บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อนุกรมวิธานของสัตว์จำพวกเสือในประเทศไทย

เสือจัดเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จัดอยู่ในอันดับสัตว์กินเนื้อ สัตว์ในกลุ่มเสือ หมายถึง เสือและแมวทุกชนิด จัดเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตในวงศ์ฟีลิดี (Felidae) โดยทั่วไปสัตว์กินเนื้อบนบกมีลักษณะร่วมกัน คือ มีเขี้ยวที่ใช้ฆ่าเหยื่อ มีฟันกรามคมเหมาะสำหรับตัดเนื้อ ซึ่งพัฒนามาจากฟันกรามที่ทำหน้าที่บดเคี้ยว นอกจากนี้สัตว์กินเนื้อยังได้พัฒนาลักษณะอีกหลายประการเพื่อการล่า เช่น ข้อต่อกระดูกสันหลังจะยืดหยุ่นมากเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่ง การเร่งความเร็ว และการกระโจน สัตว์ในกลุ่มเสือเป็นกลุ่มสัตว์กินเนื้อที่มีความสามารถในการปีนป่าย เสือทุกชนิดมีกรามสั้นแข็งแรง และมีเขี้ยวอยู่ 2 คู่ สำหรับกัดเหยื่อ (ศลิษา สถาปนวัฒน์ และอลัน ราบิโนวิทซ์, 2538)

เสือที่พบในประเทศไทยมีทั้งหมด 6 สกุล 9 ชนิด ได้แก่ แมวลายหินอ่อน (marbled cat, *Pardofelis marmorata* Martin, 1837) เสือปลา (fishing cat, *Prionailurus viverrinus* Bennett, 1833) แมวดาว (leopard cat, *Prionailurus bengalensis* Kerr, 1792) แมวป่าหัวแบน (flat-headed cat, *Prionailurus planiceps* Vigors and Horsfield, 1827) แมวป่าหรือเสือกระต่าย (jungle cat, *Felis chaus* Guldenstaedt, 1776) เสือไฟ (Asiatic golden cat, *Catopuma temminckii* Vigors and Horsfield, 1827) เสือลายเมฆ (clouded leopard, *Neofelis nebulosa* Griffish, 1821) เสือดาวหรือเสือดำ (leopard, *Panthera pardus* Linnaeus, 1758) และเสือโคร่ง (tiger, *Panthera tigris* Linnaeus, 1758) การจัดจำแนกในการศึกษาครั้งนี้จัดจำแนกตาม Wilson and Cole (2000) ในบางการศึกษาจะจัดจำแนกเสือตาม Ellerman และ Morrison-Scott โดยจัดอยู่ใน 3 สกุล คือ เสือสกุลฟีลิส (*Felis*) มี 6 ชนิด จาก 29 ชนิดทั่วโลก คือ แมวลายหินอ่อน เสือปลา แมวดาว แมวป่าหัวแบน แมวป่า และเสือไฟ เสือสกุลนีโอฟีลิส (*Neofelis*) มี 1 ชนิด คือ เสือลายเมฆ ซึ่งเป็นเสือเพียงชนิดเดียวในสกุลนี้ เสือสกุลแพนเทอรา (*Panthera*) มี 2 ชนิด จาก 5 ชนิด ในโลก ได้แก่ เสือโคร่งและเสือดาว เสือในสกุลแพนเทอราอีก 3 ชนิด คือ สิงโต (lion, *Panthera leo*) ซึ่งเป็นสัตว์ที่ไม่มีในประเทศไทย ในสภาพธรรมชาติจะพบได้ในแถบทวีปแอฟริกาหรือในประเทศอินเดีย เสือจากัวร์ (jaguar, *Panthera onca*) มีถิ่นอาศัยอยู่ในแถบอเมริกากลาง และอเมริกาใต้ และอีก 1 ชนิด คือ เสือดาวหิมะ (snow leopard, *Uncia uncia*) อยู่ในเขตภูเขาสูงทางอัฟกานิสถาน ทะเลสาบไบกอล และภาคตะวันออกของทิเบต (ศลิษา สถาปนวัฒน์ และอลัน ราบิโนวิทซ์, 2538)

