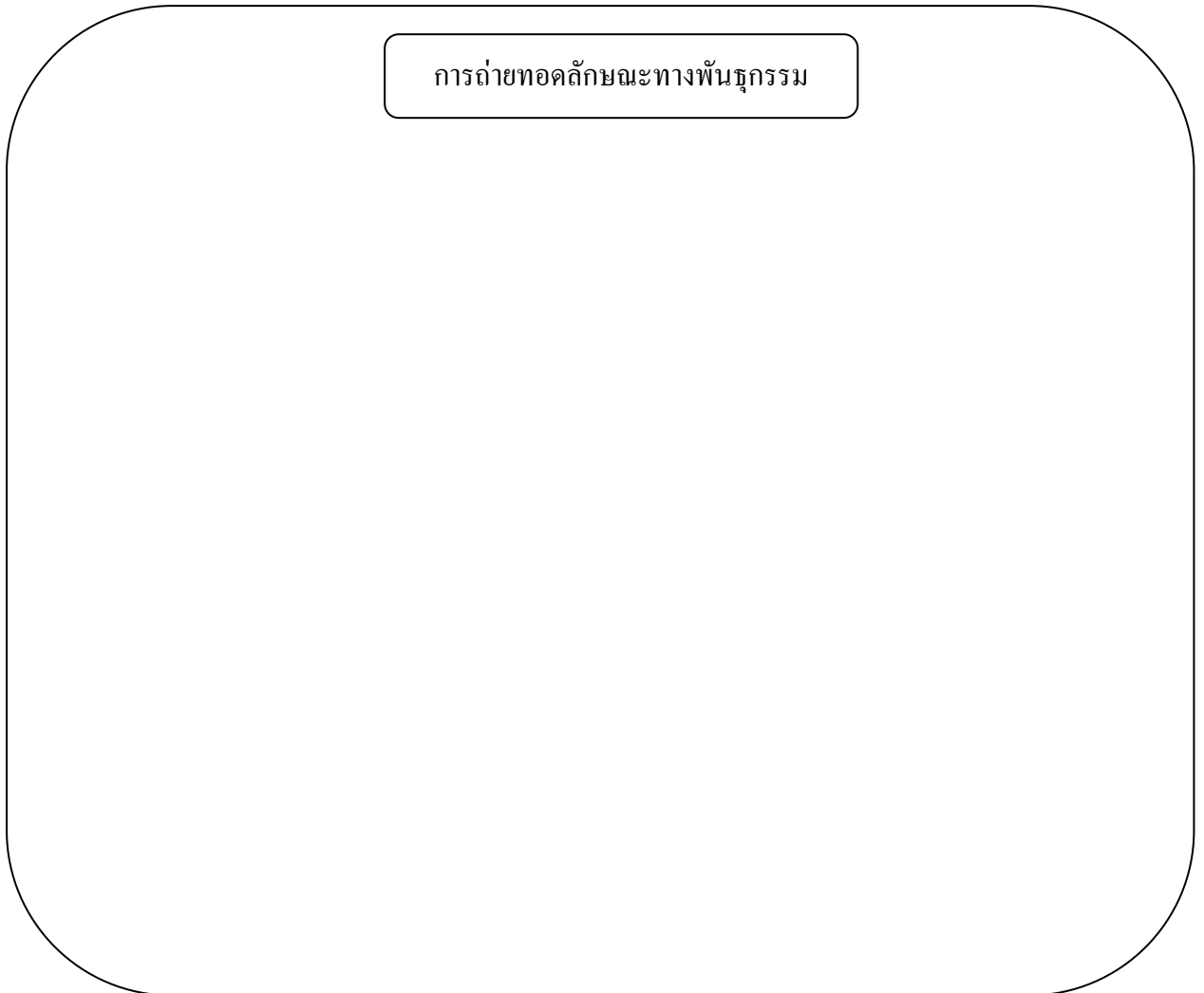


บทที่ 3 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ
ผังมโนทัศน์ (Concept Maps)



ภาพที่ 1-1 ผังมโนทัศน์ของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายเกี่ยวกับสารพันธุกรรม โครโมโซมและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
2. อธิบายความสำคัญของการแบ่งเซลล์
3. ทำกิจกรรมเพื่อศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสในเซลล์พืช
4. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม ความแปรผันทางพันธุกรรม
5. อธิบายผลการคัดเลือกโดยธรรมชาติและการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์โดยมนุษย์
6. ศึกษาและอธิบายความสำคัญและยกตัวอย่างการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการคัดเลือก ปรับปรุงพันธุ์
7. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและนำเสนอเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่นและการอนุรักษ์
8. ความหลากหลายทางชีวภาพในโรงเรียน ชุมชนหรือท้องถิ่น

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ

สาระสำคัญ

ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ซึ่งการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษ ไปยังรุ่นต่อ ๆ ไปได้ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของคนและสิ่งมีชีวิตทุกชนิดควบคุมโดยยีนที่อยู่บนโครโมโซมซึ่งอยู่ในนิวเคลียสของเซลล์ สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันจะมีจำนวนโครโมโซม (chromosome) เท่ากัน

เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีการแบ่งนิวเคลียสเกิดขึ้นใน 2 ลักษณะ คือ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส (mitosis) ซึ่งเป็นวิธีการแบ่งที่ทำให้จำนวนโครโมโซมภายในนิวเคลียสเท่าเดิมมักเป็นการแบ่งของเซลล์ร่างกาย และการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส (meiosis) ซึ่งเป็นการแบ่งที่ลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่งเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสก่อให้เกิดวัฏจักรของเซลล์ (cell cycle)

โครโมโซม ประกอบด้วย DNA และโปรตีน โดย DNA เป็นสารพันธุกรรมที่ประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ นิวคลีโอไทด์ โครงสร้างของ DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 2 สายยึดกันด้วยพันธะเคมีและบิดเป็นเกลียวเวียนขวา ยีนคือส่วนหนึ่งของ DNA นั่นเอง DNA อาจมีการเปลี่ยนแปลงโดยสาเหตุจากธรรมชาติ หรือจากการชักนำของสิ่งก่อการกลายหรือมิวทาเจน (mutagen) ทำให้สิ่งมีชีวิตนั้น เรียกว่า กระบวนการเกิดมิวแทน ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ทั้งระดับยีนและระดับโครโมโซม

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นหลาน ศึกษาได้จากการสืบประวัติ ลักษณะของคนในครอบครัวย้อนไปหลาย ๆ รุ่นแล้วนำมาเขียนเพดดิกรี จากการศึกษาเพดดิกรีอาจพบลักษณะบางประการที่ผิดปกติที่แสดงผลออกมาหรือเป็นลักษณะแฝงอยู่และอาจถ่ายทอดสู่รุ่นลูกต่อไป เช่น ตาบอดสี และธาลัสซีเมีย เป็นต้น

ความแปรผันทางพันธุกรรมทำให้เกิดความหลากหลายของลักษณะระหว่างบุคคลในประชากร ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ ลักษณะพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตลักษณะใดที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมขณะนั้น สิ่งมีชีวิตนั้นก็จะอยู่รอดและถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมนั้น ไปยังรุ่นลูกต่อไปซึ่งเป็นการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

มนุษย์ใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ในการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ทำให้มีลักษณะตามต้องการ เช่น การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการเพิ่มชุดโครโมโซม และยังใช้ความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ เช่น พันธุวิศวกรรมและการโคลนในการคัดแปลงพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทำให้ได้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะตามที่มนุษย์ต้องการ เทคโนโลยีชีวภาพเป็นกระบวนการหนึ่งที่ทำให้ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นทั้งผลดีและผลเสียต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตบนโลก

ความหลากหลายทางชีวภาพมีหลายระดับ ได้แก่ ความหลากหลายของระบบนิเวศ ความหลากหลายของสปีชีส์ (species) และความหลากหลายทางพันธุกรรม

สปีชีส์ (species) คือ กลุ่มประชากรของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่ผสมพันธุ์กันแล้วได้ลูกหลานสืบทอดต่อไป สิ่งมีชีวิตสปีชีส์เดียวกันก็อาจมีลักษณะบางอย่างต่างกัน เนื่องจากมีความแตกต่างทางพันธุกรรม

สิ่งมีชีวิตในโลกมีจำนวนหลายสปีชีส์ สามารถจำแนกออกได้เป็น 5 กลุ่มได้โดยใช้เกณฑ์ต่าง ๆ หลายเกณฑ์ร่วมกัน ได้แก่ ความคล้ายคลึงทางโครงสร้าง ออร์แกนัลล์ สารเคมีภายในเซลล์ สารพันธุกรรม พฤติกรรม

และแบบแผนการเจริญเติบโต หลักฐานทางวิวัฒนาการ และการแพร่กระจายตามสภาพภูมิศาสตร์ เป็นต้น การจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็นกลุ่มอาจแตกต่างกันได้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการจำแนก ในที่นี้เสนอการจำแนกเป็นกลุ่มใหญ่หรือโดเมน (domain) โดยพิจารณาจากสายวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่มี RNA และ DNA หรือสารพันธุกรรมคล้ายคลึงกัน โดยจำแนกได้เป็น 3 โดเมนและ 5 อาณาจักร ได้แก่ อาณาจักรมอเนอรา อาณาจักรโพรทิสตา อาณาจักรฟังไจ อาณาจักรพืช และอาณาจักรสัตว์

3.1 ลักษณะทางพันธุกรรม

ใบความรู้ที่ 3.1.1 เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม

พันธุศาสตร์ (genetic)

พันธุศาสตร์ (genetic) เป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งซึ่งกล่าวถึงลักษณะต่างๆของสิ่งมีชีวิตซึ่งถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมลักษณะ ซึ่งเรียกว่า ยีน (gene) ซึ่งจะถ่ายทอดลักษณะต่างๆ จากชั่วหนึ่งไปยังอีกชั่วหนึ่ง ยีนหรือหน่วยควบคุมลักษณะจะมีสมบัติที่สำคัญส่งลักษณะต่างๆ จากพ่อแม่ไปยังลูกและควบคุมให้สิ่งมีชีวิตนั้นมีโครงสร้างรูปร่างส่วนประกอบและลักษณะอื่นๆ ที่สอดคล้องกับรุ่นพ่อแม่ ดังนั้นจึงทำให้ลูกของคนมีลักษณะที่เป็นคน ลูกของสุนัขมีลักษณะเป็นสุนัข เป็นเช่นนี้ตลอดไป

ลักษณะทางพันธุกรรม (genetic character)

ลักษณะทางพันธุกรรม (genetic character) หมายถึง ลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปยังลูกหลานหรือถ่ายทอดไปตามสายพันธุ์ สิ่งมีชีวิตเดียวกันจะมีความคล้ายคลึงกัน และถ้ากำเนิดภายในครอบครัวเดียวกัน ความคล้ายคลึงกันจะมากขึ้น ทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิต ลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออกมาขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้งภายในและภายนอก เช่น ฮอร์โมนในร่างกาย อาหาร อุณหภูมิ ปัจจัยเหล่านี้จะทำให้การแสดงออกของลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตแตกต่างกันออกไป ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด เช่น ลักษณะจมูกโด่ง จมูกแบน ผมหยิก ผมตรง ผิวดำ ผิวขาว ตาชั้นเดียว ตาสองชั้น ลักษณะดังกล่าวมักมีลักษณะเหมือนกับพ่อแม่หรือญาติ ลักษณะเหล่านี้จึงสามารถถ่ายทอดมาจากพ่อแม่ เรียกว่า ลักษณะทางพันธุกรรม สำหรับการศึกษากลไกการควบคุมลักษณะกรรมวิธีในการส่งข้ามลักษณะจากชั่วหนึ่งไปยังอีกชั่วหนึ่ง คือ พันธุกรรมของลักษณะ (heredity)

ความแปรผันทางพันธุกรรม (genetic variation)

สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในสปีชีส์เดียวกัน ย่อมมีลักษณะทางพันธุกรรมที่คล้ายคลึงกันมากกว่าสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์กัน หรือสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันและมีความแตกต่างกันน้อยกว่าสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน ความแตกต่างอันเนื่องมาจากมีลักษณะพันธุกรรมแตกต่างกัน เรียกว่า ความแปรผันทางพันธุกรรม (genetic variation) เช่น การมีลักยิ้ม การมีติ่งหู ลักษณะเหล่านี้จะแตกต่างกันมากขึ้นเมื่อคนเราต่างพ่อแม่กันไม่เป็นญาติกัน ความแปรผันลักษณะทางพันธุกรรมสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท

1. ลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันไม่ต่อเนื่อง (discontinuous variation) เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจนเกิดจากอิทธิพลของกรรมพันธุ์เพียงอย่างเดียว เช่น มีลักยิ้ม - ไม่มีลักยิ้ม มีติ่งหู - ไม่มีติ่งหู ห่อลิ้นได้-ห่อลิ้นไม่ได้ เป็นต้น

ลักษณะเด่น	ลักษณะด้อย
 เขียงผมที่หน้าผากแหลม	 เขียงผมที่หน้าผากไม่แหลม
 มีติ่งหู	 ไม่มีติ่งหู
 หนังตาชั้นเดียว	 หนังตาสองชั้น

ภาพ ก แสดงลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันไม่ต่อเนื่อง

(ที่มา : <http://bio601.igetweb.com>)

2. ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันต่อเนื่อง (continuous variation) เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างเด่นชัด เช่น ความสูง น้ำหนัก โครงสร้างสีผิว ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของกรรมพันธุ์และสิ่งแวดล้อมร่วมกัน เช่น ความสูง ถ้าได้รับสารอาหารถูกต้องตามหลักโภชนาการ และมีการออกกำลังกายก็จะทำให้มีร่างกายสูงได้

ลักษณะทางพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม

ลักษณะของสิ่งมีชีวิตบางลักษณะแปรผันตามอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม เช่น ขนาดหรือน้ำหนัก สีผิวของคน สติปัญญา ดังนั้นลักษณะของสิ่งมีชีวิตนอกจากจะถูกกำหนดโดยพันธุกรรมแล้วนอกจากนี้ยังถูกกำหนดโดยสิ่งแวดล้อม ดังนั้นลักษณะของสิ่งแวดล้อมก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมที่ประสบอยู่

การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมในคน

จะไม่ใช้วิธีการทดลองเหมือนกับที่ทดลองในพืชหรือสัตว์เนื่องจากว่า

1. คนเลือกคู่ครองแต่งงานเอง ไม่สามารถบังคับให้คนที่มีลักษณะตรงตามที่ต้องการศึกษาแต่งงานกันเองได้
2. ช่วงอายุของคนยืนนาน การศึกษาลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมต้องใช้เวลาานามากจนเกินอายุขัยของผู้ศึกษา
3. คนที่มีลูกน้อย การศึกษาลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก

การศึกษาลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมของคน จึงศึกษาโดย

- ศึกษาจากการสืบประวัติของครอบครัวที่มีลักษณะตามที่เราต้องการ
- ศึกษาลักษณะต่าง ๆ จากคู่แฝด
- ศึกษาลักษณะต่าง ๆ จากผู้ป่วยที่มีลักษณะผิดปกติหรือเป็น โรคที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม

และเมื่อพบว่า ลักษณะที่ผิดปกติหรือโรคหรือโรคที่ศึกษานั้นสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ ก็จะอนุมานว่า ลักษณะที่ผิดปกติจะถูกควบคุมทางพันธุกรรมเช่นกัน

นอกจากนี้วิธีดังกล่าวแล้ว ยังสามารถศึกษาลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของคนได้

จากการทดลอง สัตว์ที่นำมาทดลองบ่อยครั้ง ได้แก่ หนูและแมลงหวี่ เนื่องจากมีช่วงอายุสั้น ทำให้ทราบผลการทดลองเร็ว ให้ลูกหลานจำนวนมาก โดยเฉพาะแมลงหวี่ นอกจากนั้นยังมีการใช้สัตว์อื่นๆ เช่น กระต่าย ลิง จุลินทรีย์ จำพวกราและไวรัส และใช้พืชบางชนิด เช่น ถั่วชนิดต่างๆ ข้าวโพด ข้าวชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

จากการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมในคนด้วยวิธีการต่างๆ นักพันธุศาสตร์พบว่า ลักษณะเหล่านี้จะถูกควบคุมด้วยสารพันธุกรรมที่เรียกว่า ยีน (gene) ซึ่งจะปรากฏเป็นคู่ ลักษณะที่มักจะพบมากในประชากรของสิ่งมีชีวิตที่เรียกว่า **ลักษณะเด่น (dominant trait)** และลักษณะที่มักจะพบน้อยกว่าประชากรของสิ่งมีชีวิตเรียกว่า **ลักษณะด้อย (recessive trait)** ดังตารางแสดงลักษณะที่ถ่ายทอดพันธุกรรมของคน ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะที่ถ่ายทอดพันธุกรรมของคน

ลักษณะเด่น (Dominant trait)	ลักษณะด้อย (recessive trait)
1. ห่อลิ้นได้	1. ห่อลิ้นไม่ได้
2. โรคท้าวแสนปม	2. ปกติ
3. ปานแดงที่ต้นคอ	3. ไม่มีปานแดงที่ต้นคอ
4. ข้ออ่อนดัดง่าย	4. ข้อปกติ
5. ศรีษะล้านในผู้ชาย	5. ศรีษะไม่ล้านในผู้ชาย
6. ผิวหนังแห้ง	6. ผิวหนังปกติ
7. นิ้วเกิน	7. นิ้วปกติ
8. นิ้วสั้น	8. นิ้วเรียวยาว
9. ผิวหนังตกรกระ	9. ผิวหนังปกติ
10. หน้ากลม	10. หน้ายาว
11. รูปตากลม	11. รูปตายาว
12. ตาชั้นเดียว	12. ตาสองชั้น
13. จมูกโด่ง	13. จมูกไม่โด่ง
14. ผมหงอกก่อนวัย	14. ผมหงอกตามวัย
15. คางมีรอยบุ๋ม	15. คางไม่มีรอยบุ๋ม
16. ริมฝีปากหนา	16. ริมฝีปากบาง
17. หูกาง	17. หูไม่กาง
18. มีดิงหู	18. ไม่มีดิงหู
19. แนวผมที่หน้าผากตรง	19. แนวผมที่หน้าผากแหลม

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยการเขียนพงสาวลีหรือเพดดิกรี คือ แผนภาพแสดงการสืบสายพันธุ์ หรือแผนลำดับเครือญาติ หรือแผนผังแสดงการถ่ายทอดลักษณะ ซึ่งเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่นำมาใช้ในการศึกษาลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม โดยใช้สัญลักษณ์แทนบุคคลต่าง ๆ ทั้งผู้ที่แสดงและไม่แสดงลักษณะที่กำลังศึกษา

คำชี้แจง เพื่อสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมของบุคคลในครอบครัว โดยใช้ตารางบันทึกผลการสำรวจที่ออกแบบมานี้

ลักษณะที่สำรวจ	บุคคลในครอบครัวที่พบลักษณะพันธุกรรมนี้										
	ตนเอง	พ่อ	แม่	พี่ชาย	น้องชาย	พี่สาว	น้องสาว	ปู่	ย่า	ตา	ยาย
1. หน้าตาชั้นเดียว											
2. หน้าตาสองชั้น											
3. มีลักยิ้ม											
4. ไม่มีลักยิ้ม											
5. เเชิงผมที่หน้าผากแหลม											
6. เเชิงผมที่หน้าผากไม่แหลม											
7. ห่อลิ้นได้											
8. ห่อลิ้นไม่ได้											
9. มีติ่งหู											
10. ไม่มีติ่งหู											
11. นิ้วหัวแม่มือกระดกได้											
12. นิ้วหัวแม่มือกระดกไม่ได้											

คำถามกิจกรรมจากตารางบันทึกผล

1. ลักษณะทางพันธุกรรมที่ปรากฏของบุคคลในครอบครัวในคน ๆ หนึ่ง มีลักษณะเดียวหรือมากกว่าหนึ่งลักษณะ ลักษณะนั้น ๆ ได้รับการถ่ายทอดมาจากรุ่นใดบ้าง

ตอบ.....

.....

2. นักเรียนทราบได้อย่างไรว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะทางพันธุกรรม

ตอบ ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ทราบได้โดยการสำรวจสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ในแต่ละรุ่น ถ้าพบว่ามิได้ลักษณะดังกล่าวถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกหลายต่อ ๆ ไปได้หรือปรากฏในบางรุ่น แสดงว่าลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะทางพันธุกรรม

ใบงานที่ 3.1.2 เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรมที่พบในกลุ่ม

คำชี้แจง ให้นักเรียนระบุลักษณะทางพันธุกรรมที่พบและเขียนจำนวนนักเรียนที่พบลักษณะนั้นๆ ในแต่ละกลุ่ม

ลักษณะที่พบในนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่พบ

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....



รายชื่อสมาชิก

3.2 โครโมโซมและสารพันธุกรรม

ภายในนิวเคลียสของเซลล์มีสารพันธุกรรมเรียกว่า ดีเอ็นเอ (DNA) ดีเอ็นเอและ โปรตีนหลายชนิด ประกอบกันเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นสายยาวเรียกว่า โครมาทิน (chromatin) ระหว่างการแบ่งเซลล์ โครมาทินจะหดตัวจนมีลักษณะเป็นท่อนๆ เรียกว่า โครโมโซม (Chromosome) ในระยะแรกของการแบ่งเซลล์ โครโมโซมจะจำลองตัวเอง กลายเป็นโครมาทินที่ขดสั้นลงเป็น 2 เส้น แต่ละเส้นเรียกว่า โครมาทิด (chromatid) ซึ่งยึดติดกันที่เซนโทรเมียร์ (centromere)

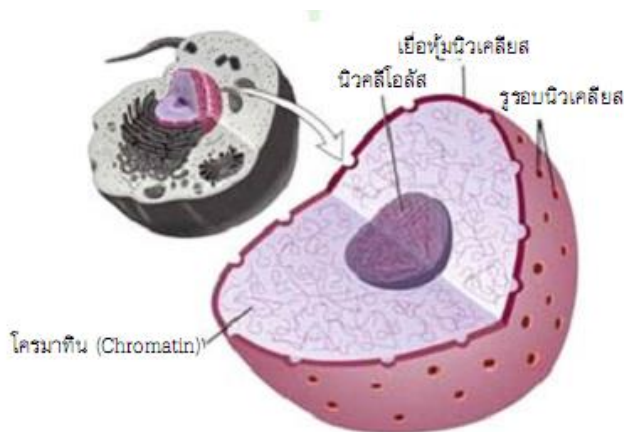
โครโมโซม (Chromosome) เป็นที่อยู่ของหน่วยพันธุกรรม ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมและถ่ายทอดข้อมูล เกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะของเส้นผม ลักษณะดวงตา เพศ และผิว การศึกษา ลักษณะโครโมโซม จะต้องอาศัยการดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายสูงๆ จึงจะสามารถมองเห็นรายละเอียดของโครโมโซมได้

ใบความรู้ที่ 3.2.1 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม

โครโมโซม (chromosome)

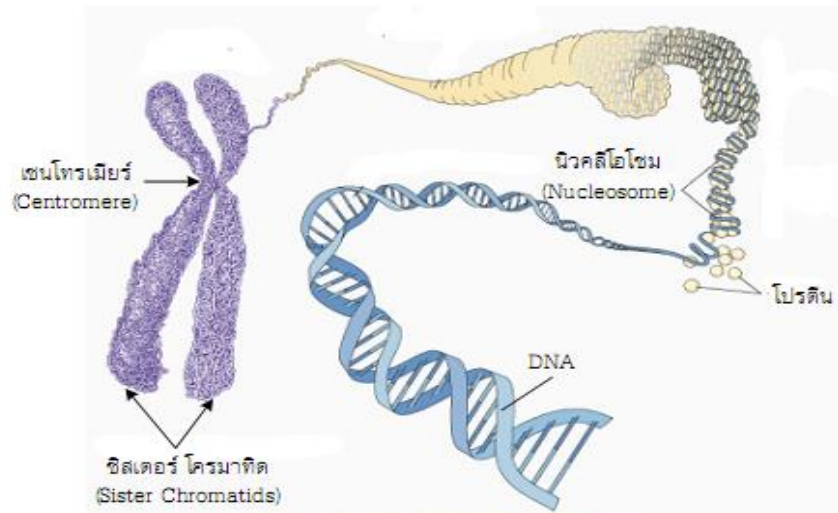
สิ่งมีชีวิตประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานที่สำคัญ ก็คือ เซลล์ เซลล์มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ส่วนที่ห่อหุ้ม (เยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์) ไซโทพลาสซึม และ นิวเคลียส

ภายในนิวเคลียสของเซลล์มีสารพันธุกรรมเรียกว่า ดีเอ็นเอ (DNA) ดีเอ็นเอและโปรตีนหลายชนิด ประกอบกันเป็น โครงสร้างที่มีลักษณะเป็นสายยาวเรียวกว่า **โครมาทิน (chromatin)** ระหว่างการแบ่งเซลล์ โครมาทินจะหดตัวจนมีลักษณะเป็นท่อนๆ เรียกว่า **โครโมโซม (Chromosome)** ในระยะแรกของการแบ่งเซลล์ โครโมโซมจะจำลองตัวเอง กลายเป็นโครมาทินที่ขดสั้นลงเป็น 2 เส้น แต่ละเส้นเรียกว่า **โครมาทิด (chromatid)** ซึ่งยึดติดกันที่ **เซนโทรเมียร์ (centromere)**



ภาพที่ 1 โครงสร้างของนิวเคลียส

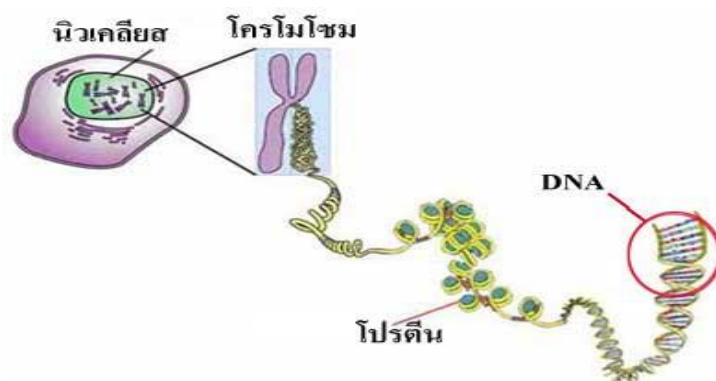
ในภาวะปกติเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์จะเห็น โครโมโซมมีลักษณะคล้ายเส้นด้ายบางๆ เรียกว่า “โครมาทิน (chromatin)” ขดตัวอยู่ในนิวเคลียส เมื่อเซลล์เริ่มแบ่งตัว เส้นโครมาทินจะหดตัวสั้นเข้ามีลักษณะเป็นแท่งจึงเรียกว่า “โครโมโซม” แต่ละโครโมโซมประกอบด้วยแขนสองข้างที่เรียกว่า “โครมาทิด (chromatid)” ซึ่งแขนทั้งสองข้างจะมีจุดเชื่อมกัน เรียกว่า “เซนโทรเมียร์ (centromere)”



ภาพที่ 2 โครงสร้างของโครโมโซม

โครโมโซมเป็นโครงสร้างที่อยู่ในนิวเคลียสของเซลล์ ในขณะที่เซลล์ไม่แบ่งตัวโครโมโซมจะยึดยาวออกคล้าย ๆ เส้นใยเล็ก ๆ สานกันอยู่ในนิวเคลียส เมื่อมีการแบ่งเซลล์จะมีการแบ่งโครโมโซม โดยโครโมโซมจะจำลองตัวเองขึ้นมาเป็นเส้นคู่ที่เหมือนกันทุกประการ แล้วค่อย ๆ ขดตัวสั้นเข้า โครโมโซมก็จะโตมาก การศึกษาโครโมโซมจึงต้องศึกษาในระยะแบ่งเซลล์ ถ้ามีเทคนิคในการเตรียมที่ดี ก็จะสามารถมองเห็นรูปร่างลักษณะของโครโมโซมจากกล้องจุลทรรศน์ และอาจนับจำนวนโครโมโซมได้ โครโมโซมเป็นโครงสร้างที่อยู่ในนิวเคลียสของเซลล์ ในขณะที่เซลล์ไม่แบ่งตัวหรืออยู่ใน *ระยะอินเตอร์เฟส (interphase)* เราจะไม่เห็นโครโมโซมเนื่องจากโครโมโซมอยู่ในลักษณะเป็นเส้นใยเล็ก ๆ สานกันอยู่ในนิวเคลียสเส้นใยนี้เรียกว่า *โครมาทิน (Chromatin)* แต่เมื่อเซลล์จะแบ่งตัวโครมาทินแต่ละเส้นจะแบ่งจาก 1 เป็น 2 เส้น แล้วขดตัวสั้นเข้าและหนาขึ้นจนมองเห็นเป็นแท่งในระยะโพรเฟส และเมทาเฟส และเรียกชื่อใหม่ว่า โครโมโซม ทำให้เรามองเห็นรูปร่างลักษณะและจำนวนโครโมโซมได้

