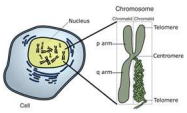
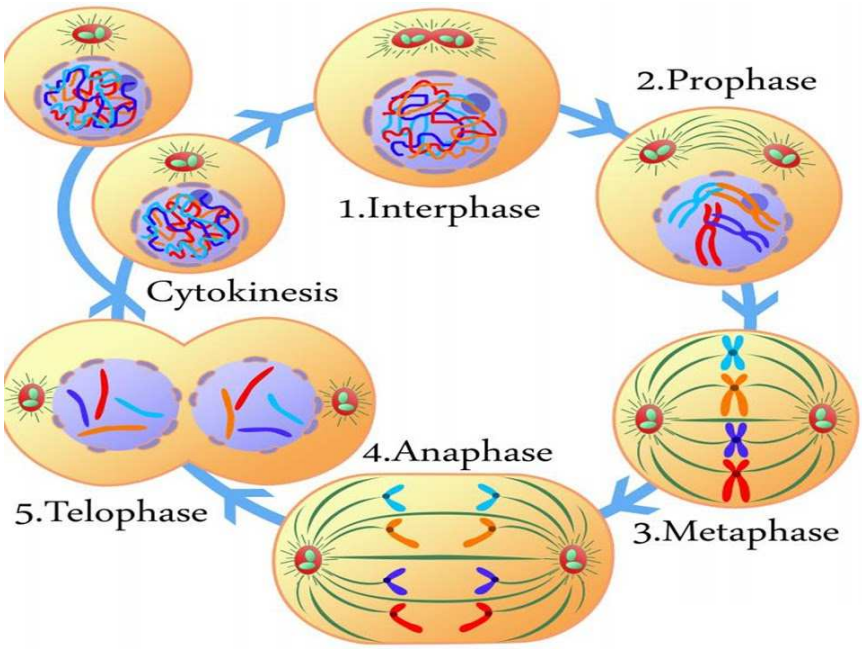


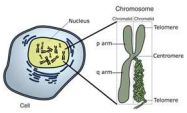
ความรู้พื้นฐานด้านชีวโมเลกุล: โครโมโซม (Chromosome)

สพ.ญ. ดร.สายใจ ชื่นสุข
ผู้เชี่ยวชาญด้านยีนและโรคทางพันธุกรรมสัตว์
สำนักเทคโนโลยีชีวภาพการผลิตปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์

โครโมโซม (Chromosome) เป็นโครงสร้างที่สำคัญชนิดหนึ่งในนิวเคลียสของเซลล์ ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต โครโมโซมมีองค์ประกอบเป็นสารเคมีประเภทโปรตีน และกรดนิวคลีอิก รูปร่างของโครโมโซมจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของสิ่งมีชีวิตและสภาวะของเซลล์ในขณะนั้น โดยจะมีชื่อเรียกตามรูปร่างลักษณะที่เปลี่ยนลักษณะของโครโมโซม การศึกษาโครโมโซมจึงต้องศึกษาในระยะที่มีการแบ่งเซลล์ ซึ่งจะสามารถมองเห็นรูปร่างลักษณะของโครโมโซมจากกล้องจุลทรรศน์ และสามารถนับจำนวนโครโมโซมได้

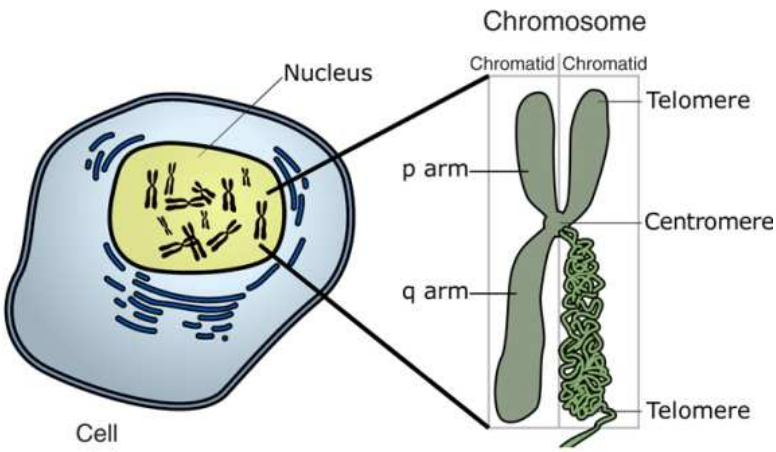
การแบ่งตัวของโครโมโซมแบ่งออกเป็น 5 ระยะ ได้แก่ ระยะ Interphase, Prophase, Metaphase, Anaphase และ Telophase ในขณะที่เซลล์ไม่แบ่งตัวหรืออยู่ในระยะอินเตอร์เฟส (interphase) จะไม่สามารถเห็นโครโมโซมเนื่องจากโครโมโซมจะอยู่ในลักษณะเป็นเส้นใยเล็กๆสานกันอยู่ในนิวเคลียส เส้นใยนี้เรียกว่าโครมาทิน (chromatin) แต่เมื่อเซลล์จะแบ่งตัวโครมาตินแต่ละเส้นจะจำลองตัวเองขึ้นมาเป็นเส้นคู่ที่เหมือนกันทุกประการ โดยแบ่งจาก1 เป็น 2 เส้น แล้วขดตัวสั้นเข้าและหนาขึ้นจนมองเห็นเป็นแท่งในระยะโปรเฟส (prophase) และเมทาเฟส (metaphase) โดยมีการเรียกชื่อใหม่ว่า โครโมโซม ทำให้เรามองเห็นรูปร่างลักษณะและจำนวนได้