2.2 การเตรียมโครโมโซมโดยวิธีเพาะเลี้ยงเซลล์เม็ดเลือดขาว

การศึกษาโครโมโซมเพื่อตรวจสอบจำนวน และรูปร่างของโครโมโซมมีหลายวิธี แต่ละวิธีจะเลือกเอาเซลล์ระยะเมทาเฟส เพราะเป็นระยะที่มีโครโมโซมหดสั้นมากที่สุดเห็นลักษณะต่าง ๆ ได้ชัดเจน เพื่อที่จะเก็บเกี่ยวเซลล์ในระยะเมทาเฟส Levan (1938 อ้างถึงใน Hsu, 1979) ได้นำสารโคลชิซิน (colchicine) ซึ่งเป็นสารสกัดจากพืชสกุล *Colchicum* มาใช้เพื่อยับยั้งการทำงานของสายใยสปินเดิล (spindle inhibitor) ทำให้เซลล์ที่มีการแบ่งตัวไม่สามารถเข้าสู่ระยะแอนาเฟส (anaphase) ได้ วิธีการเตรียมโครโมโซมแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีโดยตรง (direct chromosome preparation) เป็นวิธีที่เลือกเอาเซลล์ในร่างกายที่กำลังมีไมโทซิส (mitosis cell division) มาศึกษาโครโมโซม เป็นเซลล์ที่ยังอ่อน และยังมีการแบ่งตัวอยู่ตลอดเวลา เช่น เซลล์เม็ดเลือดจากไขกระดูก (bone marrow) อีกวิธี คือ วิธีโดยอ้อม (indirect chromosome preparation) จะเลือกเซลล์ในร่างกายชนิดที่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเซลล์ภายนอกร่างกาย (*in vitro*) ให้เซลล์มีการแบ่งตัว Hauschka (1940 อ้างถึงใน อมรา คัมภิรานนท์, 2540) ประสบความสำเร็จเป็นครั้งแรกในการเพาะเลี้ยงเซลล์สัตว์ โดยเริ่มงานเลี้ยงเซลล์เนื้องอกของหนู หยดเซลล์เนื้องอกที่ได้จากการเลี้ยงในอาหารลงบนสไลด์ แล้วกดทับเซลล์ด้วยหัวแม่มือแบบเดียวกับที่ทำในการเตรียมโครโมโซมพืช การเพาะเลี้ยงเซลล์ยังแบ่งได้เป็น 2 แบบ แบบแรกเป็นการเพาะเลี้ยงเซลล์ใช้เวลานาน (long term culture) เป็นการนำเซลล์ร่างกาย เช่น เซลล์ผิวหนัง ปอด ตับ เซลล์ที่นำมาเพาะเลี้ยงจะมีเฉพาะเซลล์ไฟโบรบลาสท์ (fibroblast) ที่เจริญแบ่งไมโทซิส (mitosis) มากมาย แบบที่สองเป็นการเพาะเลี้ยงเซลล์ใช้ระยะเวลาสั้น (short term culture) ได้แก่ การเพาะเลี้ยงเซลล์เม็ดเลือดขาว (whole blood) จากหลอดเลือดดำ เลี้ยงในน้ำยาเพาะเลี้ยง และกระตุ้นให้เซลล์เม็ดเลือดขาวกลับสู่วัฏจักรการแบ่งเซลล์ (cell cycle) แบบไมโทซิส (อมรา คัมภิรานนท์, 2542) Osgood (1949 อ้างถึงใน อมรา คัมภิรานนท์, 2540) พัฒนาการเพาะเลี้ยงโดยเติมสารกระตุ้นการแบ่งตัวชนิด phytohemagglutinin (PHA) เป็นสารประเภท mitotic stimulating agent ซึ่งสกัดจากเมล็ดถั่วแดง (*Phaseolus vulgaris*) ใช้ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง 72 ชั่วโมง จะได้เซลล์เมทาเฟสมากเพียงพอในการศึกษา ซึ่งเป็นข้อดีได้ผลรวดเร็ว เทคนิคการทำง่าย ไม่ค่อยมีปัญหาด้านติดเชื้อ และค่าใช้จ่ายน้อย แต่การศึกษาในขณะนั้นยังนับจำนวนโครโมโซมได้ไม่แน่นอน ภายหลัง Hsu and Pomerat (1953 อ้างถึงใน Halnan, 1989) ได้ใช้สาร hypotonic solution ซึ่งมีค่าความเข้มข้นต่ำกว่าสารละลายภายในเซลล์ทำให้น้ำเข้าสู่เซลล์มากขึ้นช่วยทำให้เซลล์พองตัวมากขึ้น และมีการกระจายตัวของโครโมโซมดีขึ้น การตรวจนับจำนวน และรูปร่างชัดเจนยิ่งขึ้น

