



หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พันธุกรรม (1)

ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

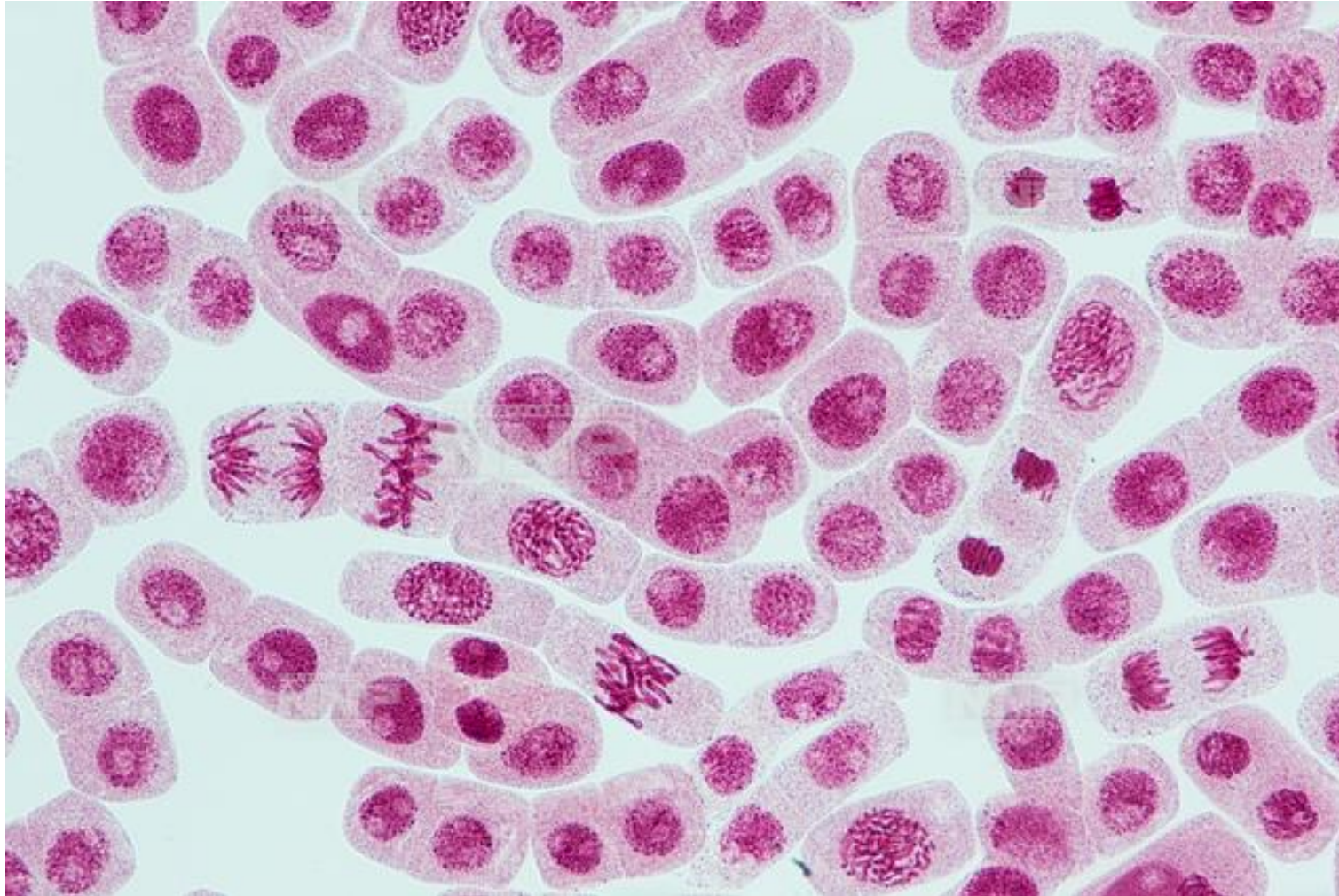
นางสาวอลิษา ไชยชาญ

รายวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

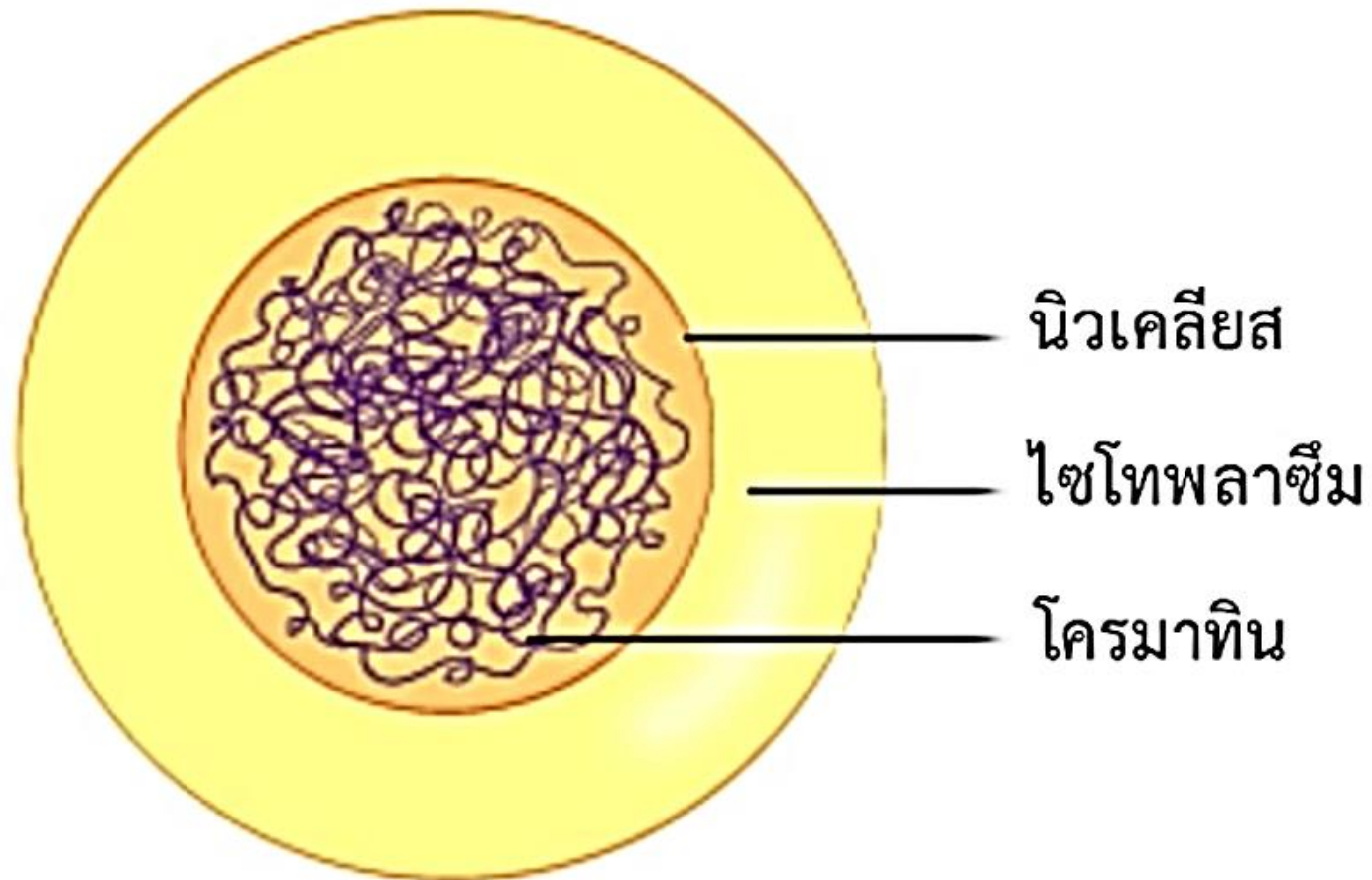
เซลล์บริเวณปลายรากหอมจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง





ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

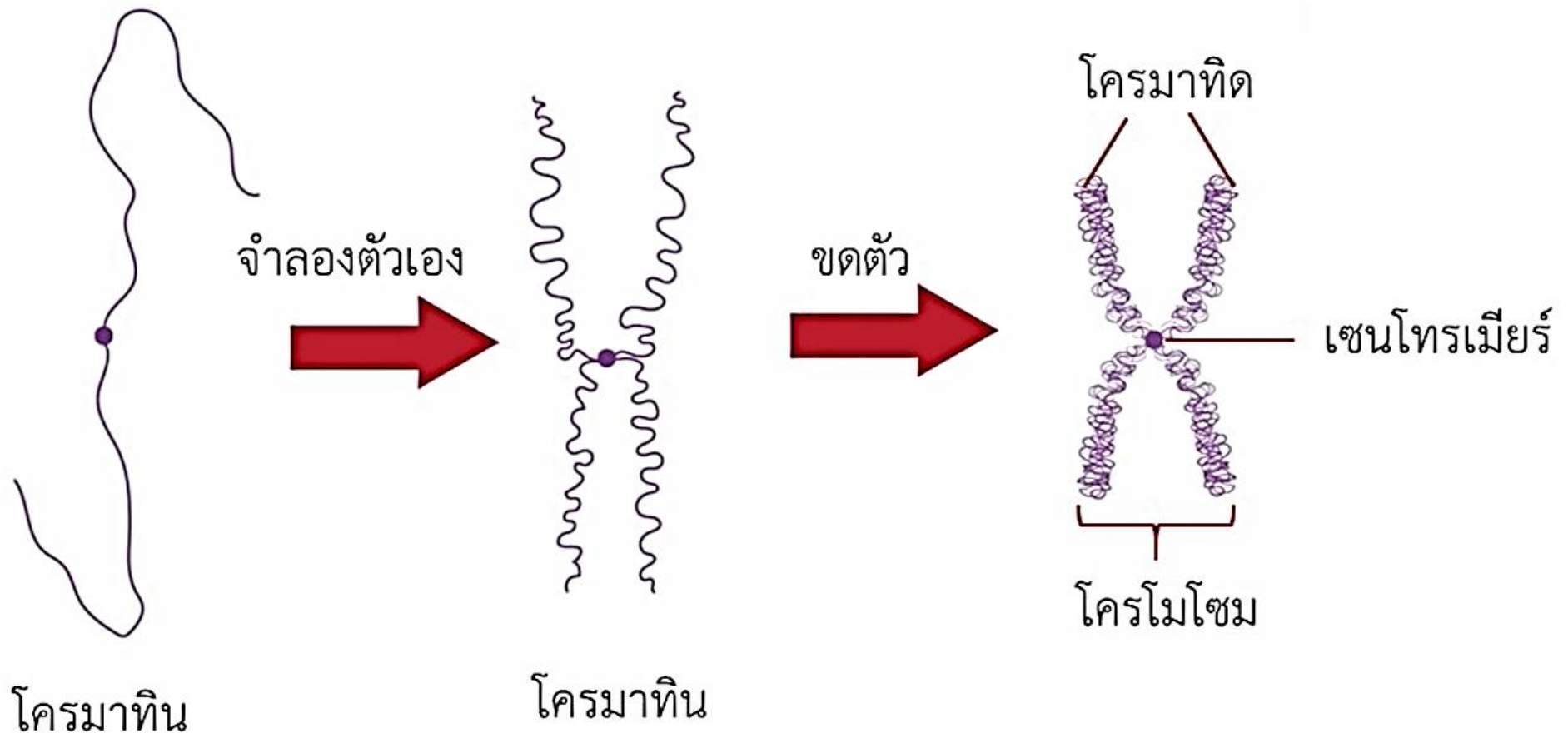
โครมาตินในนิวเคลียสของเซลล์





ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

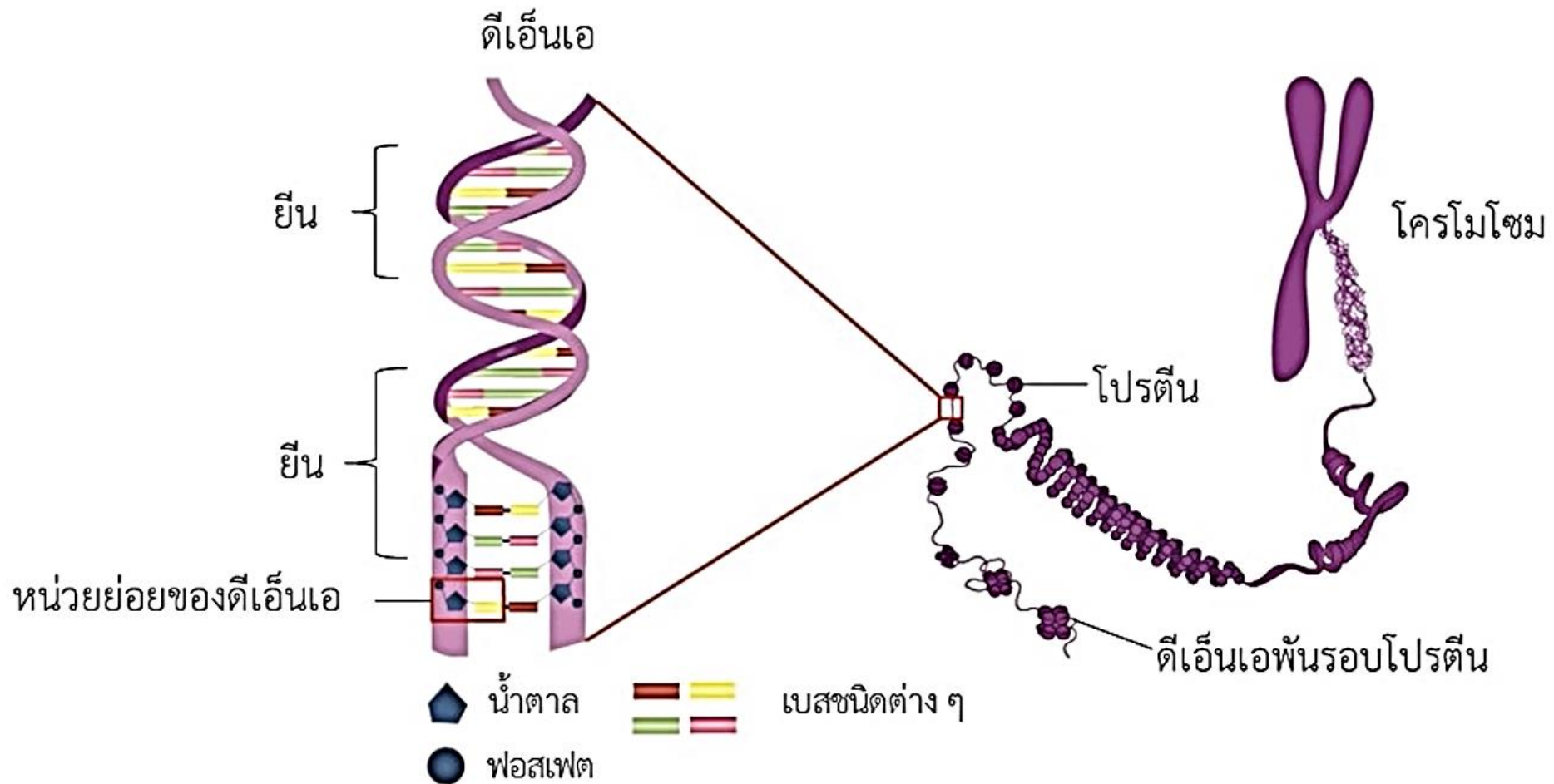
การจำลองและขดตัวของโครมาติน และส่วนต่าง ๆ ของโครโมโซม





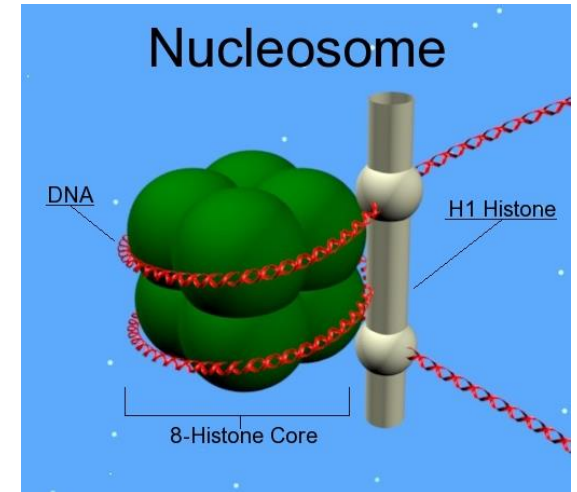
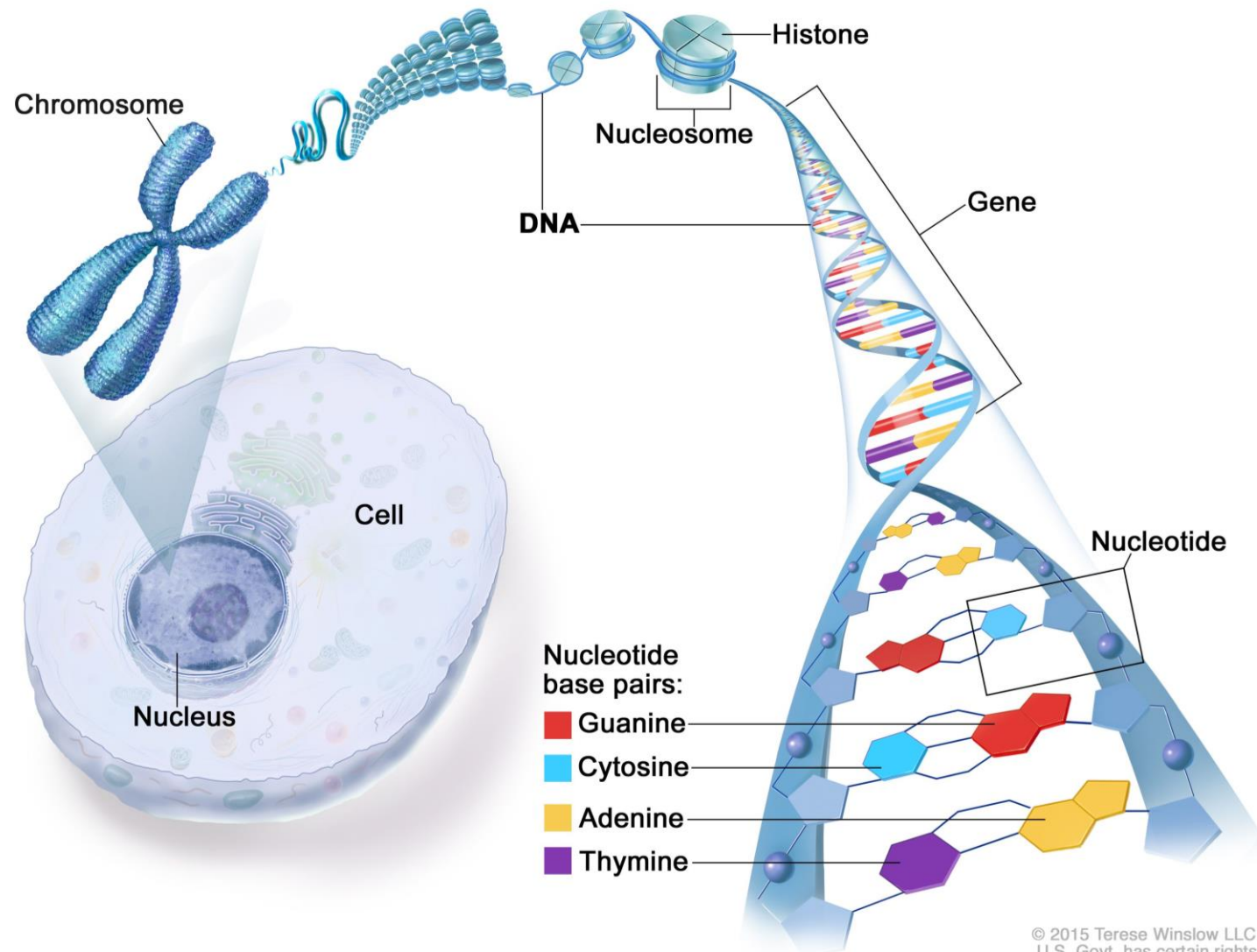
ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

ความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน



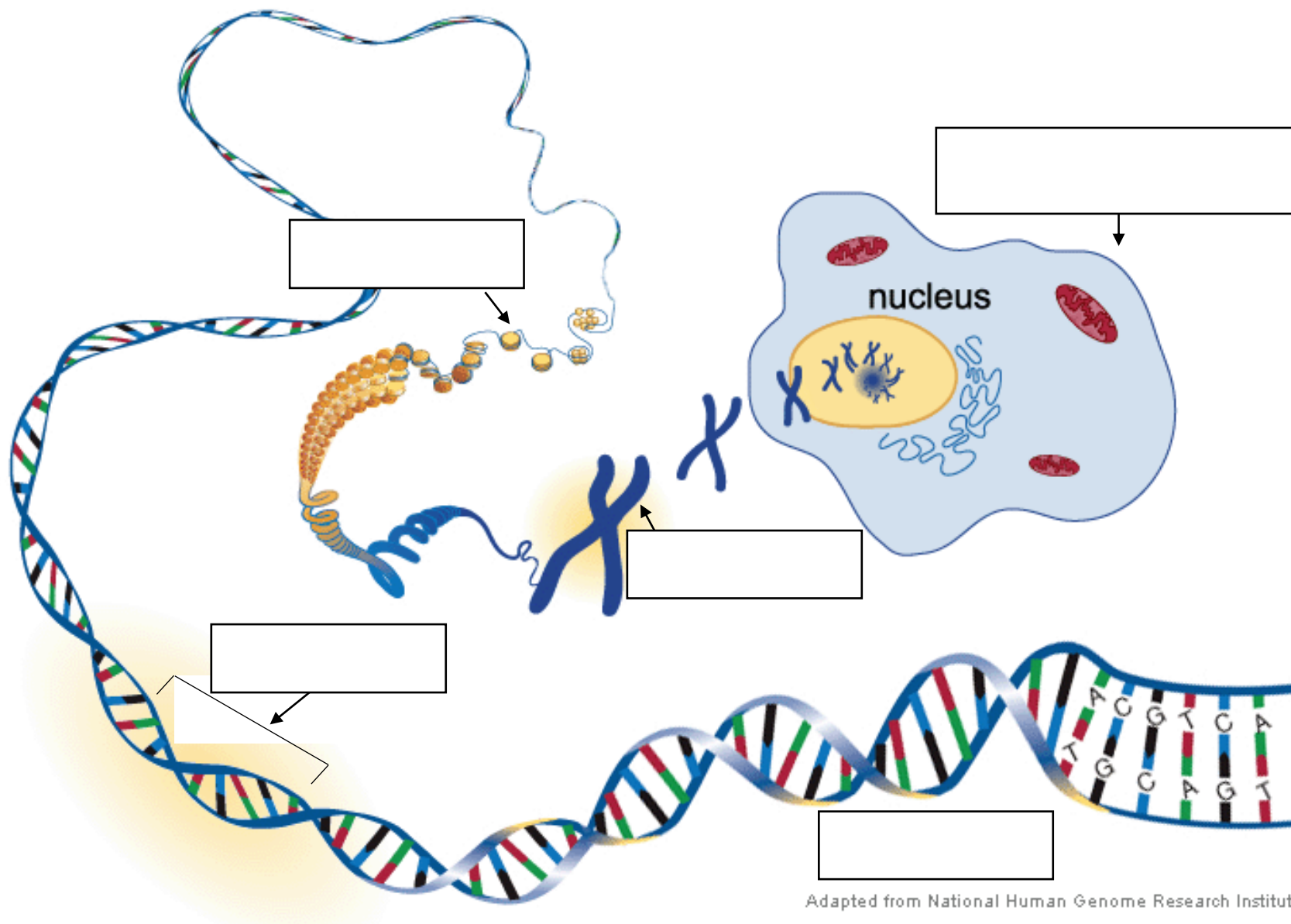


ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม





ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

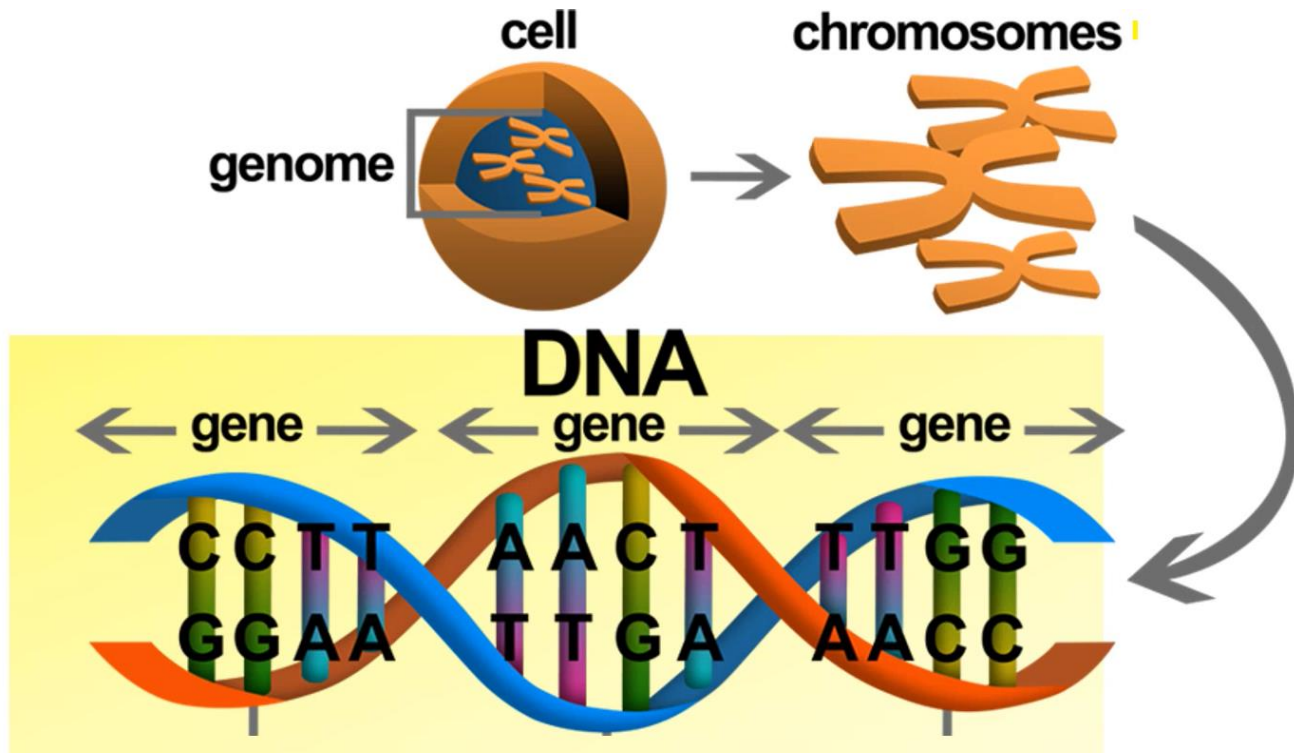




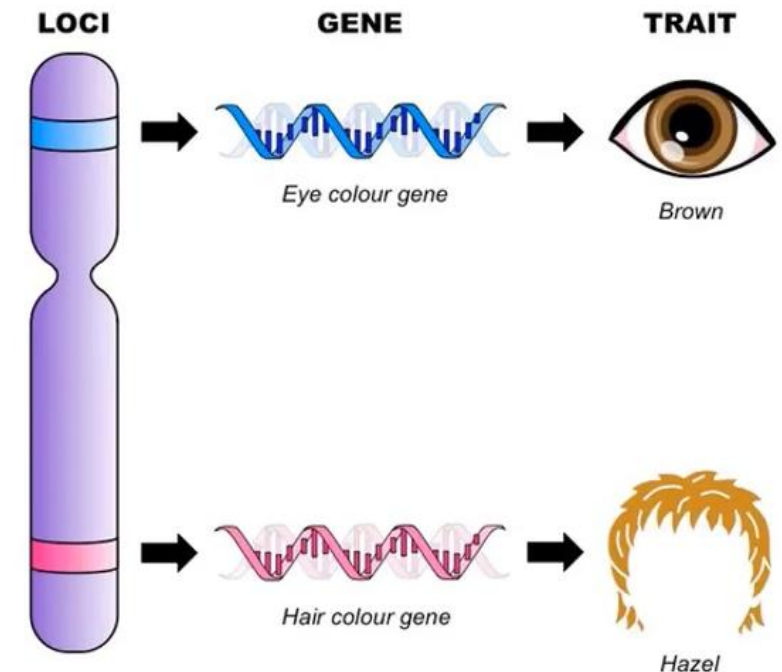
ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

ยีน (gene) คือหน่วยควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอยู่ช่วงหนึ่งของ DNA

ในสาย DNA มีได้หลายยีน



ตำแหน่งของยีนบนโครโมโซม

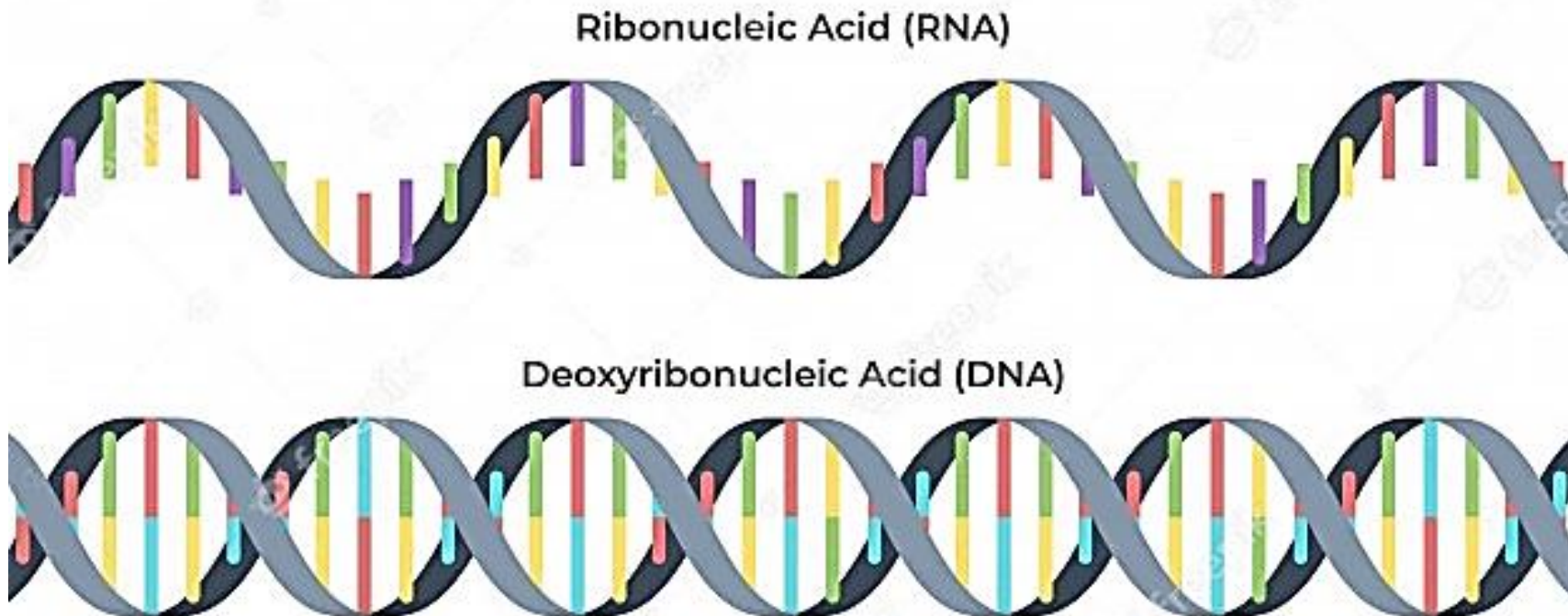




ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

กรดนิวคลีอิก (nucleic acid)

เป็นสารชีวโมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุ C, H, O, N และ P กรดนิวคลีอิก มี 2 ประเภท คือ Deoxyribonucleic acid (DNA) และ Ribonucleic acid (RNA)

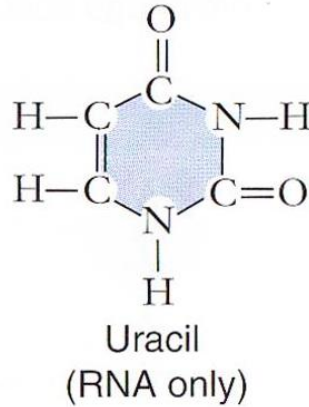
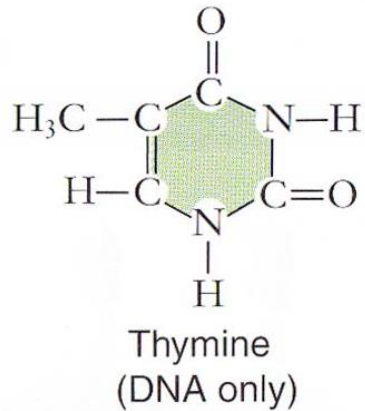
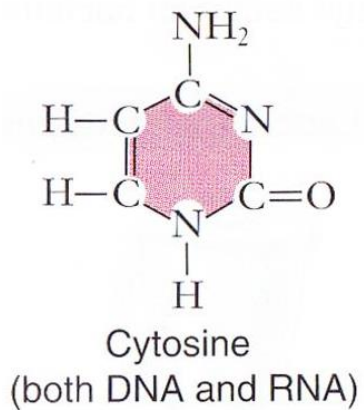




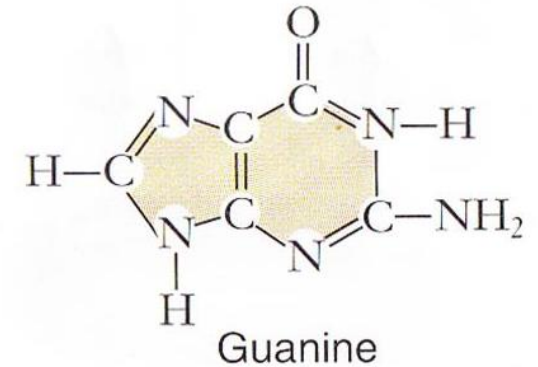
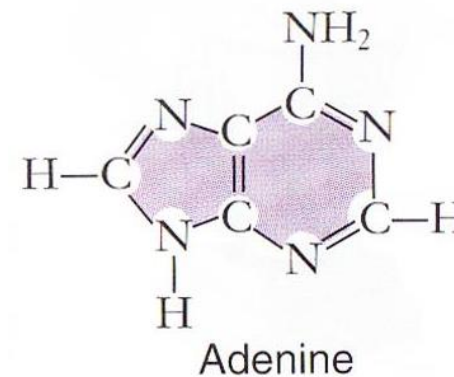
ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

กรดนิวคลีอิก ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) มาเชื่อมต่อกันเป็นสาย มีโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. ไนโตรจีนัสเบส แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ



1.1 เบสไพริมิดีน (pyrimidine base) ประกอบด้วยวงแหวนไพริมิดีน 1 วง มี 3 ชนิด คือ ไซโทซีน (cytosine) ไทมีน (thymine) และยูราซิล (uracil)

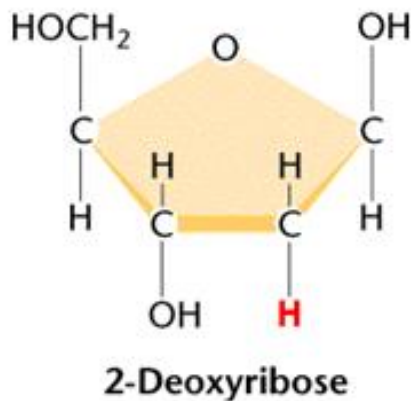


1.2 เบสพิวรีน (purine base) ประกอบด้วยวงแหวน 2 วง คือ วงแหวนไพริมิดีนเชื่อมอยู่กับวงแหวนอิมิดาโซล (imidazole ring) มี 2 ชนิด คือ อะดีนีน (adenine) และกวานีน (guanine)

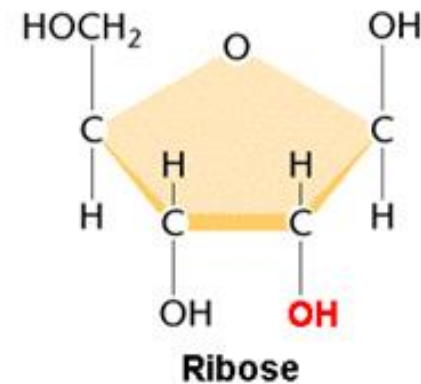


ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

2. น้ำตาลเพนโทส (pentose sugar) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีธาตุคาร์บอน 5 อะตอม มี 2 ชนิด

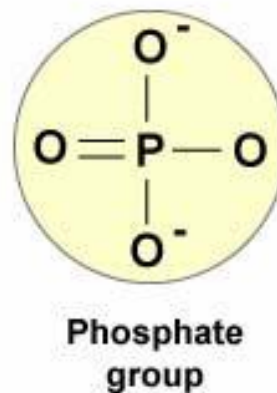


2.1 น้ำตาลไรโบส (ribose sugar) เป็นส่วนประกอบของ RNA มีสูตรโมเลกุล $C_5H_{10}O_5$



2.2 น้ำตาลดีออกซีไรโบส (deoxyribose sugar) เป็นส่วนประกอบของ DNA มีสูตรโมเลกุล $(C_5H_{10}O_4)$

