

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาโครโมโซมของเสือในประเทศไทย 6 ชนิด คือ แมวดาว เสือดำ เสือลายเมฆ เสือกระต่าย เสือไฟ และเสือปลา พบว่าเสือทั้ง 6 ชนิด มีจำนวนโครโมโซม $2n$ เท่ากับ 38 แท่ง ประกอบด้วยโครโมโซมร่างกาย 36 แท่ง และโครโมโซมเพศ 2 แท่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 72 ในเสือดำ เสือกระต่าย และเสือไฟ จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 74 ในแมวดาว เสือลายเมฆ และเสือปลา เสือทั้ง 6 ชนิด มีโครโมโซมร่างกายทุกชนิด คือ ชนิดเมทาเซนตริก ซับเมทาเซนตริก อะโครเซนตริก และเทโลเซนตริก ประกอบด้วยโครโมโซมทุกขนาด (ใหญ่ กลาง และเล็ก) ซึ่งเสือแต่ละชนิดมีสูตรคาริโอไทป์ดังนี้

สูตรคาริโอไทป์ของแมวดาว

$$2n = 38 = L_4^m + L_4^{sm} + L_6^a + M_2^{sm} + M_2^a + S_8^m + S_8^{sm} + S_2^i + \text{sex chromosomes}$$

สูตรคาริโอไทป์ของเสือปลา

$$2n = 38 = L_4^m + L_6^{sm} + L_8^a + M_4^{sm} + S_8^m + S_4^m + S_2^i + \text{sex chromosomes}$$

สูตรคาริโอไทป์ของเสือกระต่าย

$$2n = 38 = L_4^m + L_6^{sm} + L_8^a + S_6^m + S_8^{sm} + S_4^i + \text{sex chromosomes}$$

สูตรคาริโอไทป์ของเสือไฟ

$$2n = 38 = L_4^m + L_4^{sm} + L_6^a + M_2^{sm} + M_2^a + S_6^m + S_8^{sm} + S_4^i + \text{sex chromosomes}$$

สูตรคาริโอไทป์ของเสือลายเมฆ

$$2n = 38 = L_4^m + L_4^{sm} + L_6^a + M_2^{sm} + M_2^a + S_8^m + S_8^{sm} + S_2^i + \text{sex chromosomes}$$

สูตรคาริโอไทป์ของเสือดำ

$$2n = 38 = L_2^m + L_4^{sm} + L_4^a + M_2^m + M_4^{sm} + M_2^a + S_6^m + S_8^{sm} + S_4^i + \text{sex chromosomes}$$

โครโมโซมเอ็กซ์ของแมวดาว เสือลายเมฆ เสือกระต่าย เสือไฟ และเสือปลา เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดกลาง ส่วนเสือดำโครโมโซมเพศเอ็กซ์เป็นชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็ก โครโมโซมวายของแมวดาว เสือดำ เสือลายเมฆ และเสือกระต่าย เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็กที่สุด

เมื่อทำการจัดการโอไทป์ของเชื้อทั้ง 6 ชนิด พบว่าแมวดาว เสือปลา และเสือดาวเมฆ มีโครโมโซมร่างกายแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม โดยกลุ่ม A เป็นโครโมโซมชนิดจับเมทาเซนตริกขนาดใหญ่หรือขนาดกลาง 6 แท่ง กลุ่ม B เป็นชนิดอะโครเซนตริกขนาดใหญ่ หรือขนาดกลาง 8 แท่ง กลุ่ม C เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง กลุ่ม D เป็นชนิดจับเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 8 แท่ง กลุ่ม E เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 8 แท่ง E1 จัดเป็น satellite chromosome กลุ่ม F เป็นชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 2 แท่ง โครโมโซมร่างกายของเสือกระต่าย เสือไฟ เสือดาว แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม โดยกลุ่ม A เป็นโครโมโซมชนิดจับเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ และขนาดกลาง 6 แท่ง กลุ่ม B เป็นชนิดอะโครเซนตริกขนาดใหญ่ และขนาดกลาง 8 แท่ง กลุ่ม C เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ และขนาดกลาง 4 แท่ง กลุ่ม D เป็นชนิดจับเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 8 แท่ง กลุ่ม E เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 6 แท่ง E1 จัดเป็น satellite chromosome กลุ่ม F เป็นชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 4 แท่ง

แถบสีที่พบปรากฏอยู่บนแท่งโครโมโซมใน 1 ชุดโครโมโซมแฮพลอยด์ ประกอบด้วยโครโมโซมร่างกาย และโครโมโซมเพศ (โครโมโซมเอ็กซ์และวาย) ผลจากการศึกษาการข้อมแถบสีจีบนโครโมโซมระยะเมทาเฟสในแมวดาว เสือปลา เสือกระต่าย เสือไฟ เสือดาวเมฆ และเสือดาว พบว่ามีจำนวนแถบสีเท่ากับ 183, 184, 167, 204, 178 และ 163 แถบต่อชุดโครโมโซมแฮพลอยด์ตามลำดับ และมีแถบสีจีบนโครโมโซมระยะโปรเฟสตอนปลายเท่ากับ 236, 211, 183, 245, 222 และ 191 แถบต่อชุดโครโมโซมแฮพลอยด์

จากการเปรียบเทียบคาริโอไทป์ของเชื้อทั้ง 6 ชนิดในประเทศไทยกับแมวบ้าน เนื่องจากแมวบ้านเป็นตัวแทนของสัตว์วงศ์เสือที่นำมาใช้ในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์มากที่สุด โดยแบ่งกลุ่มลักษณะโครโมโซมที่ได้จากการข้อมแถบสีแบบจีเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มโครโมโซมที่มีลักษณะของแถบสีที่เหมือนกัน กลุ่มโครโมโซมที่มีแถบสีคล้ายกัน และกลุ่มโครโมโซมที่มีแถบสีต่างกัน และพบว่าโครโมโซมของเสือดาวมีลักษณะใกล้เคียงกับแมวบ้านมากที่สุด ซึ่งจะพบโครโมโซมในกลุ่มโครโมโซมที่มีลักษณะของแถบสีที่เหมือนกัน และกลุ่มโครโมโซมที่มีแถบสีคล้ายกันเท่านั้น โครโมโซมที่มีแถบสีเหมือนกัน คือ โครโมโซม A1, B3, B4, C1, C2, D1, D3, E1, E2, E3, F1, F2, โครโมโซมเอ็กซ์ และ โครโมโซมวาย โครโมโซมที่มีแถบสีความคล้ายคลึงกัน คือ โครโมโซม A2, A3, B1, B2, D2 และ D4 และโครโมโซมของเสือไฟมีลักษณะแตกต่างจากโครโมโซมของแมวบ้านมากที่สุด โดยโครโมโซมที่มีแถบสีเหมือนกัน คือ โครโมโซม A1, A2, A3, C2, D1, D4, E1, E2, E3, F1, F2 และโครโมโซมเอ็กซ์ โครโมโซมที่มีแถบสีความคล้ายคลึงกัน คือ โครโมโซม C1, D2 และ D4 ส่วนโครโมโซมที่มีแถบสีต่างกัน คือ โครโมโซม B1, B2, B3, B4