2.3 การย้อมสีโครโมโซม

เมื่อผ่านการเพาะเลี้ยงเซลล์แล้ว จะต้องทำการเก็บเกี่ยวเซลล์เพื่อที่จะทำการตรวจสอบโครโมโซม โดยการหยดเซลล์ที่เก็บเกี่ยวได้ลงบนสไลด์ เพื่อให้สามารถศึกษาโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้อย่างชัดเจน โดยเห็นรูปร่างและนับจำนวนโครโมโซมได้อย่างถูกต้อง การย้อมสีโครโมโซมจะทำให้เห็นขนาด รูปร่าง และจำนวนของโครโมโซมได้ชัดเจน การย้อมสีให้ติดเฉพาะโครโมโซม มีหลายวิธีให้เลือกใช้ตามจุดประสงค์ของการศึกษา (Halnan, 1989) การย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดาช่วยบอกจำนวน และชนิดของโครโมโซมประจำชนิด นั้น ๆ เป็นการย้อมประเภทติดส่วนของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ดังนั้นจะเห็นโครโมโซมติดสีเข้มทั้งแท่ง สีที่ใช้ย้อม เช่น Orcein, Carmine และที่นิยมใช้มากที่สุดคือ Giemsa แต่การย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดาในบางกรณีสามารถจำแนกโครโมโซมได้เพียงบางแท่งเท่านั้น ไม่สามารถระบุได้ว่าโครโมโซมบางแท่งเป็นโครโมโซมแท่งที่เท่าใดและคู่ใด ต่อมา Caspersson (1968 อ้างถึงใน Halnan, 1989) ได้ค้นพบวิธีเหนี่ยวนำโครโมโซมเพื่อการติดสีเป็นแถบสี หรือแถบขวางเล็ก ๆ เป็นสีดำมืด และสว่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ (fluorescence microscope) โดยใช้สีย้อมชนิด Quinacrine mustard ทำให้สามารถจำแนกโครโมโซมออกจากกันได้ทุกโครโมโซม ในช่วงปี 1970-1972 ได้มีเทคนิคการย้อมแถบสี (banding) แบบต่าง ๆ เกิดขึ้นอีกมากมาย แต่ละวิธีปรับปรุงให้เหมาะสมกับตัวอย่างเซลล์ที่ใช้ วิธีย้อมแถบสีแบบจี เหนี่ยวนำให้เกิดแถบโดยใช้สารเคมีที่สามารถย่อยโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของโครโมโซม สารเคมีที่นิยมใช้ คือ trypsin แล้วย้อมด้วยสีจิมซ่า ทำให้เป็นแถบ (bands) โดยอาศัยคุณสมบัติของ trypsin ที่ช่วยในการย่อยโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบภายในแท่งโครโมโซมในส่วนที่เป็น heterochromatin จะเป็นบริเวณที่มีการอัดตัวกันแน่นของโปรตีน ทำให้เอนไซม์ trypsin ย่อยบริเวณดังกล่าวได้น้อยเมื่อผ่านการย้อมสีจะพบว่าติดแถบสีมืด ส่วนบริเวณ euchromatin เป็นส่วนที่โครโมโซมมีการคลายตัวทำให้เอนไซม์ trypsin สามารถย่อยโปรตีนบริเวณนี้ได้มาก เมื่อผ่านกระบวนการย้อมสีแล้ว จะพบว่าติดแถบสีสว่าง ทำให้เห็นว่าแท่งโครโมโซมจะติดสีไม่เท่ากัน (Rooney, 2001)

2.4 การย้อมแถบสีจีที่ให้รายละเอียดสูง

การย้อมแถบสีทั่วไปทำบนโครโมโซมระยะเมทาเฟสซึ่งเป็นระยะที่ดีที่สุดในการย้อมสีตรวจดูรูปร่าง เนื่องจากโครโมโซมหดสั้นที่สุด แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในบางกรณีที่มีความต้องการให้ได้แถบขวางที่มาก และละเอียดขึ้นเพื่อความชัดเจนในการวินิจฉัยโรคทางพันธุกรรมบางโรค หรือตรวจสอบการเกิดการกลาย (mutation) ของชิ้นส่วนเล็ก ๆ บนโครโมโซม Yunis (1976) ศึกษาโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซม ได้ปรับปรุงเทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์ โดย

การทำให้เซลล์หยุดในระยะก่อนเมทาเฟสเล็กน้อย (prometaphase) หรือปลายของโพรเฟส (late prophase) ได้โครโมโซมที่มีขนาดไม่หดมาก และไม่ยืดยาวเกินไป เรียกเทคนิคนี้ว่าการย้อมแถบสีแบบจีที่ให้รายละเอียดสูงโดยใช้สาร metrotrexate block ในเทคนิค prophase synchronization เพื่อให้เซลล์หยุดในระยะ S-phase และใช้ thymidine ทำให้กระบวนการ block ของ metrotrexate สิ้นสุดลงและทำให้ประชากรเซลล์ที่เลี้ยงเกือบทั้งหมดเข้าสู่วัฏจักรเดียวกัน เมื่อเก็บเกี่ยวเซลล์จะได้เซลล์ในระยะปลายโพรเฟสเท่า ๆ กับระยะเมทาเฟส โดยระยะปลายโพรเฟสให้แถบที่ปรากฏบนโครโมโซม 843-1256 แถบต่อจำนวนชุดแฮพลอยด์ (haploid set) ส่วนระยะเมทาเฟสให้แถบที่ปรากฏบนโครโมโซม 320-554 แถบต่อจำนวนชุดแฮพลอยด์

ในปลายศตวรรษที่ 19 ได้มีการพัฒนาเทคนิคในการศึกษาโครโมโซม โดยทำการศึกษาในมนุษย์ แต่เนื่องจากเทคนิคและเซลล์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงซ้อนทับกันมาก และโครโมโซมไม่กระจายตัวอยู่รวมกัน จึงมีผลต่อการรายงานจำนวนโครโมโซมของมนุษย์แปรปรวนจาก 8-50 แท่ง (อมรา คัมภิรานนท์, 2542) ภายหลังมีการพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์สัตว์โดยใช้สาร hypotonic solution และ colchicines ร่วมด้วย Tjio and Leven (1956) ได้รายงานการศึกษาโครโมโซมของมนุษย์ทั้งรูปร่าง และจำนวนได้อย่างชัดเจนเป็นครั้งแรก โดยใช้เซลล์จาก embryonic tissue พบว่ามีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 46 แท่ง 23 คู่ โดย 22 คู่ เป็นโครโมโซมร่างกาย และมี 1 คู่ เป็นโครโมโซมเพศ ลักษณะคาริโอไทป์ จำนวน และรูปร่างโครโมโซม จะมีลักษณะเฉพาะในแต่ละชนิด ดังนั้นสัตว์ที่มีความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการใกล้เคียงกันจะมีรูปแบบคาริโอไทป์ที่มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงหรือการกลายของโครโมโซมมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน