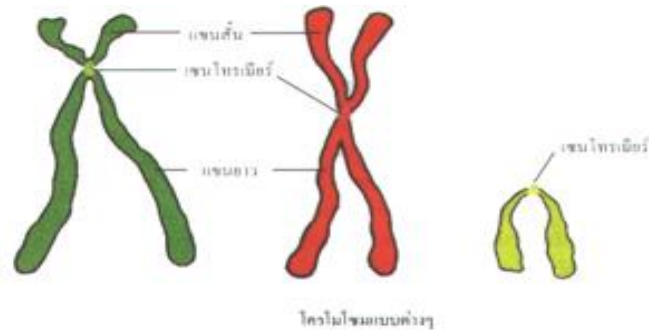
โครโมโซมที่เห็นได้ชัดในระยะเมทาเฟส ประกอบด้วย *โครมาทิด 2 อัน* ยึดติดกันตรงเซนโทรเมียร์ ซึ่งก็คือ DNA สายยาวสายเดียวที่พันรอบโปรตีนที่ชื่อ *ฮิสโตน (histone)* เอาไว้ ทำให้รูปร่างโครมาทินคล้ายลูกปัดที่เรียงต่อกัน แล้วมี DNA พันรอบลูกปัดนั้น ในเซลล์ทั่วๆ ไป เมื่อย้อมสีเซลล์ ส่วนของโครมาทินจะติดสีได้ดีและมองดูคล้ายตาข่ายละเอียดๆ จึงเห็นนิวเคลียสชัดเจน



ภาพที่ 3 แสดงส่วนประกอบของโครโมโซม

1. รูปร่าง ลักษณะ และจำนวนโครโมโซม

สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งอาจมีโครโมโซมที่มีรูปร่างแบบเดียวหรือหลายแบบ สามารถศึกษาโครโมโซมแบบต่างๆ ได้ดังภาพ

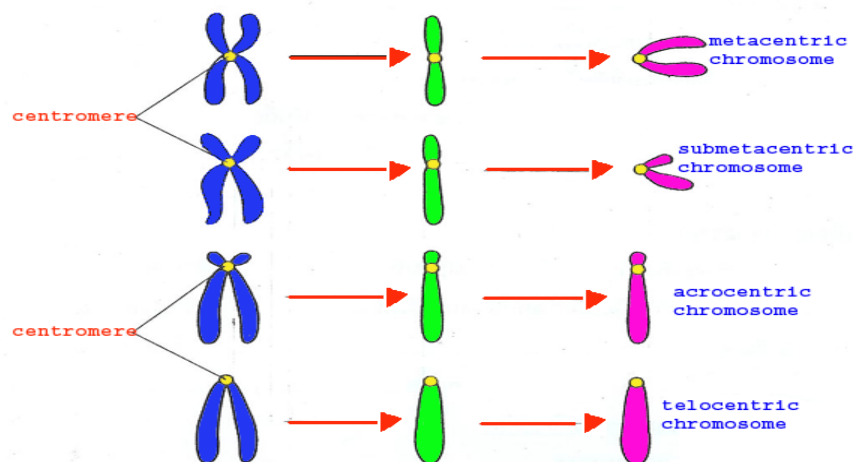


ภาพที่ 4 แสดงโครโมโซมแบบต่างๆ

ที่มา: <http://www.bbsbattle.com/contest/?p=199>, สืบค้นวันที่ 12 ก.ค. 54

โครโมโซมแบ่งเป็นแบบต่างๆ ได้ดังนี้

1. เมตาเซนตริก (Metacentric) เป็นโครโมโซมที่มีแขนยื่น 2 ข้างออกจากเซนโทรเมียร์เท่ากันหรือเกือบเท่ากัน
2. ซับเมตาเซนตริก (Submetacentric) เป็นโครโมโซมที่มีแขนยื่นออกมา 2 ข้างจากเซนโทรเมียร์ไม่เท่ากัน
3. อะโครเซนตริก (Acrocentric) เป็นโครโมโซมที่มีลักษณะเป็นแท่ง โดยมีเซนโทรเมียร์อยู่ใกล้กับปลายข้างใดข้างหนึ่ง จึงเห็นส่วนเล็กๆ ยื่นออกจากเซนโทรเมียร์
4. เทโลเซนตริก (Telocentric) เป็นโครโมโซมที่มีลักษณะเป็นแท่ง โดยมีเซนโทรเมียร์อยู่ตอนปลายสุดของโครโมโซม



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะรูปร่างของโครโมโซมแบบต่างๆ ตามตำแหน่งของเซนโทรเมียร์

ที่มา: <http://www.bbsbattle.com/contest/?p=199>, สืบค้นวันที่ 21 มิ.ย 53

ในสิ่งมีชีวิตที่เซลล์ร่างกาย มีโครโมโซม 2 ชุด เรียกว่า ดิพลอยด์ (diploid : $2n$) เช่น คน โครโมโซมชุดหนึ่งได้รับมาจากพ่อ อีกชุดหนึ่งได้รับมาจากแม่เมื่อมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครโมโซมที่เป็นคู่กันจะมาเข้าคู่กันแล้วแยกออกจากกันไปสู่เซลล์ลูกที่สร้างขึ้น เมื่อเสร็จสิ้นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครโมโซมในเซลล์ลูก

ที่เกิดขึ้นจะลดลงครึ่งหนึ่งเรียกว่า แฮพลอยด์ (haploid : n) โดยทั่วไปแล้วสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์จะมีจำนวนโครโมโซมคงที่ ดังตารางข้างล่างนี้

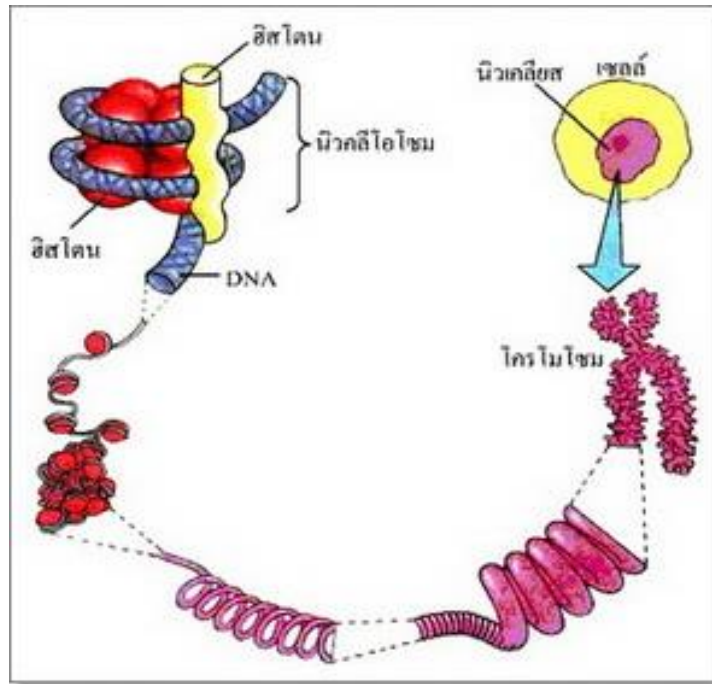
ตารางที่ 2 แสดงจำนวน โครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตต่างๆ

สิ่งมีชีวิต	จำนวนโครโมโซม (2n)	สิ่งมีชีวิต	จำนวนโครโมโซม (2n)
มนุษย์ (<i>Homo sapiens</i>)	46	สน (<i>Pinus ponderosa</i>)	24
ลิงชิมแปนซี (<i>Pan troglodytes</i>)	48	กะหล่ำปลี (<i>Brassica oleracea</i>)	18
ม้า (<i>Equus caballus</i>)	64	ถั่วลันเตา (<i>Pisum sativum</i>)	14
สุนัข (<i>Canis familiaris</i>)	78	ฝ้าย (<i>Gossypium hirsutum</i>)	52
แมว (<i>Felis domesticus</i>)	38	มะเขือเทศ (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	24
หนู (<i>Mus musculus</i>)	40	หอม (<i>Allium cepa</i>)	16
ไก่ (<i>Gallus domesticus</i>)	78	ยาสูบ (<i>Nicotiana tabacum</i>)	48
กบ (<i>Rana pipiens</i>)	26	ข้าว (<i>Oryza sativa</i>)	24
ผึ้ง (<i>Apis mellifera</i>)	32	ข้าวโพด (<i>Zea mays</i>)	20
แมลงวัน (<i>Musca domestica</i>)	12	กล้วย (<i>Musa paradisiaca</i>)	22
แมลงหวี่ (<i>Drosophila melanogaster</i>)	8	แตงโม (<i>Citrullus vulgaris</i>)	22
ยุงก้นปล่อง (<i>Anopheles dirus</i>)	6	ชา (<i>Camellia sinensis</i>)	30

ที่มา: <http://www.bbsbattle.com/contest/?p=199>, สืบค้นวันที่ 12 ก.ค. 54

2. ส่วนประกอบของโครโมโซม

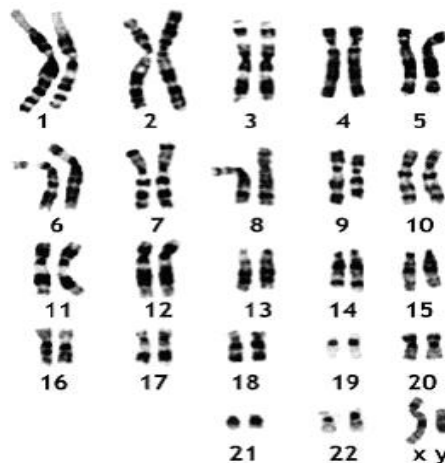
ถ้าหากจะประมาณสัดส่วนระหว่าง DNA และ โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของโครโมโซมของยูคาริโอตจะพบว่าประกอบด้วย DNA 1 ใน 3 และอีก 2 ใน 3 เป็นโปรตีน โดยส่วนที่เป็นโปรตีนจะเป็น ฮิสโตน (histone) และนอนฮิสโตน (non-histone) อย่างละประมาณเท่าๆ กัน ในปี พ.ศ. 2427 นักวิทยาศาสตร์พบว่าฮิสโตนเป็นโปรตีนที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนที่มีประจุบวก (basic amino acid) เช่น ไลซีน และอาร์จินีน ทำให้มีสมบัติในการเกาะจับกับสาย DNA ซึ่งมีประจุลบได้เป็นอย่างดี และทำให้เกิดการสร้างสมดุลของประจุ (neutralize) ของโครมาทินด้วยสาย DNA พันรอบกลุ่มโปรตีนฮิสโตนคล้ายเม็ดลูกปัดเรียกโครงสร้างนี้ว่า นิวคลีโอโซม (nucleosome) โดยจะมีฮิสโตนบางชนิดเชื่อมต่อระหว่างเม็ดลูกปัดแต่ละเม็ด ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงดีเอ็นเอ และฮิสโตนที่ประกอบกันเป็นโครโมโซมของยูคาริโอต

ที่มา: <http://www.bbsbattle.com/contest/?p=199>, สืบค้นวันที่ 12 ก.ค. 54

ส่วนของโปรตีนฮิสโตนนั้นมีมากมายหลายชนิด อาจเป็นร้อยหรือพันชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิต โดยโปรตีนเหล่านี้จะมีหน้าที่แตกต่างกันไป บางชนิดมีหน้าที่ช่วยในการขดตัวของ DNA หรือบางชนิดก็เกี่ยวข้องกับกระบวนการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ (*DNA replication*) หรือการแสดงออกของยีน เป็นต้น สำหรับในโพรคาริโอต เช่น แบคทีเรีย *E. coli* มีจำนวนโครโมโซมชุดเดียวเป็นรูปร่างวงแหวนอยู่ในไซโตพลาสซึม ประกอบด้วย DNA 1 โมเลกุล และไม่มีฮิสโตนเป็นองค์ประกอบโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดที่ปกติจะมีจำนวนคงที่เสมอ และจะมีจำนวนเป็นเลขคู่ เช่น โครโมโซมของคนมี 46 แท่ง หรือ 23 คู่ ซึ่ง โครโมโซมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ โครโมโซมร่างกาย (autosome) มี 44 โครโมโซม และโครโมโซมเพศ (sex chromosome) มี 2 โครโมโซม โดยโครโมโซมในเพศหญิงจะมีลักษณะและขนาดเหมือนกันทั้งคู่ใช้สัญลักษณ์ XX ส่วนโครโมโซมเพศในเพศชายจะมี รูปร่างลักษณะและขนาดต่างกัน ใช้สัญลักษณ์ XY



ภาพที่ 7 แสดงโครโมโซมของมนุษย์

ที่มา: <http://www.bbsbattle.com/contest/?p=199>, สืบค้นวันที่ 21 มิ.ย 53

3. โครงสร้างพื้นฐานของดีเอ็นเอ

3.1 องค์ประกอบทางเคมีของ DNA

DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต และบางส่วนของ DNA ทำหน้าที่เป็นยีน คือสามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้ ปัญหาต่อไปก็คือ โมเลกุลของ DNA เก็บข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตไว้ได้อย่างไร จึงจะสามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปยังรุ่นลูกหลานได้ ถ้าทราบว่าโมเลกุลของ DNA มีคุณสมบัติและโครงสร้างอย่างไรก็จะตอบคำถามนี้ได้

DNA เป็นกรดนิวคลีอิกชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ (polymer) สายยาวประกอบด้วยหน่วยย่อย หรือ มอนอเมอร์ (monomer) ที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ซึ่งแต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย

1. น้ำตาลเพนโทส ชนิด คีอ็อกซีไรโบสซึ่งมีคาร์บอน 5 อะตอม

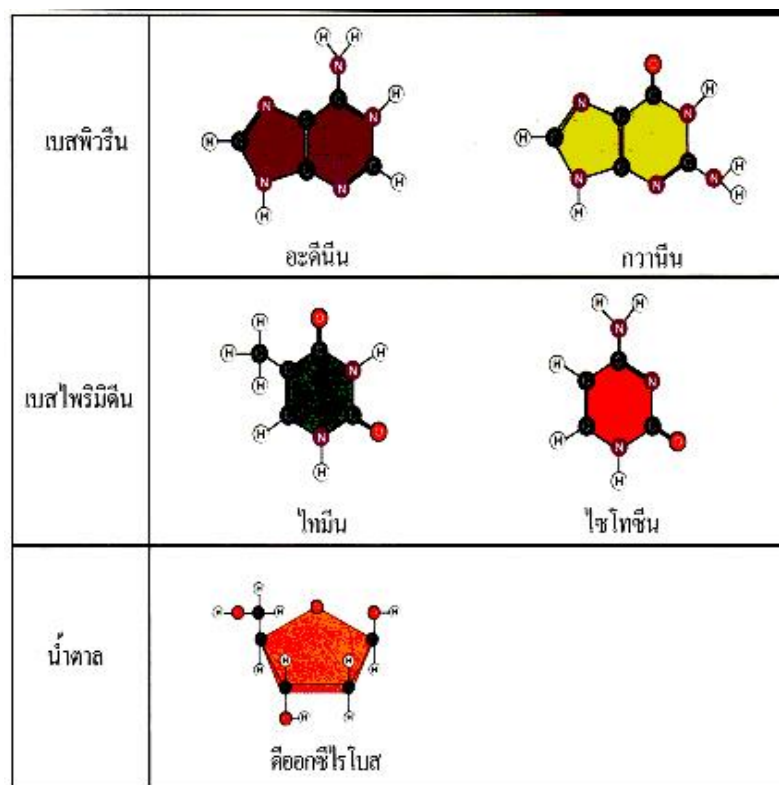
2. ไนโตรจีนัสเบส (nitrogenous base) เป็นโครงสร้างประกอบด้วยวงแหวนที่มีอะตอมของ คาร์บอนและไนโตรเจน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 เบสพิวรีน (purine) ลักษณะวงแหวน 2 วงติดกัน มี 2 ชนิด คือ อะดีนีน (adenine เขียนเป็น A) และ กวานีน (guanine เขียนเป็น G)

2.2 เบสไพริมิดีน (pyrimidine) ลักษณะวงแหวน 1 วงมี 2 ชนิด คือ ไซโทซีน (cytosine เขียนเป็น C) และ ไทมีน (thymine เขียนเป็น T)

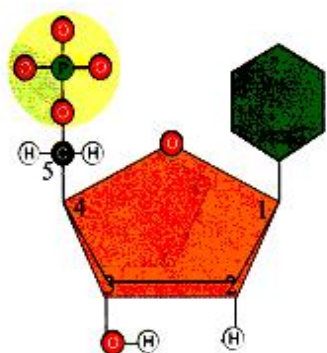
3. หมู่ฟอสเฟต

โครงสร้างของเบสและน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก ดังภาพ

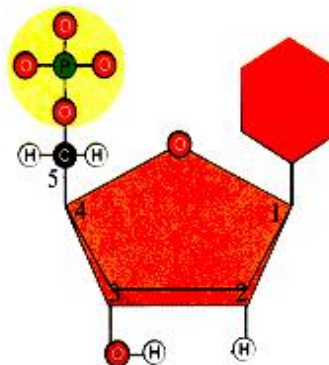


ภาพที่ 8 สูตรโครงสร้างของเบส และน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของ DNA

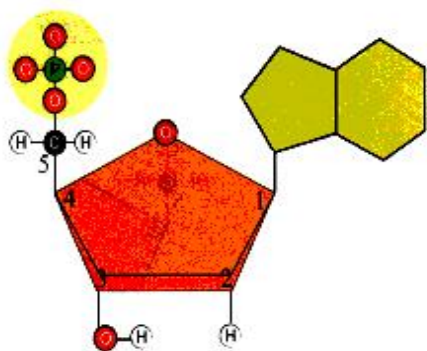
การประกอบขึ้นเป็นแต่ละนิวคลีโอไทด์นั้น ทั้งสามส่วนจะประกอบกัน โดยมีน้ำตาล คือออกซีไรโบส เป็นแกนหลัก มีไนโตรจีนัสเบส อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และหมู่ฟอสเฟตอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ดังนั้น จึงสามารถจำแนกนิวคลีโอไทด์ใน DNA ได้ 4 ชนิด ซึ่งจะแตกต่างกันตามองค์ประกอบที่เป็นเบส ดังภาพ



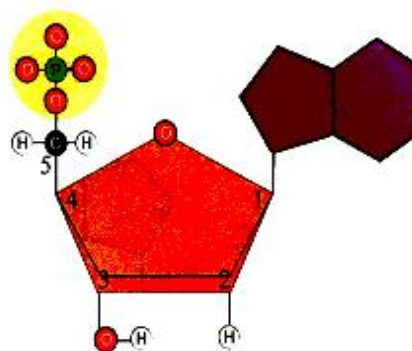
นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไทมีน



นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไซโทซีน



นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสกวานีน



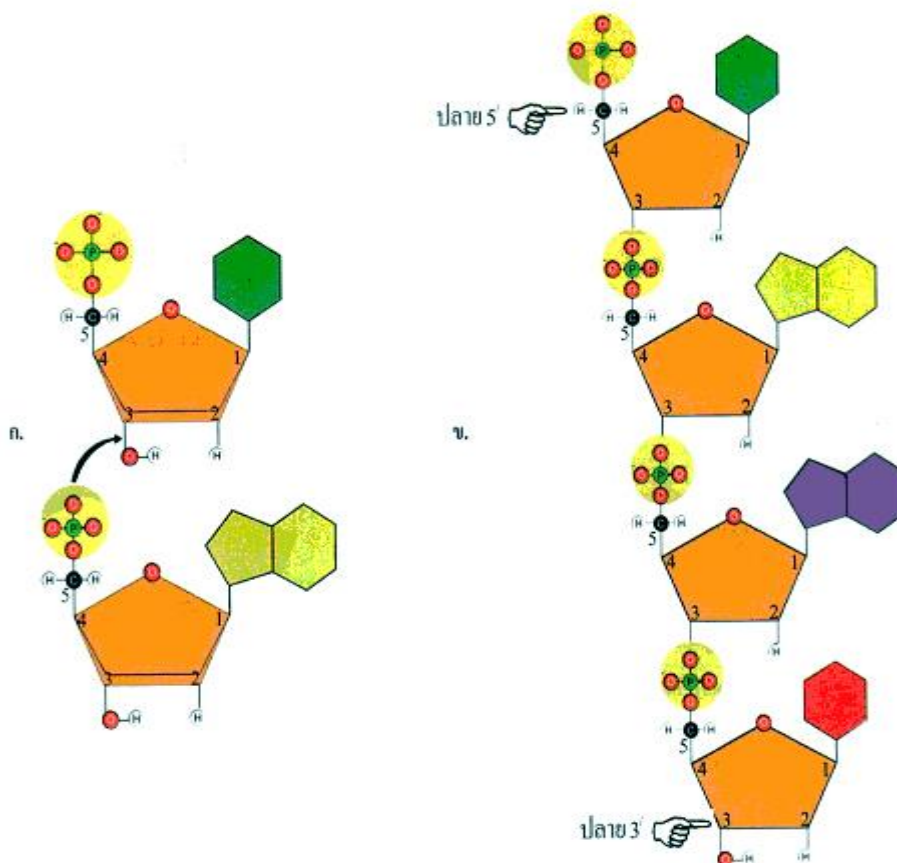
นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสอะดีนีน

ภาพที่ 9 นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ DNA

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของ DNA พบว่า ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวนมากมาเชื่อมต่อกัน ปัญหาที่คือนิวคลีโอไทด์จำนวนมากนี้มาเชื่อมต่อกันเป็น โมเลกุลของ DNA ได้อย่างไร

การเชื่อมดังกล่าวเกิดการสร้างพันธะโควาเลนต์ระหว่างหมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งกับ หมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลในอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง เมื่อหลายๆนิวคลีโอไทด์มาเชื่อมต่อกันเกิดเป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์

จะเห็นว่า สายพอลินิวคลีโอไทด์ที่ปลายสายด้านหนึ่งจะมีหมู่ฟอสเฟตเชื่อมอยู่กับน้ำตาลคือออกซีไรโบสที่ คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 เรียกปลายด้านนี้ว่าเป็นปลาย 5' (อ่านว่า 5 ไพร้ม) และอีกปลายด้านหนึ่งจะมีหมู่ไฮดรอกซิล ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลคือออกซีไรโบสที่เป็นอิสระ เรียกปลายด้านนี้ของสาย DNA ว่าปลาย 3' (อ่านว่า 3 ไพร้ม)



ภาพที่ 10 ก. การเชื่อมต่อระหว่างนิวคลีโอไทด์

ข. สายพอลินิวคลีโอไทด์ที่เกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างนิวคลีโอไทด์

จากผลการสืบค้นข้อมูลของนักเรียน นักเรียนควรสรุปได้ว่า

1) ในโตรจีนัสเบสแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เบสพิวรีน มีโครงสร้างประกอบด้วยวงแหวน 2 วง มี 2 ชนิด คือ อะดีนีน (A) และกวานีน (G) และเบสไพริมิดีน โครงสร้างประกอบด้วยวงแหวน 1 วง มี 2 ชนิด คือ ไซโทซีน (C) และไทมีน (T)

3) นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาล หมู่ฟอสเฟตและไนโตรจีนัสเบส

4) นิวคลีโอไทด์แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไทมีน นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสอะดีนีน นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไซโทซีน และนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสกวานีน นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดต่างกันที่ชนิดของไนโตรจีนัสเบส

5) การประกอบกันเป็นนิวคลีโอไทด์ มีน้ำตาลคือออกซีไรโบสเป็นแกนหลักมีไนโตรจีนัสเบสอยู่ที่คาร์บอน ตำแหน่งที่ 1 และมีหมู่ฟอสเฟตที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5

6) แต่ละนิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกันด้วยหมู่ฟอสเฟต หมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งจะเชื่อมต่อกับหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำตาลเพนโทสของอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง แต่ละสายของโมเลกุลพอลินิวคลีโอไทด์แตกต่างกันที่จำนวนและลำดับของนิวคลีโอไทด์ที่มาเชื่อมต่อกัน

7) สายของพอลินิวคลีโอไทด์กลุ่มที่มีจำนวนนิวคลีโอไทด์เท่ากันแต่สายของพอลินิวคลีโอไทด์จะต่างกัน

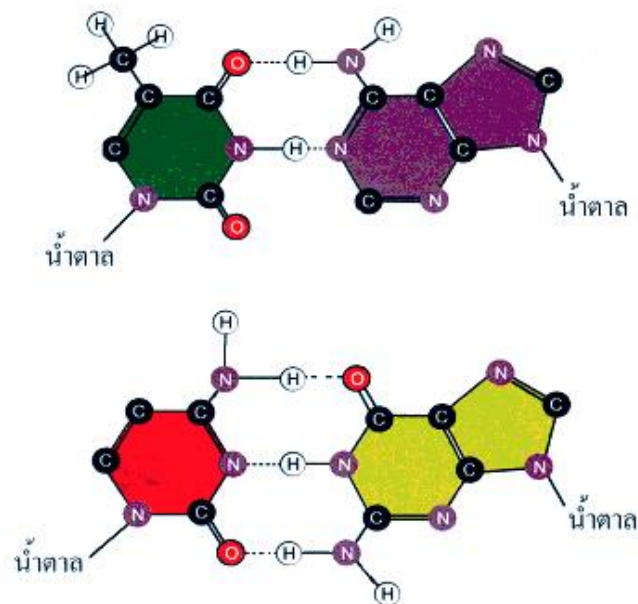
เนื่องจากมีลำดับของนิวคลีโอไทด์ไม่เหมือนกัน นำไปสู่ความเข้าใจถึงการเกิดลักษณะของสิ่งมีชีวิต

8) ปลายด้านหนึ่งของพอลินิวคลีโอไทด์จะมีคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ขั้วน้ำตาลคือออกซิไรโบสยึดกับหมู่ฟอสเฟต เรียกปลายนี้ว่าปลาย 5' และอีกปลายหนึ่งมีคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลคือออกซิไรโบสของนิวคลีโอไทด์ที่อยู่ปลายสุดที่ยึดกับหมู่ไฮดรอกซิล เรียกปลายนี้ว่าปลาย 3'

ความรู้เพิ่มเติม

จากการทดลองของชาร์กาฟฟ์ พิสูจน์ให้เห็นว่า DNA จะต้องมีการจัดเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด ที่ทำให้จำนวนของชนิด อะดีนีน เท่ากับ ไทมีน และชนิด ไซโทซีน เท่ากับ กวานีน เสมอไป

นักชีววิทยาชื่อ วอตสันและคริก พบว่าพันธะไฮโดรเจน เป็นพันธะเคมีที่จะยึดสายพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายให้เข้าคู่กันได้ ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างคู่เบส และจากการศึกษาโครงสร้างของเบสทั้ง 4 ชนิด พบว่าระหว่างสารเบส อะดีนีน จับกับ ไทมีน ด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ และระหว่างเบส ไซโทซีน จับกับ กวานีน ด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ

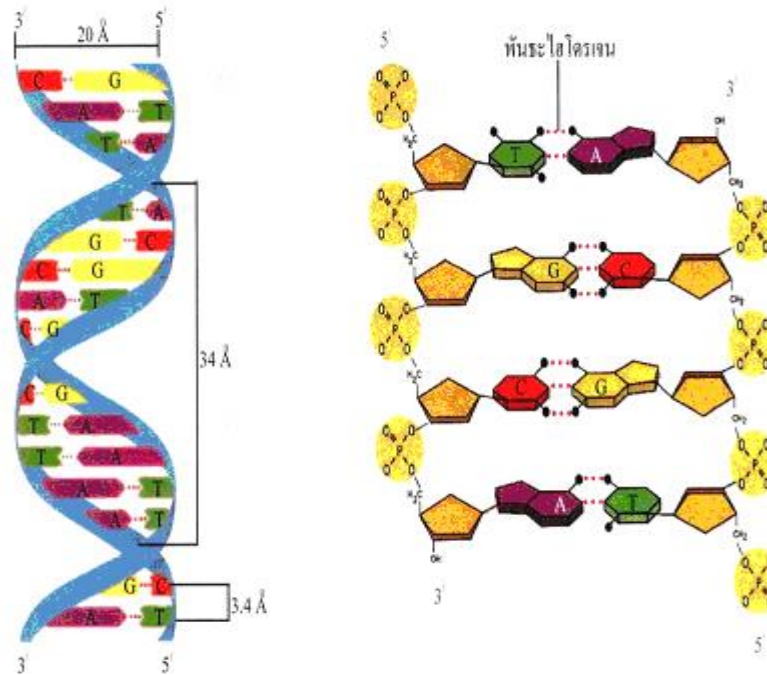


ภาพที่ 11 พันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสที่เข้าคู่กัน

หลังจากนั้นวอตสันและคริกจึงสร้างแบบจำลอง DNA โดยให้พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายเรียงสลับทิศกัน ปลาย 3' ของสายหนึ่งเข้าคู่กับปลาย 5' ของอีกสายหนึ่ง เบส อะดีนีน ของสายหนึ่งตรงกับเบส ไทมีน ของอีกสายหนึ่ง และเบส ไซโทซีน ของสายหนึ่งตรงกับเบส กวานีน ของอีกสายหนึ่งเสมอ

จากนั้นจึงเสนอโครงสร้างโมเลกุลของ DNA ว่าประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เบสในแต่ละสายของ DNA ที่เป็นเบสคู่สม (complementary base pair) ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยมีเบส อะดีนีน จับคู่กับเบส ไทมีนและเบส ไซโทซีน จับคู่กับเบส กวานีน โดยมีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' แต่สวนทางกันและพันกันเป็นเกลียวคู่ (double helix) เวียนขวาตามเข็มนาฬิกา เกลียวแต่ละรอบห่างเท่าๆกันและมีคู่เบสจำนวนเท่ากัน โครงสร้างเกลียวคู่ทำให้โครงสร้างของ DNA มีลักษณะคล้ายบันไดเวียน โดยมีน้ำตาลคือออกซิไรโบสจับกับหมู่ฟอสเฟต

เป็นราวบันได (backbones) และบันไดแต่ละขั้นคือ คู่เบส 1 คู่ ดังภาพ



ภาพที่ 12 โครงสร้างของ DNA

แต่ละสาย DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์นับล้านหน่วย และในลำดับของนิวคลีโอไทด์จะมีข้อมูลทางพันธุกรรม การเรียงลำดับเบสของนิวคลีโอไทด์จึงมีได้มากมายหลายรูปแบบและส่งผลให้ DNA มีความแตกต่างกันด้วย นักเรียนทราบหรือไม่ว่า DNA และสารพันธุกรรมมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