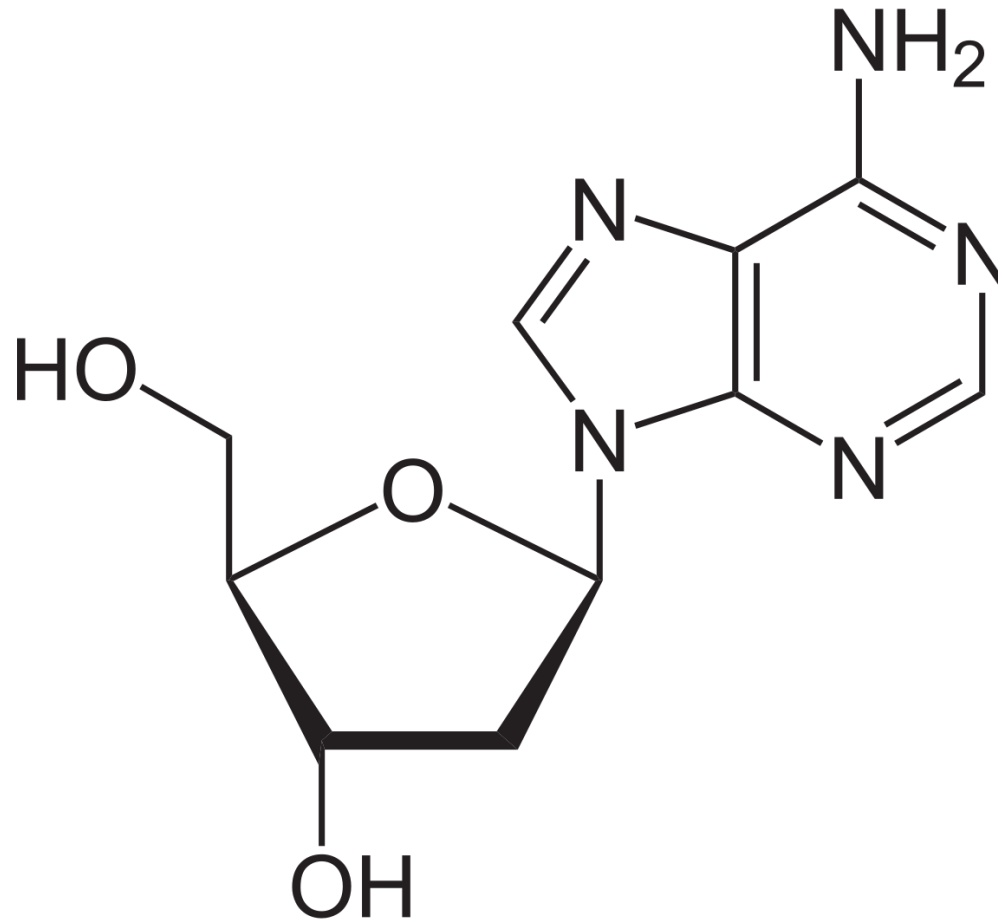
3. หมู่ฟอสเฟต (phosphate group)





ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

นิวคลีโอไซด์ (Nucleoside) = ประกอบด้วยเบสพิวรีนหรือไพริมิดีนต่อกับคาร์บอนตำแหน่งที่ C-1' ของน้ำตาลไรโบสหรือดีออกซีไรโบสด้วยพันธะไกลโคซิดิก

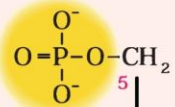




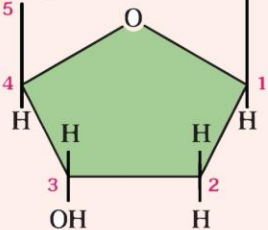
ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

นิวคลีโอไทด์ หน่วยเล็กสุดของ DNA

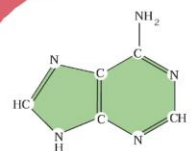
หมู่ฟอสเฟต



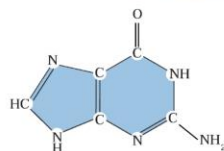
ไทโตรจีนัสเบส



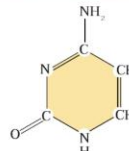
น้ำตาลดีออกซีไรโบส



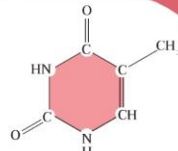
อะดีนีน (A)



กวานีน (G)



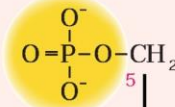
ไซโทซีน (C)



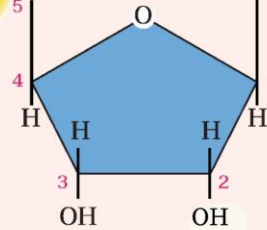
ไทมีน (T)

นิวคลีโอไทด์ หน่วยเล็กสุดของ RNA

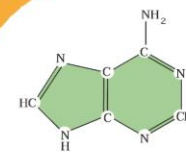
หมู่ฟอสเฟต



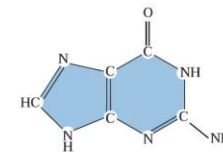
ไทโตรจีนัสเบส



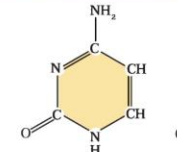
น้ำตาลไรโบส



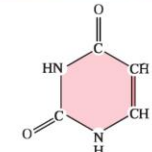
อะดีนีน (A)



กวานีน (G)



ไซโทซีน (C)



ยูราซิล (U)



ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของ

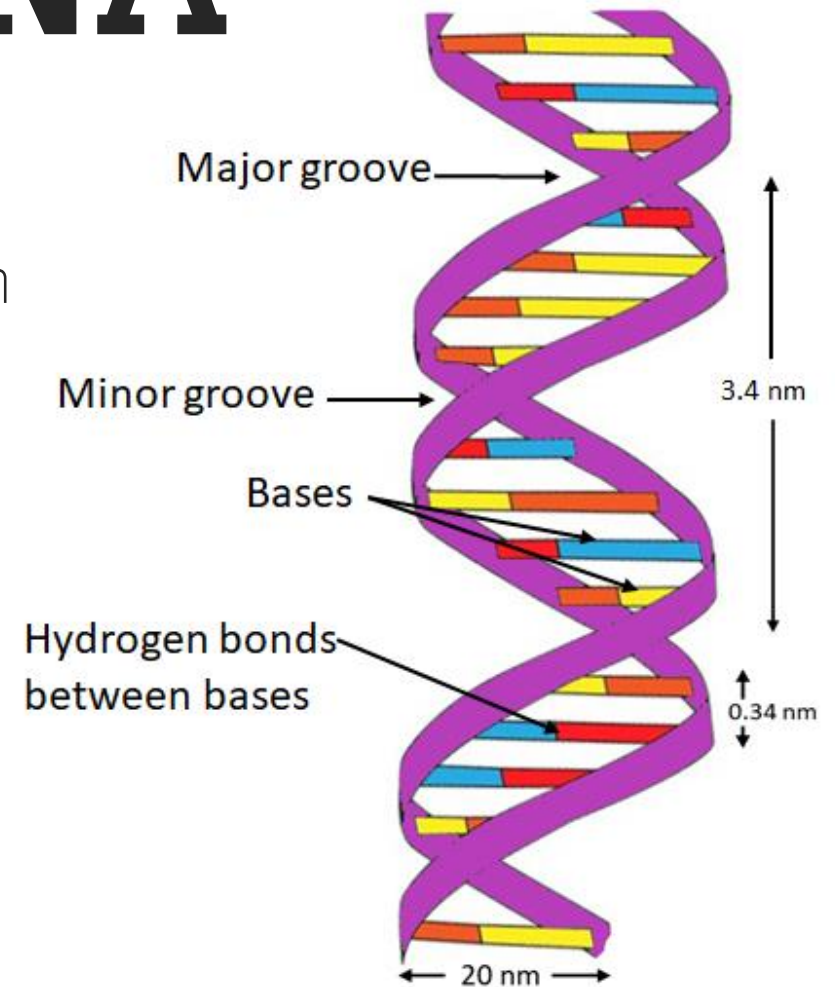
DNA

โมเลกุลของ DNA ประกอบด้วย พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เรียงสลับทิศกัน (antiparallel) และพันบิดเป็นเกลียวคู่ (double helix) เวียนขวาตามเข็มนาฬิกา

โครงสร้างเกลียวคู่มีระยะห่าง 20 อังสตรอม (A)

แต่ละเกลียวห่างกัน 34 อังสตรอม

แต่ละคู่เบสมีระยะห่างกัน 3.4 อังสตรอม





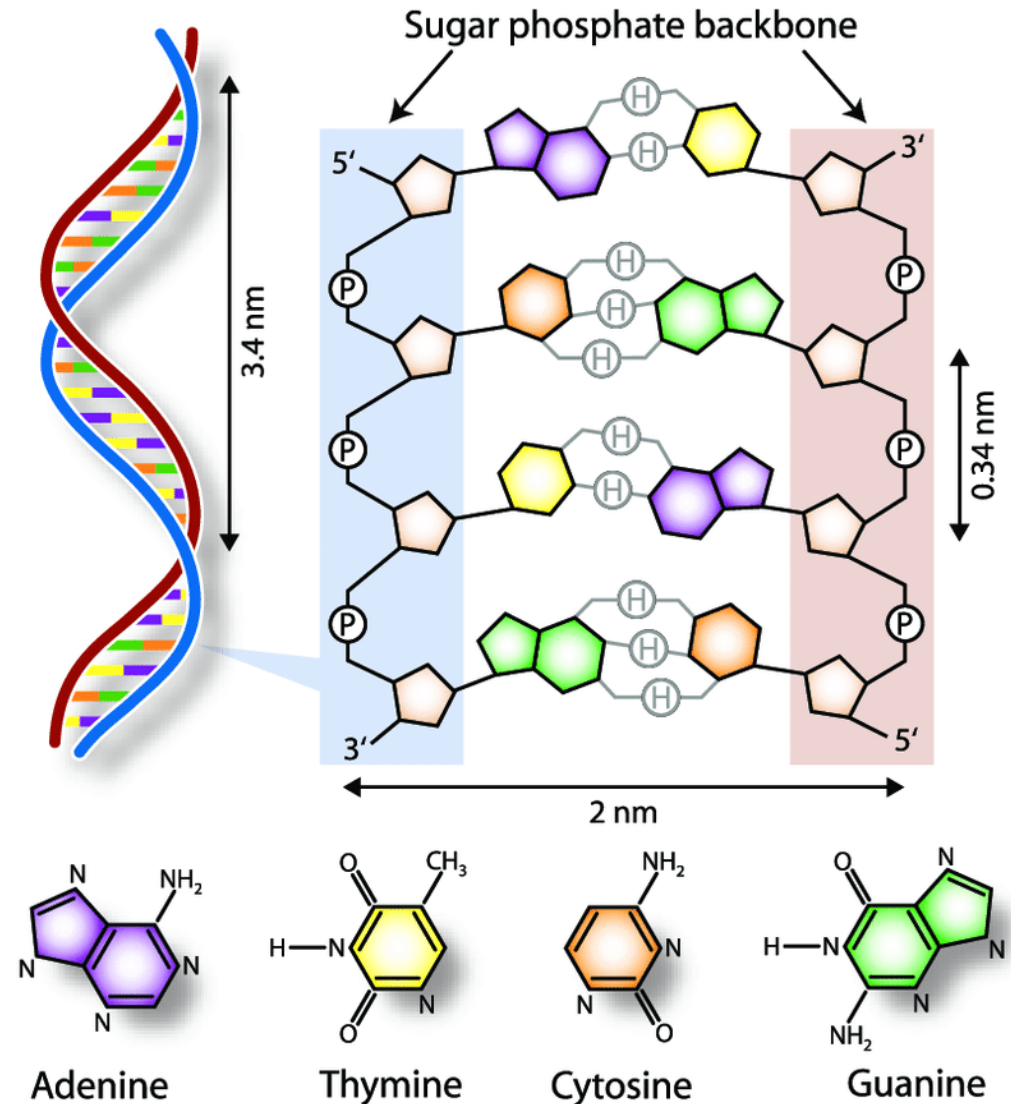
ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

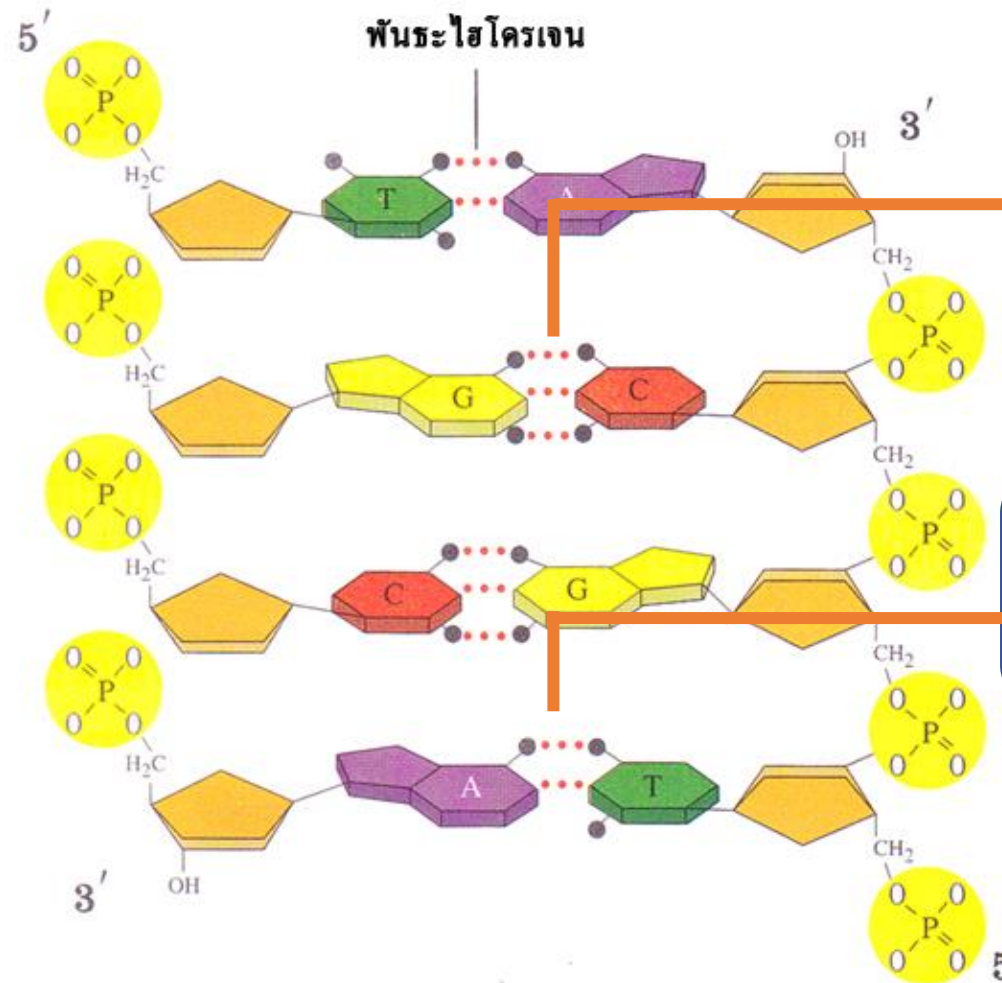
นิวคลีโอไทด์แต่ละสายประกอบด้วยแกนน้ำตาลฟอสเฟต (sugar-phosphate backbone) ซึ่งมีประจุลบอยู่ด้านนอกของโมเลกุล และไนโตรจีนัสเบสอยู่ด้านในของโมเลกุล

การจับคู่กันของเบสคู่สมโดย

เบส A จับคู่กับเบส T ด้วยการสร้างพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ

และเบส G จับคู่กับเบส C ด้วยการสร้างพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ





เบส A จับคู่กับเบส T ด้วย
พันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ

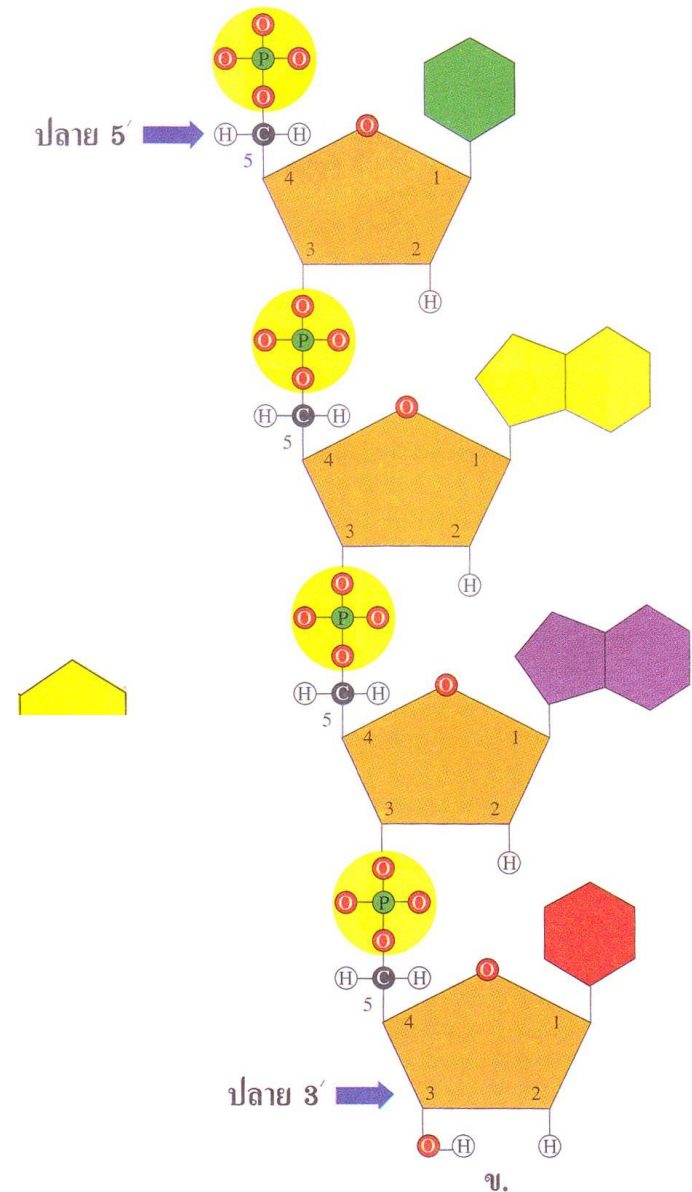


ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของ RNA

โมเลกุลของ RNA ประกอบด้วย พอลินิวคลีโอไทด์ 1 สายเรียงต่อกัน

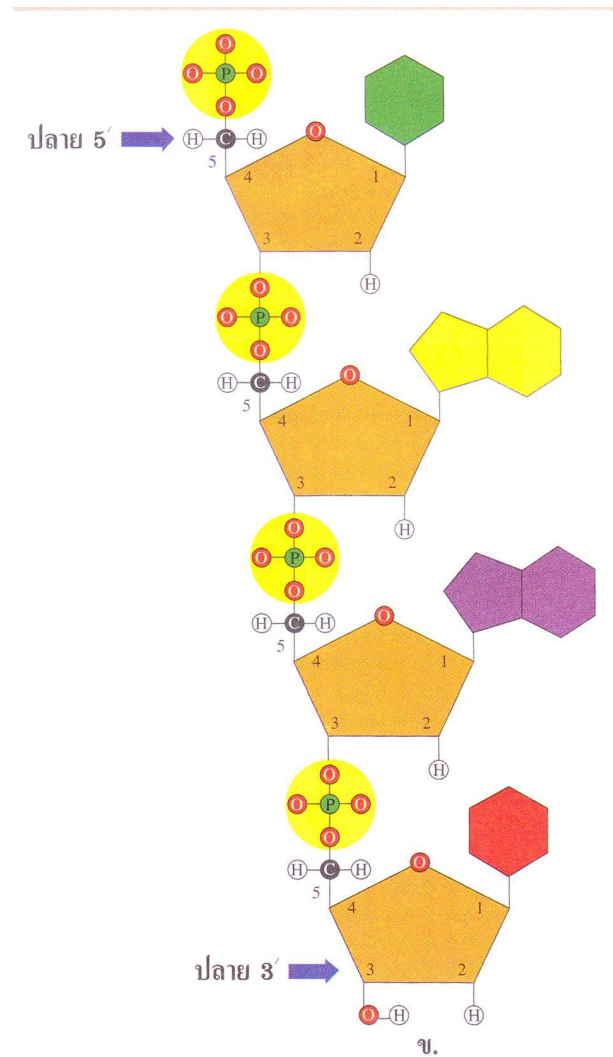
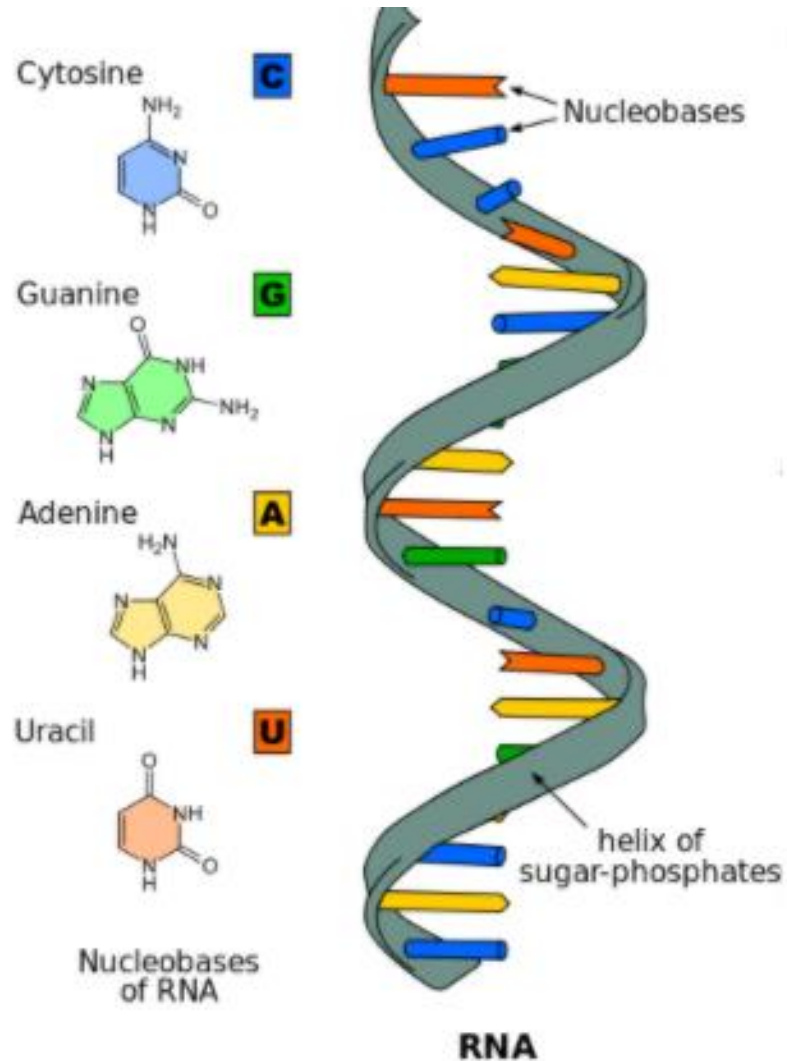
นิวคลีโอไทด์แต่ละหน่วยจะเชื่อมต่อกันเป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์โดยใช้หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลไรโบส เชื่อมต่อกับหมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หน่วยถัดไป โดยจะเรียกปลายหมู่ฟอสเฟตว่า ปลาย 5' ฟอสเฟตและเรียกปลายที่หมู่ไฮดรอกซิลว่าปลาย 3' ไฮดรอกซิล





ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของ RNA





ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

การเปรียบเทียบลักษณะของ DNA และ RNA

ลักษณะ	DNA	RNA
1. น้ำตาล	ดีออกซีไรโบส	ไรโบส
2. ฟอสเฟต	มี	มี
3. เบส	A T C G	A U C G
4. การเรียงตัว	สายคู่เกาะกันเป็นเกลียว	สายเดี่ยว
5. ที่พบ	ส่วนใหญ่อยู่ในนิวเคลียส	พบอยู่ทั่วไปในเซลล์
6. ชนิด	มี 1 ชนิด	มี 3 ชนิด
7. การกระจายตัวของเบส	เบสปัวรีน = เพลสไพริมิดีน (A=T, C=G)	ไม่สามารถทำนายได้



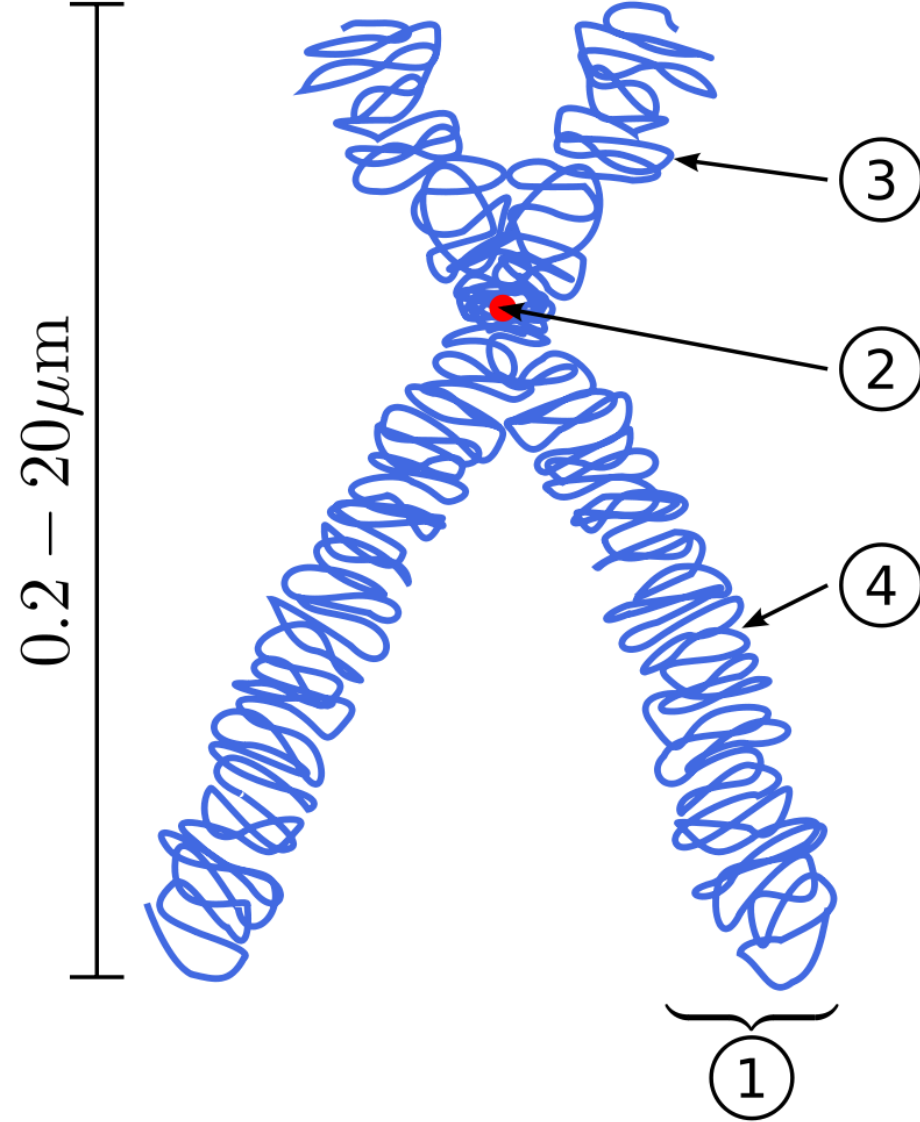
ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

ลักษณะ	DNA	RNA
8. ขนาดโมเลกุล	ใหญ่กว่า	เล็กกว่า
9. ปริมาณ	น้อยกว่า	มากกว่า DNA 5-10 เท่า
10.หน้าที่	- เป็นสารพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต - เป็นต้นแบบในการสังเคราะห์โปรตีน	- เป็นสารพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตบางชนิด เช่น ไวรอยด์ และไวรัส ที่ทำให้เกิดไข้หวัดใหญ่ (influenza), โปลิโอ (polio virus), เอดส์ (AIDS), ไข้ต่างของยาสูบ เป็นต้น - เป็นหน่วยปฏิบัติงานในการสังเคราะห์โปรตีน



ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

โครโมโซม





ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

การนับจำนวนโครโมโซม

การศึกษาการแบ่งเซลล์แต่ละขั้นตอนจะกล่าวถึงจำนวนโครโมโซมและชุดโครโมโซม จึงต้องนับให้เป็น เพื่อไม่ให้สับสน ดังนี้

1

จำนวนชุดโครโมโซม นับดูว่ามีโครโมโซมที่เหมือนกันกี่ชุด (Homologous chromosome)

2

จำนวนโครโมโซม นับที่จำนวนเซนโทรเมียร์ โดย 1 โครโมโซมจะมี 1 เซนโทรเมียร์

3

การเขียนบอกชุดและจำนวน ให้เขียน $[X \text{ จำนวนชุด} = \text{จำนวนโครโมโซม}]$ โดย X คือเลขจำนวนชุด



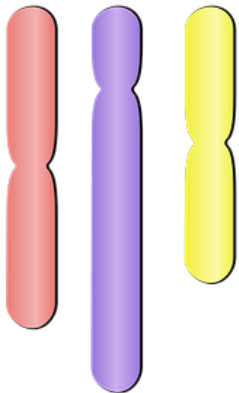
ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

เช่น

- 1) $n = 5$ หมายความว่า มีโครโมโซม 1 ชุด จำนวน 5 แท่งโครโมโซม ที่ไม่มีคู่เหมือนกันเลย
- 2) $2n = 4$ หมายความว่า มีโครโมโซม 2 ชุด จำนวน 4 แท่งโครโมโซม โดยมีคู่ที่เหมือนกัน

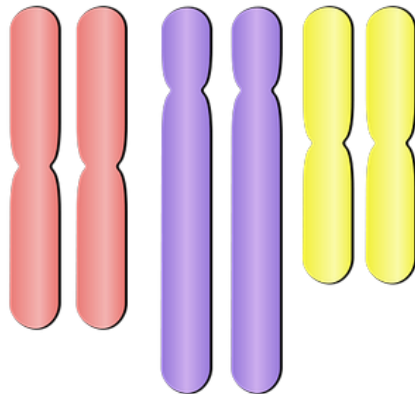
[Xจำนวนชุด = จำนวนโครโมโซม]

Haploid (N)



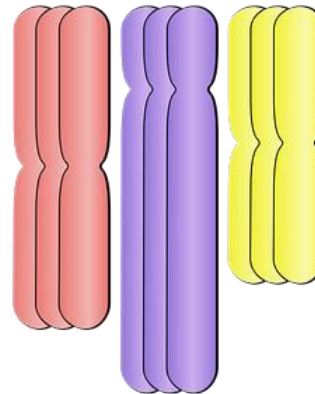
$$n = 3$$

Diploid (2N)



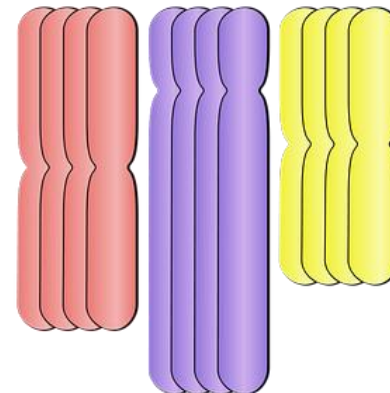
$$2n = 6$$

Triploid (3N)



$$3n = 9$$

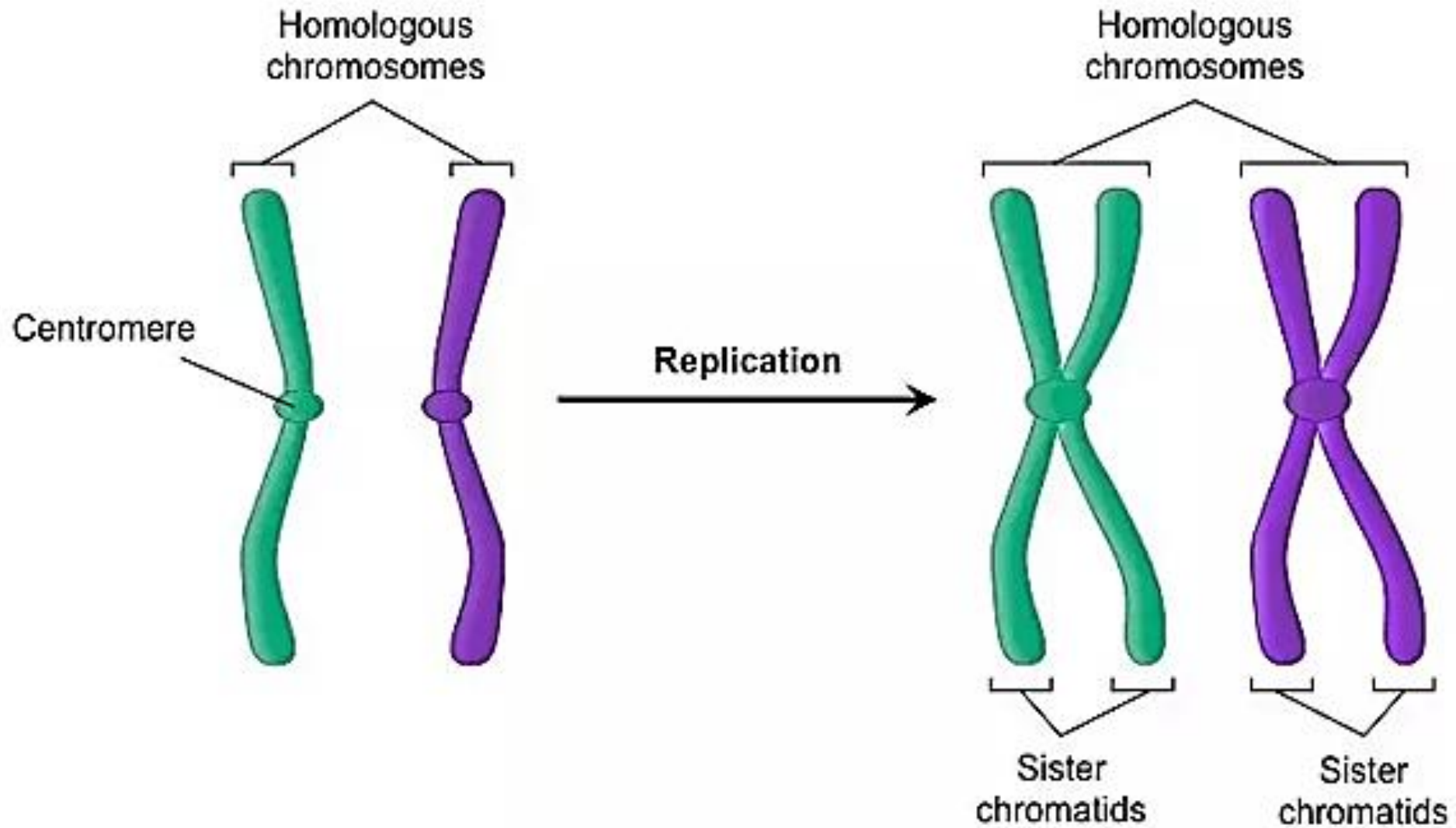
Tetraploid (4N)



$$4n = 12$$



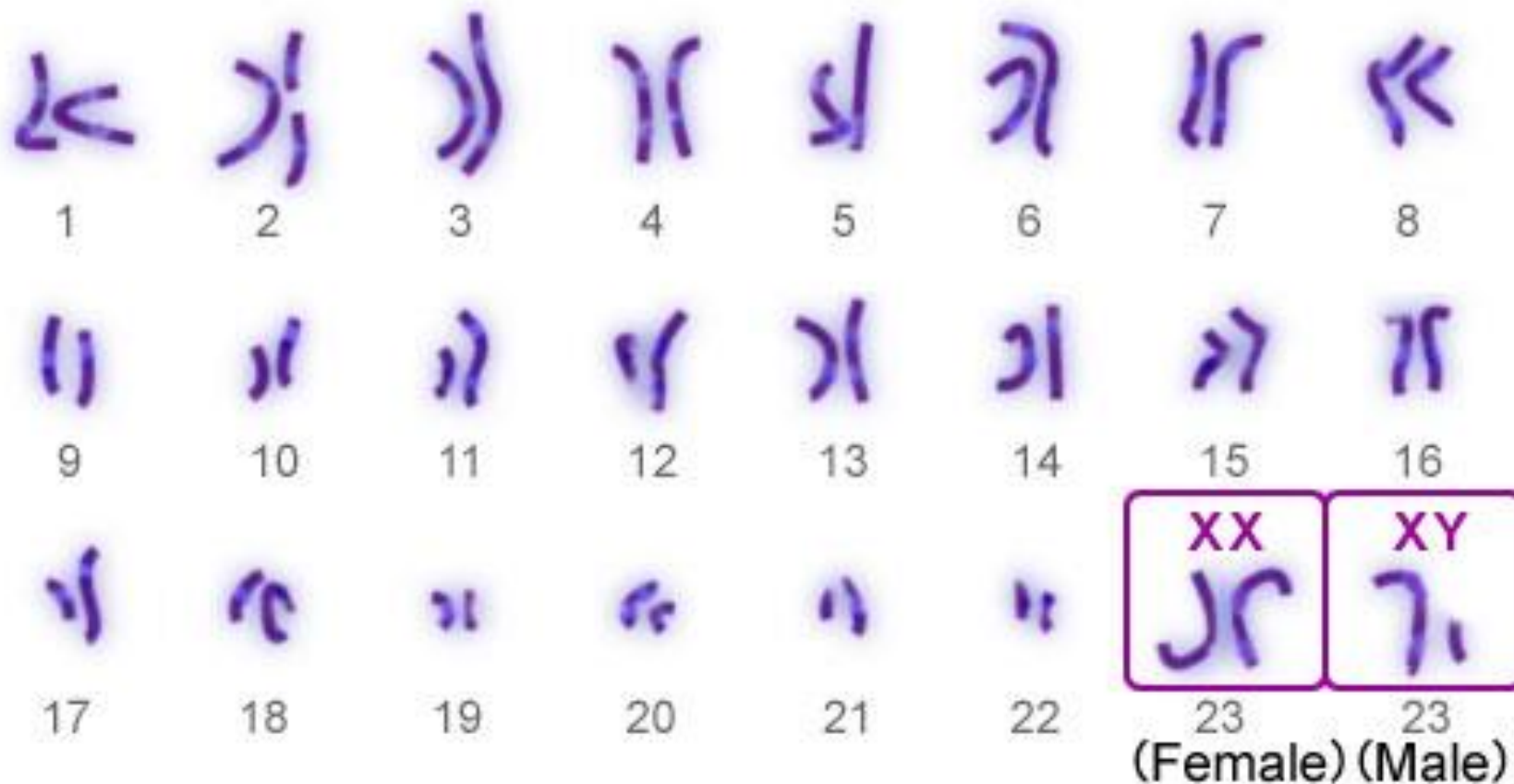
ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม





ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

โครโมโซมในมนุษย์มี 46 โครโมโซม โดยจับกันเป็นคู่ ๆ จำนวนทั้งหมด 23 คู่
คู่ที่ 1-22 เป็นโครโมโซมที่กำหนดการทำงานต่างๆ ในร่างกาย เรียกโครโมโซมกลุ่มนี้ว่า autosome
คู่ที่ 23 เป็นโครโมโซมที่กำหนดความเป็นเพศ เรียกว่า sex chromosome