2.5 การศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ของสัตว์วงศ์เสือ

การศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ในกลุ่มสัตว์กินเนื้อ พบว่าจำนวนโครโมโซมมีความแปรผันตั้งแต่ 30 แท่ง จนถึง 78 แท่ง โดยกลุ่มที่มีจำนวนโครโมโซมมากรูปร่างของโครโมโซมเป็นชนิดอะโครเซนตริก (acrocentric) Wurster and Benirschke (1968) ทำการศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ของสัตว์กินเนื้อ 7 วงศ์ ทั้งหมด 93 ชนิด เพื่อทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของโครโมโซม วงศ์สุนัข (family Canidae) ทำการศึกษา 9 สกุล สกุล *Canis* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 78 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (fundamental number, NF) เท่ากับ 80 สกุล *Chrysocyon* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 76 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 78 สกุล *Alopex* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 48-50 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 94 สกุล *Dusicyon* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 74 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 76 สกุล *Fennecus* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 64 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 70 สกุล *Vulpes* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 34-38 แท่ง

มีค่า NF เท่ากับ 68-76 สกุล *Urocyon* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 66 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 70 สกุล *Nyctereuter* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 42 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 68 และสกุล *Atolocynus* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 74-76 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 76

วงศ์โพไซโอนิดี (family Procyonidae) ทำการศึกษาใน 2 วงศ์ย่อย (subfamily) คือ Ailurinae ในสกุล *Ailuropoda* พบว่ามีโครโมโซม 2n เท่ากับ 42 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 78 และวงศ์ย่อย Procyoninae ในสกุล *Procyon* และ *Potos* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 38 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 70 สกุล *Bassariscus, Nasua* และ *Bassaricyon* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 38 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 68

วงศ์หมี (family Ursidae) ศึกษาในสกุล *Selenarctus, Thalarctos, Ursus* และ *Tremarctos* มีโครโมโซม 2n เท่ากับ 74 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 84-88

วงศ์พังพอน (family Mustelidae) ทำการศึกษา 4 วงศ์ย่อย คือ Mustelinae ในสกุล *Mustela, Martes, Eira, Crison* และ *Gulo* พบว่ามีความแปรปรวนของจำนวนโครโมโซมมากภายในสกุลเดียวกันมีโครโมโซมตั้งแต่ 38-42 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 58-72 วงศ์ย่อย Melinae ศึกษาในสกุล *MeLes* และ *Melogale* มีโครโมโซม 44 แท่ง และ 38 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 72 และ 74 ตามลำดับ วงศ์ย่อย Mephitinae ศึกษาในสกุล *Mephitis* และ *Spilogale* มีโครโมโซม 50 แท่ง และ 64 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 96 และ 74 ตามลำดับ วงศ์ย่อย Lutrina ศึกษาในสกุล *Lutra* และ *Aonyx* มีโครโมโซม 38 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 64-66

วงศ์ชะมด (family Viverridae) ทำการศึกษาทั้งหมด 6 วงศ์ย่อย คือ วงศ์ย่อย Viverrinae ศึกษาในสกุล *Genetta, Viverricula, Civettictis* และ *Prionodon* มีโครโมโซมแปรปรวนตั้งแต่ 34 แท่ง ถึง 52 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 64-100 วงศ์ย่อย Paradoxurinae ศึกษาในสกุล *Nandinia, Paradoxurus, Paguma* และ *Arctictis* มีโครโมโซมแปรปรวนตั้งแต่ 38- 44 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 66-68 วงศ์ย่อย Crytoproxinae ศึกษาในสกุล *Cryptoprocta* มีโครโมโซม 42 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 70 วงศ์ย่อย Hemigalinae ศึกษาในสกุล *Fossa* และ *Hemigalus* มีจำนวนโครโมโซม 42 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 66-70 วงศ์ย่อย Galidiinae ศึกษาในสกุล *Galidia* มีโครโมโซม 44 แท่ง ค่า NF คือ 66 วงศ์ย่อย Herpestinae ศึกษาในสกุล *Suricuta, Herpestes, Atilax, Mangoose, Ichneumia, Bdeogale* และ *Cynictis* มีโครโมโซม 36 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 66-72

วงศ์ไฮยีน่า ในสกุล *Crocata* และ *Hyaena* มีโครโมโซม 40 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 72 วงศ์ย่อย Protelinae ในสกุล *Proteles* มีโครโมโซม 40 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 72

วงศ์เสือ (family *Felidae*) ทำการศึกษาใน 3 สกุล คือ *Felis, Panthera* และ *Acinonyx* มีโครโมโซม 38 แท่ง มีค่า NF เท่ากับ 72-74