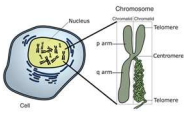
1. ระยะอินเตอร์เฟส โครโมโซมจะมีลักษณะคล้ายเส้นใย เรียกว่า เส้นใยโครมาติน
2. ระยะโปรเฟส โครโมโซมหดสั้นลงและมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล
3. ระยะเมทาเฟส โครโมโซมเรียงตัวกลางเซลล์
4. ระยะแอนนาเฟส โครมาตินของแต่ละโครโมโซมถูกดึงแยกจากกันโดยเส้นใยสปินเดิล
5. ระยะเทโลเฟส เกิดการแบ่งไซโทพลาสซึมโดยเยื่อหุ้มเซลล์คอดเข้าหากันจนกระทั่งเซลล์แยกออกจากกัน

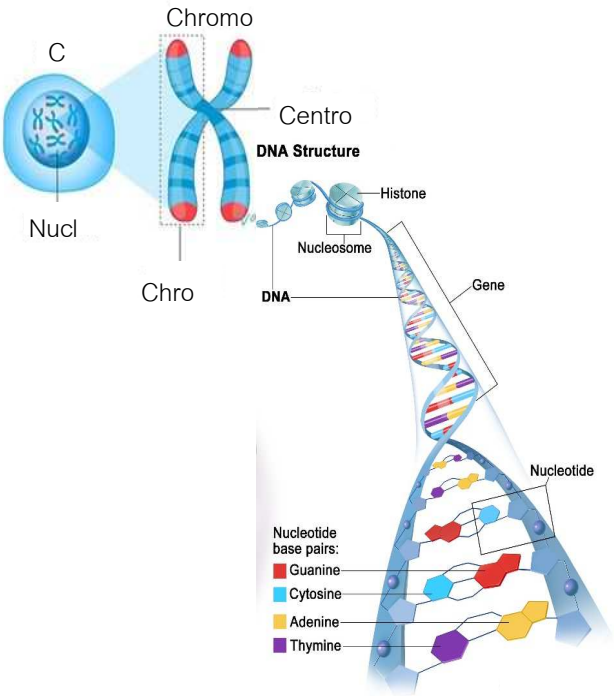
แต่ละโครโมโซมประกอบด้วยแขนสองข้างที่เรียกว่า โครมาทิต (chromatid) ซึ่งแขนทั้งสองข้างจะมีจุดเชื่อมกัน เรียกว่า เซนโทรเมียร์ (centromere) ส่วนของโครโมโซมที่ยื่นออกไปจากเซนโทรเมียร์เรียกว่า แขน (arm) อันสั้นเรียกว่า แขนสั้น (short arm หรือ p arm) อันยาวเรียกว่าแขนยาว (long arm หรือ q arm)



ส่วนปลายของแต่ละด้านของโครโมโซมเรียกว่าเทโลเมียร์ (telomere) มี DNA ลักษณะพิเศษคือมีเบสซ้ำกับเป็นชุดๆ อยู่เป็นจำนวนมากเรียกแซทเทิลไลท์ดีเอนเอ (satellite DNA) ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดและแต่ละตัวตน สามารถใช้ตรวจสอบความเหมือนและความต่างของสิ่งมีชีวิตได้ การลอกแบบขณะจำลองตัวของ DNA ที่เกิดขึ้นบริเวณนี้ทำให้เกิดการขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์เล็กน้อยในแต่ละครั้ง จึงต้องมีกลไกพิเศษช่วยซ่อมแซมโดยมีเอนไซม์เทโลเมอเรส (telomerase) นำนิวคลีโอไทด์มาเติมในส่วนที่ขาดไป telomerase จึงทำหน้าที่ป้องกันการสลายไปของลำดับเบสของ DNA ที่ปลายโครโมโซม ไม่ให้หดสั้นหรือถูกทำลาย เรียกว่า end-replication problem จากการแบ่งตัวของเซลล์

