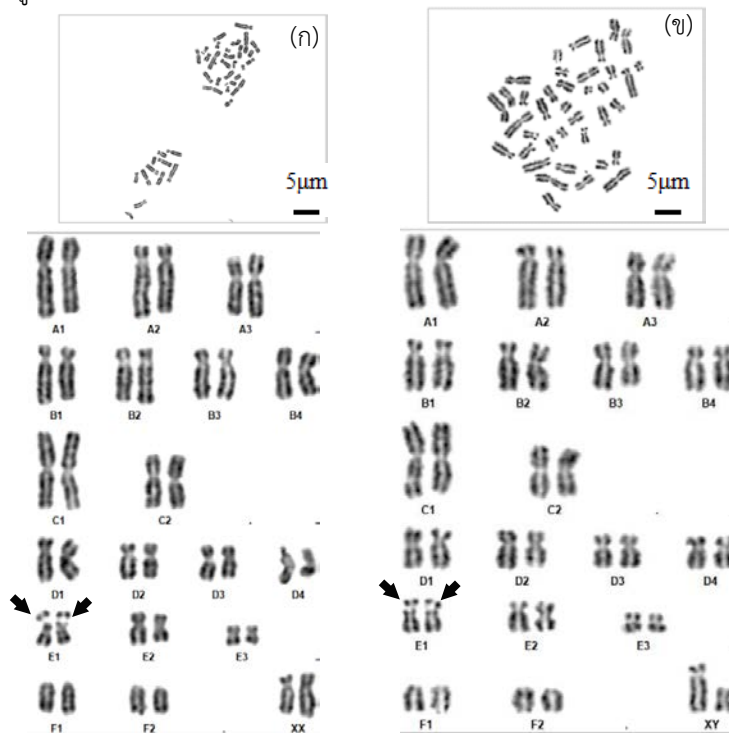
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบเฮเทอโรมอร์ฟิซึม (heteromorphism) ของตำแหน่งนิวคลีโอลาร์ ออแกโนเซอร์ โครโมโซมคู่ที่ E1 ใน (ก) แมวสายพันธุ์สีสวาด 3 ตัว และ (ข) แมวสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ชอร์ตแฮร์ 2 ตัว

สายพันธุ์แมว	ตัวที่ 1		ตัวที่ 2		ตัวที่ 3	
	เซลล์ที่ 1	เซลล์ที่ 2	เซลล์ที่ 1	เซลล์ที่ 2	เซลล์ที่ 1	เซลล์ที่ 2
(ก) สีสวาด						
(ข) อเมริกัน ชอร์ตแฮร์						

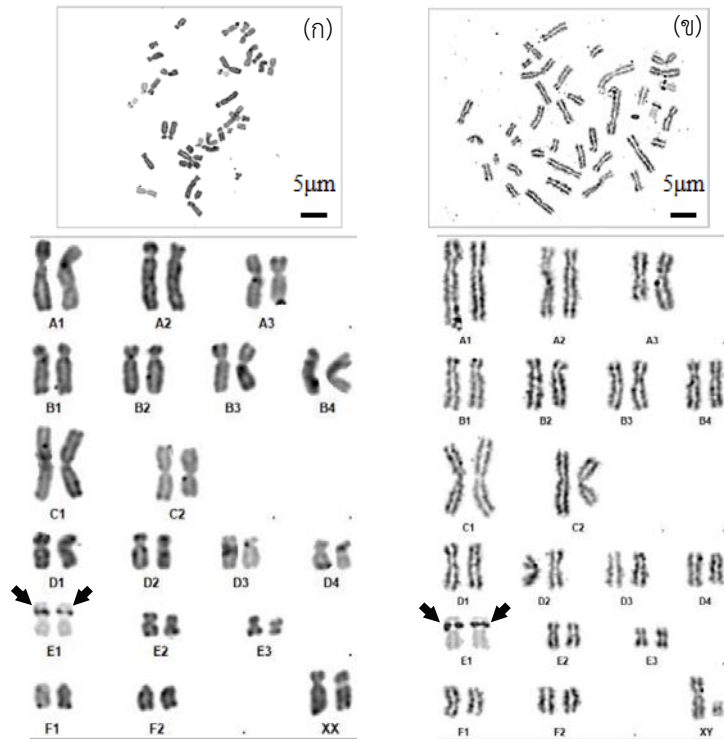
การศึกษานี้รายงานข้อมูลทางด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของแมวไทยเปรียบเทียบกับแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ พบว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากัน คือ 38 แท่ง (2n=38) และมีจำนวนแขนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 72 ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย สอดคล้องกับการศึกษาของ Keawmad, Tanomtong and Khunsoon (2007); Tanomtong *et al.* (2008); Lyons (2012); Cho, Kong and Sohn (2013); Arslan and Zima (2014); Sansag *et al.* (2017); Ghotage *et al.* (2019) เมื่อพิจารณารูปแบบแคริโอไทป์ของแมวไทยเปรียบเทียบกับแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของรูปแบบแคริโอไทป์ระหว่างแมวทั้งสองสายพันธุ์ นอกจากนี้ยังตรวจพบตำแหน่งแซตเทลไลต์โครโมโซมที่บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 1 ในกลุ่ม E หรือโครโมโซมคู่ที่ 14 ทั้งในแมวไทยและแมวต่างประเทศ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hsu and Benirschke (1976); Arslan and Zima (2014); De Lorenzi *et al.* (2017) และต่างจากรายงานของ Chavananikul, Wattanodorn and Nuanualsuwan (1994) ที่พบว่าสัตว์ในวงศ์ฟิเลดีมีตำแหน่งแซตเทลไลต์โครโมโซมบนแท่งโครโมโซมคู่ที่ 16 และต่างจากรายงานของ Pearson, Seabright and Maclean (1979) ที่ไม่พบตำแหน่งแซตเทลไลต์โครโมโซมในแมวบ้าน ในเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ตรวจพบตำแหน่งเอ็นโออาร์ที่บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 1 ของกลุ่ม E หรือโครโมโซมคู่ที่ 14 โดยพบว่าเป็นตำแหน่งเดียวกัน ทั้งในแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ของ Hsu and Benirschke (1976); Pearson, Seabright and Maclean (1979); Kalat, Mayr and Schleger (1990); Cho, Kong and Sohn (2013)