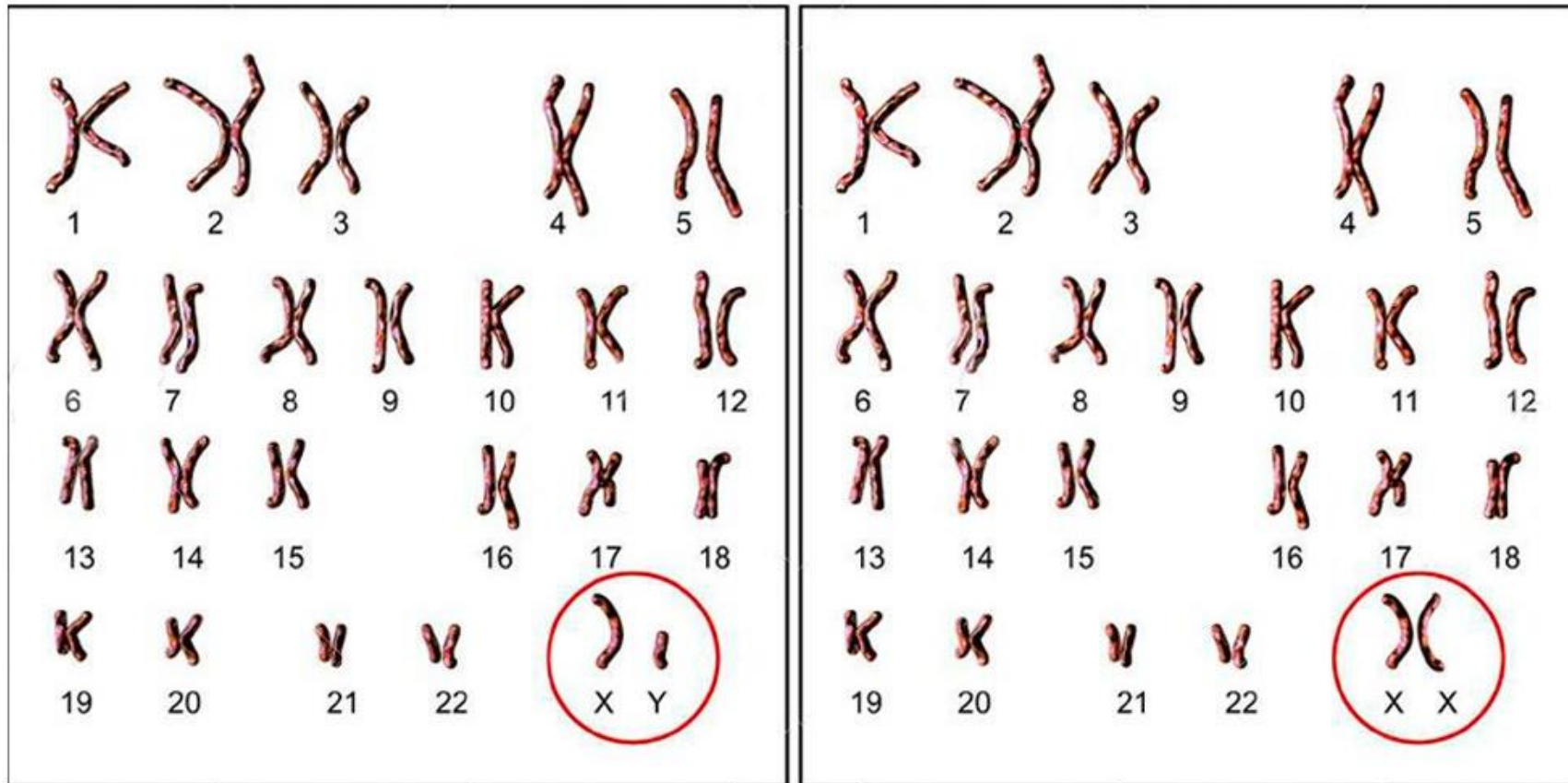




ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

ในเพศหญิง โครโมโซมเพศเป็นโครโมโซม X 2 ตัว (XX) ส่วนในเพศชายมีโครโมโซมเพศเป็นโครโมโซม X 1 ตัว และโครโมโซม Y 1 ตัว (XY) ในการบอกชุดโครโมโซมจึงระบุจำนวนโครโมโซมทั้งหมดและระบุความเป็นเพศไว้

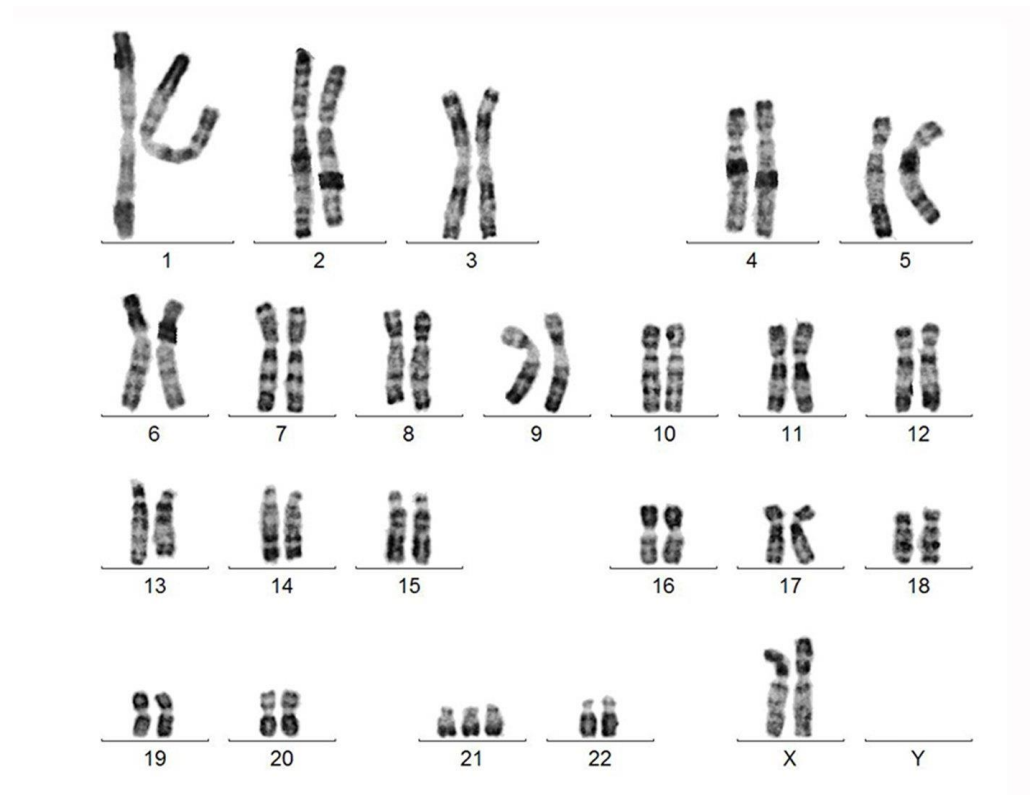
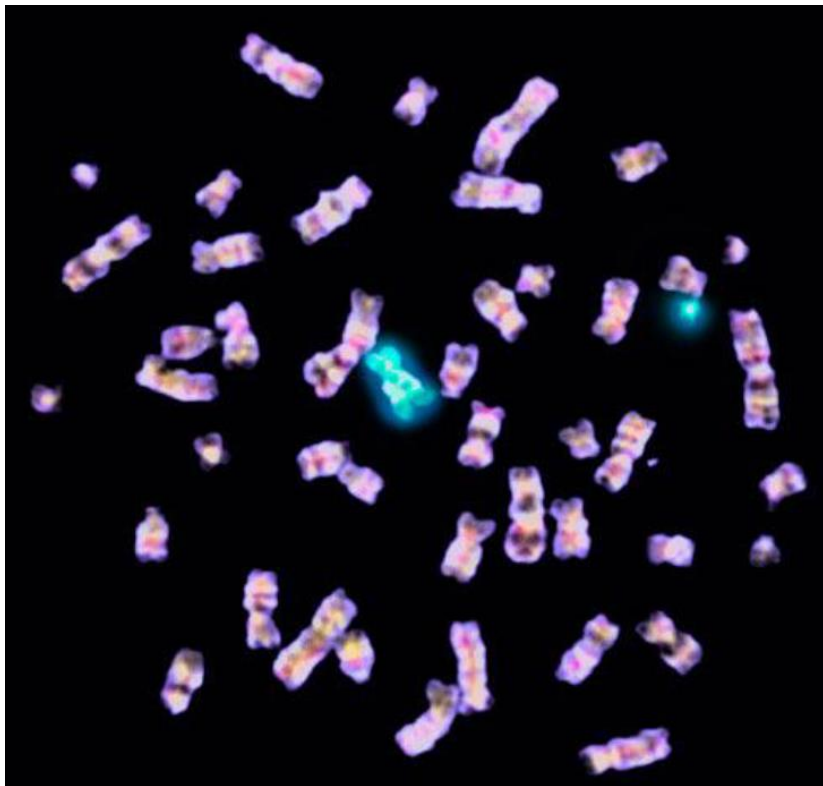
ในเพศหญิงจึงเป็น 46,XX และในเพศชายเป็น 46,XY





ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

การศึกษารูปร่างและลักษณะของโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต ทำได้โดยการนำเซลล์ร่างกายมาศึกษาและถ่ายภาพของโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาวบางชนิดของคน จะได้ภาพโครโมโซมของคนกระจายอยู่ภายในเซลล์ จากนั้นนำมาจัดเรียงตามรูปร่างลักษณะ และขนาดใกล้เคียงกันมาจัดไว้เป็นคู่เดียวกัน (homologous chromosome) เรียกว่า คาริโอไทป์ (Karyotype)

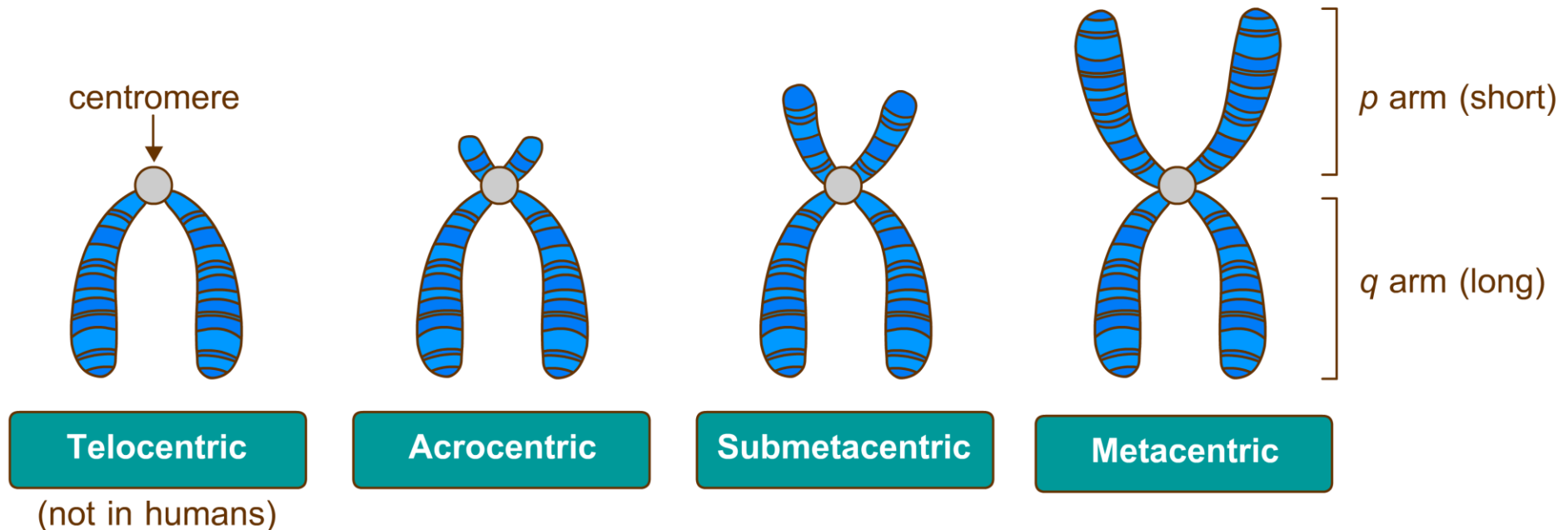




ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

รูปร่างและลักษณะของโครโมโซม

1. **Metacentric** เมตาเซนตริก เป็นโครโมโซมที่มีแขนยื่น 2 ข้างออกจากเซนโทรเมียร์เท่ากันหรือเกือบเท่ากัน
2. **Submetacentric** ซับเมตาเซนตริก เป็นโครโมโซมที่มีแขนยื่นออกมา 2 ข้างจากเซนโทรเมียร์ไม่เท่ากัน
3. **Acrocentric** อะโครเซนตริก เป็นโครโมโซมที่มีลักษณะเป็นแท่ง โดยมีเซนโทรเมียร์อยู่ใกล้กับปลายข้างใดข้างหนึ่ง จึงเห็นส่วนเล็ก ๆ ยื่นออกจากเซนโทรเมียร์
4. **Telocentric** เทโลเซนตริก เป็นโครโมโซมที่มีลักษณะเป็นแท่ง โดยมีเซนโทรเมียร์อยู่ตอนปลายสุดของโครโมโซม



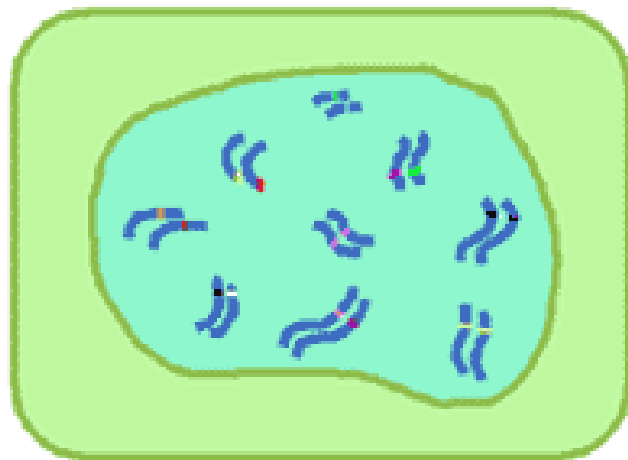


ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

เซลล์ในร่างกายมนุษย์ มี 2 ชนิด คือ

เซลล์ร่างกาย (somatic cell)

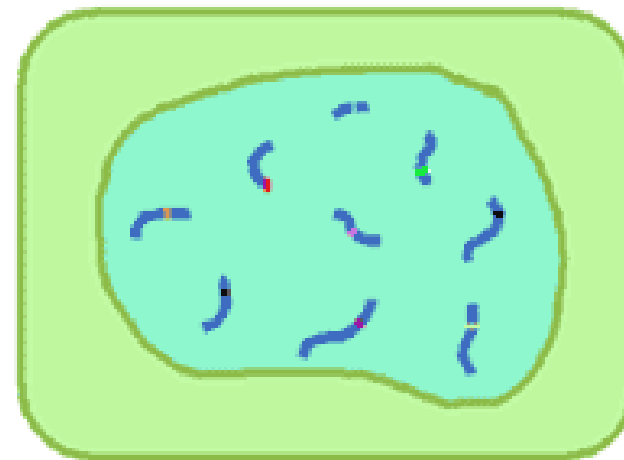
เป็นเซลล์ที่อยู่ในระยะที่ไม่แบ่งตัวจะมีจำนวนชุดโครโมโซม 2 ชุด ($2n$)



Somatic Cell

เซลล์สืบพันธุ์ (gamete)

เป็นเซลล์ที่อยู่ในระยะที่ไม่แบ่งตัวมีจำนวนชุดโครโมโซม 1 ชุด (n) ได้แก่ เซลล์ไข่ และเซลล์อสุจิ

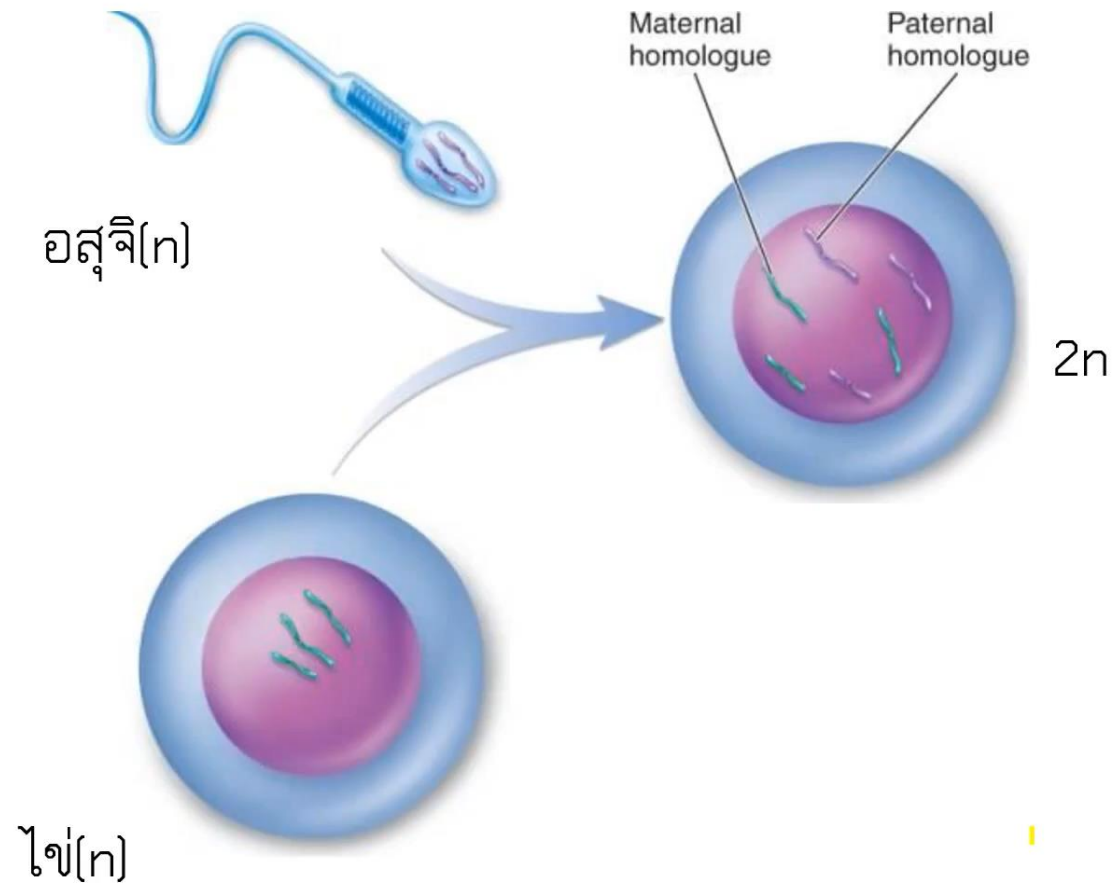


Gamete Cell



ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่ไปสู่ลูกผ่านเซลล์สืบพันธุ์





ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม

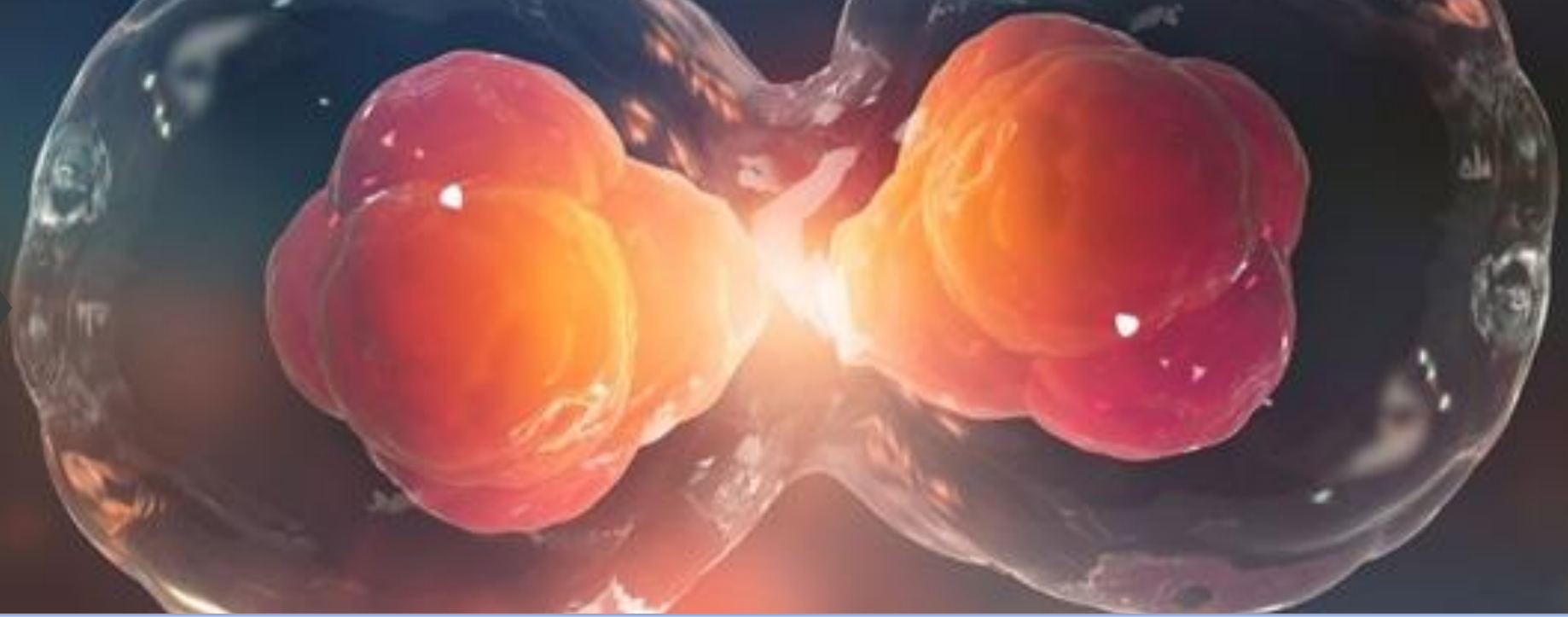
โครโมโซมพ่อแม่

44+XY

44+XX

สิ่งมีชีวิต	จำนวนโครโมโซม					
	เซลล์ร่างกาย (แท่ง)			เซลล์สืบพันธุ์ (แท่ง)		
	ทั้งหมด	โครโมโซมร่างกาย	โครโมโซมเพศ	ทั้งหมด	โครโมโซมร่างกาย	โครโมโซมเพศ
1. ถั่วลิสงเตา	14					
2. ข้าวโพด	10					
3. ข้าว	24					
4. มะเขือเทศ	24					
5. แมลงหวี่	8					
6. แมลงวัน	12					
7. สุนัข	78					
8. ปลากัด	42					
9. ชิมแพนซี	48					
10. คน	46					
11. ไก่	78					
12. หนู	42					





หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พันธุกรรม (2)

การแบ่งเซลล์

นางสาวอลิษา ไชยชาญ

รายวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



การแบ่งเซลล์

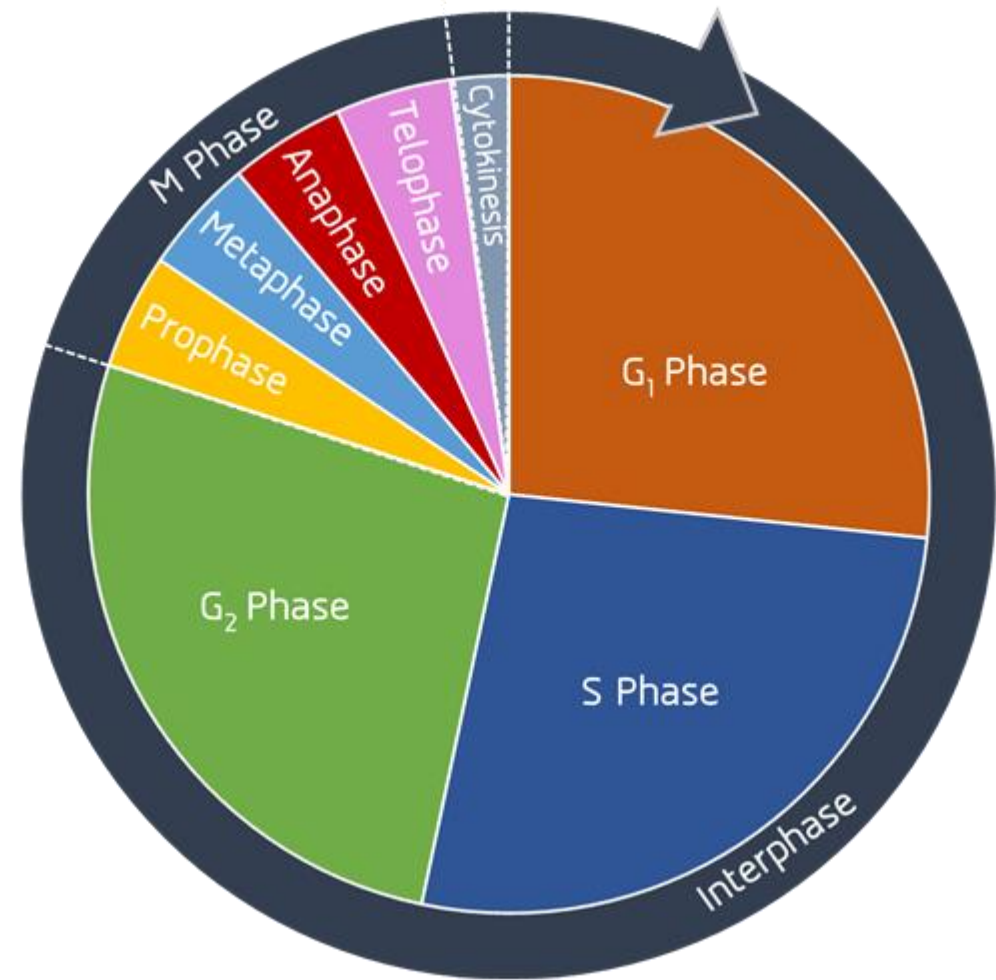
วัฏจักรเซลล์ (Cell cycle)

วัฏจักรเซลล์ เป็นช่วงเวลาทั้งหมดที่เซลล์ใช้ในการเพิ่มจำนวนจาก 1 เซลล์ เป็น 2 เซลล์ ในวัฏจักรเซลล์หนึ่งรอบจะประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการแบ่งนิวเคลียส (Karyokinesis) ซึ่งมี 2 ระยะหลัก คือ

1. ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase) และ

2. ระยะ M (M phase)

และขั้นตอนการแบ่งไซโทพลาซึม (Cytokinesis) ที่มักเกิดในช่วงท้ายของการแบ่งนิวเคลียส





การแบ่งเซลล์

การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส (Mitosis)

การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเพื่อเพิ่มจำนวนของเซลล์ร่างกาย (Somatic cell) ในสิ่งมีชีวิต ลักษณะสำคัญของการแบ่งนิวเคลียสแบบนี้ คือ

-  จำนวนโครโมโซมของเซลล์ตั้งต้นและเซลล์ลูกที่เกิดขึ้นจะเท่าเดิม
-  ลักษณะทางพันธุกรรมของเซลล์ลูกจะเหมือนกับเซลล์ตั้งต้นทุกประการ
-  เมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะได้เซลล์ลูก (Daughter cell) ทั้งหมด 2 เซลล์

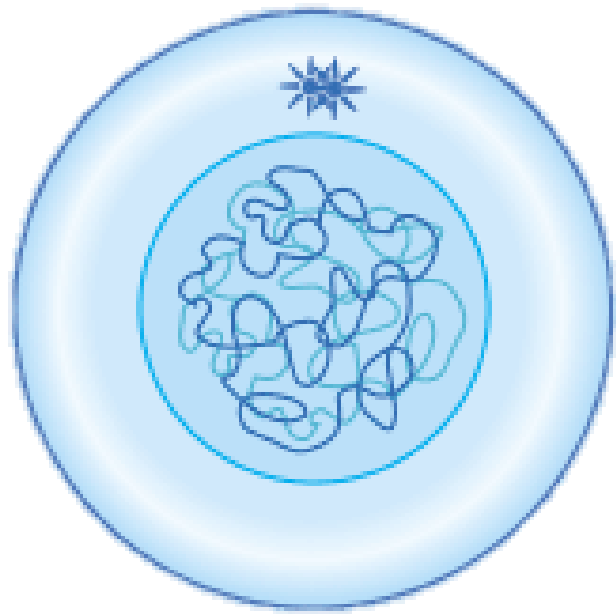


การแบ่งเซลล์

ระยะต่าง ๆ ในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมีดังนี้

1.

เป็นระยะที่ยาวนานที่สุด เป็นการเตรียมพร้อมก่อนจะแบ่งนิวเคลียสและไซโทพลาซึม มีการสังเคราะห์ DNA เพิ่มขึ้น 2 เท่า จาก 1 เป็น 2 โครมาทิด แบ่งเป็น 3 ระยะย่อย ได้แก่



G1 (First gap phase) ระยะก่อนสร้าง DNA เซลล์เติบโตเพื่อเตรียมความพร้อม โดยเพิ่มจำนวนออร์แกเนลล์เป็น 2 เท่า และสะสมสารที่จำเป็นต่อการจำลองตัวของ DNA

S (Synthetic phase) ระยะที่มีการสังเคราะห์ DNA เพิ่มขึ้น 2 เท่า หรือที่เรียกว่า copy DNA แต่โครโมโซมเท่าเดิม

G2 (Second gap phase) ระยะหลังสร้าง DNA ถือเป็นระยะพักเตรียมพร้อมสร้างออร์แกเนลล์ต่าง ๆ และยังสังเคราะห์โปรตีนที่ต้องการใช้ในการแบ่งเซลล์อีกด้วย



การแบ่งเซลล์

2.

ระยะ M

(M phase)

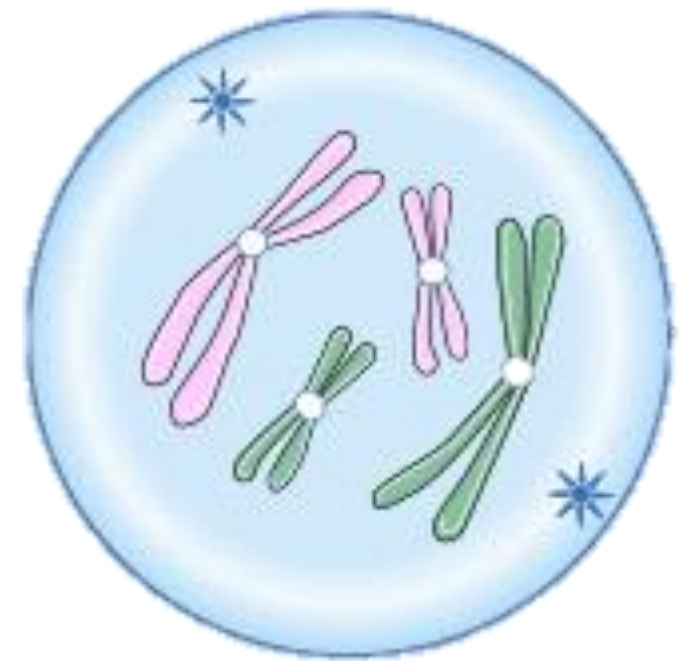
ระยะ M ของการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะย่อย คือ ระยะโพรเฟส ระยะเมทาเฟส ระยะแอนาเฟส และระยะเทโลเฟส

2.1

ระยะโพรเฟส (Prophase)

เป็นระยะแรกสุดในระยะ M ลักษณะเด่นของระยะนี้คือ การที่เส้นใยโครมาตินเริ่มมีการขดตัวมากขึ้น ส่วนของเยื่อหุ้มนิวเคลียส และนิวคลีโอลัสเริ่มสลายและสังเกตเห็นได้ยากขึ้น ส่วนของเซนโทรโซมเริ่มแยกออกจากกัน

ไปยังแต่ละขั้วเซลล์ และเริ่มมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล

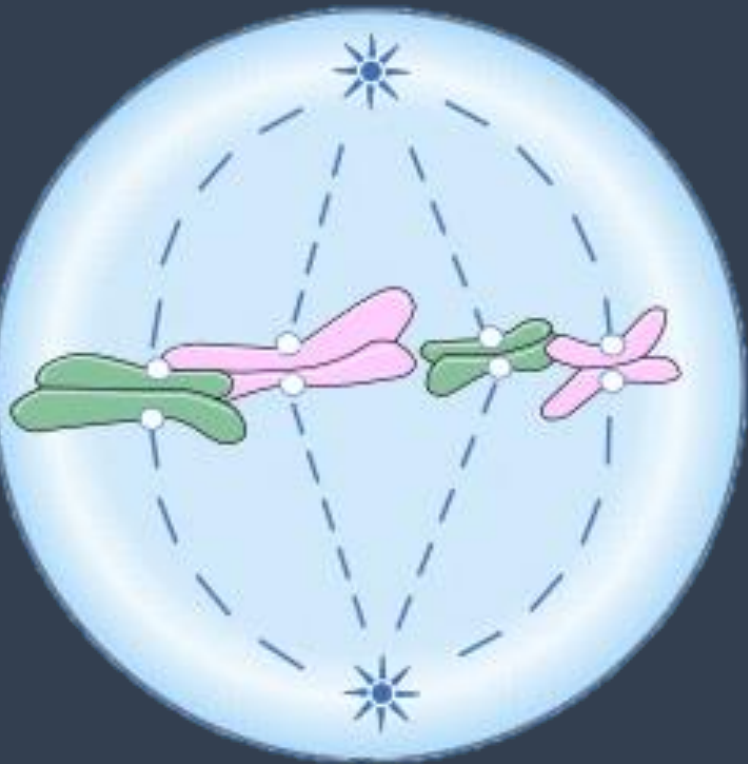




การแบ่งเซลล์

2.2

ระยะเมทาเฟส (Metaphase)



เป็นระยะที่เซลล์มีการจัดเรียงโครโมโซมทั้งหมดอยู่ในระนาบแนว
กึ่งกลางเซลล์ เรียกแนวระนาบนี้ว่า Metaphase plate หรือ
Equatorial plate ระยะนี้โครโมโซมจะมีการขดตัวสั้นมากที่สุดทำให้นัก
ชีววิทยานิยมนำเซลล์ในระยะนี้ไปสกัดแยกโครโมโซมแล้วนำมาจัดเรียง
จับคู่โครโมโซมคู่เหมือน เพื่อศึกษาความผิดปกติของโครโมโซม เรียก
การศึกษาแบบนี้ว่า การทำคาริโอไทป์ (Karyotype)

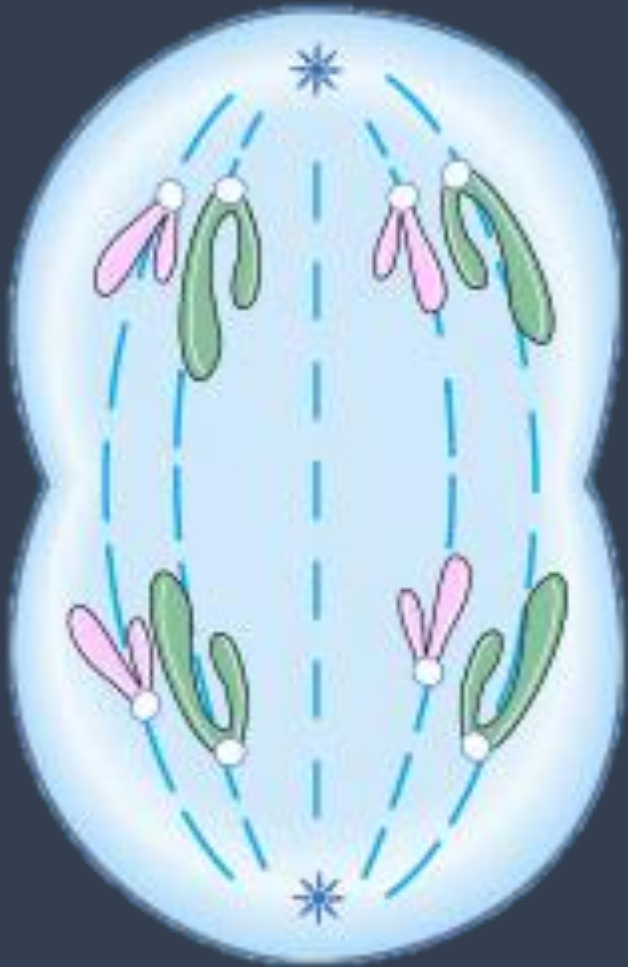


การแบ่งเซลล์

2.3

ระยะแอนาเฟส (Anaphase)

เป็นระยะที่ใช้เวลานานที่สุดในวัฏจักรเซลล์ ระยะ แอนาเฟสนี้จะมีการแยกกันของ Sister chromatid ของโครโมโซมออกไปยังแต่ละขั้วเซลล์ด้วยการทำงานของเส้นใยสปินเดิล เพื่อเป็นโครโมโซมของเซลล์ลูกต่อไป



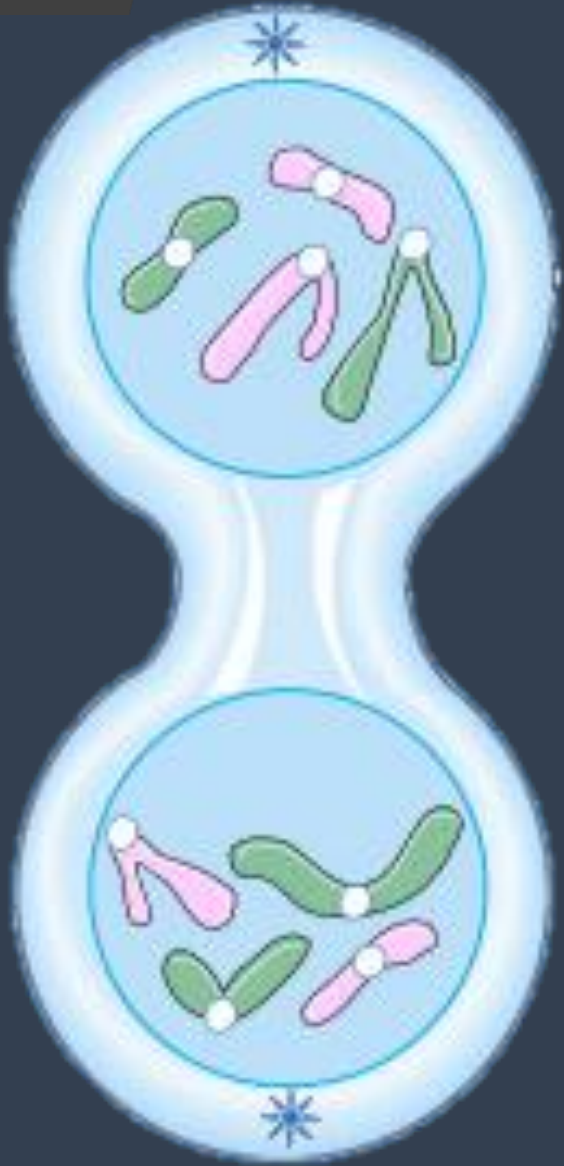


การแบ่งเซลล์

2.4

ระยะเทโลเฟส (Telophase)