และโครโมโซมวายในแมวบ้าน ส่วนในเสือไฟ คือ โครโมโซม B1, B2, B3, B4 ส่วนโครโมโซมวายในเสือไฟนั้นไม่ได้ทำการศึกษาในเพศผู้ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบโครโมโซมวายได้

5.2 จำนวนดีพลอยด์โครโมโซมและโครโมโซมพื้นฐาน

จากการศึกษาโครโมโซมของเสือในประเทศไทย 6 ชนิด คือ แมวดาว เสือดำ เสือลายเมฆ เสือกระต่าย เสือไฟ และเสือปลา พบว่าเสือทั้ง 6 ชนิด มีจำนวนโครโมโซม $2n$ เท่ากับ 38 แท่ง ประกอบด้วยโครโมโซมร่างกาย 36 แท่ง และโครโมโซมเพศ 2 แท่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 72 ในเสือดำ เสือกระต่าย และเสือไฟ จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 74 ในแมวดาว เสือลายเมฆ และเสือปลา สอดคล้องกับ Wurster and Benirschke (1968) ที่รายงานว่าสัตว์ในวงศ์ Felidae สกุล *Felis* และสกุล *Panthera* มีจำนวนโครโมโซม $2n$ เท่ากับ 38 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 72-74 ประกอบด้วยโครโมโซมร่างกาย 36 แท่ง และโครโมโซมเพศ 2 แท่ง สอดคล้องกับ Makino and Tateishi (1952) รายงานการศึกษาโครโมโซมของแมวดาว พบว่ามีจำนวนโครโมโซม $2n$ เท่ากับ 38 แท่ง แต่ไม่ได้รายงานจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน รายงานของ Hsu et al. (1963) ศึกษาจำนวนโครโมโซมของเสือดำ พบว่ามีจำนวนโครโมโซม $2n$ เท่ากับ 38 แท่ง รายงานของ Hsu and Benirschke (1971) ศึกษาโครโมโซมของเสือปลา พบว่ามีจำนวนโครโมโซม $2n$ เท่ากับ 38 แท่ง รายงานของ Wurster-Hill and Gray (1973) พบว่าแมวดาว เสือปลา เสือไฟ และเสือกระต่ายมีโครโมโซมจำนวน $2n$ เท่ากับ 38 แท่งเท่ากัน แต่ไม่ได้รายงานจำนวนโครโมโซมพื้นฐานของเสือทั้ง 4 ชนิด และสอดคล้องกับรายงานของ O'Brien et al. (2006) ซึ่งทำการศึกษาโครโมโซมของเสือลายเมฆ 2 ชนิดย่อย คือ Bornean clouded leopard (*Neofelis nebulosa diardi*) และ mainland clouded leopard (*Neofelis nebulosa*) พบว่ามีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 38 แท่งเท่ากัน ซึ่งไม่ได้รายงานจำนวนโครโมโซมพื้นฐานไว้เช่นกัน

5.3 รูปร่าง ชนิด และขนาดของโครโมโซมร่างกาย และโครโมโซมเพศ

จากการศึกษารูปร่างและขนาดของโครโมโซมเสือทั้ง 6 ชนิดในประเทศไทย พบว่าเสือทั้ง 6 ชนิด มีโครโมโซมร่างกายทุกชนิด คือ ชนิดเมทาเซนตริก ซับเมทาเซนตริก อะโครเซนตริก และเทโลเซนตริก ประกอบด้วยโครโมโซมทุกขนาด (ใหญ่ กลาง และเล็ก) จากผลการศึกษาในแมวดาว และเสือปลาซึ่งเป็นเสือในสกุล *Prionailurus* พบว่ามีชนิดของโครโมโซมร่างกายเหมือนกัน ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริก ขนาดใหญ่และขนาดกลางจำนวน 3 คู่ ชนิดอะโครเซนตริกขนาดใหญ่และขนาดกลางจำนวน 4 คู่ ชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 2 คู่ ชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 4 คู่ เมทาเซนตริกขนาดเล็ก 4 คู่ ชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 1 คู่

แตกต่างจากการศึกษาของ Makino and Tateishi (1952) ซึ่งรายงานชนิดของโครโมโซมร่างกายของแมวขาว คือ ชนิดซัพเทโลเซนตริกขนาดใหญ่ 4 คู่ ชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่หรือกลาง 3 คู่ ชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดกลาง 2 คู่ เป็นชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดเล็ก หรือซัพเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 4 คู่ ชนิดซัพเทโลเซนตริกและมีติ่งของโครโมโซม (satellite) 1 คู่ ชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 3 คู่ ชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 1 คู่ และแตกต่างจากการศึกษาของ Wurster-Hill and Gray (1973) รายงานว่าโครโมโซมร่างกายของแมวขาว และเสือปลา ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก หรือซัพเมทาเซนตริกจำนวน 17 คู่ และอีก 1 คู่ เป็นโครโมโซมชนิดอะโครเซนตริก และยังต่างจากการศึกษาของ Hsu and Benirschke (1971) ที่ศึกษาโครโมโซมของเสือปลา พบว่ามีโครโมโซมร่างกายประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก และซัพเมทาเซนตริกจำนวน 34 แท่ง และโครโมโซมชนิดอะโครเซนตริกจำนวน 2 แท่ง แต่ไม่ได้รายงานขนาดของโครโมโซมไว้

การศึกษาโครโมโซมของเสือกระต่ายซึ่งเป็นเสือในสกุล *Felis* พบว่าโครโมโซมร่างกายประกอบด้วยโครโมโซมชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดใหญ่จำนวน 3 คู่ ชนิดอะโครเซนตริกขนาดใหญ่ 4 คู่ ชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 2 คู่ ชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 4 คู่ เมทาเซนตริกขนาดเล็ก 3 คู่ ชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 2 คู่ แตกต่างจากรายงานของ Wurster-Hill and Gray (1973) พบว่าโครโมโซมร่างกายของเสือกระต่าย ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก หรือซัพเมทาเซนตริกจำนวน 16 คู่ และอีก 2 คู่ เป็นโครโมโซมชนิดอะโครเซนตริก และไม่ได้รายงานขนาดของโครโมโซมไว้

การศึกษาโครโมโซมของเสือไฟซึ่งเป็นเสือในสกุล *Catopuma* พบว่าโครโมโซมร่างกายประกอบด้วยโครโมโซมชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดใหญ่และขนาดกลางจำนวน 3 คู่ ชนิดอะโครเซนตริกขนาดใหญ่และขนาดกลางจำนวน 4 คู่ ชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่จำนวน 2 คู่ ชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 4 คู่ เมทาเซนตริกขนาดเล็ก 3 คู่ ชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 2 คู่ ต่างจากรายงานของ Wurster-Hill and Gray (1973) ที่รายงานว่าโครโมโซมร่างกายของเสือไฟ ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก หรือซัพเมทาเซนตริกจำนวน 16 คู่ และอีก 2 คู่ เป็นโครโมโซมชนิดอะโครเซนตริก และไม่ได้รายงานขนาดของโครโมโซมไว้