โครงสร้างของ DNA มีความสัมพันธ์กับหน้าที่สารพันธุกรรมคือ

1. การจับคู่เบสใน DNA มีความจำเพาะเจาะจง เซลล์จึงสามารถจำลอง DNA ขึ้นมาใหม่โดยมีลักษณะเหมือน DNA ต้นแบบ ข้อมูลทางพันธุกรรมจึงถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่นได้
2. ลำดับนิวคลีโอไทด์ใน DNA สามารถควบคุมให้เซลล์สังเคราะห์โปรตีนและสารต่างๆ ได้เพื่อแสดงลักษณะทางพันธุกรรมให้ปรากฏ
3. ลำดับนิวคลีโอไทด์ใน DNA เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ทำให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างไปจากเดิม และส่งผลให้สิ่งมีชีวิตมีความหลากหลายทางพันธุกรรม
4. ลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งๆ มีหลายลักษณะ และลำดับเบสของ DNA ซึ่งเกิดจากเบสชนิดต่างๆ กันนั้นมีหลายรูปแบบจึงทำหน้าที่ควบคุมหรือกำหนดลักษณะพันธุกรรมต่างๆ ได้

ใบงานที่ 3.2.1 แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง โครงสร้าง DNA

คำชี้แจง จงกากบาทในข้อที่ถูกที่สุดในแต่ละข้อ

1. นิวคลีโอไทด์ชนิดใดมีสารเบสในกลุ่ม พิวรีน

- ก. อะดีนีน ไซโทซีน ข. อะดีนีน กวานีน
ค. ไซโทซีน กวานีน ง. ไทมีน อะดีนีน

2. ข้อใดไม่ใช่ ส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์

- ก. น้ำตาลเพนโทส ข. ไนโตรเจนเบส ค. หมู่ฟอสเฟต ง. โปรตีน

3. ในการเชื่อมต่อกันระหว่างสายนิวคลีโอไทด์ทั้ง 2 สาย ของ DNA เบสไซโทซีน(C) ของสาย นิวคลีโอไทด์ เส้นที่หนึ่งจะจับคู่กับเบสชนิดใดในสายนิวคลีโอไทด์เส้นที่สอง

- ก. เบสอะดีนีน (A) ข. เบสไทมีน (T) ค. เบสไซโทซีน (C) ง. เบสกวานีน (G)

4. ถ้าสายหนึ่งของ DNA ประกอบด้วยเบส AATCCGGTA อีกสายหนึ่งของ DNA ควรเป็นเบสตามข้อใด

- ก. AATCCGGTA ข. TTACCGGAT
ค. AATGGCCTA ง. TTAGGCCAT

5. ถ้าเปรียบเทียบ DNA เหมือนบันไดเวียน สิ่งใดน่าจะเปรียบได้กับขั้นของบันได

- ก. หมู่ฟอสเฟต ข. ไนโตรเจนเบส ค. กรดอะมิโน ง. น้ำตาลเพนโทส

6. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับ DNA

- ก. ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส ข. ประกอบด้วยเบส U
ค. ประกอบด้วยเบส A ง. ประกอบด้วยฟอสเฟส

7. ถ้า DNA สายหนึ่งประกอบด้วยเบส AATCCG อีกสายหนึ่งควรเป็นเบสชนิดใด

- ก. UUAGGC ข. UUTGGC ค. TTAUUG ง. TTAGGC

8. 1. นิวคลีโอไทด์ ที่เป็นหน่วยย่อยของ กรดนิวคลีอิก ประกอบด้วยออสาร์เบส น้ำตาลเพนโทส หมู่ฟอสเฟต

2. กรดนิวคลีอิกประกอบด้วย นิวคลีโอไทด์จำนวนมากมาต่อกัน

3. กรดนิวคลีอิกชนิด DNA จะมีสารเบส A T C G

4. น้ำตาลดีออกซีไรโบสพบในกรดนิวคลีอิก RNA

5. กรดนิวคลีอิก RNA ประกอบด้วย พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย พันกันคล้ายบันไดเวียน

ข้อใดเป็นจริงเกี่ยวกับกรดนิวคลีอิก

- ก. ข้อ 1, 2, 3 ข. ข้อ 2, 3, 4 ค. ข้อ 3, 4, 5 ง. ข้อ 1, 2, 5

9. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะของ DNA

- ก. สารเบสที่อยู่คนละนิวคลีโอไทด์จะจับกันด้วยพันธะ ไฮโดรเจน $A = T, G = C$
- ข. หมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งต่อกับน้ำตาลเพนโทสของอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง
- ค. ข้อมูลทางพันธุกรรมกำหนดโดยยีนจะบันทึกอยู่ในลำดับเบสของ นิวคลีโอไทด์
- ง. การจับคู่เบสมีความเจาะจง DNA จึงจำลองตัวเอง ได้เหมือน DNA ต้นแบบ ทำให้ถ่ายทอดลักษณะสู่ลูกหลานได้

10. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะของ นิวคลีโอไทด์

- ก. เป็นองค์ประกอบย่อยของ DNA , RNA
- ข. นิวคลีโอ ไทด์ มี 5 ชนิด ตามชนิดของสารเบส
- ค. เป็นองค์ประกอบของสารให้พลังงานสูง ATP
- ง. นิวคลีโอไทด์ แต่ละหน่วยจับกันโดยมีหมู่ฟอสเฟต จับกับ สารเบส

ใบงานที่ 3.2.2 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนคำตอบจากประเด็นคำถามต่อไปนี้ (ข้อละ 2 คะแนน รวมเป็น 10 คะแนน)

1.. โครโมโซมมีรูปร่างเป็นอย่างไร พร้อมวาดภาพประกอบและชี้ส่วนประกอบต่างๆ

2. การแบ่งรูปร่าง และลักษณะของโครโมโซมอาศัยโครงสร้างใดเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง

.....

.....

3. จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีจำนวนโครโมโซมเท่ากันหรือไม่อย่างไร

.....

.....

4. จงวาดภาพนิวคลีโอไทด์ พร้อมชี้ส่วนประกอบต่างๆ

5. จีโนม (genome) คืออะไร

.....

.....

3.3 การแบ่งเซลล์

3.3.1 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis)

การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอตประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การแบ่งนิวเคลียส (karyokinesis) และการแบ่งไซโทพลาซึม (cytokinesis) การแบ่งนิวเคลียสสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส (mitosis) และการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส (meiosis)

การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส เป็นวิธีการแบ่งที่ทำให้จำนวนโครโมโซมในนิวเคลียสเท่าเดิม มักเป็นการแบ่งเซลล์ของร่างกายหรือเป็นการแบ่งเพื่อการเจริญเติบโต เช่น ในเซลล์พืชจะพบในปลายรากและปลายยอด

ใบความรู้ที่ 3.3.1 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis)

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

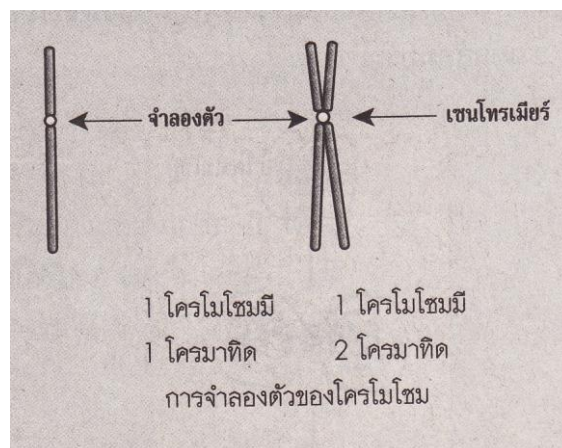
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ประกอบด้วยระยะใหญ่ ๆ 2 ระยะ คือ

1. **ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase)** ระยะที่เซลล์เตรียมพร้อมที่จะมีการแบ่งเซลล์ แบ่งออกเป็นระยะย่อย ๆ 3 ระยะ คือ

1.1 **ระยะจี 1 (G₁-Phase)** เป็นระยะพักของเซลล์ก่อนที่จะมีการสังเคราะห์ DNA ในระยะนี้เซลล์มีการสะสมสารต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ DNA

1.2 **ระยะเอส (S-phase)** เป็นระยะที่มีการจำลองตัว DNA (DNA duplication หรือ DNA replication)

1.3 **ระยะจี 2 (G₂-Phase)** เป็นระยะสิ้นสุดการสังเคราะห์ DNA DNA จะมีลักษณะเป็นเส้นใยเรียก **เส้นใยโครมาติน (Chromatin network)**



ภาพที่ 13 การจำลองตัวของโครโมโซม

2. **ระยะการแบ่งเซลล์** ประกอบด้วยระยะต่าง ๆ 4 ระยะ ดังนี้

2.1 **ระยะโพรเฟส (Prophase)** โครโมโซมจะหดสั้นเข้ามามีลักษณะเป็นแท่งเห็นชัดว่า 1 โครโมโซมประกอบด้วย 2 โครมาติน

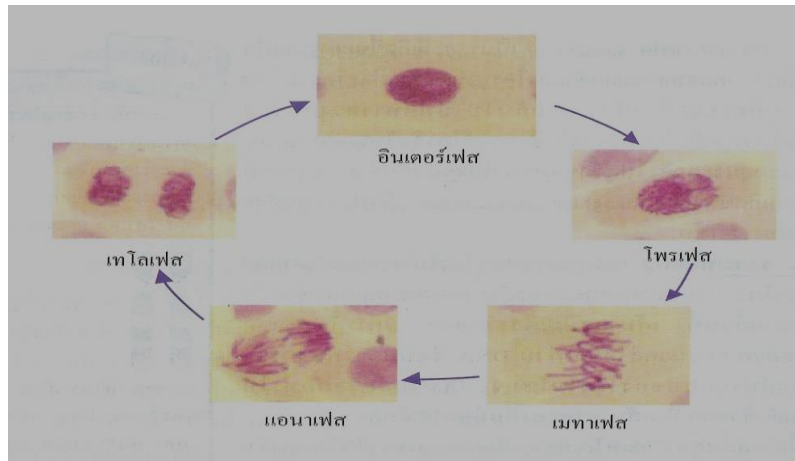
ระยะนี้เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มสลายไป ในเซลล์สัตว์**เซนทริโอล (Centriole)** จะสร้าง**ไมโทติคสปินเดิล (mitotic spindle)** เป็นรัศมีที่เรียกว่า แอสเทอร์ (aster) ในพืชชั้นสูงไม่มีเซนทริโอล แต่จะมีการสร้างไมโทติคสปินเดิลจากบริเวณขั้วของเซลล์เรียก **โพลาร์แคป (Polar cap)**

2.2 ระยะเมทาเฟส (metaphase) เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสสลายไป ไมโทติคสปินเดิลจะมาเกาะที่เซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม โครโมโซมจะเรียงตัวกันตามแนวกึ่งกลางเซลล์ ทำให้เห็นโครโมโซมชัดเจนที่สุด

2.3 ระยะแอนาเฟส (anaphase) ไมโทติคสปินเดิลหดตัวสั้นเข้า ดึงโครมาทิดให้แยกออกจากกันไปคนละขั้วของเซลล์ ทำให้โครโมโซมมีรูปร่างต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของเซนโทรเมียร์

2.4 ระยะเทโลเฟส (terophase) โครโมโซมเคลื่อนที่ไปคนละขั้วของเซลล์จะคลายตัวออกมีลักษณะคล้ายเส้นใย เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มปรากฏ เป็นการเสร็จสิ้นการแบ่งนิวเคลียส หลังจากนั้นจะแบ่งไซโทพลาซึม

ระยะการแบ่ง	การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ
อินเตอร์เฟส (Interphase) 	เพิ่มจำนวน โครโมโซม (Duplication) ขึ้นมาอีกชุดหนึ่ง และติดกันอยู่ที่เซนโทรเมียร์ (1 โครโมโซม มี 2 โครมาทิด) มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีมากที่สุด (metabolic stage) เซนทริโอล แบ่งเป็น 2 อัน ใช้เวลานานที่สุด , โครโมโซมมีความยาวมากที่สุด
โพรเฟส (Prophase) 	โครมาทิดหดสั้น ทำให้มองเห็นเป็นแท่งชัดเจน เยื่อหุ้มนิวเคลียส และนิวคลีโอลัสหายไป เซนทริโอลเคลื่อนไป 2 ข้างของเซลล์ และสร้างไมโทติค สปินเดิล ไปเกาะที่เซนโทรเมียร์ ระยะนี้จึงมีเซนทริโอล 2 อัน
เมตาเฟส (Metaphase) 	โครโมโซมเรียงตัวตามแนวกึ่ง กลางของเซลล์เหมาะต่อการ นับโครโมโซม และศึกษารูปร่าง โครงสร้างของโครโมโซม เซนโทรเมียร์จะแบ่งครึ่ง ทำให้โครมาทิดเริ่มแยกจากกัน โครโมโซมหดสั้นมากที่สุด สะดวกต่อการเคลื่อนที่
แอนาเฟส (Anaphase) 	โครมาทิดถูกดึงแยกออกจากกัน กลายเป็นโครโมโซมอิสระ โครโมโซมภายในเซลล์เพิ่มเป็น 2 เท่าตัว หรือจาก $2n$ เป็น $4n$ (tetraploid) มองเห็นโครโมโซม มีรูปร่างคล้ายอักษรรูปตัว V, J, I ใช้เวลาสั้นที่สุด
เทโลเฟส (Telophase) 	โครโมโซมลูก (daughter chromosome) จะไปรวมอยู่ขั้วตรงข้ามของเซลล์ เยื่อหุ้มนิวเคลียส และนิวคลีโอลัสเริ่มปรากฏ มีการแบ่งไซโทพลาซึม เซลล์สัตว์ เยื่อหุ้มเซลล์คอดเข้าไปบริเวณกลางเซลล์ เซลล์พืช เกิดเซลล์เพลท (Cell plate) กั้นแนวกลางเซลล์ ขยายออกไปติดกับผนังเซลล์เดิม ได้ 2 เซลล์ใหม่ เซลล์ละ $2n$ เหมือนเดิม



ภาพที่ 14 ระยะเวลาแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

การแบ่งไซโทพลาซึม

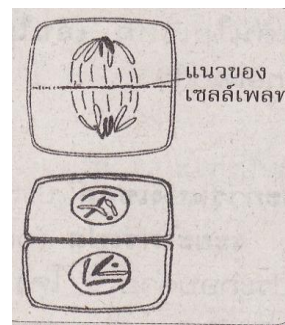
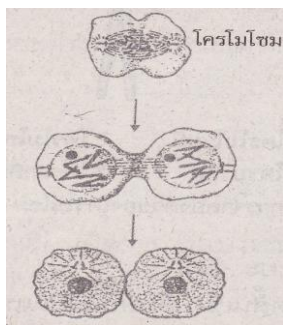
การแบ่งไซโทพลาซึมในเซลล์สัตว์และพืชจะแตกต่างกันดังนี้

เซลล์สัตว์

เยื่อหุ้มเซลล์จะคอดเข้าไปในบริเวณกลางเซลล์ แยกไซโทพลาซึมออกเป็น 2 ส่วน จนเกิดเป็น 2 เซลล์สมบูรณ์

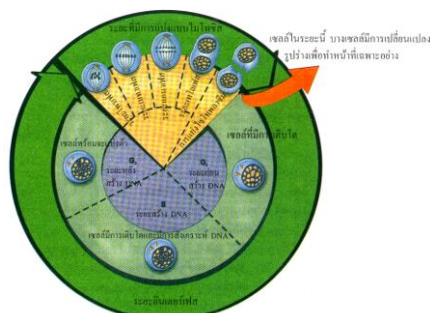
เซลล์พืช

เซลล์พืชไม่คอดตรงกลางเข้าหากันเหมือนเซลล์สัตว์ แต่จะเกิดแผ่นกั้นเซลล์หรือเซลล์เพลต (Cell plate) ขึ้นตรงแนวกลางเซลล์ แล้วขยายออกไปจนชนกับผนังเซลล์เดิมทำให้ไซโทพลาซึมแยกออกเป็น 2 ส่วนและเกิดเป็นสองเซลล์ใหม่ในที่สุด



ภาพที่ 15 การแบ่งไซโทพลาซึมของเซลล์สัตว์ ภาพที่ 16 การแบ่งไซโทพลาซึมของเซลล์พืช




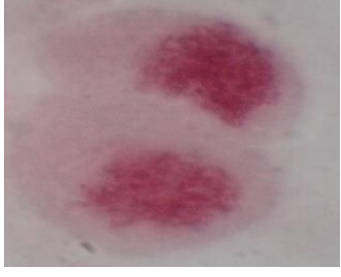
วัฏจักรของเซลล์ (Cell cycle) ช่วงระยะเวลาตั้งแต่เซลล์เตรียมพร้อมที่จะมีการแบ่งเซลล์และมีกระบวนการแบ่งเซลล์จนกระทั่งสิ้นสุดการแบ่งเซลล์



ภาพที่ 17 วัฏจักรของเซลล์ (Cell cycle)

ใบงานที่ 3.3.1 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของปลายรากหอม

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองที่ได้จากการทำกิจกรรมนี้

ระยะแบ่งเซลล์ที่พบ	ภาพที่ได้
กำลังขยาย.....	
กำลังขยาย.....	
กำลังขยาย.....	
กำลังขยาย.....	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

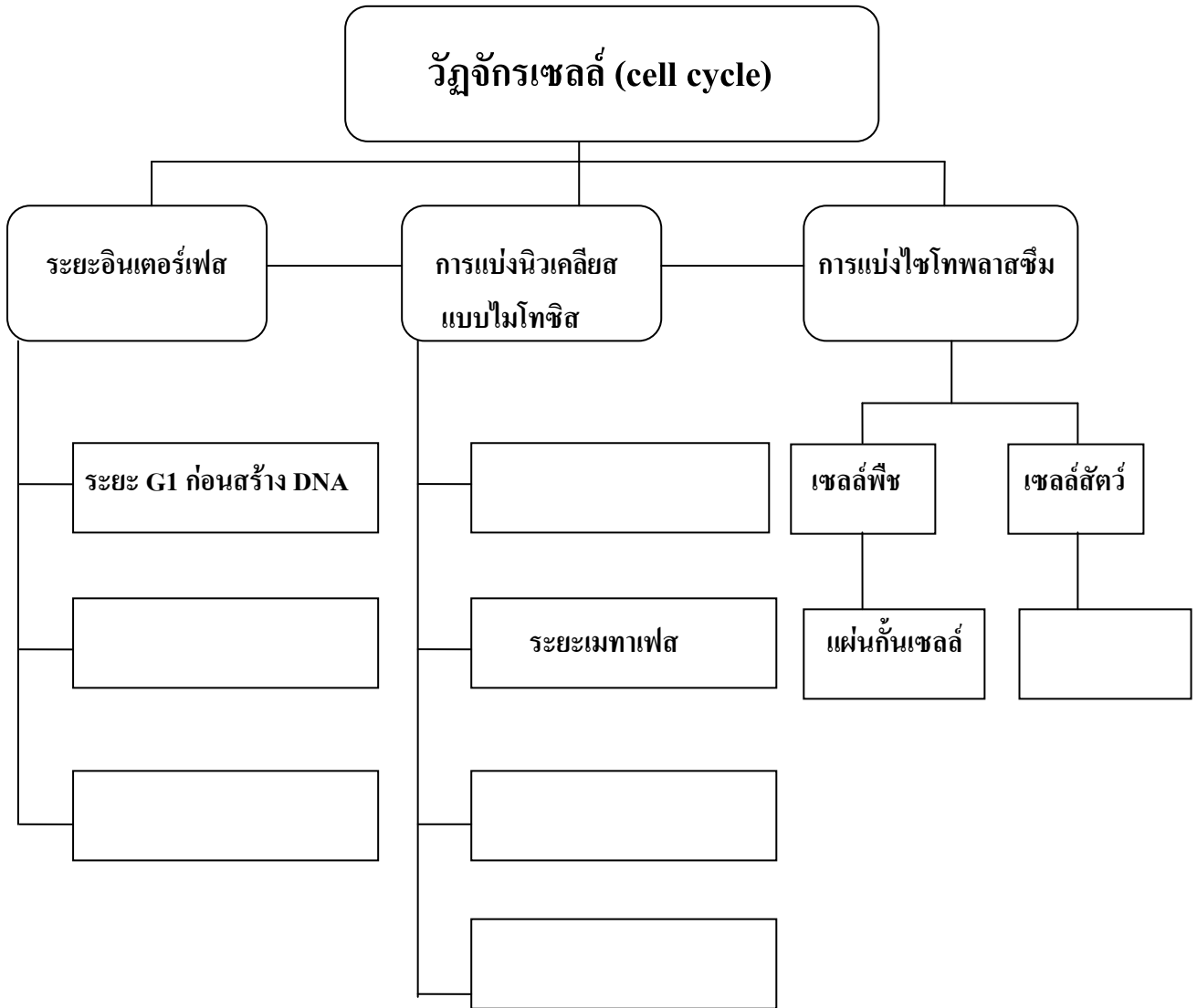
.....

.....

.....

ใบงานที่ 3.3.2 เรื่อง วัฏจักรของเซลล์แบบไมโทซิส

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง



ใบงานที่ 3.3.3 แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงบนกระดาษคำตอบ

1. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสระยะใดที่เห็นนิวเคลียสชัดเจนที่สุด

ก. ระยะโพรเฟส	ข. ระยะเมทาเฟส
ค. ระยะแอนาเฟส	ง. ระยะเทโลเฟส
2. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสระยะใดที่โครโมโซมมีขนาดใหญ่ที่สุด

ก. ระยะโพรเฟส	ข. ระยะเมทาเฟส
ค. ระยะแอนาเฟส	ง. ระยะเทโลเฟส

3. การแบ่งเซลล์ในสิ่งมีชีวิตมีกี่แบบอะไรบ้าง

- ก. มี 2 แบบ คือการแบ่งเซลล์ที่ทำให้โครโมโซมมีจำนวนเท่าเดิม และโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง
- ข. มี 2 แบบ คือการแบ่งเซลล์ที่ทำให้โครโมโซมมีจำนวนเท่าเดิม และโครโมโซมเพิ่มขึ้นเท่าตัว
- ค. มี 1 แบบ คือการแบ่งเซลล์ที่ทำให้โครโมโซมมีจำนวนเท่าเดิม
- ง. มี 1 แบบ คือโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง

4. ลักษณะสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสคืออะไร

- ก. เป็นการแบ่งนิวเคลียสของเซลล์ที่ทำให้ได้จำนวนโครโมโซมของเซลล์ใหม่เท่ากับ 4 เซลล์
- ข. เป็นการแบ่งนิวเคลียสของเซลล์ที่ทำให้ได้จำนวนโครโมโซมของเซลล์ใหม่เท่ากับ n
- ค. เป็นการแบ่งนิวเคลียสของเซลล์ที่ทำให้ได้จำนวนโครโมโซมของเซลล์ใหม่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า
- ง. เป็นการแบ่งนิวเคลียสของเซลล์ที่ทำให้ได้จำนวนโครโมโซมของเซลล์ใหม่เท่ากับเซลล์เดิม

5. วัฏจักรของเซลล์ประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ 2 ขั้นตอน ได้แก่อะไรบ้าง

- ก. ระยะเมทาเฟส และระยะที่มีการแบ่งแบบไมโทซิส
- ข. ระยะเมทาเฟส และระยะที่มีการแบ่งแบบไมโอซิส
- ค. ระยะอินเตอร์เฟส และระยะที่มีการแบ่งแบบไมโทซิส
- ง. ระยะอินเตอร์เฟส และระยะที่มีการแบ่งแบบไมโอซิส

6. ในวัฏจักรของเซลล์ระยะเวลาคือใช้เวลานานที่สุด

- ก. ระยะอินเตอร์เฟส
- ข. ระยะเมทาเฟส
- ค. ระยะแอนาเฟส
- ง. ระยะเทโลเฟส

7. ผลการแบ่งเซลล์แบบ mitosis ทำให้ได้เซลล์กี่เซลล์ และโครโมโซมเป็นเท่าใด

- ก. 2 เซลล์ โครโมโซม $2n$
- ข. 2 เซลล์ โครโมโซม n
- ค. 2 เซลล์ โครโมโซม $3n$
- ง. 4 เซลล์ โครโมโซม $2n$

8. เพราะเหตุใดจึงมีการนับจำนวนโครโมโซมของเซลล์ในระยะเมทาเฟสมากที่สุด

- ก. เพราะระยะนี้โครโมโซมมีจำนวนมากที่สุด
- ข. เพราะระยะนี้โครโมโซมมีการขดตัว มีขนาดใหญ่ที่สุด
- ค. เพราะระยะนี้โครโมโซมมีจำนวนน้อย ทำให้ง่ายต่อการนับ
- ง. เพราะระยะนี้โครโมโซมมารวมตัวอยู่ตรงกลางเซลล์

9. สัตว์ตัวหนึ่งมีจำนวนโครโมโซม 22 คู่ ในการตรวจดูการแบ่งเซลล์ของสัตว์นี้ เซลล์ชั้น Metaphase ของไมโทซิสจะมีโครมาทิดกี่เส้น

- ก. มี 22 เส้น
- ข. มี 33 เส้น
- ค. มี 44 เส้น
- ง. มี 88 เส้น

10. เราจะไม่พบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสใน

- ก. อัญชชะ
- ข. รังไข่
- ค. มดลูก
- ง. ท่อไต

11. ถ้านักเรียนจะศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม นักเรียนจะเลือกเซลล์ในข้อใดมาศึกษา
- ก. เซลล์ตับอ่อน ข. เซลล์ประสาท ค. เซลล์ในไขกระดูก ง. เซลล์เยื่อบุข้างแก้ม
12. สิ่งที่สำคัญที่เกิดขึ้นในระยะอินเตอร์เฟสของไมโทซิสคือ
- ก. โครมาตินในนิวเคลียสหดสั้นเป็นโครโมโซม ข. โครโมโซมเหมือนกันจะจับคู่กัน
- ค. จำนวน DNA ในนิวเคลียสเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ง. เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น
13. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสที่เซลล์ 4 เซลล์ที่เกิดขึ้นใหม่ มีโครโมโซมที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการอยู่อย่างละ 2 เซลล์แสดงว่าเกิดอะไรขึ้น
- ก. ไม่มีการจำลองโครโมโซมเกิดขึ้น ข. ไม่มีการแลกเปลี่ยนส่วนของโครมาทิดเกิดขึ้น
- ค. การแยกคู่ของโครโมโซมไม่เป็นไปอย่างอิสระ ง. ยีนที่เป็นอัลลีลกันไม่แยกออกจากกัน
14. การแบ่งเซลล์ของพืชไซโทพลาซึมจะแบ่งเป็น 2 ส่วนโดยเริ่มต้นที่ส่วนใด
- ก. ผนังเซลล์ด้านใดด้านหนึ่ง ข. ผนังเซลล์ทั้ง 2 ด้าน
- ค. แผ่นกั้นเซลล์ตรงกลาง ง. เยื่อหุ้มเซลล์จะคอดกึ่งเข้า
15. การแบ่งเซลล์เยื่อบุข้างแก้มของคนระยะที่มีจำนวนโครโมโซม 92 แท่ง ภายในเซลล์คือข้อใด
- ก. ระยะอินเตอร์เฟส ข. ระยะเมทาเฟส
- ค. ระยะแอนาเฟส ง. ไม่มีข้อถูก

3. เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปทำหน้าที่เฉพาะอย่างไปแล้ว สามารถเกิดการแบ่งเซลล์ได้หรือไม่

ตอบ โดยปกติแล้วเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะอย่างแล้วจะไม่แบ่งเซลล์อีก แต่ถ้าวินิจฉัยการกระตุ้นที่เหมาะสมจะสามารถแบ่งเซลล์ได้ เช่น ดับที่ได้รับการผ่าตัด เซลล์ตับจะสามารถแบ่งเพื่อทดแทนหรือซ่อมแซมใหม่ได้ ส่วนเนื้อเยื่อของผิวหนัง เนื้อเยื่อทางเดินอาหารเซลล์สามารถแบ่งเซลล์ใหม่ทดแทนเซลล์เก่าได้ตลอดเวลา

4. ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase) ใช้เวลาประมาณเท่าใดของวัฏจักร

ตอบ ประมาณ $\frac{3}{4}$ ซึ่งเป็นระยะที่กินเวลามาก

5. การแบ่งตัวของเซลล์รากหอมในระยะเทโลเฟส (telophase) นักเรียนพบการเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้นในไซโทพลาซึมของเซลล์นั้นบ้าง

ตอบ ในตอนปลายของระยะเทโลเฟส (telophase) มีการสร้างแผ่นกั้นเซลล์คั่นตรงกลางระหว่างนิวเคลียสใหม่ทั้งสอง

6. เพราะเหตุใดจึงนิยมนับจำนวนโครโมโซมของเซลล์ในระยะเมทาเฟส (metaphase)

ตอบ เพราะระยะนี้โครโมโซมมีการขดตัว มีขนาดใหญ่ที่สุด

7. ในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส นิวเคลียสมีวิธีการอย่างไรจึงทำให้นิวเคลียสที่เกิดขึ้นใหม่ทั้ง 2 นิวเคลียส มีปริมาณของสารพันธุกรรมหรือจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์เดิม

ตอบ มีการสร้าง DNA เป็น 2 เท่า ทำให้แต่ละโครโมโซมประกอบด้วย 2 โครมาทิด การขดตัวของโครโมโซม และการเรียงตัวอยู่ที่กึ่งกลางเซลล์ในระยะเมทาเฟส ทำให้มีการแบ่งโครมาทิดเป็น 2 กลุ่ม ได้ง่ายขึ้น โดยการขดตัวของเส้นใยสปินเดิล ทำให้โครโมโซมแต่ละกลุ่มหรือนิวเคลียสมีจำนวนเท่ากัน

8. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) ในเซลล์รากหอมและเซลล์หนอนตัวกลมต่างกันอย่างไร

ตอบ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ในพืชจะแตกต่างจากในสัตว์ คือ เซลล์พืชจะไม่มเซนทริโอลแต่มีไมโทติกสปีนเดิลกระจายออกจากขั้วของเซลล์ทั้งสองข้างตรงข้ามกัน และในระยะเทโลเฟส (telophase) เซลล์พืชจะมีแผ่นกั้นเซลล์เกิดขึ้นตรงกลางระหว่างโครโมโซมสองกลุ่มต่อมาจะกลายเป็นส่วนของผนังเซลล์ ส่วนเซลล์สัตว์จะมีเซนทริโอลในระยะโพรเฟส (prophase) มีการสร้างไมโทติกสปีนเดิลจากเซนทริโอลไปยังโครโมโซม ในระยะเทโลเฟสไซโทพลาซึมของเซลล์สัตว์จะคอดตรงกลาง แบ่งโครโมโซมและไซโทพลาซึม ออกเป็น 2 เซลล์ ซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ คล้ายคลึงกัน

9. ถ้าหากว่าเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีโครโมโซมอยู่ 4 โครโมโซมในระยะอินเตอร์เฟส (Interphase) นักเรียนคิดว่าภายหลังการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์ และในแต่ละเซลล์ จะมีจำนวนโครโมโซมอยู่ที่โครโมโซม

ตอบ

10. การจำลองโครโมโซมมีความสำคัญต่อการแบ่งเซลล์อย่างไร

ตอบ

11. ถ้าเส้นใยสปินเดิลไม่ถึงโครมาทิดแยกออกจากกัน จะเกิดอะไรขึ้น

ตอบ

3.3.2 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis)

การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตพวุกยูคาริโอตประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การแบ่งนิวเคลียส (karyokinesis) และการแบ่งไซโทพลาซึม (cytokinesis) การแบ่งนิวเคลียสสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส (mitosis) และการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส (meiosis)

การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส (meiosis) เป็นการแบ่งที่ลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่ง เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ใช้ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

ใบความรู้ที่ 3.3.2 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis)

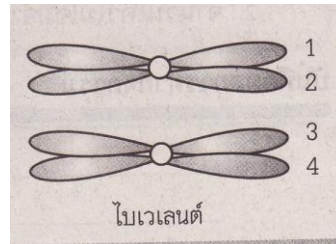
การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis)

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นการแบ่งเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แบ่งออกเป็น 2 ระยะเวลาใหญ่ ๆ คือ

1. **ไมโอซิส I (meiosis I)** เป็นการแบ่งเพื่อลดจำนวนโครโมโซมจาก $2n$ (diploid) เหลือ n (haploid) และจาก 1 เซลล์ได้เซลล์เกิดขึ้น 2 เซลล์ จำนวนโครโมโซมเซลล์ละ n แบ่งออกเป็นระยะต่าง ๆ ดังนี้

1.1 **ระยะอินเตอร์เฟส I** (interphase I) เป็นระยะที่โครโมโซมจำลองตัวเองขึ้นมาอีกหนึ่งชุด โดย 1 โครโมโซมประกอบด้วย 2 โครมาทิด และติดกันตรงตำแหน่งเซนโทรเมียร์

1.2 **ระยะโพรเฟส I** (prophase I) โครโมโซมที่มีรูปร่างลักษณะและขนาดเท่ากันเรียก **ฮอมอโลกัสโครโมโซม** (homologous chromosome) จะมาจับเข้าคู่กันโดยแนบชิดตามความยาว เรียก **ไซแนปซิส** (synapsis) คู่ของฮอมอโลกัสโครโมโซม เรียก **ไบวาเลนต์** (bivalent) ดังนี้



ภาพที่ 18 แสดงการเข้าคู่กันของ homologous chromosome

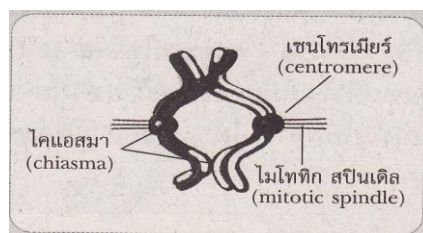
1 ไบวาเลนต์ จึงประกอบด้วย 4 โครมาทิด เรียก **เตตราด** (tetrad)

ซิสเตอร์โครมาทิด (sister chromatid) คือโครมาทิดของโครโมโซมแท่งเดียวกัน ดังนั้น 1 กับ 2 และ 3 กับ 4 จึงเป็นซิสเตอร์โครมาทิด

นอนซิสเตอร์โครมาทิด (non - sister chromatid) คือโครมาทิดของโครโมโซมคนละแท่ง ดังนั้น 1 กับ 3 และ 2 กับ 4 จึงเป็นนอนซิสเตอร์โครมาทิด

ไคแอสมา (chiasma) คือตำแหน่งที่มีการไขว้พันกันของนอนซิสเตอร์โครมาทิด

ครอสซิงโอเวอร์ (crossing over) คือการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของนอนซิสเตอร์โครมาทิด ซึ่งทำให้เกิดการแปรผันลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต ครอสซิงโอเวอร์จะเกิดขึ้นในช่วงท้ายของโพรเฟส I ช่วงนี้ นิวคลีโอไลต์และเยื่อหุ้มนิวเคลียสเริ่มสลายไป



ภาพที่ 19 การเกิดครอสซิงโอเวอร์

1.3 **ระยะเมทาเฟส I** (metaphase I) เยื่อหุ้มนิวเคลียสสลายไป ไมโทติกสปินเดิลจะเกาะที่เซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม ฮอมอโลกัสโครโมโซมจะเรียงตัวกันตามแนวศูนย์สูตรของเซลล์

1.4 **ระยะแอนาเฟส I** (anaphase I) ไมโทติกสปินเดิลจะหัดสั้นเข้าดึงฮอมอโลกัสโครโมโซมให้แยกออกจากกันไปคนละขั้วของเซลล์

1.5 **ระยะเทโลเฟส I** (telophase I) โครโมโซมจะคลายตัวออกมีลักษณะคล้ายเส้นใย นิวคลีโอไลต์ และเยื่อหุ้มนิวเคลียสเริ่มปรากฏ จำนวนโครโมโซมจะลดลงจาก $2n$ เหลือ n

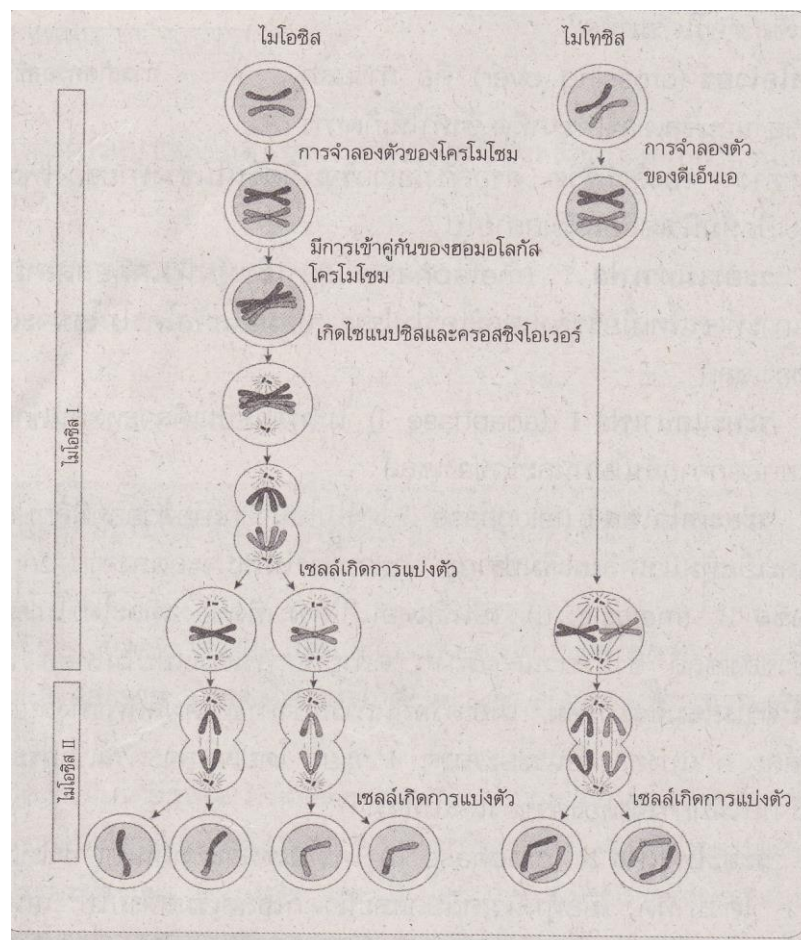
2. **ระยะไมโอซิส II** (meiosis II) เป็นขั้นตอนที่โครมาทิดของแต่ละโครโมโซมแยกออกจากกันไปสู่คนละขั้วของเซลล์ ซึ่งมีขบวนการต่าง ๆ คล้ายกับการแบ่งแบบไมโทซิส แต่ในระยะนี้จะไม่มีการจำลองโครโมโซมขึ้นมาใหม่ เมื่อเสร็จสิ้นการแบ่งทำให้ได้ผลลัพธ์ทั้งหมดเป็น 4 เซลล์ โครโมโซมเซลล์ละ n แบ่งออกเป็นระยะต่าง ๆ 4 ระยะ โดยเซลล์จะผ่านเข้าสู่ระยะอินเตอร์เฟสอย่างสั้น เนื่องจาก ไม่มีการจำลองตัวของโครโมโซม

2.1 **ระยะโพรเฟส II** (prophase II) โครโมโซมจะหดสั้นเข้า ทำให้เห็นชัดเจนว่า 1 โครโมโซมมี 2 โครมาทิด เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มสลายไป เซนทริโอลจะสร้างไมโทติกสปินเดิลมาเกาะที่ตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม

2.2 **ระยะเมทาเฟส II** (metaphase II) โครโมโซมมาเรียงตัวกันตามแนวศูนย์กลางเซลล์ ไมโทติกสปินเดิลมาเกาะที่เซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม เซนโทรเมียร์เริ่มแบ่งตัวจาก 1 เป็น 2

2.3 **ระยะแอนาเฟส II** (anaphase II) ไมโทติกสปินเดิลจะหดตัวสั้นเข้า ดึงโครมาทิดให้แยกออกจากกันไปคนละขั้วของเซลล์ ทำให้จำนวนโครโมโซมเพิ่มจาก $n \rightarrow 2n$

2.4 **ระยะเทโลเฟส II** (telophase II) โครโมโซมที่แยกไปคนละขั้วของเซลล์จะคลายตัวออกมีลักษณะคล้ายเส้นใย เยื่อหุ้มนิวเคลียสเริ่มปรากฏ ในที่สุดได้ 4 นิวเคลียส และแบ่งไซโทพลาสซึมได้ 4 เซลล์ แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์ (n)



ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสกับไมโทซิส โดยการเริ่มต้นจำนวนโครโมโซม $2n = 2$

ใบงานที่ 3.3.4 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของเซลล์พืช

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองที่ได้จากการทำกิจกรรมนี้

ระยะแบ่งเซลล์ที่พบ	ภาพที่ได้
กำลังขยาย.....	
กำลังขยาย.....	
กำลังขยาย.....	
กำลังขยาย.....	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 3.3.5 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

1. ให้นักเรียนเขียนไดอะแกรมการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เมื่อกำหนดให้เซลล์ตั้งต้นมีจำนวนโครโมโซม $2n = 16$

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสมีที่ระยะ อะไรบ้าง

.....
.....
.....

3. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสระยะใดที่จำนวนโครโมโซมลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนโครโมโซมเดิม

.....
.....

4. จงเปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ใบงานที่ 3.4.6 แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงบนกระดาษคำตอบ

1. ผลการแบ่งเซลล์แบบ meiosis ทำให้ได้เซลล์กี่เซลล์และมีจำนวนโครโมโซมเท่าไร

- ก 2 เซลล์ โครโมโซม n
- ข 4 เซลล์ โครโมโซม $2n$
- ค 2 เซลล์ โครโมโซม $3n$
- ง 4 เซลล์ โครโมโซม n

2. การแบ่งเซลล์แบบ meiosis จะพบได้ที่

- ก. เซลล์ไต ข. เซลล์หลอดคอสุจิ ค. เซลล์ประสาท ง. เซลล์มดลูก

3. ข้อใดกล่าว ไม่ถูกต้อง เกี่ยวกับการแบ่งเซลล์

- ก. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการสร้างเซลล์สืบพันธุ์
 ข. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ของร่างกาย
 ค. การแบ่งเซลล์จะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การแบ่งนิวเคลียส และการแบ่งไซโทพลาซึม
 ง. การแบ่งเซลล์ของเซลล์ไขกระดูก และเซลล์ผิวหนัง ไม่จำเป็นต้องมีการแบ่งเซลล์ตลอดเวลา

4. สิ่งมีชีวิตที่เกิดกระบวนการไมโอซิสในการสร้าง gametes เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ในธรรมชาติจะมีจำนวนโครโมโซมเท่าไร

- ก. n ข. $2n$ ค. $n+n$ ง. $4n$

5. เซลล์ที่มี $2n = 4$ เมื่อแบ่งแบบไมโอซิสอยู่ในระยะโพรเฟส 1 จะมีจำนวนโครมาทิดเป็นเท่าไร

- ก. 2 ข. 4 ค. 8 ง. 16

6 ในกระบวนการ Karyokinesis โอกาสที่จำนวนโครโมโซมจะเป็น $4n$ ได้จะอยู่ในระยะใด

- ก. prophase I ของ Meiosis ข. anaphase ของ Mitosis.
 ค. anaphase II ของ Meiosis. ง. metaphase ของ Mitosis.

7. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจำนวนโครโมโซมของเซลล์ลูกต่างจากเซลล์เริ่มต้นอย่างไร

- ก. จำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง ข. จำนวนโครโมโซมเท่าเดิม
 ค. จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้น 2 เท่า ง. ไม่มีข้อถูก

8. เซลล์ดิพลอยด์ต่างจากเซลล์แฮพลอยด์อย่างไร

- ก. เซลล์ดิพลอยด์เป็น $2n$ เซลล์แฮพลอยด์เป็น $2n$
 ข. เซลล์ดิพลอยด์เป็น n เซลล์แฮพลอยด์เป็น $2n$
 ค. เซลล์ดิพลอยด์เป็น $2n$ เซลล์แฮพลอยด์เป็น n
 ง. เซลล์ดิพลอยด์เป็น n เซลล์แฮพลอยด์เป็น n

9. ระยะใดที่โครโมโซมหดตัวสั้นที่สุด

- ก. ระยะโพรเฟส I และระยะโพรเฟส II ข. ระยะเมทาเฟส I และ ระยะเมทาเฟส II
 ค. ระยะแอนาเฟส I ง. ระยะเทโลเฟส II

10. ระยะใดที่โครโมโซมลดลงจาก $2n$ เป็น n

- ก. ระยะโพรเฟส I ข. ระยะเมทาเฟส I
 ค. ระยะแอนาเฟส I ง. ระยะเทโลเฟส I

12. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) จำนวนโครโมโซมของเซลล์ลูกต่างจากเซลล์เริ่มต้นอย่างไร

ตอบ จำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง

13. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) พบได้ที่ใด

ตอบ เนื้อเยื่อที่เจริญไปเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์

14. เซลล์ดีพลอยด์ต่างจากเซลล์แฮพลอยด์อย่างไร

ตอบ.....

15. ฮอมอโลกัสโครโมโซม (homologous chromosome) คืออะไร พบในเซลล์ชนิดใด

ตอบ

16. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) มีความแตกต่างจากแบ่งแบบไมโทซิส (mitosis) อย่างไร

ตอบ

17. ระยะใดที่โครโมโซมขดสั้นที่สุดและระยะใดที่โครโมโซมลดจาก $2n$ เป็น n

ตอบ metaphase I และ metaphase II เป็นระยะที่โครโมโซมขดสั้นที่สุด ส่วนระยะ anaphase I เป็นระยะที่โครโมโซมลดจาก $2n$ เป็น n

18. เซลล์ที่ได้จากการแบ่งในระลอก II ในเซลล์พืชจะเจริญเป็นอะไร

ตอบ ไมโครสปอร์ซึ่งต่อไปจะเจริญเป็นละอองเรณู

19. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) เป็นวัฏจักรหรือไม่

ตอบ ไม่เป็นเพราะเซลล์ที่ได้จะเจริญต่อไปเป็นเซลล์สืบพันธุ์ และเซลล์สืบพันธุ์ไม่แบ่งเซลล์อีก

20. เพราะเหตุใดเซลล์ที่เกิดจากการแบ่งแบบไมโอซิส (meiosis) จึงมีโครโมโซมแตกต่างจากเซลล์เดิม

ตอบ เซลล์ที่เกิดจากการแบ่งแบบไมโอซิส จะมีจำนวนโครโมโซมเป็นหนึ่งของเซลล์เดิม เพราะในการแบ่งเซลล์แบบนี้จะมีการแบ่งนิวเคลียส 2 ครั้ง ครั้งแรกแบ่งฮอมอโลกัสโครโมโซม ส่วนครั้งที่สองแบ่งโครมาทิดของแต่ละโครโมโซม การแบ่งแบบนี้จะเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้เซลล์มีโครโมโซมเหลือเพียงครึ่งหนึ่ง เมื่อเกิดปฏิสนธิไซโกต (Zygote) ที่ได้จึงมีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิม

21. การที่เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์เริ่มต้นมีความสำคัญอย่างไร

ตอบ มีความสำคัญดังนี้ ถ้าสิ่งมีชีวิตมีเซลล์เริ่มต้นที่มีโครโมโซม 2 ชุด (diploid = $2n$) เมื่อแบ่งแบบไมโอซิส (meiosis) เซลล์สืบพันธุ์จะมีโครโมโซมเหลือเพียงชุดเดียว (haploid = n) เมื่อมีการปฏิสนธิเกิดขึ้นไซโกตที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมคงเดิม จะทำให้สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีจำนวนโครโมโซมคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงจึงดำรงลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ไว้ได้

3.4 โครโมโซมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนคงที่ โครโมโซมประกอบด้วยโปรตีนและ DNA ส่วนของ DNA ที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของ สิ่งมีชีวิตเรียกว่า ยีน DNA ทั้งหมดที่อยู่ในสิ่งมีชีวิต เรียกว่า จีโนม DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายบิดเป็นเกลียว แต่ละสายเกิดจากนิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นสายยาว นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย ไนโตรจีนัสเบส น้ำตาลไรโบส และหมู่ฟอสเฟต DNA แต่ละโมเลกุลแตกต่างกันที่จำนวนของนิวคลีโอไทด์และลำดับของนิวคลีโอไทด์ DNA เป็นสารพันธุกรรม สามารถจำลองตัวเองขึ้นได้ใหม่ โดยมีโครงสร้างทางเคมีเหมือนเดิม

ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจะมีหน่วยควบคุมลักษณะ (genetic unit) ควบคุมสิ่งมีชีวิตให้

มีรูปร่างและลักษณะเป็นไปตามเผ่าพันธุ์ของพ่อแม่ เรียกว่า ยีน ดังนั้นยีนจึงทำหน้าที่ควบคุมการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ จากบรรพบุรุษไปสู่รุ่นหลาน ลักษณะต่างๆ ที่ถ่ายทอดไปนั้นพบว่าบางลักษณะไม่ปรากฏในรุ่นลูกแต่อาจจะปรากฏในรุ่นหลานก็ได้ จึงมีผลทำให้เกิดความแตกต่างกันของลักษณะทางพันธุกรรมจนมีผลทำให้สิ่งมีชีวิตเกิดความหลากหลาย แต่การสะสมลักษณะทางพันธุกรรมจำนวนมากทำให้เกิดสปีชีส์ต่างๆ และสามารถดำรงเผ่าพันธุ์ไว้ได้จนถึงปัจจุบัน

สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่แต่ละชนิดประกอบขึ้นด้วยเพศที่แตกต่างกัน คือ เพศผู้และเพศเมีย ลูกที่เกิดขึ้นจะพัฒนามาจากเซลล์เพศผู้ คือ สเปิร์ม (sperm) และเซลล์เพศเมีย คือ เซลล์ไข่ (egg) มารวมตัวกันเป็นไซโกต (zygote) โดยกระบวนการสืบพันธุ์ ดังนั้น ยีนจากพ่อและแม่จะมีการถ่ายทอดสู่ลูกด้วยกระบวนการดังกล่าว

ใบความรู้ที่ 3.4.1 องค์ประกอบทางเคมีของ DNA และโครงสร้างของ DNA

1. องค์ประกอบทางเคมีของ DNA

DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต และบางส่วนของ DNA ทำหน้าที่เป็นยีน คือสามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้ ปัญหาต่อไปก็คือโมเลกุลของ DNA เก็บข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตไว้ได้อย่างไร จึงจะสามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปยังรุ่นลูกหลานได้ ถ้าทราบว่าโมเลกุลของ DNA มีคุณสมบัติและโครงสร้างอย่างไรก็จะตอบคำถามนี้ได้

DNA เป็นกรดนิวคลีอิกชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ (polymer) สายยาวประกอบด้วยหน่วยย่อย หรือ มอนอ-เมอร์ (monomer) ที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ซึ่งแต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย

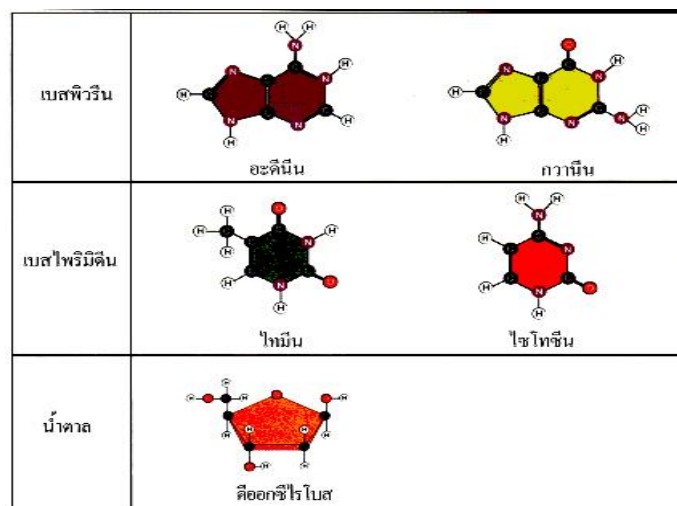
1. น้ำตาลเพนโทส ซึ่งมีคาร์บอน 5 อะตอม คือน้ำตาล ดีออกซีไรโบส

2. ไนโตรจีนัสเบส (nitrogenous base) เป็นโครงสร้างประกอบด้วยวงแหวนที่มีอะตอมของ คาร์บอนและไนโตรเจน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 เบสพิวรีน (purine) มี 2 ชนิด คือ อะดีนีน (adenine หรือ A) และกวานีน (guanine หรือ G)

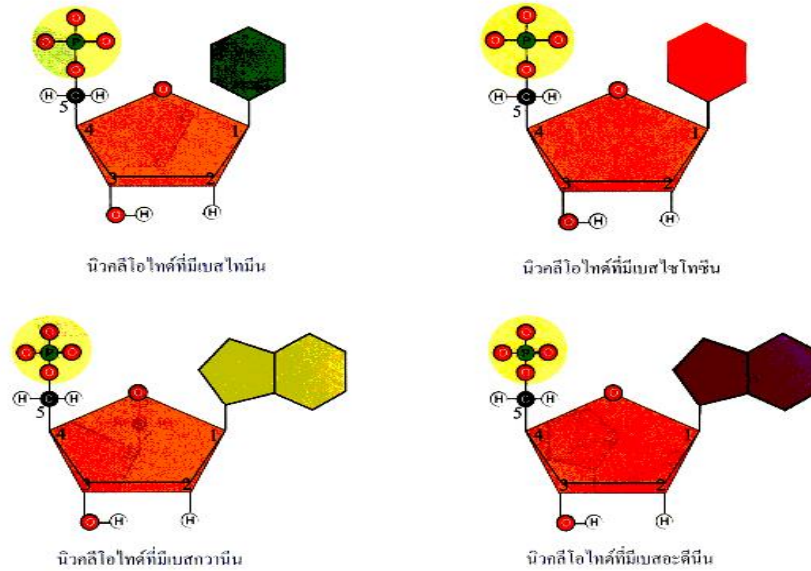
2.2 เบสไพริมิดีน (pyrimidine) มี 2 ชนิด คือ ไซโทซีน (cytosine หรือ C) และ ไทมีน (thymine หรือ T)

3. หมู่ฟอสเฟต โครงสร้างของเบสและน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก ดังภาพ



ภาพที่ 21 สูตรโครงสร้างของเบส และน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของ DNA

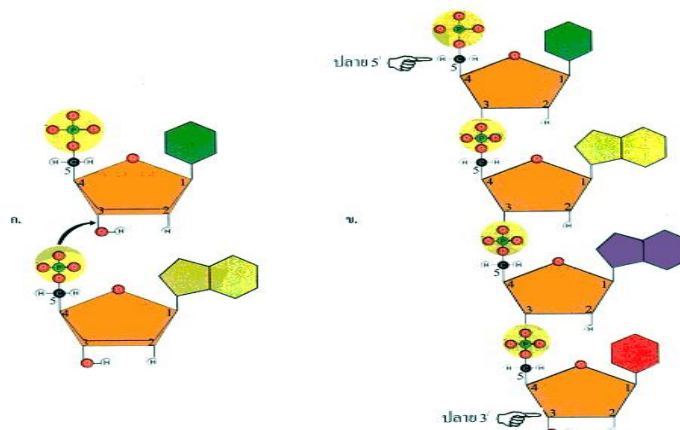
การประกอบขึ้นเป็นนิวคลีโอไทด์นั้น ทั้งสามส่วนจะประกอบกันโดยมีน้ำตาลเป็นแกนหลัก มีในไตรจีนัสเบส อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และหมู่ฟอสเฟตอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ดังนั้นจึงสามารถจำแนกนิวคลีโอไทด์ใน DNA ได้ 4 ชนิด ซึ่งจะแตกต่างกันตามองค์ประกอบที่เป็นเบส ได้แก่ A T C และ G ดังภาพ



ภาพที่ 22 นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ DNA

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของ DNA พบว่ามีเบส น้ำตาลคือออกซีไรโบสและหมู่ฟอสเฟตเป็นจำนวนมาก จึงเป็นไปได้ว่า DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวนมากมาเชื่อมต่อกัน ปัญหาก็คือ นิวคลีโอไทด์จำนวนมากนี้มาเชื่อมต่อกันเป็นโมเลกุลของ DNA ได้อย่างไร

การเชื่อมดังกล่าวเกิดการสร้างพันธะโคเวเลนต์ระหว่างหมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งกับหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลในอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง (ดังภาพ ก) เมื่อหลายๆ นิวคลีโอไทด์มาเชื่อมต่อกันเกิดเป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์ (ดังภาพ ข) จะเห็นว่าที่ปลายสายด้านหนึ่งจะมีหมู่ฟอสเฟตเชื่อมอยู่กับน้ำตาลคือออกซีไรโบสที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 เรียกปลายด้านนี้ว่าเป็นปลาย 5' (อ่านว่า 5 ไพร์ม) และอีกปลายด้านหนึ่งจะมีหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ที่เป็นอิสระ เรียกปลายด้านนี้ของสาย DNA ว่าปลาย 3' (อ่านว่า 3 ไพร์ม)



ภาพ ก. การเชื่อมต่อระหว่างนิวคลีโอไทด์ ข. สายพอลินิวคลีโอไทด์ที่เกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างนิวคลีโอไทด์

ต่อมานักเคมีในประเทศอังกฤษ พบว่าพอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสายจะแตกต่างกันที่จำนวนของนิวคลีโอไทด์ และลำดับของนิวคลีโอไทด์ในปี พ.ศ. 2492 เออร์วิน ชาร์กอฟฟ์ (Erwin Chargaff) นักชีวเคมีชาวอเมริกัน ได้วิเคราะห์ปริมาณเบสที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของโมเลกุล DNA ในสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ พบว่าอัตราส่วนของเบส 4 ชนิด ใน DNA ที่สกัดจากสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ จะแตกต่างกัน ดังตารางข้างล่าง ขณะที่อัตราส่วนของน้ำตาลและหมู่ฟอสเฟตมีค่าค่อนข้างคงที่

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองของชาร์กอฟฟ์

ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ชนิดของเบส (ร้อยละ)				อัตราส่วน	
	อะดีนีน (A)	ไทมีน (T)	กวานีน (G)	ไซโทซีน (C)	A:T	G:C
ยีสต์	31.3	32.9	18.7	17.1	0.95	1.09
แมลงหวี่	27.3	27.6	22.5	22.5	0.99	1.00
ผึ้ง	34.4	33.0	16.2	16.4	1.04	0.99
แผ่นทะเล	32.8	32.1	17.7	18.4	1.02	0.96
ปลาแซลมอน	29.7	29.1	20.8	20.4	1.02	1.02
หนู	28.6	28.4	21.4	21.5	1.01	1.00
คน (เซลล์ตับ)	30.7	31.2	19.3	18.8	0.98	1.03

- ปริมาณเบส 4 ชนิดใน DNA ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ สัมพันธ์กันอย่างไร
- อัตราส่วนของ A+T และ C+G ในโมเลกุลของ DNA ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ มีค่าเท่ากันหรือไม่