เป็นระยะสุดท้ายของระยะ M ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่ตรงข้ามกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระยะโพรเฟส เช่น โครโมโซมเริ่มมีการคลายตัว (Chromosome decondensation) กลายเป็นโครมาตินใหม่อีกครั้ง และเริ่มมีการสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นใหม่อีกครั้ง นิวคลีโอลัสเริ่มเห็นได้ใหม่อีกครั้ง และระยะเทโลเฟสช่วงท้ายมักจะเริ่มมีการแบ่งไซโทพลาซึมเกิดขึ้น

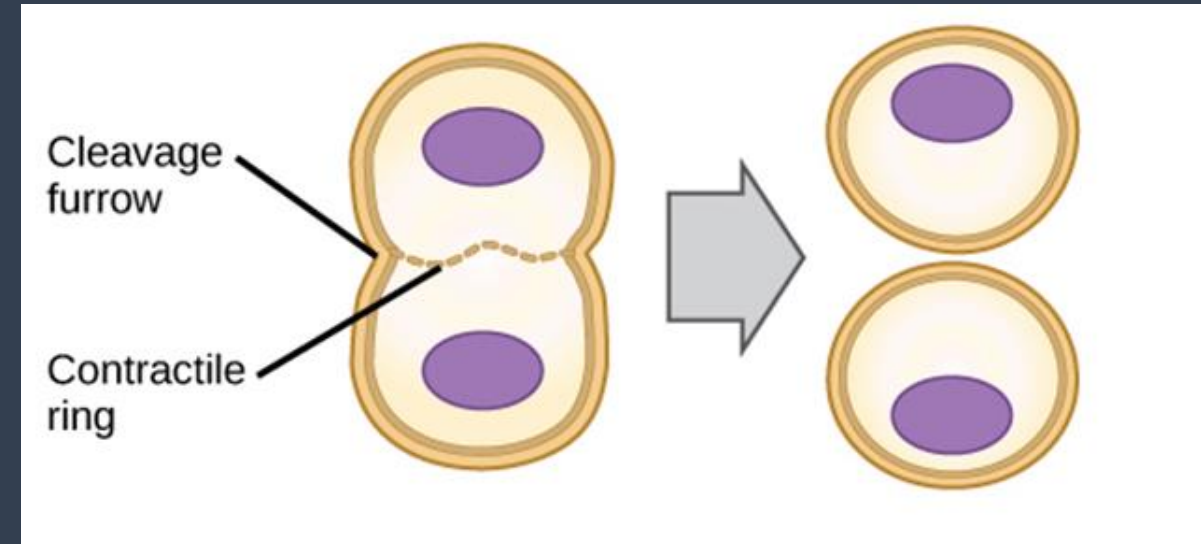




การแบ่งเซลล์

การแบ่งตัวของไซโตพลาซึม (Cytokinesis)

เซลล์สัตว์: เส้นใยไมโครฟิลาเมนต์จะมารวมตัวกันเป็น Contractile ring ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์จะคอดกึ่งจาก 2 ข้างเข้าสู่ใจกลางเซลล์เรียกว่า Furrow type และเซลล์จะหลุดออกเป็นเซลล์ใหม่ได้จำนวน 2 เซลล์

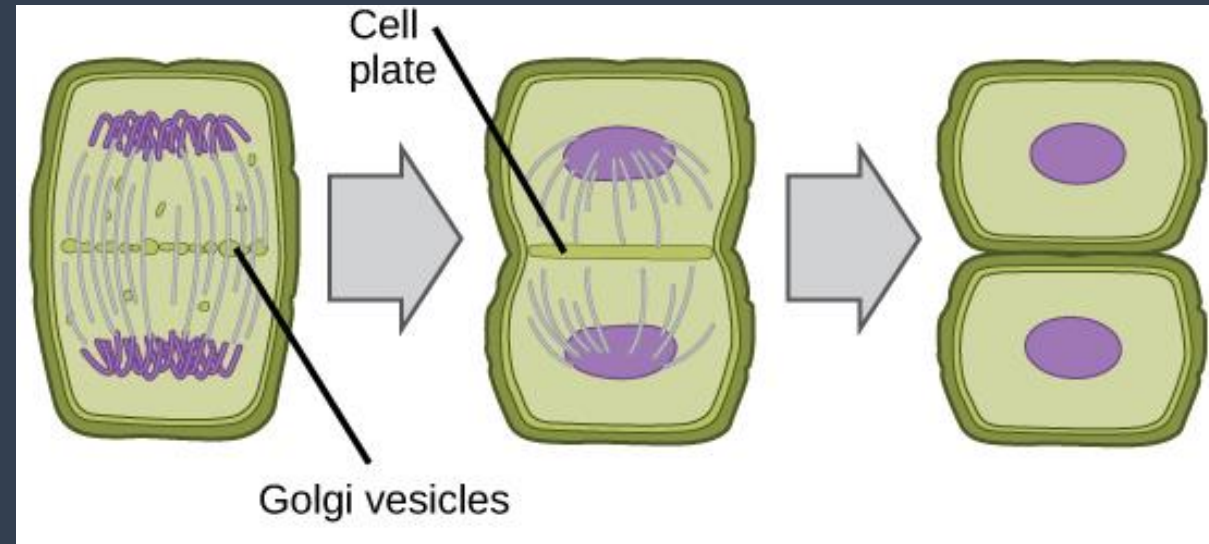




การแบ่งเซลล์

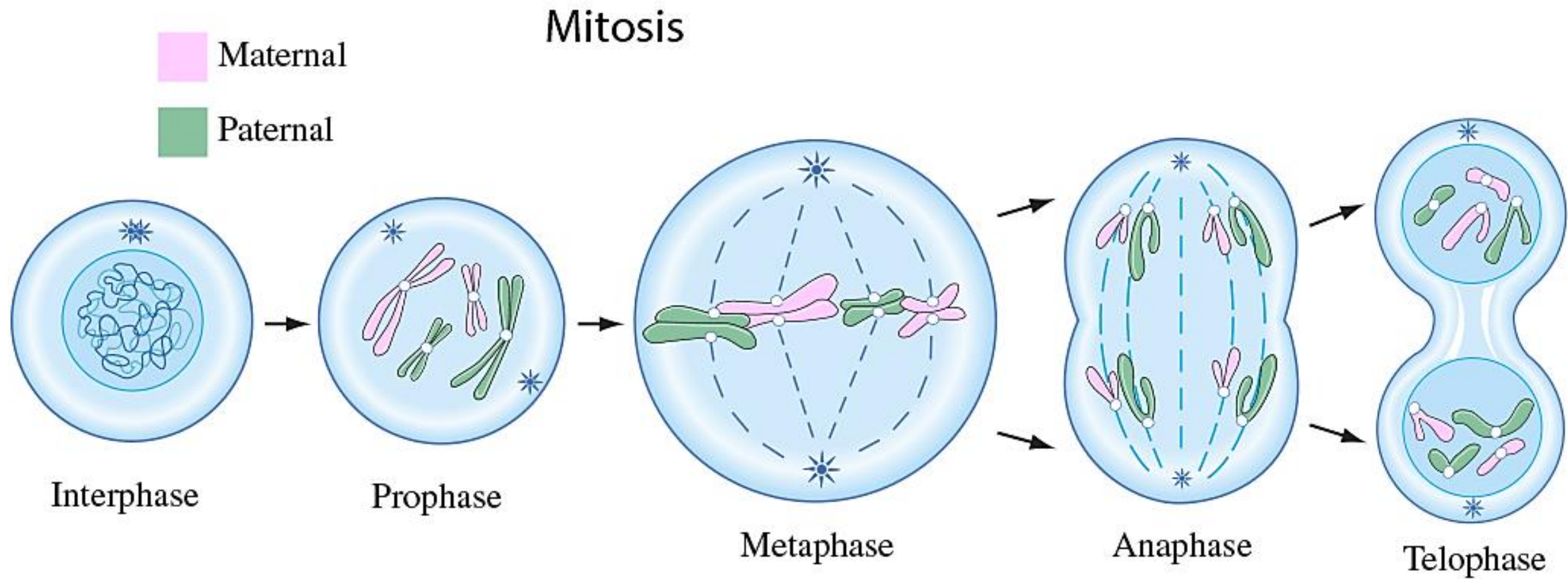
การแบ่งตัวของไซโตพลาสซึม (Cytokinesis)

เซลล์พืช: เกิดจากการรวมตัวของ Vesicles ที่สร้างมาจาก Golgi body และรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ เพื่อสร้างเป็นเซลล์เพลท (Cell plate) โดยก่อตัวบริเวณกึ่งกลางเซลล์จนขยายไป 2 ข้างของเซลล์ เรียกว่า Cell plate type



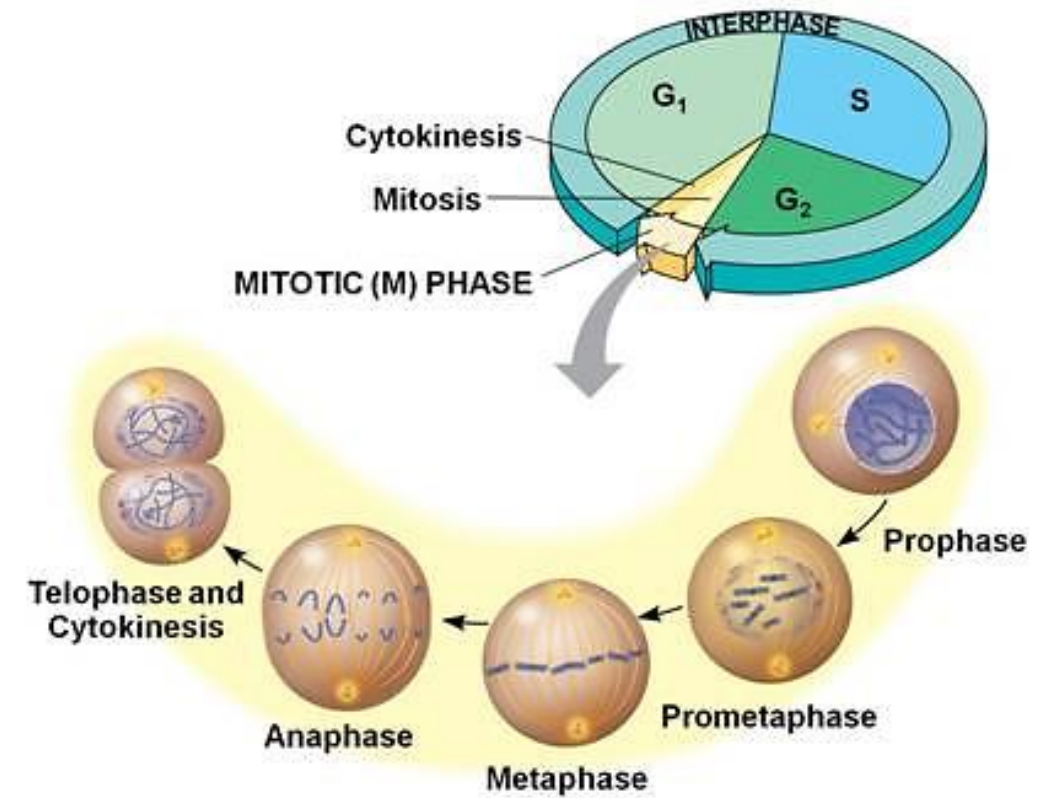
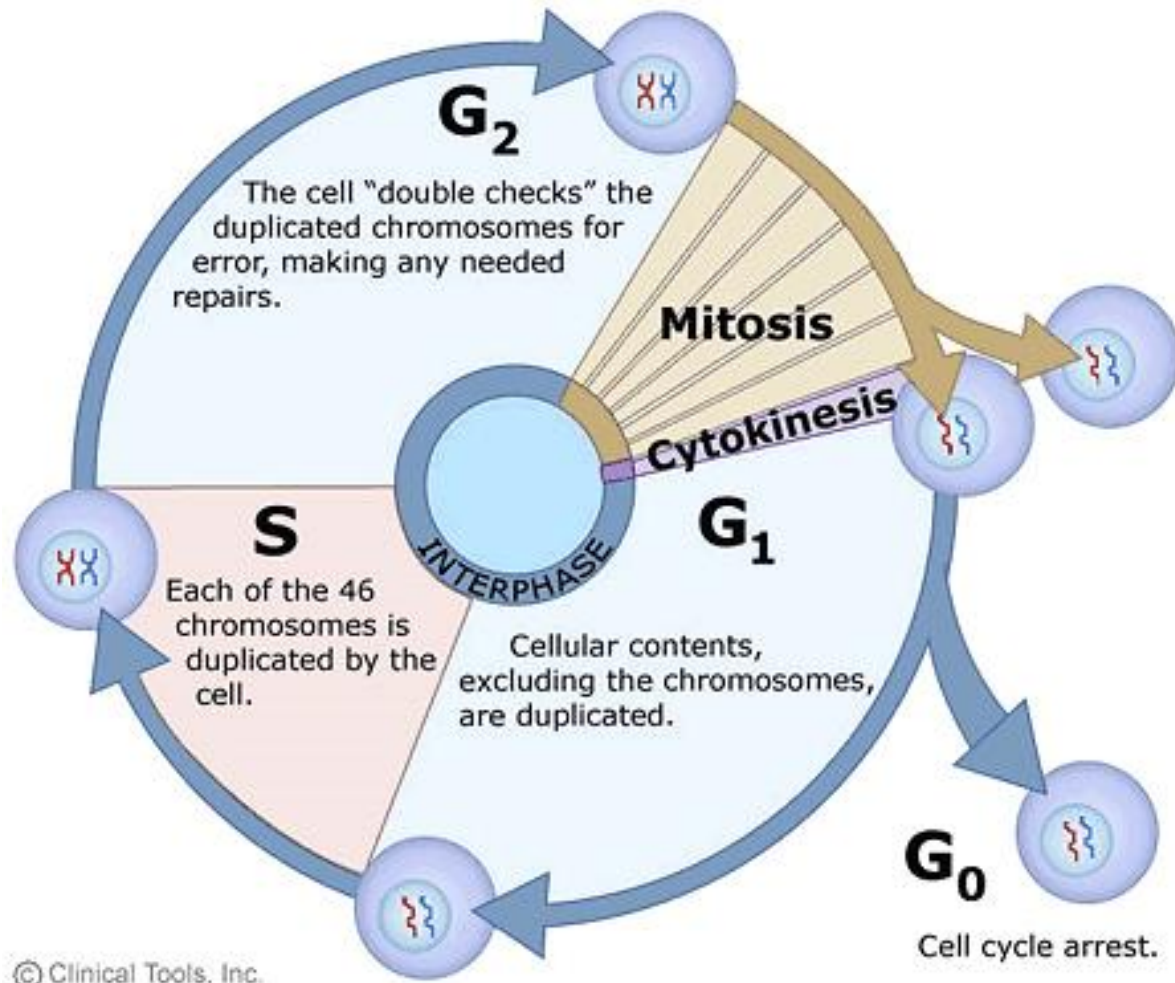


การแบ่งเซลล์





การแบ่งเซลล์





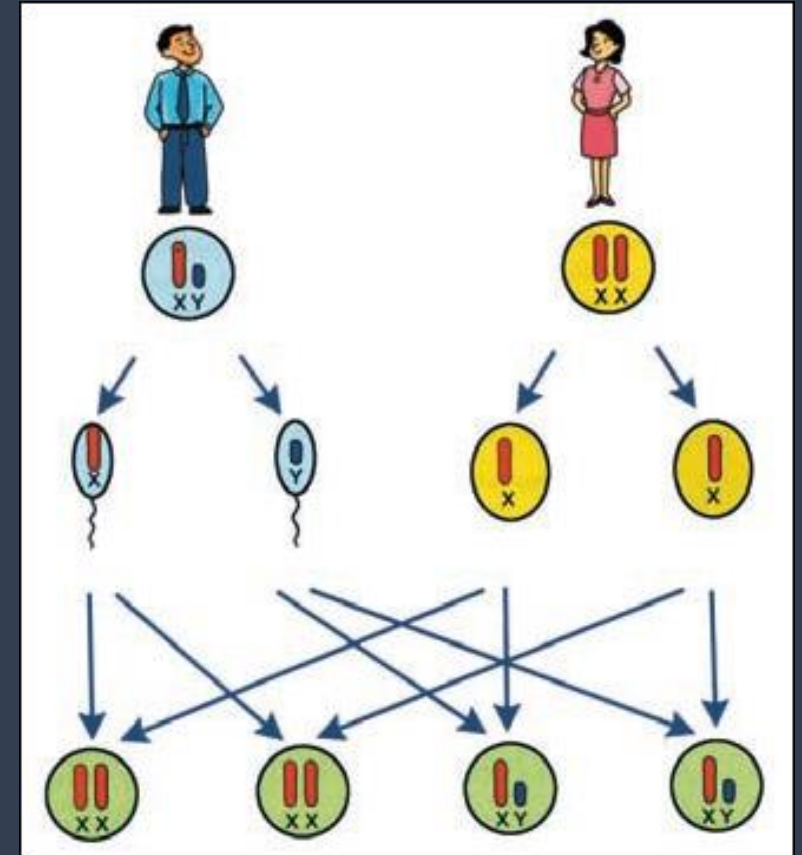
การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส (meiosis)

เป็นขบวนการในการแบ่งนิวเคลียสของเซลล์ที่จะเจริญไปเป็นเซลล์สืบพันธุ์ แล้วได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ และแต่ละเซลล์ที่ได้มีจำนวนโครโมโซมลดลงจากเดิมครึ่งหนึ่ง เซลล์ที่จะเกิดไมโอซิส หรือที่จะเจริญไปเป็นเซลล์สืบพันธุ์นั้นเรียกว่า Meocyte และเรียกขบวนการ Meiosis พร้อมด้วยการแบ่งไซโทพลาซึม ซึ่งเกิดขึ้นตามมาด้วยว่า Meiotic cell division



การแบ่งเซลล์

ในคนเรา ทุก ๆ เซลล์ทั่วร่างกายเรามีจำนวน 46 แท่ง ซึ่งต้องได้มาจากโครโมโซมของพ่อ 23 แท่ง และของแม่อีก 23 แท่งมารวมกัน และเซลล์ต่าง ๆ เหล่านี้ถ้าต่อไปบางเซลล์จำเป็นต้องทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ ก็จะมีการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส ผลของการแบ่งนิวเคลียสจะได้เซลล์สืบพันธุ์ (4 เซลล์) ที่มีจำนวนโครโมโซม 23 แท่งเท่านั้น และจะเป็นแบบเดียวกันนี้ในพืชหรือสัตว์ชั้นสูงทั่วไปด้วย





การแบ่งเซลล์

ไมโอซิสประกอบด้วย การแบ่งนิวเคลียส 2 ครั้งติดต่อกันไป คือ

1. First meiotic division

ขั้นแรกนี้ผลที่ได้จำนวนโครโมโซมลดลงไปครึ่งหนึ่ง มีขบวนการที่ซับซ้อนมาก



2. Second meiotic division

ขั้นที่สองไม่มีการลดจำนวนโครโมโซมลงมาอีก ขบวนการที่เกิดขึ้นคล้ายกับไมโทซิส แต่ไม่มีการจำลองตัวเองของโครโมโซม



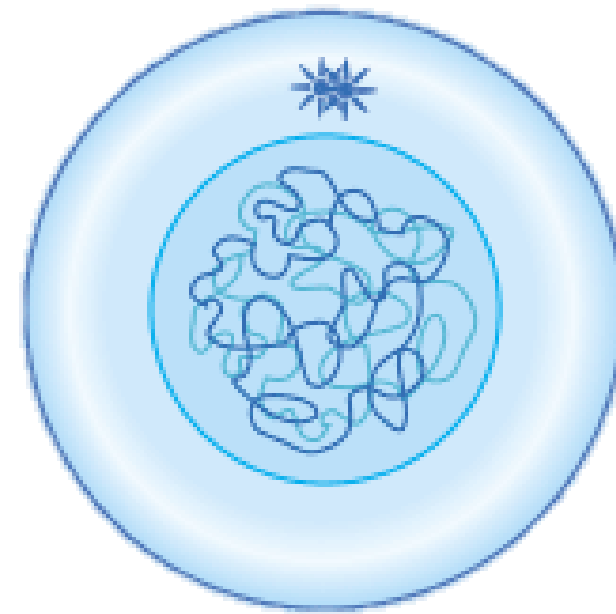
การแบ่งเซลล์

First meiotic division

First meiotic division หรือ Heterotype division แบ่งเป็น 5 ระยะ คือ

ระยะอินเตอร์เฟส I (Interphase I)

เป็นระยะที่เหมือนกับอินเตอร์เฟสของไมโทซิส คือ เป็นระยะที่เซลล์มีการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่การแบ่งเซลล์ การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่สุดของระยะอินเตอร์เฟส คือ การเพิ่มจำนวนของ DNA ผ่านการจำลอง DNA (DNA replication) ในระยะย่อย S ทำให้โครโมโซม 1 แท่ง (สายโครมาตินในระยะนี้) มีโครมาทิด 2 อัน (DNA 2 โมเลกุล)

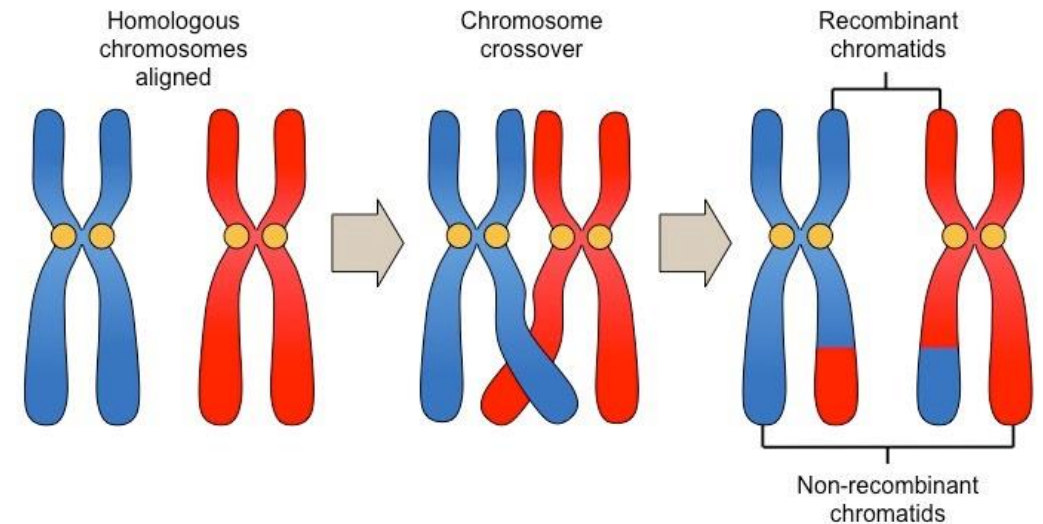
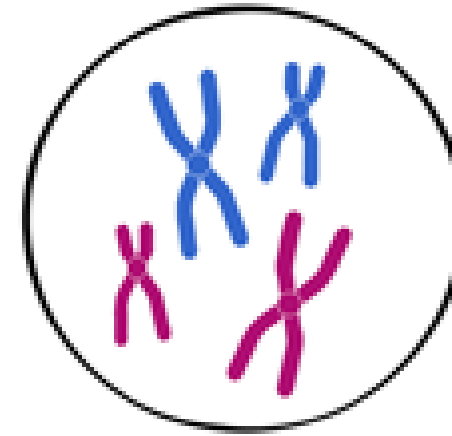




การแบ่งเซลล์

ระยะโพรเฟส I (Prophase I)

เป็นระยะที่กินเวลานานที่สุดในการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส โดยการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ภายในเซลล์ยังคงเกิดขึ้นเหมือนกับระยะโพรเฟสในไมโทซิส แต่การเปลี่ยนแปลงที่เป็นลักษณะเด่นของระยะโพรเฟส I คือ การที่โครโมโซมคู่เหมือน (Homologous chromosome) ของแต่ละคู่เกิดการจับคู่กัน (Synapsis) และมีการเกิด Crossing over ซึ่งเป็นการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของ Nonsister chromatid ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมขึ้นได้

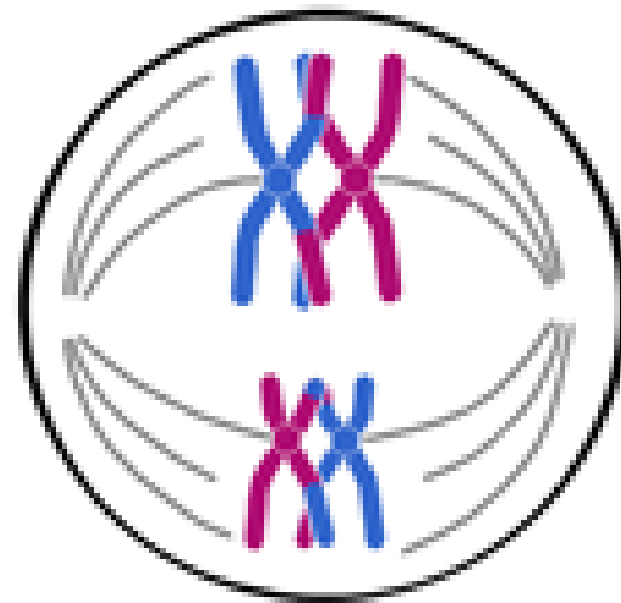




การแบ่งเซลล์

ระยะเมทาเฟส I (Metaphase I)

เป็นระยะที่มีการสร้างเส้นใยสปินเดิลไปยึดที่เซนโทรเมียร์ของฮอมอโลกัสโครโมโซมแต่ละคู่ (Bivalents หรือ Tetrads) มาเรียงที่แนวกึ่งกลางเซลล์ (Equatorial plate หรือ Metaphase plate) ดังนั้นในระยะเมทาเฟส I จึงแตกต่างจากระยะเมทาเฟสในไมโทซิสที่จะนำโครโมโซมทั้งหมดมาเรียงเพียงแนวเดียว

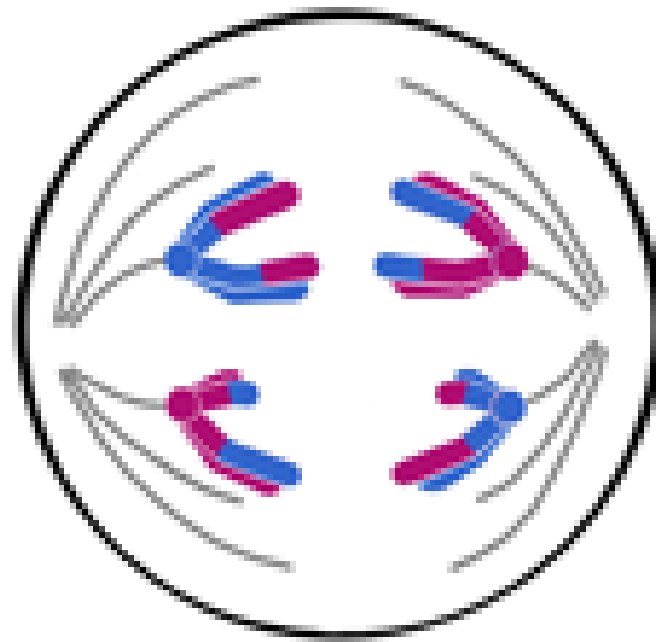




การแบ่งเซลล์

ระยะแอนาเฟส I (Anaphase I)

เป็นระยะที่เส้นใยสปินเดิลหดตัว ทำให้
ฮอมอโลกัสโครโมโซมออกจากกันไปยังแต่ละขั้วเซลล์
ซึ่งจะแตกต่างจากระยะแอนาเฟสของการแบ่งเซลล์
แบบไมโทซิสที่เป็นการแยก Sister chromatid ออกจากกัน

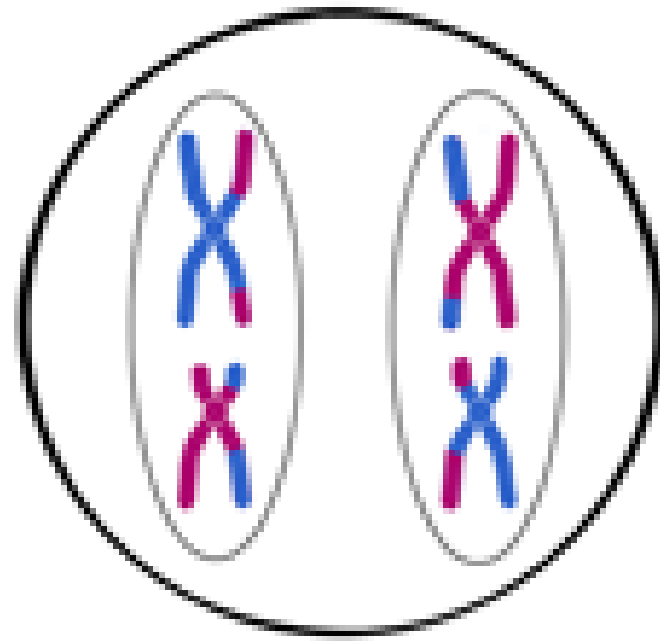




การแบ่งเซลล์

ระยะเทโลเฟส I (Telophase I)

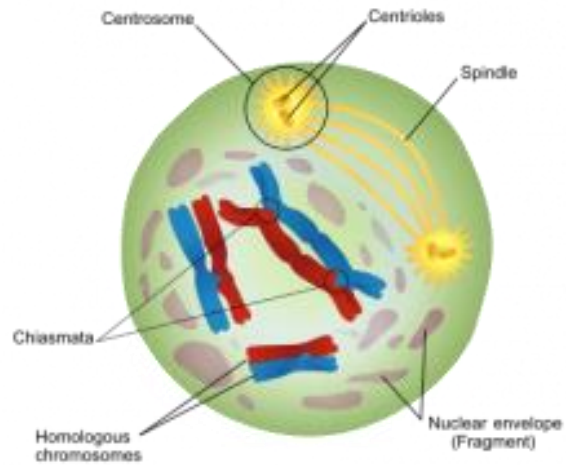
เมื่อโครโมโซมแต่ละแท่งเคลื่อนไปยังขั้วเซลล์แล้ว โครโมโซมจะเริ่มคลายเกลียวออก เริ่มเกิดเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสขึ้นใหม่หรือในเซลล์บางชนิดอาจไม่สร้างก็ได้ ระยะนี้ส่วนมากยังไม่มีการแบ่งไซโทพลาซึม นอกจากในพืชบางชนิดและในสัตว์เท่านั้น





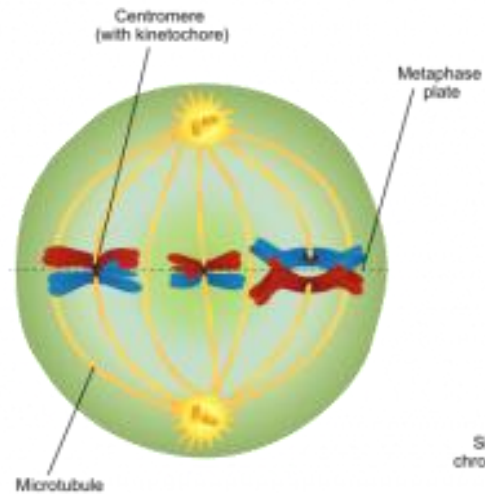
การแบ่งเซลล์

Prophase I



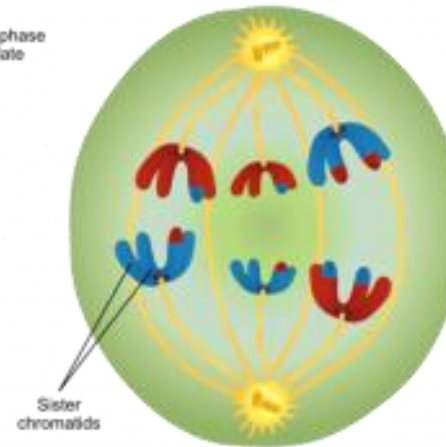
The chromosomes condense, and the nuclear envelope breaks down. Crossing-over occurs.

Metaphase I



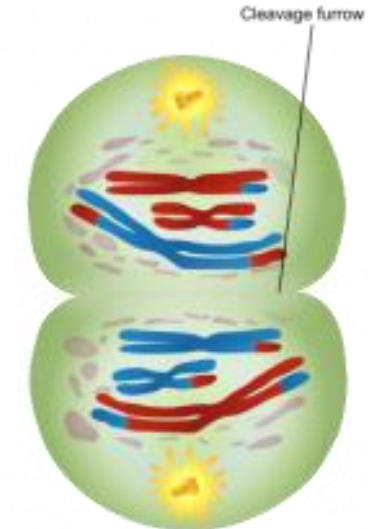
Pairs of homologous chromosomes move to the equator of the cell.

Anaphase I



Homologous chromosomes move to the opposite poles of the cell.

Telophase I & cytokinesis



Chromosomes gather at the poles of the cells. The cytoplasm divides.



การแบ่งเซลล์

Second Meiotic division

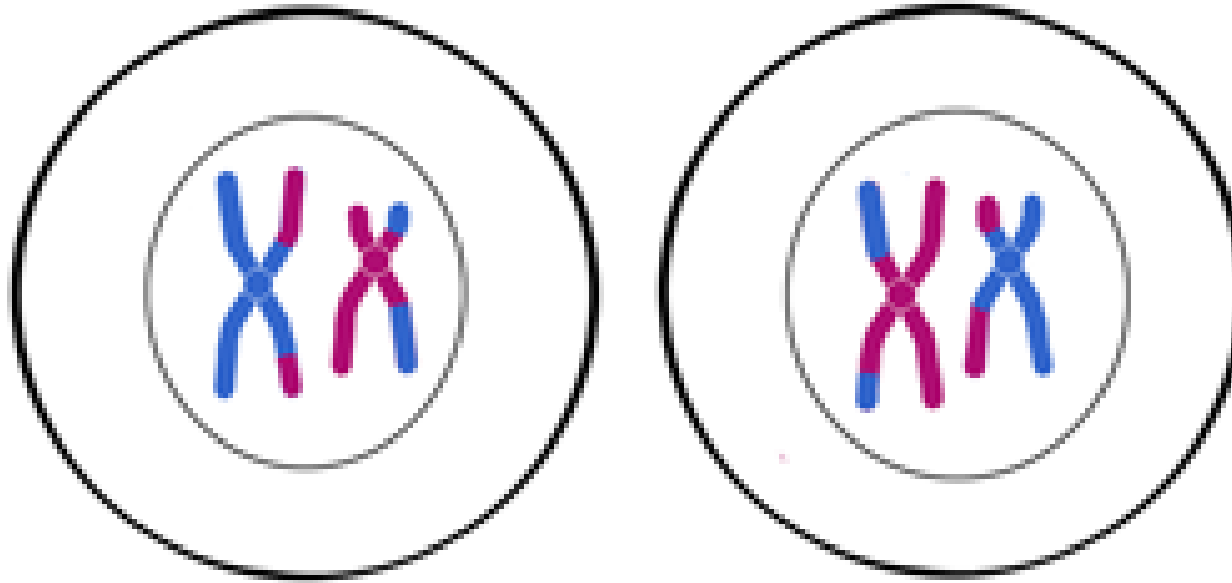
Second meiotic division หรือ Homotype division เป็นการแบ่งนิวเคลียสคล้ายแบบไมโทซิสธรรมดา ไม่มีการลดจำนวนโครโมโซมลงอีก มี 5 ระยะ คือ

ระยะอินเตอร์เฟส II (Interphase II)

เป็นระยะที่โครโมโซมยาวและบาง ข้อสำคัญที่สุดในระยะนี้คือ **ไม่มีการจำลองตัวเองของโครโมโซม** ส่วนเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสก็เห็นเหมือนกับในอินเตอร์เฟส I ในพืชและสัตว์บางชนิด เมื่อหมดระยะเทโลเฟส I แล้วอาจข้ามระยะอินเตอร์เฟส II นี้ไปเลย ไปเริ่มต้นระยะโปรเฟส II ใหม่ทันที



การแบ่งเซลล์

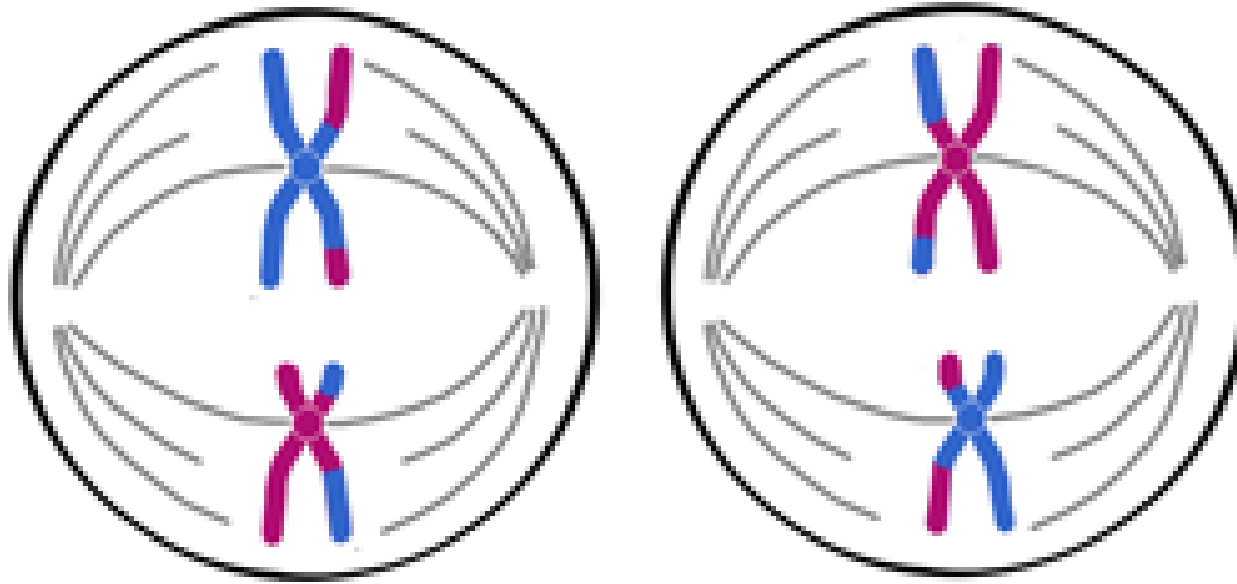


ระยะโพรเฟส II (Prophase II)

เป็นระยะที่มีการสลายเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัส โครโมโซมมีการหดตัวใหม่อีกครั้ง เกิดเส้นใยสปินเดิลชุดใหม่ขึ้นเพื่อดึงโครมาทิดให้แยกออกจากกัน