Makino and Tateishi (1952) ได้ทำการศึกษาโครโมโซมของสัตว์ 3 ชนิด คือ แมวบ้าน (*Felis domestica*) สิงโต (*Felis leo*) และ Chinese leopard (*Felis bengalensis*) และได้ทำการสรุปว่า จำนวนโครโมโซมของสัตว์กลุ่มนี้ คือ 38 แท่ง รูปร่างของโครโมโซมมีความคล้ายคลึงกัน และจากการศึกษาอิดิโอแกรมไม่สามารถที่จะใช้ในการจำแนกชนิดได้ ในเวลาต่อมา Hsu et al. (1963) ได้ทำการศึกษาสัตว์ในวงศ์ Felidae 9 ชนิด และทำการจัดกลุ่มของโครโมโซม โดยแบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม คือกลุ่ม A เป็นชนิดซับเทโลเซนตริก (subtelocentric) ขนาดใหญ่ 4-5 คู่ กลุ่ม B เป็นชนิดเมทาเซนตริก (metacentric) ขนาดใหญ่หรือกลาง 3-4 คู่ กลุ่ม C เป็นชนิดซับเมทาเซนตริก (submetacentric) ขนาดกลาง 1 ถึง 3 คู่ ซึ่งโครโมโซมเพศเอ็กซ์ก็จัดไว้ในกลุ่มนี้เช่นกัน กลุ่ม D เป็นชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็กหรือซับเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 4-5 คู่ กลุ่ม E เป็นชนิดซับเทโลเซนตริกและมีติ่งของโครโมโซม (satellite) 1 คู่ กลุ่ม F เป็นชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 2-3 คู่ กลุ่ม G เป็นชนิดเทโลเซนตริก (telocentric) ขนาดเล็ก มีมากที่สุด 2 คู่ และกลุ่ม H เป็นโครโมโซม Y เป็นชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็ก แต่การจัดกลุ่มในระบบนี้ยังมีความคลุมเครืออยู่มาก

Hsu and Rearen (1965) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบคาริโอไทป์ของสัตว์วงศ์ Felidae 4 ชนิด คือ *F. pardalis, F. wiedii, F. domesticus* และ *F. tigris* พบว่า *F. pardalis* และ *F. wiedii* มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 36 แท่ง *F. domesticus* และ *F. tigris* มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 38 แท่ง และได้ทำการเสนอให้มีการจัดคาริโอไทป์ของสัตว์กลุ่มนี้ตามระบบของ San Juan ที่ได้ทำการจัดกลุ่มไว้อย่างถูกต้อง คือ กลุ่ม A เป็นซับเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 3 คู่ กลุ่ม B เป็นซับเทโลเซนตริกขนาดใหญ่ 4 คู่ กลุ่ม C เป็นเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 2 คู่ กลุ่ม D เป็นซับเมทาเซนตริก และซับเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 4 คู่ กลุ่ม E เป็นเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 3 คู่ และมี 1 คู่ที่เป็น satellite กลุ่ม F เป็นเทโลเซนตริก หรืออะโครเซนตริก 2 คู่ โครโมโซมเอ็กซ์เป็นซับเมทาเซนตริกขนาดกลาง และโครโมโซมวายเป็นอะโครเซนตริกขนาดเล็ก โครโมโซมเพศถูกจัดไว้เป็นคู่สุดท้าย และการที่สัตว์ทั้ง 4 ชนิด มีโครโมโซมไม่เท่ากัน เกิดจากการที่โครโมโซมในกลุ่ม B และ D ลดจำนวนลงจาก4 คู่ เหลือ 3 คู่ ส่งผลให้จำนวนลดลงจาก 38 แท่ง เหลือ 36 แท่ง

Wurter-Hill and Centerwall (1982) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของแถบสีที่เกิดขึ้นบนโครโมโซม โดยใช้การย้อมแถบสีแบบจีในการวิเคราะห์ในสัตว์กลุ่ม canids 6 ชนิด กลุ่ม mustelids 4 ชนิด กลุ่ม hyena 1 ชนิด กลุ่ม felids 12 ชนิด พบว่าในส่วนของโครโมโซมเอ็กซ์มีส่วนของแถบสีคล้ายกันในสัตว์ทุกกลุ่ม ในกลุ่มของ canids มีความคล้ายกันของแถบสีภายในกลุ่มเดียวกัน ในกลุ่ม mustelids มีความผันแปรมากทั้งจำนวนของโครโมโซม รูปร่าง ในกลุ่ม hyena ส่วนของแถบสีคล้ายกันกับในกลุ่มของ felids แต่มีจำนวนโครโมโซมต่างกัน

Ronne (1995) ทำการศึกษาบริเวณที่คาดว่าจะเกิดการแตกหักได้ง่ายของโครโมโซมของแมวบ้าน โดยใช้เทคนิคการย้อมแถบสีแบบจีที่ให้รายละเอียดสูง พบว่ามีความผิดปกติ 64 ส่วน มีแบนจำนวน 116 แบน โครโมโซมที่มีโอกาสในการแตกหักมาก ได้แก่ คู่ที่ A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, D1, D2, F2 และโครโมโซม X