จากผลการสืบค้นข้อมูลของนักเรียน นักเรียนควรสรุปได้ว่า

- 1) ในไตรจีนัสเบสประกอบด้วยวงแหวนที่มี C และ N เป็นองค์ประกอบ
- 2) ในไตรจีนัสเบสแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เบสพิวรีน มีโครงสร้างประกอบด้วยวงแหวน 2 วง มี 2 ชนิด คือ อะดีนีน (A) และกวานีน (G) และเบสไพริมิดีน โครงสร้างประกอบด้วยวงแหวน 1 วง มี 2 ชนิด คือ ไซโทซีน (C) และไทมีน (T)
- 3) นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาล หมู่ฟอสเฟตและไนโตรจีนัสเบส
- 4) นิวคลีโอไทด์แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไทมีน นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสอะดีนีน นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไซโทซีนและนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสกวานีน นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดต่างกันที่ชนิดของไนโตรจีนัสเบส
- 5) การประกอบกันเป็นนิวคลีโอไทด์ มีน้ำตาลคือออกซิไรโบสเป็นแกนหลักมีไนโตรจีนัสเบสอยู่ที่คาร์บอน ตำแหน่งที่ 1 และมีหมู่ฟอสเฟตที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5
- 6) แต่ละนิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกันด้วยหมู่ฟอสเฟต หมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งจะเชื่อมต่อกับหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำตาลเพนโทสของอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง แต่ละสายของโมเลกุลพอลินิวคลีโอไทด์แตกต่างกันที่จำนวนและลำดับของนิวคลีโอไทด์ที่มาเชื่อมต่อกัน

7) สายของพอลินิวคลีโอไทด์กลุ่มที่มีจำนวนนิวคลีโอไทด์เท่ากันแต่สายของพอลินิวคลีโอไทด์จะต่างกัน เนื่องจากมีลำดับของนิวคลีโอไทด์ไม่เหมือนกัน นำไปสู่ความเข้าใจถึงการเกิดลักษณะของสิ่งมีชีวิต

8) ปลายด้านหนึ่งของพอลินิวคลีโอไทด์จะมีคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ขั้วน้ำตาลดีออกซีไรโบสยึดกับหมู่ฟอสเฟต เรียกปลายนี้ว่าปลาย 5' และอีกปลายหนึ่งมีคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลดีออกซีไรโบสของนิวคลีโอไทด์ที่อยู่ปลายสุดที่ยึดกับหมู่ไฮดรอกซิล เรียกปลายนี้ว่าปลาย 3'

ความรู้เพิ่มเติม

คำถามเพิ่มเติมว่า “ถ้าพอลินิวคลีโอไทด์ที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันของนิวคลีโอไทด์ทุกสายแตกต่างกันน่าจะขึ้นอยู่กับอะไร” คนที่พิสูจน์ให้ทราบคำตอบดังกล่าว คือ ชาร์กอฟฟ์

แนวคำตอบ : จากการทดลองของชาร์กอฟฟ์ พิสูจน์ให้เห็นว่า “ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เบส A จะมีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T และเบส C มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส G และปริมาณของ A+T จะไม่เท่ากับปริมาณของเบส C+G”

จากการทดลองของชาร์กอฟฟ์แสดงให้เห็นว่าในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ปริมาณของเบส 4 ชนิด จะแตกต่างกัน แต่จะมีปริมาณของเบส A ใกล้เคียงกับ T และเบส C ใกล้เคียงกับ G เสมอ เรียกว่า **กฎของชาร์กอฟฟ์ (Chargaff's Rule)** และสิ่งมีชีวิตจะมีอัตราส่วนระหว่างเบส A:T และอัตราส่วนระหว่างเบส G:C คงที่เสมอ จากอัตราส่วนของเบสดังกล่าว อาจเป็นไปได้ว่าเบส A จับคู่กับ T และเบส G จับคู่กับ C จากอัตราส่วนนี้ชี้ให้เห็นว่า DNA จะต้องมีการจัดเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด ที่ทำให้จำนวนของชนิด A เท่ากับ T และชนิด C เท่ากับ G เสมอไป

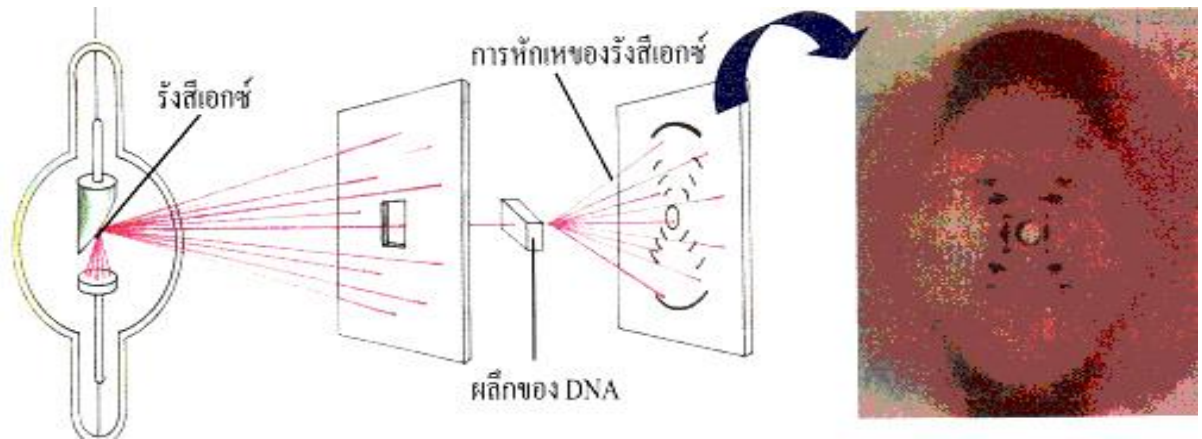
2. โครงสร้างของ DNA

จากการวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างเบสของโมเลกุลของ DNA มาแล้ว นักเรียนทราบหรือไม่ว่าโมเลกุลของ DNA จะมีโครงสร้างเป็นอย่างไร

ปี พ.ศ. 2493-2494 เอ็ม เอช เอฟ วิลคินส์ (M. H.F. Wilkins) และ โรซาลินด์ แฟรงคลิน (Rosalind Franklin) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ได้ศึกษาโครงสร้างของ DNA ในสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ โดยใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรชัน (X-ray diffraction) โดยการฉายรังสีเอกซ์ผ่านผลึก DNA การหักเหของรังสีเอกซ์ทำให้เกิดภาพบนแผ่นฟิล์ม ได้ภาพถ่ายที่ชัดเจนมาก ดังภาพที่ 5 จากภาพถ่ายนี้นักฟิสิกส์แปลผลได้ว่าโครงสร้างของ DNA จากสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ มีลักษณะที่คล้ายกันมาก คือประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์มากกว่า 1 สาย มีลักษณะเป็นเกลียว เกลียวแต่ละรอบมีระยะห่างเท่า ๆ กัน จากผลการศึกษาทำให้เข้าใจโครงสร้างทางกายภาพของ DNA



ภาพที่ 23 โรซาลินด์ แฟรงคลิน



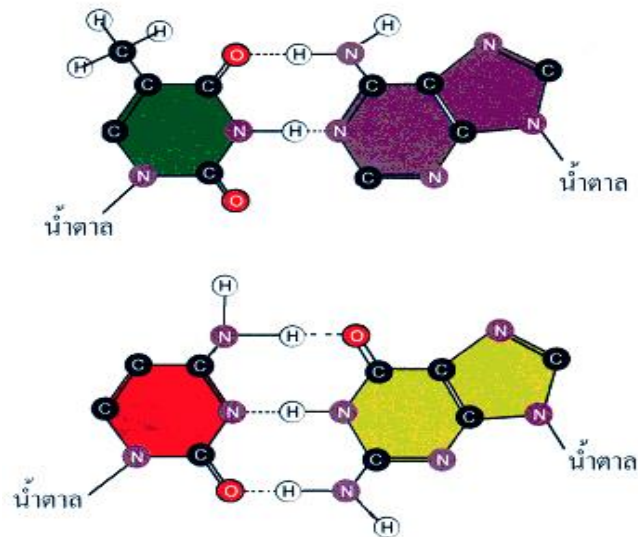
ภาพที่ 24 ภาพที่เกิดจากการหักเหของรังสีเอกซ์ผ่านผลึก DNA

ปี พ.ศ. 2496 เจ ดี วอตสัน (J.D. Watson) นักชีวเคมีชาวอเมริกัน และ เอฟ คริก (F. Crick) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ได้เสนอแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของ DNA ที่สมบูรณ์ที่สุด โดยรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากโครงสร้างทางเคมีของส่วนประกอบของโมเลกุล DNA จากผลการทดลองของชาร์กาทฟ์ที่แสดงให้เห็นว่า DNA มีเบส A เท่ากับ T และเบส C เท่ากับ G และภาพจากเทคนิคเอกซเรย์ ดิฟแฟรกชันของผลึก DNA โดยนักฟิสิกส์ นำความรู้ที่ได้มารวมกันเป็นแนวคิดเกี่ยวกับ โครงสร้างของ DNA

จากข้อมูลของชาร์กาทฟ์ทำให้วอตสันและคริกพยายามหาพันธะเคมีที่จะเชื่อมพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายให้ติดกัน ต่อมาได้พบว่าพันธะดังกล่าวคือพันธะไฮโดรเจน ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างคู่เบส แม้ว่าจะไม่แข็งแรง แต่เมื่อมีจำนวนมากก็จะมีพลังที่แข็งแรงพอที่จะยึดสายพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายให้เข้าคู่กันได้ และจากการศึกษาโครงสร้างของเบสทั้ง 4 ชนิด พบว่าระหว่างเบส A กับ T สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ 2 พันธะ และระหว่างเบส C และ G เกิดได้ 3 พันธะ

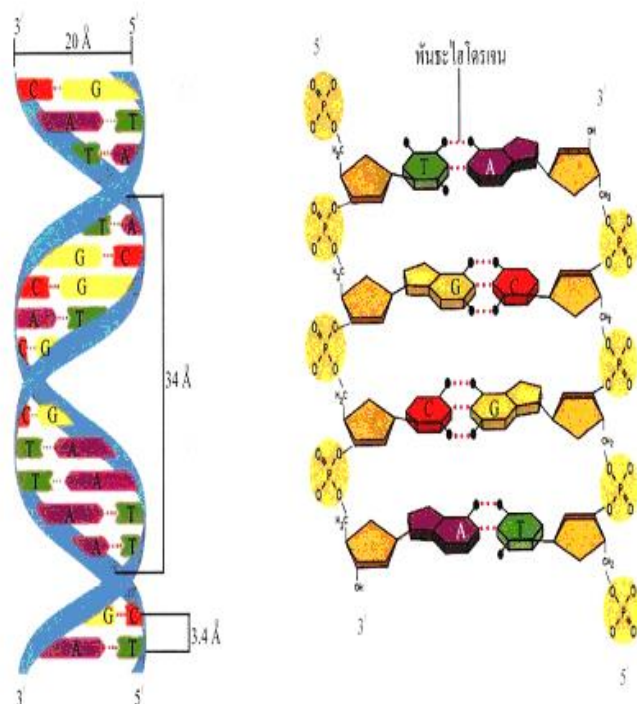


ภาพที่ 25 เจ ดี วอตสัน (J.D. Watson) นักชีวเคมีชาวอเมริกัน และ เอฟ คริก



ภาพที่ 26 พันระไฮโดรเจนระหว่างเบสที่เข้าคู่กัน

หลังจากนั้นวัตสันและคริกจึงสร้างแบบจำลอง DNA ตามแนวคิด โดยให้พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายเรียงสลับทิศกันปลาย 3' ของสายหนึ่งเข้ากับปลาย 5' ของอีกสายหนึ่ง เบส A ของสายหนึ่งตรงกับเบส T ของอีกสายหนึ่ง และเบส C ของสายหนึ่งตรงกับเบส G ของอีกสายหนึ่งเสมอ จากนั้นจึงเสนอโครงสร้างโมเลกุลของ DNA ว่าประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เบสในแต่ละสายของ DNA ที่เป็นเบสคู่สม (**complementary base pair**) ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยมีเบส A จับคู่กับเบส T และเบส C จับคู่กับเบส G โดยมีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' แต่สวนทางกันและพันกันเป็นเกลียวคู่ (**double helix**) เวียนขวาตามเข็มนาฬิกา เกลียวแต่ละรอบห่างเท่าๆกันและมีคู่เบสจำนวนเท่ากัน โครงสร้างเกลียวคู่ทำให้โครงสร้างของ DNA มีลักษณะคล้ายบันไดเวียน โดยมีน้ำตาลดีออกซีไรโบสจับกับหมู่ฟอสเฟตเป็นราวบันได (**backbones**) และบันไดแต่ละขั้นคือ คู่เบส 1 คู่ ดังภาพ



ภาพที่ 27 โครงสร้างของ DNA

จากภาพโครงสร้างของ DNA พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย อยู่ห่างกัน 20 อังสตรอม(A) เกือบแต่ละรอบยาว 34 อังสตรอม แต่ละนิวคลีโอไทด์มีระยะห่างกัน 3.4 อังสตรอม นักเรียนได้ศึกษามาแล้วว่าโครงสร้างของ DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวนมาก แม้ว่า DNA จะมีนิวคลีโอไทด์เพียง 4 ชนิด แต่โมเลกุลของ DNA มีความแตกต่างกันได้หลายชนิด แต่ละโมเลกุลอาจประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์หลายพันคู่จนถึงแสนคู่ ตัวอย่างเช่นถ้า DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 2 โมเลกุลเรียงกัน จะสามารถจัดเรียงให้แตกต่างกันได้ 16 แบบ (4^2) ดังนั้นถ้าโมเลกุล DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวนมาก การเรียงลำดับของเบสก็จะแตกต่างกันมากด้วยเช่นเดียวกัน

ลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งๆ มีหลายลักษณะ และลำดับเบสของ DNA ซึ่งเกิดจากเบสชนิดต่างๆ กันนั้นมีหลายรูปแบบที่น่าจะมากพอที่จะทำหน้าที่ควบคุมหรือกำหนดลักษณะ

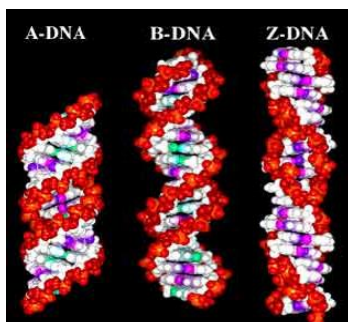
พันธุกรรมต่างๆ ได้ สิ่งที่น่าสนใจคือ DNA กำหนดและควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

จากประเด็นคำถาม “เป็นไปได้หรือไม่ว่าเบส A จับคู่กับเบส T และเบส C จับคู่กับเบส G ถ้าเป็นดังที่กล่าวแล้วโครงสร้างของ DNA น่าจะเป็นอย่างไร” ที่กำหนดและผลจากการสืบค้นข้อมูลนักเรียนสามารถสรุปได้ว่า วิลคินส์และแฟลงคลินศึกษาโครงสร้างของ DNA จากการฉายรังสีเอกซ์ผ่านผลึก DNA จะเกิดการหักเหของรังสี-เอกซ์ทำให้เกิดภาพบนแผ่นฟิล์ม วินคินส์และแฟลงคลิน ใช้ประจักษ์พยานมาแปลข้อมูลทำให้ทราบว่า

1. สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ มีโครงสร้างของ DNA คล้ายกันมาก
2. DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์มากกว่า 1 สาย
3. พอลินิวคลีโอไทด์มีลักษณะเป็นเกลียว
4. เกลียวของพอลินิวคลีโอไทด์แต่ละรอบมีระยะห่างเท่ากัน

วอตสันและคริกได้สร้างแบบจำลองโมเลกุลของ DNA โดยนำข้อมูลจากการค้นพบของนิวคลีโอไทด์และแฟลงคลิน และการสืบค้นที่เกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA นำมาสร้างแบบจำลองของ DNA ดังนี้

1. สร้างพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย โดยปลาย 3' ของพอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่งจับกับปลาย 5' ของสายพอลินิวคลีโอไทด์อีกสายหนึ่ง แต่ละสายมีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' เรียงสลับทิศทางกัน
2. ให้เบส A จับกับเบส T และเบส C จับกับเบส G
3. เบส A ยึดกับเบส T ด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ เบส C ยึดกับเบส G ด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ
4. พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย พันกันบิดเป็นเกลียวคู่ คล้ายบันไดเวียน โดยมีน้ำตาลดีออกซีไรโบสจับหมู่ฟอสเฟตคล้ายเป็นราวบันได
5. เกลียวแต่ละรอบห่างเท่ากัน 34 A และคู่เบสแต่ละคู่ห่างกัน 3.4 A และพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายห่างกัน 20 A



ภาพที่ 28 โครงสร้างของ DNA แบบ A แบบ B และแบบ Z

ใบงานที่ 3.4.1 เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของ DNA

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เบสพิวรีนและเบสไพริมิดีนมีโครงสร้างแตกต่างกันอย่างไร

.....
.....

2. นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างไร

.....
.....

3. ปริมาณเบส 4 ชนิด ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สัมพันธ์กันอย่างไร

.....
.....

4. อัตราส่วนของ A+T และ C+G ในโมเลกุลของ DNA ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สัมพันธ์กันอย่างไร

.....
.....

5. จากการทดลองของชาร์กาฟฟ์ สรุปได้ว่าอย่างไร

.....
.....
.....
.....

ใบงานที่ 3.4.2 เรื่อง โครงสร้างของ DNA

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. โครงสร้างของ DNA ที่มีลักษณะเป็น 2 สาย โดยมีการจับคู่กันของคู่เบสของสาย DNA แต่ละสาย มีผลดีต่อ DNA อย่างไร

.....
.....

2. แรงยึดระหว่างเบส A กับ T และ C กับ G คู่ใดมีความแข็งแรงมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

.....
.....

3. ใน 1 เกลียว ของ DNA ประกอบด้วยคู่เบสกี่คู่

.....
.....

4. โมเลกุลของ DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ถ้าสายพอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่ง มีลำดับเบสเป็น 5' A C G T C A G 3' พอลินิวคลีโอไทด์ของสายที่เป็นคู่กันจะมีลำดับเบสเป็นอย่างไร

.....

.....

5. DNA ที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุล จะเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ให้แตกต่างกันได้กี่แบบ

.....

.....

22. เพราะเหตุใดฟีโนไทป์ของลักษณะคางบวมจึงมีได้ 2 แบบ ในขณะที่จีโนไทป์มีได้ 3 แบบ

ตอบ เพราะแอลลีล N ควบคุมลักษณะคางบวมเป็นแอลลีลเด่น สามารถบังผลของแอลลีล n ที่ควบคุมลักษณะคางไม่บวมไว้ได้ ดังนั้น คนที่มีจีโนไทป์ Nn จึงมีลักษณะคางบวมเหมือนคนที่มีจีโนไทป์ NN ดังนั้น ลักษณะคางจึงมีฟีโนไทป์ 2 แบบ ขณะที่จีโนไทป์ 3 แบบ

23. ลักษณะคางบวมเป็นลักษณะเด่นหรือลักษณะด้อย นักเรียนทราบได้อย่างไร

ตอบ ลักษณะคางบวมเป็นลักษณะเด่น เพราะบุคคลที่มีจีโนไทป์ Nn มีลักษณะคางบวม

24. สิ่งใดที่กำหนดจีโนไทป์ของพ่อและแม่

ตอบ ยีนในเซลล์สืบพันธุ์ของปู่ย่าและตายาย ตามลำดับ

25. ฟีโนไทป์ของพ่อ แม่ และลูก ในภาพที่ 3-16 เป็นอย่างไร

ตอบ ฟีโนไทป์ของพ่อ คือ คางบวม (พันทาง)

ฟีโนไทป์ของแม่ คือ คางบวม (พันธุแท้)

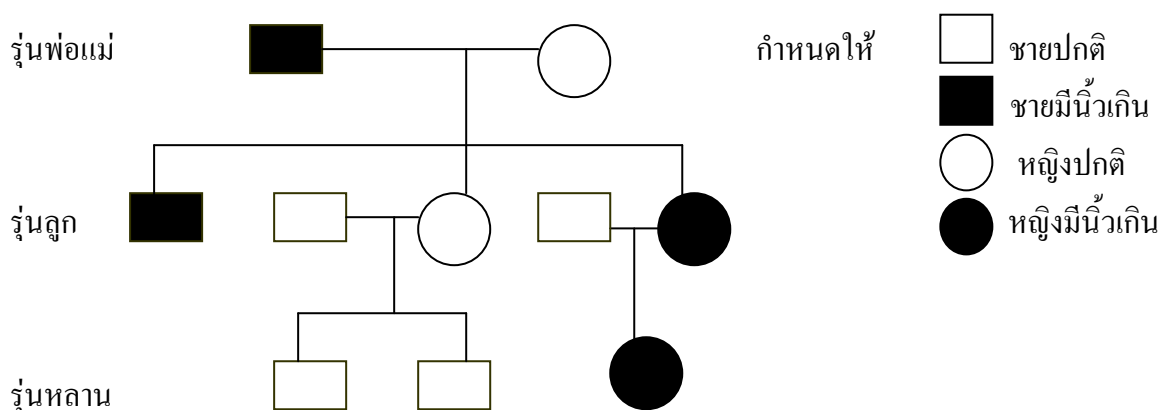
ฟีโนไทป์ของลูก คือ คางบวม (มีจีโนไทป์ 2 แบบ คือ NN 50% และ Nn 50%)

3.5 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจะมีหน่วยควบคุมลักษณะ (genetic unit) ควบคุมสิ่งมีชีวิตให้มีรูปร่างและลักษณะเป็นไปตามเผ่าพันธุ์ของพ่อแม่ เรียกว่า ยีน (gene) ดังนั้น ยีนจึงทำหน้าที่ควบคุมการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ จากบรรพบุรุษไปสู่รุ่นหลาน ลักษณะต่างๆ ที่ถ่ายทอดไปนั้นพบว่าบางลักษณะไม่ปรากฏในรุ่นลูก แต่อาจจะปรากฏในรุ่นหลานก็ได้ จึงมีผลทำให้เกิดความแตกต่างกันของลักษณะทางพันธุกรรมจนมีผลทำให้สิ่งมีชีวิตเกิดความหลากหลาย แต่การสะสมลักษณะทางพันธุกรรมจำนวนมากทำให้เกิดสปีชีส์ต่าง ๆ และสามารถดำรงเผ่าพันธุ์ไว้ได้จนถึงปัจจุบัน

การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ เรียกว่า ยีนที่เกี่ยวข้องกับเพศ ถ้ายีนมีตำแหน่งบนโครโมโซม X ก็เรียกว่ายีนที่เกี่ยวข้องกับ X (X-linked gene) ถ้ายีนมีตำแหน่งบนโครโมโซม Y เรียกว่ายีนที่เกี่ยวข้องกับ Y (Y-linked gene) ครูชี้แนะว่ายีนบนโครโมโซม X มีทั้งยีนเด่นและยีนด้อย

โดยตัวอย่างการเขียนเพดดิกรีการถ่ายทอดลักษณะนิ้วเกิน (หนังสือเรียน ภาพ 3-17) ดังนี้



จากเพดดิกรีแสดงให้เห็นว่าคนที่มียีนพบในทุกรุ่น โดยคนที่มียีนมีพ่อหรือแม่ที่มีลักษณะนิ้วเกินและโอกาสพบลักษณะในเพศชายและหญิงเท่าๆกัน ดังนั้นการถ่ายทอดลักษณะนิ้วเกินจึงเป็นการถ่ายทอดพันธุกรรมที่เป็นลักษณะเด่นและควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมร่างกาย

26. การบรรยายด้วยข้อความกับการเขียนเพดดิกรีแสดงแบบแผนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้ชัดเจนแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ตอบ แตกต่างกัน การเขียนเพดดิกรีจะช่วยให้สังเกตการถ่ายทอดลักษณะในแต่ละรุ่น ได้ชัดเจนและสามารถบอกได้ว่าลักษณะพันธุกรรมนั้นเป็นลักษณะเด่นหรือด้อย ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมร่างกาย หรือโครโมโซมเพศ

27. หากนักเรียนเป็นโรคที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม จะตัดสินใจมีบุตรหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ ถ้านักเรียนตัดสินใจมีบุตร ควรศึกษาว่าผู้ที่จะแต่งงานด้วยนั้นเป็นโรคที่ถ่ายทอดทางลักษณะทางพันธุกรรมหรือไม่ หรือในประวัติครอบครัวของผู้ที่จะแต่งงานด้วยมีคนมีโรคพันธุกรรมหรือไม่ เพราะถ้าเป็นโรคเหมือนกัน ทั้งฝ่ายหญิงและฝ่ายชายจะทำให้ลูกมีโอกาสเป็นโรคพันธุกรรมนั้น ๆ ก็ได้ จึงควรปรึกษาแพทย์ก่อนตัดสินใจว่าจะมีบุตรหรือไม่

ใบงานที่ 3.5.1 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะของโรคธาลัสซีเมีย

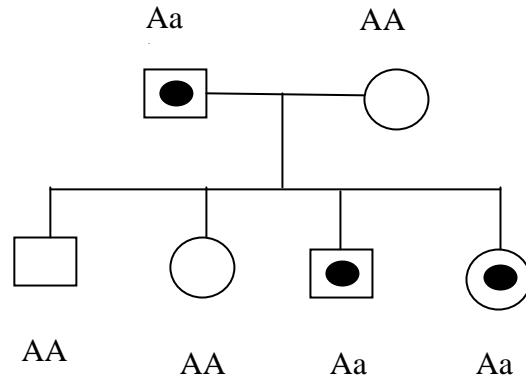
คำชี้แจง : ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะของโรคธาลัสซีเมีย (กิจกรรมที่ 3.6 หนังสือเรียน หน้า 149-150) สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับโรคธาลัสซีเมียในประเทศไทย แล้วอภิปราย แล้วตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนอธิบายการถ่ายทอดลักษณะของโรคธาลัสซีเมียในแต่ละกรณี โดยระบุโอกาสเสี่ยงของการมีลูกที่เป็นโรคธาลัสซีเมียและเป็นพาหะของโรค
 - การถ่ายทอดยีนธาลัสซีเมียในแต่ละกรณีสามารถแสดงในรูปแบบเพดดิกรี และโอกาสเสี่ยงของการมีลูกเป็นโรคธาลัสซีเมีย เป็นดังนี้

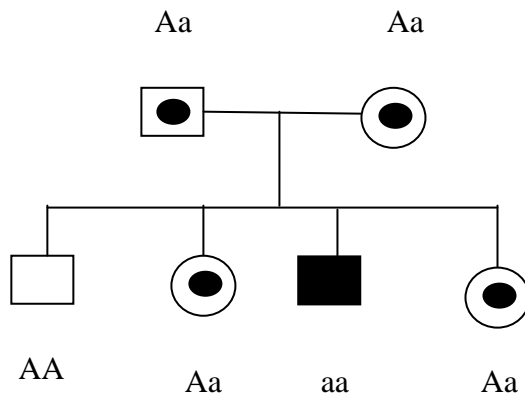
กำหนดให้

AA	แทนลักษณะปกติ	□ : ชายปกติ	○ : หญิงปกติ
Aa	แทนลักษณะพาหะ	◻ (ที่มีจุด) : ชายพาหะ	◉ (ที่มีจุด) : หญิงพาหะ
aa	แทนลักษณะโรคธาลัสซีเมีย	■ : ชายเป็นโรค	● (ที่มีจุด) : หญิงเป็นโรค

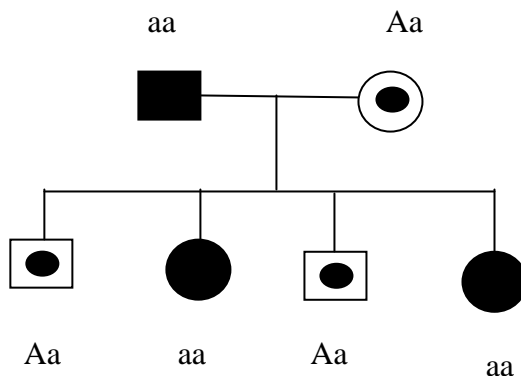
ก. ในกรณีที่พ่อหรือแม่เป็นพาหะเพียงคนเดียว จะไม่มีลูกคนใดเป็นโรคเลย แต่โอกาสที่ลูกเป็นพาหะเท่ากับ 2 ใน 4 หรือ 50%



ข. ในกรณีที่พ่อและแม่เป็นพาหะของธาลัสซีเมียทั้ง 2 คน โอกาสที่ลูกจะเป็นโรคเท่ากับ 1 ใน 4 (25%) และเป็นปกติเท่ากับ 1 ใน 4 (25%) และโอกาสที่จะเป็นพาหะเท่ากับ 2 ใน 4 หรือ 50%



ค. ในกรณีที่พ่อหรือแม่เป็นโรคเพียงคนเดียว และอีกฝ่ายเป็นพาหะ โอกาสที่ลูกจะเป็นโรคเท่ากับ 2 ใน 4 (50%) และเป็นพาหะเท่ากับ 2 ใน 4 (50%)



จากเพดดีกรีี่แสดงว่า.....
.....
.....
.....

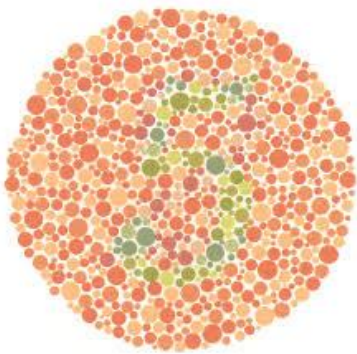
2. นักเรียนคิดว่าจะสามารถป้องกันการเกิดโรคธาลัสซีเมียได้อย่างไร

ตอบ.....
.....
.....
.....