การแบ่งเซลล์

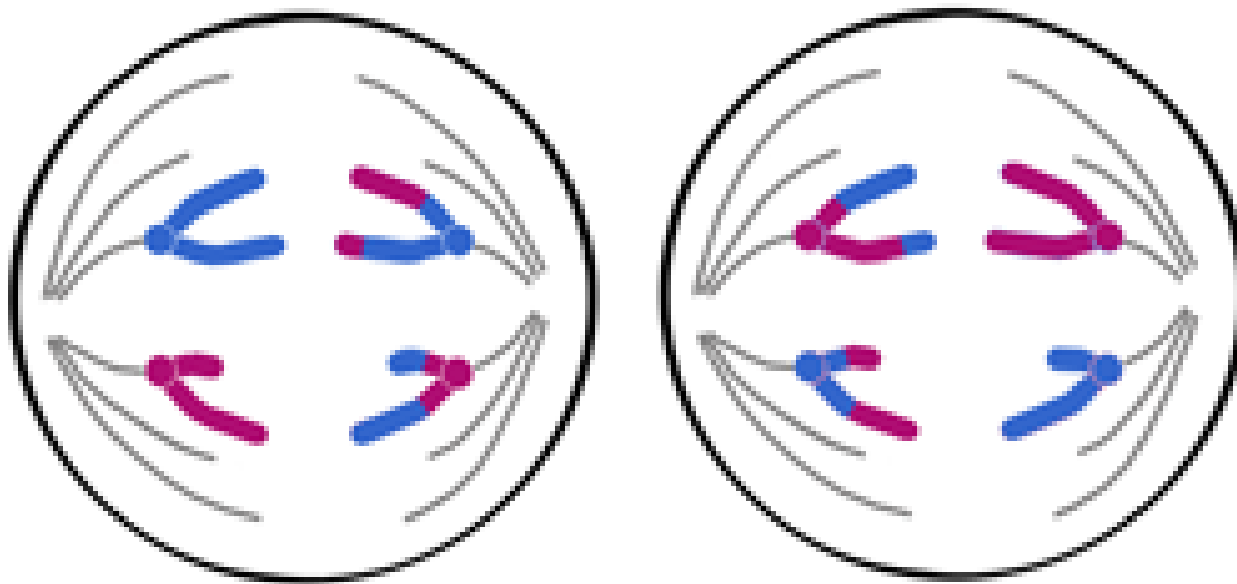


ระยะเมทาเฟส II (Metaphase II)

เป็นระยะที่มีการเรียงตัวของโครโมโซมในแนว Equatorial plate โดยโครมาทิดแต่ละแท่งถูกยึดด้วยเส้นใยสปินเดิลที่เซนโทรเมียร์ เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสสลายไปแล้ว



การแบ่งเซลล์

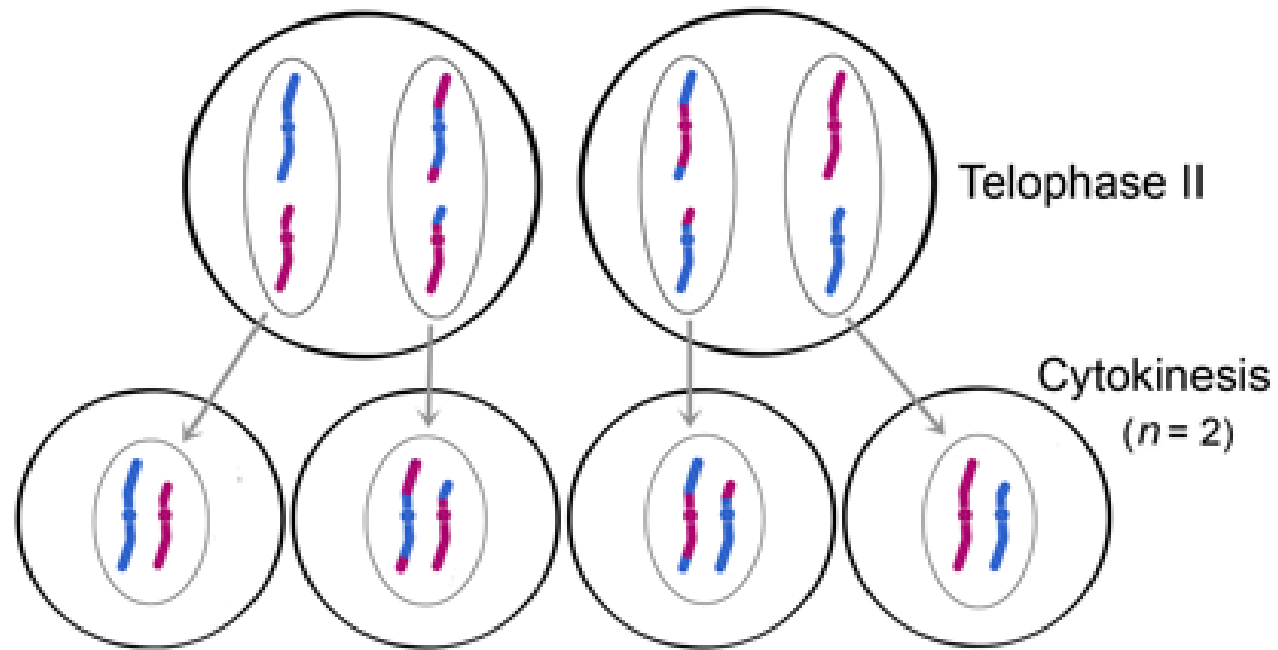


ระยะแอนาเฟส II (Anaphase II)

เป็นระยะที่ส่วนของ Sister chromatid แยกออกจากกันซึ่งเกิดจากการหดตัวของเส้นใยสปินเดิล โดยเซนโทรเมียร์จะเคลื่อนนำไปก่อน



การแบ่งเซลล์



ระยะเทโลเฟส II (Telophase II)

เป็นระยะที่โครโมโซมคลายตัวเป็นเส้นใยโครมาทิน มีการสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสขึ้นมาใหม่อีกครั้ง จากนั้นจะเกิดกระบวนการแบ่งไซโตพลาซึมตามมาทันที ได้เป็นเซลล์ลูกทั้งหมด 4 เซลล์

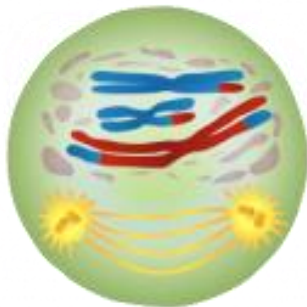


การแบ่งเซลล์

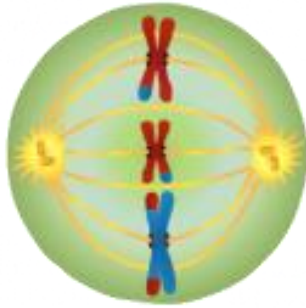
Prophase II



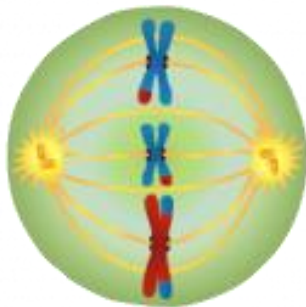
A new spindle forms around the chromosomes.



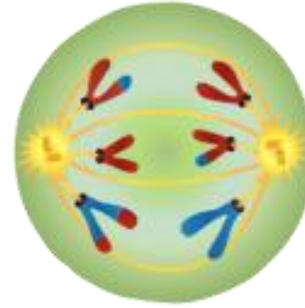
Metaphase II



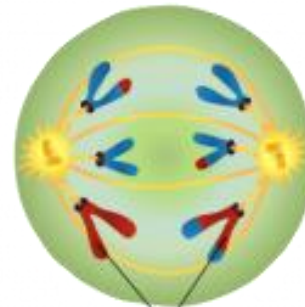
Metaphase II chromosomes line up at the equator.



Anaphase II

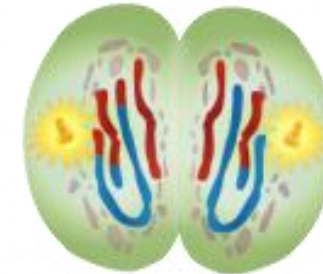


Centromeres divide. Chromatids move to the opposite poles of the cells.

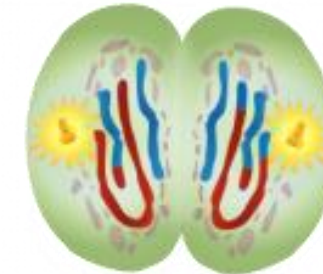


Sister chromatids separate

Telophase II & cytokinesis

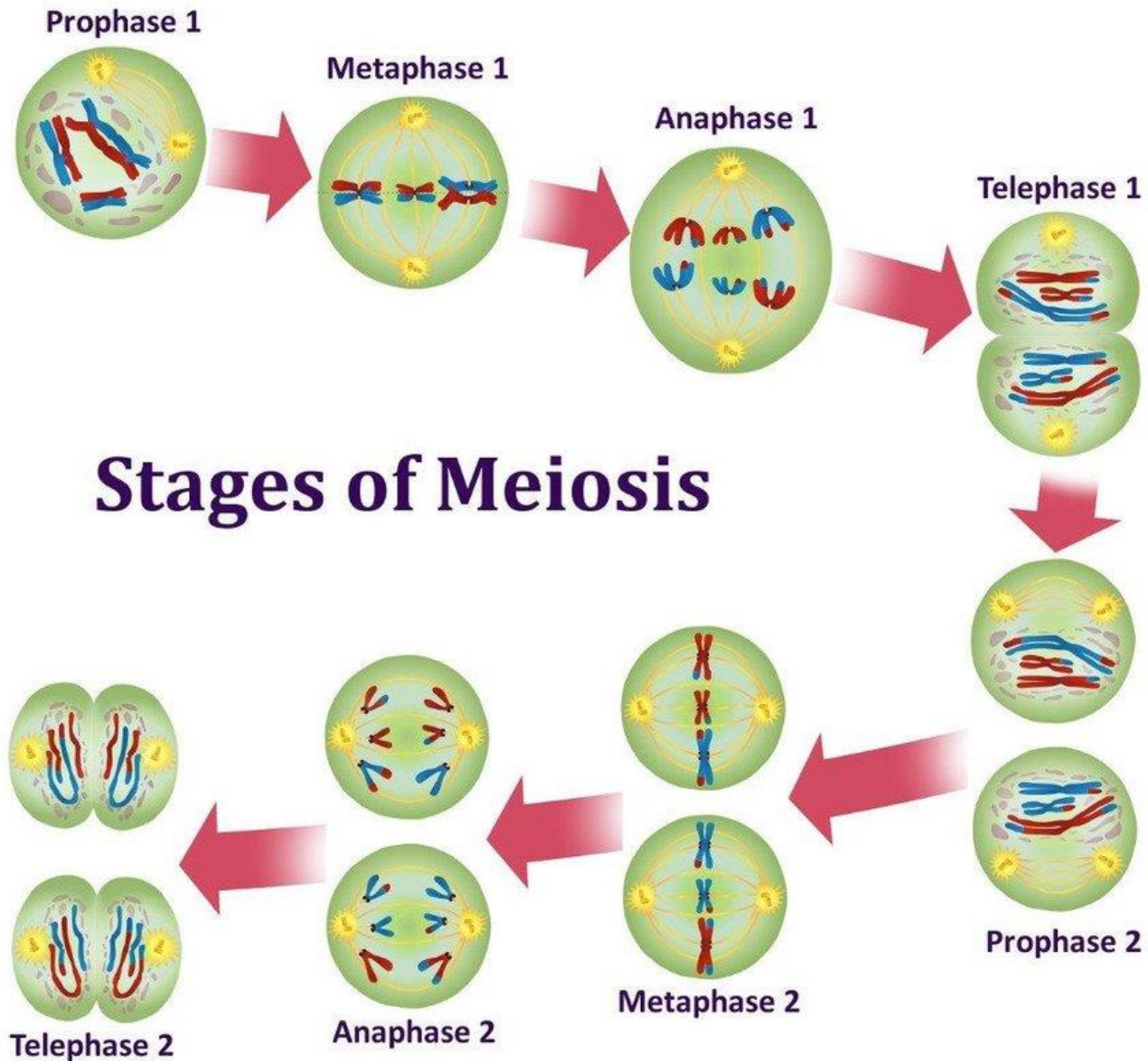


A nuclear envelope forms around each set of chromosomes. The cytoplasm divides.





การแบ่งเซลล์

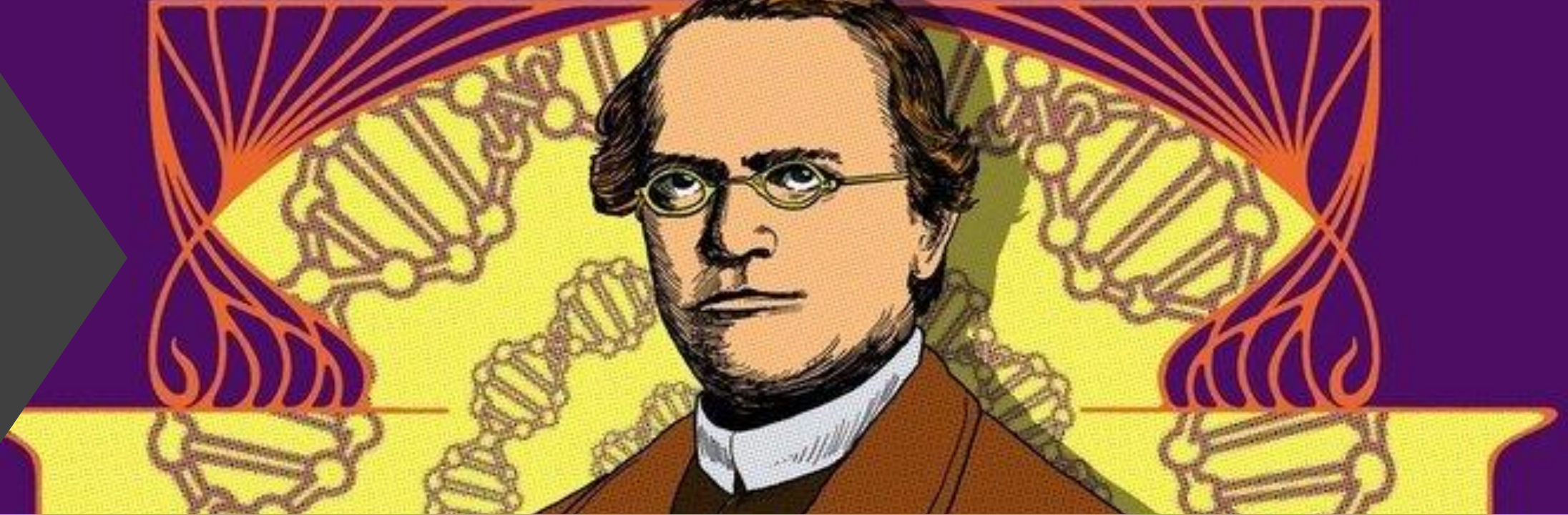




การแบ่งเซลล์

ความแตกต่างของการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและไมโอซิส

ไมโทซิส	ไมโอซิส
แบ่งนิวเคลียส 1 ครั้ง	แบ่งนิวเคลียส 2 ครั้ง
เซลล์ลูกมีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิม	เซลล์ลูกมีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง
ไม่มีการจับคู่ของโฮโมโลกัสโครโมโซม	โฮโมโลกัสโครโมโซมจับคู่กันเป็นไบวาเลนต์
ไม่เกิดไคแอสมาและการไขว้เปลี่ยนโครมาทิด	เกิดไคแอสมาและการไขว้เปลี่ยนโครมาทิด
เซลล์ลูกมีพันธุกรรมเหมือนเซลล์พ่อแม่ทุกประการ	เซลล์ลูกมีพันธุกรรมแตกต่างจากเซลล์พ่อแม่
เกิดเซลล์ลูก 2 เซลล์	เกิดเซลล์ลูก 4 เซลล์



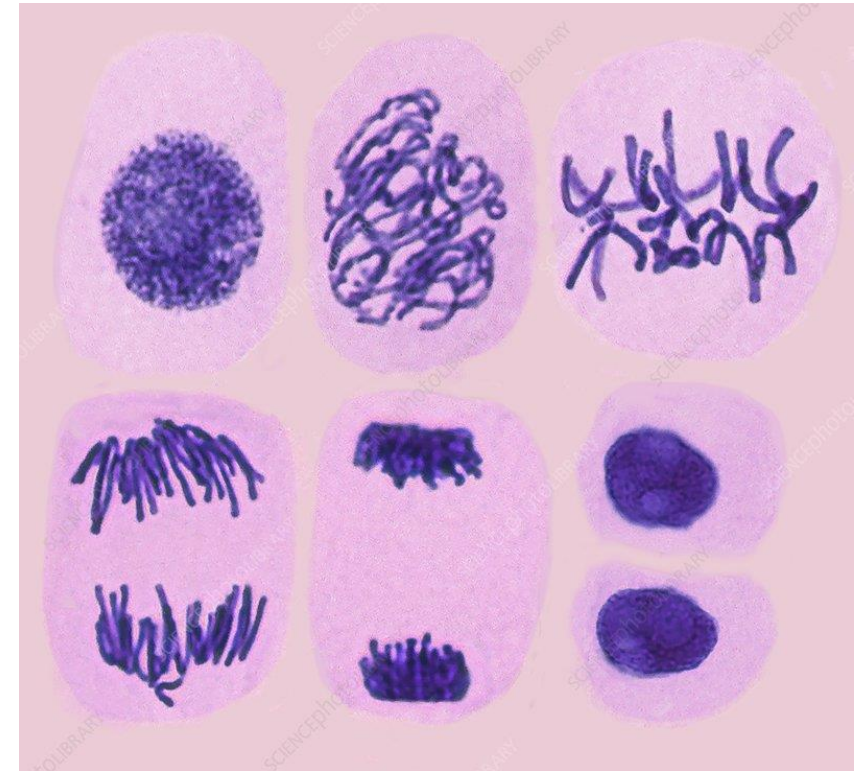
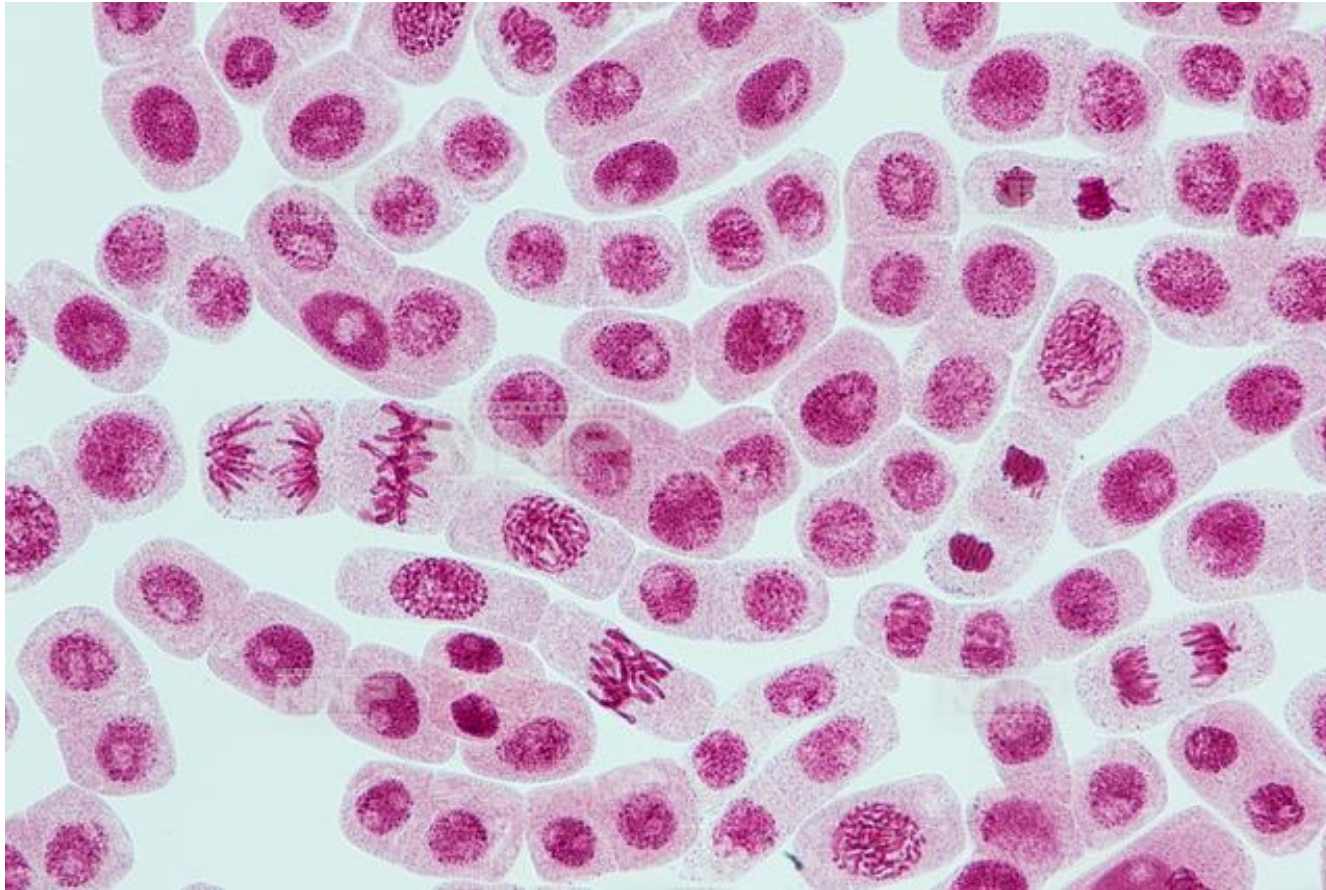
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พันธุกรรม (3)

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

นางสาวอลิษา ไชยชาญ
รายวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



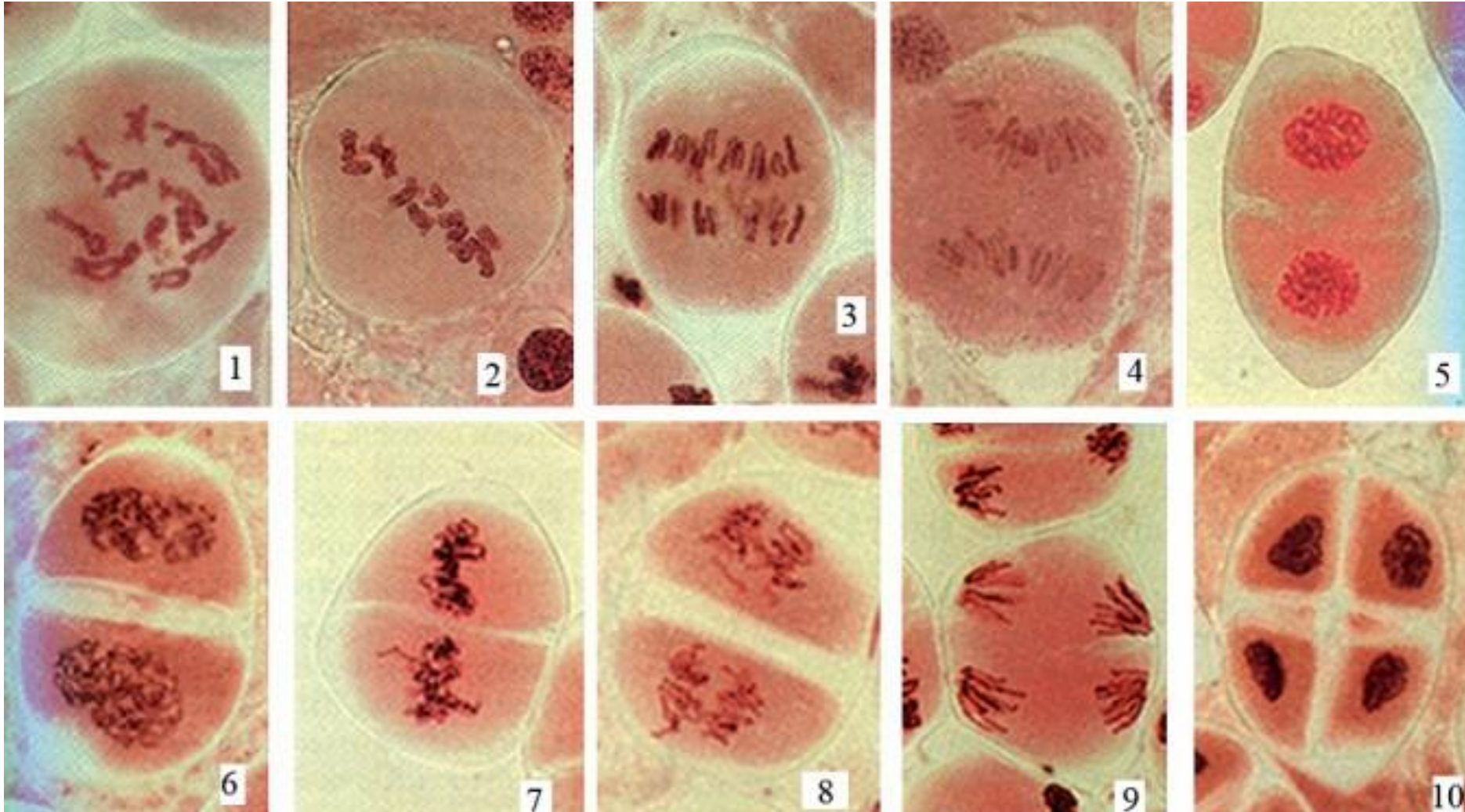
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล



<https://www.sciencephoto.com/media/623749/view/plant-cell-mitosis-light-micrograph>



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

ความหมายลักษณะทางพันธุกรรม

ลักษณะทางพันธุกรรม คือ ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้ โดยทางยีน ซึ่งเป็นหน่วยพันธุกรรมซึ่งควบคุมการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะสีผม สีของตา สีผิว เป็นต้น





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

ลักษณะทางพันธุกรรม จำแนกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันต่อเนื่อง (Continuous variation)

เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน เช่น สีผิว ความสูง น้ำหนัก ไอคิวของคนลักษณะเหล่านี้ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ยีนจึงมีอิทธิพลต่อการควบคุมลักษณะดังกล่าวน้อย แต่สิ่งแวดล้อมจะมีอิทธิพลมาก





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

2. ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous variation)

เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น ความสามารถในการห่อลิ้น จำนวนชั้นของตา การถนัดมือ ขวามือหรือซ้ายมือ ลักษณะเหล่านี้ถูกควบคุมด้วยยีนน้อยคู่ ยีนจึงมีอิทธิพลต่อการควบคุมลักษณะดังกล่าวมาก แต่สิ่งแวดล้อมจะมีอิทธิพลน้อย

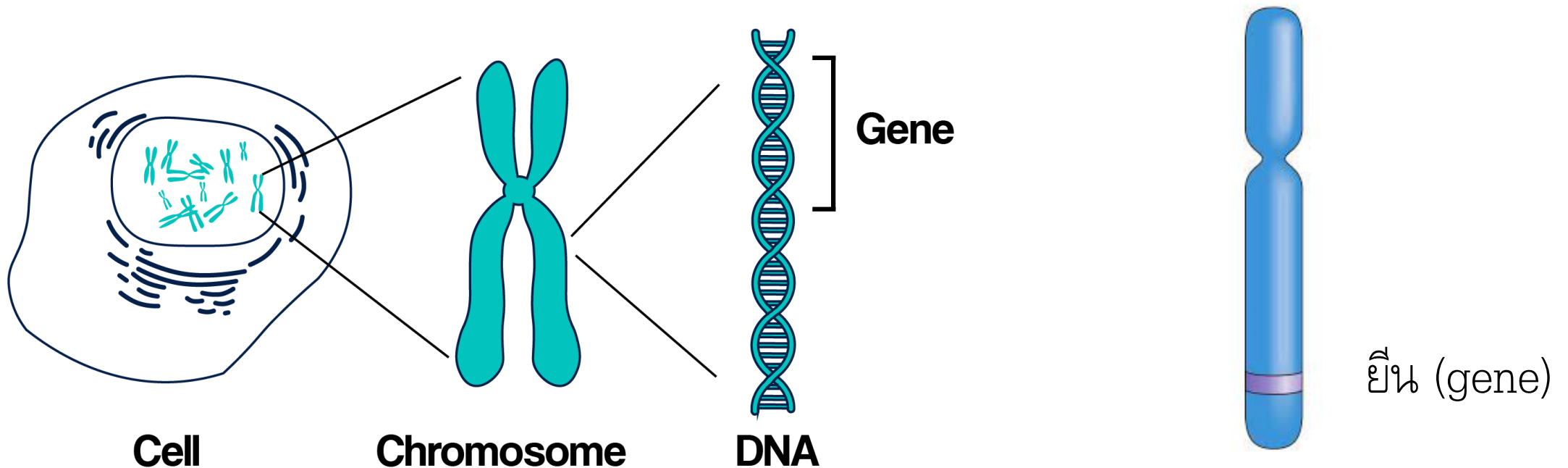




การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

คำศัพท์

ยีน (gene) เป็นช่วงของ DNA ที่อยู่บนโครโมโซม (chromosome) ทำหน้าที่เป็นหน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

ยีนเด่น (dominant gene)

หมายถึง ยีนที่ควบคุมลักษณะเด่น เช่น ยีนที่ควบคุมลักษณะผักสีเขียวในถั่วลันเตา มักเขียนแทนด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่

ยีนด้อย (recessive gene)

หมายถึง ยีนที่ควบคุมลักษณะด้อย เช่น ยีนที่ควบคุมลักษณะผักสีเหลืองในถั่วลันเตา มักเขียนแทนด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็ก



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

ฮอมอไซกัสยีน (homozygous gene) หมายถึง คู่ของยีนที่เหมือนกันมาเข้าคู่กัน เช่น

เฮเทอโรไซกัสยีน (heterozygous gene) หมายถึง คู่ของยีนที่ต่างกันมาเข้าคู่กัน เช่น Gg



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

จีโนไทป์ (genotype) หมายถึง ลักษณะของยีนที่ควบคุมการแสดงออก เช่น

ฟีโนไทป์ (phenotype) หมายถึง ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏออกมา เนื่องจากการควบคุมโดยยีน หรือการแสดงออกของจีโนไทป์ที่สามารถมองเห็นได้ เช่น



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

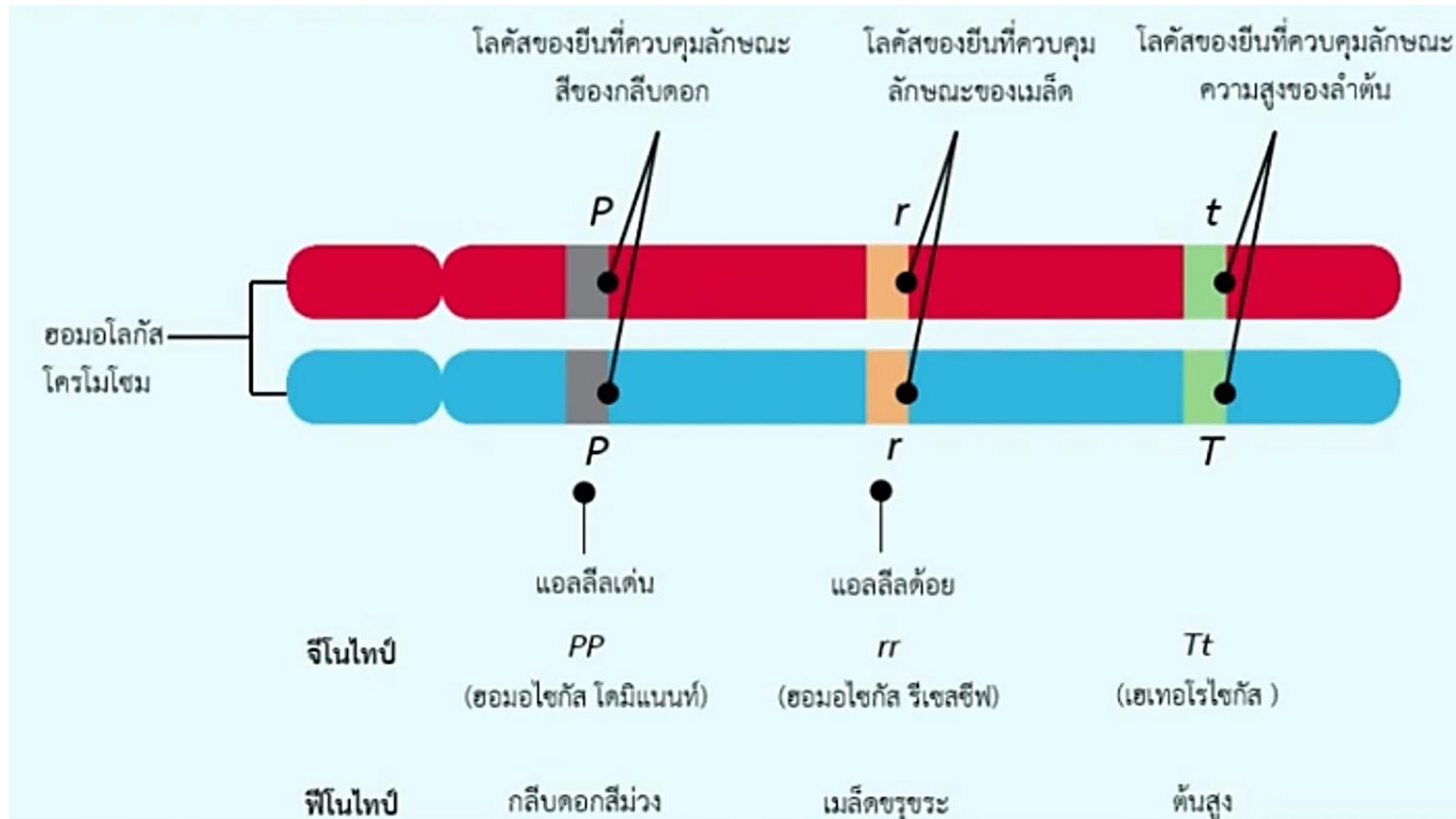
ฮอมอโลกัสโครโมโซม (homologous chromosome) หมายถึง โครโมโซมที่เข้าคู่กันและมีลักษณะเหมือนกัน โดยที่คู่โครโมโซมหนึ่งมาจากพ่อและอีกโครโมโซมหนึ่งมาจากแม่

แอลลีล (allele) หมายถึง ยีนที่อยู่กันเป็นคู่ บนฮอมอโลกัสโครโมโซม และควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมเดียวกัน



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

โลคัส (locus) หมายถึง ตำแหน่งของยีนที่อยู่บนโครโมโซม





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

จงเติมจีโนไทป์ สภาพของจีโนไทป์ แบบของแอลลีลในเซลล์สืบพันธุ์ และโอกาสของการเกิดเซลล์สืบพันธุ์แต่ละแบบ ลงในตารางต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

จีโนไทป์	สภาพของจีโนไทป์	แบบของแอลลีลในเซลล์สืบพันธุ์ และโอกาสของการเกิด
WW		
	เฮเทอโรไซกัส	W (1/2) และ w (1/2)
Tt		
aa		a (1)



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

ความน่าจะเป็น

ความน่าจะเป็น (probability) เป็นค่าที่ใช้บอกเหตุการณ์หนึ่ง จะมีโอกาสเกิดขึ้นมากน้อยแค่ไหน

1. กฎการบวก (addition law)

- เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่ไม่สามารถเกิดขึ้นพร้อมกันได้
- ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ A หรือ B = ความน่าจะเป็นของ A + ความน่าจะเป็นของ B

ตัวอย่าง ในการโยนลูกเต๋ารั้งหนึ่ง โอกาสที่จะได้ลูกเต๋า 1 แต้ม หรือ 2 แต้มเป็นเท่าใด

โอกาสที่จะได้ลูกเต๋า 1 แต้มหรือ 2 แต้มไม่สามารถเกิดขึ้นพร้อมกันได้ จึงใช้กฎการบวก

โอกาสที่จะได้ลูกเต๋า 1 แต้ม หรือ 2 แต้ม = โอกาสที่จะได้ 1 แต้ม + โอกาสที่จะได้ 2 แต้ม = $\frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3}$



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

พ่อแม่คาดหวังว่าบุตรในครรภ์จะเป็นเพศชายหรือหญิงด้วยโอกาสเท่าใด ?