ในส่วนของโครมาทินซึ่งเป็นสารนิวคลีโอโปรตีน หรือที่เรียกว่า DNA มีลักษณะเป็นสายยาวสายเดียวที่พันรอบโปรตีนที่ชื่อ ฮีสโทน (histone) เอาไว้ ทำให้รูปร่างโครมาทินคล้ายลูกปัดที่เรียงต่อๆ กัน แล้วมี DNA พันรอบลูกปัดนั้น ในเซลล์ทั่วๆ ไป เมื่อย้อมสีเซลล์ส่วนของโครมาทินจะติดสีได้ดีและมองดูคล้ายตาข่ายละเอียดๆ จึงเห็นนิวเคลียสชัดเจน

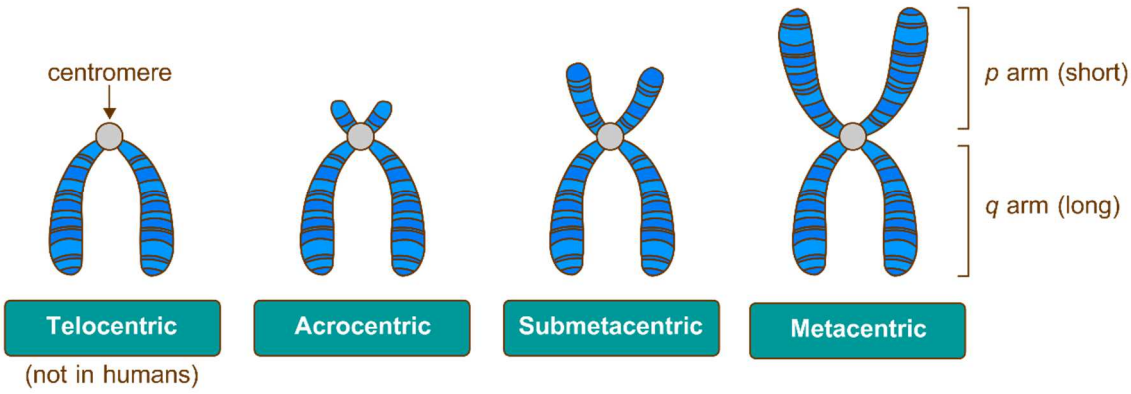


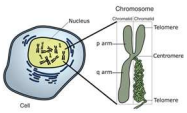


ชนิดของโครโมโซม

เมื่อพิจารณาตามรูปร่างลักษณะสามารถแบ่งโครโมโซมออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่

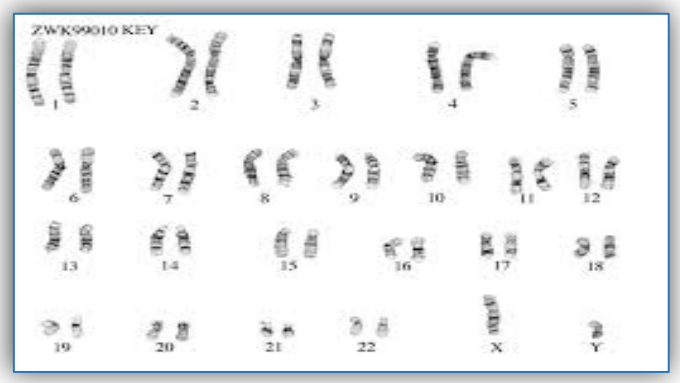
1. เมตาเซนตริก (Metacentric) เป็นโครโมโซมที่มีแขนยื่น 2 ข้างออกจากเซนโทรเมียร์เท่ากันหรือเกือบเท่ากัน
2. ซับเมตาเซนตริก (Submetacentric) เป็นโครโมโซมที่มีแขนยื่นออกมา 2 ข้างจากเซนโทรเมียร์ไม่เท่ากัน
3. อะโครเซนตริก (Acrocentric) เป็นโครโมโซมที่มีลักษณะเป็นแท่งโดยมีเซนโทรเมียร์อยู่ใกล้กับปลายข้างใด ข้างหนึ่ง จึงเห็นส่วนเล็กๆ ยื่นออกจากเซนโทรเมียร์
4. เทโลเซนตริก (Telocentric) เป็นโครโมโซมที่มีลักษณะเป็นแท่งโดยมีเซนโทรเมียร์อยู่ตอนปลายสุดของโครโมโซม ซึ่งโครโมโซมชนิดนี้ไม่พบในมนุษย์