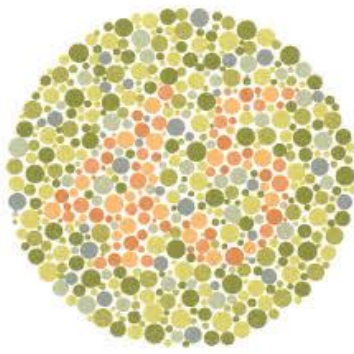
ใบงานที่ 3.5.2 เรื่อง การทดสอบตาบอดสี

ตอนที่ 1

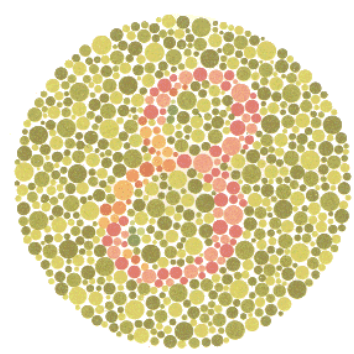
คนที่ตาบอดสีจะมองเห็นสีผิดไปจากคนปกติ เช่น คนที่ตาบอดสีแดงและสีเขียว จะมีปัญหาในการแยกสีทั้งสองสี โดยให้นักเรียนทดสอบการมองเห็นจากสิ่งที่ปรากฏบนวงกลมทั้ง 3 ภาพ แล้วบอกว่าจะมองเห็นอะไรบ้าง



ภาพที่ 1



ภาพที่ 2



ภาพที่ 3

- 1. สิ่งทีนักเรียนเห็นในภาพที่ 1 , 2 และ 3 เหมือนหรือแตกต่างจากทีนักเรียนคนอื่นเห็น

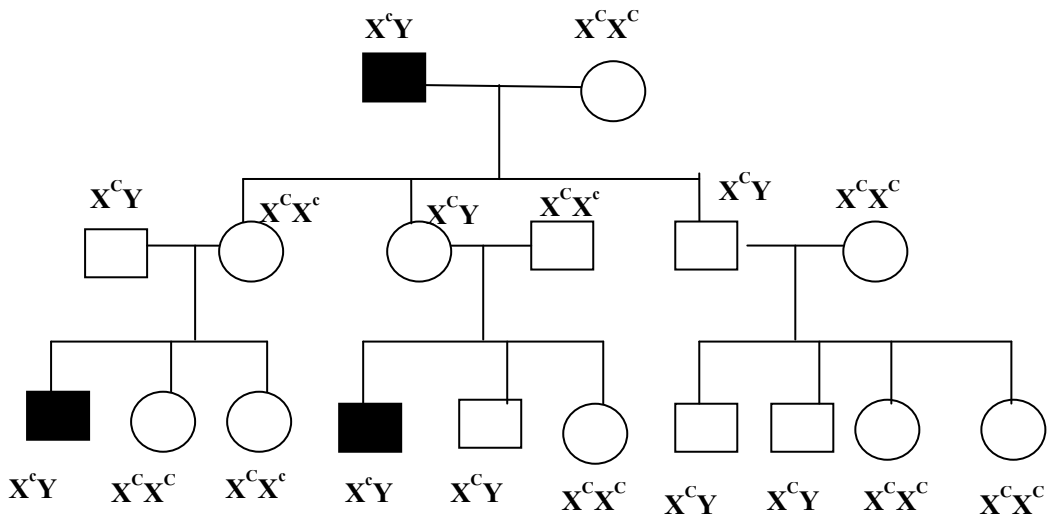
ตอบ.....
.....
.....

ตอนที่ 2

ให้นักเรียนศึกษาเพดดีกรีี่ แสดงการถ่ายทอดลักษณะตาบอดสีของบุคคลในครอบครัวหนึ่งแล้วตอบคำถาม

- กำหนดให้
- แทน ชายปกติ
 - แทน ชายตาบอดสี
 - แทน หญิงตาปกติ

โดยเขียนจีโนไทป์ของบุคคลในครอบครัวที่ตาบอดสี สามารถเขียนได้ดังนี้



1. ลูกสาวของชายและหญิงคู่นี้เป็นพาหะของลักษณะตาบอดสีหรือไม่

ตอบ.....

2. ในกรณีใดบ้างที่ครอบครัวจะมีลูกสาวตาบอดสีได้

ตอบ.....

3. เพราะเหตุใดลักษณะตาบอดสีส่วนใหญ่ปรากฏในเพศชาย

แนวคำตอบ : เพราะผู้ชายมีโครโมโซม X เพียงแท่งเดียว และลักษณะตาบอดสีเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X ดังนั้นถ้าบนโครโมโซม X ที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากแม่มียีนที่ควบคุมตาบอดสีอยู่ลักษณะตาบอดสีจะปรากฏออกมาได้เลย ขณะที่ผู้หญิงมีโครโมโซม X สองแท่ง ลักษณะตาบอดสีจะปรากฏเมื่อบนโครโมโซม X มียีนด้อยทั้งสองแท่งเท่านั้น จึงมีโอกาสพบในผู้หญิงได้น้อยกว่า

4. นักเรียนคิดว่าจำเป็นต้องทดสอบภาวะตาบอดสีประกอบการคัดเลือกบุคคลเข้าทำงานในบางอาชีพหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ : จำเป็น เพราะคนที่ตาบอดสีมองเห็นสีผิดไปจากความจริง ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายตามมา เช่น พนักงานขับรถถ้าไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างสัญญาณไฟจราจรสีแดงและสีเขียวอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ หรือพนักงานธนาคาร เนื่องจากธนบัตรแต่ละราคามีสีที่แตกต่างกัน จำเป็นต้องใช้สีธนบัตรเพื่อแยกประเภทว่าธนบัตรชนิดใด หรืออาชีพแพทย์ พยาบาล เกษกร และทหาร เป็นต้น

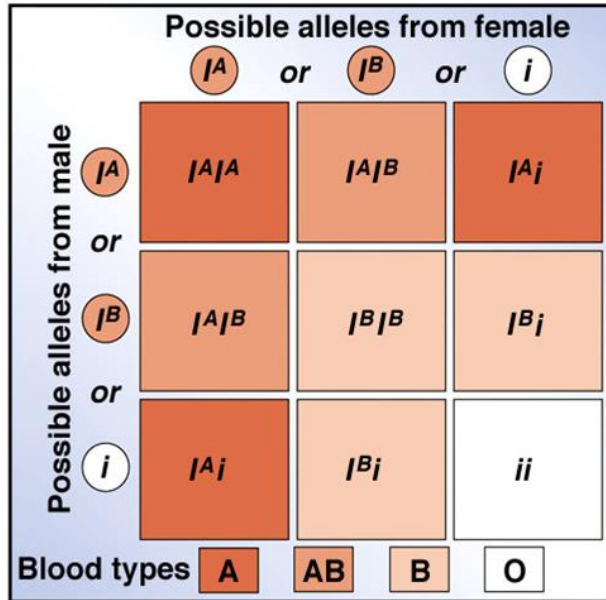
5. ให้นักเรียนอธิบายการถ่ายทอดลักษณะด้อยที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซม X ในเพศหญิง

แนวคำตอบ : ในกรณีที่ผู้หญิงมีลักษณะด้อย ลักษณะด้อยนั้นจะถ่ายทอดไปยังลูกชายทุกคน แต่ลูกสาวจะไม่แสดงลักษณะด้อยเลยถ้าพ่อไม่มีลักษณะด้อยนั้นด้วย

กรณีที่ผู้หญิงเป็นพาหะ ถ้าแต่งงานกับผู้ชายที่มีลักษณะด้อย โอกาสที่ลูก(ทั้งผู้ชายและผู้หญิง) จะมีลักษณะด้อย 50% จะเห็นได้ว่าลักษณะด้อยที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซม X จะถ่ายทอดจากแม่ไปยังลูกชายเสมอ เพราะลูกชายได้รับโครโมโซม X มาจากแม่

ใบงานที่ 3.5.3 เรื่อง หมู่เลือดระบบ ABO

ยีนที่กำหนดลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO ของคนมี 3 แอลลีล คือ I^A , I^B และ i ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์แอนติเจนบนผิวเซลล์เม็ดเลือดแดง โดยยีนเด่น คือ I^A และ I^B ทำให้เซลล์สังเคราะห์แอนติเจน ชนิด A และชนิด B ตามลำดับ ส่วนยีนด้อย คือ i เป็นแอลลีลที่ไม่สามารถสังเคราะห์แอนติเจนชนิด A หรือ B จึงไม่ปรากฏแอนติเจนทั้งสองชนิดบนผิวของเซลล์เม็ดเลือดแดง หมู่เลือด ABO มีจีโนไทป์และฟีโนไทป์ ดังตาราง



- เด็กชายปัญญาามีเลือดหมู่ AB แม่ของเขามีเลือดหมู่ B ดังนั้นพ่อของเขาจะมีเลือดหมู่ใด

ตอบ.....

- ให้นักเรียนเติมหมู่เลือดของลูกที่น่าจะเป็นไปได้ลงในตาราง

หมู่เลือดของพ่อ-แม่	หมู่เลือดที่น่าจะเป็นไปได้ในรุ่นลูก
A x A	
A x B	
A x AB	
A x O	
B x B	
B x AB	
B x O	
AB x AB	
AB x O	
O x O	

3.6 การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

ใบความรู้ที่ 3.6.1 เรื่อง มิวเทชัน (mutation)

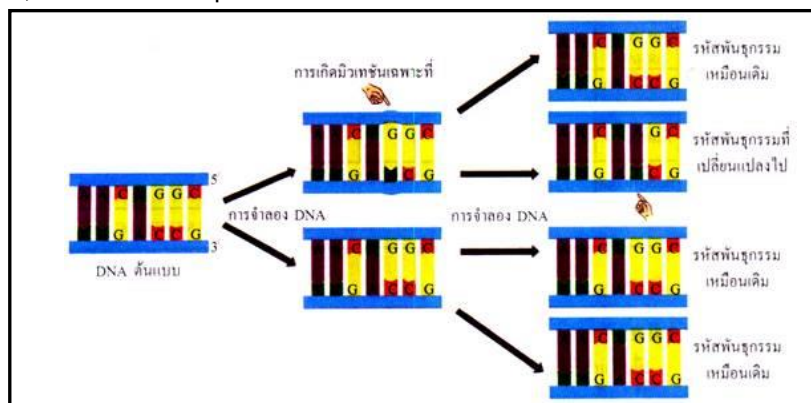
มิวเทชัน (mutation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมอย่างฉับพลันและลักษณะที่เปลี่ยนแปลงนี้สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้ ดังภาพ



ภาพที่ 29 ลักษณะผิวเผือกของคนและสัตว์

ถ้าเป็นการมิวเทชัน (mutation) ที่เกิดกับเซลล์สืบพันธุ์ แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

1. มิวเทชันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครโมโซม อาจจะเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือจำนวนของโครโมโซม
2. การเปลี่ยนแปลงจากยีนหนึ่งไปยังอีกยีนหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของนิวคลีโอไทด์ของ DNA เช่น โลหิตจาง ชนิดที่เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างเป็นเคียว (sickle cell anemia) สิ่งที่ทำให้เกิดมิวเทชันเรียกว่า มิวทา-เจน (mutagen) ได้แก่ รังสีต่างๆ สารเคมี ไวรัส บางชนิด เป็นต้น

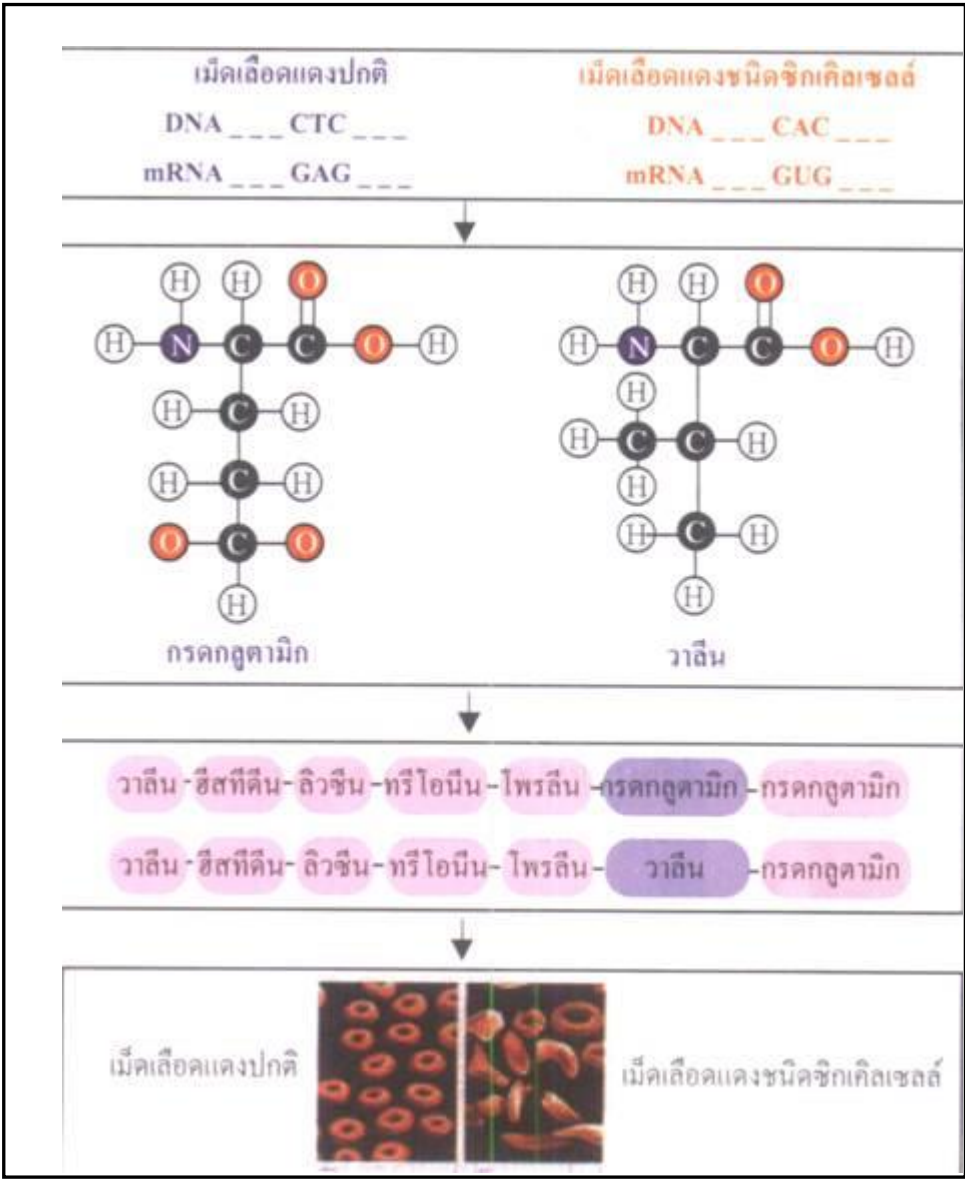


ภาพที่ 30 การเกิดมิวเทชันเฉพาะที่

การเกิดมิวเทชันเฉพาะที่ในบริเวณ DNA ที่เป็นตำแหน่งของยีน สามารถจัดได้ 2 ประเภท คือ

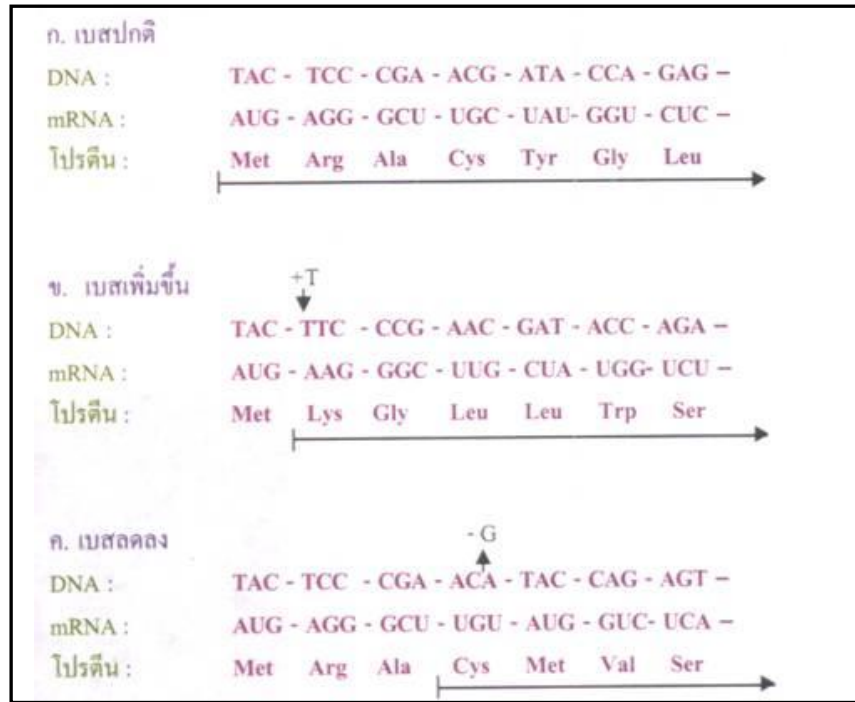
1. การแทนที่คู่เบส (base-pair substitution) การเกิดมิวเทชันในลักษณะนี้อาจมีผลต่อการแสดงของ ลักษณะพันธุกรรมหรือไม่ก็ได้ เนื่องจากโคดอนหลายชนิดเป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิดเดียวกันได้ เช่น CUU CUC CUA และ CUG หากมีการเกิดมิวเทชันเฉพาะที่ที่มีการเปลี่ยน รหัส CUC ซึ่งเป็นรหัสของลิวซีนให้ กลายเป็น CUG การเกิดมิวเทชันดังกล่าวย่อมไม่มีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต เพราะยังมีการสร้างสาย พอลิเพปไทด์ที่มีลำดับกรดอะมิโนเช่นเดิม

การเกิดมิวเทชันเฉพาะที่แบบการแทนที่คู่เบส เมื่อเกิดการแทนที่ของคู่เบสแล้ว มีผลทำให้รหัสพันธุกรรม เปลี่ยนไปเป็นรหัสพันธุกรรมของกรดอะมิโนต่างชนิดกัน หากบริเวณดังกล่าวมีความสำคัญต่อการเกิดรูปร่างของ โปรตีน หรือมีความจำเพาะต่อการทำงานของโปรตีนชนิดนั้นย่อมมีผลมากต่อฟีโนไทป์ของสิ่งมีชีวิต ดังการเกิดโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ มีการเกิดมิวเทชันเฉพาะที่ที่โคดอนที่เป็นรหัสพันธุกรรมของกรด อะมิโนตำแหน่งที่ 6 ของสายบีตาสายหนึ่งของฮีโมโกลบินดังภาพที่ 3



ภาพที่ 31 การเกิดมิวเทชันเฉพาะที่แบบการแทนที่ของคู่เบส

2. การเพิ่มของนิวคลีโอไทด์ (insertion) หรือการขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์ (deletion) การเกิดมิวเทชันนี้เป็นการที่มีการเพิ่มขึ้นของคู่นิวคลีโอไทด์ หรือการขาดหายไปของคู่นิวคลีโอไทด์ในบางตำแหน่งของยีน การเกิดมิวเทชันในลักษณะนี้ 1-2 นิวคลีโอไทด์ มักมีการเปลี่ยนแปลงในการทำงานของพอลิเพปไทด์อย่างชัดเจนเนื่องจากการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของนิวคลีโอไทด์ ในบริเวณที่เป็นโคดอน 1-2 นิวคลีโอไทด์ จะมีผลทำให้ลำดับกรดอะมิโนตั้งแต่ตำแหน่งที่มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของโคดอนเปลี่ยนไปทั้งหมด เรียกการเกิดมิวเทชันแบบนี้ว่า เฟรมชิฟท์ มิวเทชัน (frameshift mutation) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 32 การเกิดเฟรมชิฟท์ มิวเทชัน

การเกิดมิวเทชันในธรรมชาติจะเกิดในอัตราต่ำมาก แต่ส่วนใหญ่เกิดจากการชักนำของมนุษย์ทำให้เกิดมิวเทชันในอัตราสูง สิ่งที่เป็นตัวกระตุ้นหรือชักนำให้เกิดมิวเทชันขึ้นกับ DNA เรียกว่า *สิ่งก่อกลายพันธุ์* หรือ *มิวทาเจน (mutagen)*

ปัจจัยที่ทำให้เกิดมิวเทชัน

ตัวกระตุ้นหรือตัวชักนำให้เกิดมิวเทชัน เรียกว่า *สิ่งก่อกลายพันธุ์ (mutagen)* เช่น

1. **รังสี (radiation)** เช่น รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ รังสีอัลตราไวโอเล็ต
2. **สารเคมี (chemical substance)** เช่น สารคลอซิซิน (colchicine) มีผลทำให้จำนวนชุดโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็น tetraploid (4n) เนื่องจากสารนี้ไปทำลายไมโทติก สปินเดิล ในระยะเมทาเฟส
3. **ไวรัส (virus)** ทำให้เกิดเนื้องอกและมะเร็ง

สิ่งก่อกลายพันธุ์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดรวมทั้งมนุษย์ด้วย *มิวทาเจน* หลายอย่างเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของเซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ ความรู้เรื่องมิวเทชันในระดับ DNA จะช่วยให้เราเข้าใจและหาทางแก้ไขโรคทางพันธุกรรมได้ อย่างไรก็ตามการเกิดมิวเทชันบางอย่างทำให้เกิดพันธุ์ใหม่ ๆ เป็นผลดีแก่มนุษย์ ก่อให้เกิดวิวัฒนาการตามธรรมชาติ

ปัจจุบันการชักนำให้เกิดมิวเทชันเฉพาะที่ ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาการพัฒนาของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น ยีสต์ แมลงหวี่ หนอนตัวกลม และอะราบิโดพซิส (*Arabidopsis sp.*) ซึ่งเป็นพืชชนิดหนึ่งในวงศ์ผักกาด ที่นักวิทยาศาสตร์จากสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น ตกลงกันให้เป็นพืชต้นแบบในการจัดทำแผนที่พันธุกรรมและหาลำดับเบสสำเร็จเป็นครั้งแรกเนื่องจากเป็นพืชขนาดเล็กเจริญเติบโตเร็ว วัฏจักรชีวิตสั้น มีขนาดจีโนมประมาณ 120 ล้านคู่เบส ซึ่งการศึกษาดูตรวจสอบหน้าที่ของโปรตีนแต่ละชนิดเพื่อนำข้อมูลไปเป็นพื้นฐานในการศึกษาและปรับปรุงพันธุ์พืชชนิดอื่น ๆ ที่มีลักษณะตามที่ต้องการ การทำให้เกิดมิวเทชันเฉพาะที่เป็นการยับยั้งการทำงานของโปรตีนชนิดนั้น ๆ จะทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงบทบาทหน้าที่ของโปรตีนชนิดนั้น ๆ

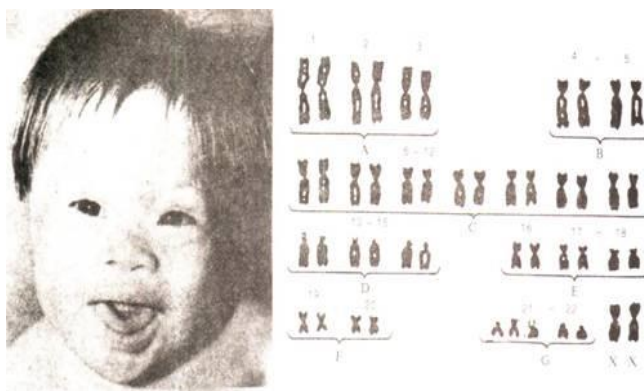
สรุปการเกิดมิวเทชันระดับโครโมโซม

1. **การเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างของโครโมโซม** มีสาเหตุจากความผิดปกติในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส รังสีต่าง ๆ หรือสารเคมี จึงทำให้เซลล์สืบพันธุ์ผิดปกติ เกิดขึ้นได้หลายแบบ เช่น บางส่วนของโครโมโซมขาดหายไป บางส่วนของโครโมโซมเกินมาจากปกติ บางส่วนของโครโมโซมขาดหายไปกลับมาต่อใหม่แต่ต่อกลับด้าน การแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนโครโมโซมต่างคู่กัน การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมทำให้จำนวนคู่เบสและลำดับของเบสเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งทำให้รหัสพันธุกรรมและการสังเคราะห์โปรตีนเปลี่ยนไป มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฟีโนไทป์ เกิดโรค ต่าง ๆ เช่น **กลุ่มอาการครีดูชาต์**

2. **การเปลี่ยนแปลงด้านจำนวนโครโมโซม** มีสาเหตุมาจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสผิดปกติ คือเกิดปรากฏการณ์นอนดิสจังก์ชัน ซึ่งฮอโมโลกัสโครโมโซมไม่แยกจากกันขณะแบ่งเซลล์ มีผลทำให้เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนโครโมโซมขาดหรือเกินเป็นแท่ง ซึ่งเกิดได้ทั้งออโทโซมและโครโมโซมเพศ เช่น **กลุ่มอาการดาวน์** **กลุ่มอาการเทอร์เนอร์** นอกจากนี้จำนวนโครโมโซมขาดหรือเกินเป็นชุด เรียกว่า **พอลิพลอยด์** มักพบในพืชจะมีประโยชน์มาก แต่ถ้าเกิดกับสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจะมีผลเสียมากกว่าผลดี

ตัวอย่างสิ่งก่อกลายพันธุ์ทั้งที่เป็นรังสีและสารเคมี รวมทั้งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นขณะมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ทำให้เกิดมิวเทชันในระดับโครโมโซมได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

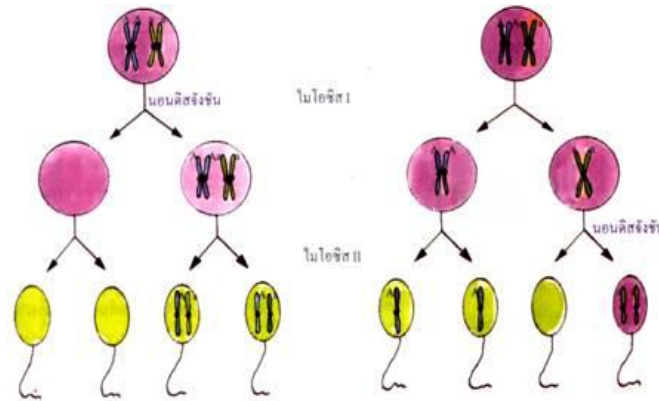
กลุ่มอาการดาวน์ (Down's syndrome)



ภาพที่ 33 ผู้ป่วยกลุ่มอาการดาวน์และคาริโอไทป์

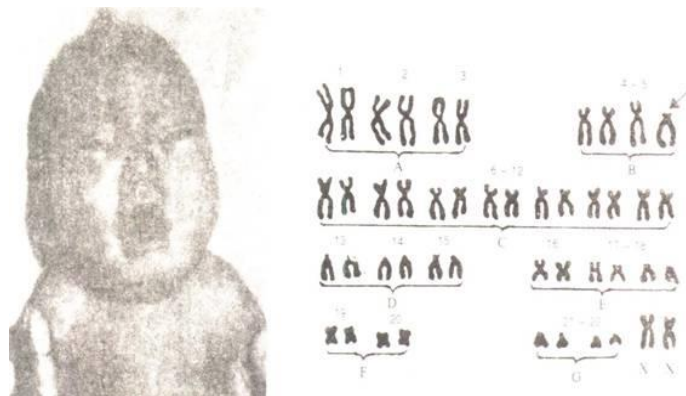
พบประมาณ 1 ใน 660 คน เกิดจากโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 เส้น อาการของกลุ่มนี้จะมีลักษณะคือแรกเกิดตัวอ่อน ใบหน้าจะมีคางงุ้มแพบ นัยน์ตาห่าง หาดำซี่ ไบหูผิดปกติ ปากปิดไม่สนิท ลิ้นใหญ่จุกปาก นิ้วมือ

สั้นป้อม ระหว่างนิ้วหัวแม่เท้าและนิ้วชี้มีช่วงกว้าง เส้นลายมือขาด ปัญญาอ่อน มี IQ ประมาณ 20 –50 บางรายมีความพิการของหัวใจและทางเดินอาหารทำให้เสียชีวิตได้ พบบ่อย เมื่อมารดามีอายุมากขึ้น สำหรับกลุ่มมารดาที่มีอายุ 45 ปีขึ้นไป ลูกจะมีการผิดปกติแบบนี้สูงถึง 1 ต่อ 50 คน การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมมักจะเกิดขึ้นเมื่อมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสผิดปกติ โดยออมอโลกัสโครโมโซมจะไม่แยกออกจากกันในระยะแอนาเฟสของไมโอซิส I หรือ ไมโอซิส II โครโมโซมจึงเคลื่อนย้ายไปยังขั้วเดียวกันของเซลล์ เรียกกระบวนการนี้ว่า **นอนดิสจังก์ชัน (non-disjunction) ดังภาพที่ 34**



ภาพที่ 34 นอนดิสจังก์ชัน (non-disjunction)

กลุ่มอาการคริดูชาต (Cri - du - chat syndrome หรือ Cat-cry syndrome)