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

2. กฎการคูณ (multiplication law)

- เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นพร้อมกันได้ เรียกว่า เหตุการณ์ที่เป็นอิสระต่อกัน
- ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ A และ B = ความน่าจะเป็นของ A x ความน่าจะเป็นของ B

ตัวอย่าง ในการโยนเหรียญ 2 เหรียญพร้อมกัน 1 ครั้ง โอกาสที่จะเกิดหัวทั้ง 2 เหรียญเป็นเท่าใด

การโยนเหรียญแต่ละเหรียญเป็นอิสระต่อกัน การเกิดหัวของเหรียญหนึ่งไม่ได้ส่งผลต่ออีกเหรียญ จึงใช้กฎการคูณ

โอกาสที่จะเกิดหัวทั้ง 2 เหรียญ = โอกาสที่จะเกิดหัวของเหรียญแรก x โอกาสที่จะเกิดหัวของเหรียญที่สอง

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

ตัวอย่าง โอกาสที่พ่อแม่จะมีลูกคนแรกเป็นลูกชาย และคนที่สองเป็นลูกสาวเป็นเท่าใด

โอกาสที่ลูกแต่ละคนจะเป็นเพศใดเป็นอิสระต่อกัน การที่คนแรกเป็นเพศใดไม่ได้ส่งผลต่อเพศของอีกคนจึงใช้กฎการคูณ

โอกาสที่ลูกคนแรกเป็นลูกชาย ลูกคนที่สองเป็นผู้หญิง = โอกาสของลูกคนแรกเป็นชาย x โอกาสของลูกที่สองเป็นผู้หญิง

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล



เกรเกอร์ โยฮันน์ เมนเดล

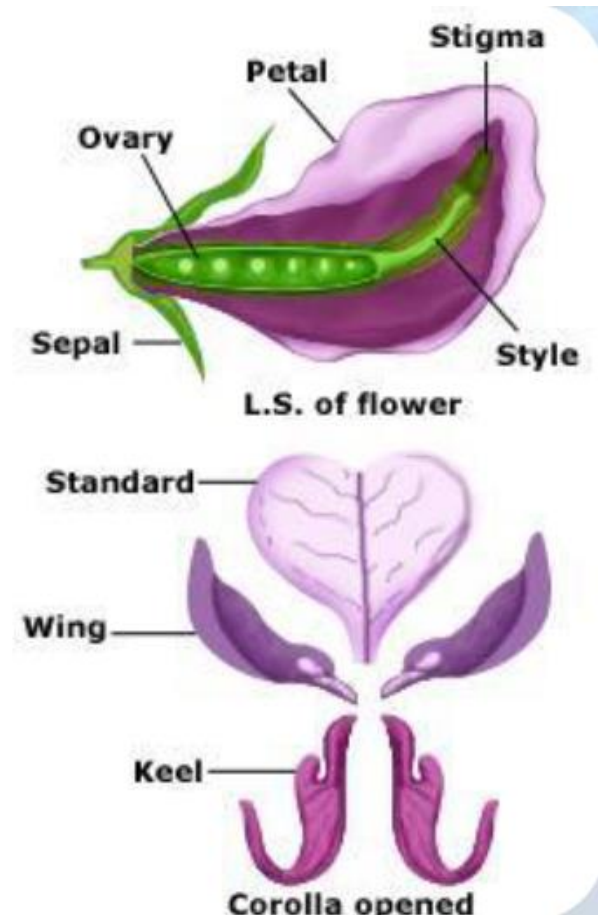
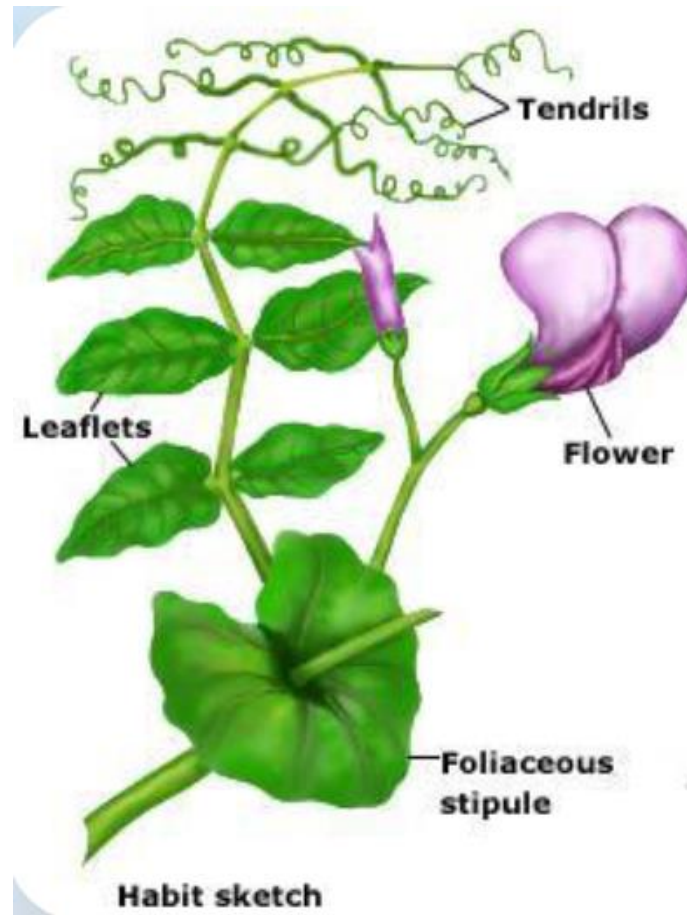
เป็นผู้ศึกษาและค้นพบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เขาจึงได้รับยกย่องให้เป็นบิดาวิชาพันธุศาสตร์



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

เหตุผลที่เลือกถั่วลันเตา

- อายุสั้น
- ปลูกง่าย
- ให้ลูกหลานจำนวนมาก
- เจริญเติบโตเร็ว
- มีดอกสมบูรณ์เพศ
- กลีบปิดมิดชิด ควบคุมการผสมได้
- มีการผสมภายในต้นเดียวกัน (self pollination)
- มีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

ลักษณะของต้นถั่วลันเตาที่เมนเดลเลือกศึกษา
มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน 7 ลักษณะ ดังนี้



รูปร่างของเมล็ด



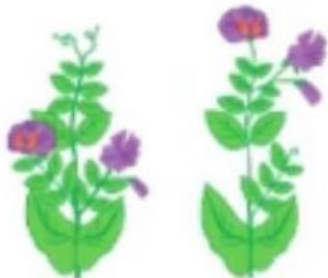
สีของเมล็ด



รูปร่างของฝัก



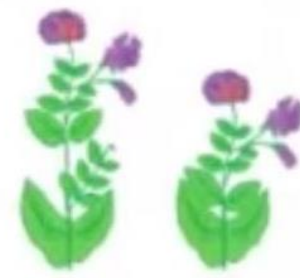
สีของฝัก



ตำแหน่งของดอก



สีของดอก



ความสูงของลำต้น

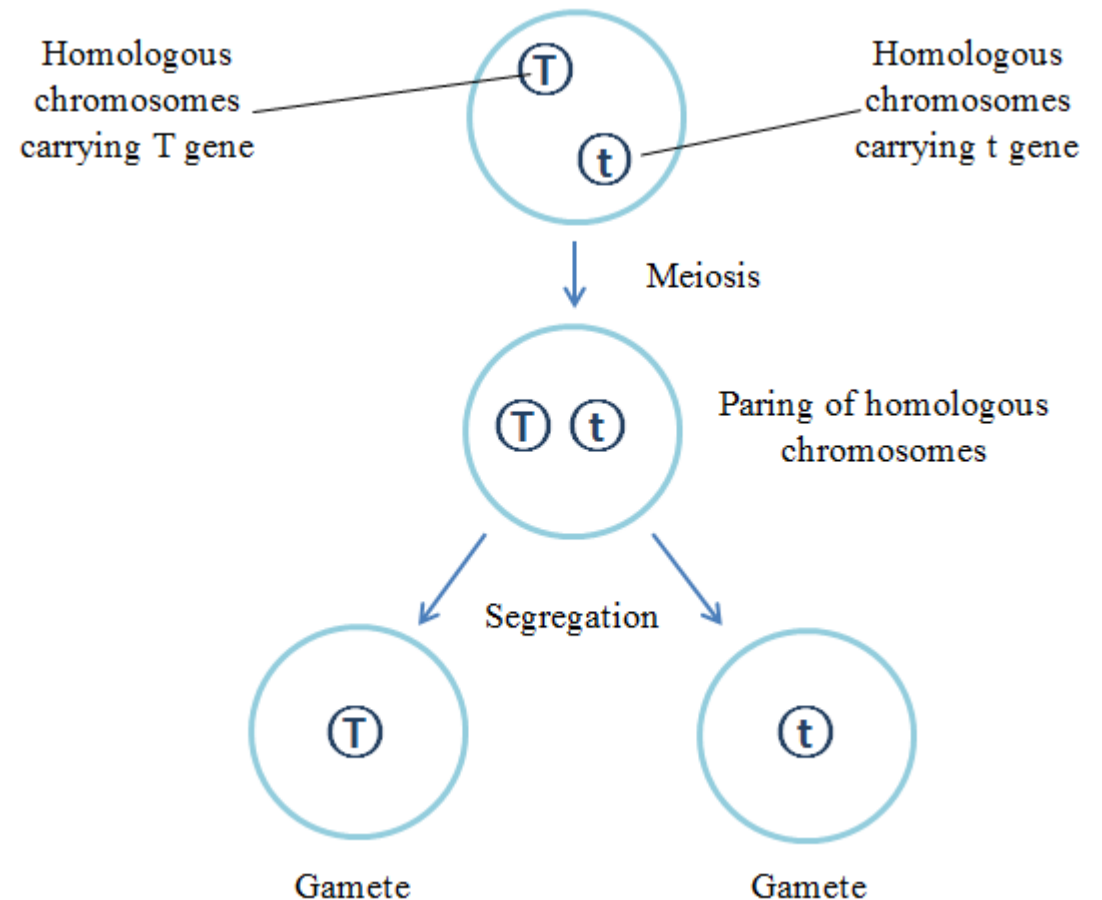


การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

กฎของเมนเดล

1. กฎแห่งการแยก (Law of segregation)

“ลักษณะของสิ่งมีชีวิตถูกควบคุมโดยยีน และยีนจะปรากฏเป็นคู่ ๆ เสมอ ซึ่งยีนจะแยกจากกันเมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยเซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์จะได้รับเพียงแอลลีลใดแอลลีลหนึ่ง”

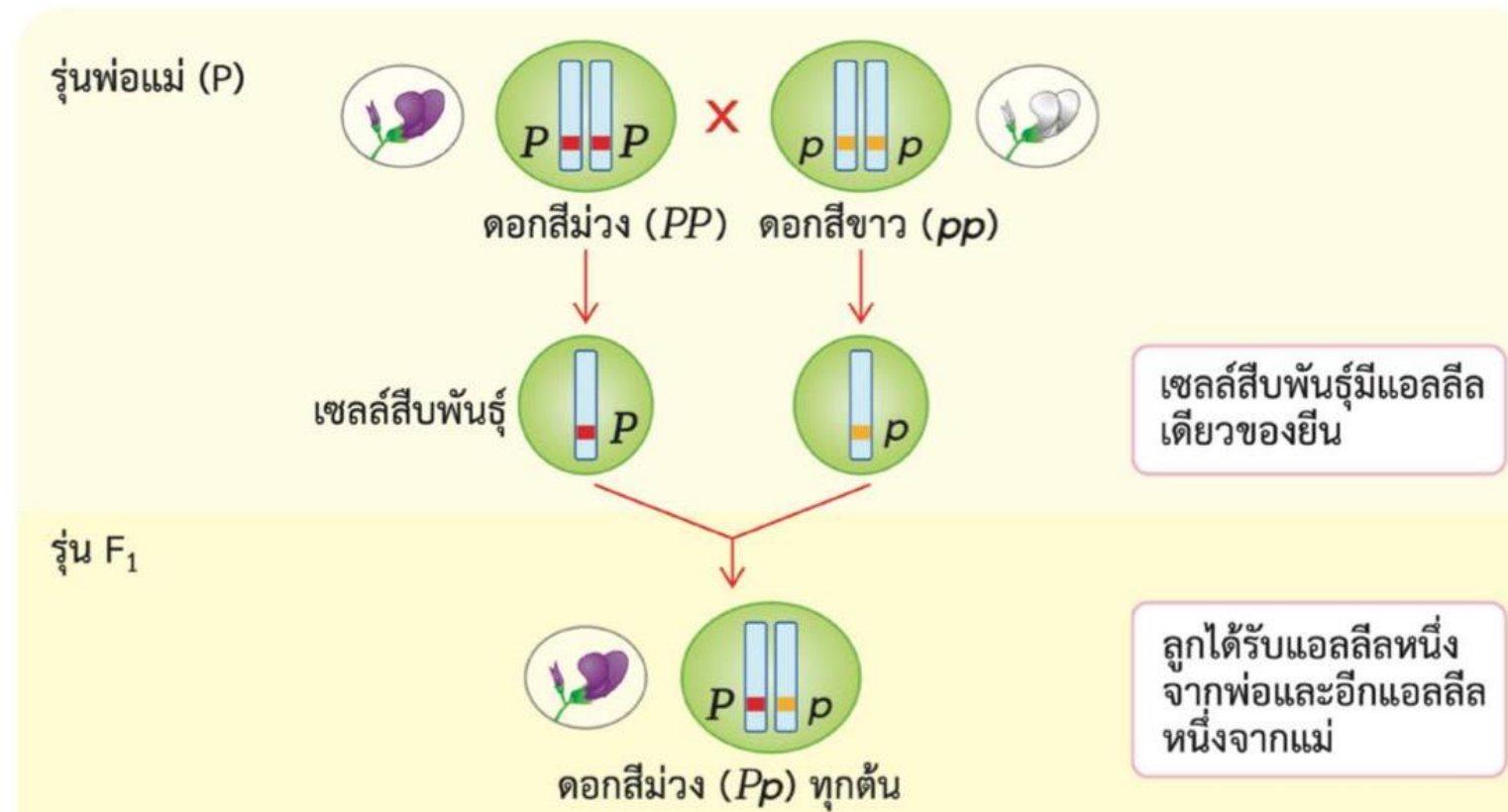




การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

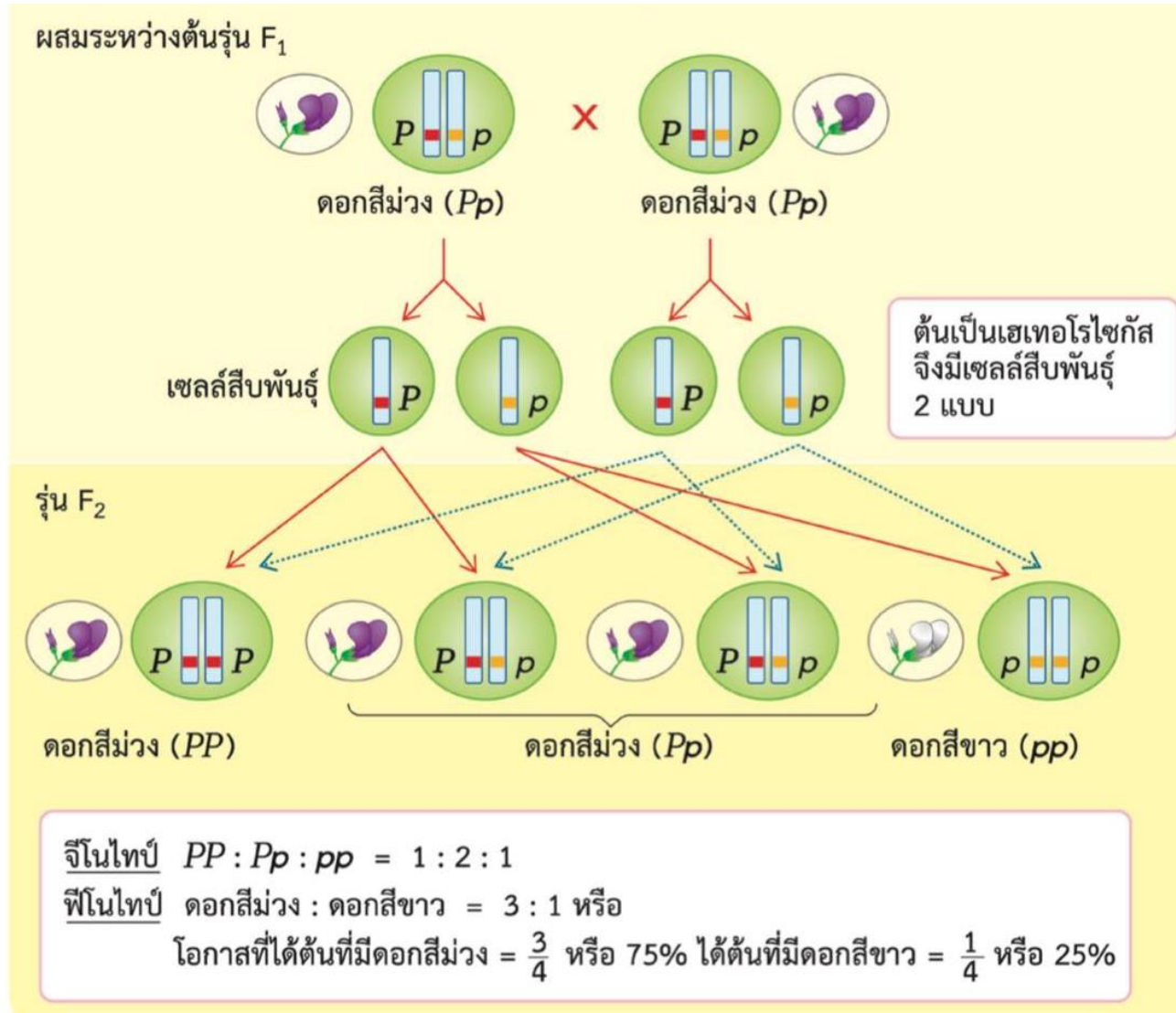
การผสมพิจารณาลักษณะเดียว (monohybrid cross)

การผสมพันธุ์ถั่วลันเตาดอกสีม่วงกับดอกสีขาวตามกฎการแยกของเมนเดล





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

ตาราง 4.1 ผลการผสมพันธุ์ต้นถั่วลันเตาที่เมนเดลศึกษา

ลักษณะในรุ่นพ่อแม่	ลักษณะในรุ่น F ₁	ลักษณะและจำนวนในรุ่น F ₂	
		จำนวนต้นหรือเมล็ด	อัตราส่วน
ต้นสูง (TT) × ต้นเตี้ย (tt)  	ต้นสูง (Tt) 	787 ต้นสูง 277 ต้นเตี้ย	2.84 : 1
ดอกสีม่วง (PP) × ดอกสีขาว (pp)  	ดอกสีม่วง (Pp) 	705 ดอกสีม่วง 224 ดอกสีขาว	3.15 : 1
ดอกตามซอก (AA) × ดอกตามยอด (aa)  	ดอกตามซอก (Aa) 	651 ดอกตามซอก 207 ดอกตามยอด	3.14 : 1

เมล็ดสีเหลือง (YY) × เมล็ดสีเขียว (yy)  	เมล็ดสีเหลือง (Yy) 	6,022 เมล็ดสีเหลือง 2,001 เมล็ดสีเขียว	3.01 : 1
เมล็ดกลม (RR) × เมล็ดขรุขระ (rr)  	เมล็ดกลม (Rr) 	5,474 เมล็ดกลม 1,850 เมล็ดขรุขระ	2.96 : 1
ฝักสีเขียว (GG) × ฝักสีเหลือง (gg)  	ฝักสีเขียว (Gg) 	428 ฝักสีเขียว 152 ฝักสีเหลือง	2.82 : 1
ฝักอวบ (II) × ฝักแฟบ (ii)  	ฝักอวบ (Ii) 	882 ฝักอวบ 299 ฝักแฟบ	2.95 : 1



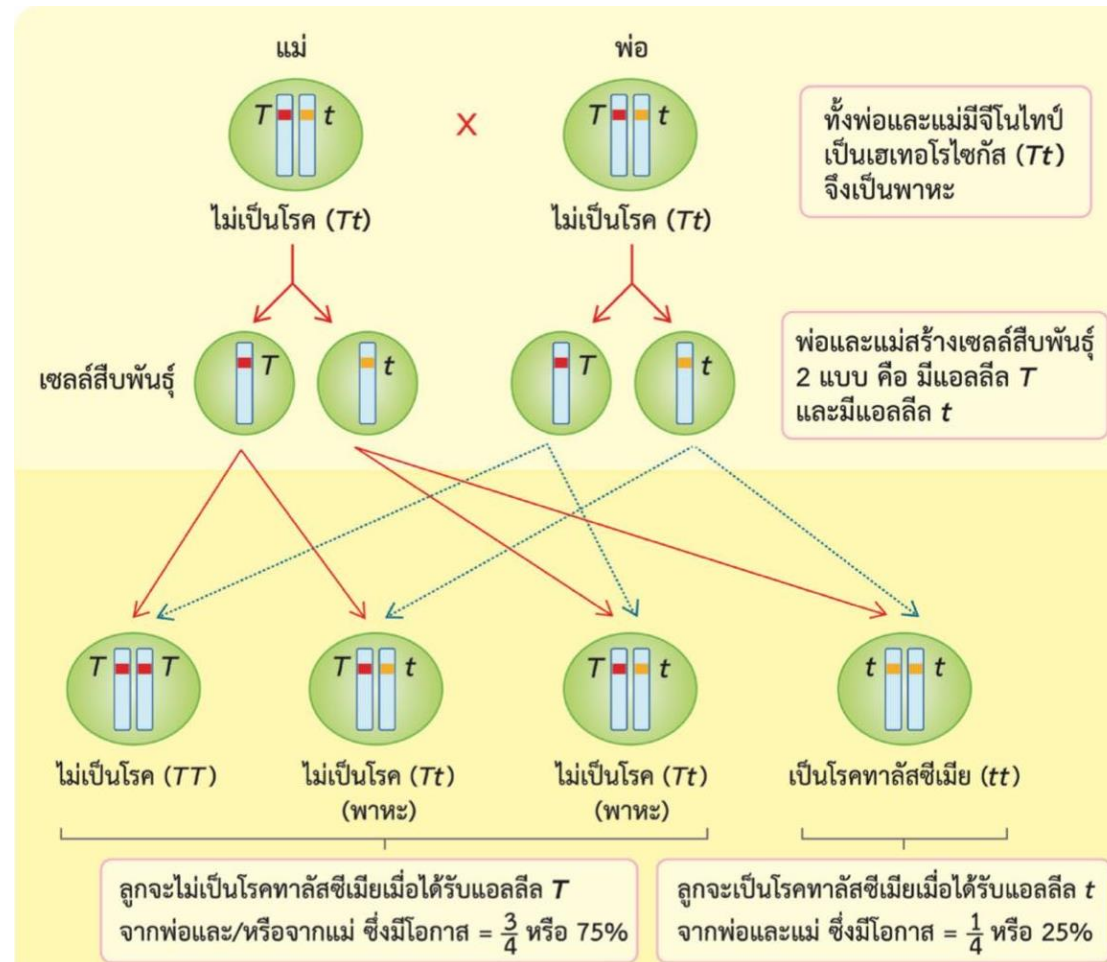
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

2. ถั่วลันเตาลักษณะเมล็ดสีเหลืองเป็นลักษณะเด่นต่อลักษณะเมล็ดสีเขียว ในการผสมพันธุ์ภายในดอกเดียวกันของต้นที่มีลักษณะเมล็ดสีเหลืองที่เป็นเฮเทอโรไซกัส จงหาร้อยละของรุ่น F1 ที่มีลักษณะเมล็ดสีเขียว



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

สามีภรรยาคนหนึ่งเป็นพาหะของโรคทาลัสซีเมีย โอกาสที่ลูกจะเป็นโรคเท่ากับร้อยละเท่าใด





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

ถ้าหญิงที่มีลักษณะผิวเผือกแต่งงานกับชายที่ไม่มีลักษณะผิวเผือก จะมีโอกาสที่ลูกมีลักษณะผิวเผือกหรือไม่



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

ชายปกติที่มีบิดาเป็นผิวเผือก แต่งงานกับผู้หญิงผิวเผือก จงหาโอกาสที่จะได้ลูกผิวปกติร้อยละเท่าใด



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

กฎของเมนเดล

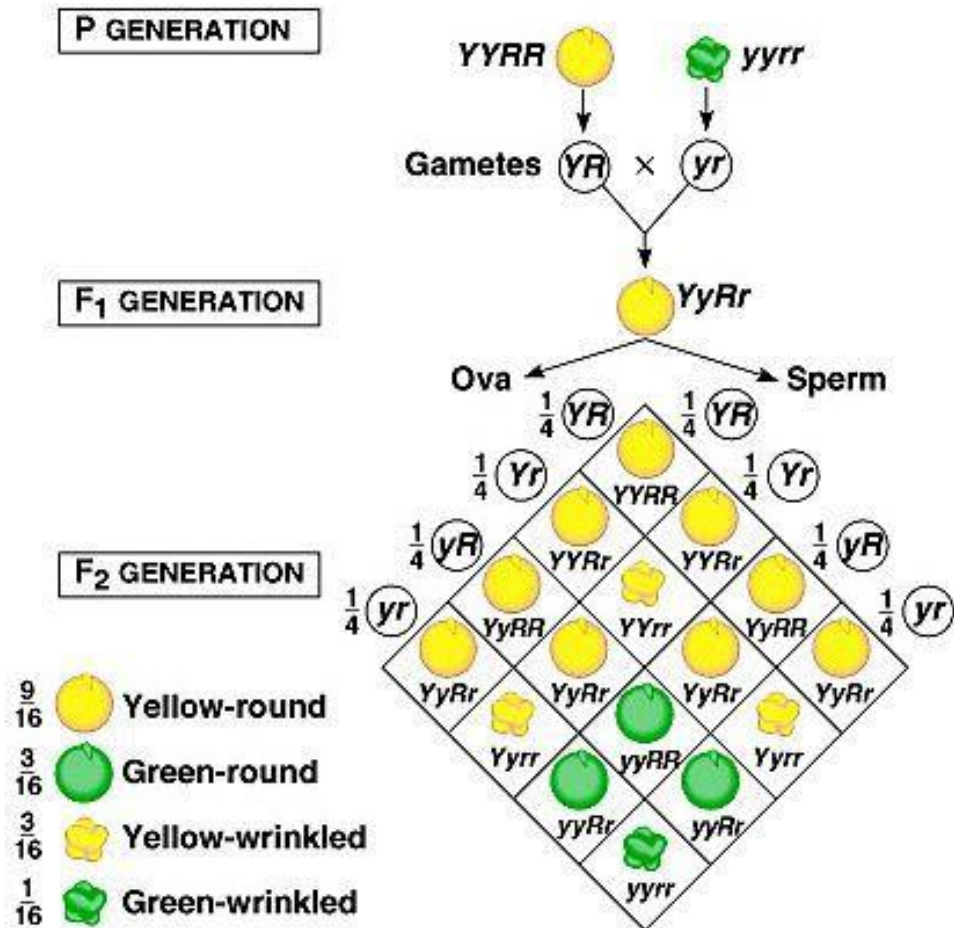
2. กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ (Law of independent assortment)

“แอลลีลของยีนที่เป็นคู่กัน เมื่อแยกจากกันจะจัดกลุ่มกันอย่างอิสระกับแอลลีลของยีนอื่น ๆ ซึ่งแยกออกจากคู่เช่นกัน เพื่อเข้าไปยังเซลล์สืบพันธุ์”



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

การผสมพิจารณาสองลักษณะของถั่วลันเตาเมล็ดกลมสีเหลืองกับเมล็ดขรุขระสีเขียว



รุ่น F₁ มีโอกาสสร้างเซลล์สืบพันธุ์กี่แบบ อะไรบ้าง และรูปแบบของยีนในเซลล์สืบพันธุ์เป็นไปตามกฎการแยกหรือไม่

ลองคิดสักนิด

TtGg x TtGg

T = สูง

t = เตี้ย

G = สีเขียว

g = สีเหลือง

3. ต้นกุหลาบมีดอกสีแดงเป็นลักษณะเด่นที่เป็นฮอมอไซกัส ต่อดอกสีขาวเป็นลักษณะด้อย เมื่อนำลูกรุ่นที่ 1 ผสมกันเองจะมีจีโนไทป์ และฟีโนไทป์รุ่น F2 เป็นแบบใด



หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พันธุกรรม (4)

ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

นางสาวอลิษา ไชยชาญ

รายวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

ลักษณะเด่นแบบไม่สมบูรณ์

รูปแบบฟีโนไทป์ในรุ่น F₁ ที่แสดงออกมาไม่ได้มีลักษณะเด่นหรือด้อยสมบูรณ์ แต่มีลักษณะอยู่กึ่งกลางระหว่างลักษณะเด่นและด้อย

ตัวอย่างเช่น ลักษณะสีดอกของต้นลีนมังกร

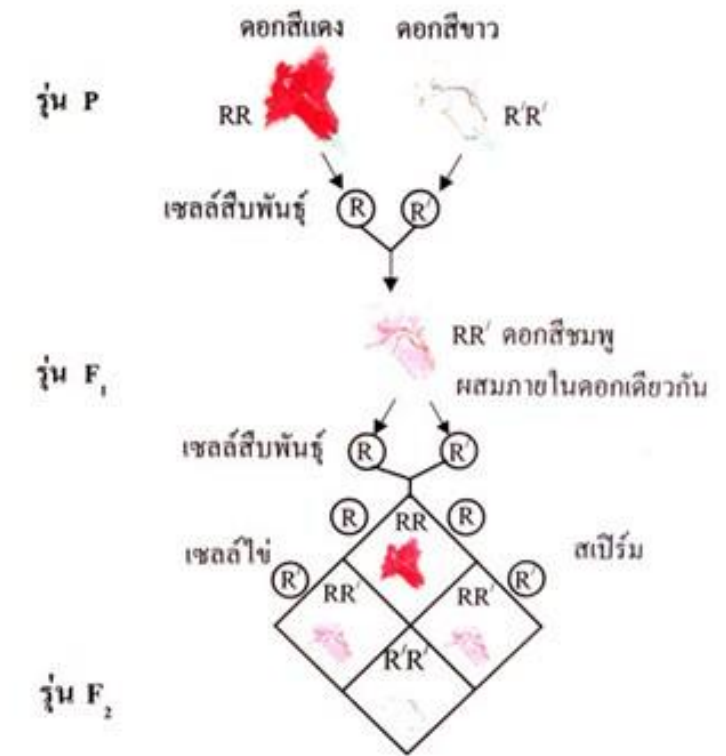
กำหนดให้ แอลลีล R ควบคุมดอกลีนมังกรสีแดง

แอลลีล R' ควบคุมดอกลีนมังกรสีขาว

ดังนั้น จีโนไทป์ RR จะแสดงลักษณะดอกลีนมังกรสีแดง

จีโนไทป์ RR' จะแสดงลักษณะดอกลีนมังกรสีชมพู

จีโนไทป์ R'R' จะแสดงลักษณะดอกลีนมังกรสีขาว



เมื่อนำลีนมังกรรุ่น ลูก F₁ 2 ต้นมาผสมกันจะได้รุ่นลูก F₂ อัตราส่วนฟีโนไทป์คือ ดอกสีขาว : ดอกสีชมพู : ดอกสีแดง เท่ากับ 1 : 2 : 1



ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

มัลติเปิลแอลลีล (multiple allele)

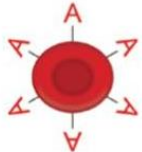
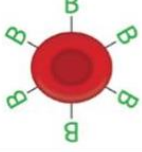
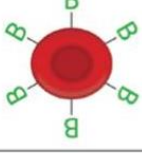
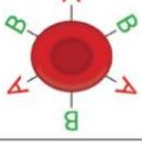
รูปแบบที่แอลลีล 2 แอลลีลมีผลต่อฟีโนไทป์เท่า ๆ กันหรือแสดงความเด่นเท่ากัน

เช่น หมู่เลือด ABO ควบคุมด้วยยีนเดี่ยว (single locus) มีแอลลีล 3 แบบ คือ

I^A สร้างแอนติเจน A

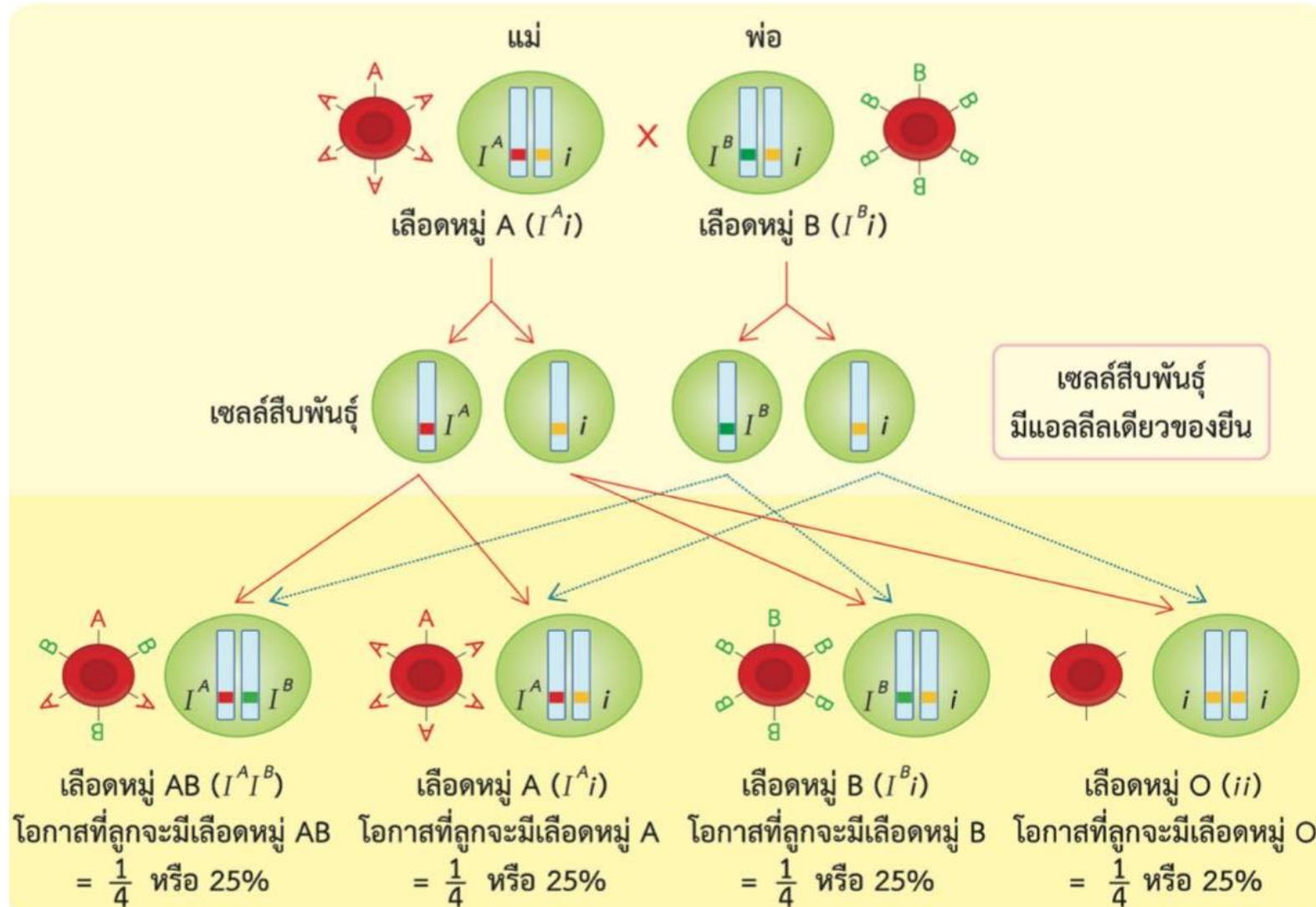
I^B สร้างแอนติเจน B

i ไม่สร้างแอนติเจนบนเม็ดเลือดแดง

จีโนไทป์	แอนติเจนบนผิวเซลล์เม็ดเลือดแดง	ฟีโนไทป์
$I^A I^A$		เลือดหมู่ A
$I^A i$		เลือดหมู่ A
$I^B I^B$		เลือดหมู่ B
$I^B i$		เลือดหมู่ B
$I^A I^B$		เลือดหมู่ AB
ii		เลือดหมู่ O



ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล





ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

ถ้าแม่มีจีโนไทป์เป็น $I^A I^B$ พ่อมีจีโนไทป์เป็น $I^B i$ จะมีโอกาสมีลูกหมู่เลือดใดบ้าง



ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

ถ้าแม่มีเลือดหมู่ O และพ่อมีหมู่เลือด AB ลูกจะมีโอกาสมีหมู่เลือดใดบ้าง



ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

“สามีภรรยาคนหนึ่งมีบุตรโดยการทำเด็กหลอดแก้วที่คลินิกผู้มีบุตรยากแห่งหนึ่ง โดยระบุความประสงค์ที่จะใช้อสุจิและเซลล์ไข่ของตนเอง ต่อมาตรวจเลือดบุตรพบว่ามีหมู่เลือด AB แต่พ่อและแม่มีหมู่เลือด A จึงฟ้องร้องคลินิกดังกล่าวว่าดำเนินการผิดพลาด” จงแสดงวิธีการคำนวณโอกาสการเกิดบุตรในกรณีนี้ และนักเรียนคิดว่ากรณีฟ้องร้องครั้งนี้จะสำเร็จหรือไม่



ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

ถ้าครอบครัวหนึ่งมีลูก 4 คน มีหมู่เลือดดังนี้ A, B, AB และ O จีโนไทป์ของพ่อแม่ควรเป็นอย่างไร

1. $I^A I^A \times I^B i$

2. $I^A i \times I^B I^B$

3. $I^A i \times I^B i$

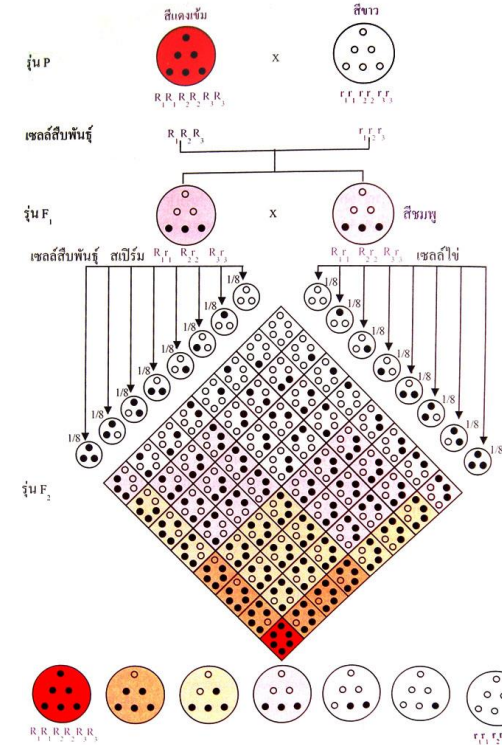
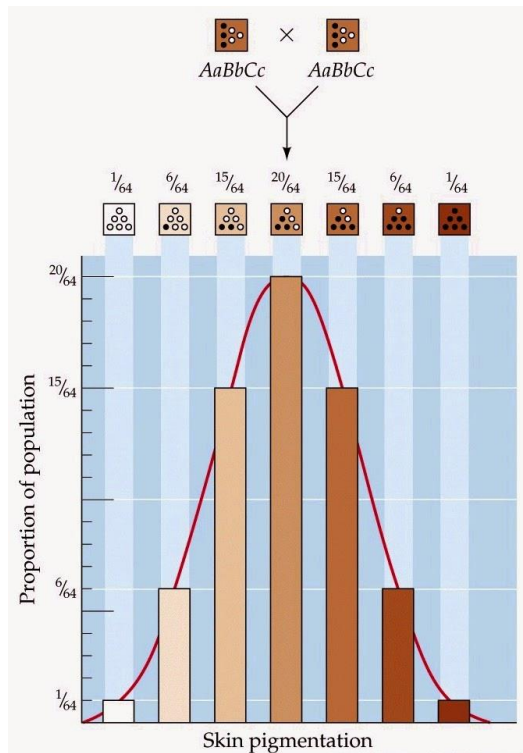
4. $I^B i \times I^A I^B$



ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

พอลิยีน (polygene)

ลักษณะทางพันธุกรรมที่มียีน (gene) หลายคู่ (มากกว่า 2 แอลลีล) เช่น ลักษณะความสูงเตี้ยของคน สีของเมล็ดข้าวสาลี สีผิว เป็นต้น ที่ทำหน้าที่ร่วมกันเพื่อควบคุมฟีโนไทป์อย่างเดียวกัน จึงทำให้เกิดลักษณะที่มีความแปรผันกันแบบต่อเนื่อง





ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

ข้อเปรียบเทียบ	ลักษณะที่ควบคุมด้วยมัลติเปิลแอลลีล	ลักษณะที่ควบคุมด้วยพอลิยีน
การควบคุมด้วยยีน	ยีน 1 คู่ซึ่งควบคุมด้วยยีนหลายแอลลีลบน homologous chromosome ตำแหน่งเดียวกัน	ยีนหลายคู่ซึ่งควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่งบน homologous chromosome ต่างคู่กัน
ลักษณะที่แสดงออก	เป็นการแปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง แยกความแตกต่าง phenotype ได้อย่างชัดเจน	เป็นการแปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นแตกต่าง phenotype จึงเป็นแบบต่อเนื่อง
ผลจากสิ่งแวดล้อม	ไม่มี หรือน้อยมาก	มีผลต่อการแสดงลักษณะ
ตัวอย่าง	หมู่เลือด ABO	ความสูง สีผิว และสติปัญญา



หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พันธุกรรม (5)

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

นางสาวอลิษา ไชยชาญ

รายวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การกำหนดเพศในสิ่งมีชีวิต

ระบบกำหนดเพศ	เพศผู้	เพศเมีย	ตัวอย่างสิ่งมีชีวิต
โครโมโซมเพศ XY	XY (ต่างกัน)	XX	มนุษย์ ลัตัวเลี้ยงลูกด้วยนม แมลงหวี่ ตั้นแปะก๊วย
โครโมโซมเพศ ZW	ZZ	ZW (ต่างกัน)	นก ปลาบางชนิด กุ้งแม่น้ำ ผีเสื้อ มังกรโคโมโด
โครโมโซมเพศ XO	X (แท่งเดียว)	XX (2 แท่ง)	ตั๊กแตน จิ้งหรีด แมลงสาบ
โครโมโซมเพศ ZO	ZZ (สองแท่ง)	Z (แท่งเดียว)	ผีเสื้อกลางคืนบางชนิด
แฮพลอยดิพลอยดี	แฮพลอยด์ (n) 1 ชุด	ดิพลอยด์ 2n (โครโมโซม 2 ชุด)	ผึ้ง มด ต่อ แตน เพลี้ยแป้ง เพลี้ยหอย เพลี้ยไฟ)
อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมกำหนด	อุณหภูมิต่ำกว่า	อุณหภูมิสูงกว่า	เต่า
	อุณหภูมิสูงกว่า	อุณหภูมิต่ำกว่า	กิ้งก่าและจระเข้



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

ยีนบนโครโมโซมเพศ

ยีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ที่อยู่บนโครโมโซมเพศ (X หรือ Y) จึงแสดงออกในเพศชายและเพศหญิงต่างกัน

ยีนที่อยู่บนโครโมโซม X (X linked gene)

โรคที่เป็นยีนด้อยบนโครโมโซม X ได้แก่

- ตาบอดสี
- โรคฮีโมฟีเลีย
- กล้ามเนื้อแขนขาลีบ
- ภาวะบกพร่องเอนไซม์ จี-6-พีดี (G-6-PD)

โรคที่เป็นยีนเด่นบนโครโมโซม X ได้แก่

- โรคมนุษย์หมาป่า (มีขนยาวรุงรังตามใบหน้า ลำตัว แขน ขา)

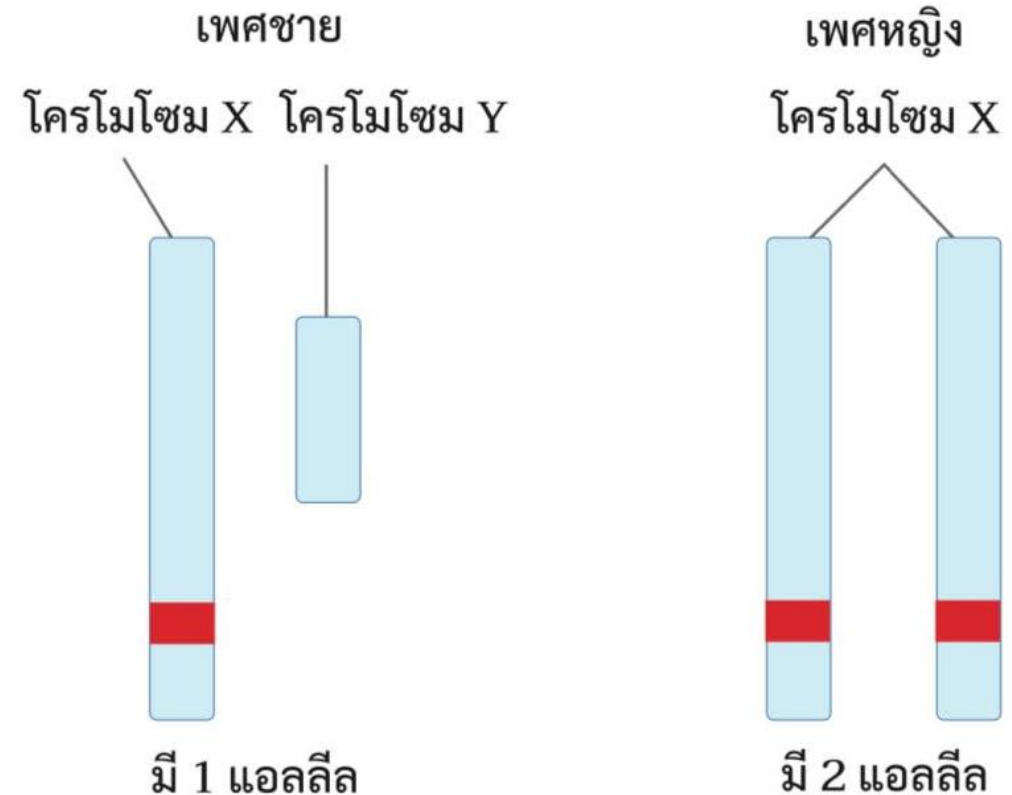


การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

ยีนด้อยบนโครโมโซม X (X linked recessive gene)

โรคตาบอดสีเขียว-แดง

ลักษณะที่ควบคุมด้วยแอลลีลด้อยบนโครโมโซม แต่ไม่พบในโครโมโซม Y ดังนั้นเพศชายจึงมีแอลลีลของยีนนี้ 1 แอลลีล แต่ในเพศหญิงมี 2 แอลลีล ซึ่งแตกต่างจากกรณีที่เมนเดลศึกษา





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

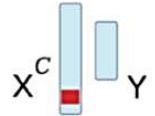
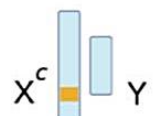
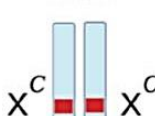
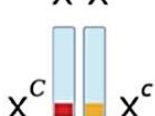
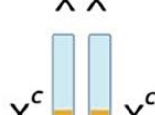
เนื่องจากลักษณะตาบอดสีเขียว-แดงควบคุมโดยแอลลีลด้อยบนโครโมโซม X (X^c) เพศหญิงที่มีแอลลีล X^c 2 แอลลีลจะมีลักษณะตาบอดสี ส่วนในเพศชายเนื่องจากมีโครโมโซม X เพียงโครโมโซมเดียว จะมีลักษณะตาบอดสีถึงแม้จะมีแอลลีล X^c เพียงแอลลีลเดียวเท่านั้น

หากกำหนดให้

X^C แทนยีนควบคุมตาปกติ

X^c แทนยีนควบคุมตาบอดสี

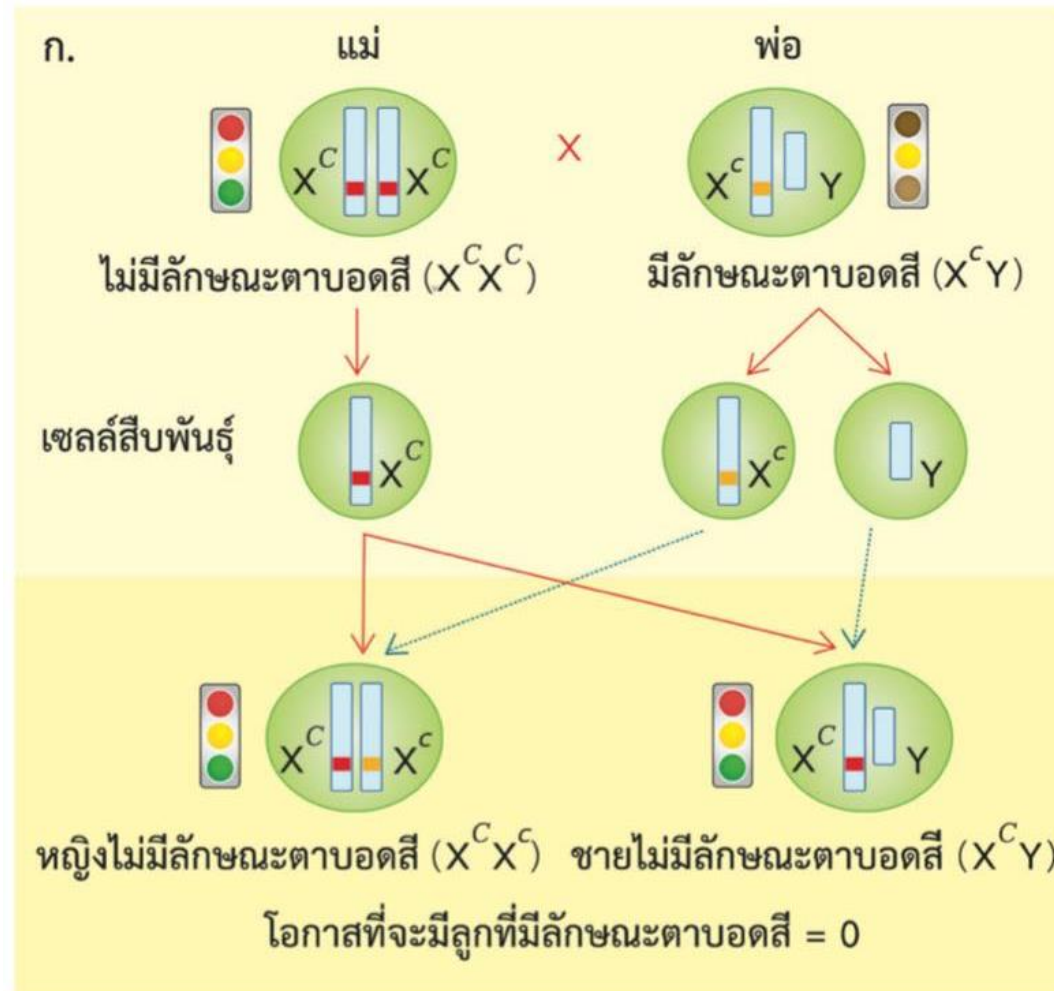
จีโนไทป์		ฟีโนไทป์
ชาย	หญิง	
$X^C Y$	$X^C X^C$	ตาปกติ
	$X^C X^c$	ตาปกติ
$X^c Y$	$X^c X^c$	ตาบอดสี

จีโนไทป์	ฟีโนไทป์	เพศ
$X^C Y$ 	ไม่มีลักษณะตาบอดสี 	ชาย
$X^c Y$ 	มีลักษณะตาบอดสี 	ชาย
$X^C X^C$ 	ไม่มีลักษณะตาบอดสี 	หญิง
$X^C X^c$ 	ไม่มีลักษณะตาบอดสี 	หญิง
$X^c X^c$ 	มีลักษณะตาบอดสี 	หญิง



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

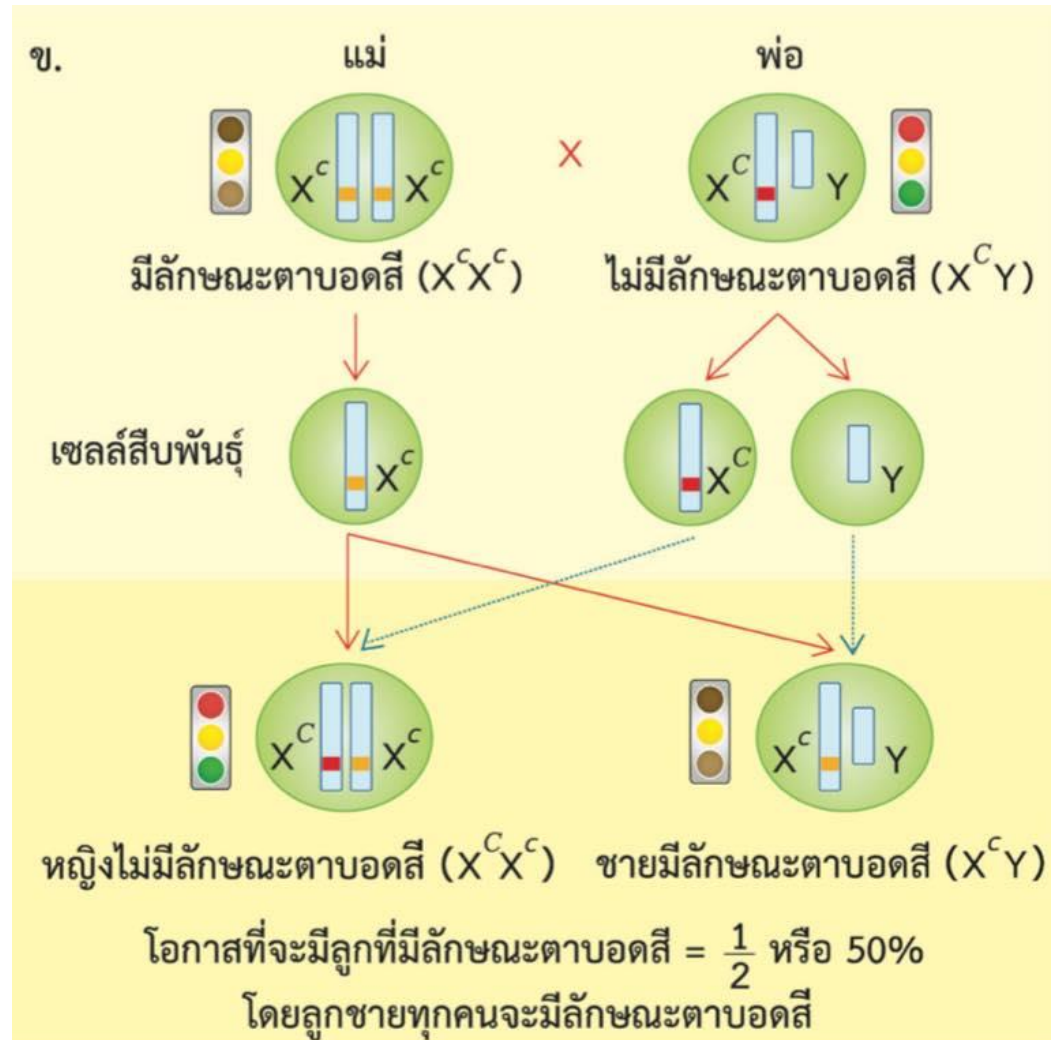
ตัวอย่างที่ 1 แม่ไม่มีมีลักษณะตาบอดสี (ฮอมอไซกัส) และพ่อมีลักษณะตาบอดสี





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

ตัวอย่างที่ 2 แม่มีลักษณะตาบอดสี และพ่อไม่มีลักษณะตาบอดสี





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

ถ้าชายตาบอดสีแต่งงานกับหญิงตาปกติแต่เป็นพาหะของโรคตาบอดสี จะมีโอกาสที่ลูกชายและลูกสาวตาบอดสีได้ร้อยละเท่าใด



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

ถ้าชายตาบอดสีแต่งงานกับหญิงตาปกติและไม่เป็นพาหะของโรคตาบอดสี จะเป็นไปได้หรือไม่ที่จะมีลูกชายหรือลูกสาวตาบอดสี เพราะเหตุใด



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

ถ้าคู่สามีภรรยามีหมู่เลือด AB และสามีไม่มีลักษณะตาบอดสีเขียว-แดง แต่ภรรยามีลักษณะตาบอดสีเขียว-แดง จะมีโอกาสมีลูกหมู่เลือด B และมีลักษณะตาบอดสีเขียว-แดงหรือไม่



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

โรคฮีโมฟีเลีย

ยีนที่ควบคุมการสร้างโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด ผู้ป่วยจะมีเลือดออกจากบาดแผลเป็นเวลานานมากกว่าคนปกติ บางรายมีเลือดออกตามข้อ ทำให้มีอาการปวด บวมแดง ข้ออักเสบ

หากกำหนดให้

X^H แทนยีนควบคุมลักษณะปกติ

X^h แทนยีนควบคุมโรคฮีโมฟีเลีย

จีโนไทป์		ฟีโนไทป์
ชาย	หญิง	
$X^H Y$	$X^H X^H$	ปกติ
	$X^H X^h$	ปกติ
$X^h Y$	$X^h X^h$	เป็นโรคฮีโมฟีเลีย

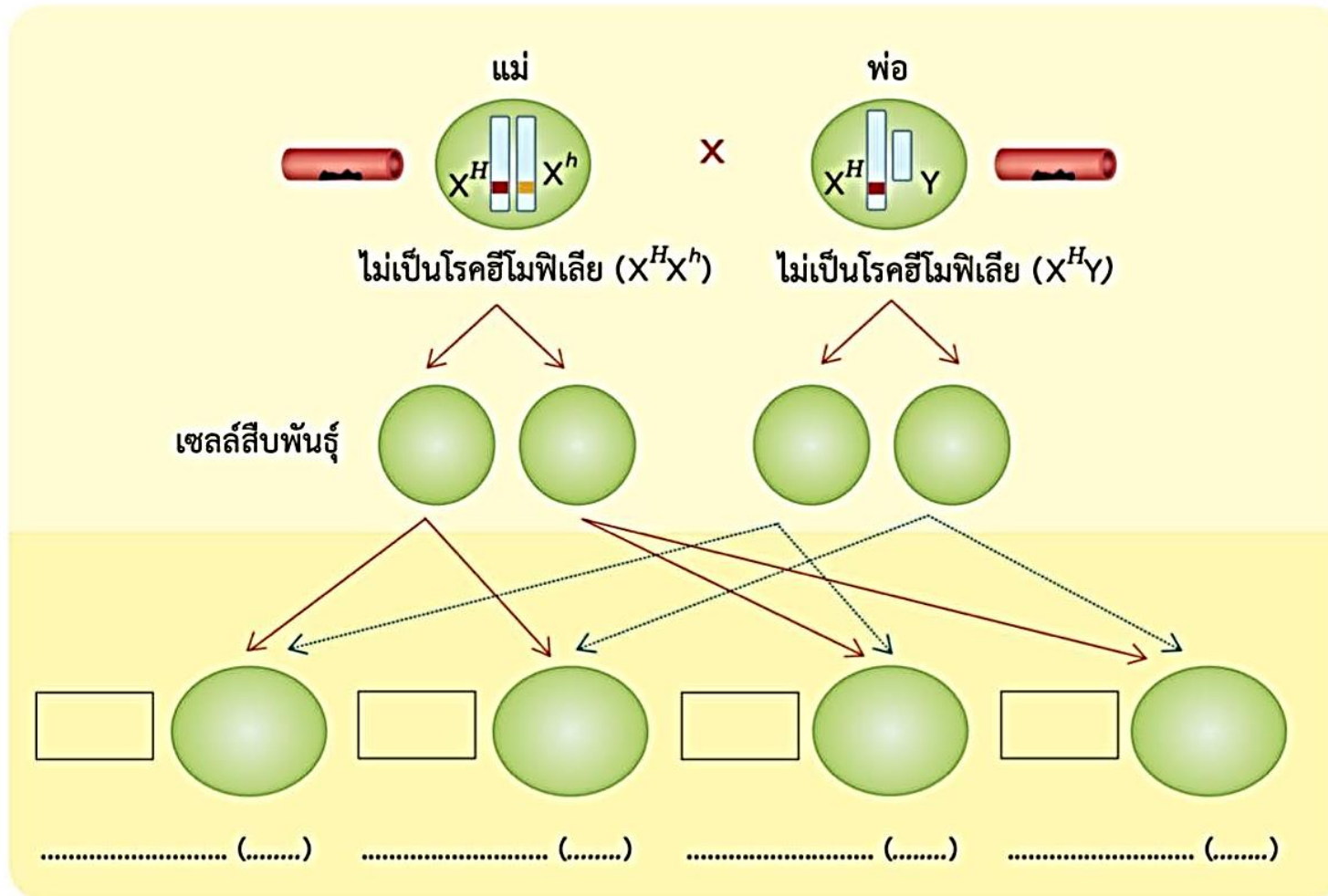
จีโนไทป์	ฟีโนไทป์	เพศ
$X^H Y$ 	ไม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย	ชาย
$X^h Y$ 	เป็นโรคฮีโมฟีเลีย	ชาย
$X^H X^H$ 	ไม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย	หญิง
$X^H X^h$ 	ไม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย	หญิง
$X^h X^h$ 	เป็นโรคฮีโมฟีเลีย	หญิง



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ



เติมข้อมูลในแผนผังเพื่อพิจารณารูปแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในกรณีศึกษาของโรคฮีโมฟีเลีย





การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ



ถ้าโรคทางพันธุกรรมชนิดหนึ่งควบคุมด้วยแอลลีลเด่นบนโครโมโซม X

- o ชายและหญิงที่เป็นโรคจะมีจีโนไทป์แบบใดได้บ้าง
- o หากพิจารณาคู่สามีภรรยา ถ้าสามีเท่านั้นที่เป็นโรค ลูกเพศใดบ้างมีโอกาสเป็นโรค แต่ถ้าภรรยาเท่านั้นที่เป็นโรค ลูกเพศใดบ้างมีโอกาสเป็นโรค



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

ยีนบนโครโมโซม Y (Y-linked gene)

เป็นยีนที่มีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม Y ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะของเพศชาย ซึ่งการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม Y จะถ่ายทอดจากพ่อไปยังลูกชาย และจากลูกชายเป็นทอด ๆ ต่อกันไป เช่น SRY ที่ควบคุมการสร้างอวัยวะ นิวแท้มี่พังผืด ผิวหนังมีสะเก็ดดำทั้งตัว เป็นต้น



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

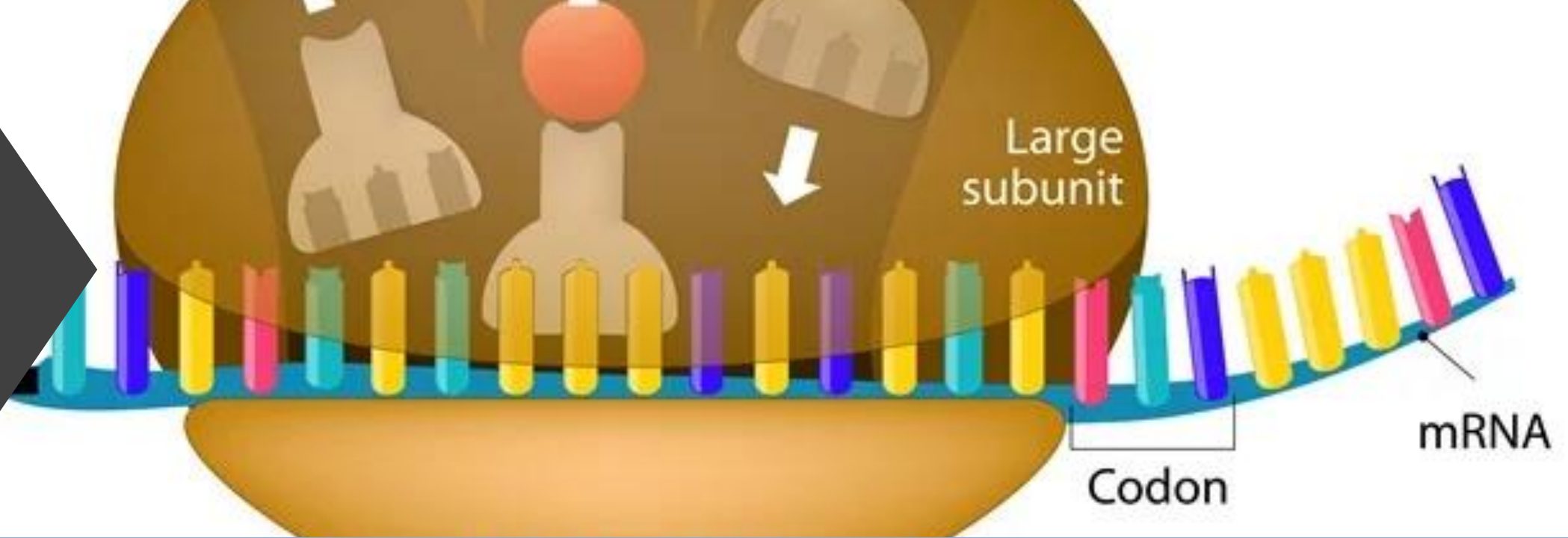
เพราะเหตุใด โอกาสในการพบโรคทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดด้วยยีนบนโครโมโซม Y จึงน้อยกว่าโรคทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดด้วยยีนบนโครโมโซม X



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบนโครโมโซมเพศ

หากแม่เป็นพาหะของโรค G-6PD ส่วนพ่อเป็นโรค G-6PD โอกาสที่ลูกสาวและลูกชายจะเป็นโรคนี้มีเท่าใด

1. ลูกสาวร้อยละ 25 และลูกชายร้อยละ 25
2. ลูกสาวร้อยละ 25 และลูกชายร้อยละ 50
3. ลูกสาวร้อยละ 50 และลูกชายร้อยละ 50
4. ลูกสาวร้อยละ 50 และลูกชายร้อยละ 75
5. ลูกสาวร้อยละ 75 และลูกชายร้อยละ 75



หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พันธุกรรม (6)

ยีนกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

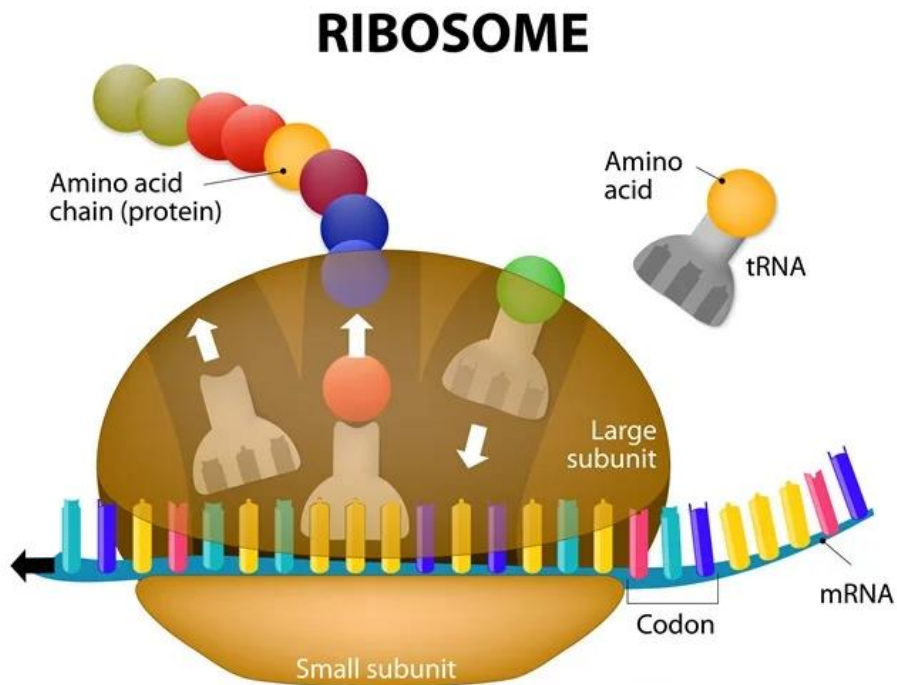
นางสาวอลิษา ไชยชาญ

รายวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



ยีนกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

ยีนเป็นช่วงของ DNA ที่กำหนดลักษณะของโปรตีนที่สังเคราะห์ โดยโปรตีนจะส่งผลให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและหน้าที่ของโปรตีนนั้น ๆ



©Designua / Shutterstock.com

	กำหนดลักษณะ		ส่งผลให้เกิด	
ยีน	→	โปรตีน	→	ลักษณะทางพันธุกรรม

โปรตีนในสิ่งมีชีวิตหลายชนิดและมีหน้าที่แตกต่างกันไป เช่น เป็นโครงสร้างของเซลล์ เอนไซม์ แอนติบอดี ฮอร์โมน



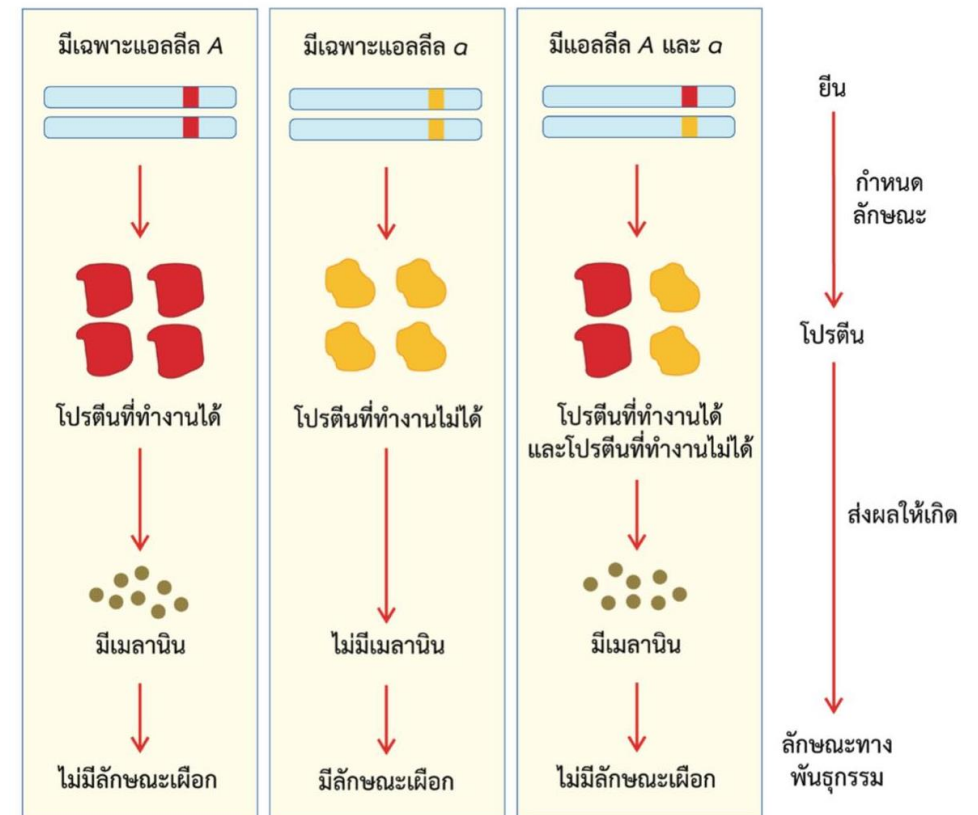
ยีนกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

ลักษณะเผือกเกิดจากการขาดเมลานิน (melanin) ซึ่งเป็นสารสีชนิดหนึ่งที่อยู่บริเวณผิวหนัง ผมและม่านตา โดย
แอลลีล A กำหนดลักษณะโปรตีนที่ทำหน้าที่ให้กระบวนการสังเคราะห์เมลานินได้ ส่วน
แอลลีล a กำหนดลักษณะโปรตีนที่ทำหน้าที่ไม่ได้

ผู้ที่มีแอลลีล A จำนวน 2 แอลลีล (AA) จะสังเคราะห์โปรตีนที่ทำหน้าที่
ได้ จึงมีเมลานินตามปกติ

ผู้ที่มีแอลลีล a จำนวน 2 แอลลีล (aa) จะมีเฉพาะโปรตีนที่ทำหน้าที่ไม่ได้
จึงไม่มีเมลานินหรือมีจำนวนน้อยลง ทำให้มีลักษณะเผือก

ผู้ที่มีแอลลีลทั้งสองรูปแบบ (Aa) ถึงแม้จะสร้างโปรตีนทั้งแบบที่ทำหน้าที่
ได้และแบบที่ทำหน้าที่ไม่ได้ แต่สามารถสังเคราะห์เมลานินได้เพียงพอ จึง
ไม่มีลักษณะเผือก





เกี่ยวกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

ในกรณีของโรคธาลัสซีเมีย แอลลีลปกติกำหนดลักษณะฮีโมโกลบินที่ปกติ ส่วนแอลลีลที่ทำให้เกิดโรคกำหนดลักษณะฮีโมโกลบินที่ผิดปกติ

ในผู้ที่ เป็นพาหะของโรค ทำให้มีทั้งฮีโมโกลบินที่ปกติและผิดปกติ แต่เนื่องจากระดับของฮีโมโกลบินยังสูงเพียงพอจึงไม่เป็นโรค

ในกรณีที่ลูกได้รับแอลลีลที่ทำให้เกิดโรคจากทั้งพ่อและแม่ลูกจะมีเฉพาะฮีโมโกลบินที่ผิดปกติ จึงเป็นโรคได้

ถึงแม้ผู้ที่เป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมียจะไม่แสดงอาการของโรค แต่สามารถตรวจพบเซลล์เม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบินที่ผิดปกติปนอยู่ได้ ซึ่งได้นำมาใช้ในการตรวจวินิจฉัยการเป็นพาหะเพื่อประกอบการวางแผนครอบครัว



เกี่ยวกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

ยีนต่าง ๆ กำหนดลักษณะโปรตีนที่สังเคราะห์ได้อย่างไร ?