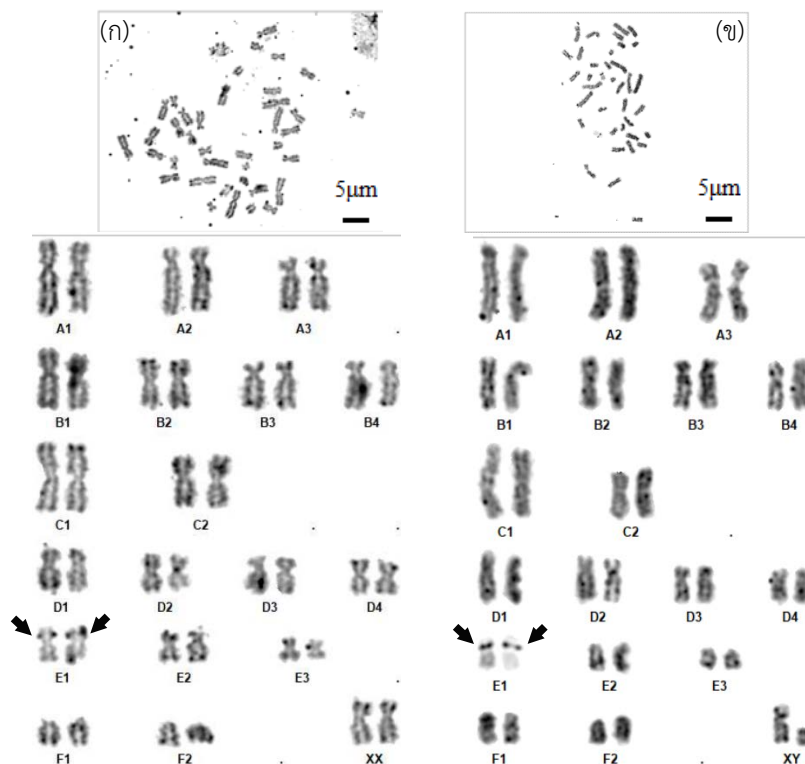
ภาพที่ 2 โครโมโซมระยะเมทาเฟสและแคริโอไทป์ของแมวไทยสายพันธุ์สีสวาด ($2n=38$) เมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐาน (conventional staining) ลูกศรชี้แสดงตำแหน่งแซตเทลไลต์โครโมโซม โครโมโซม E1 หรือคู่ที่ 14 (ก) เพศเมีย และ (ข) เพศผู้