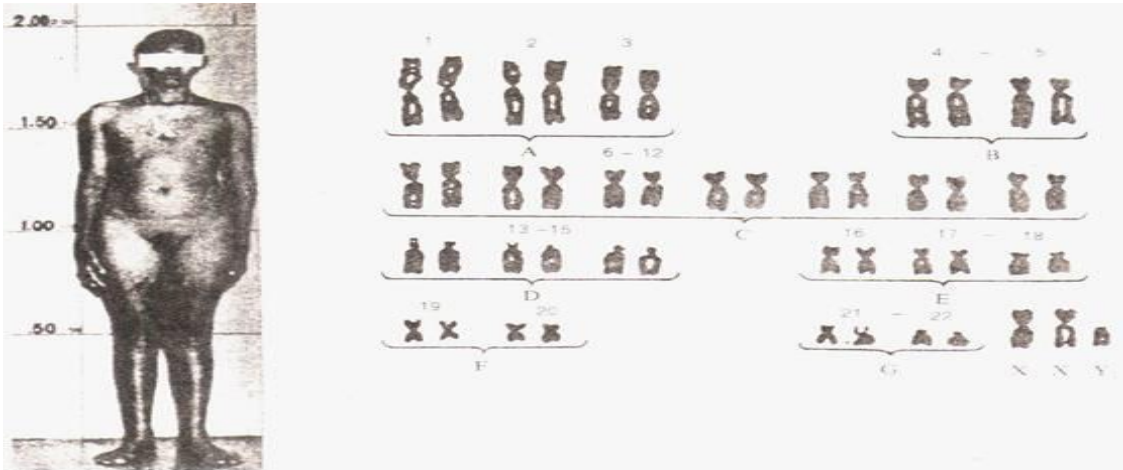
ภาพที่ 35 ผู้ป่วยกลุ่มอาการคริดูชาตและคาริโอไทป์

กลุ่มอาการคริดูชาต เกิดจากโครโมโซมมีรูปร่างผิดปกติ ทำให้ลักษณะของสิ่งมีชีวิตผิดปกติได้ โดยโครโมโซมคู่ที่ 5 มีบางส่วนขาดหายไปทำให้มีเสียงข้างสั้นของโครโมโซม สั้นกว่าปกติ อาการนี้ทำให้เด็กไม่เจริญเติบโต ศีรษะมีขนาดเล็ก หน้ากลม ใบหูต่ำ หาดาซี่ และอยู่ห่างกัน ดั้งจมูกแบน ปัญญาอ่อน และมีเสียงร้องเหมือนแมว



ภาพที่ 36 ลักษณะของคนกลุ่มอาการคริดูชาต

กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์ (Klinefelter's syndrome)



ภาพที่ 37 ผู้ป่วยกลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์และคาริโอไทป์

กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์ เป็นกลุ่มของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติอีกแบบหนึ่งที่เกิดจากโครโมโซมผิดปกติ ความผิดปกติแบบนี้ พบในผู้ป่วยเพศชายมีรูปร่างสูง หน้าอกโต เป็นหมัน และอาจมีปัญหาอ่อนด้อย พบประมาณ 1.3 คน ต่อผู้ชาย 1,000 คน สาเหตุเนื่องจากมีโครโมโซมผิดปกติ คือ โครโมโซมเพศแบบ XXY ทำให้มีจำนวนโครโมโซม 47 โครโมโซม ซึ่งเกินกว่าคนปกติ 1 โครโมโซม (ในบางกรณีผู้ป่วยที่เป็นโรคนี้อาจจะมีโครโมโซมถึง 48 โครโมโซม เพราะมีโครโมโซมเพศแบบ XXXY)

กลุ่มอาการเทอร์เนอร์ (Turner's syndrome)



ภาพที่ 38 ผู้ป่วยกลุ่มอาการเทอร์เนอร์และคาริโอไทป์

กลุ่มอาการเทอร์เนอร์ พบในผู้ป่วยเพศหญิง มีลักษณะตัวเตี้ย กระดูกหน้าอกกว้าง หัวนมห่าง ที่บริเวณคอเป็นพังศีดกางเป็นปีก ไม่มีประจำเดือน เป็นหมัน และอาจมีปัญหาอ่อน ผู้ป่วยในกลุ่มนี้มีจำนวนโครโมโซม 45 โครโมโซม เนื่องจากมีโครโมโซมเพศ คือ โครโมโซม X เพียงโครโมโซมเดียว พบในผู้หญิง 1 ต่อ 2,500 คน

โรคที่เกิดจากโครโมโซมร่างกาย

ลักษณะเด่น ได้แก่ นิ้วเกิน เท้าแบนปม ประสาทเสื่อม (สันกระดูก)

ลักษณะด้อย ได้แก่ ทาลัสซีเมีย โลหิตจาง (ซิกเคิลเซลล์) ผิวเผือก เอนไซม์ตับบกพร่อง (PKU)

โรคที่เกิดจากโครโมโซมเพศ ได้แก่ ตาบอดสี กล้ามเนื้อแขน – ขาลีบ โลหิตไหลไม่หยุด

ระดับการเกิดมิวเทชัน

1. มิวเทชันของยีน (gene mutation หรือ point mutation) มิวเทชันของยีนจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเบส (A, T, C, G) โดยอาจเปลี่ยนที่ชนิดของเบส โครงสร้างหรือลำดับของเบส ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์ที่สร้างขึ้น ทำให้โปรตีนที่สร้างขึ้นมานั้นเปลี่ยนสมบัติทางเคมีไปจากเดิม หรือหมดสภาพไป เช่น โรคโลหิตจางชนิดเม็ดเลือดแดงมีรูปร่างเหมือนเคียวเกี่ยวข้าว (sickle cell anemia) โดยเกิดจากการที่กรดอะมิโนในลำดับที่ 6 ของพอลิเพปไทด์สายบีตาของฮีโมโกลบิน เปลี่ยนจาก กรดกลูตามิก (ในคนปกติ) ไปเป็น วาลีน (คนเป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์) เนื่องจากรหัสพันธุกรรมใน เปลี่ยนจาก CTC ไปเป็น CAC

2. มิวเทชันของโครโมโซม (chromosomal mutation) มิวเทชันของโครโมโซม มี 2 ประเภท คือ

2.1 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครงสร้างภายในของโครโมโซม โดยโครโมโซมอาจขาดหายไป (deletion) ทำให้ยีนขาดหายไปด้วย เช่น กรณีการเกิดโรคกลุ่มอาการครีดูชาต์ โดยโครโมโซมคู่ที่ 5 เส้นหนึ่งมีบางส่วนขาดหายไป หรืออาจเพิ่มขึ้นมา (duplication) หรือเปลี่ยนสลับที่ (translocation)

2.2 การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม จำนวนโครโมโซมอาจเพิ่มขึ้น/ลดลง 2 ลักษณะ คือ

1) แอนูพลอยดี (aneuploidy) จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากปกติ 1-2 ท่อน ($2n + 1$ หรือ $2n - 1$) เช่น ผู้ป่วยกลุ่มอาการดาวน์ ซึ่งมีโครโมโซม 47 ท่อน ($2n = 47$) ซึ่งเกิดจากโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 เส้น (trisomic-21)

2) ยูพลอยดี (euploidy) จำนวนโครโมโซมเพิ่มหรือลดเป็นจำนวนชุด ($2n + n$ หรือ $2n - n$) ส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดเท่าที่พบเกิดในพืช ซึ่งช่วยเพิ่มผลผลิตและเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการของพืช แต่ในสัตว์เมื่อเกิดแล้วมักทำให้เป็นหมัน

การเกิดมิวเทชันมีผลต่อมนุษย์อย่างไร

การเกิดมิวเทชันจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตต่างกันไป เช่น ถั่วบงเอิญ ยีนที่แสดงสีตาเปลี่ยนไปจากสีดำเป็นสีฟ้า ตั้งแต่ยังเป็นไซโกต จำทำให้เติบโตขึ้นมาสีดำแทนที่จะเป็นตาสีดำ การที่มีตาสีฟ้ายอมไม่ทำให้การดำรงชีวิตแตกต่างไปจากคนที่มีตาเป็นสีดำ แต่ถั่วบงเอิญ เป็นยีนที่ควบคุมลิ้นของหัวใจ เช่น ขนาดของลิ้นหัวใจผิดปกติ ย่อมมีสุขภาพไม่สมบูรณ์ (ความผิดปกติจะมีผลดี หรือผลร้ายขึ้นอยู่กับตำแหน่งและชนิดของกรดอะมิโนที่เปลี่ยนไป) ถ้าเราพบต้นพุทราต้นหนึ่งออกผลแต่ไม่มีเมล็ด ซึ่งอาจเป็นผลจากการเปลี่ยนของยีน เราคงจะพอเข้าใจเพราะกินพุทราได้สะดวก เราอาจขยายพันธุ์โดยการตอนกิ่ง หรือต่อกิ่งแต่ถั่วบงเอิญ ต้นพุทราต้นนี้อยู่ในป่าลึก ไม่มีใครเข้าไปถึง พุทราต้นนี้คงจะตายไปโดยไม่ได้ทิ้งลูกหลานไว้ให้สืบพันธุ์ มิวเทชันในกรณีนี้อาจมีประโยชน์ต่อมนุษย์ แต่อาจเป็นอันตรายต่อการขยายพันธุ์ของพืช แต่อย่างไรก็ตามยีนที่เกิดมิวเทชัน มักจะเป็นยีนด้อยและเมื่อเป็นเฮเทอโร-ไซกัส ส่วนใหญ่ก็จะไม่แสดงฟีโนไทป์ให้เห็นดังนั้นการแต่งงานในระหว่างที่กับน้องจะมีผลต่อการแสดงออกของยีนที่เป็นอันตราย

28. มิวเทชันเกิดขึ้นได้อย่างไร

ตอบ มิวเทชัน (mutation) เป็นการเปลี่ยนแปลงใน โมเลกุล DNA หรือการเปลี่ยนแปลงของ โครโมโซม สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติด้วยอัตราการเกิดต่ำมาก มิวเทชันที่เกิดขึ้นเองนี้เป็นผลจากความผิดพลาด โดยบังเอิญที่มีการจำลอง DNA หรือถูกรบกวนจากรังสีในธรรมชาติ อัตราการเกิดมิวเทชันจะสูงขึ้นถ้าได้รับการชักนำโดยสิ่งก่อการกลาย หรือมิวทาเจน (mutagen) ซึ่งได้แก่ รังสี ไวรัส และสารเคมีบางชนิด

29. ประโยชน์และโทษของมิวเทชัน

ตอบ ส่วนใหญ่แล้วมิวเทชันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมักทำให้ได้ลักษณะที่ไม่ดี หรือเป็นผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะนั้น เนื่องจากเป็นลักษณะที่ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ตัวอย่างเช่น กระจอกเหือก งูเหือก ปลาเหือก ถ้าสัตว์ที่มีลักษณะเหือกนี้ดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติจะได้รับอันตรายจากศัตรูได้ง่าย เพราะมีสีส้มไม่กลมกลืนกับสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามมนุษย์อาจพึงพอใจในลักษณะเหือกของสัตว์เหล่านี้ จึงมีการนำสัตว์เหือกมาเลี้ยงไว้ ทำให้มีโอกาสรอด และถ่ายทอดยีนต่อไปได้

ใบงานที่ 3.6.1 เรื่อง การเกิดมิวเทชัน (mutation)

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามที่กำหนดให้

1. มิวเทชัน คืออะไร (2 คะแนน)

.....

.....

2. จงบอกประโยชน์และโทษของการเกิดมิวเทชัน (2 คะแนน)

.....

.....

3. มิวเทชันมีการเปลี่ยนแปลงกี่ระดับ อะไรบ้าง (2 คะแนน)

.....

.....

4. ปัจจัยที่ทำให้เกิดมิวเทชันมีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

.....

.....

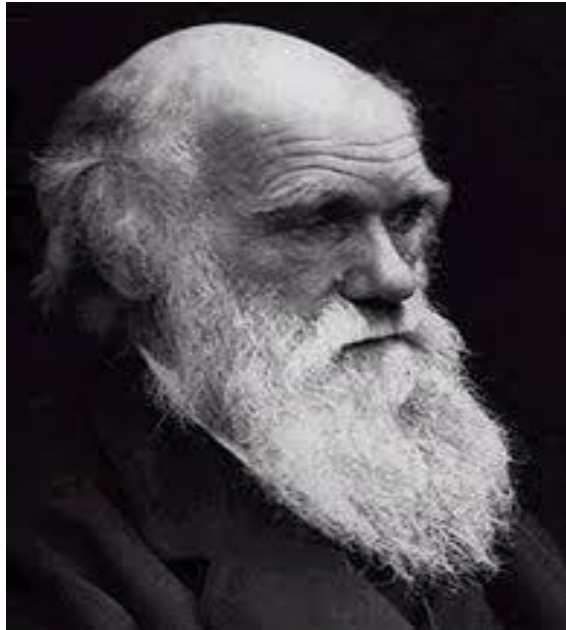
5. โรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับโครโมโซมได้แก่อะไรบ้าง และเปลี่ยนแปลงอย่างไร มา 2 โรค

.....

.....

ใบความรู้ที่ 3.6.2 การคัดเลือกโดยธรรมชาติ (natural selection)

ความแปรผันทางพันธุกรรมทำให้สิ่งมีชีวิตที่เกิดใหม่มีลักษณะแตกต่างกันไป ความแตกต่างระหว่างแต่ละสิ่งมีชีวิตนี้มีผลต่อการอยู่รอด จึงพบว่าสิ่งมีชีวิตที่เกิดมาส่วนหนึ่งจะตายก่อนถึงวัยเจริญเติบโตเต็มที่ สำหรับสิ่งมีชีวิตที่สามารถมีชีวิอยู่รอดได้นั้นมักจะเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพ **ชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin)** นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษซึ่งเป็นผู้เสนอทฤษฎีวิวัฒนาการเรียกสิ่งมีชีวิตที่อยู่รอดเหล่านี้ว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่ได้รับ **การคัดเลือกโดยธรรมชาติ (natural selection)**



ภาพที่ 39 ชาลส์ ดาร์วิน

ชาลส์ ดาร์วิน เป็นนักธรรมชาติวิทยาชาวอังกฤษ ผู้ทำการปฏิวัติความเชื่อเดิม ๆ เกี่ยวกับที่มาของสิ่งมีชีวิต และเสนอทฤษฎีซึ่งเป็นทั้งรากฐานของทฤษฎีวิวัฒนาการสมัยใหม่ และหลักการพื้นฐานของกลไกการคัดเลือกโดยธรรมชาติ เขาตีพิมพ์ข้อเสนอของเขาในปี พ.ศ. 2402 (ค.ศ. 1859) ในหนังสือชื่อ *The Origin of Species* (กำเนิดของสรรพชีวิต) ซึ่งเป็นผลงานที่มีชื่อเสียงที่สุดของเขา การเดินทางออกไปยังท้องทะเลทั่วโลกกับเรือบีเกิล (HMS Beagle) และโดยเฉพาะการเฝ้าสำรวจที่หมู่เกาะกาลาปากอส เป็นทั้งแรงบันดาลใจ และให้ข้อมูลจำนวนมาก ซึ่งเขานำมาใช้ในทฤษฎีของเขา

ชาร์ล ดาร์วิน นักธรรมชาติวิทยาประจำเรือสำรวจบีเกิล ของรัฐบาลอังกฤษ ซึ่งเดินทางไปสำรวจและทำแผนที่ของฝั่งของทะเลทวีปอเมริกาใต้

ชาร์ล ดาร์วิน ได้ประสบการณ์จากการศึกษาพืช และสัตว์ที่มีอยู่เฉพาะที่หมู่เกาะกาลาปากอส (Galapagos) แห่งเดียวในโลก หมู่เกาะกาลาปากอสเกิดจากภูเขาไฟระเบิดในมหาสมุทรแปซิฟิก ห่างจากประเทศอิกัวดอร์ไปทางทิศตะวันตก ประมาณ 580 ไมล์ จากหลักฐานทางธรณีวิทยาแสดงว่า เกาะนี้แยกตัวมาจากทวีปอเมริกา ดาร์วินได้สังเกตนกกระจอกที่อยู่เกาะกาลาปากอสและนกฟินช์ (finch) หลายชนิดพบว่าแต่ละชนิดมีขนาดและรูปร่างของจงอยปากแตกต่างกันตามความเหมาะสมแก่การที่จะใช้กินอาหารแต่ละประเภท นกฟินช์มีลักษณะคล้ายนกกระจอกมากแตกต่างกันเฉพาะลักษณะของจงอยปากเท่านั้น ดาร์วินเชื่อว่าบรรพบุรุษของนก

พืชนับบนเกาะกาลาปากอสน่าจะสืบเชื้อสายมาจากนกพืชนบนแผ่นดินใหญ่แต่เนื่องจากการเปลี่ยนทางธรณีวิทยา ทำให้หมู่เกาะนี้แยกจากแผ่นดินใหญ่และเกิดการแปรผันทางพันธุกรรมของบรรพบุรุษนกพืชนมาเป็นเวลานาน จนเกิดวิวัฒนาการเป็นสปีชีส์ใหม่ขึ้น

ชาร์ลส์ ดาร์วิน (Darwin, Charles :1809-1882) ได้สนใจศึกษาแบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตทั่วโลกตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน สังเกตเห็นว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดต่างจะผลิตลูกหลานออกมาเป็นจำนวนมาก และลูกหลานแต่ละตัวอาจมีความแตกต่างกันบ้าง ลูกหลานเหล่านี้จะมีการดิ้นรนแย่งแย่ง เพื่อความอยู่รอดของชีวิต ผลที่สุดพวกที่เหมาะสมเท่านั้นจะถูกธรรมชาติคัดเลือกให้รอดชีวิต และถ่ายทอดลักษณะที่เหมาะสมเหล่านั้นให้กับสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อๆ มา ลักษณะดังกล่าวถือว่าการปรับตัว (adaptation) ของสิ่งมีชีวิตให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เพื่อเกิดเป็นสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่ แนวคิดของดาร์วินดังกล่าว เรียกว่า ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (Theory of Natural Selection)

แนวความคิดของดาร์วินในเรื่องบรรพบุรุษของยีราฟนั้นสรุปได้ว่าประชากรของยีราฟในอดีตมีทั้งพวกคอสั้นและคอยาวปะปนกัน พวกคอยาวมีโอกาหากินได้มากกว่า สามารถกินยอดพีชบริเวณที่สูงๆ ได้ และสามารถเห็นศัตรูได้ก่อนพวกคอสั้น จึงรอดชีวิตได้มากกว่า ในที่สุดเหลือแต่พวกคอยาวเท่านั้นที่สามารถดำรงพันธุ์ต่อมาได้

ดาร์วินได้ชื่อว่าเป็นบิดาแห่งวิชาวิวัฒนาการ สรุปทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของเขาได้ดังนี้ “ความแปรผันที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตใด ๆ ก็ตามย่อมมีส่วนช่วยให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตได้ในสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ส่วนความแปรผันที่ไม่เหมาะสมทำให้สิ่งมีชีวิตถูกกำจัดไป ด้วยเหตุนี้เวลา่วงเลยไปนานขึ้น ลักษณะที่เหมาะสมก็จะสะสมไปนานขึ้น เกิดสิ่งมีชีวิตแตกต่างจากเดิมมากมาย จนในที่สุดก็เกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่”



ภาพที่ 40 แสดงเส้นทางการเดินเรือของ ชาลส์ ดาร์วิน

ที่มา : <http://th.wikipedia.org/wiki>

3.7 เทคโนโลยีชีวภาพ

เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) เป็นการใช้เทคโนโลยี เพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตที่มีสมบัติตามต้องการ ตัวอย่างเช่นในอดีต ใช้จุลินทรีย์ในการหมักแอลกอฮอล์ ปลายา การทำชีวี่ การทำเต้าเจี้ยวตลอดจน การผสมเทียม การถ่ายฝากตัวอ่อน การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

1. พันธุวิศวกรรม (genetic engineering)

พันธุวิศวกรรม หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมเพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตใหม่ ซึ่งมี คุณสมบัติตามที่ประสงค์โดยอาศัยวิธีการที่สามารถทำให้เกิดขึ้นตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ได้ปกติมักจะ ทำโดยการเพิ่มดีเอ็นเอ (DNA) เข้าสู่เซลล์ ทำให้เซลล์ดังกล่าวเปลี่ยนคุณสมบัติตามลักษณะของดีเอ็นเอ ที่เพิ่มเข้าไป เช่น การเปลี่ยนสารพันธุกรรมของแบคทีเรีย โดยการตัดต่อกับยีนของคน ทำให้แบคทีเรีย สร้างโปรตีนของคนได้ เช่น อินซูลิน เป็นต้น

2. ประโยชน์ของพันธุวิศวกรรม

พันธุวิศวกรรมเป็นกระบวนการปรับปรุงพันธุ์สิ่งมีชีวิตชนิดพันธุ์ (species) หนึ่งโดยนำยีนจากอีกชนิดพันธุ์หนึ่งถ่ายฝากเข้าไป เพื่อจุดประสงค์ที่จะให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น กระบวนการดังกล่าวมิได้เกิดขึ้นตามธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตดังกล่าวมีชื่อเรียกว่า LMO (living modified organism) หรือ GMO (genetically modified organism) ตัวอย่างการวิจัยและพัฒนา รวมถึงการใช้ประโยชน์เชิงการค้ามีมากมาย ซึ่งจะกล่าวถึงเพียงบางอย่างเท่านั้น

ก. ด้านการเกษตรและอาหาร

1. การปรับปรุงพันธุ์พืชให้ต้านทานโรคและแมลง วิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบดั้งเดิม ซึ่งยังคงทำกันอยู่ นั้นใช้วิธีหาพันธุ์ต้านทานซึ่งส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ป่าและมีลักษณะไม่ค่อยนุ่ม จากนั้นเอาพันธุ์ต้านทานผสมพันธุ์พ่อแม่ เข้าด้วยกันรวมทั้งลักษณะต้านทานด้วยเหตุนี้ จึงต้องเสียเวลาคัดเลือก และพัฒนาพันธุ์ต่ออีกอย่างน้อย 8-10 ปี กว่าจะได้พันธุ์ต้านทานและมีลักษณะอื่น ๆ ดีด้วย ดังนั้นวิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการถ่ายฝากยีนที่ได้รับจากชนิดพันธุ์อื่น จึงสามารถลดระยะเวลาการพัฒนาพันธุ์ได้มาก

2. การพัฒนาพันธุ์พืชให้มีคุณภาพผลผลิตดี

ตัวอย่างได้แก่การถ่ายฝากยีนสุกงอมช้า (delayed ripening gene) ในมะเขือเทศ การสุกในผลไม้เกิดจากการผลิตสาร ethylene เพิ่มมากในระยะสุกแก่ นักวิชาการสามารถวิเคราะห์โครงสร้างยีนนี้ และมีวิธีการควบคุมการแสดงออกโดยวิธีการถ่ายฝากยีนได้ ทำให้ผลไม้อสุกงอมช้า สามารถเก็บไว้ได้นาน ส่งไปจำหน่ายไกล ๆ ได้ สหรัฐเป็นประเทศแรกที่ผลิตมะเขือเทศสุกงอมช้าได้เป็นการค้า และวางตลาดให้ประชาชนรับประทานแล้ว

3. การพัฒนาพันธุ์พืชให้ผลิตสารพิเศษ เช่นสารที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง อาจเป็นแหล่งผลิตไวตามิน ผลิตวัคซีน และผลิตสารที่นำไปสู่การผลิตทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น พลาสติกย่อยสลายได้ และโพลีเมอร์ ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

4. การพัฒนาพันธุ์สัตว์ มีการพัฒนาพันธุ์โดยการถ่ายฝากยีน ทั้งในปศุสัตว์ และสัตว์น้ำ รวมทั้งน้ำปลา

ได้มีตัวอย่างหลายรายการ เช่น การถ่ายฝากยีนเร่งการเจริญเติบโต และยีนต้านทานโรคต่าง ๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ใ่อย่างไรก็ตามประโยชน์ของพันธุวิศวกรรมในเรื่องการผลิตสัตว์นั้นเป็นเรื่องของการพัฒนาชุดตรวจวินิจฉัยโรคเป็นส่วนใหญ่

5. การพัฒนาสายพันธุ์จุลินทรีย์ ให้มีคุณลักษณะพิเศษบางอย่าง เช่น ให้สามารถกำจัดคราบน้ำมันได้ดี เป็นต้น

ข. ด้านการแพทย์และสาธารณสุข

เทคโนโลยีชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง องค์ความรู้จากการวิจัยจีโนม ทำให้นักวิจัยรู้สึกถึงระดับยีนสิ่งมีชีวิต รู้ว่ายีนใดอยู่ที่ไหนบนโครโมโซม หรือนอกโครโมโซม สามารถสังเคราะห์ชิ้นส่วนนั้นได้ หรือตัดออกมาได้ แล้วนำไปใช้ประโยชน์ในเรื่องต่างๆ

1. การตรวจโรค เมื่อสามารถสังเคราะห์ชิ้นส่วน ดีเอ็นเอ หรือยีนได้แล้ว ก็สามารถพัฒนาเป็น molecular probes สำหรับใช้ในการตรวจโรคต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การพัฒนารักษาโรคและวัคซีน ยารักษาโรคและวัคซีน ใหม่ ๆ ผลิตโดยวิธีพันธุวิศวกรรมในจุลินทรีย์ หรือ recombinant DNA ทั้งสิ้น

3. การสับเปลี่ยนยีนด้วยยีนดี (gene therapy) ในอนาคต เมื่องานวิจัยจีโนมมนุษย์สำเร็จ ความหวังของคนที่ป่วยเป็นโรคทางพันธุกรรม อาจมีหนทางรักษาโดยวิธีปรับเปลี่ยนยีนได้

ค. ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

ความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีชีวภาพ นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน และช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พืชที่ได้รับการถ่ายฝากยีนต้านทานโรคและแมลง ทำให้ไม่ต้องใช้สารเคมีฉีดพ่นหรือใช้ในปริมาณที่ลดลงมาก พันธุวิศวกรรมอาจนำไปสู่การผลิตพืชที่ใช้ปุ๋ยน้อย และ น้ำน้อย ทำให้เป็นการลดการใช้ปุ๋ยเคมี เป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และนำไปสู่การสร้างสมดุลทรัพยากรชีวภาพได้

ง. ด้านการพัฒนาอุตสาหกรรม

เมื่อวัตถุดิบได้รับการปรับเปลี่ยนคุณภาพให้ตรงกับความต้องการของอุตสาหกรรม โดยใช้พันธุวิศวกรรมแล้ว อุตสาหกรรมใหม่ๆ จะเกิดตามมากมาย เช่น การเปลี่ยนโครงสร้างแป้ง น้ำมัน และ โปรตีน ในพืช หรือการลดปริมาณเซลล์ลูโลสในไม้ เป็นต้น ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพในอนาคต จะเป็นการเปลี่ยนรูปแบบโรงงานอุตสาหกรรมใหม่ โดยเน้นการใช้วัตถุดิบจากสิ่งมีชีวิตมากขึ้น รถยนต์ทั้งคัน อาจทำจากแป้งข้าวโพด สารเคมีทั้งหมดอาจพัฒนาจากแป้ง เชื้อเพลิงอาจพัฒนาจากวัตถุดิบพืช เป็นต้น

3. GMOs คืออะไร

GMOs เป็นตัวย่อของคำว่า **Genetically Modified Organisms** มีความหมายว่า สิ่งมีชีวิตที่ได้จากการตัดแปลงหรือตัดแต่งพันธุกรรมด้วยวิธีการทางพันธุวิศวกรรม สารพันธุกรรมหรือที่เรียกว่า DNA เป็นสารเคมีที่ประกอบกันขึ้นเป็นหน่วยพันธุกรรมหรือ ยีน (GENE) และสิ่งมีชีวิตดังกล่าวอาจจะเป็นสัตว์ พืช หรือจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ GMO นั้นใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา และมีจุลินทรีย์ GMO ที่มีคุณสมบัติพิเศษในการกำจัดคราบน้ำมันได้ดี พืช GMO เช่น ฝ้าย ข้าวโพด มันฝรั่ง มะละกอ เรานิยมทำ GMO ในพืชเพราะว่าทำได้ง่ายกว่าสัตว์ และสามารถศึกษาพืช GMO ได้หลายๆชั่วอายุของพืช (Generation) เพราะว่าพืชมีอายุสั้นกว่าสัตว์ ซึ่งอายุของสัตว์แต่ละ Generation นั้นกินเวลานานหลายปี

สัตว์ GMO เช่น ปลาแซลมอน ซึ่ง Modified หมายความว่า ปลาชนิดนี้ได้รับการปรุงแต่ง หรือดัดแปลงโดยมนุษย์ไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหาร เพราะมนุษย์ล้นโลกได้เป็นอย่างดี จึงเป็นวิธีพัฒนาการทางด้านอาหารสำหรับบริโภคของมนุษย์

ความเสี่ยง (risk) ของ LMOs หรือ GMOs

พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ที่ได้รับการตัดแต่งตัดต่อยีน หรือที่เรียกว่า LMOs อาจเรียกว่าเป็นสิ่งมีชีวิตแปลงพันธุ์ และอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คน และสัตว์ แตกต่างกันไปซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. แหล่งยีน ถ้าเป็นยีนจากชนิดเดียวกัน เช่นยีนจากพืช ถ่ายยให้พืช ย่อมมีปัญหาน้อยหรือไม่มีความเสี่ยงเลย ยีนจากสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่ทราบกันดีว่าไม่พิษมีภัยก็อาจจัดอยู่ในกลุ่มเสี่ยงน้อยด้วย ถ้าเป็นยีนจากจุลินทรีย์ อาจก่อเกิดโรคได้ย่อมมีความเสี่ยงสูงขึ้น และยังเป็นยีนที่ทราบแน่ชัดว่าสกัดมาจากเชื้อโรคยังมีความเสี่ยงสูงมาก

2. ส่วนประกอบของยีน ยีนที่ควบคุมลักษณะหนึ่งนั้นไม่สามารถแสดงออก หากปราศจากยีนช่วยแสดง (promoter) นอกจากนั้นยังต้องมียีนช่วยการเลือกคัด (selectable markers) อีกด้วย ยีนพวกนี้อาจเป็นยีนด้านทานยาปฏิชีวนะ หรือยีนด้านทานสารกำจัดวัชพืช ยีนเหล่านี้ต้องสร้างเป็นส่วนประกอบของดีเอ็นเอ สายเดียวกัน แล้วจึงถ่ายฝากให้พืชตัวรับ ปัญหาที่ตามมาคือ ยีนช่วยเลือกคัดอาจมีพิษภัยต่อสิ่งมีชีวิตก็เป็นได้