Yang et al. (2000) ทำการศึกษาส่วนของคาริโอไทป์ที่ถูกอนุรักษ์ไว้ในแมวบ้านและสุนัขเปรียบเทียบกับมนุษย์ เนื่องจากแมวบ้านและสุนัขต่างก็เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีความใกล้ชิดกับมนุษย์ พบว่า 2n ของแมวบ้านเท่ากับ 38 แท่ง 2n ของสุนัขเท่ากับ 78 แท่ง สัตว์ทั้ง 2 ชนิดจัดอยู่ในอันดับสัตว์กินเนื้อด้วยกันแต่อยู่คนละวงศ์ ในการทดลองได้แยกชิ้นส่วนโครโมโซมเป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ (flow-sorted chromosome) ติดฉลากด้วยสารไบโอติน (biotin-labelled) เพื่อทำเป็นโพรบ (probe) ติดตามบนแท่งโครโมโซม จากการศึกษาพบว่าโครโมโซมร่างกายของแมวบ้านทั้ง 18 แท่ง สามารถจับกับโครโมโซมของสุนัขได้ทั้งหมด 65 ส่วน โดยสันนิษฐานว่าวิวัฒนาการของโครโมโซมของสุนัขอาจเกิดจากการแตกหัก (fission) ของโครโมโซม 47 ครั้ง การเชื่อมกัน (fusion) 25 ครั้ง และเกิดการหักแล้วมีการต่อสลับกับของโครโมโซม (inversion) ใน B1 ของโครโมโซมแมว และจากการนำชิ้นส่วนโครโมโซมของแมวเป็นโพรบติดตามพบว่ามีการคงไว้ของชิ้นส่วนโครโมโซมในมนุษย์ 31 ชิ้นส่วน จากการใช้ชิ้นส่วนโครโมโซมของสุนัขเป็นโพรบติดตามพบว่ามีการคงไว้ของชิ้นส่วนโครโมโซมในมนุษย์ 90 ชิ้นส่วน และในแมวบ้าน 68 ชิ้นส่วน

Hsu et al. (1963) ทำการจัดคาริโอไทป์ของเสือดาว พบว่าเสือดาวมีโครโมโซมจำนวน 38 แท่ง จัดแบ่งเป็นกลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่ม A เป็นโครโมโซมชนิดซับเทโลเซนตริกขนาดใหญ่ จำนวน 4 คู่ กลุ่ม B เป็นโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ หรือขนาดกลางจำนวน 2 คู่ และจัดโครโมโซมเพศเอ็กซ์อยู่ในกลุ่มนี้ด้วย กลุ่ม C เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดกลาง จำนวน 3 คู่ กลุ่ม D เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริก หรือซับเทโลเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 4 คู่ กลุ่ม E เป็นโครโมโซมชนิดซับเทโลเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 1 คู่ ซึ่งเป็น satellite chromosome กลุ่ม F เป็นโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 2 คู่ กลุ่ม G เป็นโครโมโซมชนิดเทโลเซนตริกขนาดเล็กจำนวน 2 คู่ และกลุ่ม H เป็นโครโมโซมเพศวายซึ่งเป็นโครโมโซมชนิดซับเทโลเซนตริกขนาดเล็ก ในการจัดกลุ่มโครโมโซมได้รวมโครโมโซมเพศไว้ในกลุ่มโครโมโซมร่างการซึ่งยังไม่เป็นที่ยอมรับในขณะนั้น ในปี 1982 (Wurster-Hill and Centerwall) ได้จัดระบบการจัดกลุ่มโครโมโซมของสัตว์กลุ่มเสือได้อย่างถูกต้องและใช้เป็นมาตรฐานในการจัดกลุ่มโครโมโซม

Hsu and Benirschke (1967) ได้รายงานจำนวนโครโมโซมของแมวบ้าน (domestic cat, *Felis catus*) ว่ามีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 38 แท่ง ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก ซับเมทาเซนตริก และซับเทโลเซนตริกจำนวน 32 แท่ง โครโมโซมชนิดอะโครเซนตริก หรือเทโลเซนตริกจำนวน 4 แท่ง โครโมโซมเพศเอ็กซ์เป็นชนิดซับเมทาเซนตริก โครโมโซมเพศวายเป็นชนิดซับเทโลเซนตริก นอกจากนี้ทำการศึกษาในแมวป่า (ocelot, *Felis pardalis*) พบว่ามีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 36 แท่ง โครโมโซมร่างกายประกอบด้วย โครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก ซับเมทาเซนตริก และซับเทโลเซนตริกจำนวน 34 แท่ง โครโมโซมเพศเอ็กซ์เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริก โครโมโซมเพศวายเป็นชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็ก ซึ่งในแมวป่านี้จะไม่พบโครโมโซมชนิดเทโลเซนตริกซึ่งเป็นโครโมโซมในกลุ่ม F จึงแตกต่างกับคาริโอไทป์ในแมวบ้าน

Hsu and Benirschke (1971) ได้รายงานจำนวนโครโมโซมของเสือปลาพบว่า มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 38 แท่ง โครโมโซมร่างกายประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกและซับเมทาเซนตริกจำนวน 34 แท่ง และโครโมโซมชนิดอะโครเซนตริกจำนวน 2 แท่ง โครโมโซมเพศเอ็กซ์เป็นชนิดซับเมทาเซนตริก โครโมโซมเพศวายเป็นชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็กที่สุด