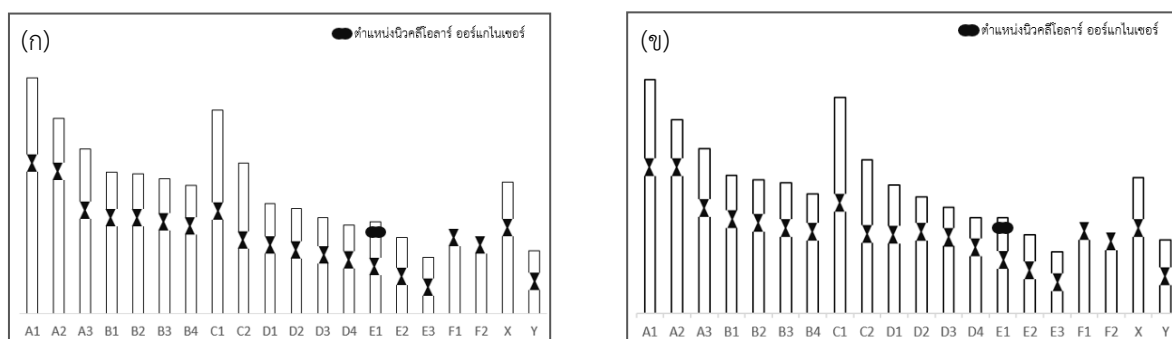
ภาพที่ 3 โครโมโซมระยะเมทาเฟสและแคริโอไทป์ของแมวสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ซอร์ดแฮร์ เพศผู้ ($2n=38$) เมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐาน (conventional staining) ลูกศรชี้แสดงตำแหน่งแซตเทลไลต์โครโมโซม โครโมโซม E1 หรือคู่ที่ 14 (ก) เพศเมีย และ (ข) เพศผู้



ภาพที่ 4 โครโมโซมระยะเมทาเฟสและแคริโอไทป์ของแมลงไหมสายพันธุ์สีวาด ($2n=38$) เมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ (NOR-banding) ลูกศรชี้แสดงตำแหน่งนิวคลีโอลาร์ ออร์แกนเซอร์ โครโมโซม E1 หรือคู่ที่ 14 (ก) เพศเมีย และ (ข) เพศผู้



ภาพที่ 5 โครโมโซมระยะเมทาเฟสและแคริโอไทป์ของแมลงสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ชอร์ตแฮร์ ($2n=38$) เมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ (NOR-banding) ลูกศรชี้ตำแหน่งนิวคลีโอลาร์ ออร์แกนเซอร์ โครโมโซม E1 หรือคู่ที่ 14 (ก) เพศเมีย และ (ข) เพศผู้



ภาพที่ 6 อิติโอแกรมมาตรฐานเมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐานและย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ (ก) แมวสายพันธุ์สีสวาด และ (ข) แมวสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ชอร์ตแฮร์

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากข้อมูลการศึกษาในครั้งนี้พบความผันแปรของเฮเทอโรมอร์ฟิซึมภายในสปีชีส์ (Intraspecific heteromorphisms) ของการติดสีซิลเวอร์ ในเตรต ที่ตำแหน่งเอ็นโออาร์ โดยเป็นความต่างของขนาดเอ็นโออาร์ ซึ่งส่งผลให้เกิดความผันแปรทางพันธุกรรมเพียงเล็กน้อย ซึ่งให้เห็นว่าโครงสร้างทางพันธุกรรมในระดับโครโมโซมของแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศยังอยู่ในสภาพอนุรักษ์สูง แม้ว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีต้นกำเนิดมาจากแต่ละประเทศที่แตกต่างกัน แต่มีการนำแมวไปเลี้ยงในหลายประเทศทั่วโลก ส่งผลทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของยีน (gene flow) ได้สูง จากการนำเทคนิคทางด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์มาตรวจสอบความผันแปรของพันธุกรรม จึงช่วยให้เข้าใจถึงพื้นฐานทางพันธุกรรมภายในสายพันธุ์สามารถบ่งชี้และอธิบายถึงความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของสัตว์ในวงศ์ฟิเลดี้ นอกจากนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ศึกษาพันธุศาสตร์ระดับโมเลกุล ซึ่งเป็นเทคนิคขั้นสูงเพื่อยืนยันข้อสงสัยหรือบริเวณที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้อย่างละเอียด

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณบ้านแมวโคราช อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีทำให้วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือสัตว์

จริยธรรมในสัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (เลขที่ใบอนุญาต 16/2563/IACUC)