สิ่งมีชีวิตแปลงพันธุ์เหล่านี้ต่างจากพันธุ์ธรรมดาตรงที่มียีนแปลกปลอมใหม่ ๆ (novel genes) เข้าไปอยู่ในพันธุ์นั้นทำให้มีความกลัวและคำถามตามมาหลายข้อ เช่น

1. เสถียรภาพของยีนว่าจะอยู่คงทนในพันธุ์นั้นนานแค่ไหน ก็ชั่วอายุหรือจะหายไปในช่วงลูกชั่วหลาน
2. ยีนที่มาจากจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อเกิดโรค มีโอกาสที่จะกลายพันธุ์เป็นยีนก่อเกิดโรคได้หรือไม่
3. ยีนเหล่านี้มีโอกาสหลุดไปสู่พืชพันธุ์อื่น หรือจุลินทรีย์ได้หรือไม่
4. ผลผลิตจะมีพิษภัยต่อสุขภาพคน และสัตว์หรือไม่
5. ปัญหาราคาผลิตผลทรัพย์สินทางปัญญา และอื่น ๆ ยังมีอีกมาก

ผลกระทบต่อสังคมไทย

ผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมของไทย และนานาชาติ ที่เกิดจากการผลิตและใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยพันธุวิศวกรรม หรือที่เรียกว่า จีเอ็มโอ (GMOs) นั้น ในขณะนี้มีความค่อนข้างสูง นับเป็นกระแสของผู้บริโภค และคนทั่วไปทั่วโลกที่มีความเป็นห่วงในเรื่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. เทคโนโลยีนี้ ค่อนข้างใหม่ มีการวิจัยและพัฒนาในบางประเทศเท่านั้น คนทั่วไปจึงไม่รู้ว่าผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า จีเอ็มโอ นั้นคืออะไร มีประโยชน์และอาจมีโทษอย่างไร

2. เทคโนโลยีอยู่ในมือของบริษัทข้ามชาติใหญ่ ๆ ทำให้ประชาชนมีความวิตกกังวลว่าจะเป็นการผูกขาดตลาดหรือไม่ ราคาจะสูงเกินไปหรือไม่

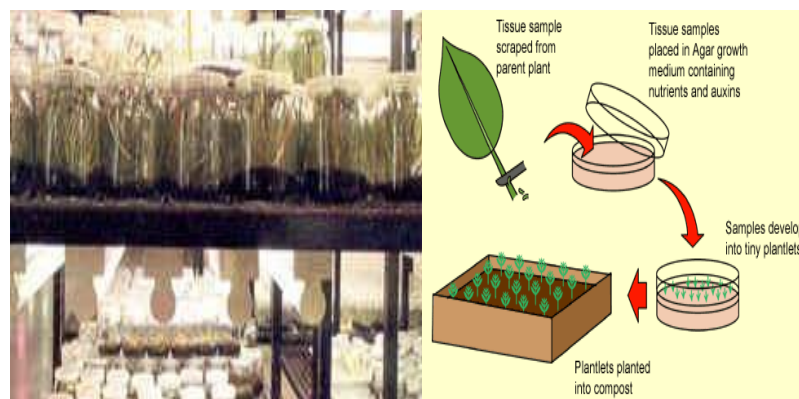
3. ผลิตผลจีเอ็มโอ มีความปลอดภัยต่อสุขภาพมนุษย์ และสัตว์ หรือไม่เพียงใด แม้มีการทดสอบความปลอดภัยทางชีวภาพมากในประเทศอื่น ยังมีคำถามอยู่ว่าแม้ปลอดภัยในตอนี้ แต่ในอนาคต 10-20 ปี จะเป็นอะไรหรือไม่ ซึ่งนับว่าเป็นเรื่องยาก ที่จะหาคำตอบ

4. มีผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพหรือไม่ ซึ่งเรื่องนี้ คงขึ้นอยู่กับมุมมอง ที่ต่างกันของนักวิชาการ กลุ่มหนึ่งอาจมองไปว่า จะเป็นการนำไปสู่การปลูกพืชเชิงเดี่ยวมากขึ้น และแท้จริงแล้วอาจเป็นการ

สร้างความหลากหลายให้มากขึ้น จากการพัฒนาสิ่งมีชีวิต ที่มียืนใหม่ๆ ที่ไม่เคยมีตามธรรมชาติเลย ความจริงแล้วมนุษย์ได้ปรับเปลี่ยนพันธุ์พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ โดยวิธีผสมพันธุ์กันอยู่แล้ว การใช้พันธุวิศวกรรมจึงเป็นเพียงเครื่องมืออย่างหนึ่งเท่านั้น

4. การโคลนนิ่ง (cloning) คือ การคัดลอก (copy)

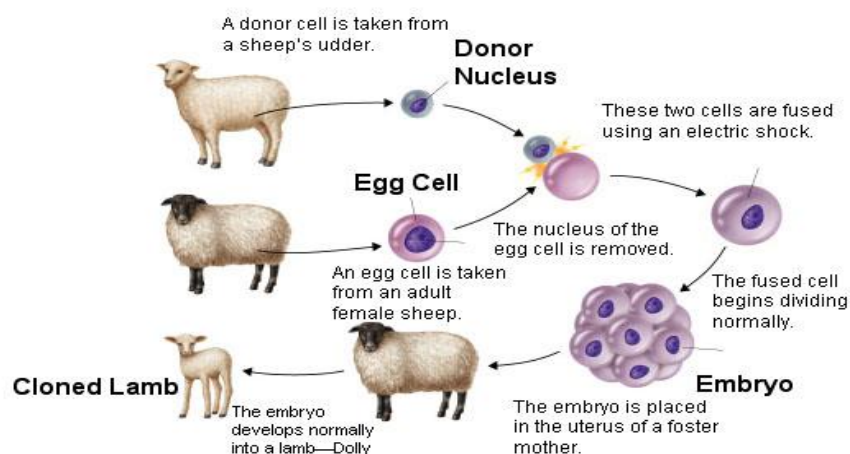
พันธุ์หรือการสร้างสิ่งมีชีวิตขึ้นมาใหม่ โดยไม่ได้อาศัยการปฏิสนธิของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมีย แต่ใช้เซลล์ร่างกายในการสร้างสิ่งมีชีวิตขึ้นมาใหม่ (4) ซึ่งมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนของเดิมทุกประการ การโคลนนิ่งเกิดอยู่เสมอในธรรมชาติ ตัวอย่างที่เห็นชัดเจนได้แก่ การเกิดฝาแฝดเพศเดียวกันและหน้าตาเหมือนกัน กระบวนการโคลนนิ่งที่มนุษย์ทำขึ้น ได้นำมาใช้เป็นเวลานานแล้วโดยเราไม่รู้ตัว ได้แก่การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชและตัวอ่อนสัตว์ โดยการแยกเซลล์ ซึ่งทำกันทั่วไปในวงการเกษตร (2)



ภาพที่ 41 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue Culture)

โคลนนิ่ง เป็นเทคโนโลยีที่นักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจมากกว่า 100 ปี โดยในปี พ.ศ. 2445

Hans Spemann ประสบความสำเร็จในการแบ่งแยกเอ็มบริโอของซาลาแมนเดอร์ โดยการใช้เส้นผมผูกไว้จนแยกออกเป็น 2 ส่วน ต่อมาในปี พ.ศ. 2471 เขาได้วิจัยให้เห็นว่านิวเคลียสจากเอ็มบริโอของซาลาแมนเดอร์ สามารถทำให้ไข่ที่มีเฉพาไซโตพลาสซึม แบ่งตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้มีการพัฒนาวิธีการโคลนนิ่งโดยใช้นิวเคลียส จากเซลล์ของเอ็มบริโอที่แบ่งตัวแบบทวีคูณเพื่อให้ได้เอ็มบริโอเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นรากฐานในการพัฒนาการโคลนนิ่งในปัจจุบัน (3) ต่อมาในปี พ.ศ. 2540 ได้มีการทำการโคลนนิ่งแกะโดยใช้เซลล์จากเต้านมของแกะที่โตแล้วเป็นเซลล์ต้นแบบ ได้แกะที่มีชื่อว่า "ดอลลี่" ซึ่งแกะดอลลี่นี้สามารถตั้งท้องและให้กำเนิดลูกได้เช่นเดียวกับสัตว์ทั่วไป



ภาพที่ 42 แสดงการโคลนแกะดอลลี่

ข้อเสียของการโคลนนิ่ง

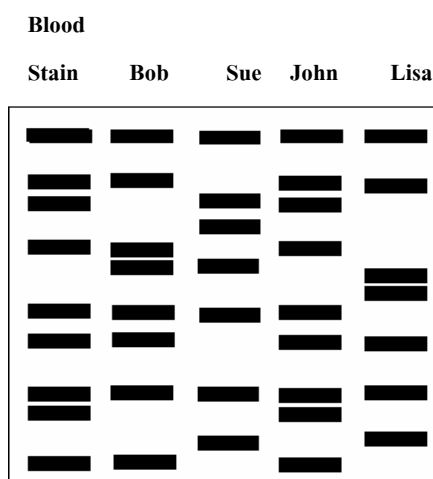
1. การทำโคลนนิ่งทำให้เกิดการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีในการเป็นต้นแบบ ซึ่งปัญหาอยู่ที่ว่า เราใช้อะไรเป็นเกณฑ์ตัดสินว่าลักษณะอย่างใด ที่เรียกว่าดี อย่างไม่ดี เนื่องจากลักษณะอย่างหนึ่ง ในสถานการณ์หรือสภาวะหนึ่ง อาจเป็นสิ่งดี แต่อีกสถานการณ์หนึ่งอาจจะไม่ดีก็ได้ เช่น ผิดำ กับ ผิดขาว ดีหรือไม่, กรู๊ปเลือดอะไร ฯลฯ

2. ความเหมือนกัน ทำให้สูญเสียความมีเอกลักษณ์ และความหลากหลาย อันเป็นต้นกำเนิดของวิวัฒนาการ ถ้าทุกคนทุกชีวิต เหมือนกันหมด จะไม่มีการพัฒนาสายพันธุ์ที่ดีขึ้น (2)

3. การทำโคลนนิ่งในมนุษย์ด้วยจุดประสงค์อันใดก็ตาม ก่อให้เกิดปัญหาจริยธรรมตามมามากมาย เช่น การทำโคลนนิ่งเพื่อต้องการอวัยวะมาเปลี่ยน แล้วจะถือว่าสิ่งที่โคลนขึ้นมาเป็นมนุษย์ด้วยหรือไม่ หรือเป็นสิ่งมีชีวิตธรรมดา, ปัญหาทางกฎหมาย ใครเป็นตัวจริง ตัวปลอม, การพิสูจน์บุตร, การค้นหาผู้กระทำผิดในคดีต่างๆ การจำแนกคนโดยใช้การตรวจ DNA เป็นต้น

5. ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint)

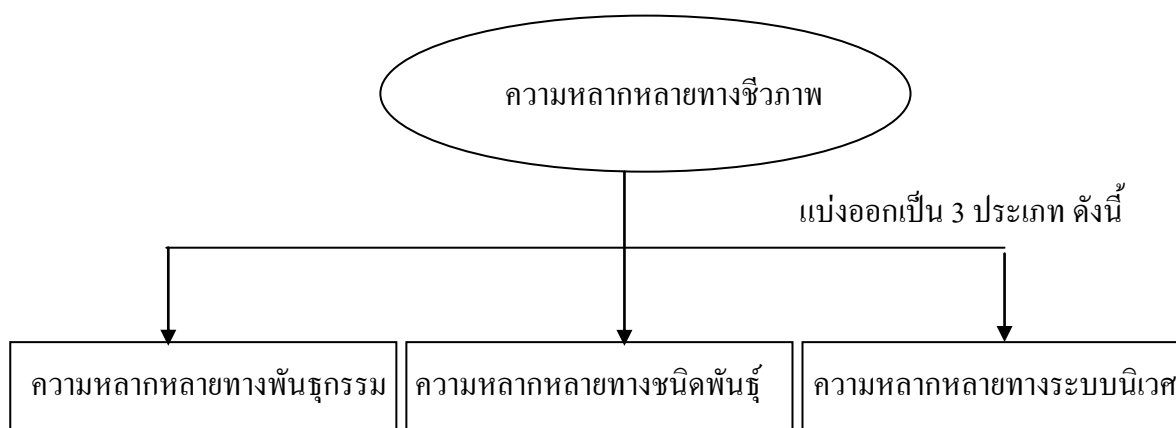
คือ รูปแบบของแถบดีเอ็นเอ ซึ่งแสดงความแตกต่างของขนาดโมเลกุลดีเอ็นเอในสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวหรือแต่ละบุคคลได้ ดังนั้นลายพิมพ์ดีเอ็นเอจึงเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล



ภาพที่ 43 แสดงการเปรียบเทียบลายพิมพ์ดีเอ็นเอตัวอย่าง

3.8 ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity)

คำว่าความหลากหลายทางชีวภาพ มาจาก **biodiversity** หรือ **biological diversity** ซึ่งความหลากหลาย (diversity) หมายถึงมีมากและแตกต่างกัน ชีวภาพ (biological) หมายถึง เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต ดังนั้นความหลากหลายทางชีวภาพจึงหมายถึง การมีสิ่งมีชีวิตนานาชนิด นานาพันธุ์ในระบบนิเวศอันเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย ซึ่งมีมากมายและแตกต่างกันทั่วโลก หรือพูดง่ายๆคือ การที่มีชนิดพันธุ์ สายพันธุ์และระบบนิเวศที่แตกต่างกันหลากหลายบนโลก



ความหลากหลายทางชีวภาพ แบ่งออกได้เป็น ความหลากหลายระดับสายพันธุ์ (genetics) ความหลากหลายระดับชนิด (species) และความหลากหลายระดับนิเวศ (ecosystem)

สุมณฑา (2545) กล่าวว่า ความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. ความหลากหลายของระบบนิเวศ (ecological diversity) ระบบนิเวศแต่ละระบบเป็นแหล่ง ของถิ่นอาศัยของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในระบบนิเวศนั้น สิ่งมีชีวิตบางชนิดมีวิวัฒนาการมาในทิศทางที่สามารถปรับตัวให้อยู่ได้ใน ระบบนิเวศที่หลากหลาย แต่บางชนิดก็อยู่ได้เพียงระบบนิเวศที่มีสภาวะเจาะจงเท่านั้น ความหลากหลายของระบบนิเวศขึ้นอยู่กับชนิดและวิวัฒนาการในอดีตและมีขีดจำกัดที่จะดำรงอยู่ภายใต้ภาวะความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรของ มันเองส่วนหนึ่งและขึ้นอยู่กับความรุนแรงของความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อมอีกส่วนหนึ่ง หากไม่มีทั้งความหลากหลายทางพันธุกรรมและความหลากหลายของระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิตกลุ่มนั้นย่อมไร้ทางเลือกและหมดหนทางที่จะอยู่รอดเพื่อสืบทอดลูกหลานต่อไป

2. ความหลากหลายของชนิดหรือชนิดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต (species diversity) ความหลากหลายแบบนี้วัดได้จากจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตและจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดรวมทั้ง โครงสร้างของอายุ และเพศของประชากรด้วย

3. ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) ความแตกต่างขององค์ประกอบทาง พันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตซึ่งแสดงออกด้วยลักษณะทางพันธุกรรมต่าง ๆ ที่ปรากฏให้เห็นทั้งภายในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันและระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน ระดับความแตกต่างนี้เองที่ใช้กำหนดความใกล้ชิด หรือความห่างของสิ่งมีชีวิตในสายวิวัฒนาการ สิ่งมีชีวิตที่สืบทอดลูกหลานด้วยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศหรือสิ่งมีชีวิตที่เป็นฝาแฝดเหมือนย่อมมีองค์ประกอบทางพันธุกรรมเหมือนกันเกือบทั้งหมด เนื่องจากเปรียบเทียบสภาพพิมพ์ของกันและกัน สิ่งมีชีวิตที่สืบทอดมาจากต้นตระกูลเดียวกันย่อมมี ความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีไขญาติกัน ยิ่งห่างก็ยิ่งต่างกันมากขึ้นจนกลายเป็นสิ่งมีชีวิตต่างชนิด ต่างกลุ่ม หรือต่างอาณาจักรกันตามลำดับ นักชีววิทยามีเทคนิคการวัดความหลากหลายทางพันธุกรรมหลายวิธี แต่ทุกวิธีอาศัยความแตกต่างขององค์ประกอบทางพันธุกรรมเป็นดัชนีในการวัด หากสิ่งมีชีวิตชนิดใดมีองค์ประกอบทางพันธุกรรมเป็นแบบเดียวกันทั้งหมด ย่อมแสดงว่าสิ่งมีชีวิตนั้น ไม่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม

ทุ่งหญ้า ป่าโกงกาง แนวปะการัง พื้นที่ชุ่มน้ำ ป่าดิบชื้น

ความหลากหลายของระบบนิเวศ
ระบบนิเวศต่าง ๆ มีลักษณะทางกายภาพ รวมทั้งชนิดและจำนวนของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศที่แตกต่างกัน

ความหลากหลายของชนิด
ในระบบนิเวศอาจมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิดอาศัยอยู่

ความหลากหลายทางพันธุกรรม
สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันมีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกัน

ภาพที่ 44 ความหลากหลายทางชีวภาพ 3 ลักษณะ

สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่เดียวกันมีสัตว์มากมายหลายชนิด ขึ้นอยู่กับว่าแหล่งที่อยู่นั้นเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตใด

ภาพที่ 45 ความหลากหลายของระบบนิเวศ

ประเภทของสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามจำนวนเซลล์ ดังนี้

1. สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบา ยูกลีนา พารามีเซียม และแบคทีเรีย เป็นต้น
2. สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ เช่น คน สัตว์ และพืช เป็นต้น

สิ่งมีชีวิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามการมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ดังนี้

1. **โพรคาริโอต (Prokaryotic Cells)** เป็นสิ่งมีชีวิตที่เซลล์ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส เช่น แบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นต้น
2. **ยูคาริโอต (Eukaryotic Cells)** เป็นสิ่งมีชีวิตที่เซลล์มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ได้แก่ เห็ด รา สาหร่ายชนิดต่างๆ (ยกเว้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) โพรโทซัว พืช และสัตว์

สิ่งมีชีวิตแบ่งออกเป็น 5 อาณาจักร ตามลักษณะร่วมภายนอกและภายในเซลล์ ดังนี้

- | | |
|--|-------------|
| 1. อาณาจักรมอเนอรา (Monera Kingdom) | โพรคาริโอต |
| 2. อาณาจักรฟังไจ (Fungi Kingdom) | } ยูคาริโอต |
| 3. อาณาจักรโพรทิสตา (Protista Kingdom) | |
| 4. อาณาจักรพืช (Plantae Kingdom) | |
| 5. อาณาจักรสัตว์ (Animalia Kingdom) | |

สปีชีส์ (Species) คือ กลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันสามารถผสมพันธุ์กันแล้วได้ลูกที่ไม่เป็นหมัน

ใบงานที่ 3.8.1 เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ biological diversity

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. ให้ยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตต่างสปีชีส์ (species) ที่ผสมพันธุ์กันแล้วได้ลูกที่เป็นหมันอย่างน้อย 2 อย่าง

ตอบ

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าการศึกษาประเทศไทยเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ ทำให้เราได้รับประโยชน์อย่างไรบ้าง

ตอบ

.....

.....

.....

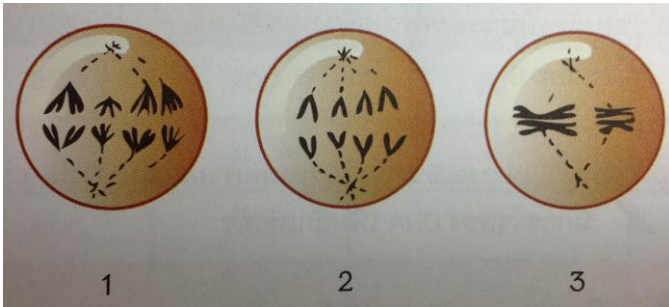
3. มีความจำเป็นอย่างน้อยเพียงใดที่เราควรจะรักษาสภาพของความหลากหลายทางชีวภาพนี้ให้คงอยู่ได้นาน ๆ

ตอบ

.....

คำถามท้ายบทที่ 3 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ

1. ศึกษาแผนภาพนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1.1 – 1.3

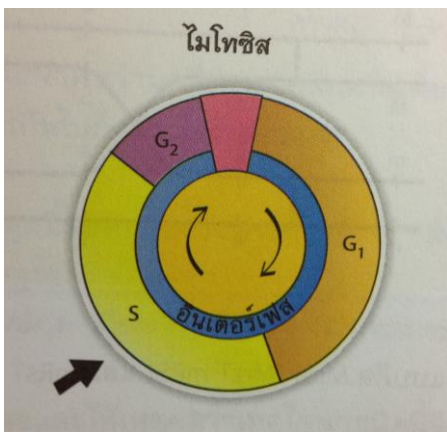


1.1 เซลล์ใดที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) ในระยะแอนาเฟส II

1.2 เซลล์ใดมาจากสิ่งมีชีวิต $2n = 4$

1.3 ถ้าเซลล์ร่างกายของตัวก่อกำเนิดมีโครโมโซม 12 คู่ เซลล์ในระยะเทโลเฟส I ของตัวก่อกำเนิดแต่ละเซลล์จะมีโครมาทิด จำนวนเท่าใด

2. ศึกษาแผนภาพแล้วตอบคำถามข้อ 2.1 – 2.3

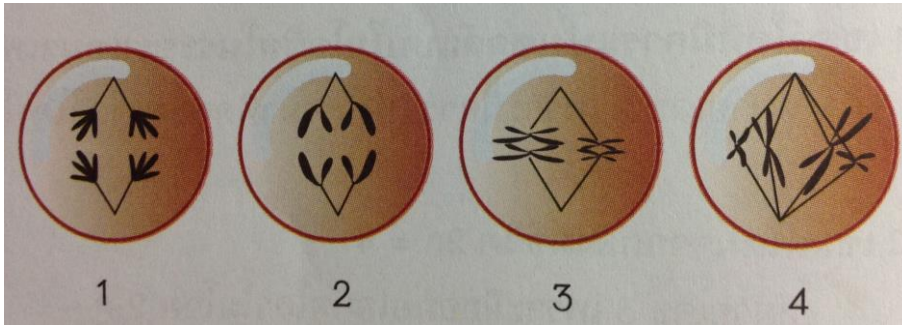


2.1 ระยะใดใช้เวลานานที่สุด

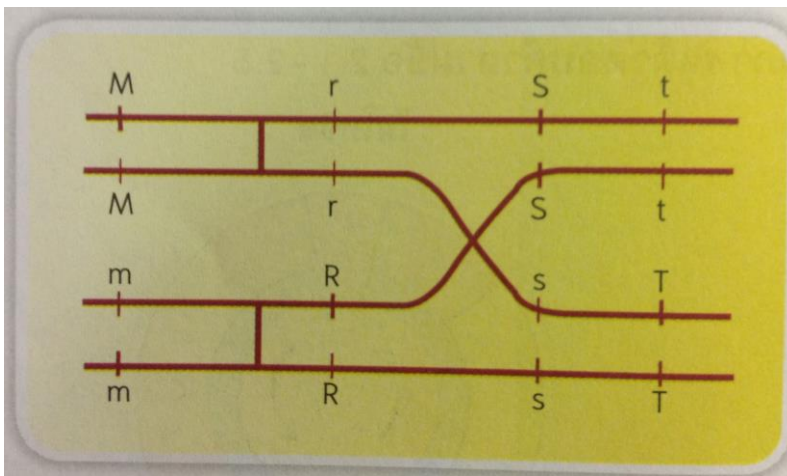
1.2 ระยะใดเป็นระยะก่อนสร้าง DNA

1.3 ในช่วง S phase ของวัฏจักรของเซลล์ตามแผนภาพนี้ จะมีปรากฏการณ์ใดเกิดขึ้น

3. เซลล์ในภาพใดกำลังแบ่งตัวแบบไมโอซิส (meiosis) ในระยะแอนาเฟส (anaphase) ทราบได้อย่างไร



4. จากการเกิดครอสซิงโอเวอร์ดังภาพ มีผลทำให้ได้เซลล์สืบพันธุ์กี่แบบ แต่ละแบบมียีนอย่างไรบ้าง

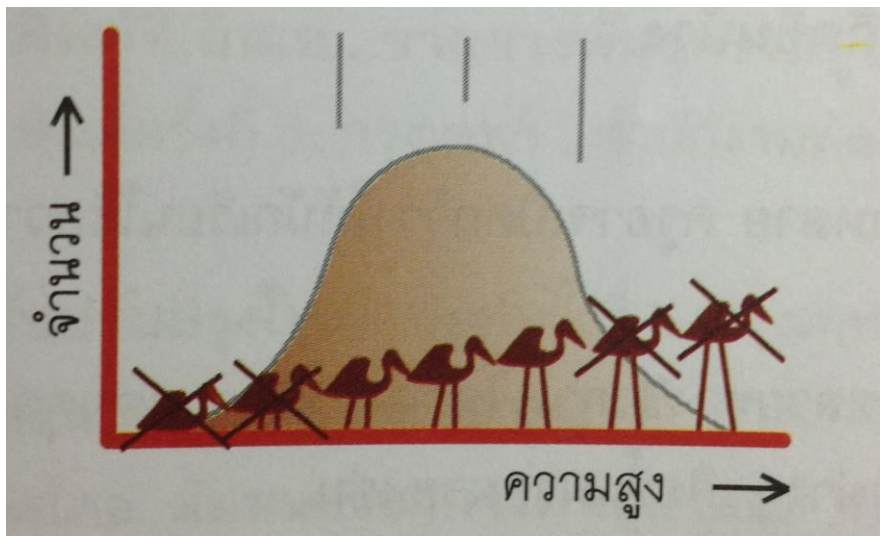


5. ศึกษาการเจริญเติบโตของแมลงเต่าทอง 4 สายพันธุ์ ได้ข้อมูลดังนี้

สายพันธุ์	จำนวนไข่ที่วาง(ฟอง)	จำนวนไข่ที่ฟักเป็นตัว (ฟอง)	จำนวนตัวอย่างที่อยู่รอดเจริญเป็นตัวเต็มวัย (ตัว)	จำนวนแมลงที่สืบพันธุ์ให้ลูกหลาน (ตัว)
A	200	200	20	-
B	400	400	40	40
C	600	500	30	30
D	800	200	20	-

จากข้อมูลนี้ แมลงเต่าทองสายพันธุ์ใดที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ และเพราะเหตุใด

6. จากการศึกษาจำนวนของนกกินมดชนิดหนึ่งในสวนสาธารณะแห่งหนึ่งพบว่า จำนวนของนกแตกต่างกันตามความสูงของนกดังในภาพ



และจากการศึกษาต่อมาพบว่านกที่มีขนาดเล็กหรือเตี้ยเกินไปจะตายเสียเป็นส่วนมาก และนกที่มีขนาดใหญ่หรือสูงเกินไปก็จะตายเสียส่วนมาก

- 6.1 จากข้อมูลนี้สอดคล้องกับประโยคที่ว่า “สิ่งมีชีวิตที่อยู่รอดจะต้องมีความเหมาะสม” หรือไม่ เพราะเหตุใด

6.2 จงอธิบายและให้เหตุผลว่า เหตุใดนกชนิดนี้จึงมีบางพวกเตี้ย และบางพวกมีความสูงเกินไป

7. จากการนำสาร A ไปกำจัดหนู โดยให้หนูกินอาหารที่ผสมสารนี้ พบว่า จำนวนหนูจะลดลงในระยะหนึ่ง และจะค่อย ๆ เพิ่มจำนวนขึ้น ทั้งที่ยังใช้สาร A กำจัดหนูอยู่ จากข้อมูลนี้นักเรียนจงใช้เหตุผลอธิบายว่า เพราะเหตุใดจำนวนหนูจึงยังคงเพิ่มมากขึ้น

8. ถ้านักเรียนพบสิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งในบริเวณเดียวกัน โดยที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีลักษณะโดยรวมคล้ายคลึงกัน นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จัดอยู่ในสปีชีส์เดียวกันหรือไม่

9. ถ้าหากในโลกนี้ไม่มีความหลากหลายทางชีวภาพ นักเรียนคิดว่าโลกของเราจะเป็นอย่างไร และจะมีปัญหาอะไรเกิดขึ้นบ้าง

แหล่งเรียนรู้

1. หนังสือประกอบการค้นคว้า

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. กระทรวงศึกษาธิการ. **คู่มือศึกษาลิงมีชีวิต**

สามัญบางชนิดในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : องค์การค้ำคुरुสภา, 2545

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. กระทรวงศึกษาธิการ. **หนังสือเรียนพื้นฐานชีววิทยา**

สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : องค์การค้ำคुरुสภา, 2553.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. กระทรวงศึกษาธิการ. **เอกสารสำหรับนักเรียน**

วิชาวิทยาศาสตร์กับสิ่งแวดล้อม ว 411. พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ : องค์การค้ำคुरुสภา, 2545.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สถาบัน. กระทรวงศึกษาธิการ. **หนังสือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและ**

เพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพฯ : องค์การค้ำของ สกสค.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สถาบัน. กระทรวงศึกษาธิการ. **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้**

พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ : องค์การค้ำของ สกสค. จัดพิมพ์จำหน่าย, 2550

2. อินเทอร์เน็ต (Internet)

1. <http://www.google.com> แหล่งข้อมูลต่าง ๆ