การศึกษาโครโมโซมของเสือลายเมฆซึ่งเป็นเสือในสกุล *Neofelis* พบว่าโครโมโซมร่างกายประกอบด้วยโครโมโซมชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดใหญ่และขนาดกลางจำนวน 3 คู่ ชนิดอะโครเซนตริกขนาดใหญ่และขนาดกลางจำนวน 4 คู่ ชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่จำนวน 2 คู่ ชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 4 คู่ เมทาเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 4 คู่ ชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 1 คู่ แตกต่างจากการศึกษาของ O'Brien et al. (2006) ที่รายงานว่า โครโมโซมร่างกายของ

เสื่อลายเมฆ ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก หรือซับเมทาเซนตริกจำนวน 16 คู่ และอีก 2 คู่ เป็นโครโมโซมชนิดอะโครเซนตริก

การศึกษาโครโมโซมของเสือดาวซึ่งเป็นเสือในสกุล *Panthera* พบว่าโครโมโซมร่างกายประกอบด้วยโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดใหญ่และขนาดกลางจำนวน 3 คู่ ชนิดอะโครเซนตริกขนาดใหญ่และขนาดกลาง 4 คู่ ชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่และขนาดกลาง 2 คู่ ชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 4 คู่ เมทาเซนตริกขนาดเล็ก 3 คู่ ชนิดเทโลเซนตริก ขนาดเล็ก 2 คู่ แตกต่างจากการศึกษาของ Hsu et al. (1963) รายงานว่า เสือดาวมีโครโมโซมประกอบด้วยโครโมโซมชนิดซับเทโลเซนตริกขนาดใหญ่จำนวน 4 คู่ โครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่หรือขนาดกลางจำนวน 2 คู่ โครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดกลางจำนวน 3 คู่ โครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริก หรือซับเทโลเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 4 คู่ โครโมโซมชนิดซับเทโลเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 1 คู่ ซึ่งเป็น satellite chromosome โครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 2 คู่ และโครโมโซมชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 2 คู่

โครโมโซมเพศของเสือทั้ง 6 ชนิด ที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ พบว่ามีความแปรผันน้อยมากทั้งโครโมโซมเอ็กซ์ และโครโมโซมวาย จากการศึกษาค้นคว้าลักษณะของโครโมโซมเอ็กซ์ และโครโมโซมวายในเสือทั้ง 6 ชนิด มีความคล้ายกันทั้งรูปร่าง และขนาด โดยโครโมโซมเอ็กซ์ของแมว เสือลายเมฆ เสือกระทาย เสือไฟ และเสือปลา เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดกลาง สอดคล้องกับรายงานของ Makino and Tateishi (1952), Hsu and Rearen (1965), Hsu and Benirschke (1967), Hsu and Benirschke (1971), Wurster-Hill and Gray (1973), O'Brien et al. (2006) ได้รายงานรูปร่างของโครโมโซมเอ็กซ์ของแมว เสือกระทาย เสือปลา เสือไฟ และเสือดาว โดยพบว่าโครโมโซมเอ็กซ์เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดกลาง ส่วนเสือดาวโครโมโซมเพศเอ็กซ์เป็นชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็ก แตกต่างจากรายงานของ Hsu et al. (1963) ที่รายงานว่าโครโมโซมเพศเอ็กซ์ของเสือดาว เป็นโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ การศึกษานี้พบว่า โครโมโซมวายของแมว เสือดาว เสือลายเมฆ และเสือกระทาย เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็กที่สุด สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Makino and Tateishi (1952), Hsu and Rearen (1965), Hsu and Benirschke (1967), Hsu and Benirschke (1971), Hsu et al. (1963), Wurster-Hill and Gray (1973), O'Brien et al. (2006) ที่รายงานว่า โครโมโซมวายของแมว เสือดาว เสือลายเมฆ และเสือกระทาย เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็ก แตกต่างจากรายงานของ Hsu and Rearen (1965) ที่รายงานไว้ว่าโครโมโซมวายของสัตว์กลุ่มเสือเป็นโครโมโซมชนิดอะโครเซนตริกขนาดเล็ก ในรายงานของ Hsu et al. (1963) ทำการศึกษาในเสือดาว พบว่าโครโมโซมเพศวายของเสือดาวเป็นโครโมโซมชนิดซับเทโลเซนตริก

ขนาดเล็ก ส่วนในเสือไฟ และเสือปลาไม่ได้ทำการศึกษาในเพศผู้ ในการกำหนดชนิด และขนาดของโครโมโซมในการศึกษาแต่ละรายงานอาจจะใช้รูปแบบในการกำหนดชนิด และขนาดแตกต่างกันไป ทำให้ผลการศึกษาแตกต่างกันไป

ตารางที่ 12 ผลการศึกษาโครโมโซมของแมวคาว เสือปลา และเสือกระต่าย ในประเทศไทย เปรียบเทียบกับการศึกษาในรายงานก่อนหน้านี้

ชนิดของสัตว์	2n	NF	ชนิดของโครโมโซมร่างกาย				โครโมโซมเพศ		แหล่งอ้างอิง
			m + sm	st	a	t	X	Y	
1. แมวคาว (<i>P. bengalensis</i>)	38	74	26	-	8	2	sm	sm	การศึกษาครั้งนี้
	38	74	34	-	2	-	sm	sm	Wurster and Benirschke (1968)
	38	74	26	8	-	2	sm	sm	Makino and Tateishi (1952)
	38	-	34	-	2	-	sm	sm	Wurster-Hill and Gray (1973)
2. เสือปลา (<i>P. viverrinus</i>)	38	74	26	-	8	2	sm	-	การศึกษาครั้งนี้
	38	74	34	-	2	-	sm	sm	Wurster and Benirschke (1968)
	38	74	34	-	2	-	sm	sm	Hsu and Benirschke (1971)
	38	-	34	-	2	-	sm	sm	Wurster-Hill and Gray (1973)
3. เสือกระต่าย (<i>F. chaus</i>)	38	72	24	-	8	4	sm	sm	การศึกษาครั้งนี้
	38	-	32	-	4	-	sm	sm	Wurster-Hill and Gray (1973)

หมายเหตุ m = metacentric chromosome; sm = submetacentric chromosome;
a = acrocentric chromosome; t = telocentric chromosome;
st = subtelocentric chromosome

ตารางที่ 13 ผลการศึกษาโครโมโซมของเสือไฟ เสือลายเมฆ และเสือดำในประเทศไทย
เปรียบเทียบกับการศึกษาในรายงานก่อนหน้านี้

ชนิดของสัตว์	2n	NF	ชนิดของโครโมโซมร่างกาย				โครโมโซมเพศ		แหล่งอ้างอิง
			m + sm	st	a	t	X	Y	
4. เสือไฟ (<i>C. temminckii</i>)	38	72	24	-	8	4	sm	-	การศึกษาครั้งนี้
	38	-	32	-	4	-	sm	sm	Wurster-Hill and Gray (1973)
5. เสือลายเมฆ (<i>N. nebulosa</i>)	38	74	26	-	8	2	sm	sm	การศึกษาครั้งนี้
	38	-	32	-	4	-	sm	sm	O'Brien et al. (2006)
6. เสือดำ (<i>P. pardus</i>)	38	72	24	-	8	4	sm	sm	การศึกษาครั้งนี้
	38	-	22	10	-	4	sm	st	Hsu et al. (1963)