References

- Arslan, A. and Zima, J. (2014). Karyotypes of the mammals of Turkey and neighbouring regions: a review. *Folia Zoologica*, 63(1), 1–62.
- Biodiversity-Based Economy Development Office (2014). Thai cat (in Thai) Retrieved 4 May 2020, from **intangible cultural heritage**: https://www.mculture.go.th/samutsongkhram/ewt_dllink.php?nid=741
- Chavananikul, V., Wattanodorn, S. and Nuanualsuwan, S. (1994). Karyotypes of tiger and panther, In **Proceedings of the 32nd Kasetsart University Annual Conference: Animal Science, Veterinary Science and Fisheries**. (pp. 286-294). Bangkok: Kasetsart University.
- Cho, E. J., Kong, I. K. and Sohn, S. H. (2013). The G-, C-, and NOR-Banded Karyotypes of Korean Short-hair Cat (*Felis catus*). **Reproductive & Developmental Biology**, 37(3), 161-167.
- De Lorenzi, L., Banco, B., Previdere, C., Bonacina, S., Romagnoli, S., Grieco, V. and Parma, P. (2017). Testicular XX (SRY-Negative) Disorder of Sex Development in Cat. **Sexual Development**, 11(4), 210-216.
- Ford, C. E., Pollock, D. L. and Gustavsson, I. (1980). Proceedings of the First International Conference for the Standardisation of Banded Karyotypes of Domestic Animals. **Hereditas**, 92(1), 145-162.

- Ghotage, D., Umrikar, U. D., Sawane, M. P. and Pawar, V. D. (2019). Cytogenetic Analysis in Domestic Cats. **International Journal of Sciences: Basic and Applied Research**, 47(1), 141-146.
- Gold, J. R. (1984). Silver-Staining and Heteromorphism of Chromosomal Nucleolus Organizer Regions in North American Cyprinid Fishes. **American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH)**, 23(1), 133-139.
- Goodpasture, C. and Bloom, S. E. (1975). Visualization of nucleolar organizer regions in mammalian chromosomes using silver staining. **Chromosoma**, 53(1), 37–50.
- Gustavsson, I. (1965). Somatic chromosomes of the cat. **Acta Veterinaria Scandinavica**, 6(3), 274-285.
- Howe, B., Umrigar, A. and Tsien, F. (2014). Chromosome preparation from cultured cells. **Journal of Visualized Experiments**, 83(1), 1-5.
- Hsu, T. C. and Benirschke, K. (1976). An Atlas of Mammalian Chromosomes. **Wiley Online Library**, 23(7), 616-616.
- Kalat, M., Mayr, B. and Schleger, W. (1990). Sequential Counterstain enhanced Banding: Heterochromatin Characterization in The Domestic Cat (*Felis catus*). **Caryologia**, 43(2), 183-198.
- Keawmad, P., Tanomtong, A. and Khunsoon, S. (2007). A study on karyotype of the Asian leopard cat, *Prionailurus bengalensis* (Carnivora, Felidae) by Conventional staining, G-banding and high-resolution technique. **Cytologia**, 72(1), 101-110.
- Kitchener, A. C., Breitenmoser-Würsten, C., Eizirik, E., Gentry, A., Werdelin, Lars, Wilting, A., Yamaguchi, N., Abramov, A. V., Christiansen, P., Driscoll, C., Duckworth, J. W., Johnson, Warren E., Luo, S. J., Meijaard, E., O'Donoghue, P., Sanderson, J., Seymour, K., Bruford, M., Groves, C., Hoffmann, M., Nowell, K., Timmons, Z. and Tobe, S. (2017). A revised taxonomy of the Felidae: The final report of the Cat Classification Task Force of the IUCN/SSC Cat Specialist Group. **Cat News**, 11(1), 1-80.
- Lyons, L. A. (2012). The Feline Genome and Clinical Implications. **Elsevier Public Health Emergency Collection**, 1(1), 1263–1269.
- Pearson, M. D., Seabright, M. and Maclean, N. (1979). Silver staining of nucleolar organizer regions in the domestic cat, *Felis catus*. **Cytogenetics and Cell Genetics**, 24(4), 245-247.
- Rooney, D. E. (2001). **Human cytogenetics: constitutional analysis**. Oxford: Oxford University Press.
- Sansag, S., Tanomtong, A., Pimpun, S. and Patawang, I. (2017). Cytogenetics of Leopard Cat (*Prionailurus bengalensis*) in Thailand by Conventional Staining and NOR Banding Techniques. **Koch Cha Sarn Journal of Science**, 39(2), 96-108.
- Tanomtong, A., Khunsook, S., Keawmad, P. and Siripiyasing, P. (2008). Karyological Study of the Jungle Cat, *Felis chaus* (Carnivora, Felidae) by Conventional Staining, G-banding and High-resolution Staining Technique. **Cytologia**, 73(1), 61-70.
- Toshihide, H. Y. and Kyoko, K. (1982). Chromosomal alteration and the development of tumors. XXVI. A mammary cancer of the domestic cat characterized by hypodiploid and hypotetraploid modes, with a special note on increase of diploid cells after deep freezing. **The Japanese Journal of Genetics**, 58(1), 1-9.