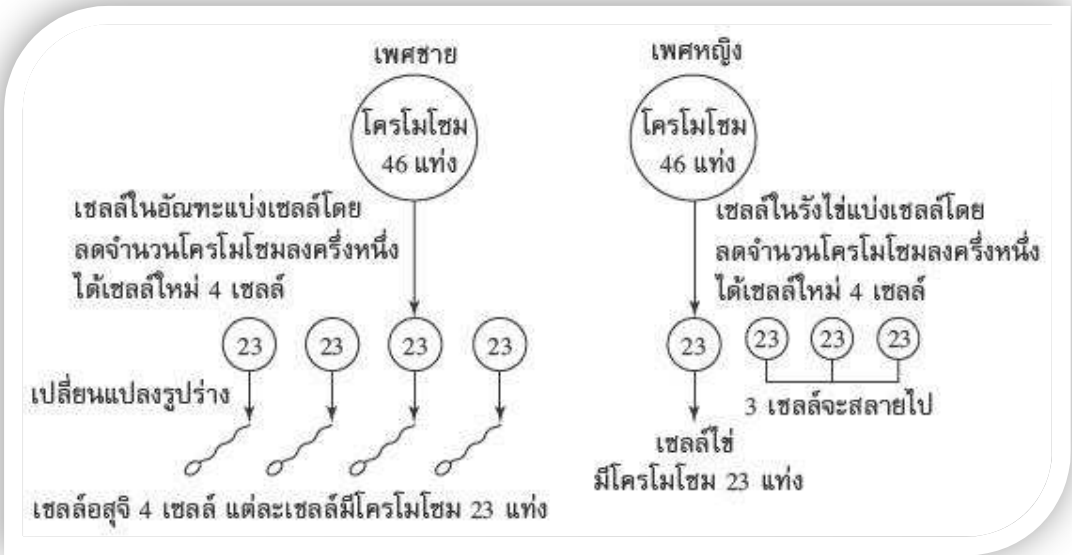


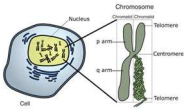
จำนวนโครโมโซม

ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน เช่น โครโมโซมในมนุษย์มี 46 ตัว โดยจับกันเป็นคู่ๆ จำนวนทั้งหมด 23 คู่ คู่ที่ 1-22 เป็นโครโมโซมที่กำหนดการทำงานต่างๆ ในร่างกาย เรียกโครโมโซมกลุ่มนี้ว่า โครโมโซมร่างกาย (autosome) คู่ที่ 23 เป็นโครโมโซมที่กำหนดความเป็นเพศ เรียกว่า sex chromosome ในเพศหญิง โครโมโซมเพศเป็นโครโมโซม X 2 ตัว (XX) ส่วนในเพศชายมีโครโมโซมเพศเป็นโครโมโซม X 1 ตัว และโครโมโซม Y 1 ตัว (XY) ในการบอกชุดโครโมโซมจึงระบุจำนวนโครโมโซมทั้งหมดและระบุความเป็นเพศไว้ ในเพศหญิงจึงเป็น 46, XX และในเพศชายเป็น 46, XY



ในการแบ่งตัวแบบมีเพศ (meiosis) เซลล์สืบพันธุ์ในอัณฑะจะมีการลดจำนวนโครโมโซมครึ่งหนึ่งและได้จำนวนเซลล์ลูก 4 เซลล์ (1n) ในขณะที่เซลล์ไข่ในรังไข่จะลดจำนวนโครโมโซมครึ่งหนึ่งเช่นเดียวกันแต่จะมีแค่ 1 เซลล์ (1n) ที่จะสามารถใช้ในการปฏิสนธิได้ ส่วนอีก 3 เซลล์จะเสื่อมสลายไป





ตัวอย่างจำนวนโครโมโซมในสัตว์ชนิดต่างๆ

ในสัตว์แต่ละชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมร่างกายแตกต่างกัน แต่จะมีโครโมโซมเพศเพียง 1 คู่ เท่านั้นในสัตว์ทุกชนิด

จำนวนโครโมโซมในสัตว์แต่ละชนิด

ชนิดสัตว์	จำนวนโครโมโซม (คู่)	ชนิดสัตว์	จำนวนโครโมโซม (คู่)
มนุษย์	23	อูฐ	35
โค	30	ม้า	32
กระบือ	30	สุนัข	39
แพะ	30	แมว	19
แกะ	27	หนู	21
สุกร	19	กบ	13
ไก่	39	ไก่งวง	40

เอกสารอ้างอิง

U.S. National Library of Medicine National Institutes of Health Department of Health & Human Services. 2020. Cells and DNA. Available source: https://ghr.nlm.nih.gov/, August 20, 2020.

The National Human Genome Research Institute. 2020. A basic introduction to chromosomes. Available source: https: //www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/ Chromosomes-Fact-Sheet, August 10, 2020.