DNA (Deoxyribonucleic acid) เป็นสารพันธุกรรมซึ่งประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) มาเรียงต่อกันเป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์ จำนวน 2 สาย

แต่นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย น้ำตาล หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส

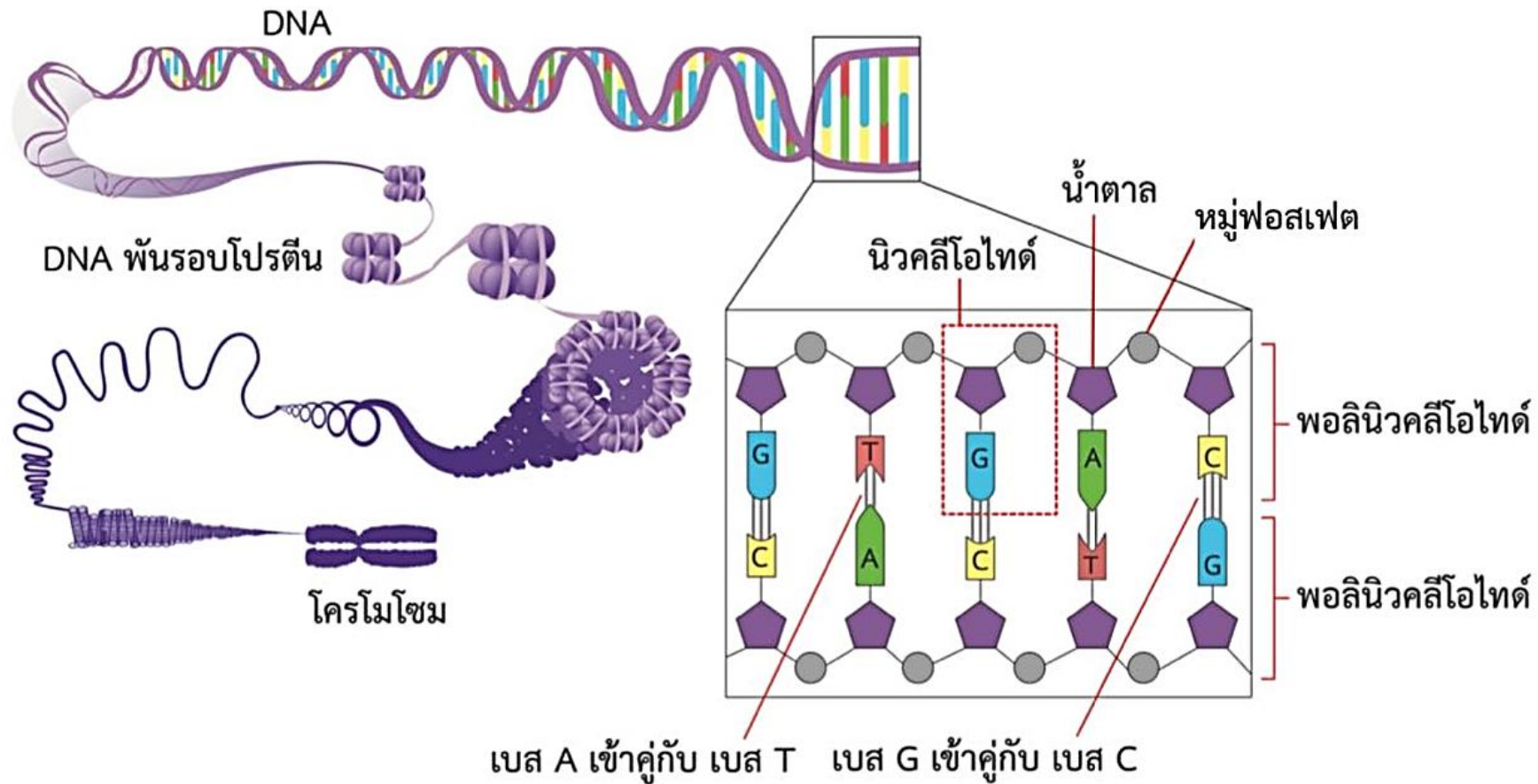
นิวคลีโอไทด์ที่มาต่อกันนี้มี 4 ชนิด ตามชนิดของไนโตรจีนัสเบส ได้แก่ อะดีนีน (adenine หรือ A) ไทมีน (thymine หรือ T) ไซโทซีน (cytosine หรือ C) และกวานีน (guanine หรือ G)

โดยนิวคลีโอไทด์ที่มีเบส A จะจับกับนิวคลีโอไทด์ที่มีเบส T ส่วน

นิวคลีโอไทด์ที่มีเบส C จะจับกับนิวคลีโอไทด์ที่มีเบส G



ยีนกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม



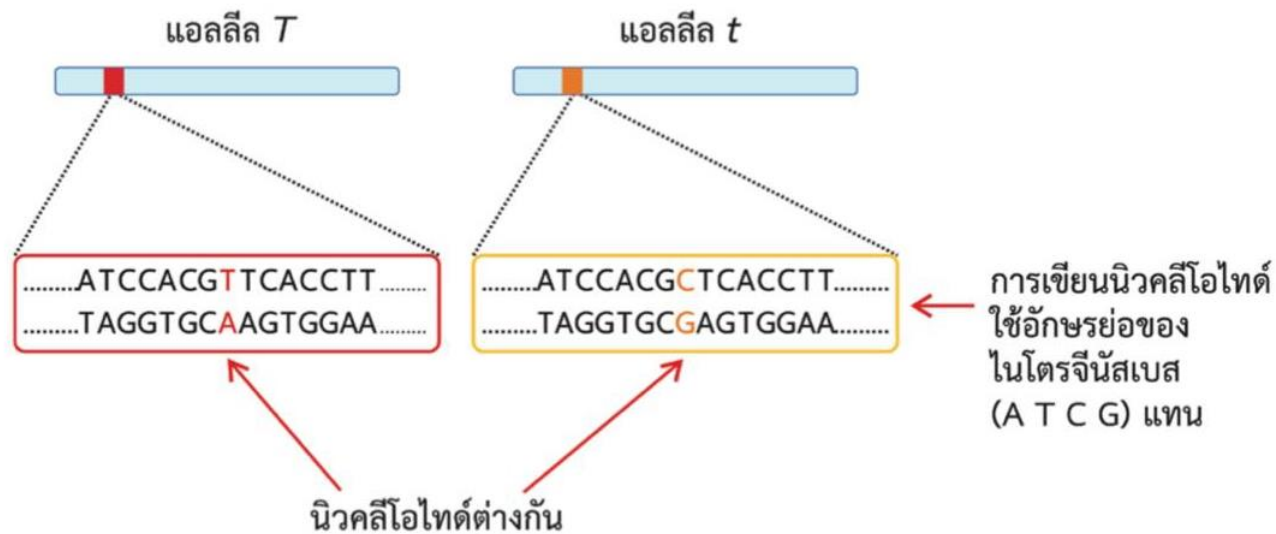
รูป 4.9 โครงสร้างของ DNA



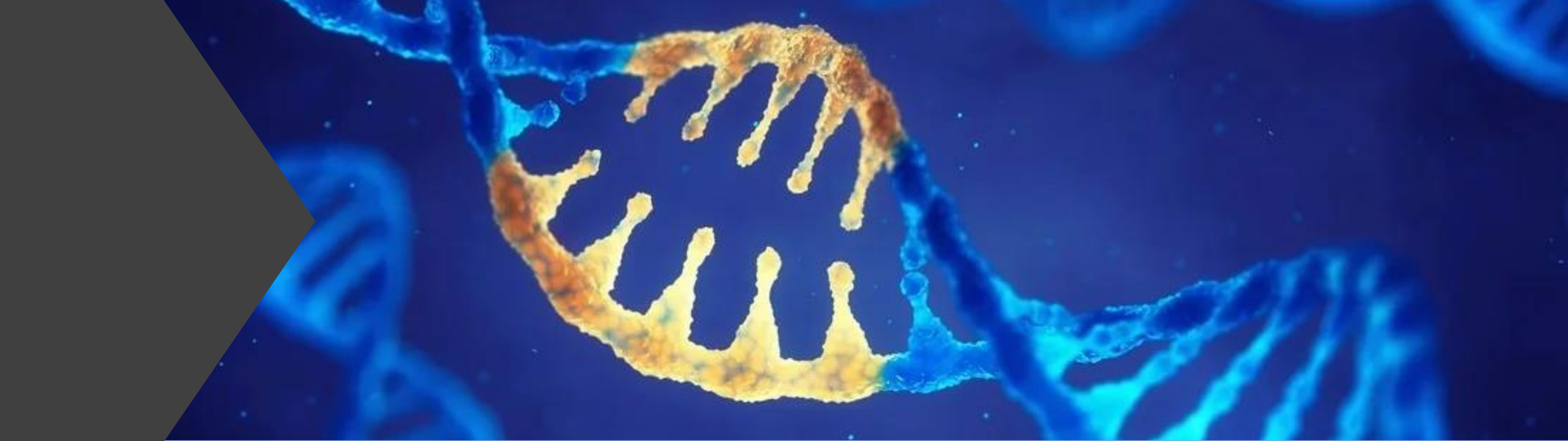
ยีนกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

ยีนเป็นช่วงของ DNA ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์ที่กำหนดลักษณะของโปรตีนที่สังเคราะห์ขึ้น โดยยีนต่างชนิดจะมีลำดับนิวคลีโอไทด์ต่างกัน จึงได้โปรตีนต่างชนิด ซึ่งส่งผลให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมต่าง ๆ

ในกรณียีนเดียวกัน แอลลีลต่างรูปแบบจะมีลำดับนิวคลีโอไทด์ต่างกัน ทำให้มีความแตกต่างของโปรตีนที่สังเคราะห์ได้ จึงส่งผลให้เกิดฟีโนไทป์ที่แตกต่างกันด้วย



รูป 4.10 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของแอลลีลต่างรูปแบบในกรณีตัวอย่างของโรคทาลัสซีเมีย แสดงแอลลีลปกติ (*T*) และแอลลีลที่ก่อให้เกิดโรค (*t*)



หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พันธุกรรม (7)

การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

นางสาวอลิษา ไชยชาญ

รายวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

DNA ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการเกิด **มิวเทชัน (mutation)**

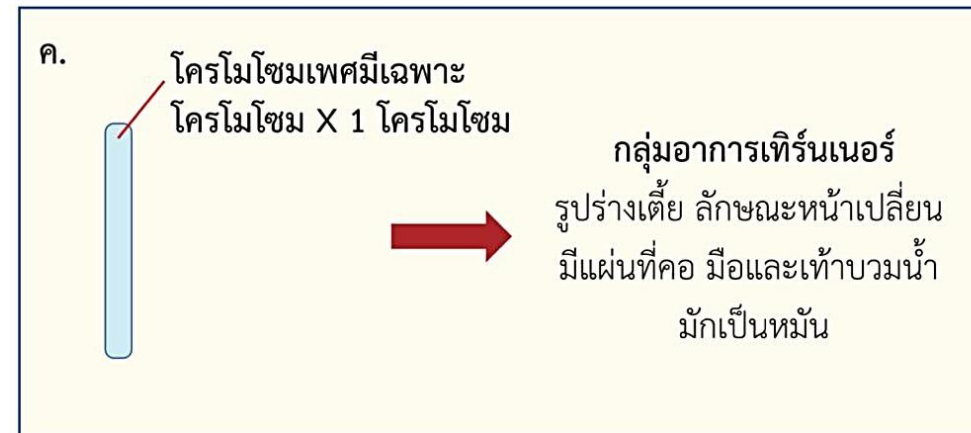
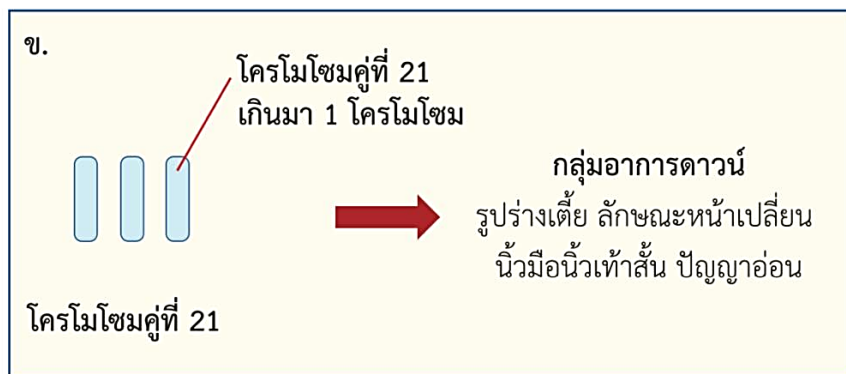
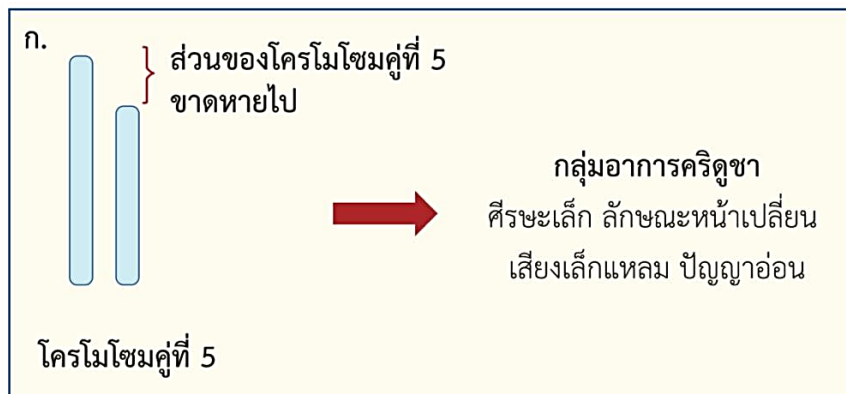
โดยนิวคลีโอไทด์ในบางตำแหน่งของยีนอาจเปลี่ยนแปลงไป จัดเป็น **การเปลี่ยนแปลงระดับยีน** ซึ่งมิวเทชันที่เกิดขึ้นอาจก่อให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปหรือเป็นโรคได้

เช่น **มิวเทชันในยีนที่ก่อให้เกิดโรคธาลัสซีเมีย** ซึ่งเป็นมิวเทชันของนิวคลีโอไทด์เพียง 1 คู่ แต่ทำให้โปรตีนที่ทำหน้าที่ไม่ได้ตามปกติ



การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

นอกจากมิวเทชันจะเกิดได้ในระดับยีนแล้ว ยังสามารถเกิดใน**ระดับโครโมโซม**ได้ด้วย
ทั้งในด้านโครงสร้างโครงสร้าง เช่น **ชิ้นส่วนของโครโมโซมขาดหาย**ทำให้บางแอลลีลหายไป และ
ในด้านโครโมโซม โดย**โครโมโซมอาจเกินมาทั้งโครโมโซม**



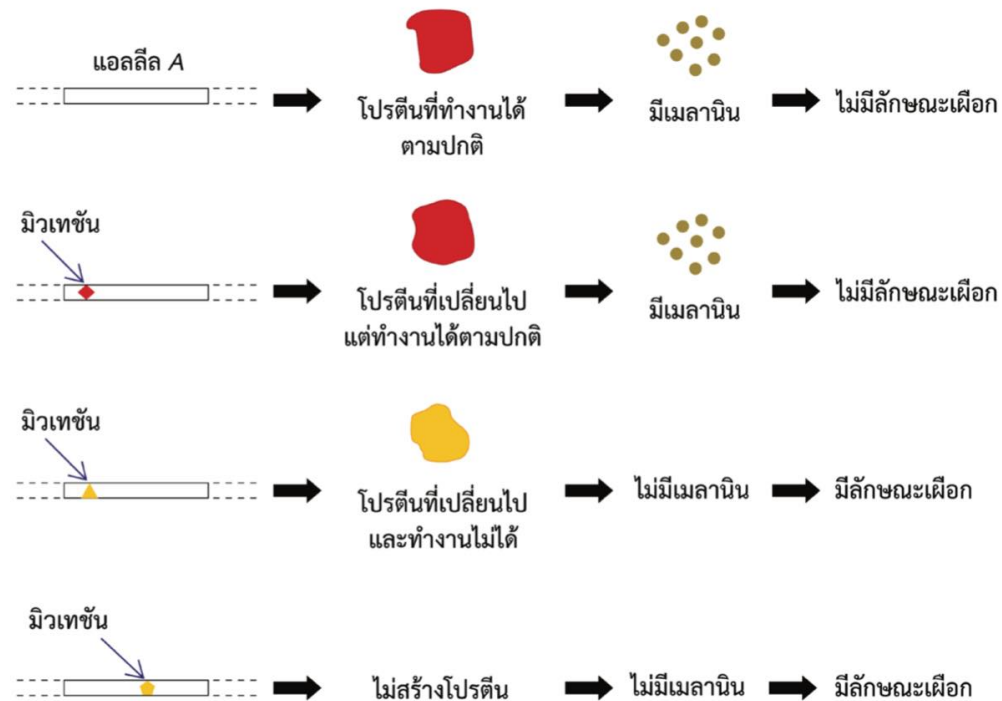
ก. กลุ่มอาการครีดูชา
ข. กลุ่มอาการดาวน์
ค. กลุ่มอาการเทิร์นเนอร์

รูป 4.11 มิวเทชันระดับโครโมโซมในกรณีต่าง ๆ



การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

การที่มิวเทชันจะก่อให้เกิดผลดี ผลเสีย หรือไม่ส่งผลใด ๆ ต่อสิ่งมีชีวิตขึ้นอยู่กับสมบัติของโปรตีนที่สังเคราะห์ได้ว่าเปลี่ยนไปหรือไม่อย่างไร ถ้ามิวเทชันที่สังเคราะห์ขึ้นไม่สามารถทำงานได้ตามปกติหรือไม่มีการสร้างโปรตีนนั้นต่อไป จะส่งผลให้ลักษณะทางพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงไปได้ แต่ถ้าโปรตีนยังทำงานได้ตามปกติจะไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางพันธุกรรม ดังรูป



รูป 4.12 ตัวอย่างมิวเทชันระดับยีนในแอลลีลที่ควบคุมลักษณะเฟือก ซึ่งเกิดได้หลายแบบและที่หลายตำแหน่ง โดยอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางพันธุกรรม



การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

ในบางกรณี มิวเทชันอาจทำให้การอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตดีขึ้น เช่น มิวเทชันที่ทำให้ไม่มีการสังเคราะห์แอนติเจนดัฟฟี (Duffy antigen) บนผิวเซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งส่งผลให้มีความต้านทานต่อการติดเชื้อมาลาเรีย

มิวเทชันสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาและเกิดได้ในทุกเซลล์ โดยมิวเทชันที่เกิดขึ้นในเซลล์สืบพันธุ์สามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นต่อ ๆ ไปได้ อย่างไรก็ตาม มิวเทชันที่เกิดขึ้นในเซลล์ร่างกายสามารถทำให้เกิดลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปหรือทำให้เป็นโรคได้ เช่น กรณีของมะเร็งหลายชนิด



การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

มิวเทชันกับการเกิดมะเร็ง

มิวเทชันสามารถเกิดได้เองในธรรมชาติ แต่มีปัจจัยที่ทำให้เกิดมิวเทชันในอัตราที่สูงขึ้น เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา ทาร์ในควันบุหรี่ อะฟลาทอกซิน โดยในกรณีที่รังสีหรือสารเคมีดังกล่าว ก่อให้เกิดมิวเทชันที่ทำให้เซลล์เพิ่มจำนวนโดยที่ร่างกายควบคุมไม่ได้

มะเร็งผิวหนัง

การได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแสงแดดเป็นการเพิ่มโอกาสการเกิดมิวเทชันในเซลล์ผิวหนัง ดังนั้นการหลีกเลี่ยงการออกไปกลางแจ้งหรือการใช้ครีมกันแดดจะช่วยลดโอกาสการเกิดมิวเทชันดังกล่าว จึงลดการเกิดมะเร็งผิวหนังได้

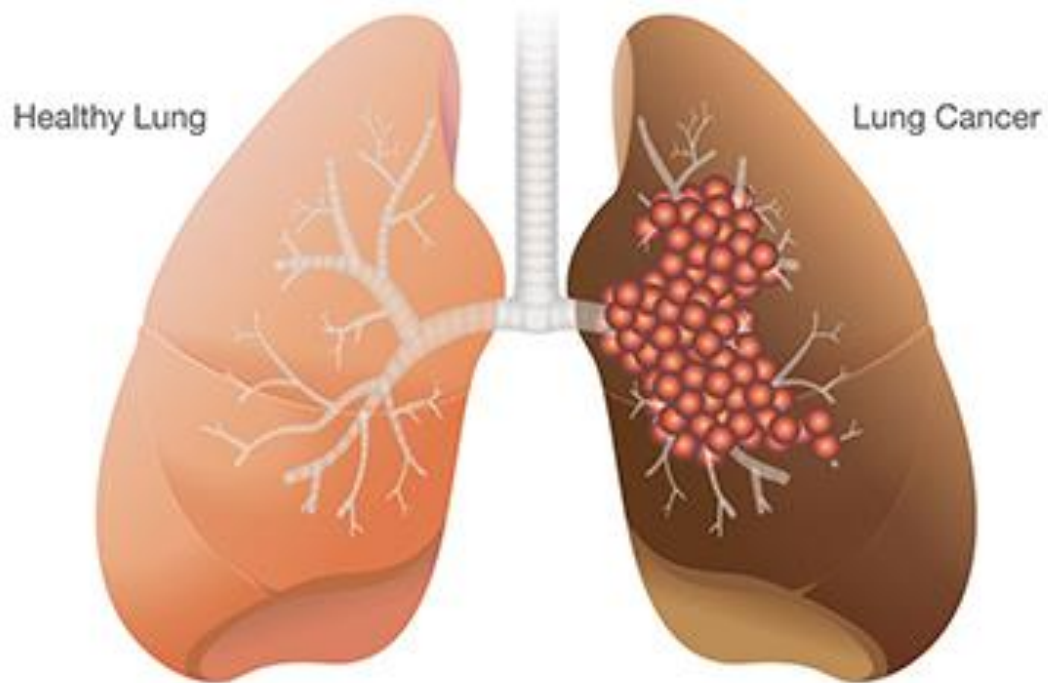




การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

มะเร็งปอด

การสูบบุหรี่เพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งในปอด เพราะทาร์และฟอร์มัลดีไฮด์ในควันบุหรี่จะเพิ่มโอกาสการเกิดมิวเทชันในเซลล์ปอด ดังนั้นการไม่สูบบุหรี่หรือเลิกการสูดดมควันบุหรี่จะช่วยลดโอกาสการเกิดมะเร็งปอดได้เช่นกัน





การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

การประยุกต์ใช้หลักการเกิดมิวเทชัน

มนุษย์นำหลักของการเกิดมิวเทชันมาประยุกต์ใช้เพื่อชักนำให้ได้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะตามที่ต้องการ เช่น

- การฉายรังสีแกมมาให้กับเนื้อเยื่อจากหน่อหรือเหง้าของพุทธรักษาเพื่อชักนำให้เกิดมิวเทชันของเอนไซม์ในกระบวนการสร้างสารสีที่ทำให้สีดอกเปลี่ยนไป และคัดเลือกต้นที่มีดอกสีใหม่ ทำให้ได้พุทธรักษาลักษณะใหม่ที่มีสีต่าง ๆ เพิ่มขึ้น
- การสร้างทิวลิปที่มีสีดอกที่หลากหลายโดยการใช้รังสี การใช้สารเคมีที่ยับยั้งการแยกของโครโมโซมระหว่างการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างพืชที่มีจำนวนชุดโครโมโซมเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มขนาดของดอกหรือผล เพิ่มปริมาณการผลิตสารที่ต้องการ หรือทำให้ได้ต้นพืชที่มีผลไร่เมล็ด



หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 พันธุกรรม (7)

เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

นางสาวอลิษา ไชยชาญ

รายวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

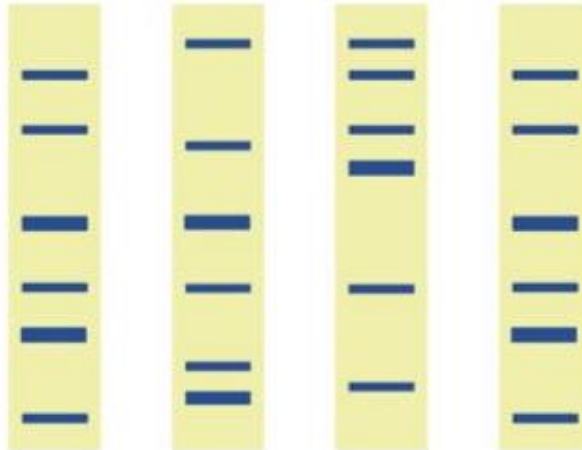


เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

พิสูจน์แล้วลูกชิ้นเนื้อวัว
ไม่มีเนื้อหมูผสม



พลัดพรากกว่ายี่สิบปี ตรวจ
DNA ยืนยันสัมพันธ์พ่อลูก



ต่อคิวข้ามคืนซื้อกุหลาบสี
ใหม่ฉลองวันแห่งความรัก



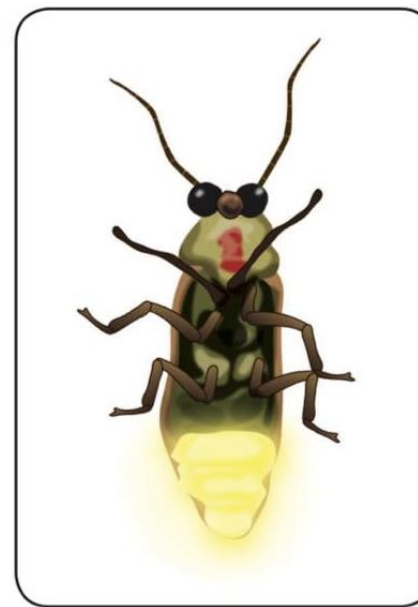
จากตัวอย่างด้านบน เป็นการนำความรู้ทางพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้อย่างไร ?



เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

สิ่งมีชีวิตต่างชนิดอาจมีแตกต่างกันไป เช่น ในมนุษย์มียีนที่ควบคุมการสังเคราะห์เมลานิน แต่ไม่มียีนที่ควบคุมการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ที่พบในพืช หรือหิ่งห้อยมียีนที่สังเคราะห์โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการเรืองแสง แต่ในพืชไม่มี ถ้านำยีนของสิ่งมีชีวิตหนึ่งมาตัดต่อใส่ในสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งผลที่ได้จะเป็นอย่างไร ?

ต้นยาสูบที่ได้รับยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนเรืองแสงของหิ่งห้อยอยู่จะเรืองแสงได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะทางพันธุกรรมใหม่ที่เกิดขึ้นเพราะสิ่งมีชีวิตมีสารพันธุกรรมเปลี่ยนไป โดยการนำยีนของสิ่งมีชีวิตหนึ่งมาตัดต่อใส่ในอีกสิ่งมีชีวิตหนึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการสร้าง **สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (Genetically Modified Organism หรือ GMO)** ซึ่งเป็นตัวอย่างของการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้



ก.



ข.



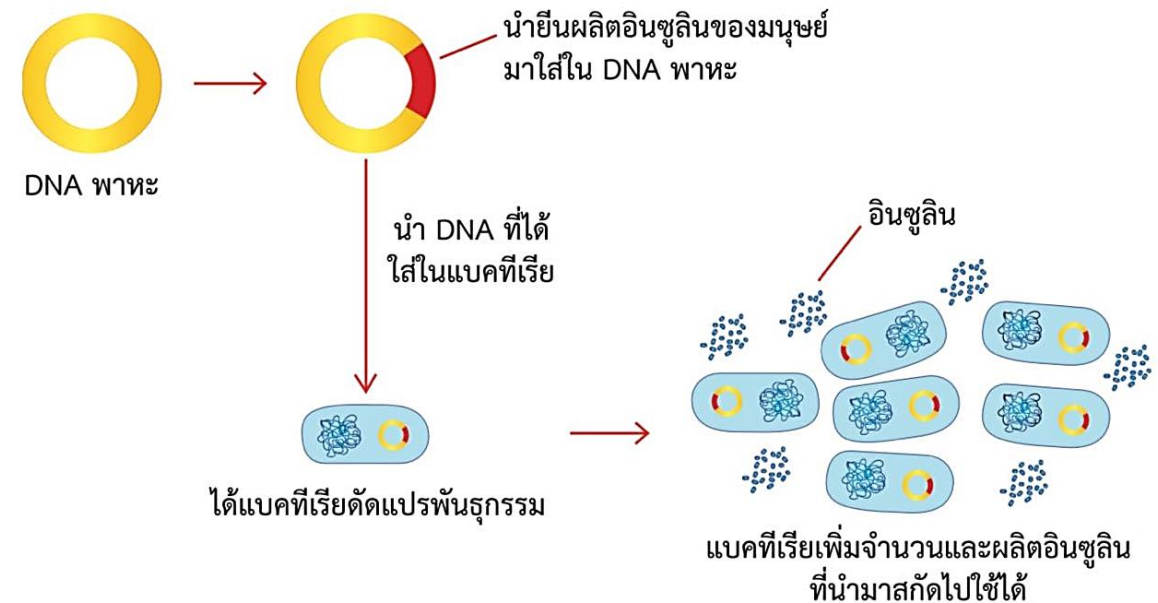
เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

การนำเทคโนโลยีดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้

การประยุกต์ใช้ในเชิงการแพทย์และเภสัชกรรม

การสร้างผลิตภัณฑ์ทางเภสัชกรรม

การสร้างแบคทีเรียดัดแปรพันธุกรรมที่มียีนผลิตอินซูลิน (insulin) ของมนุษย์ ทำให้แบคทีเรียสามารถผลิตอินซูลินที่นำไปใช้บำบัดอาการของผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ โดยการที่แบคทีเรียสามารถเพิ่มจำนวนได้มากในระยะเวลาอันสั้น ทำให้ผลิตอินซูลินได้เร็วกว่าการสกัดสกัดอินซูลินจากตับอ่อนของวัวหรือหมู



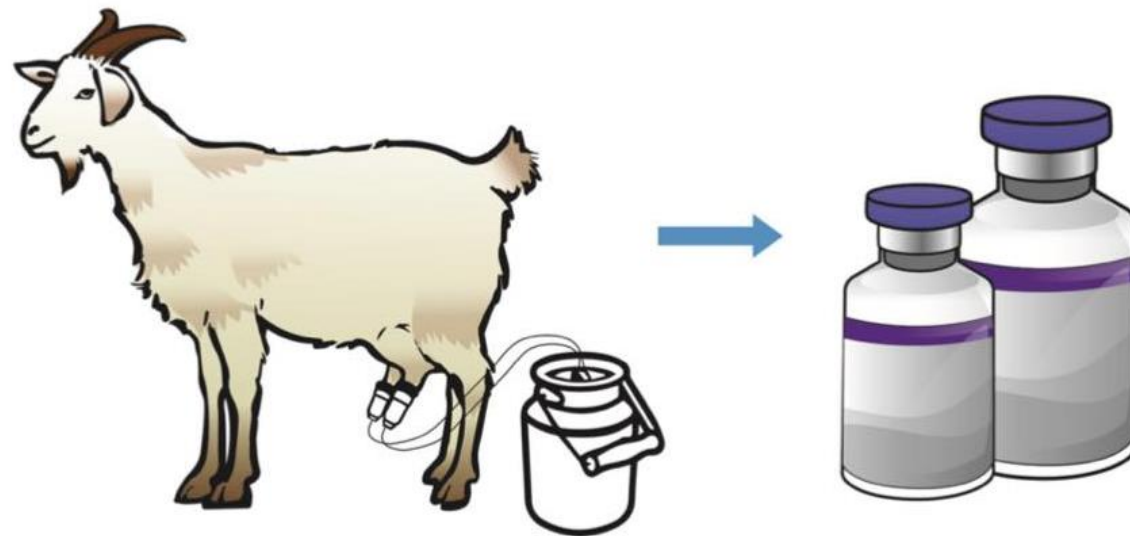
รูป 4.14 ขั้นตอนการสร้างแบคทีเรียดัดแปรพันธุกรรมที่สามารถผลิตอินซูลินของมนุษย์



เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

การสร้างผลิตภัณฑ์ทางเภสัชกรรม

ปศุสัตว์ที่สามารถผลิตฮอร์โมนหรือแอนติบอดีของมนุษย์โดยหลังมากับน้ำนม เช่น แพะที่ผลิตโปรตีนที่ป้องกันการแข็งตัวของเลือด



รูป 4.15 แพะที่ผลิตน้ำนมที่มีโปรตีนป้องกันการแข็งตัวของเลือดสำหรับใช้ป้องกันการเกิดลิ่มเลือดอุดตันในมนุษย์



เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

การวินิจฉัยโรคและการตรวจกรองทางพันธุกรรม

โรคบางโรคเป็นผลมาจากแอลลีลซึ่งมีลำดับนิวคลีโอไทด์จำเพาะ ดังนั้นจึงมีการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ตรวจหาแอลลีลดังกล่าว เพื่อวินิจฉัยโรค เช่น

การตรวจหาแอลลีลที่ทำให้เกิดโรคธาลัสซีเมียที่ปนในน้ำคร่ำเพื่อวินิจฉัยว่าบุตรในครรภ์เป็นโรคหรือไม่

นอกจากการวินิจฉัยโรคแล้วยังมีการตรวจหาแอลลีลจำเพาะที่บอกถึงความเสี่ยงของการเกิดโรค เช่น

ในกรณีของโรคมะเร็งเต้านมและมะเร็งรังไข่

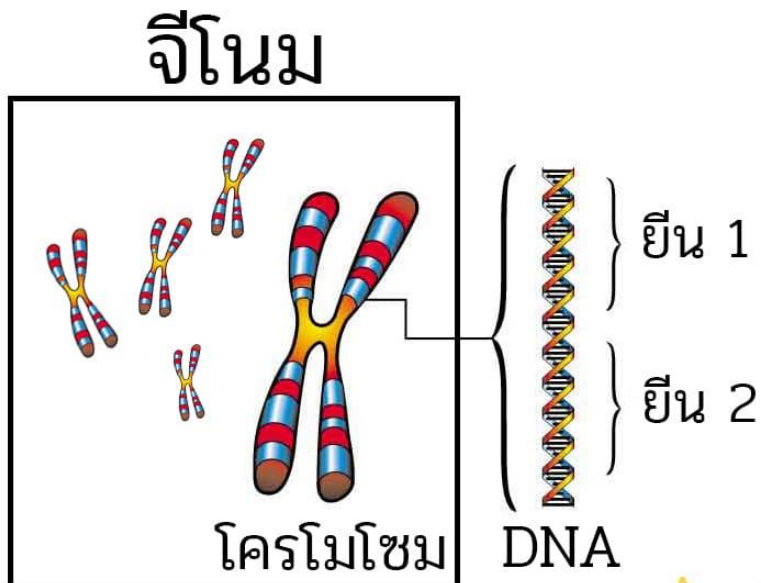
นอกจากนี้ยังมีการตรวจวินิจฉัยทางพันธุกรรมของเซลล์ในระยะเอมบริโอเริ่มแรกที่ได้จากการปฏิสนธิในหลอดทดลอง เช่น การตรวจเพื่อเลือกเอมบริโอที่ไม่มีแอลลีลที่ทำให้เกิดโรคธาลัสซีเมียในกรณีที่ทั้งสามีและภรรยาเป็นพาหะ ก่อนนำไปใส่ในครรภ์มารดาต่อไป



เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

การบำบัดอาการหรือรักษาโรค

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในทางการแพทย์รวมถึงการนำเซลล์ปกติเข้าสู่จีโนมมนุษย์เพื่อบำบัดอาการหรือรักษาโรค ซึ่งในปัจจุบันมีการวิจัยพัฒนาการบำบัดโรคโดยการปรับแต่งจีโนมด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น การนำชิ้นส่วนของเซลล์ที่ก่อให้เกิดโรคออก การทำให้เกิดมิวเทชันในเซลล์เพื่อไม่ให้เกิดโรคอีกต่อไป



จีโนม (genome) คือ สารพันธุกรรมทั้งหมดในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งการศึกษาจีโนมมีความก้าวหน้าไปอย่างมาก ทำให้มีข้อมูลและความรู้พื้นฐานที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในต่าง ๆ ได้

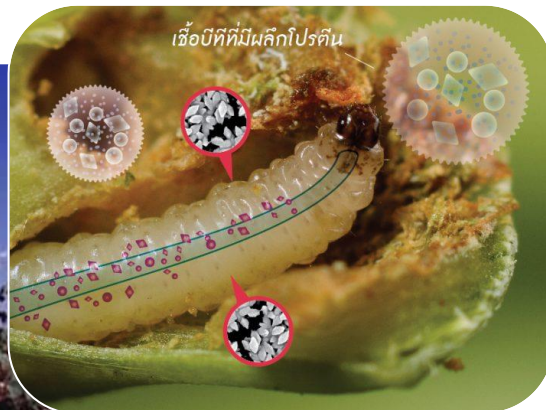


การประยุกต์ใช้ในเชิงการเกษตร

การเปลี่ยนสารพันธุกรรมที่พืชมีอยู่โดยการชักนำให้เกิดมิวเทชันในระดับยีนหรือระดับโครโมโซม สามารถนำมาใช้ในการสร้างพืชที่มีลักษณะเปลี่ยนไปได้ เช่น การใช้รังสีเพื่อสร้างพุทธรักษาที่มีดอกสีใหม่ การใช้สารเคมีเพื่อสร้างแตงโมไร้เมล็ด

นอกจากนี้มีการสร้างพืชตัดแปรพันธุกรรมโดยการนำยีนอื่นเข้าไปในพืชเพื่อปรับปรุงพันธุ์ เช่น

พืชปื ึ่งผลิตสารพิษที่เป็นอันตรายต่อห่นอนคั้ตรฐพืช
บางชนิด



ผลกระทบด้านไวรัสที่ทำให้เกิดโรคใบด่างจุดวงแหวน



ข้าวสีทอง ซึ่งเพิ่มวิตามิน A และธาตุเหล็กให้กับผู้บริโภค



แอปเปิ้ลที่เนื้อไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อถูกอากาศ

Conventional



Arctic®



ดอกกุหลาบสีใหม่



กล้วยไม้ที่มีอายุดอกยาวนานขึ้น





เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

การสร้างสัตว์ดัดแปรพันธุกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิต เช่น แซลมอนดัดแปรพันธุกรรมที่เจริญเติบโตเพิ่มขนาดได้เร็วกว่าแซลมอนในธรรมชาติ ทำให้สามารถลดระยะเวลาเลี้ยงก่อนจะนำไปบริโภค

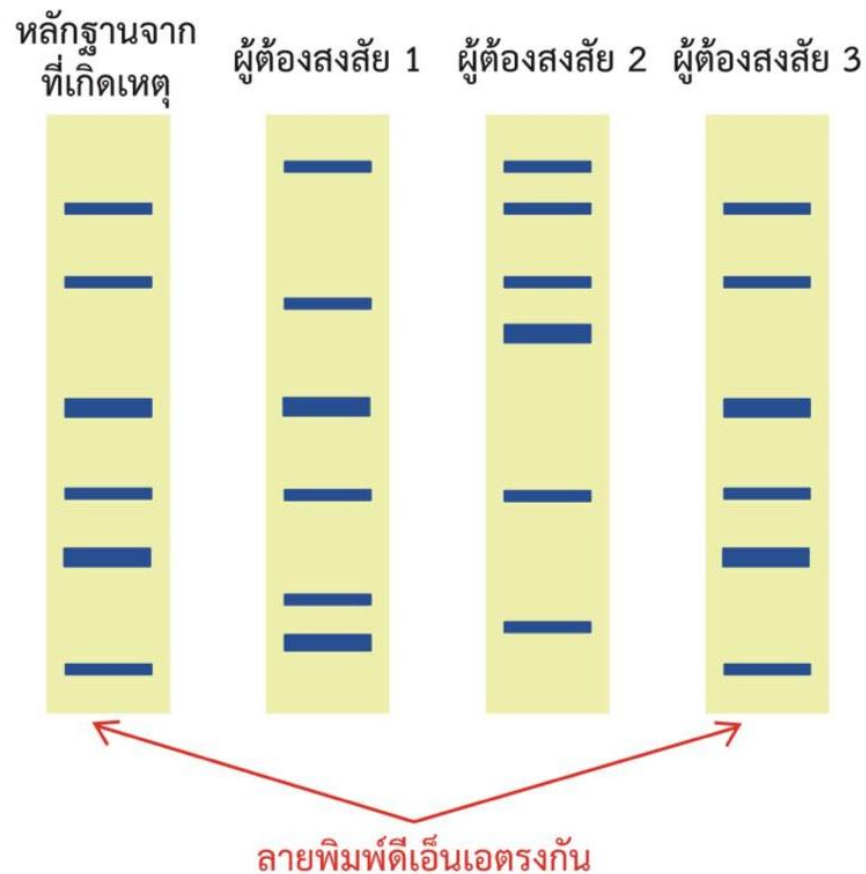




เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

การประยุกต์ใช้ในเชิงนิติวิทยาศาสตร์

เนื่องจากแต่ละบุคคลมีลำดับนิวคลีโอไทด์ของ DNA แตกต่างกันจึงสามารถใช้ความแตกต่างนี้ในการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprinting) เพื่อระบุบุคคลได้ เช่น การเปรียบเทียบ DNA ของผู้ต้องสงสัยกับ DNA จากคราบเลือดที่พบในที่เกิดเหตุ ซึ่งถ้ามีรูปแบบของลายพิมพ์ดีเอ็นเอตรงกันก็แสดงว่ามาจากบุคคลเดียวกัน



รูป 4.17 การเปรียบเทียบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยกับหลักฐานที่พบในที่เกิดเหตุ



เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

จากภาพถ่ายพิมพ์ดีเอ็นเอที่กำหนดให้ บุคคลใดที่เป็นพ่อที่แท้จริงของเด็ก (offspring)

Mother	Offspring	Male 1	Male 2	Male 3
 			  	
 		 		  
	 		 	
 	 	 		 
	 	 	 	
				



เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอไม่จำกัดเฉพาะในมนุษย์เท่านั้น ดังในกรณีการตรวจระบุชนิดของเนื้อสัตว์ในอาหาร เนื่องจากสัตว์ต่างชนิดมี DNA ต่างกันจึงสามารถตรวจหา DNA ที่จำเพาะต่อสัตว์แต่ละชนิดได้ เช่น การตรวจหาอาหารที่ระบุว่าเป็นอาหารฮาลาลว่ามี DNA ของสุกรปนอยู่หรือไม่



ตัวอย่างการพบสุกรในผลิตภัณฑ์สำหรับมุสลิม โดยศูนย์วิทยาศาสตร์ฮาลาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ไส้กรอก
กพ.40



หอยจืด
กพ.50



ไก่เชียง
กค.50



ไก่หยอง
มค.51



ข้าวต้มปลา
กพ.58



เนื้อวัว
มย.63



เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

การประยุกต์ใช้ในเชิงอุตสาหกรรม

เช่น เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ที่ใช้ในการฟอกผ้าฝ้ายเพื่อให้นุ่ม เอนไซม์ไลเปส (lipase) และเอนไซม์โปรตีเอส (protease) สำหรับใช้ในผงซักฟอก นอกจากนี้ยังมีการสร้างสัตว์ดัดแปรพันธุกรรมเพื่อสกัดโปรตีนที่ต้องการ เช่น แพะที่มียีนที่ควบคุมการสร้างโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของใยแมงมุม โดยจะหลั่งโปรตีนออกมากับน้ำนม ซึ่งสามารถแยกเอามาทำเส้นใยเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป





เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

ข้อควรคำนึงเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

การใช้เทคโนโลยีดีเอ็นเอการตรวจคัดกรองโอกาสในการเกิดโรคหรือยีนก่อโรค และการใช้ฐานข้อมูลทางพันธุกรรมของประชาชน

- สิทธิมนุษยชน
- จริยธรรม

การใช้เทคโนโลยีดีเอ็นเอในการสร้าง GMO

- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- สุขภาพ
- จริยธรรม