หมายเหตุ m = metacentric chromosome; sm = submetacentric chromosome;

a = acrocentric chromosome; t = telocentric chromosome;

st = subtelocentric chromosome

5.4 การไอโทปีของเสือทั้ง 6 ชนิด ในประเทศไทย

การจัดการไอโทปีของเสือทั้ง 6 ชนิด ขีดหลักการตามการจัดในแมวบ้านดังรายงานของ Wurster-Hill and Centerwall (1982) เมื่อทำการจัดการไอโทปีของเสือทั้ง 6 ชนิด พบว่าการไอโทปีของเสือทั้ง 6 ชนิด มี 2 แบบ แบบแรกพบในแมวตัว เสือปลา และเสือลายเมฆ มีโครโมโซมร่างกายแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม โดยกลุ่ม A เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดใหญ่หรือขนาดกลาง 6 แท่ง กลุ่ม B เป็นชนิดอะโครเซนตริกขนาดใหญ่ หรือขนาดกลาง 8 แท่ง กลุ่ม C เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง กลุ่ม D เป็นชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 8 แท่ง กลุ่ม E เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 8 แท่ง E1 จัดเป็น satellite chromosome กลุ่ม F เป็นชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 2 แท่ง และโครโมโซมเพศจัดไว้คู่สุดท้าย โดยโครโมโซมเอ็กซ์เป็นชนิด ซับเมทาเซนตริกขนาดกลาง และโครโมโซมวายเป็นชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็กที่สุด สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ O'Brien et al. (2006), Wurster and Benirschke (1968), Wurster-Hill and Gray

(1973), Hsu and Benirschke (1971) แต่มีความแตกต่างจากการศึกษาของ Makino and Tateishi (1952) ซึ่งแบ่งโครโมโซมออกเป็น 8 กลุ่ม โดยรวมโครโมโซมเพศไว้ในกลุ่มต่าง ๆ คือกลุ่ม A เป็นชนิดซัพเทโลเซนตริกขนาดใหญ่ 4 คู่ กลุ่ม B เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่หรือกลาง 3 คู่ กลุ่ม C เป็นชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดกลาง 2 คู่ ซึ่งโครโมโซมเพศอีกคู่ก็จัดไว้ในกลุ่มนี้เช่นกัน กลุ่ม D เป็นชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดเล็กหรือซัพเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 4 คู่ กลุ่ม E เป็นชนิดซัพเทโลเซนตริกและมีติ่งของโครโมโซม (satellite) 1 คู่ กลุ่ม F เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 3 คู่ กลุ่ม G เป็นชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็ก มีมากที่สุด 1 คู่ กลุ่ม H เป็นโครโมโซม Y เป็นชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดเล็ก

แบบที่สองพบในเสือกระดาษ เสือไฟ เสือดาว มีโครโมโซมร่างกายแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม โดยกลุ่ม A เป็นโครโมโซมชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ และขนาดกลาง 6 แท่ง กลุ่ม B เป็นชนิดอะโครเซนตริกขนาดใหญ่ และขนาดกลาง 8 แท่ง กลุ่ม C เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ และขนาดกลาง 4 แท่ง กลุ่ม D เป็นชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 8 แท่ง กลุ่ม E เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 6 แท่ง E1 จัดเป็น satellite chromosome กลุ่ม F เป็นชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 4 แท่ง โครโมโซมเอ็กซ์เป็นชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดเล็ก และโครโมโซมวายเป็นชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดเล็กที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Wurster-Hill and Gray (1973); O'Brien et al. (2006) แตกต่างจากรายงานของ Hsu et al. (1963) ที่ทำการจัดคาริโอไทป์ของเสือดาว พบว่ากลุ่ม A เป็นโครโมโซมชนิดซัพเทโลเซนตริกขนาดใหญ่จำนวน 4 คู่ กลุ่ม B เป็นโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ หรือขนาดกลางจำนวน 2 คู่ และจัดโครโมโซมเพศอีกคู่อยู่ในกลุ่มนี้ด้วย กลุ่ม C เป็นโครโมโซมชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดกลางจำนวน 3 คู่ กลุ่ม D เป็นโครโมโซมชนิดซัพเมทาเซนตริก หรือซัพเทโลเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 4 คู่ กลุ่ม E เป็นโครโมโซมชนิดซัพเทโลเซนตริกขนาดเล็ก จำนวน 1 คู่ ซึ่งเป็น satellite chromosome กลุ่ม F เป็นโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 2 คู่ กลุ่ม G เป็นโครโมโซมชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 2 คู่ และกลุ่ม H เป็นโครโมโซมเพศวายซึ่งเป็นโครโมโซมชนิดซัพเทโลเซนตริกขนาดเล็ก และแตกต่างจากการจัดกลุ่มโครโมโซมของ Hsu and Rearen (1965) โดยแบ่งโครโมโซมร่างกายออกเป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่ม A เป็นโครโมโซมชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดใหญ่จำนวน 3 คู่ กลุ่ม B เป็นชนิดซัพเทโลเซนตริกขนาดใหญ่จำนวน 4 คู่ กลุ่ม C เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่จำนวน 2 คู่ กลุ่ม D เป็นชนิดซัพเมทาเซนตริก และซัพเทโลเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 4 คู่ กลุ่ม E เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 3 คู่ กลุ่ม F เป็นชนิดเทโลเซนตริก หรืออะโครเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 2 คู่ และโครโมโซมเพศจัดไว้คู่สุดท้าย

ความแตกต่างกันของโครโมโซมทั้ง 2 รูปแบบ เกิดจากจำนวนโครโมโซมในกลุ่ม E และกลุ่ม F ไม่เท่ากัน แบบแรกจะมีโครโมโซมในกลุ่ม E จำนวน 4 คู่ โครโมโซมในกลุ่ม F จำนวน 1 คู่ ส่วนแบบที่สองจะมีโครโมโซมในกลุ่ม E จำนวน 3 คู่ โครโมโซมในกลุ่ม F จำนวน 2 คู่ ซึ่งจำนวนโครโมโซมที่แตกต่างกันนี้ O'Brien et al. (2006) รายงานว่าวิวัฒนาการของโครโมโซมในสัตว์กลุ่มเสียนั้น คาดว่าโครโมโซมในกลุ่ม F ซึ่งเป็นโครโมโซมชนิดอะโครเซนตริก สัตว์กลุ่มนี้ในอดีตจะมีโครโมโซมในกลุ่ม F จำนวน 3 คู่ แต่ต่อมาจำนวนโครโมโซมในกลุ่มนี้ได้ลดจำนวนลงเหลือ 1 คู่ และ 2 คู่ และพบว่าโครโมโซม F1 จะถูกอนุรักษ์ไว้ในคาริโอไทป์ของสัตว์ในกลุ่มเสียนั้น ส่วนโครโมโซม F2 และ F3 สามารถรวมกันเป็นโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกได้ ส่วนวิวัฒนาการของโครโมโซม E4 พบว่าเกิดจาก pericentric inversion ของโครโมโซม F3 เป็นผลให้คาริโอไทป์ทั้ง 2 แบบ มีจำนวนโครโมโซมในแต่ละกลุ่มต่างกัน

5.5 โครโมโซมเครื่องหมายของสัตว์วงศ์เสียนในประเทศไทย

โครโมโซมเครื่องหมาย คือ โครโมโซมที่มีลักษณะเฉพาะที่สามารถตรวจสอบได้ในสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ โครโมโซมเครื่องหมายในเสียนั้น 6 ชนิดในประเทศไทย พบว่าสามารถตรวจพบ satellite chromosome อยู่บนแขนข้างสั้นของโครโมโซม E1 ซึ่งเป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็กเพียงคู่เดียว แซทเทลไลต์โครโมโซมเป็นโครโมโซมที่มีรอยคอดที่สอง และมีบริเวณของ nucleolar organizer regions (NORs) อยู่บนแขนของโครโมโซม สอดคล้องกับรายงานของ Makino and Tateishi (1952), Hsu and Rearen (1965), Hsu and Benirschke (1967), Hsu and Benirschke (1971), Wurster-Hill and Gray (1973), O'Brien et al. (2006) ที่ได้รายงานไว้เช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าในสัตว์วงศ์เสียนั้นทุกชนิดจะมีบริเวณของ NORs อยู่บนแขนข้างสั้นของโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก ซึ่งเป็นโครโมโซมในกลุ่ม E1 เมื่อตรวจดูเซลล์ระยะเมทาเฟสของเสียนั้น 6 ชนิด จะสังเกตเห็นโครโมโซมเครื่องหมาย คือ โครโมโซม A1 ซึ่งเป็นโครโมโซมชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ที่สุด นอกจากนี้ในแมวขาว เสือกระดาษ เสือลายเมฆ และเสือดาว ยังพบว่าโครโมโซมวายเป็นโครโมโซมชนิดซัพเมทาเซนตริกขนาดเล็กที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hsu and Rearen (1965), Hsu and Benirschke (1967), Hsu and Benirschke (1971), Wurster-Hill and Gray (1973), O'Brien et al. (2006)

5.6 จำนวนแถบสีบนโครโมโซมจากการย้อมแถบสีแบบจี และแถบสีแบบจีที่ให้รายละเอียดสูง ต่อชุดโครโมโซมแอสพลอยด์

จากการย้อมแถบสีแบบจี ทำให้เห็นแท่งโครโมโซมมีลักษณะของแถบสีคำ และแถบสีสว่าง หนึ่งแถบหรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับวิธีการย้อมแถบสีที่ใช้ ประโยชน์ของการย้อมแถบสี คือ สามารถใช้ในการจับคู่โครโมโซมได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น และยังสามารถตรวจสอบความผิดปกติของโครโมโซมได้ ในการเปรียบเทียบคาริโอไทป์ของสัตว์ต่าง ๆ จะต้องใช้วิธีการย้อมแถบสีแบบเดียวกัน จึงจะได้จำนวนแถบสีที่ใกล้เคียงกัน และสามารถใช้ในการเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง Mitelman (1995) รายงานว่าจำนวนแถบบนแท่งโครโมโซม ถูกกำหนดโดยจำนวนแถบที่ปรากฏจากการย้อมแถบสีในชุดโครโมโซมแอสพลอยด์ ประกอบด้วยโครโมโซมร่างกาย และโครโมโซมเพศ ในการศึกษาครั้งนี้ได้นับแถบสีที่ปรากฏบนแท่งโครโมโซมที่มีความชัดเจนเท่านั้น ผลจากการศึกษาการย้อมแถบสีจีบนโครโมโซมระยะเมทาเฟสในแมวดาว เสือปลา เสือกระต่าย เสือไฟ เสือลายเมฆ และเสือดาว เท่ากับ 183, 184, 167, 204, 178 และ 163 แถบต่อชุดโครโมโซมแอสพลอยด์ ตามลำดับ และมีแถบสีจีบนโครโมโซมระยะโปรเฟสตอนปลายเท่ากับ 236, 211, 183, 245, 222 และ 191 แถบต่อชุดโครโมโซมแอสพลอยด์ ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้ยังมีความระเอียดของแถบสีค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับการศึกษาของ Ronne (1995) ที่ศึกษาไว้ในแมวบ้าน พบว่าจากการย้อมแถบสีแบบจี ได้แถบสีทั้งหมด 260 แถบต่อชุดโครโมโซมแอสพลอยด์

จากรายงานของ Yang et al. (2000) ทำการศึกษาแถบสีที่ปรากฏบนแท่งโครโมโซมจากการย้อมแถบสีแบบจี พบว่ามีแถบสีบนโครโมโซมระยะเมทาเฟสในแมวบ้านเท่ากับ 317 แถบต่อชุดโครโมโซมแอสพลอยด์ และจากผลการศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ของเสือทั้ง 6 ชนิดในประเทศไทย โดยใช้เทคนิคการย้อมแถบสีแบบจีที่ให้รายละเอียดสูง พบว่าสามารถให้รายละเอียดของแถบสี และจำนวนแถบสีที่เกิดขึ้นบนแท่งโครโมโซมมากกว่าการย้อมแถบสีแบบจี ซึ่งนับว่ามีประโยชน์มากในการตรวจสอบความผิดปกติในจุดเล็ก ๆ บนแท่งโครโมโซมได้

5.7 การเปรียบเทียบคาริโอไทป์ของเสือทั้ง 6 ชนิดในประเทศไทย กับคาริโอไทป์ของแมวบ้าน

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการเปรียบเทียบคาริโอไทป์ของเสือทั้ง 6 ชนิด ในประเทศไทย กับคาริโอไทป์ของแมวบ้าน โดยใช้คาริโอไทป์จากการย้อมแถบสีแบบจี เมื่อนำคาริโอไทป์ของแมวดาวที่ได้จากการย้อมแถบสีแบบจีเปรียบเทียบกับคาริโอไทป์ของแมวบ้านที่อ้างอิงจาก Nie et al. (2002) พบโครโมโซมที่มีแถบสีเหมือนกัน คือ โครโมโซม A1, A2, A3, B3, B4, C1, C2, D3, D4, E1, E3, F1 ของแมวดาวเหมือนกับ F2 ของแมวบ้าน และโครโมโซมเอ็กซ์ โครโมโซมที่มีแถบสีความคล้ายคลึงกัน คือ โครโมโซม B1, B2, D2 และ E2 ส่วนโครโมโซมที่มีแถบสีต่างกัน คือ

โครโมโซม D1, F1 และโครโมโซมวายในแมวบ้าน ส่วนในแมวดาว คือ โครโมโซม D1, E4 และโครโมโซมวาย ในเสือดาวพบโครโมโซมที่มีแถบสีเหมือนกัน คือ โครโมโซม A1, B3, B4, C1, C2, D1, D3, E1, E2, E3, F1, F2, โครโมโซมเอ็กซ์ และโครโมโซมวาย โครโมโซมที่มีแถบสีความคล้ายคลึงกัน คือ โครโมโซม A2, A3, B1, B2, D2 และ D4 ในเสือลายเมฆพบโครโมโซมที่มีแถบสีเหมือนกัน คือ โครโมโซม A1, B3, B4, C1, C2, D1, D4, E1, E3, F1 และโครโมโซมเอ็กซ์ โครโมโซมที่มีแถบสีความคล้ายคลึงกัน คือ โครโมโซม A2, A3, D2, D3, E2 และโครโมโซมวาย ส่วนโครโมโซมที่มีแถบสีต่างกัน คือ โครโมโซม B1, B2 และ F2 ในแมวบ้าน ส่วนในเสือลายเมฆ คือ โครโมโซม B1, B2 และ E4

ในเสือกระท่ายพบโครโมโซมที่มีแถบสีเหมือนกัน คือ โครโมโซม B1, B2, D1, D4, E3, F2 และโครโมโซมเอ็กซ์ โครโมโซมที่มีแถบสีความคล้ายคลึงกัน คือ โครโมโซม A1, A2, A3, B3, B4, C1, C2, D2, E1, E2, F1 และโครโมโซมวาย ส่วนโครโมโซมที่มีแถบสีต่างกัน คือ โครโมโซม D3 ในแมวบ้าน ส่วนในเสือกระท่าย คือ โครโมโซม D3 ในเสือไฟพบโครโมโซมที่มีแถบสีเหมือนกัน คือ โครโมโซม A1, A2, A3, C2, D1, D4, E1, E2, E3, F1, F2 และโครโมโซมเอ็กซ์ โครโมโซมที่มีแถบสีความคล้ายคลึงกัน คือ โครโมโซม C1, D2 และ D4 ส่วนโครโมโซมที่มีแถบสีต่างกัน คือ โครโมโซม B1, B2, B3, B4 และโครโมโซมวายในแมวบ้าน ส่วนในเสือไฟ คือ โครโมโซม B1, B2, B3, B4 สำหรับโครโมโซมวายในเสือไฟนั้นไม่ได้ทำการศึกษาในเพศผู้ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบโครโมโซมวายได้ ในเสือปลาพบโครโมโซมที่มีแถบสีเหมือนกัน คือ โครโมโซม A1, A2, A3, B1, B2, B4 และโครโมโซมเอ็กซ์ โครโมโซมที่มีแถบสีความคล้ายคลึงกัน คือ โครโมโซม B3, C1, C2, D1, D2, D3, D4, E1, E2, E3 และ F1 ของแมวบ้านเหมือนกับ F2 ของเสือปลา ส่วนโครโมโซมที่มีแถบสีต่างกัน คือ F1 และโครโมโซมวายในแมวบ้าน ส่วนในเสือปลา คือ โครโมโซม E4 สำหรับโครโมโซมวายในเสือปลานั้นไม่ได้ทำการศึกษาในเพศผู้ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบโครโมโซมวายได้

จากการศึกษาครั้งนี้เป็นรายงานแรกที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบคาริโอไทป์ของเสือทั้ง 6 ชนิดในประเทศไทยกับแมวบ้าน ผลจากการศึกษาพบว่า ลักษณะของแถบสีที่ปรากฏบนแท่งโครโมโซมของเสือดาวมีความใกล้เคียงกับแถบสีที่ปรากฏบนแท่งโครโมโซมของแมวบ้านมากที่สุด ซึ่งจะพบโครโมโซมในกลุ่มโครโมโซมที่มีลักษณะของแถบสีที่เหมือนกัน และกลุ่มโครโมโซมที่มีแถบสีคล้ายกันเท่านั้น พบว่าโครโมโซมของเสือไฟมีลักษณะแตกต่างจากโครโมโซมของแมวบ้านมากที่สุด โดยพบว่ามีโครโมโซมที่มีแถบสีต่างกันถึง 5 แท่ง คือ โครโมโซม B1, B2, B3, B4 และโครโมโซมวายในแมวบ้าน ส่วนในเสือไฟ คือ โครโมโซม B1, B2, B3, B4 ส่วนโครโมโซมวายในเสือไฟนั้นไม่ได้ทำการศึกษาในเพศผู้ ซึ่งลักษณะของแถบแบนที่ปรากฏบนโครโมโซมตัวกลุ่มนี้

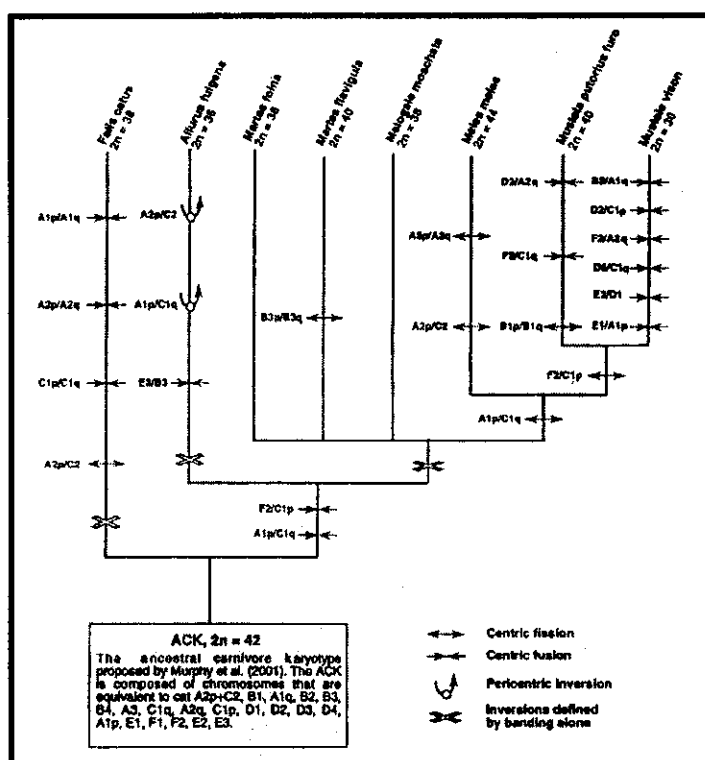
แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก สอดคล้องกับรายงานของ Nash and O'Brien (1982) ที่รายงานว่าโครโมโซมที่ย้อมแถบสีแบบจีของสัตว์กินเนื้อ โดยเฉพาะสัตว์กลุ่มเสือมีการอนุรักษ์ชิ้นส่วนของโครโมโซมมากที่สุด ส่วนโครโมโซมที่มีการอนุรักษ์มากที่สุด คือ โครโมโซมเอ็กซ์ของเสือทุกชนิด สอดคล้องกับรายงานของ Nash and O'Brien (1982), Yang et al. (2000), Wurster-Hill and Centerwall (1982), Wurster-Hill and Gray (1973) ที่รายงานว่าโครโมโซมเพศเอ็กซ์ของสัตว์กลุ่มสัตว์กินเนื้อมีการอนุรักษ์มาก รวมถึงมีความเหมือนกับโครโมโซมเพศเอ็กซ์ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมกลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากสัตว์เหล่านี้มีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน

5.8 วิวัฒนาการของโครโมโซมในสัตว์กลุ่มเสือ

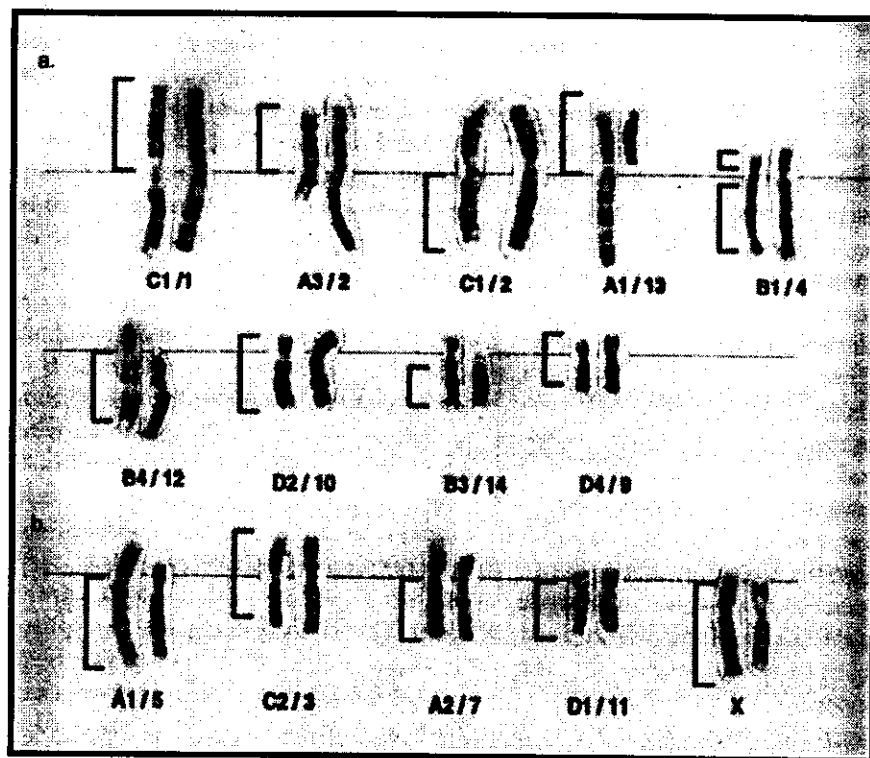
สัตว์กลุ่มเสือเป็นสัตว์ที่อยู่ในอันดับสัตว์กินเนื้อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 อันดับย่อย คือ อันดับย่อย Caniformia ตัวอย่างสัตว์ในกลุ่มนี้ คือ กลุ่มสุนัข อีเห็น หมี และอันดับย่อย Feliformia ซึ่งสัตว์ในกลุ่มนี้ได้แก่ เสือทุกชนิด ไฮยีน่า อีเห็น และพังพอน จากรายงานของ Nie et al. (2002); Perelman et al. (2005) รายงานจำนวนโครโมโซมเริ่มต้นของสัตว์กินเนื้อ (ancestral carnivore karyotype, ACK) ซึ่งคาดว่าจะมีจำนวนโครโมโซม $2n$ เท่ากับ 42 แท่ง และวิวัฒนาการของโครโมโซมของอันดับย่อย Feliformia ส่วนใหญ่แล้วเกิดจากการเชื่อมกันของโครโมโซมบริเวณเซนโตรเมียร์ (centric fusion) รายงานของ Perelman et al. (2005) รายงานวิวัฒนาการโครโมโซมของแมว จากโครโมโซมของ AFC เกิดการรวมกันของโครโมโซมคู่ที่ $8+10$ คู่ที่ $3+15$ แขนข้างยาวของคู่ที่ $1+9$ และเกิดการต่อสลับกลับในส่วนของโครโมโซมคู่ที่ 2 ทำให้จำนวนโครโมโซมลดลงเหลือ 38 แท่ง จากโครโมโซมของ AFC การศึกษาของ O'Brien et al. (2006) ได้รายงานจำนวนโครโมโซมเริ่มต้นของสัตว์กินเนื้อ พบว่ามีจำนวนโครโมโซม $2n$ เท่ากับ 38 แท่ง ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Nie et al. (2002), Perelman et al. (2005) และรายงานวิวัฒนาการของโครโมโซมในสัตว์กลุ่มนี้ อาจเกิดได้ 2 แบบ คือ แบบแรกเกิดในกลุ่มหมี (Ursidae) และกลุ่มสุนัข (Canidae) โดยมีการเพิ่มของจำนวนโครโมโซมตั้งแต่ 38-78 แท่ง ซึ่งคาดว่าจะเกิดจากการหักบริเวณเซนโตรเมียร์ (centric fissions) ของโครโมโซม ACK ทำให้จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้น แบบที่สองเป็นแบบที่เกิดขึ้นในกับสัตว์กินเนื้อส่วนใหญ่ จากจำนวนโครโมโซมของ ACK จะมีทั้งการเพิ่มจำนวนโครโมโซมที่เกิดจากการหัก (fission) การลดจำนวนโครโมโซมที่เกิดจากการเชื่อมกัน (fusion) นอกจากนี้ยังเกิดจากการหักแล้วต่อกลับของโครโมโซม (inversion)

การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมนี้ เป็นกระบวนการทางวิวัฒนาการ ที่เกิดจากการสะสมความแตกต่างทางพันธุกรรมที่เป็นผลมาจากการกลาย สำหรับการกลายของโครโมโซมเป็นการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมจากการแตกหักของแท่งโครโมโซมอาจจะเกิดตำแหน่งเดียว หรือ

หลายตำแหน่ง ชิ้นส่วนที่แตกหักไปอาจเกิดการเชื่อมกัน อาจอยู่เป็นอิสระต่อกัน บางชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กอาจจะสูญหายไป ซึ่งการกลายของโครโมโซมนั้นมักเกิดขึ้นขณะมีการแบ่งเซลล์ หากเกิดในเซลล์สืบพันธุ์ก็อาจจะถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อ ๆ ไปได้ แต่สิ่งมีชีวิตก็สามารถคิดขวงความผิดปกตินี้ได้ หากเซลล์สืบพันธุ์ไม่สามารถเข้าคู่กันได้ ก็จะไม่มีการส่งผ่านไปยังสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อ ๆ ไปได้ จากการศึกษาการโอโทปีของเสือทั้ง 6 ชนิด พบว่าการอนุรักษการโอโทปีสูง นอกจากจะมีจำนวนโครโมโซม $2n$ เท่ากันแล้ว รูปร่าง ชนิด และขนาดของโครโมโซมยังใกล้เคียงกันด้วย จากการศึกษาแถบสีที่ปรากฏบนแท่งโครโมโซมยังพบว่ามีความคล้ายคลึงกันมาก สอดคล้องกับรายงานของ วิวัฒน์ ชวนะนิกุล (2540), Perelman et al. (2005), Nash and O'Brien (1982), Pathak and Wurster-Hill (1977), Yang et al. (2000), Wurster-Hill and Centerwall (1982) รายงานว่าในกลุ่มสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ที่เป็นสัตว์เลี้ยงในคอก พบว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะมีการอนุรักษการโอโทปีมากที่สุด ทั้งจำนวน และรูปร่างของโครโมโซม โครโมโซมที่มีการอนุรักษมากที่สุด คือ โครโมโซมเพศเอ็กซ์ ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกันในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกชนิด Lewis (2005) รายงานว่า โครโมโซมของแมวบ้านมีความใกล้เคียงกับโครโมโซมของมนุษย์ร้อยละ 35 ส่วนที่มีการอนุรักษไว้แสดงไว้ในภาพที่ 86



ภาพที่ 85 ไดอะแกรมการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมที่เกิดขึ้นระหว่างการวิวัฒนาการของสัตว์อันดับย่อย Feliformia (ที่มา Nie et al., 2002)



ภาพที่ 86 แสดงการเปรียบเทียบแถบสีที่เหมือนกันของโครโมโซมเมวบ้าน
กับโครโมโซมของมนุษย์ (ที่มา Lewis, 2005)

สัตว์กลุ่มเสือเป็นกลุ่มที่มีลักษณะภายนอกแตกต่างกันมาก แต่มีจำนวนโครโมโซม $2n$ เท่ากับ 38 แท่ง เช่นเดียวกับในเมวบ้าน โดยรายละเอียดของชนิดโครโมโซมต่างกันเล็กน้อย และที่โครโมโซม E1 มีลักษณะพิเศษ คือ มี satellite ซึ่งไม่พบบ่อยนักในสัตว์เลี้ยง และยังพบในสัตว์กลุ่มนี้ทุกชนิดด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสัตว์กลุ่มนี้มีการอนุรักษ์โครโมโซมไว้สูงมากเมื่อเทียบกับสัตว์กินเนื้อกลุ่มต่าง ๆ (วิวัฒน์ ชวนะนิกุล, 2541) สัตว์กลุ่มเสือเป็นสัตว์ที่มีวิวัฒนาการมานาน มีการพัฒนาโครงสร้างทางกายภาพและพฤติกรรมที่ทำให้เป็นสัตว์กินเนื้อที่มีประสิทธิภาพสูงในธรรมชาติ ปัจจุบันปัญหาป่าไม้ถูกทำลายส่งผลให้จำนวนของสัตว์ป่าหลาย ๆ ชนิดลดลง รวมถึงสัตว์กลุ่มนี้ด้วย ปกติแล้วสัตว์กลุ่มนี้จะไม่มีการผสมข้ามสายพันธุ์กัน เป็นเพราะลักษณะภายนอกที่แตกต่างกัน แต่จากการศึกษาโครโมโซมพบว่าจำนวนโครโมโซมและชนิดของโครโมโซมของเสือหลาย ๆ ชนิดมีความคล้ายคลึงกัน จึงทำให้ปัจจุบันมีการผสมข้ามสายพันธุ์ของเสือต่าง ๆ เช่น การผสมข้ามระหว่างสิงโตและเสือโคร่ง จะทำให้ลูกผสมที่ได้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยลูกผสมที่ได้เรียกว่าไทกอน (Tigon) เกิดจากพ่อเสือกับแม่สิงโต ส่วนไลเกอร์ (Liger) เกิดจากพ่อสิงโตกับแม่เสือ และพบว่ามีความจำนวนโครโมโซม $2n$ เท่ากับ 38 แท่ง (ศลิษา สถาปนวัฒน์ และอดัน ราบินowitz, 2538)

5.9 ข้อเสนอแนะ และงานวิจัยที่ควรดำเนินการต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาโครโมโซมของเสือ 6 ชนิด ในประเทศไทย ศึกษาโครโมโซมจากการย้อมสีแบบธรรมดา แถบสีแบบจี และแถบสีแบบจีที่ให้รายละเอียดสูง การศึกษาครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแบบแผนโครโมโซมของเสือทั้ง 6 ชนิด พบว่าเสือทั้ง 6 ชนิดมีความใกล้เคียงกันของแบบแผนโครโมโซม แต่อย่างไรก็ตาม ในอนาคตควรทำการศึกษาเสือทั้ง 9 ชนิดที่มีอยู่ในประเทศไทย เพื่อจะได้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านพันธุกรรมของสัตว์กลุ่มนี้ต่อไป โดยเสือที่ไม่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ คือ แมวลายหินอ่อน และแมวป่าหัวแบน ซึ่งสัตว์ทั้ง 2 ชนิดนี้จัดว่าเป็นสัตว์ที่มีแนวโน้มที่จะสูญพันธุ์ และมีจำนวนน้อยมากในสวนสัตว์ เสืออีกชนิดหนึ่งคือ เสือโคร่ง การศึกษาครั้งนี้ พบว่าเสือทั้ง 6 ชนิดมีบริเวณของ nucleolar organizer regions (NORs) อยู่บนแขนข้างสั้นของโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก ซึ่งเป็นโครโมโซมในกลุ่ม E1 เพื่อยืนยันผลการศึกษาก็ควรมีการย้อมสีแบบ NOR-banding หรือการย้อมโครโมโซมแบบซีแบนซึ่งเป็นการศึกษาการกระจายตัวของเฮเทอโรโครมาตินบนแขนของโครโมโซมร่วมด้วย และจากการศึกษาโครโมโซมจากการย้อมแถบสีจี เพื่อทำการตรวจสอบแบบที่เกิดขึ้นบนแท่งโครโมโซม ควรศึกษาด้วยการย้อมแถบสีอาร์แถบแบบที่เกิดขึ้นจะตรงข้ามกับแถบสีจี และสามารถตรวจหาจุดที่มีการหักแล้วต่อสลับของชิ้นส่วนโครโมโซมได้ นอกจากนี้การศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ในระดับโมเลกุล โดยวิธี fluorescent in situ hybridization (FISH) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มเติมความรู้ในด้านสายวิวัฒนาการของสัตว์กลุ่มนี้ได้

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามียารงานการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางด้านพันธุศาสตร์เซลล์ของสัตว์วงศ์เสือในประเทศไทยน้อยมาก ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีประโยชน์อย่างมากโดยเฉพาะในด้านการปรับปรุงพันธุ์ และการอนุรักษ์ ซึ่งการเก็บข้อมูลพันธุ์ประวัตินี้ สามารถนำมาตรวจสอบความผิดปกติต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะเป็นตัววัดความสมบูรณ์พันธุ์ของสัตว์ตัวนั้น ๆ ข้อมูลทางคาริโอไทป์ก็จัดเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อตัวสัตว์ และผู้วางแผนการผสมพันธุ์ ซึ่งในเสือทั้ง 6 ชนิด จัดเป็นสัตว์ป่าที่อยู่ในสถานภาพใกล้จะสูญพันธุ์ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาข้อมูลทางด้านพันธุกรรม ตลอดจนข้อมูลทางด้านชีววิทยาอื่น ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในด้านการอนุรักษ์ และขยายพันธุ์ต่อไป