Wurster-Hill and Gray (1973) ทำการศึกษาคาริโอไทป์จากการย้อมแถบสีแบบจีของแมวดาว และเสือปลาพบว่า แมวดาวและเสือปลามีโครโมโซมจำนวน 38 แท่งเท่ากัน โครโมโซมร่างกายประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก หรือซับเมทาเซนตริกจำนวน 17 คู่ และอีก 1 คู่เป็นโครโมโซมชนิดอะโครเซนตริก และมีโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็กมีส่วนของ satellites โครโมโซมเพศเอ็กซ์เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดกลาง โครโมโซมเพศวายเป็นชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็กที่สุด ในส่วนของเสือปลาไม่มีการรายงานโครโมโซมเพศวาย ทำการจัดคาริโอไทป์ออกเป็น 6 กลุ่ม และจัดโครโมโซมเพศไว้สุดท้าย คาริโอไทป์ของสัตว์ทั้ง 2 ชนิดนี้ไม่มีความแตกต่างกัน และจากการศึกษาโครโมโซมของเสือไฟเพศเมีย และเสือกระต่ายเพศเมีย พบว่ามีโครโมโซมจำนวน 38 แท่งเท่ากัน โครโมโซมร่างกายประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก หรือซับเมทาเซนตริกจำนวน 16 คู่ และอีก 2 คู่ เป็นโครโมโซมชนิดอะโครเซนตริก และมีโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็กมีส่วนของ satellites โครโมโซมเพศเอ็กซ์เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดกลาง ซึ่งเสือทั้ง 4 ชนิดนี้มีจำนวนโครโมโซมในกลุ่ม E และกลุ่ม F ที่แตกต่างกัน

Thiagarajan et al. (1992) ทำการศึกษาคาริโอไทป์ของเสือโคร่ง โดยการเพาะเลี้ยงเซลล์เม็ดเลือดขาว และทำการตรวจนับเซลล์เมทาเฟสจำนวน 30 เซลล์ และจัดคาริโอไทป์โดยดัดแปลงจาก Gustavsson (1965 อ้างถึงใน Thiagarajan et al.,1992) ที่จัดไว้ในวงศ์ Felidae พบว่าเสือโคร่งมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 38 แท่ง และจัดจำแนกโครโมโซมของเสือโคร่งออกเป็นกลุ่ม คือ กลุ่ม A

ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 3 คู่ กลุ่ม B ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดซับเทโลเซนตริกขนาดใหญ่ 4 คู่ กลุ่ม C ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก 2 คู่ กลุ่ม D ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกและซับเทโลเซนตริกขนาดเล็ก 4 คู่ กลุ่ม E ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกขนาดเล็ก 3 คู่ กลุ่ม F ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเทโลเซนตริก หรืออะโครเซนตริก จำนวน 2 คู่ โครโมโซมเพศเอ็กซ์เป็นชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ โครโมโซมเพศวายเป็นชนิดอะโครเซนตริกขนาดเล็กที่สุด หากทำการจัดโครโมโซมเพศให้อยู่ในกลุ่มของโครโมโซมจะพบว่า โครโมโซมเพศเอ็กซ์จัดไว้ในกลุ่ม C และโครโมโซมเพศวายจัดไว้ในกลุ่ม F

O'Brien et al. (2006) ทำการศึกษาโครโมโซมของเสือลายเมฆ 2 ชนิดย่อย คือ Bornean clouded leopard (*Neofelis nebulosa diardi*) และ Mainland clouded leopard (*Neofelis nebulosa*) พบว่ามีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 38 แท่งเท่ากัน โครโมโซมร่างกายประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก หรือซับเมทาเซนตริกจำนวน 16 คู่ และอีก 2 คู่ เป็นโครโมโซมชนิดอะโครเซนตริก และมีโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็กมีส่วนของ satellites โครโมโซมเพศเอ็กซ์เป็นโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดกลาง โครโมโซมเพศวายเป็นชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดเล็กที่สุด

Pathak and Wurster-Hill (1977) ทำการศึกษาการย้อม constitutive heterochromatin (C-banding) ในอันดับสัตว์กินเนื้อ 6 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ Felidae 9 ชนิด วงศ์ Mustelidae 1 ชนิด วงศ์ Procyonidae 2 ชนิด วงศ์ Viverridae 1 ชนิด วงศ์ Canidae 1 ชนิด และวงศ์ Ursidae 1 ชนิด ผลการศึกษาเมื่อทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมหลาย ๆ ชนิดแล้วพบว่าในกลุ่มสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโดยเฉพาะสัตว์กินเนื้อนั้นจะมี constitutive heterochromatin น้อยมากหรือไม่มีเลย ในการศึกษาคาริโอไทป์ด้วยการย้อม C-banding พบว่ามีการย้อมติดสีน้อยมาก บางครั้งก็ย้อมไม่ติดสีเลย ในโครโมโซมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมกลุ่มอื่น ๆ พบว่าส่วนที่เป็น constitutive heterochromatin คือ บริเวณเซนโตรเมียร์ และบริเวณทีโลเมียร์ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ heterochromatin ในกลุ่มสัตว์กินเนื้อ โดยเฉพาะในกลุ่มเสือดูเหมือนว่าจะมีปริมาณน้อยกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมกลุ่มอื่น ๆ และถ้าเปรียบเทียบปริมาณของ highly repetitive DNA จะพบว่ากลุ่มสัตว์กินเนื้อจะมีปริมาณน้อยกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมกลุ่มอื่น ๆ สัตว์กินเนื้อหลาย ๆ ชนิด ไม่แสดงส่วนของ centromeric heterochromatin ในคาริโอไทป์ของกลุ่มเสือ สามารถตรวจพบ nucleolar organizer region (NOR) ที่ตำแหน่งแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ E1 โดยการใช้ C-band negative ในการตรวจสอบ

Nash and O'Brien (1982) ทำการศึกษาโครโมโซมโดยการย้อมแถบสีจีของจำพวกลิงและกลุ่มสัตว์กินเนื้อ และพบว่าชิ้นส่วนของโครโมโซมหลาย ๆ ส่วนถูกอนุรักษ์ไว้ในคาริโอไทป์ โดยเฉพาะในโครโมโซมเอ็กซ์ พบว่าแถบสีที่เกิดขึ้นบนแท่งโครโมโซมนั้นมีความเหมือนกันในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเกือบทุกชนิดที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณยีนที่มีอยู่ก็ไม่มีความแตกต่างกันด้วย

Perelman et al. (2005) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการของอันดับย่อย (suborder) Feliformia จำนวน 3 วงศ์ คือ Felidae, Hyaenidae และ Viverridae โดยใช้การวิเคราะห์ผลจากการย้อมแถบสีจีและเทคนิค fluorescent in situ hybridization (FISH) โดยการเพาะเลี้ยงเซลล์ของอีเห็นเครือ (masked palm civet, *Paguma larvata*) แทนสัตว์ในวงศ์ Viverridae ไฮยีน่าจุด (spotted hyena, *Crocuta crocuta*) แทนสัตว์ในวงศ์ Hyaenidae และแมวบ้าน แทนสัตว์ในวงศ์ Felidae จากข้อสันนิษฐานที่ว่าบรรพบุรุษของสัตว์กินเนื้อ (ancestral carnivore karyotype, ACK) มีจำนวนโครโมโซม 42 แท่ง และมีวิวัฒนาการของโครโมโซม โดยการเกิดการแตกหัก ของโครโมโซมคู่ที่ 1 ทำให้บรรพบุรุษของสัตว์ลำดับย่อย Feliformia (ancestral feliformid karyotype, AFK) มีจำนวนโครโมโซมเพิ่มเป็น 44 แท่ง จากสาเหตุนี้ วิวัฒนาการของโครโมโซมอีเห็นเครือเกิดได้จากการแตกหักของโครโมโซมคู่ที่ 7 และการรวมกัน ของโครโมโซมคู่ที่ 8 กับคู่ที่ 20 ของ AFK ทำให้ได้โครโมโซม 44 แท่ง วิวัฒนาการของโครโมโซมไฮยีน่าจุด เกิดจากการแตกหักของโครโมโซมคู่ที่ 7 การรวมกันของโครโมโซมคู่ที่ 8 กับ 11 แขนข้างสั้นของคู่ที่ 7 กับคู่ที่ 10 แขนข้างยาวของคู่ที่ 7 กับคู่ที่ 3 กับ การรวมกันของโครโมโซมแขนข้างสั้นของคู่ที่ 6 กับคู่ที่ 20 เกิดการหักของโครโมโซมคู่ที่ 6 เกิดการต่อสลับกับในโครโมโซมแขนข้างยาวของคู่ที่ 1 การรวมกันของโครโมโซมคู่ที่ 12 กับคู่ที่ 16 ทำให้มีจำนวนโครโมโซมลดลงเหลือ 40 แท่ง จากโครโมโซมของ AFC วิวัฒนาการของโครโมโซมของแมว เกิดจากการรวมกันของโครโมโซมคู่ที่ 8 กับ 10 คู่ที่ 3 กับ 15 แขนข้างยาวของคู่ที่ 1 กับคู่ที่ 9 และเกิดการต่อสลับกลับในส่วนของโครโมโซมคู่ที่ 2 ทำให้จำนวนโครโมโซมลดลงเหลือ 38 แท่งจากโครโมโซมของ AFC

Pennisi (2003 อ้างถึงใน Lewis Ricki, 2005) กล่าวถึงความสัมพันธ์ของแถบสีที่ปรากฏบนแท่งโครโมโซมจากการย้อมแถบสีแบบจี ระหว่างมนุษย์และสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในกลุ่มสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม พบว่าลิงชนิดต่าง ๆ มีรูปแบบของแถบแบนที่ใกล้เคียงกับของมนุษย์ร้อยละ 95-99 ในแมวบ้านมีความใกล้เคียงกันร้อยละ 35 และในหนูพบร้อยละ 7 และที่สำคัญยังพบว่าโครโมโซมเพศเอ็กซ์จะถูกอนุรักษ์ไว้ ซึ่งมีความสำคัญในการถ่ายทอดความเป็นเพศเมียไว้ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกชนิด และโครโมโซมคู่ที่ 1 ของมนุษย์ยังมีความเหมือนกันกับโครโมโซมของลิงชนิดต่างๆ

และยังมีส่วนที่คล้ายกับโครโมโซมของแมวและหนูด้วย สาเหตุที่ทำให้โครโมโซมมีแถบแบนคล้ายกัน เป็นเพราะสัตว์เหล่านี้เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จึงมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน