



โครงการจัดทำสื่อ ๒๕ พรรษา
เฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (สำหรับนักเรียน)
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ภาคเรียนที่ 1 รายวิชาวิทยาศาสตร์
หน่วยที่ 1 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม



ชื่อ - ชื่อสกุล.....เลขที่.....

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....โรงเรียน.....

สำนักงานโครงการส่วนพระองค์สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



โครงการจัดทำสื่อ ๖๕ พรรษา
เฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (สำหรับนักเรียน)
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ภาคเรียนที่ 1 รายวิชาวิทยาศาสตร์
หน่วยที่ 1 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ชื่อ - ชื่อสกุล..... เลขที่.....
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่..... โรงเรียน.....

สำนักงานโครงการส่วนพระองค์สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สารบัญ

	หน้า
เรื่องที่ 1 โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน	1
• ใบกิจกรรมที่ 1 โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมมีลักษณะอย่างไร	2
• ใบงานที่ 1 โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมมีลักษณะอย่างไร	3
• ใบความรู้ที่ 1 โครงสร้างของโครโมโซม	5
• ใบกิจกรรมที่ 2 หน่วยที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมต่างกันส่งผลอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต	7
• ใบงานที่ 2 หน่วยที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมต่างกันส่งผลอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต	12
• ใบความรู้ที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน	14
เรื่องที่ 2 การค้นพบของเมนเดล	15
• ใบความรู้ที่ 1 การทดลองผสมพันธุ์ถั่วลันเตาของเมนเดล	16
• ใบงานที่ 1 ผลการทดลองผสมพันธุ์ถั่วลันเตาของเมนเดล	20
• ใบความรู้ที่ 2 ยีนและแอลลีล	22
• ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	24
เรื่องที่ 3 โอกาสเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูก	25
• ใบกิจกรรมที่ 1 โอกาสการเข้าคู่ของแอลลีลเป็นเท่าใด	26
• ใบงานที่ 1 โอกาสการเข้าคู่ของแอลลีลเป็นเท่าใด	27
• ใบความรู้ที่ 1 การคำนวณหาจีโนไทป์และฟีโนไทป์โดยใช้แผนภาพ	29
• ใบกิจกรรมที่ 2 จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของสัตว์ประหลาดเป็นอย่างไร	31
• ใบงานที่ 2 จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของสัตว์ประหลาดเป็นอย่างไร	33
• ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	37
เรื่องที่ 4 โครโมโซมและการแบ่งเซลล์	39
• ใบกิจกรรมที่ 1 โครโมโซมในเซลล์ร่างกายของมนุษย์เป็นอย่างไร	40
• ใบงานที่ 1 โครโมโซมในเซลล์ร่างกายของมนุษย์เป็นอย่างไร	43
• ใบความรู้ที่ 1 จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต	44
• ใบความรู้ที่ 2 โครโมโซมมนุษย์	45
• ใบกิจกรรมที่ 2 การแบ่งเซลล์แต่ละแบบแตกต่างกันอย่างไร	46
• ใบงานที่ 2 การแบ่งเซลล์แต่ละแบบแตกต่างกันอย่างไร	48
• ใบความรู้ที่ 3 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส	50
• ใบงานที่ 3 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิสเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร	53

	หน้า
เรื่องที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมและยีนกับโรคทางพันธุกรรม	54
• ใบกิจกรรมที่ 1 โครโมโซมของทารกในครรภ์เป็นปกติหรือไม่	55
• ใบงานที่ 1 โครโมโซมของทารกในครรภ์เป็นปกติหรือไม่	57
• ใบความรู้ที่ 1 สาเหตุการเกิดและลักษณะของกลุ่มอาการดาวนีย์	58
• ใบความรู้ที่ 2 สาเหตุการเกิดและลักษณะของโรคธาลัสซีเมีย	60
• ใบงานที่ 2 ความผิดปกติของยีนทำให้เกิดโรคทางพันธุกรรมได้อย่างไร	62
• ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	63
เรื่องที่ 6 การลดความเสี่ยงที่บุตรจะเป็นโรคทางพันธุกรรม	64
• ใบกิจกรรมที่ 1 วางแผนอย่างไรก่อนแต่งงานเพื่อลดความเสี่ยงที่บุตรจะเป็นโรคทางพันธุกรรม	65
• ใบงานที่ 1 วางแผนอย่างไรก่อนแต่งงานเพื่อลดความเสี่ยงที่บุตรจะเป็นโรคทางพันธุกรรม	66
• ใบงานที่ 2 นักเรียนจะช่วยลดปัญหาการเกิดโรคธาลัสซีเมียได้อย่างไร	69
เรื่องที่ 7 สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	70
• ใบความรู้ที่ 1 สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	71
• ใบกิจกรรมที่ 1 สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม คืออะไร	73
• ใบงานที่ 1 สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม คืออะไร	74
• ใบกิจกรรมที่ 2 ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเป็นอย่างไร	75
• ใบงานที่ 2 ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเป็นอย่างไร	81
• ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	88
เรื่องที่ 8 จริยธรรมด้านพันธุศาสตร์	90
• ใบกิจกรรมที่ 1 จริยธรรมด้านพันธุศาสตร์ของนักเรียนเป็นอย่างไร	91
• ใบงานที่ 1 จริยธรรมด้านพันธุศาสตร์ของนักเรียนเป็นอย่างไร	93
แบบฝึกหัดท้ายหน่วย	98

ใบงาน

เรื่อง โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน

ใบกิจกรรมที่ 1 โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมมีลักษณะอย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

สังเกตและบรรยายลักษณะของโครโมโซมโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|-----------------------------|---------|
| 1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง | 1 กล้อง |
| 2. สไลด์ถาวรเซลล์ปลายรากหอม | 1 แผ่น |

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. สังเกตโครงสร้างภายในของเซลล์ปลายรากหอมจากสไลด์ถาวรด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง โดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำสุดแล้วเลือกบริเวณที่เห็นเซลล์แต่ละเซลล์ชัดเจน
2. ขยายภาพโดยเปลี่ยนเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายสูงขึ้น ปรับภาพจนเห็นภาพชัดเจน บันทึกผลโดยวาดภาพหรือถ่ายภาพลงในใบงานที่ 1 และระบุตำแหน่งโครโมโซมที่เห็นภายในเซลล์โดยเปรียบเทียบกับภาพตัวอย่างโครงสร้างภายในเซลล์ปลายรากหอม

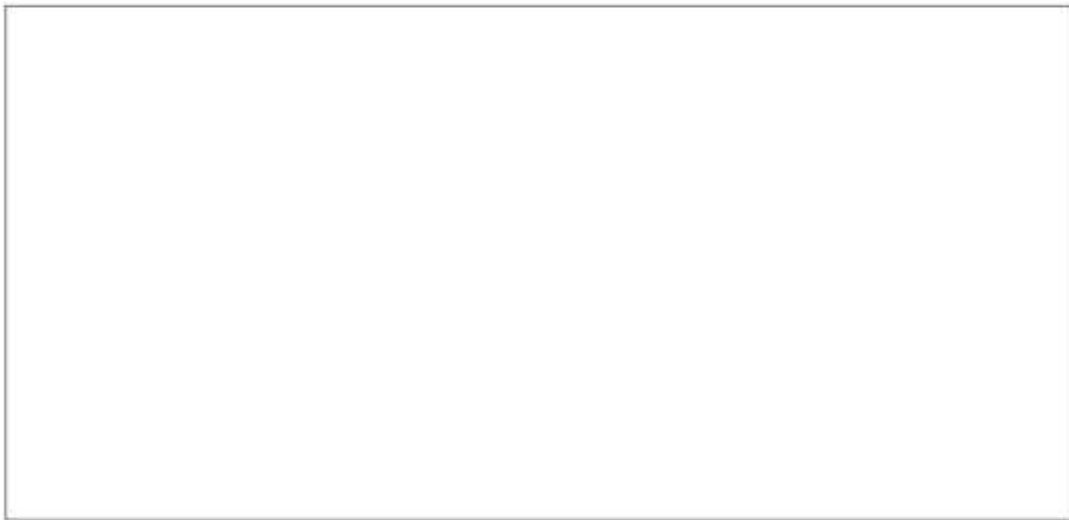
ใบงานที่ 1 โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมมีลักษณะอย่างไร

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม และตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

การสังเกตลักษณะของโครโมโซมโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

1.1 ภาพวาดหรือภาพถ่ายโครงสร้างที่เห็นภายในเซลล์ของปลายรากหอม



1.2 ระบุส่วนที่เป็นโครโมโซมในภาพข้อ 1.1 และบรรยายลักษณะของโครโมโซม

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สิ่ง que เห็นภายในเซลล์ปลายรากหอมแต่ละเซลล์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ลักษณะของโครโมโซมที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์ มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

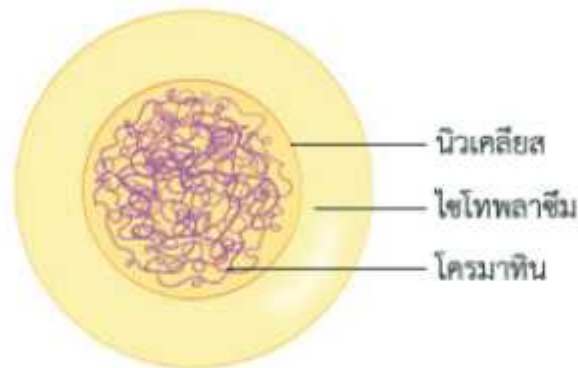
.....

.....

.....

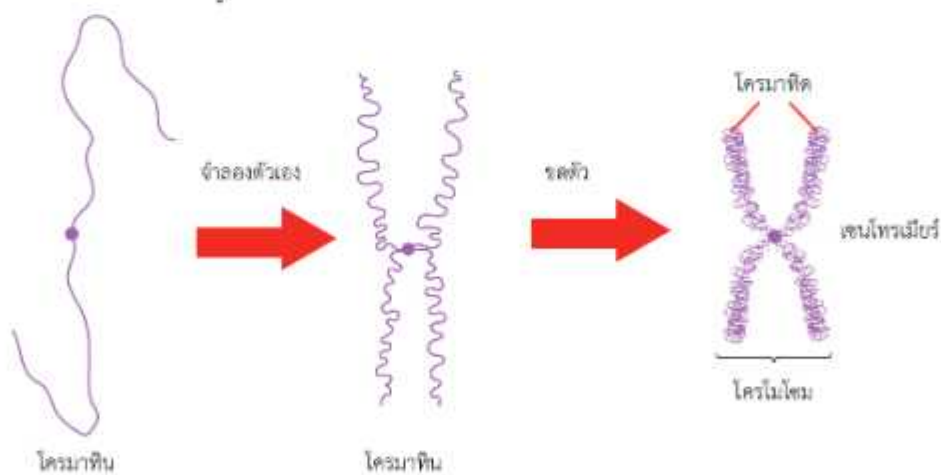
ใบความรู้ที่ 1 โครงสร้างของโครโมโซม

ในเซลล์ที่ยังไม่มีการแบ่งเซลล์ โครโมโซมจะอยู่ในสภาพคลายตัวออกเป็นเส้นใยเล็ก ๆ ยาวพันกันอยู่ภายในนิวเคลียสของเซลล์ เรียกว่า **โครมาติน (chromatin)** ซึ่งจะไม่สามารถมองเห็นเป็นเส้น หรือแท่งอย่างชัดเจนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง ดังภาพที่ 1



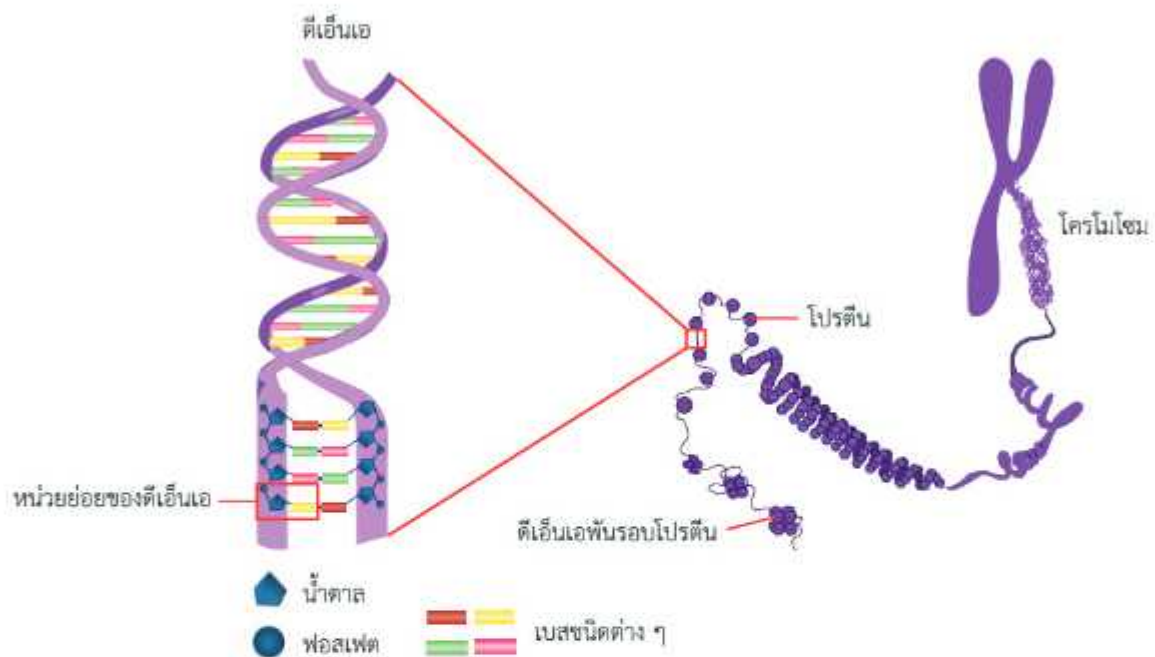
ภาพที่ 1 โครมาตินในนิวเคลียสของเซลล์

ในเซลล์ที่จะมีการแบ่งเซลล์ โครมาตินจะจำลองตัวเองเป็น 2 เส้น และหดตัวสั้นลงเป็นโครโมโซม โดยจะเห็นเป็นสองแท่งที่เชื่อมติดกันอยู่ ซึ่งแต่ละแท่งเรียกว่า **โครมาทิด (chromatid)** ดังนั้นหนึ่งโครโมโซมจึงประกอบด้วย 2 โครมาทิด โครมาทิดทั้งสองมีส่วนที่ติดกันอยู่ตรงบริเวณที่เรียกว่า **เซนโทรเมียร์ (centromere)** ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การจำลองและหดตัวของโครมาติน และส่วนต่าง ๆ ของโครโมโซม

นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาและพบว่าโครโมโซมประกอบด้วยกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก หรือ ดีเอ็นเอ (deoxyribonucleic acid : DNA) และโปรตีน ดีเอ็นเอเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ประกอบด้วยหน่วยย่อยเรียงตัวกันเป็นสายจำนวน 2 สาย ซึ่งจะจับคู่และบิดเป็นเกลียว ในหน่วยย่อยแต่ละหน่วยประกอบด้วยน้ำตาล หมู่ฟอสเฟต และเบส ดีเอ็นเอที่เป็นสายคู่นี้พันอยู่รอบโปรตีนที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม ดูเหมือนสายลูกปัด ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างของดีเอ็นเอ

ใบกิจกรรมที่ 2 หน่วยที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมต่างกันส่งผลอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

















วิเคราะห์และอธิบายความเกี่ยวข้องของหน่วยที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมกับลักษณะของสิ่งมีชีวิต โดยใช้แบบจำลอง

วัสดุและอุปกรณ์

1. แล็บกระดาษหรือสีกาที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสุนัข 5 ลักษณะ แต่ละลักษณะมีรหัสภาพที่แตกต่างกัน 4 แบบ 20 ชิ้น
2. ซองกระดาษหรือแก้วพลาสติกทึบ 4 ซอง หรือ 4 ใบ
3. กรรไกร 1 เล่ม
4. กระดาษบรูฟ (สร้างแบบ) หรือกระดาษ A 4 1 แผ่น

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. กำหนดให้รหัสภาพแทนแบบจำลองของหน่วยกำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสุนัข 5 ลักษณะ ได้แก่ ลำตัว หัว ใบหู ขาและหาง แต่ละลักษณะมี 4 แบบ ดังภาพ

ลักษณะของลำตัว				
แบบที่ 1				
แบบที่ 2				
แบบที่ 3				
แบบที่ 4				

ลักษณะของหัว

แบบที่ 1	
แบบที่ 2	
แบบที่ 3	
แบบที่ 4	

ลักษณะของใบหู

แบบที่ 1	
แบบที่ 2	
แบบที่ 3	
แบบที่ 4	

ลักษณะของขา













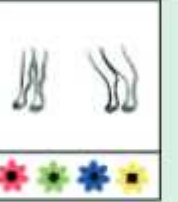

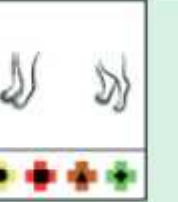





แบบที่ 1	
แบบที่ 2	
แบบที่ 3	
แบบที่ 4	

ลักษณะของหาง

แบบที่ 1	
แบบที่ 2	
แบบที่ 3	
แบบที่ 4	

2. ตัดกระดาษที่มีรหัสภาพกำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสุนัขแต่ละลักษณะตามแนวยาวออกเป็น 4 ชั้น
ชั้นละ 1 แบบ รวม 4 ชั้น ต่อ 1 ลักษณะ ใส่ลงในช่องกระดาษ ลักษณะละ 1 ช่อง
3. ให้สมาชิกกลุ่มแต่ละคน สุ่มหยิบกระดาษ 1 ชั้นจากแต่ละช่อง บันทึกผลในใบงานที่ 2 ข้อ 1
4. นำลักษณะที่ได้จากข้อ 3 เทียบกับตารางแปลรหัสภาพลักษณะต่างๆ ของสุนัขที่กำหนดให้ แล้วนำข้อมูลมา
ประกอบการวาดเป็นภาพสุนัขลงในใบงานที่ 2 ข้อ 2
5. ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรมเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้
6. ตอบคำถามท้ายกิจกรรม

ตารางแปลรหัสภาพลักษณะของสุนัข

ลักษณะ	รูปแบบของแต่ละลักษณะ			
ลำตัว				
หัว				
ใบหู				
ขา				
หาง				

ใบงานที่ 2 หน่วยกำหนดลักษณะทางพันธุกรรมต่างกันส่งผลอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต

บันทึกผลการทำกิจกรรม

1. การสุ่มรหัสภาพแทนแบบจำลองของหน่วยกำหนดลักษณะลักษณะต่าง ๆ ของสุนัข

ส่วนประกอบของสุนัข	รหัสภาพที่สุ่มได้
ลักษณะของลำตัว	
ลักษณะของหัว	
ลักษณะของใบหู	
ลักษณะของขา	
ลักษณะของหาง	

2. ภาพสุนัขได้จากการนำรหัสภาพแต่ละลักษณะเทียบกับตารางแปลรหัส

คำถามท้ายกิจกรรม

1. แบบจำลองรหัสภาพนี้ใช้แทนหน่วยที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดใด

.....

2. รหัสภาพแบบต่าง ๆ ที่หยิบโดยการสุ่มแต่ละครั้งแทนลักษณะใดของสิ่งมีชีวิต

.....

.....

.....

3. ภาพสิ่งมีชีวิตของนักเรียนแต่ละกลุ่มเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

4. สิ่งใดเป็นตัวกำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสุนัข

.....

.....

.....

5. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

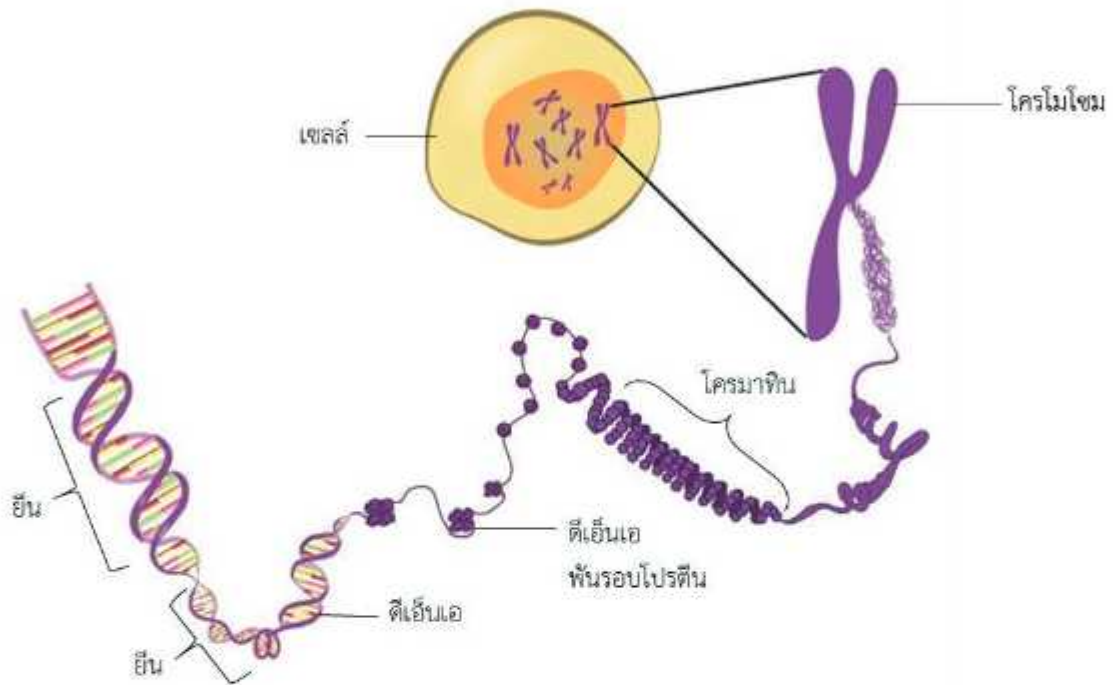
.....

.....

.....

ใบความรู้ที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน

ภายในนิวเคลียสของเซลล์มีโครโมโซมซึ่งประกอบด้วยดีเอ็นเอและโปรตีน ดีเอ็นเอบางช่วงทำหน้าที่เป็นยีนซึ่งควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม และบางช่วงไม่เป็นยีนจึงไม่ได้ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม เนื่องจากดีเอ็นเอในแต่ละโครโมโซมมีความยาวมาก โครโมโซมจึงมียีนเป็นจำนวนมาก ความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน เป็นดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน

ใบงาน

เรื่อง การค้นพบของเมนเดล

ใบความรู้ที่ 1 การทดลองผสมพันธุ์ถั่วลันเตาของเมนเดล

ปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 มีบาทหลวงชาวออสเตรียชื่อว่าเกรกอร์ โยฮันน์ เมนเดล (Gregor Johann Mendel) มีความสนใจ ในวิชา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการปรับปรุงพันธุ์พืช เขาทดลองผสมพันธุ์ ถั่วลันเตาเพื่อศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และได้สรุปเป็น กฎของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมขึ้น

เมนเดลใช้ถั่วลันเตาในการทดลองเพราะเป็นพืชที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และให้ผลในระยะเวลานาน เมนเดลได้ผสมพันธุ์ ถั่วลันเตาที่มีลักษณะต่าง ๆ โดยเลือกศึกษาเพียง 7 ลักษณะ ได้แก่ รูปร่าง ของเมล็ด สีของเมล็ด สีของดอก รูปร่างของฝัก สีของฝัก ตำแหน่ง ของดอก และความสูงของลำต้น โดยแต่ละลักษณะของถั่วลันเตาที่ นำมาผสมพันธุ์กันนั้นมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น ลำต้นสูงและ ลำต้นเตี้ย ฝักสีเขียวและฝักสีเหลือง

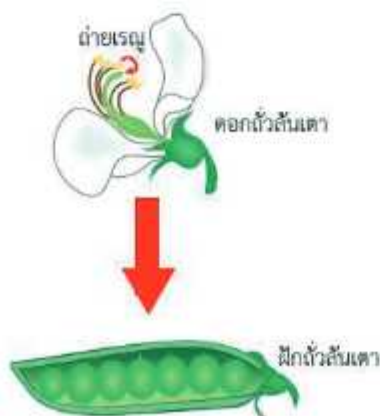
ต้นถั่วลันเตาที่เมนเดลนำมาใช้เป็นพันธุ์แท้ ได้จากการเลือก ต้นถั่วซึ่งมีลักษณะที่ต้องการแล้วปล่อยให้ผสมพันธุ์ภายในดอกเดียวกัน ดังภาพที่ 3 และเมื่อถั่วออกผล เมนเดลก็นำเมล็ดแก่ไปปลูกจนกระทั่ง ต้นถั่วเจริญเติบโต จึงคัดเลือกต้นที่มีลักษณะเดิมที่ต้องการปล่อยให้ ผสมภายในดอกเดียวกันจนได้ผลและเมล็ด แล้วนำเมล็ดไปปลูก ทำเช่นนี้ อีกหลาย ๆ รุ่น จนได้เป็นต้นถั่วพันธุ์แท้ที่มีลักษณะเหมือนเดิมทุกประการ เช่น ถั่วดอกสีขาวพันธุ์แท้เกิดจากการผสมภายในดอกเดียวกันหลายรุ่น ๆ จนได้ต้นถั่วที่มีลักษณะดอกสีขาวทั้งหมดในทุกรุ่นที่ผสม



ภาพที่ 1 เกรกอร์ โยฮันน์ เมนเดล



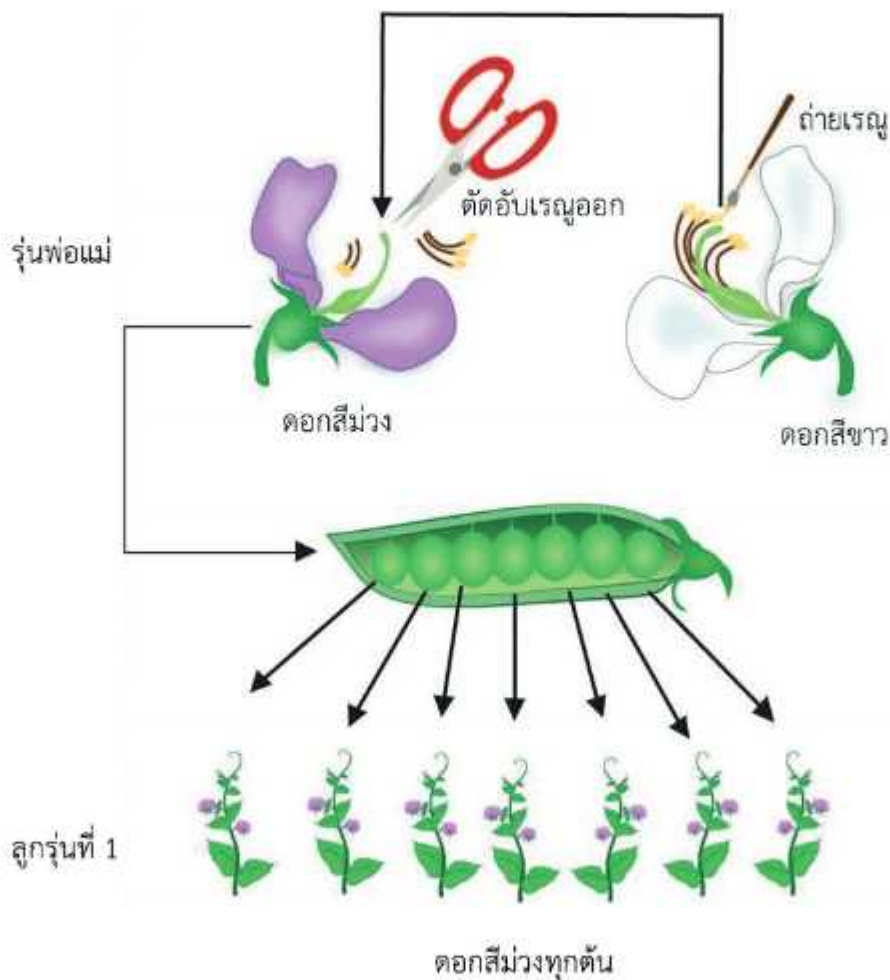
ภาพที่ 2 ต้นถั่วลันเตา



ภาพที่ 3 การผสมพันธุ์ภายในดอกเดียวกันของถั่วลันเตา

เมนเดลทดลองผสมพันธุ์ถั่วลันเตาพันธุ์แท้โดยศึกษา เฉพาะลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนเพียง 1 ลักษณะ เช่น ในการศึกษาลักษณะสีของดอกถั่ว เมนเดลจะผสมพันธุ์ข้ามต้น โดยผสมถั่วรุ่นพ่อแม่ดอกสีม่วงพันธุ์แท้กับดอกสีขาวพันธุ์แท้ แล้วพิจารณาสีดอกของถั่วรุ่นลูกที่เกิดขึ้นโดยไม่พิจารณาลักษณะอื่น เรียกการผสมลักษณะนี้ว่าการผสมโดยพิจารณาลักษณะเดียว (monohybrid cross)















ตัวอย่างการผสมพันธุ์ถั่วลันเตาของเมนเดลดอกสีม่วงพันธุ์แท้กับดอกสีขาวพันธุ์แท้ เริ่มจากการตัดอับเรณูของ ดอกถั่วสีม่วงทิ้งไปในขณะที่ดอกยังตูมอยู่ แล้วใช้ถุงคลุมดอกตูมนั้นไว้เพื่อไม่ให้มีเรณูใดเข้าไปผสม เมื่อดอกเจริญเต็มที่ จึงเขี่ยเรณูจากดอกถั่วพันธุ์สีขาวมาแตะที่ยอดเกสรเพศเมียของดอกสีม่วงที่คลุมไว้ และใช้ถุงคลุมดอกไว้ดั้งเดิม รอจนกว่าจะติดผลซึ่งมีเมล็ดอยู่ภายใน เมื่อเมล็ดแก่จึงนำเมล็ดแก่ไปเพาะ สังเกตลักษณะสีดอกของต้นลูกที่เกิดขึ้น ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การผสมพันธุ์ต้นถั่วดอกสีม่วงพันธุ์แท้กับดอกสีขาวพันธุ์แท้

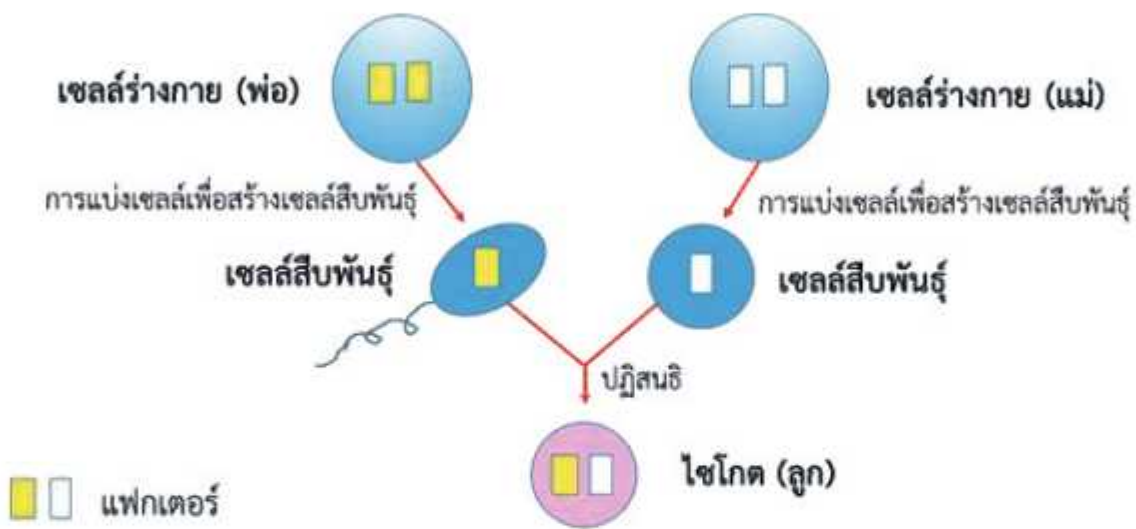
เมนเดลได้ทำการทดลองแบบเดียวกันนี้ในการศึกษาลักษณะอื่น ๆ ของถั่วลันเตาอีก 6 ลักษณะ แล้วบันทึกลักษณะของต้นถั่วลูกผสมที่เกิดขึ้น จากนั้นให้ลูกผสมรุ่นที่ 1 ผสมพันธุ์ภายในดอกเดียวกัน ทำให้เกิดลูกผสมในรุ่นที่ 2 แล้วสังเกต และบันทึกลักษณะของลูกผสมในรุ่นนี้ การผสมพันธุ์ถั่วลันเตาโดยพิจารณาทีละลักษณะทั้ง 7 ลักษณะ ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการผสมถั่วลันเตา 7 ลักษณะของเมนเดล

ลักษณะพันธุกรรม	ลักษณะของพ่อแม่ที่ใช้ผสมพันธุ์	ลักษณะที่ปรากฏ		อัตราส่วนรุ่นที่ 2
		ลูกรุ่นที่ 1	ลูกรุ่นที่ 2	
รูปร่างของเมล็ด	กลม × ขรุขระ  × 	กลมทุกต้น	กลม 5,474 เมล็ด ขรุขระ 1,850 เมล็ด	2.96:1
สีของเมล็ด	เหลือง × เขียว  × 	เหลืองทุกต้น	เหลือง 6,022 เมล็ด เขียว 2,001 เมล็ด	3.01:1
รูปร่างของฝัก	อวบ × แพน  × 	อวบทุกต้น	อวบ 882 ต้น แพน 229 ต้น	2.95:1
สีของฝัก	เขียว × เหลือง  × 	เขียวทุกต้น	เขียว 428 ต้น เหลือง 152 ต้น	2.82:1
ตำแหน่งของดอก	ที่ลำต้น × ที่ยอด  × 	ที่ลำต้นทุกต้น	ที่ลำต้น 651 ต้น ที่ยอด 207 ต้น	3.14:1
สีของดอก	ม่วง × ขาว  × 	ม่วงทุกต้น	ม่วง 705 ต้น ขาว 224 ต้น	3.15:1
ความสูงของลำต้น	สูง × เตี้ย  × 	สูงทุกต้น	ต้นสูง 787 ต้น ต้นเตี้ย 277 ต้น	2.84:1

ผลจากการผสมพันธุ์ถั่วลันเตาพบว่าลูกรุ่นที่ 1 มีลักษณะของรุ่นพ่อแม่ปรากฏเพียงลักษณะเดียว และลูกในรุ่นที่ 2 มีลักษณะของรุ่นพ่อแม่ปรากฏทั้งสองลักษณะในอัตราส่วนที่ไม่เท่ากัน เมนเดลเรียกลักษณะที่ปรากฏในลูกรุ่นที่ 1 ว่า ลักษณะเด่น (dominant trait) และลักษณะที่ไม่ปรากฏในรุ่นที่ 1 แต่กลับมาปรากฏในรุ่นที่ 2 ว่า ลักษณะด้อย (recessive trait)

เมนเดลสังเกตเห็นว่าลักษณะด้อยจะไม่ปรากฏให้เห็นในลูกรุ่นที่ 1 แต่กลับมาปรากฏในรุ่นที่ 2 และเมื่อนับจำนวนลูกในรุ่นที่ 2 พบว่ามีอัตราส่วนระหว่างลักษณะเด่นและลักษณะด้อยมีค่าประมาณ 3 ต่อ 1 เมนเดลตั้งสมมติฐานโดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายผลการทดลองว่าลักษณะแต่ละลักษณะของพืชถูกควบคุมด้วยหน่วยควบคุมลักษณะซึ่งเมนเดล เรียกว่า **แฟกเตอร์ (factor)** ที่มีอยู่เป็นคู่ในเซลล์ของร่างกาย โดยแฟกเตอร์หนึ่งมาจากพ่อและอีกแฟกเตอร์หนึ่งมาจากแม่ เมื่อถึงเวลาที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แฟกเตอร์ที่อยู่เป็นคู่จะแยกจากกันอยู่เป็นแฟกเตอร์เดี่ยวในเซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์ สมมติฐานของเมนเดลปัจจุบันรู้จักกันในชื่อว่า **กฎการแยก (law of segregation)** และเมื่อเซลล์สืบพันธุ์มาปฏิสนธิ จะทำให้ได้ไซโกตซึ่งเป็นรุ่นลูกมีแฟกเตอร์ที่อยู่เป็นคู่เช่นเดิมอีก ดังภาพที่ 5 ต่อมาเรียกแฟกเตอร์นี้ว่า ยีน

















ภาพที่ 5 แผนภาพการอธิบายสมมติฐานของเมนเดล

ใบงานที่ 1 ผลการทดลองผสมพันธุ์ถั่วลันเตาของเมนเดล

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาตารางแสดงผลการผสมพันธุ์ถั่วลันเตาของเมนเดลแล้วตอบคำถามต่อไปนี้

ตาราง ผลการทดลองการผสมถั่วลันเตา 7 ลักษณะของเมนเดล

ลักษณะพันธุกรรม	ลักษณะของพ่อแม่ที่ใช้ผสมพันธุ์	ลักษณะที่ปรากฏ		อัตราส่วนรุ่นที่ 2
		ลูกรุ่นที่ 1	ลูกรุ่นที่ 2	
รูปร่างของเมล็ด	กลม × ขรุขระ  	กลมทุกต้น	กลม 5,474 เมล็ด ขรุขระ 1,850 เมล็ด	2.96:1
สีของเมล็ด	เหลือง × เขียว  	เหลืองทุกต้น	เหลือง 6,022 เมล็ด เขียว 2,001 เมล็ด	3.01:1
รูปร่างของฝัก	อวบ × แพน  	อวบทุกต้น	อวบ 882 ต้น แพน 229 ต้น	2.95:1
สีของฝัก	เขียว × เหลือง  	เขียวทุกต้น	เขียว 428 ต้น เหลือง 152 ต้น	2.82:1
ตำแหน่งของดอก	ที่ลำต้น × ที่ยอด  	ที่ลำต้นทุกต้น	ที่ลำต้น 651 ต้น ที่ยอด 207 ต้น	3.14:1
สีของดอก	ม่วง × ขาว  	ม่วงทุกต้น	ม่วง 705 ต้น ขาว 224 ต้น	3.15:1
ความสูงของลำต้น	สูง × เตี้ย  	สูงทุกต้น	ต้นสูง 787 ต้น ต้นเตี้ย 277 ต้น	2.84:1

คำถาม

1. ลักษณะที่ปรากฏในลูกรุ่นที่ 1 แตกต่างจากลักษณะปรากฏในลูกรุ่นที่ 2 อย่างไร

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

2. เมื่อผสมพันธุ์ตัวลันเตาในแต่ละลักษณะ ลักษณะใดที่ไม่ปรากฏในลูกรุ่นที่ 1 แต่มาปรากฏในลูกรุ่นที่ 2

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

3. ลูกรุ่นที่ 2 มีอัตราส่วนระหว่างลักษณะที่ปรากฏของแต่ละแบบเป็นอย่างไร

.....
.....

4. เหตุใดเมนเดลจึงทดลองผสมพันธุ์ตัวลันเตาเป็นจำนวนมาก

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

5. เมนเดล เรียก ลักษณะที่พบลูกรุ่นที่ 1 และ ลูกรุ่นที่ 2 เรียกว่า ลักษณะเด่น ส่วนลักษณะที่ไม่ปรากฏในลูกรุ่นที่ 1 แต่กลับมาปรากฏในลูกรุ่นที่ 2 ว่าลักษณะด้อย ลักษณะใดของต้นตัวลันเตาที่เป็นลักษณะเด่นและลักษณะใดเป็นลักษณะด้อย

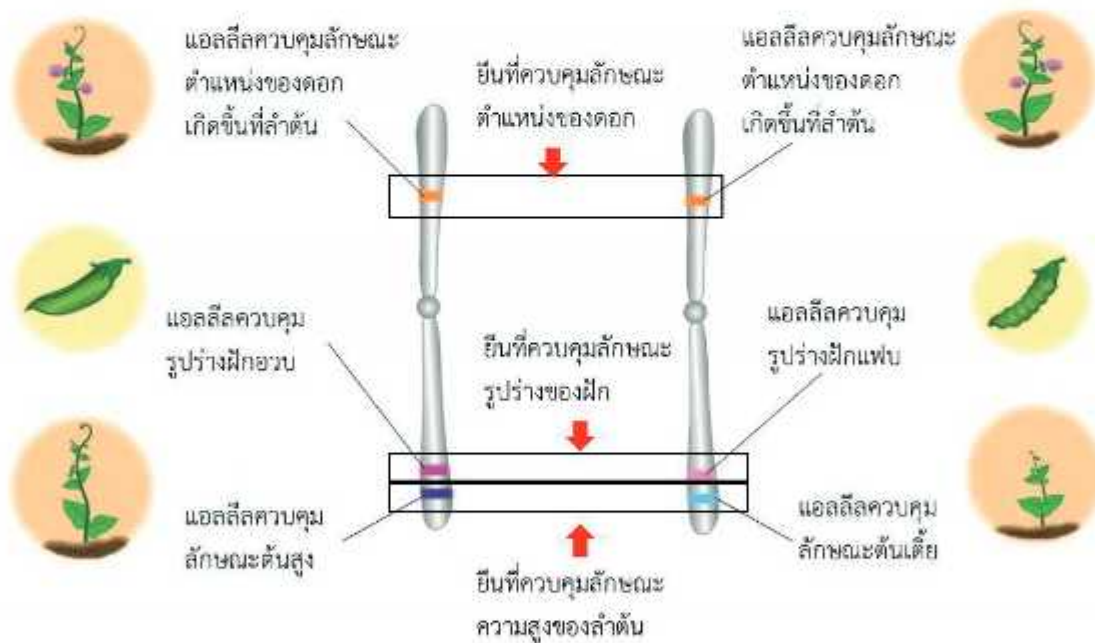
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ใบความรู้ที่ 2 ยีนและแอลลีล

สิ่งมีชีวิตมียีนเป็นหน่วยกำหนดลักษณะทางพันธุกรรมซึ่งจะอยู่กันเป็นคู่ในเซลล์ร่างกาย ยีนที่ควบคุมแต่ละลักษณะจะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน จึงปรากฏเป็นลักษณะที่ต่างกัน เรียกรูปแบบที่แตกต่างกันของยีนว่า **แอลลีล (allele)**

ยีนจะอยู่บนโครโมโซมซึ่งมีลักษณะเป็นคู่ยกเว้นในเซลล์สืบพันธุ์ โดยโครโมโซมแต่ละคู่ซึ่งมาจากพ่อและแม่จะมีรูปร่างลักษณะเหมือนกัน ความยาวเท่ากันและมียีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกันอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันบนโครโมโซมที่เป็นคู่กัน เรียกโครโมโซมคู่นี้ว่า **ฮอมอโลกัสโครโมโซม (homologous chromosome)**

ฮอมอโลกัสโครโมโซมในเซลล์ของต้นถั่วจะมียีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ เช่น ยีนที่ควบคุมตำแหน่งของดอก ยีนที่ควบคุมลักษณะของฝัก และยีนที่ควบคุมความสูงของลำต้น ซึ่งแต่ละยีนจะมีรูปแบบของยีนอยู่ 2 รูปแบบหรือ 2 แอลลีล เช่น ยีนที่ควบคุมความสูงของลำต้นมีแอลลีลควบคุมลักษณะต้นสูงและแอลลีลควบคุมลักษณะต้นเตี้ย ดังภาพที่ 1



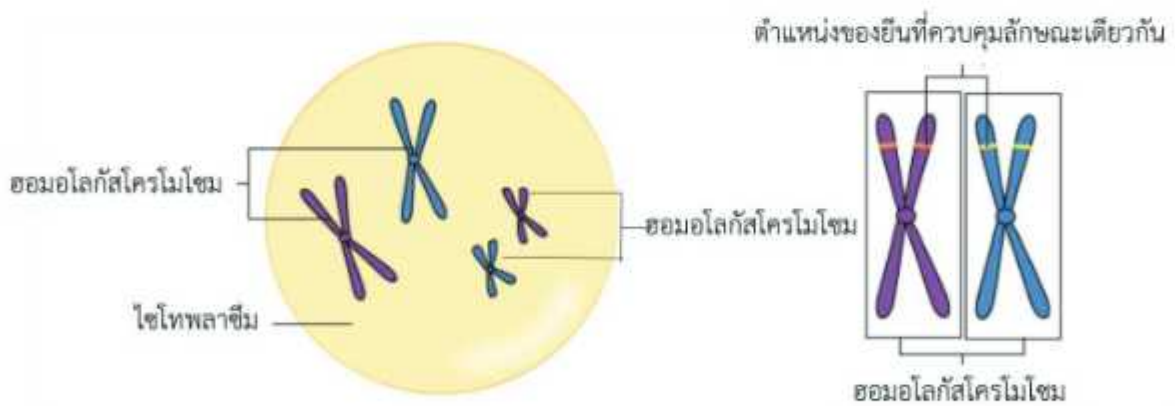
ภาพที่ 1 แอลลีลที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของต้นถั่วในแต่ละตำแหน่งบนฮอมอโลกัสโครโมโซม

ยีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกันในต้นถั่วอาจมีแอลลีลที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันก็ได้ ขึ้นอยู่กับแอลลีลที่ได้รับมาจากพ่อและแม่ เช่น ถ้าพ่อและแม่มีแอลลีลที่เหมือนกัน ลูกจะมีแอลลีลที่อยู่บนซอมอโลกัสโครโมโซมเหมือนกัน แต่ถ้าพ่อและแม่มีแอลลีลต่างกัน ลูกก็จะมีแอลลีลบนซอมอโลกัสโครโมโซมต่างกัน

แอลลีลที่ควบคุมลักษณะเด่น เรียกว่า **แอลลีลเด่น (dominant allele)** ส่วนแอลลีลที่ควบคุมลักษณะด้อย เรียกว่า **แอลลีลด้อย (recessive allele)** เมื่อมาเข้าคู่กัน แอลลีลเด่นจะสามารถข่มแอลลีลด้อยไม่ให้ปรากฏลักษณะด้อยออกมา เรียกแอลลีลเด่นที่ข่มแอลลีลด้อยแบบนี้ว่าการข่มอย่างสมบูรณ์ (complete dominant) ดังนั้นแม้มีแอลลีลเด่นเพียงแอลลีลเดียว สิ่งมีชีวิตก็จะแสดงลักษณะเด่นออกมาได้ ส่วนสิ่งมีชีวิตที่แสดงลักษณะด้อยจะต้องมีแอลลีลด้อยทั้งสองแอลลีล

นักพันธุศาสตร์นิยมใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวเอียงแทนแอลลีลเด่น และอักษรตัวพิมพ์เล็กตัวเอียงแทนแอลลีลด้อย เช่น ใช้ตัวอักษร *T* แทนแอลลีลเด่นที่ควบคุมลักษณะต้นสูง และ *t* แทนแอลลีลด้อยที่ควบคุมลักษณะต้นเตี้ย

ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้



ใบงาน

เรื่อง โอกาสเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูก

ใบกิจกรรมที่ 1 โอกาสการเข้าสู่ของแอลลีลเป็นเท่าใด

จุดประสงค์การเรียนรู้

คำนวณและอธิบายโอกาสการเข้าสู่ของแอลลีล

วัสดุและอุปกรณ์

- ลูกปัดสีแดงและสีขาวรูปร่างเหมือนกันและขนาดเท่ากัน สีละ 10 เม็ด
- กล่องหรือถ้วยพลาสติกทึบ 2 ใบ

วิธีการดำเนินกิจกรรม

- กำหนดให้ลูกปัดสีแดงแทนแอลลีล T ซึ่งเป็นแอลลีลเด่นควบคุมลักษณะต้นสูง และลูกปัดสีขาวแทนแอลลีล t ซึ่งเป็นแอลลีลด้อยควบคุมลักษณะต้นเตี้ย
- นำลูกปัดสีแดงและสีขาวอย่างละ 5 เม็ด บรรจุลงในกล่องพลาสติกใบที่ 1 และ 2 ตั้งภาพ
- ใช้มือคนลูกปัดในกล่องพลาสติกทั้ง 2 ใบให้ทั่ว และหยิบลูกปัดจากกล่องทั้ง 2 ใบขึ้นพร้อมกัน ใบละ 1 เม็ด โดยไม่มอง บันทึกสีลูกปัดแล้วใส่กลับคืนกล่องพลาสติกตามเดิม
- ทำข้อ 3 ซ้ำโดยหยิบลูกปัดอีก 99 ครั้ง รวมจำนวนครั้งในการหยิบ 100 ครั้ง นับจำนวนครั้งที่หยิบลูกปัดแล้วได้สีแดงทั้งคู่ สีแดงกับสีขาว และสีขาวทั้งคู่ จากนั้นคำนวณอัตราส่วนอย่างต่ำของการหยิบลูกปัดทั้ง 3 แบบ โดยนำตัวเลขที่เป็นจำนวนครั้งที่ได้จากการหยิบที่มีค่าน้อยที่สุดไปหารตัวเลขทุกตัว บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตารางที่ 1
- นำผลการทำกิจกรรมของแต่ละกลุ่มมารวมกัน แล้วคำนวณหาอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนครั้งในการหยิบลูกปัดทั้ง 3 แบบ โดยใช้วิธีเดียวกับข้อ 4 บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตารางที่ 2



ใบงานที่ 1 โอกาสการเข้าสู่ของแอลลีลเป็นเท่าใด

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรมในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตารางที่ 1 จำนวนครั้งและอัตราส่วนอย่างต่ำของสีลูกปัดที่หยิบได้ 3 แบบของกลุ่มที่

จำนวนครั้งของสีลูกปัดที่หยิบได้			อัตราส่วนอย่างต่ำ
แดง-แดง (TT)	แดง-ขาว (Tt)	ขาว-ขาว (tt)	

ตารางที่ 2 จำนวนครั้งและอัตราส่วนอย่างต่ำของสีลูกปัดที่หยิบได้ 3 แบบของทุกกลุ่มในห้อง

กลุ่ม	จำนวนครั้งของสีลูกปัดที่หยิบได้			อัตราส่วนอย่างต่ำ
	แดง-แดง (TT)	แดง-ขาว (Tt)	ขาว-ขาว (tt)	
รวม				

คำถามท้ายกิจกรรม

1. อัตราส่วนอย่างต่ำของลูกปัดที่หยิบได้ทั้ง 3 แบบของกลุ่มเป็นเท่าใด

.....

.....

.....

2. เมื่อนำผลรวมของการหยิบลูกปัดของทุกกลุ่มรวมกัน อัตราส่วนอย่างต่ำของลูกปัดที่หยิบได้เป็นเท่าใด เหมือนหรือแตกต่างจากผลการคำนวณของแต่ละกลุ่มอย่างไร

.....

.....

.....

3. เหตุใดจึงต้องนำผลของการหยิบลูกบิดในแต่ละกลุ่มมารวมกันแล้วคำนวณหาอัตราส่วนอย่างต่ำ

.....

.....

.....

4. ถ้าการหยิบลูกบิดจากกล่องพลาสติกพร้อมกันแล้วนำลูกบิดมาเข้าคู่กันเปรียบเสมือนการเข้าคู่ของแอลลีลในการปฏิสนธิของเซลล์สืบพันธุ์ ต้นถั่วที่เกิดจากการผสมในกิจกรรมนี้จะมีลักษณะเช่นใดบ้าง และมีอัตราส่วนอย่างต่ำของฟีโนไทป์เป็นเท่าใด

.....

.....

5. จากกิจกรรมสรุปได้ว่าอย่างไร

.....

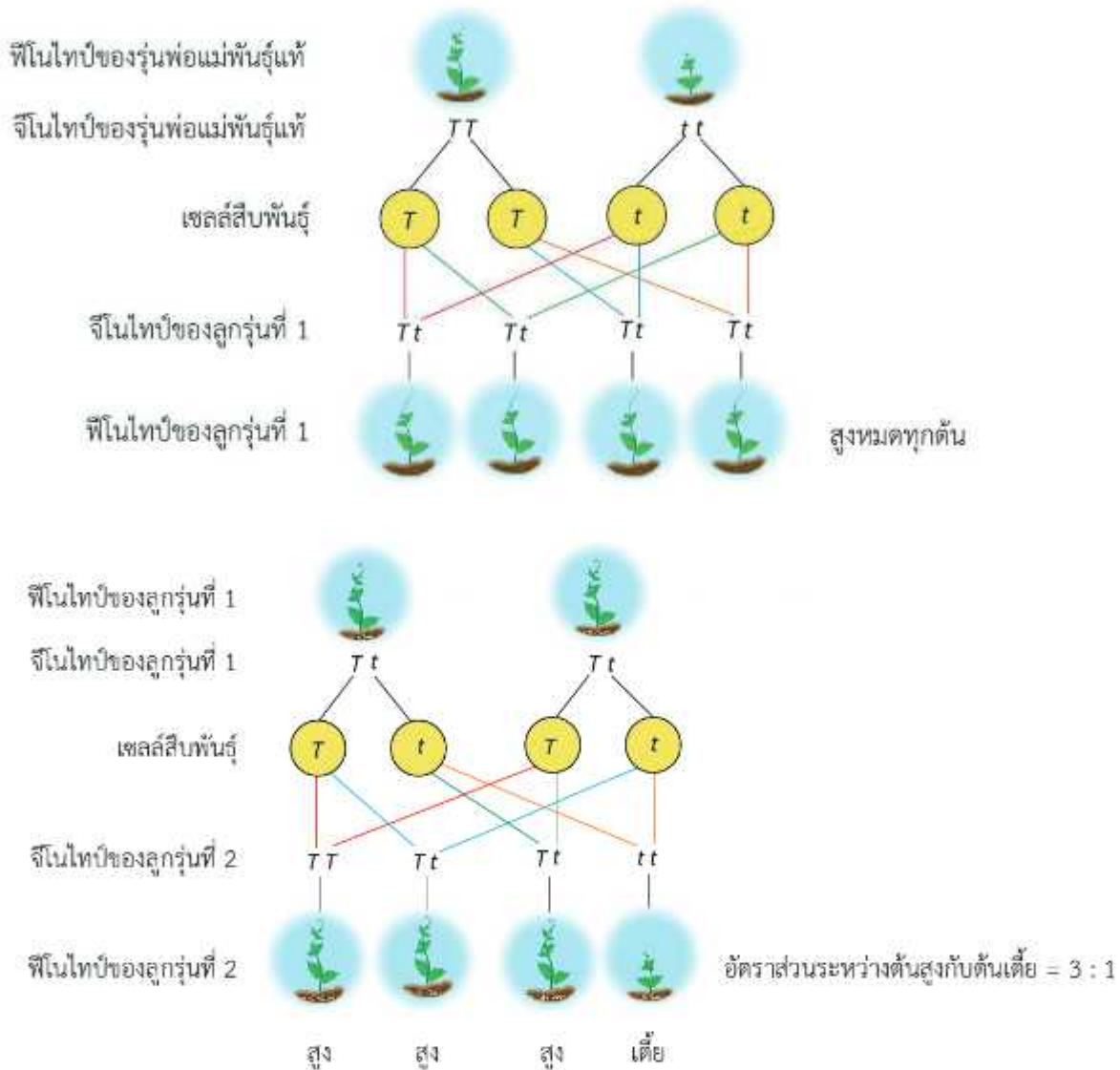
.....

.....

.....

ใบความรู้ที่ 1 การคำนวณหาจีโนไทป์และฟีโนไทป์โดยใช้แผนภาพ

ในการผสมพันธุ์ระหว่างถั่วต้นสูงกับถั่วต้นเตี้ยในรุ่นพ่อแม่ และการผสมพันธุ์ระหว่างลูกรุ่นที่ 1 อาจแสดงได้โดยใช้แผนภาพ โดยเขียนอักษรภาษาอังกฤษแทนแอลลีลของถั่วได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การผสมพันธุ์ระหว่างถั่วรุ่นพ่อแม่ และการผสมพันธุ์ระหว่างลูกรุ่นที่ 1

เมื่อนำถั่วรุ่นพ่อแม่ซึ่งเป็นถั่วต้นสูงพันธุ์แท้ที่มีจีโนไทป์ TT ผสมพันธุ์กับถั่วต้นเตี้ยพันธุ์แท้ที่มีจีโนไทป์ tt เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แอลลีล T กับ T และ แอลลีล t กับ t จะแยกออกจากกันไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์มีแอลลีลเดี่ยว และเมื่อเซลล์สืบพันธุ์มาปฏิสนธิกันทำให้ได้ไซโกต ซึ่งจะเจริญเป็นลูกรุ่นที่ 1 ที่มีแอลลีลมารวมกันเป็นคู่ใหม่ ผลจากการเข้าคู่กันของแอลลีล T ที่เป็นแอลลีลเด่นซึ่งควบคุมลักษณะ

ต้นสูง กับแอลลีล t ที่เป็นแอลลีลด้อย ซึ่งควบคุมลักษณะต้นเตี้ย ทำให้ลูกรุ่นที่ 1 ทุกต้นมีจีโนไทป์เป็น Tt และมีลักษณะที่ปรากฏหรือลักษณะที่แสดงออกที่เรียกว่า **ฟีโนไทป์ (phenotype)** เป็นต้นสูงทุกต้น

ลูกรุ่นที่ 2 เกิดจากการผสมพันธุ์กันระหว่างลูกรุ่นที่ 1 ที่มีจีโนไทป์ Tt เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของเซลล์สืบพันธุ์จะมีการเข้าคู่กันของแอลลีลได้ 3 รูปแบบ คือ TT Tt และ tt ดังที่นักเรียนได้ศึกษาในกิจกรรม 2.3 โดยต้นถั่วรุ่นที่ 2 ที่มีจีโนไทป์เป็น TT หรือ Tt จะมีฟีโนไทป์ที่มีลักษณะต้นสูง ส่วนต้นถั่วที่มีจีโนไทป์ tt จะมีลักษณะต้นเตี้ย เราเรียกจีโนไทป์ที่ประกอบด้วยคู่ของแอลลีลที่เหมือนกัน เช่น TT หรือ tt ว่า **ฮอมอไซกัส (homozygous)** และแอลลีลที่แตกต่างกัน เช่น Tt ว่า **เฮเทอโรไซกัส (heterozygous)**

ใบกิจกรรมที่ 2 จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของสัตว์ประหลาดเป็นอย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของสัตว์ประหลาด
2. วาดภาพลักษณะของสัตว์ประหลาด
3. คำนวณอัตราส่วนการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูกสัตว์ประหลาด

วัสดุและอุปกรณ์

1. เหรียญบาท
2. เหรียญ
3. กระดาษปรีฟหรือกระดาษวาดเขียน
- 1 แผ่น

สถานการณ์

สัตว์ประหลาดมีลักษณะภายนอกที่แตกต่างกัน 7 ลักษณะ แต่ละลักษณะถูกควบคุมด้วยยีนที่มี 2 แอลลีล และแอลลีลเด่นสามารถข่มแอลลีลด้อยอย่างสมบูรณ์ ลักษณะต่าง ๆ ของสัตว์ประหลาดมีดังนี้

- | | | | |
|------------------|-------------|----------------|------------|
| 1. รูปร่างของหัว | 2. จำนวนตา | 3. การมีรูจมูก | 4. จำนวนขา |
| 5. จำนวนขา | 6. จำนวนแขน | 7. การมีฟัน | |

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. กำหนดให้ด้านหัวของเหรียญแทนแอลลีลเด่นและด้านก้อยแทนแอลลีลด้อย โดยใช้สัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ให้ไว้ในตารางแทนแอลลีลเด่นและแอลลีลด้อย บันทึกผล

ตาราง แสดงแอลลีลเด่นและแอลลีลด้อยของลักษณะต่างๆ ของสัตว์ประหลาด

ลักษณะ	ลักษณะที่ควบคุมโดยแอลลีลเด่น/ สัญลักษณ์	ลักษณะที่ควบคุมโดยแอลลีลด้อย/ สัญลักษณ์
รูปร่างของหัว	หัวกลม /A	หัวสี่เหลี่ยม /a
จำนวนตา	2 ตา / B	1 ตา / b
การมีรูจมูก	มีรูจมูก / C	ไม่มีรูจมูก / c
จำนวนขา	2 ขา / D	ไม่มีขา / d
จำนวนขา	3 ขา / E	2 ขา / e
จำนวนแขน	4 แขน / F	2 แขน / f
การมีฟัน	มีฟัน / G	ไม่มีฟัน / g

2. โยนหรือยว 2 เหยียดพร้อม ๆ กันเพื่อหาจีโนไทป์และฟีโนไทป์ในแต่ละลักษณะของสัตว์ประหลาด บันทึกลงในใบงานที่ 2 ข้อ 1 แล้วนำฟีโนไทป์ทั้งหมดที่ได้มาวาดเป็นภาพสัตว์ประหลาดในกระดาษปรูฟหรือกระดาษวาดเขียน
3. กำหนดให้สัตว์ประหลาดที่ได้ในข้อ 2 เป็นพ่อ และกำหนดให้สัตว์ประหลาดอีกตัวหนึ่งเป็นแม่ โดยมีลักษณะดังนี้
 - 3.1 หัวกลม ที่มีจีโนไทป์เป็นฮอมอไซกัส
 - 3.2 ตา 2 ตา ที่มีจีโนไทป์เป็นเฮเทอโรไซกัส
 - 3.3 ไม่มีรูจมูก
 - 3.4 เขา 2 เขา ที่มีจีโนไทป์เป็นฮอมอไซกัส
 - 3.5 ขา 2 ขา
 - 3.6 แขน 4 แขน ที่มีจีโนไทป์เป็นเฮเทอโรไซกัส
 - 3.7 ไม่มีฟัน

เขียนจีโนไทป์ของแม่ทุกลักษณะ บันทึกผลในใบงานที่ 2 ข้อ 2
4. นำแต่ละลักษณะของพ่อมาสมพันธ์กับแม่ จากนั้นเขียนแผนภาพเพื่อหาอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลักษณะดังกล่าวในลูกที่เกิดขึ้น บันทึกผลในใบงานที่ 2 ข้อ 3

ใบงานที่ 2 จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของสัตว์ประหลาดเป็นอย่างไร

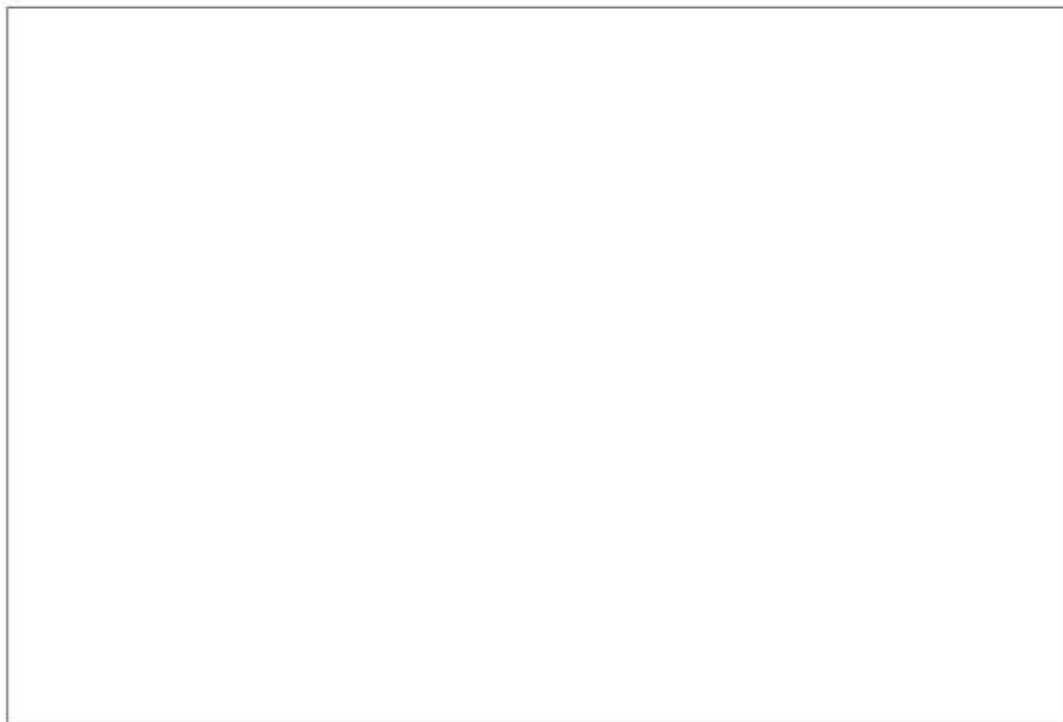
คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลในตารางข้อ 1 และข้อ 2 และเขียนแผนภาพการผสมพันธุ์ในแต่ละลักษณะของพ่อและแม่ในข้อ 3

บันทึกผลการทำกิจกรรม

1. การโยนเหรียญเพื่อหาจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของพ่อสัตว์ประหลาด

ลักษณะ	ด้านของเหรียญ ที่ได้จากการโยน	จีโนไทป์	ฟีโนไทป์
รูปร่างของหัว			
จำนวนตา			
การมีรูจมูก			
จำนวนขา			
จำนวนขา			
จำนวนแขน			
การมีฟัน			

ตัวอย่างภาพวาดสัตว์ประหลาด



2. การหาจีโนไทป์ของแม่สัตว์ประหลาด

ลักษณะ	ลักษณะที่กำหนดให้	จีโนไทป์
รูปร่างของหัว	หัวกลม ที่มีจีโนไทป์เป็นฮอมอไซกัส	
จำนวนตา	ตา 2 ตา ที่มีจีโนไทป์เป็นเฮเทอโรไซกัส	
การมีรูจมูก	ไม่มีรูจมูก	
จำนวนขา	ขา 2 ขา ที่มีจีโนไทป์เป็นฮอมอไซกัส	
จำนวนขา	ขา 2 ขา	
จำนวนแขน	แขน 4 แขน ที่มีจีโนไทป์เป็นเฮเทอโรไซกัส	
การมีฟัน	ไม่มีฟัน	

3. การหาจีโนไทป์ของลูกสัตว์ประหลาดโดยการเขียนแผนภาพการผสมพันธุ์ในแต่ละลักษณะของพ่อและแม่

รูปร่างของหัว	จำนวนตา
การมีรูจมูก	จำนวนขา

จำนวนขา

จำนวนแขน

การมีฟัน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของแต่ละลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

2. สิ่งใดกำหนดฟีโนไทป์ของสัตว์ประหลาดในแต่ละลักษณะ

.....

3. เมื่อนำพ่อมาผสมพันธุ์กับแม่ ลูกที่เกิดขึ้นมีอัตราส่วนการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์เป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

4. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

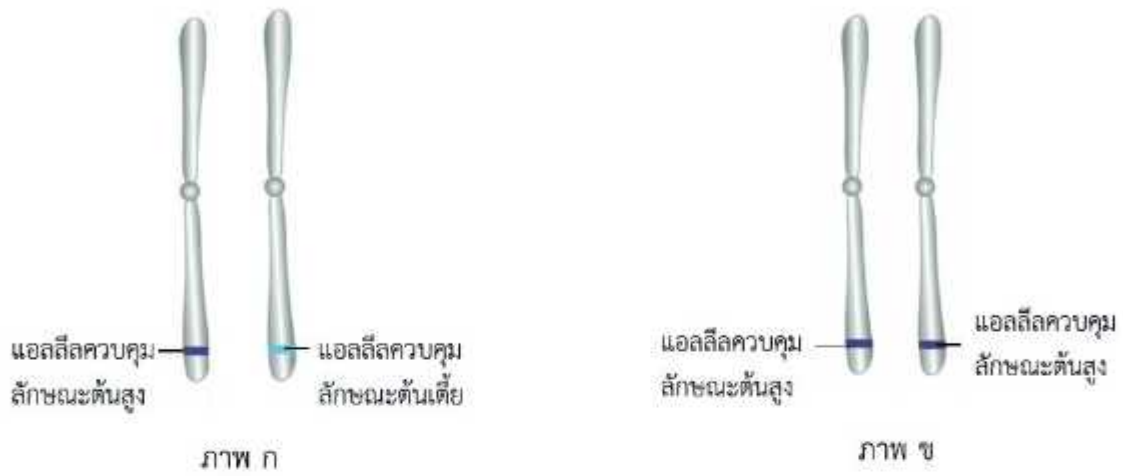
.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้





ภาพโดย Pexels จาก Pixabay

เรื่อง โครโมโซมและการแบ่งเซลล์

ใบกิจกรรมที่ 1 โครโมโซมในเซลล์ร่างกายของมนุษย์เป็นอย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

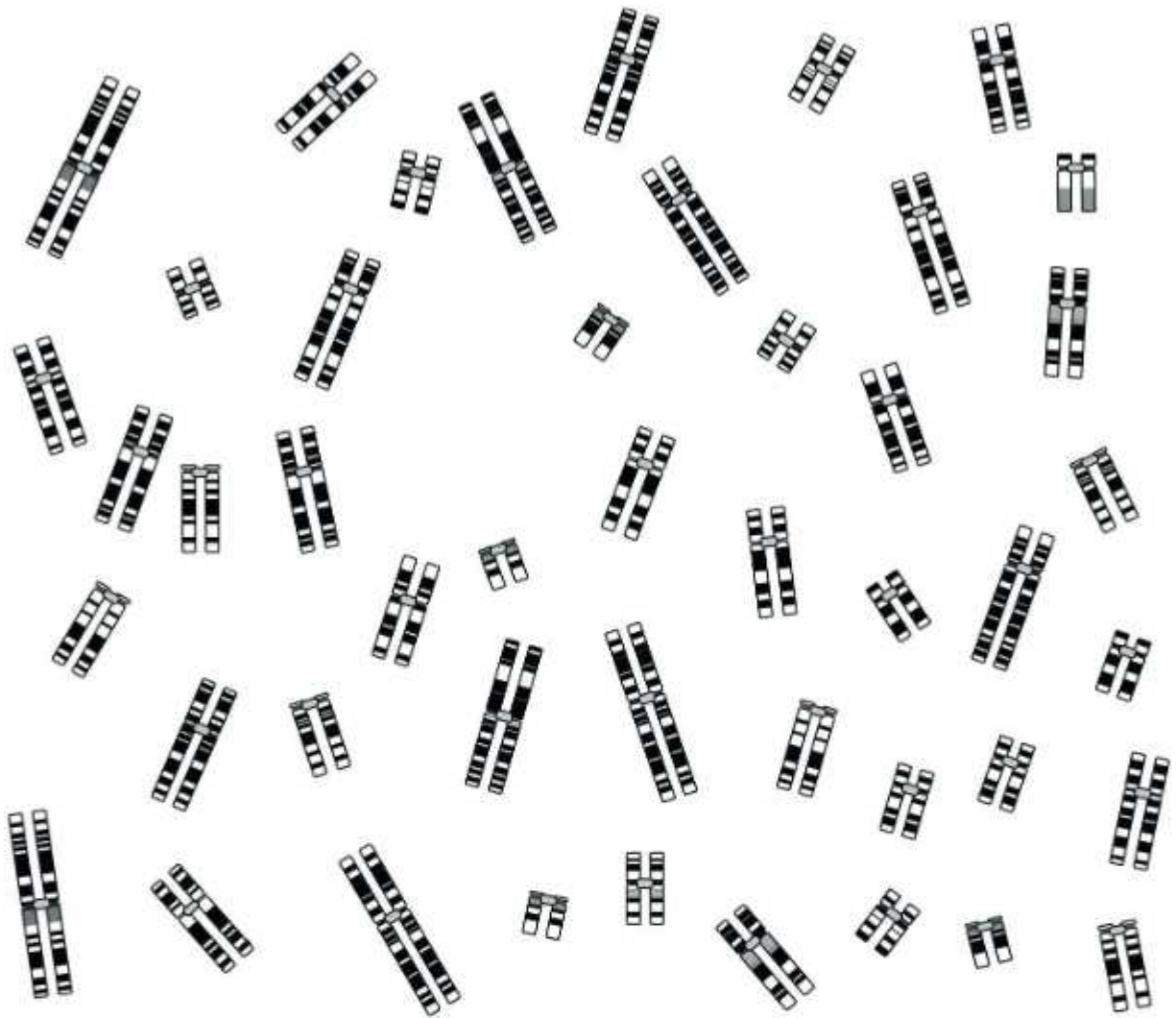
สังเกตและเปรียบเทียบลักษณะโครโมโซมของมนุษย์เพศชายและเพศหญิง

วัสดุและอุปกรณ์

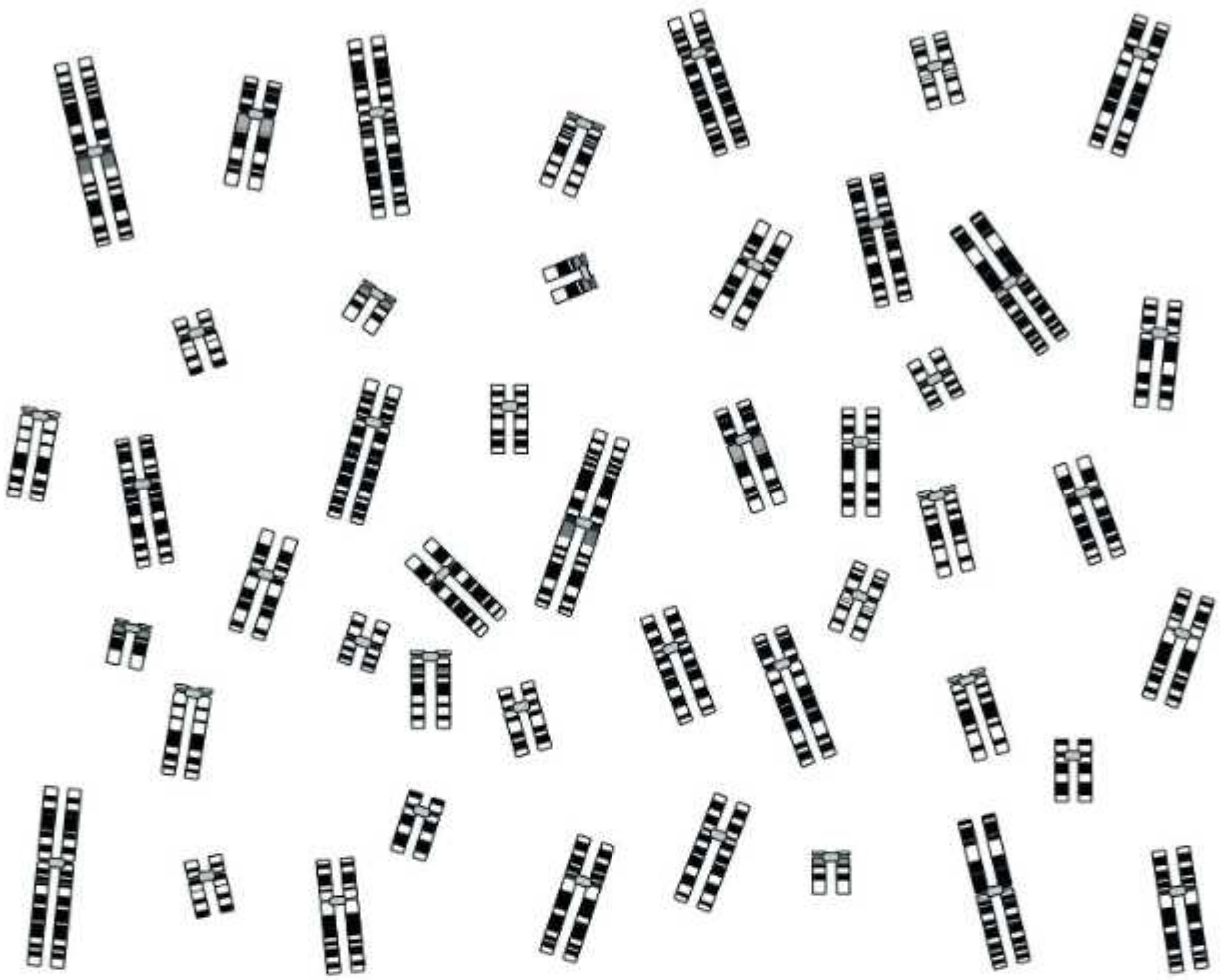
- | | |
|--|--------------------|
| 1. กรรไกร | 1 เล่ม |
| 2. กาวแท่งหรือเทปใส | 1 แท่ง หรือ 1 ม้วน |
| 3. สำเนาภาพโครโมโซมของมนุษย์เพศชายและเพศหญิง | อย่างละ 1 แผ่น |
| 4. กระดาษ A4 หรือกระดาษวาดเขียน | 2 แผ่น |

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. สังเกตภาพโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของมนุษย์เพศชาย
2. จับคู่โครโมโซมที่มีขนาด ลักษณะของแถบที่เหมือนกันและตำแหน่งเซนโทรเมียร์ที่ตรงกัน โดยเขียนหมายเลขเดียวกันกำกับไว้ด้านข้างของโครโมโซมแต่ละแท่ง
3. ตัดภาพโครโมโซมที่เหมือนกันในแต่ละคู่ แล้วนำมาเรียงตามขนาดจากใหญ่ไปหาเล็กตามลำดับ
4. ทำซ้ำข้อ 1 – 3 โดยเปลี่ยนเป็นโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของมนุษย์เพศหญิง
5. เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของโครโมโซมเพศชายและเพศหญิงแต่ละคู่
6. แยกคู่โครโมโซมที่แตกต่างกันของเพศชายและหญิงมาวางไว้เป็นคู่สุดท้าย แล้วใช้กาวหรือเทปใสติดภาพโครโมโซมลงในกระดาษกระดาษวาดเขียน
7. นำเสนอผลการทำกิจกรรม และตอบคำถามท้ายกิจกรรมในใบงานที่ 1



ภาพโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของมนุษย์เพศชาย



ภาพโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของมนุษย์เพศหญิง

ใบงานที่ 1 โครโมโซมในเซลล์ร่างกายของมนุษย์เป็นอย่างไร

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม ดังนี้

1. โครโมโซมในเซลล์ร่างกายของมนุษย์เพศชายและเพศหญิงมีจำนวนเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....
.....

2. โครโมโซมในเซลล์ร่างกายของมนุษย์เพศชายและเพศหญิงเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

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

3. เซลล์ร่างกายของมนุษย์เพศชายและเพศหญิงมีจำนวนขอมอโลกัสโครโมโซมกี่คู่

.....
.....

4. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

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

ใบความรู้ที่ 1 จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต

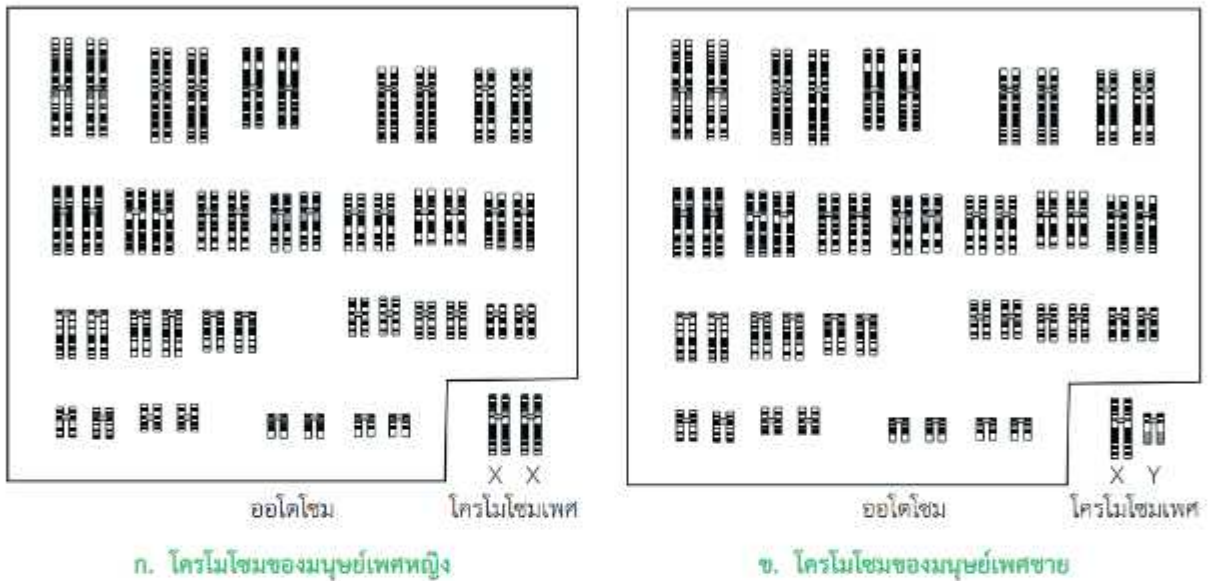
สิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันจะมีลักษณะแตกต่างกัน ลักษณะเหล่านี้ถูกควบคุมโดยยีนที่อยู่บนโครโมโซม โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันจะมีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน ในขณะที่สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากันและมีจำนวนคงที่เสมอในแต่ละรุ่น ดังตัวอย่างในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิต	จำนวนโครโมโซม(แท่ง)
แก๊งธรรมา	6
แมลงวันผลไม้	8
ยีสต์	16
หอมหัวใหญ่	16
ไส้เดือนดิน	36
ข้าวสาลี	42
มนุษย์	46
ช้างอินเดีย	56
ปลาตุ๊กตาดัน	104

ใบความรู้ที่ 2 โครโมโซมมนุษย์

เซลล์ร่างกายมนุษย์แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 46 แท่งหรือ 23 คู่ เป็นโครโมโซมที่พบเหมือนกันในทั้งสองเพศ จำนวน 22 คู่ เรียกว่า ออโตโซม (autosome) และเป็นโครโมโซมที่กำหนดเพศ เรียกว่า โครโมโซมเพศ (sex chromosome) จำนวน 1 คู่ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครโมโซมมนุษย์

โครโมโซมเพศที่มีขนาดใหญ่ที่พบทั้งในเพศหญิงและเพศชาย เรียกว่า โครโมโซม X ส่วนโครโมโซมเพศที่มีขนาดเล็กกว่าที่พบเฉพาะในเพศชาย เรียกว่า โครโมโซม Y ดังนั้นเพศชายจะมีโครโมโซมเพศเป็น XY ส่วนเพศหญิงจะมีโครโมโซมเพศ เป็น XX

ใบกิจกรรมที่ 2 การแบ่งเซลล์แต่ละแบบแตกต่างกันอย่างไร

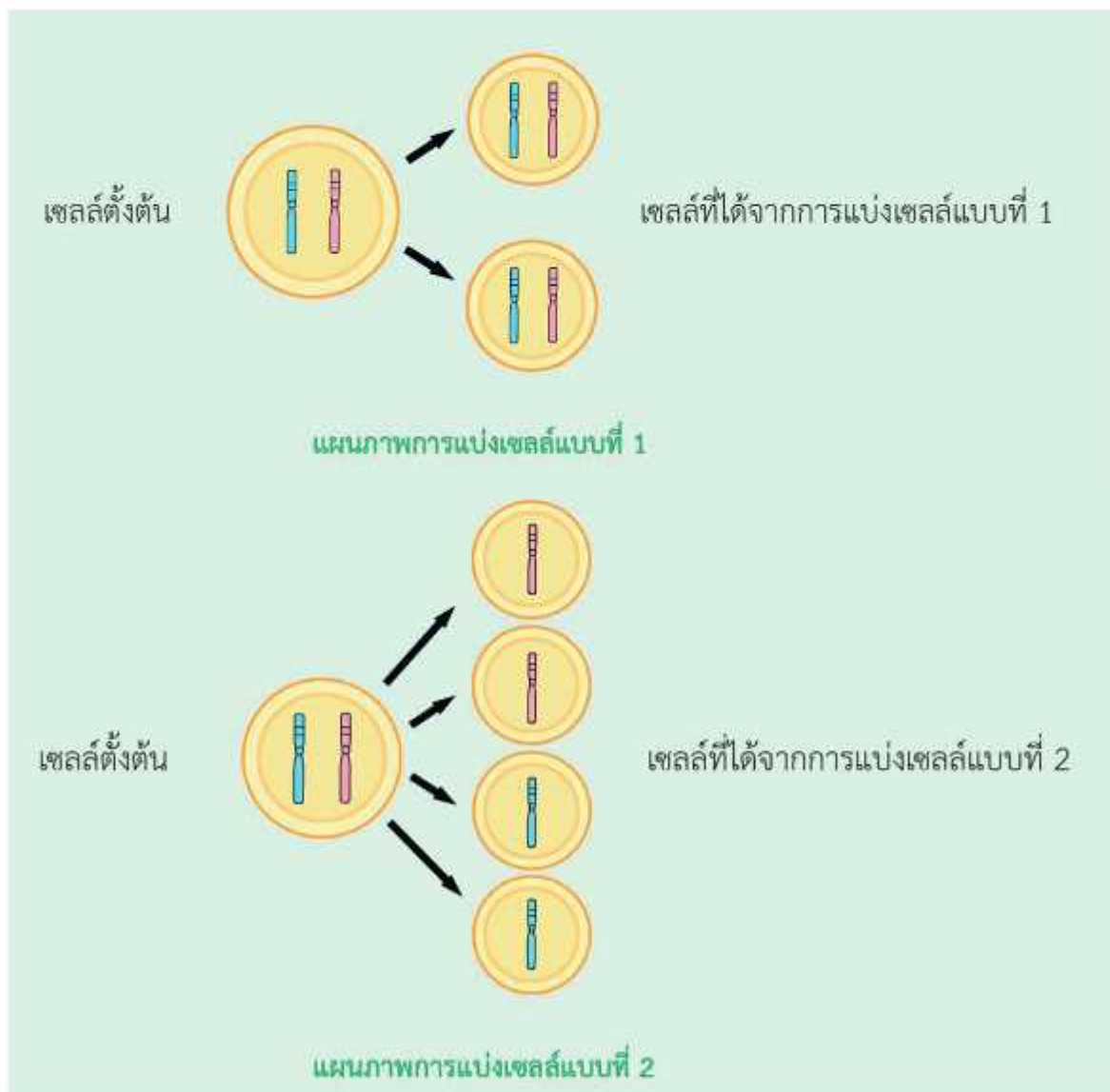
จุดประสงค์การเรียนรู้

สังเกตและอธิบายความแตกต่างของการแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

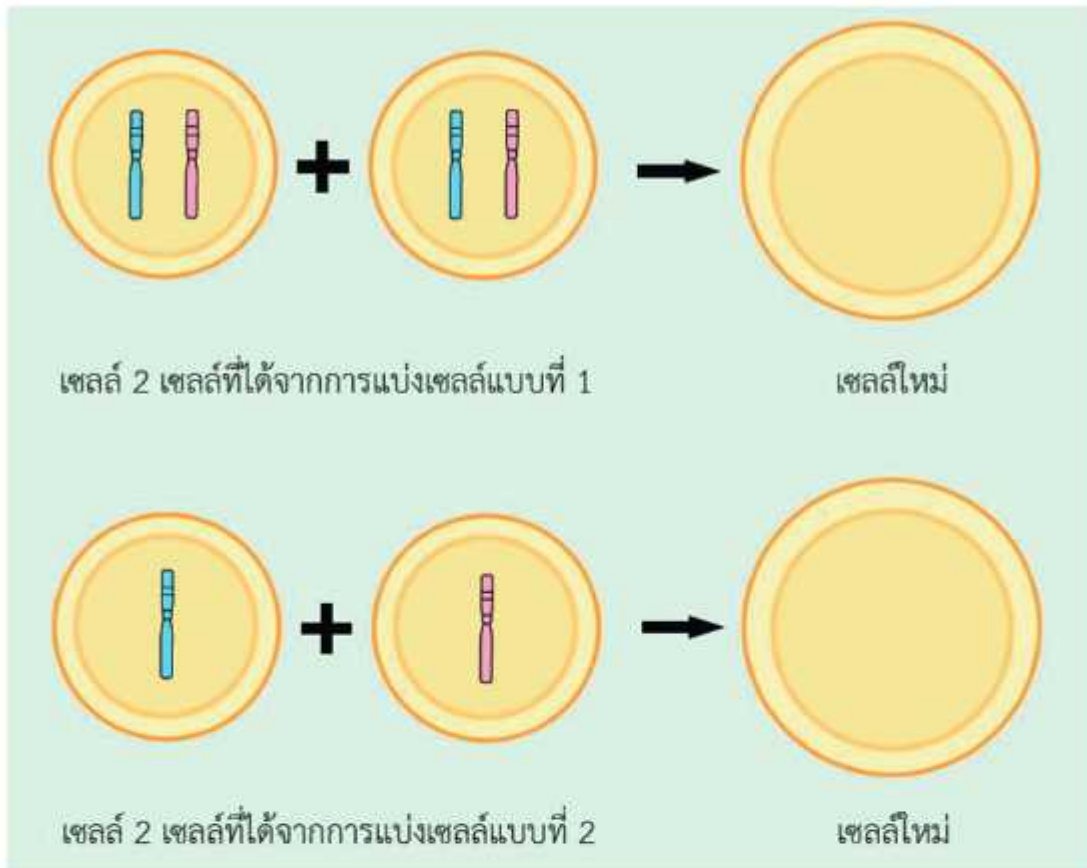
วัสดุและอุปกรณ์

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. สังเกตและเปรียบเทียบจำนวนเซลล์และโครโมโซมของเซลล์สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งจากแผนภาพการแบ่งเซลล์แบบที่ 1 และแบบที่ 2



2. คาดคะเนและวาดภาพจำนวนโครโมโซมของเซลล์ใหม่ที่เกิดจากการรวมกันของเซลล์ 2 เซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบที่ 1 และแบบที่ 2



3. ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบกับจำนวนโครโมโซมของเซลล์ดั้งเดิมของสิ่งมีชีวิต และวิเคราะห์เกี่ยวกับแบบของการแบ่งเซลล์ที่ใช้ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพื่อสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
4. ตอบคำถามท้ายกิจกรรม

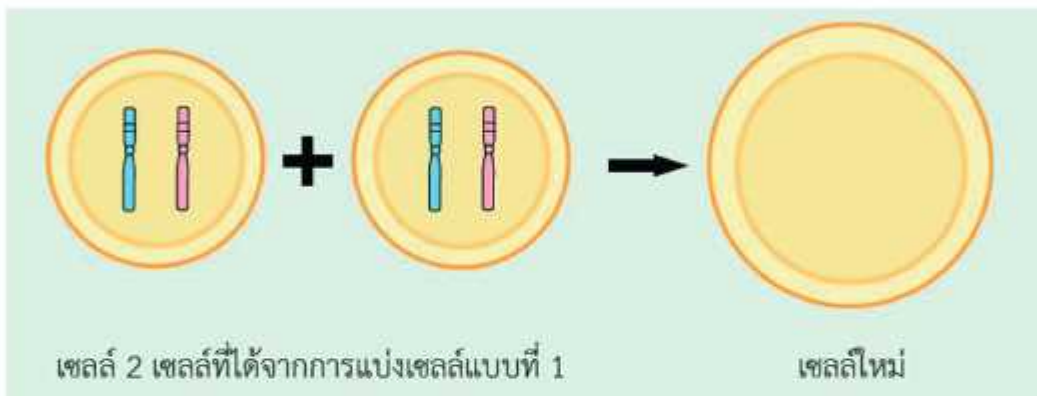
ใบงานที่ 2 การแบ่งเซลล์แต่ละแบบแตกต่างกันอย่างไร

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม โดยวาดภาพจำนวนโครโมโซมของเซลล์ใหม่ในข้อ 1.1 - 1.2
ตอบคำถามข้อ 1.3 แล้วตอบคำถามท้ายกิจกรรม

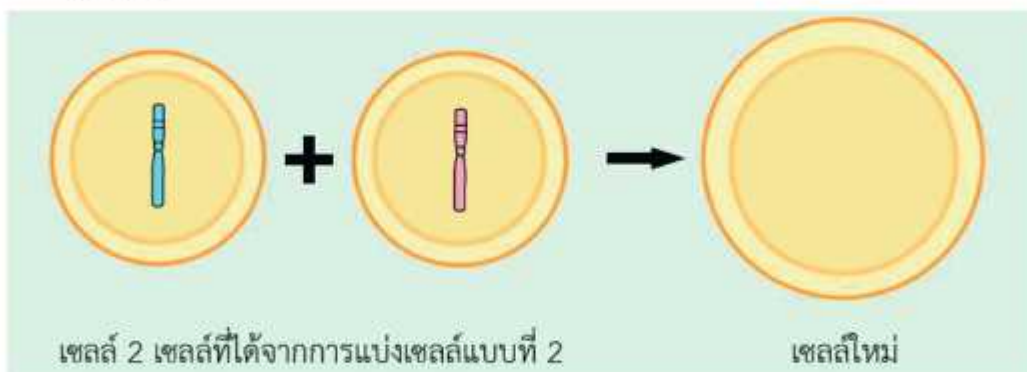
บันทึกผลการทำกิจกรรม

การคาดคะเนและวาดภาพจำนวนโครโมโซมของเซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้น

- 1.1 โครโมโซมของเซลล์ใหม่ที่เกิดจากการรวมตัวกันของเซลล์ 2 เซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบที่ 1



- 1.2 โครโมโซมของเซลล์ใหม่ที่เกิดจากการรวมตัวกันของเซลล์ 2 เซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบที่ 2



- 1.3 การแบ่งเซลล์แบบใดน่าจะเป็นการแบ่งเซลล์ที่ใช้ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพื่อสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เพราะเหตุใด

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จำนวนเซลล์และโครโมโซมของเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบที่ 1 และแบบที่ 2 แตกต่างกันอย่างไร

2. ในการปฏิสนธิซึ่งมีการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้จำนวนโครโมโซมของลูกเท่ากับพ่อแม่ ควรมีการแบ่งเซลล์แบบใด เพราะเหตุใด

3. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

ใบความรู้ที่ 3 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

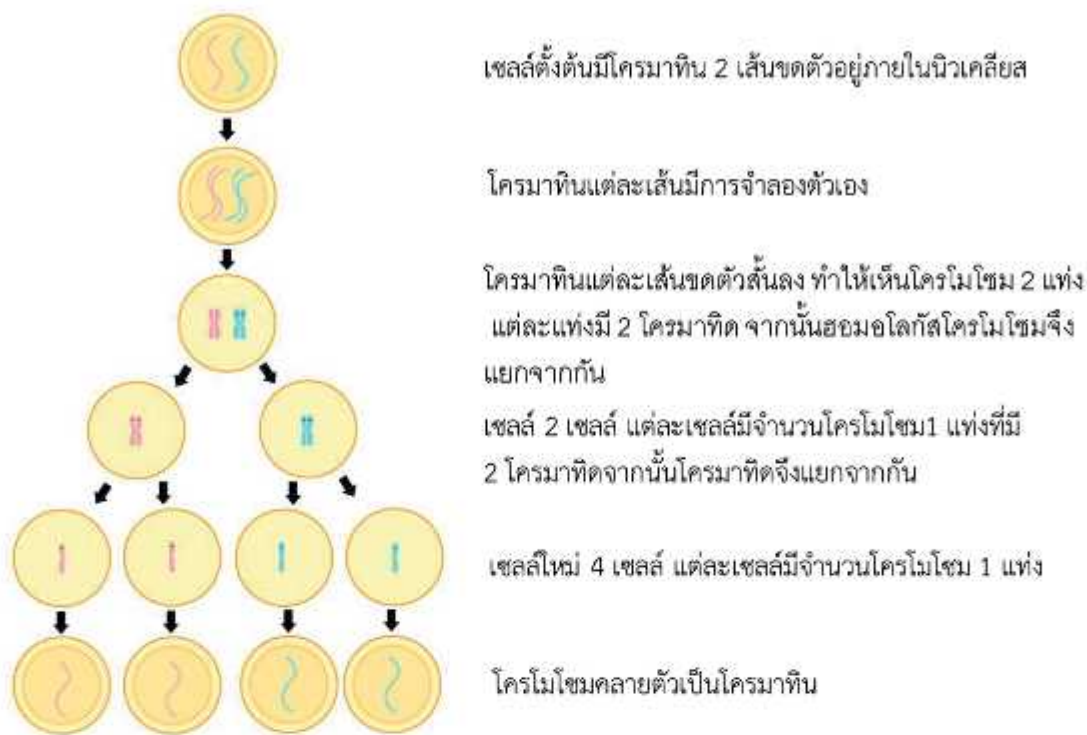
โดยทั่วไปการแบ่งเซลล์ที่ทำให้ได้เซลล์ใหม่ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิมจะพบได้ในการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ร่างกาย ส่วนการแบ่งเซลล์ที่ทำให้ได้เซลล์ใหม่ที่มีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งจะพบได้ในการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ทำให้เซลล์ของสิ่งมีชีวิตรุ่นลูกที่เกิดจากการรวมตัวกันของเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและแม่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับรุ่นพ่อแม่

การแบ่งเซลล์มี 2 แบบ ได้แก่ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitotic cell division) และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiotic cell division) มีขั้นตอนดังภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

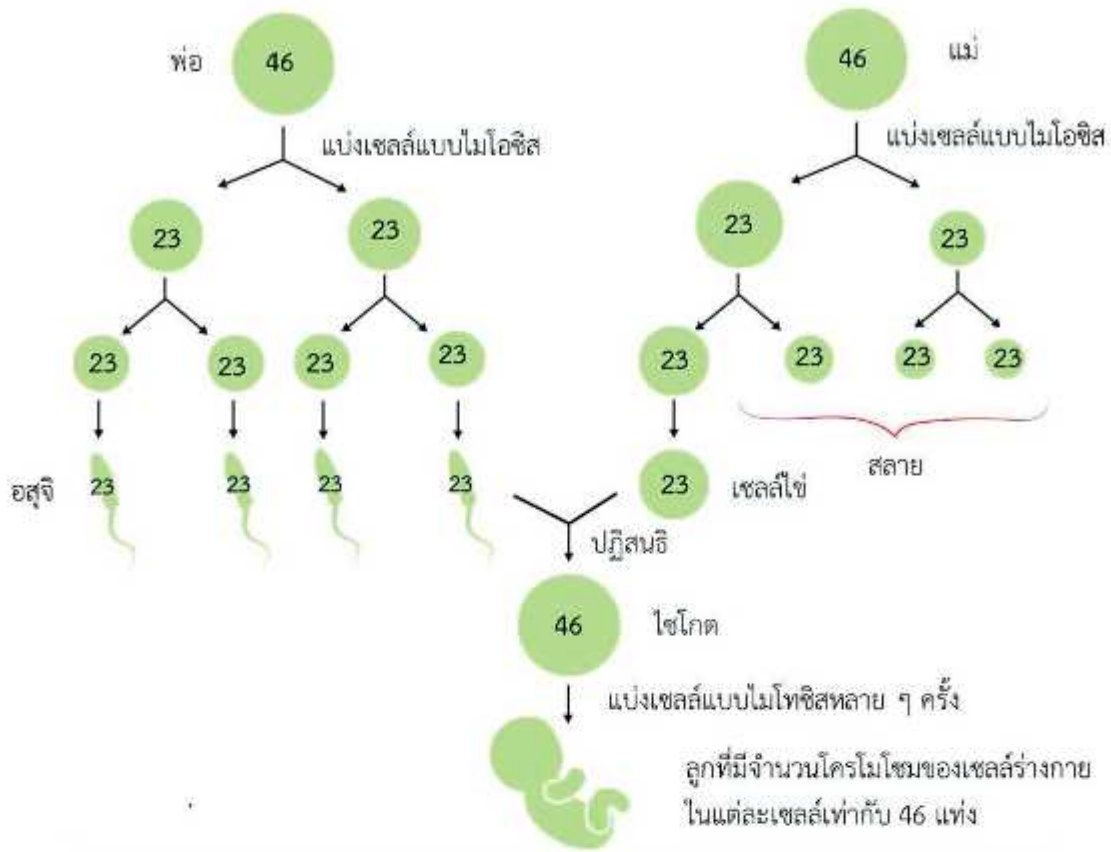
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เป็นการแบ่งเซลล์ที่ทำให้เกิดเซลล์ใหม่ 2 เซลล์ที่มีลักษณะและจำนวนโครโมโซมเหมือนเซลล์ตั้งต้นทุกประการ ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่เกิดขึ้นเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ร่างกายระหว่างการเจริญเติบโต และทดแทนเซลล์ที่เสียหายหรือตาย และอาจพบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของสิ่งมีชีวิตบางชนิด เช่น พารามีเซียม และยีสต์



ภาพที่ 2 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้นจะมีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง โดยเริ่มจากเซลล์ตั้งต้นหนึ่งเซลล์ เมื่อแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเกิดเป็นเซลล์ใหม่ 4 เซลล์ โดยแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง

ในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของมนุษย์ ในเพศชายเซลล์ใหม่ที่ได้ 4 เซลล์จะเจริญเป็นอสุจิทั้งหมด ส่วนในเพศหญิงเซลล์ใหม่ที่ได้ 4 เซลล์จะมีเพียง 1 เซลล์ที่เจริญไปเป็นเซลล์ไข่ ส่วนอีก 3 เซลล์จะสลายไป อสุจิและเซลล์ไข่มีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกายเท่ากับ 23 แท่ง ซึ่งเป็นออโตโซม 22 แท่ง และโครโมโซมเพศ 1 แท่ง เมื่อมีการปฏิสนธิระหว่างอสุจิและเซลล์ไข่เกิดเป็นไซโกตที่มีโครโมโซมจำนวน 46 แท่ง เท่ากับจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกาย เป็นผลให้รุ่นลูกมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับรุ่นพ่อแม่และจะมีจำนวนคงที่ในทุก ๆ รุ่น ดังภาพที่ 3



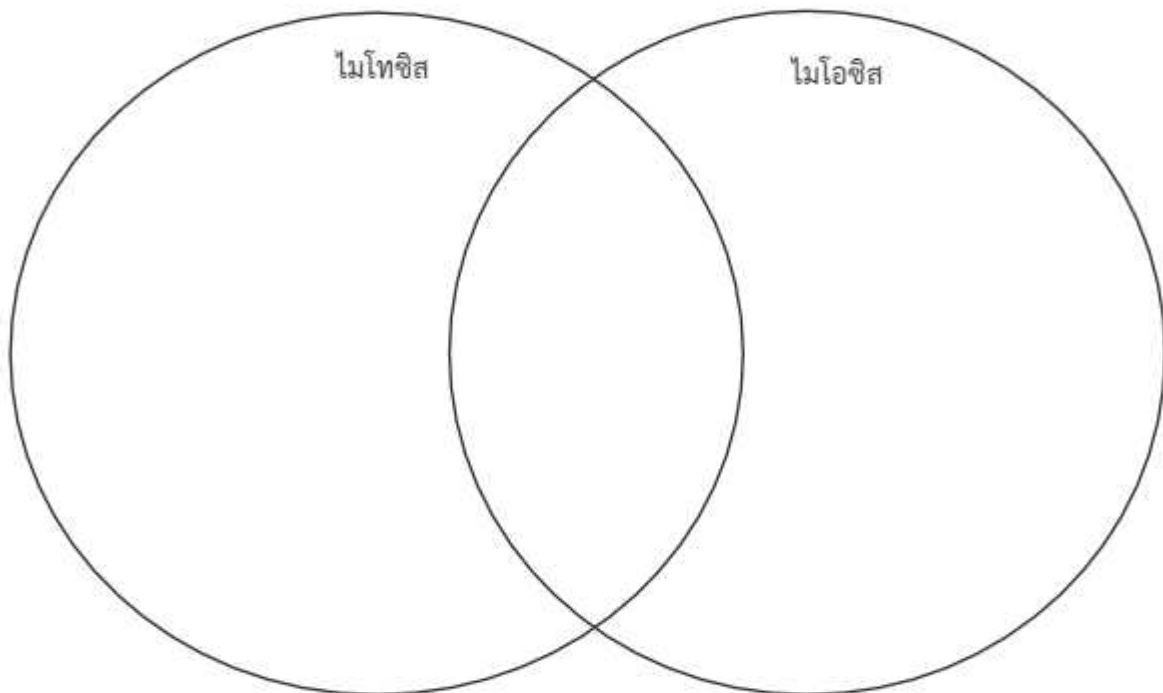
ภาพที่ 3 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของมนุษย์

โดยทั่วไปเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์จะมีลักษณะและจำนวนโครโมโซมเป็นปกติ แต่ถ้าเกิดความผิดปกติในการแบ่งเซลล์ จะทำให้เซลล์ใหม่ที่ได้มีจำนวนหรือลักษณะของโครโมโซมเปลี่ยนแปลงไป

ใบงานที่ 3 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิสเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร

คำชี้แจง

ให้นักเรียนเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิสโดยเขียนลงในแผนภาพเวนน ส่วนที่เหมือนกันให้เขียนไว้ในส่วนที่วงกลมซ้อนทับกัน ส่วนที่แตกต่างกันให้เขียนลงในวงกลมส่วนที่ไม่ทับซ้อน



เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมและยีน
กับโรคทางพันธุกรรม

ใบกิจกรรมที่ 1 โครโมโซมของทารกในครรภ์เป็นปกติหรือไม่

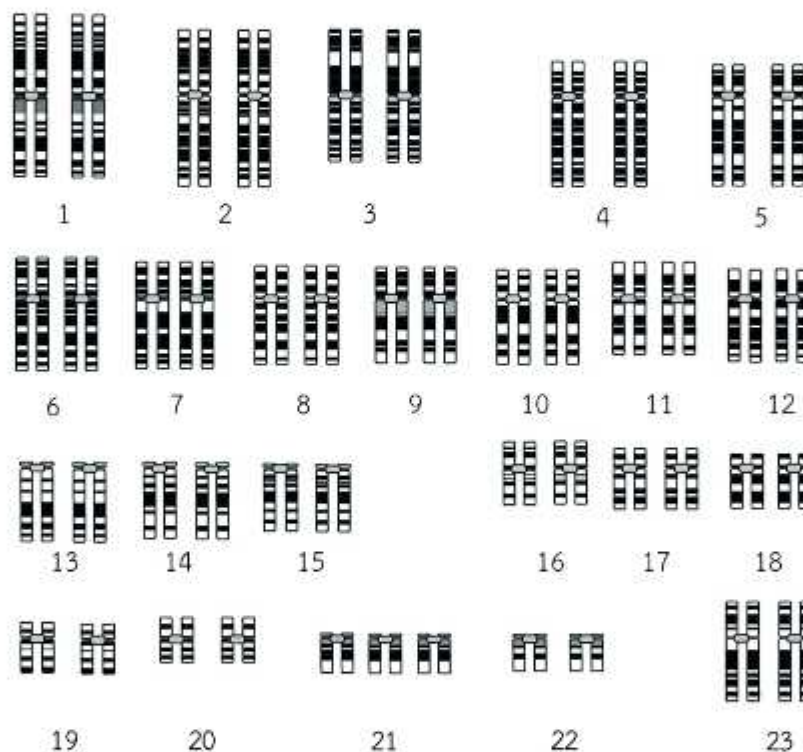
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายผลของการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมที่อาจทำให้เกิดโรคทางพันธุกรรม
2. อธิบายสาเหตุการเกิดและลักษณะของโรคกลุ่มอาการดาวน์

วัสดุและอุปกรณ์

สถานการณ์

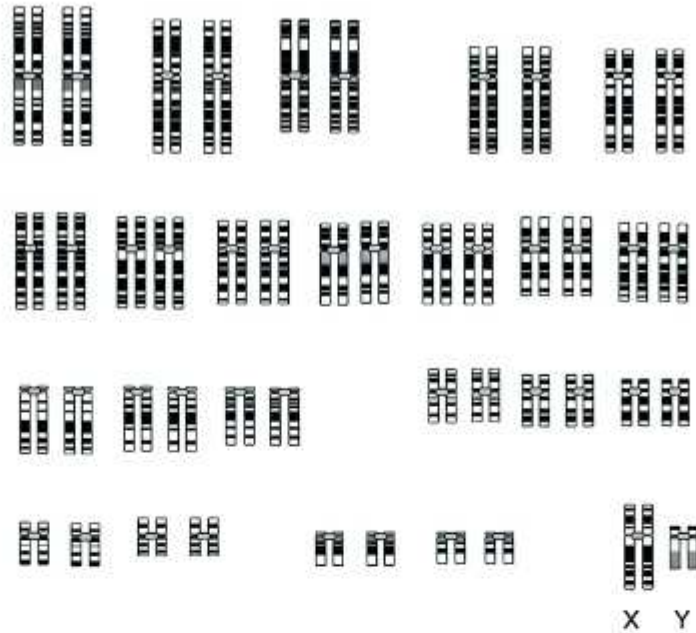
หญิงคนหนึ่งตั้งครรภ์เมื่ออายุ 45 ปี เกิดความกังวลว่าลูกจะผิดปกติ ดังนั้นจึงไปปรึกษาแพทย์ แพทย์ได้เจาะน้ำคร่ำเพื่อนำเซลล์ของทารกไปตรวจโครโมโซม ได้ผลดังแผนภาพ



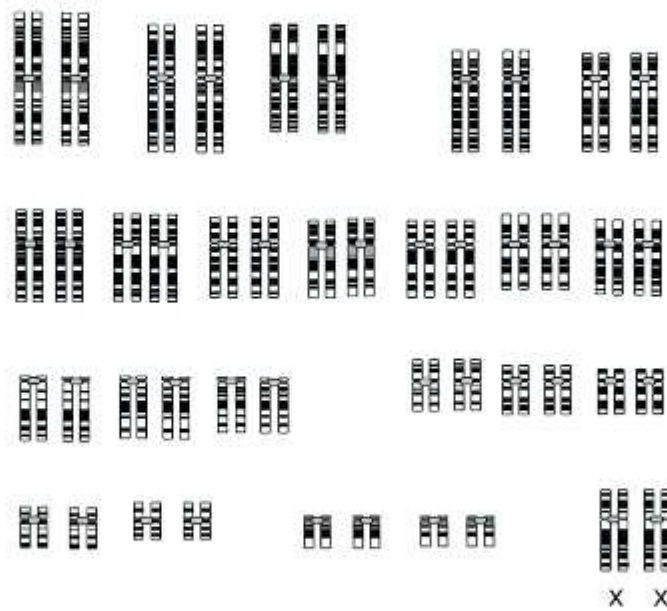
แผนภาพโครโมโซมของทารก

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. อ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. สังเกตโครโมโซมของทารกจากแผนภาพเปรียบเทียบกับโครโมโซมของคนปกติ บันทึกผลลงในใบงานที่ 1



ก. โครโมโซมของเพศชาย



ข. โครโมโซมของเพศหญิง

แผนภาพโครโมโซมของคนปกติ

3. ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมและเพศของทารก
4. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับโรคและความผิดปกติที่เป็นผลจากการอภิปรายในข้อ 3 ในใบความรู้ที่ 1 สาเหตุการเกิดและลักษณะของกลุ่มอาการดาวน์ (Down syndrome) บันทึกผลลงในใบงานที่ 1
5. นำเสนอข้อมูลเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้
6. ตอบคำถามท้ายกิจกรรม

ใบงานที่ 1 โครโมโซมของทารกในครรภ์เป็นปกติหรือไม่

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม และตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ทารกในสถานการณ์ที่กำหนดให้เป็นเพศใด และมีจำนวนโครโมโซมผิดปกติหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

2. ถ้าหากทารกคลอดออกมาและเจริญเติบโตต่อไปจะทำให้เกิดโรคใด และมีความผิดปกติอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....

.....

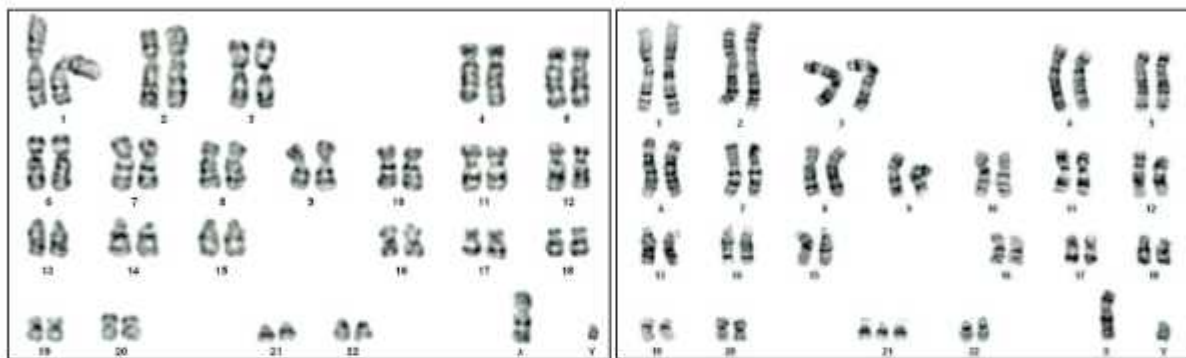
.....

.....

ใบความรู้ที่ 1 สาเหตุการเกิดและลักษณะของกลุ่มอาการดาวน์

ยีนที่ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิตอยู่บนโครโมโซม ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมหรือยีนจึงส่งผลต่อลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต หากเกิดขึ้นในกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดผลเสียนี้จะทำให้เกิดโรคทางพันธุกรรม

โรคทางพันธุกรรมที่มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงของจำนวนโครโมโซม เช่น กลุ่มอาการดาวน์ (Down syndrome) จะมีโครโมโซมของเซลล์ร่างกายจำนวน 47 แท่ง โดยมีโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมาหนึ่งแท่งซึ่งแตกต่างจากคนปกติ ดังภาพที่ 1



ก. ชายปกติ

ข. ชายที่เป็นกลุ่มอาการดาวน์

ภาพที่ 1 แผนภาพโครโมโซมของคนปกติและคนที่เป็นกลุ่มอาการดาวน์

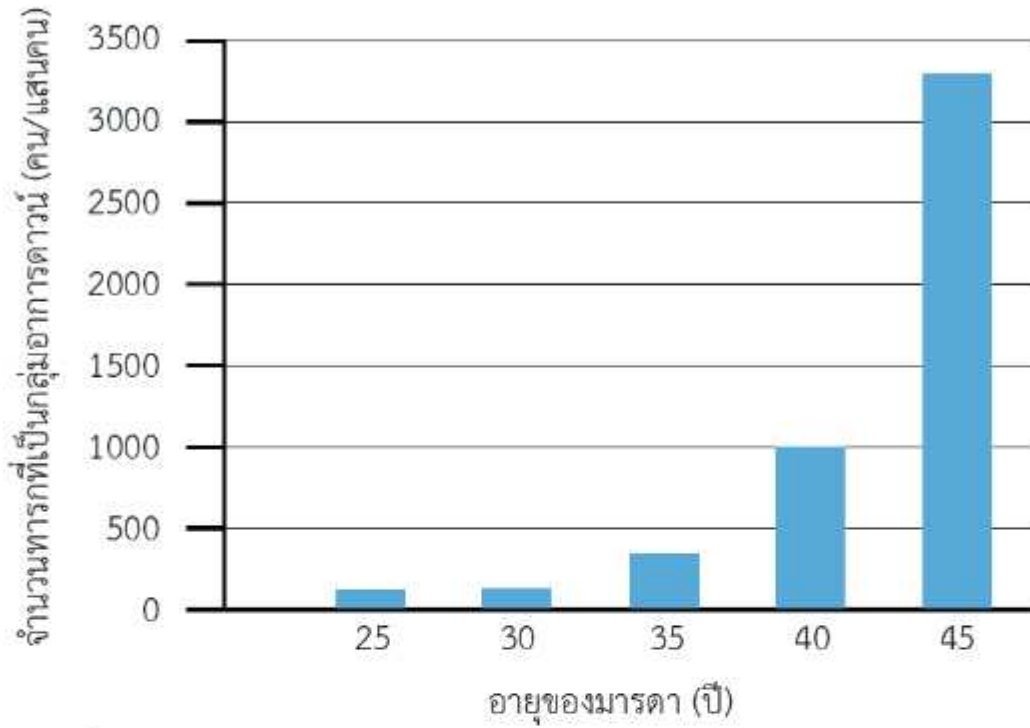
ที่มา : ศูนย์วิเคราะห์โครโมโซม ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

คนที่เป็นกลุ่มอาการดาวน์จะมีความผิดปกติทางร่างกายหลายอย่าง เช่น ตาซีขึ้น ลิ้นจุกปาก ลิ้นแตกเป็นร่อง นิ้วมือสั้นป้อม และมีพัฒนาการทางสมองช้า ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะของผู้ที่เป็นกลุ่มอาการดาวน์

ความเสี่ยงของมารดาที่จะให้กำเนิดบุตรที่เป็นกลุ่มอาการดาวน์จะสัมพันธ์กับอายุของมารดา โดยมารดาที่มีอายุมากจะมีความเสี่ยงสูงที่จะให้กำเนิดบุตรที่เป็นกลุ่มอาการดาวน์ เช่น มารดาที่มีอายุ 35 ปีมีความเสี่ยงที่จะให้กำเนิดบุตรที่เป็นกลุ่มอาการดาวน์มากกว่ามารดาที่มีอายุ 25 ปีประมาณ 3 เท่า ดังภาพที่ 3

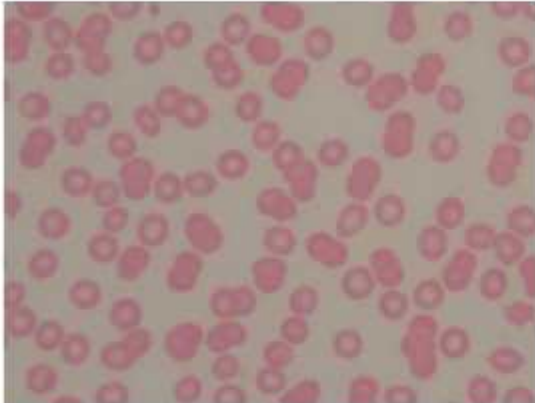


ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของมารดากับจำนวนทารกที่เป็นกลุ่มอาการดาวน์ต่อทารกปกติ

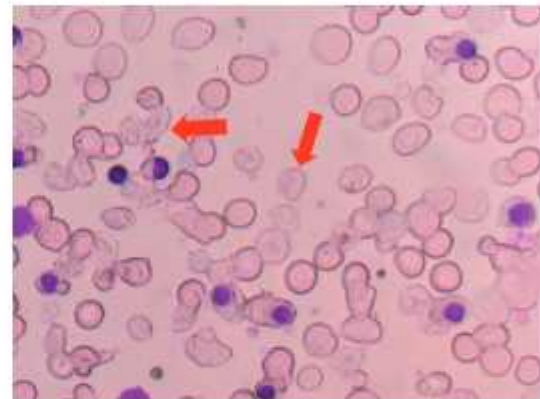
ที่มา : องค์ความรู้กลุ่มอาการดาวน์สำหรับบุคลากรสาธารณสุข กองส่งเสริมสุขภาพจิต กรมสุขภาพจิต, 2559

ใบความรู้ที่ 2 สาเหตุการเกิดและลักษณะของโรคธาลัสซีเมีย

นอกจากโรคทางพันธุกรรมจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมแล้ว ยังมีโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของยีนด้วย เช่น โรคธาลัสซีเมีย (thalassemia) ซึ่งเกิดจากความผิดปกติของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเฮโมโกลบิน ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงมีอายุสั้นและแตกง่าย ดังภาพที่ 1



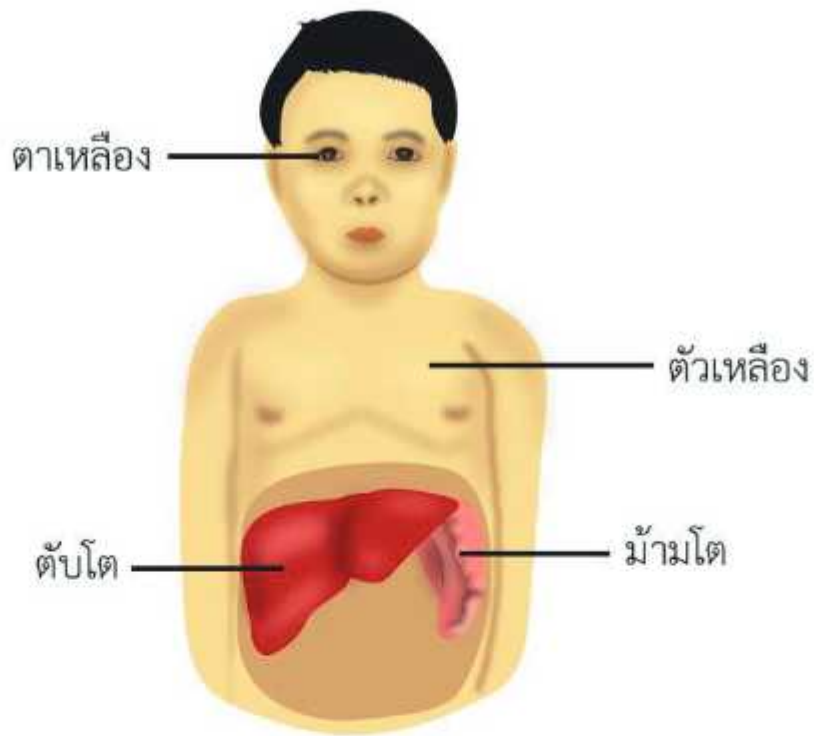
ก. เซลล์เม็ดเลือดแดงของคนปกติ



ข. เซลล์เม็ดเลือดแดงที่มีรูปร่างผิดปกติของผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมีย (ลูกศรชี้) ส่วนเซลล์ที่มีนิวเคลียสติดสีแดงเข้มเป็นเซลล์เม็ดเลือดขาว

ภาพที่ 1 ลักษณะเซลล์เม็ดเลือดแดงของคนปกติและผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมีย

โรคธาลัสซีเมียเป็นโรคทางพันธุกรรมที่เป็นลักษณะด้อย ผู้ป่วยจะมีแอลลีลด้อยทั้งคู่ ส่วนผู้ที่มีแอลลีลด้อยเพียงหนึ่งแอลลีลจะไม่แสดงอาการของโรค แต่สามารถถ่ายทอดแอลลีลด้อยไปสู่รุ่นลูกได้ เรียกบุคคลดังกล่าวว่าพาหะของโรค (carrier) ผู้ป่วยที่เป็นโรคธาลัสซีเมียจะมีภาวะซีด ตาเหลือง ตัวเหลือง ดับและม้ามโต และร่างกายเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะของผู้ป่วยโรคธาลัสซีเมีย

ใบงานที่ 2 ความผิดปกติของยีนทำให้เกิดโรคทางพันธุกรรมได้อย่างไร

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. สาเหตุการเกิดโรคธาลัสซีเมียต่างจากกลุ่มอาการดาวน์อย่างไร

.....

.....

.....

2. ความผิดปกติของยีนที่ทำให้เกิดโรคธาลัสซีเมียจะทำให้คนที่ เป็นโรคมียเม็ดเลือดแดงต่างจากคนปกติอย่างไร

.....

.....

.....

3. โรคธาลัสซีเมียเป็นลักษณะด้อย ลูกที่เป็นโรคนี้อาจต้องมียีนที่มีแอลลีลเป็นอย่างไร

.....

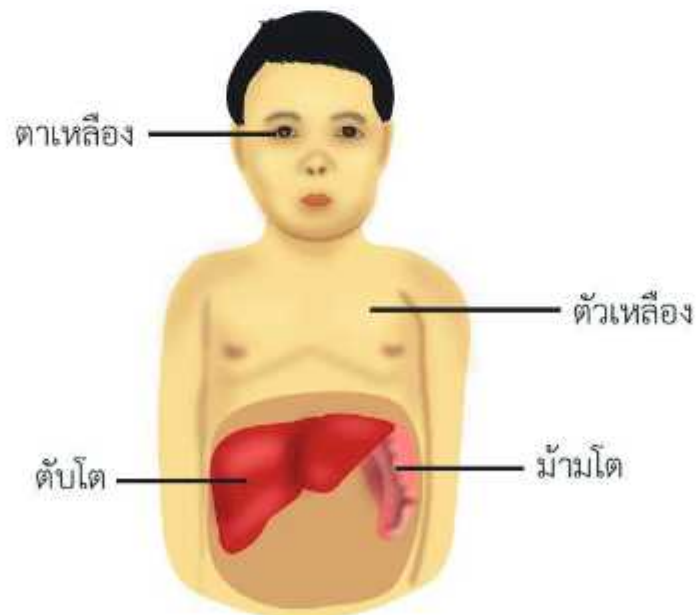
.....

4. คนที่เป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมียจะมีจีโนไทป์และลักษณะอาการต่างจากคนที่ เป็นโรคว่าอย่างไร

.....

.....

ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้



ใบงาน

เรื่อง การลดความเสี่ยงที่บุตรจะเป็นโรคทางพันธุกรรม

ใบกิจกรรมที่ 1 วางแผนอย่างไรก่อนแต่งงานเพื่อลดความเสี่ยงที่บุตรจะเป็นโรคทางพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายโอกาสเกิดโรคทางพันธุกรรมในรุ่นลูกเพื่อนำไปใช้วางแผนก่อนแต่งงานและมีบุตร

วัสดุและอุปกรณ์

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. กำหนดให้ B แทนแอลลีลเด่นซึ่งเป็นแอลลีลปกติ และ b แทนแอลลีลด้อยซึ่งเป็นแอลลีลที่ทำให้เกิดโรคธาลัสซีเมีย พิจารณาจีโนไทป์ของชายหญิงแต่ละคู่จากตารางที่กำหนดให้

ตาราง แสดงจีโนไทป์ของชายหญิงคู่ที่ 1 – 5.

คู่ที่	จีโนไทป์	
	ชาย	หญิง
1	BB	BB
2	BB	Bb
3	Bb	Bb
4	bb	Bb
5	BB	bb

BB แสดงลักษณะปกติ

Bb แสดงลักษณะปกติและเป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมีย

bb แสดงลักษณะของโรคธาลัสซีเมีย

2. เขียนแผนภาพแสดงการผสมจีโนไทป์ของชายหญิงในตาราง ลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 1
3. คำนวณหาสัดส่วนและร้อยละของโอกาสที่รุ่นลูกจะเป็นปกติ เป็นพาหะของโรค และเป็นโรคธาลัสซีเมีย ลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 2
4. วิเคราะห์โอกาสและอภิปรายความเสี่ยงในการเกิดโรคธาลัสซีเมียในรุ่นลูก
5. นำเสนอผลการทำกิจกรรมเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในชั้นเรียน
6. ตอบคำถามท้ายกิจกรรม

ใบงานที่ 1 วางแผนอย่างไรก่อนแต่งงานเพื่อลดความเสี่ยงที่บุตรจะเป็นโรคทางพันธุกรรม

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม ตอนที่ 1 และตอนที่ 2 และตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 การเขียนแผนภาพแสดงจีโนไทป์ของชายหญิงแต่ละคู่และลูก

กำหนดให้ BB แสดงลักษณะปกติ

Bb แสดงลักษณะปกติและเป็นพาหะของโรค

bb แสดงลักษณะของโรคธาลัสซีเมีย

<p>คู่ที่ 1 ชายมีจีโนไทป์ BB หญิงมีจีโนไทป์ BB</p>	<p>คู่ที่ 2 ชายมีจีโนไทป์ BB หญิงมีจีโนไทป์ Bb</p>
<p>คู่ที่ 3 ชายมีจีโนไทป์ Bb แมมีจีโนไทป์ Bb</p>	<p>คู่ที่ 4 ชายมีจีโนไทป์ bb หญิงมีจีโนไทป์ Bb</p>
<p>คู่ที่ 5 ชายมีจีโนไทป์ BB หญิงมีจีโนไทป์ bb</p>	

ตอนที่ 2 การคำนวณโอกาสที่รุ่นลูกจะเป็นปกติ เป็นพาหะของโรค และเป็นโรคธาลัสซีเมีย

ให้นักเรียนนำข้อมูลจากตอนที่ 1 มาคำนวณหาอัตราส่วนและร้อยละของโอกาสที่รุ่นลูกจะเป็นปกติ เป็นพาหะของโรค และเป็นโรคธาลัสซีเมีย บันทึกผลลงในตาราง

จีโนไทป์ของชายและหญิง	โอกาสที่ลูกจะเป็น (อัตราส่วนหรือร้อยละ)		
	ปกติ	พาหะของโรค	เป็นโรคธาลัสซีเมีย
คู่ที่ 1 ชายมีจีโนไทป์ BB หญิงมีจีโนไทป์ BB			
คู่ที่ 2 ชายมีจีโนไทป์ BB หญิงมีจีโนไทป์ Bb			
คู่ที่ 3 ชายมีจีโนไทป์ Bb หญิงมีจีโนไทป์ Bb			
คู่ที่ 4 ชายมีจีโนไทป์ bb หญิงมีจีโนไทป์ Bb			
คู่ที่ 5 ชายมีจีโนไทป์ BB หญิงมีจีโนไทป์ bb			

คำถามท้ายกิจกรรม

1. โอกาสที่รุ่นลูกของชายหญิงแต่ละคู่จะเป็นปกติ เป็นพาหะของโรค หรือเป็นโรคธาลัสซีเมียเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. การลดความเสี่ยงที่จะมีบุตรซึ่งป่วยเป็นโรคธาลัสซีเมียทำได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 2 นักเรียนจะช่วยลดปัญหาการเกิดโรคธาลัสซีเมียได้อย่างไร

คำชี้แจง ให้นักเรียนร่วมกันระดมสมองและบันทึกผลการทำกิจกรรมเพื่อลดจำนวนของผู้เป็นโรคธาลัสซีเมีย
จากประเด็นคำถามดังนี้

- ในฐานะนักเรียนเป็นพลเมืองของประเทศ นักเรียนจะช่วยลดจำนวนเด็กเกิดใหม่ไม่ให้เป็นโรคธาลัสซีเมียได้อย่างไร

บันทึกผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงาน

เรื่อง สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

ใบความรู้ที่ 1 สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

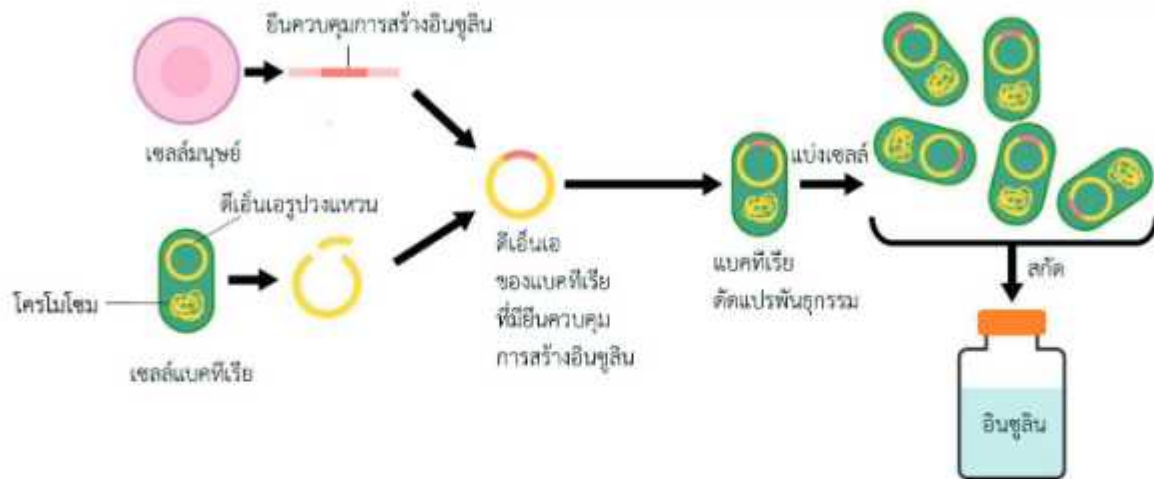
กระบวนการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตสามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ โดยอาจมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารพันธุกรรมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น เช่น การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม เนื่องจากเกิดความผิดปกติในการแบ่งเซลล์ และการได้รับยีนจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ตัวอย่างเช่น พืชใบเลี้ยงคู่ที่มีบาดแผลเมื่อได้รับยีนจากแบคทีเรียที่มีชื่อว่า *Agrobacterium tumefaciens* จะทำให้เซลล์พืชบริเวณนั้นเกิดการแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากจนเกิดปุ่มปมซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของแบคทีเรีย ดังภาพที่ 1 มนุษย์ได้เลียนแบบกระบวนการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาตินี้ เพื่อประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ตามต้องการ เรียกกระบวนการดัดแปรพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตโดยมนุษย์นี้ว่า พันธุวิศวกรรม (genetic engineering)



ภาพที่ 1 ปุ่มปมบนต้นไม้ที่เกิดจากแบคทีเรีย *Agrobacterium tumefaciens*

พันธุวิศวกรรมใช้เทคนิคการนำชิ้นส่วนดีเอ็นเอซึ่งมียีนที่ควบคุมลักษณะที่มนุษย์ต้องการจากสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง ไปเชื่อมต่อกับดีเอ็นเอในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งปกติไม่เคยผสมพันธุ์กันได้ตามธรรมชาติ เพื่อให้เกิดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะตามต้องการ เรียกสิ่งมีชีวิตที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่นี้ว่า สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือจีเอ็มโอ (genetically modified organisms หรือ GMOs) เช่น แบคทีเรียดัดแปรพันธุกรรมที่ได้รับยีนควบคุมการสร้างอินซูลินของมนุษย์ ทำให้สามารถสร้างอินซูลินซึ่งเป็นฮอร์โมนสำหรับรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวานได้

การสร้างแบคทีเรียตัดแปรพันธุกรรมที่สามารถผลิตอินซูลินของมนุษย์ เริ่มจากการนำยีนควบคุมการสร้างอินซูลินของมนุษย์มาเชื่อมต่อกับดีเอ็นเอรูปร่างวงแหวนของแบคทีเรีย จากนั้นใส่ดีเอ็นเอนั้นเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียทำให้แบคทีเรียสามารถสร้างอินซูลินได้ และเมื่อเลี้ยงแบคทีเรียในสภาวะที่เหมาะสม แบคทีเรียจะแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ทำให้สามารถสร้างอินซูลินปริมาณมากได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพการสร้างแบคทีเรียตัดแปรพันธุกรรมที่สามารถผลิตอินซูลินของมนุษย์

ปัจจุบันมนุษย์มีการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากการตัดแปรพันธุกรรมอย่างหลากหลาย เช่น แบคทีเรียที่สามารถผลิตอินซูลินของมนุษย์สำหรับรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวาน แบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายน้ำมันและพลาสติกเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ข้าวสีทองที่มีวิตามินเอสูงเพื่อป้องกันโรคตาบอดในเด็กเนื่องจากการขาดวิตามินเอ ผ้ายับยั้งที่ทนต่อแมลงศัตรูพืช และข้าวโพดตัดแปรพันธุกรรมที่ทนต่อสารกำจัดวัชพืช

ใบกิจกรรมที่ 1 สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม คืออะไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายความหมายของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและกระบวนการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

วัสดุอุปกรณ์

-

วิธีการดำเนินกิจกรรม

ตอนที่ 1

ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่นักเรียนรู้อมาแล้ว สิ่งทีนักเรียนอยากรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ลงในตารางในใบงานที่ 1

ตอนที่ 2

1. ให้นักเรียนวาดภาพสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมตามจินตนาการลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 2
2. นำเสนอผลโดยบรรยายลักษณะของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม แนวคิดและกระบวนการสร้างสิ่งมีชีวิต เช่น สร้างไปเพื่ออะไร ใช้ยีนที่ควบคุมลักษณะอะไรในการสร้างสิ่งมีชีวิตชนิดนี้

ใบงานที่ 1 สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม คืออะไร

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรมในตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2 และตอบคำถามท้ายกิจกรรม
บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 อยากรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

สิ่งที่รู้มาแล้ว (What do you Know ?)	สิ่งที่ต้องการรู้ (What do you Want to Know)	สิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ (What have you Learned)

ตอนที่ 2 ภาพวาดสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมตามจินตนาการ

--

ใบกิจกรรมที่ 2 ประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเป็นอย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายการใช้ประโยชน์และผลกระทบจากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่อาจมีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้

วัสดุและอุปกรณ์

-

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. อ่านข้อมูลของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมชนิดต่าง ๆ ที่กำหนดให้ และสืบค้นและรวบรวมข้อมูลของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมอื่น ๆ เพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ
2. ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมแต่ละชนิด และบันทึกผลลงในใบงานที่ 2 ตอนที่ 1
3. อภิปรายกันภายในกลุ่มเพื่อให้ได้ข้อสรุปของกลุ่มว่าจะยอมรับหรือไม่ยอมรับการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม
4. ส่งตัวแทนกลุ่มละ 1 คน เพื่อโต้ความคึกกันในหัวข้อ “ยอมรับหรือไม่ยอมรับสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม” โดยแบ่งเป็น 2 ฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายที่ยอมรับการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม และฝ่ายที่ไม่ยอมรับการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม
5. แต่ละกลุ่มอภิปรายเพื่อตัดสินใจยอมรับหรือไม่ยอมรับการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมซ้ำอีกครั้งหลังจากฟังการโต้ความคิด บันทึกผลลงในใบงานที่ 2 ตอนที่ 2
6. ตอบคำถามท้ายกิจกรรม

ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

ข้าวสีทอง (Golden rice)

วิตามินเอเป็นวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกาย ช่วยให้ผิวหนังมีความแข็งแรง ทำให้ร่างกายมีภูมิคุ้มกันโรค และมีจำเป็นต่อการมองเห็น การขาดวิตามินเอเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ตาบอดได้ สารตั้งต้นของวิตามินเอ คือ บีตา แคโรทีน ซึ่งร่างกายจะเปลี่ยนสารนี้เป็นวิตามินเอได้

โดยทั่วไปพืชมีการผลิตสารนี้อยู่แล้วในธรรมชาติ เพียงแต่สารบีตา แคโรทีนที่พืชผลิตจะอยู่ในใบข้าว ไม่ได้อยู่ในเมล็ดข้าว วิธีหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาหนึ่งคือการนำกระบวนการพันธุวิศวกรรมเข้ามาใช้เพื่อให้พืชผลิตบีตา แคโรทีนในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดข้าว

โครงการวิจัยข้าวสีทองเป็นโครงการตัดต่อพันธุกรรมในข้าวเพื่อแก้ปัญหาการขาดวิตามินเอ เริ่มขึ้นเมื่อปี ค.ศ.1999 โดยศาสตราจารย์อินโก โพทราเยคัส (Ingo Potrykus) และศาสตราจารย์ปีเตอร์ บีเยอร์ (Peter Beyer) ได้รับการสนับสนุนจากมูลนิธิร็อกกี้เฟลเลอร์ (Rockefeller Foundation) เพื่อต่อสู้กับปัญหาภาวะขาดวิตามินเอในเด็กที่อยู่ในประเทศกำลังพัฒนา โดยองค์การอนามัยโลกได้ประมาณการว่าเด็กก่อนวัยเรียนประมาณ 250 ล้านคนอยู่ในภาวะขาดวิตามินเอ และอีกประมาณ 2.7 ล้านคนเสียชีวิตเนื่องจากขาดวิตามินเอ ภาวะขาดวิตามินเอเป็นผลให้ตาแห้งและอาจตาบอดได้ในที่สุด ปัญหาตาบอดในเด็กอันเนื่องมาจากการขาดวิตามินเอเป็นปัญหาหนึ่งในประเทศกำลังพัฒนาซึ่งสามารถป้องกันได้

การสร้างข้าวตัดแปรพันธุกรรมเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาหนึ่ง โดยทำให้เมล็ดข้าวผลิตเบต้าแคโรทีน เมล็ดข้าวที่มีเบตาแคโรทีนจะมีสีเหลือง จึงเรียกข้าวดังกล่าวนี้ว่า ข้าวสีทอง ซึ่งถ้าคนบริโภคข้าวนี้เพียง 300 กรัมต่อวัน จะทำให้ผู้บริโภคได้รับวิตามินเอปริมาณเกือบจะเท่ากับความต้องการวิตามินเอในหนึ่งวัน



ภาพที่ 1 ข้าวสีทอง

อย่างไรก็ตามแม้ว่าข้าวสีทองอาจช่วยแก้ปัญหาภาวะการขาดวิตามินเอในประเทศกำลังพัฒนาได้ แต่ก็มีหลายหน่วยงานที่คัดค้านโครงการวิจัยข้าวสีทอง เช่น องค์กรมิตรโลก (Friends of the Earth) องค์กรเครือข่ายผู้นำเกษตรกร MASIPAG (Magsasaka at Siyentipiko para sa Pag-unlad ng Agrikultura หรือ a farmer-led network of organizations) ในประเทศฟิลิปปินส์ และกลุ่มกรีนพีซ (Greenpeace) หน่วยงานเหล่านี้มีความเห็นว่าข้าวสีทองอาจไม่ปลอดภัยต่อมนุษย์ ทำให้มีความเสี่ยงต่อสุขภาพเมื่อบริโภคเข้าไป เช่น ความเสี่ยงจากการแพ้หรือต่อยาปฏิชีวนะ การแก้ปัญหาโดยให้คนบริโภคข้าวสีทองเพื่อเพิ่มวิตามินเอนั้นเสี่ยงเกินไป และเป็นการสิ้นเปลืองงบประมาณไปกับการวิจัย ควรแก้ปัญหาโดยการรับประทานพืชผักผลไม้ที่อุดมด้วยวิตามินเอ ซึ่งหาได้ง่ายดาย ราคาถูก และมีมากในประเทศเขตร้อนจะดีกว่า และถ้าหากส่งเสริมให้บริโภค

ข้าวสีทองกันเป็นอาหารหลักและแพร่หลายแต่เพียงอย่างเดียวแทนที่จะบริโภคพืชผักผลไม้ที่อุดมด้วยวิตามินหลาย ๆ ชนิด จะทำให้เกิดภาวะทุพโภชนาการมากขึ้นกว่าเดิม นอกจากนี้การการปลูกข้าวตัดแปรพันธุกรรม อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งถ้ายีนของข้าวสีทองเกิดปนเปื้อนกับข้าวสายพันธุ์ดั้งเดิม และข้าวสายพันธุ์พื้นเมือง จะไปทำลายความหลากหลายทางชีวภาพของสายพันธุ์ข้าว และทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพเพิ่มขึ้น การแก้วิกฤติภาวะขาดวิตามินเอไม่จำเป็นต้องสร้างสิ่งมีชีวิตตัดแปร พันธุกรรมขึ้นมาแก้ปัญหา เพราะสาเหตุที่แท้จริงของการขาดวิตามินเอและภาวะทุพโภชนาการส่วนใหญ่ในประเทศกำลังพัฒนาเกิดจากความยากจนและการเข้าถึงแหล่งอาหารที่หลากหลาย ควรใช้วิธีอื่นที่ดีกว่า ถูกกว่า เช่น โครงการจัดหาวิตามินเอเสริมขององค์การยูนิเซฟทำให้เด็กมีชีวิตรอดได้ถึง 12-24%

แต่ก็มีผู้สนับสนุนโครงการข้าวสีทอง โดยให้ความเห็นว่าข้าวสีทองจะช่วยลดภาวะการขาดวิตามินเอในเด็กได้อย่างมีนัยสำคัญ และอาจทำควบคู่ไปกับโครงการจัดหาวิตามินเสริมขององค์การยูนิเซฟได้ ซึ่งน่าจะได้ผลดีกว่าการใช้วิธีใดวิธีการหนึ่งเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

กรีนพีซ ประเทศไทย. ภาพลวงตาสีทองสัญญาณลวงกลางของข้าว “สีทอง” สืบค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2558 จาก

<https://www.greenpeace.org/thailand/publication/8506/golden-illusion/>

มูลนิธิโลกสีเขียว. เมื่อข้าวสีทองไม่ผ่องอำ (22 ธันวาคม 2558) สืบค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2558 จาก

https://greenworld.or.th/green_issue/เมื่อข้าวสีทองไม่ผ่องอำ/

High School Bioethics. Genetically Modified Organisms: The “Golden Rice” Debate

Retrieved 1 February 2021. From <https://med.nyu.edu/highschoolbioethics/genetically-modified-organisms-%E2%80%9Cgolden-rice%E2%80%9D-debate#:~:text=Golden%20rice%20is%20a%20genetically,not%20normally%20produced%20in%20rice>

ปลาแซลมอนตัดแปรรูปพันธุกรรม

การเพิ่มผลกำไรทางธุรกิจทำได้โดยลดต้นทุนการผลิต การสร้างปลาตัดแปรรูปพันธุกรรมที่โตเร็วเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำเช่นนั้น นั่นคือ สร้างปลาแซลมอนแอตแลนติกที่มียีนสร้างฮอร์โมนควบคุมการเจริญเติบโตจากปลาแซลมอนชินุก (Chinook salmon) ซึ่งเป็นปลาที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และเจริญเติบโตเร็วกว่าบรรดาปลาแซลมอนด้วยกัน ส่งผลให้ปลาแซลมอนตัดแปรรูปพันธุกรรมเติบโตได้รวดเร็วกว่าปลาแซลมอนแอตแลนติกโดยทั่วไปถึง 2 เท่า

บริษัทอะควา บาวที เทคโนโลยีส์ อิงค์ (Aqua Bounty Technologies Inc.) ได้ผลิตและจำหน่ายปลาแซลมอนตัดแปรรูปพันธุกรรม ใช้ชื่อทางการค้าว่าปลาอะควาแอตเวนท์แซลมอน ซึ่งกว่าจะจำหน่ายได้จะต้องผ่านกฎข้อบังคับต่าง ๆ มากมาย แต่กระนั้นก็ตามปัญหาที่ตามมาคือการยอมรับของผู้บริโภคต่อตัวสินค้านี้

เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตตัดแปรรูปพันธุกรรมอื่น ๆ ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยทางอาหารยังมีความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภค ถึงแม้ว่าบริษัทจะได้ทดสอบความปลอดภัยที่จะเกิดกับมนุษย์แล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีผู้แย้งว่าเป็นการทดสอบโดยบริษัทเท่านั้น และกลุ่มตัวอย่างปลาที่ใช้ในการทดสอบยังจำนวนไม่มากพอที่จะยอมรับได้ว่ามีความปลอดภัยต่อสุขภาพ นอกจากนี้ถ้าผู้บริโภคนิยมในสินค้านี้อาจจะเป็นการส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงปลาตัดต่อพันธุกรรมมากขึ้น และทำให้ปลาเหล่านี้มีโอกาสหลุดออกไปสู่สิ่งแวดล้อมที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติได้มากขึ้น ปลาแซลมอนตัดแปรรูปพันธุกรรมอาจไปผสมพันธุ์กับปลาแซลมอนในธรรมชาติ และเกิดการถ่ายทอดยีนสร้างฮอร์โมนควบคุมการเจริญเติบโตให้กับปลาแซลมอนในธรรมชาติ ทำให้ปลาแซลมอนในธรรมชาติสายพันธุ์ดั้งเดิมลดลงจนอาจสูญพันธุ์ได้ และอาจไปคุกคามปลาแซลมอนในธรรมชาติโดยอาจไปแย่งอาหาร หรือที่อยู่ของปลาแซลมอนในธรรมชาติทำให้ปลาลดจำนวนลง

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา ได้ประเมินว่าปลาอะควาแอตเวนท์แซลมอนไม่ได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพราะมีความเป็นไปได้น้อยที่ปลาอะควาแอตเวนท์แซลมอนจะสามารถหลบหนีออกจากถังเพาะเลี้ยงบนบกไปอยู่ในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ หรือรอดชีวิตจนผสมข้ามกับปลาแซลมอนจากธรรมชาติ อีกทั้งปลาแซลมอนตัดแปรรูปพันธุกรรมเหล่านี้เป็นหมัน และทางบริษัทผู้ผลิตเองก็มีแผนที่จะจำหน่ายเฉพาะไข่ปลาตัวเมียเท่านั้น แต่กระนั้นก็ตาม เมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน 2563 ศาลแขวงแห่งสหรัฐอเมริกาประจำแขวงกลางแคลิฟอร์เนียได้ตัดสินว่าสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา ได้เพิกเฉยต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างร้ายแรงและยังละเมิดพระราชบัญญัติสิ่งแวดล้อมแห่งชาติด้วย และให้นำประเด็นเกี่ยวกับความเสี่ยงทางด้านสิ่งแวดล้อมกลับมาพิจารณาใหม่อีกครั้ง

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. US รับรองปลาแซลมอน GMO กินได้ปลอดภัย. (2 มิถุนายน 2557)
จาก <https://www.dmcr.go.th/detailAll/1923/m/0>

Healthy Oceans. Healthy Communities. Genetically modified salmon. Retrieved February, 10, 2021, from <https://livingoceans.org/initiatives/salmon-farming/issues/genetically-modified-salmon>.

The Fish Site. Ruling puts pressure on genetically modified salmon sector (9 November, 2020, Retrieved February, 15, 2021, from <https://thefishsite.com/articles/ruling-puts-pressure-on-genetically-modified-salmon-sector>

ข้าวโพดตัดแปรพันธุกรรม

เป็นที่ทราบกันดีว่าแบคทีเรียในดินที่มีชื่อว่า *Bacillus thuringiensis* หรือ แบคทีเรียบีที (BT) เป็นแบคทีเรียที่มียีนสร้างโปรตีนที่เป็นพิษต่อแมลงหลายชนิด เกษตรกรจึงใช้แบคทีเรียชนิดนี้ฉีดพ่นเพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชในพืชหลายชนิดรวมถึงข้าวโพดแทนการใช้สารเคมีซึ่งมีราคาแพง และอาจมีผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ใช้สารเคมี ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม

อย่างไรก็ดี สารพิษจากแบคทีเรียมักจะสลายตัวอย่างรวดเร็วเมื่อถูกรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ และจะถูกชะล้างออกไปเมื่อโดนฝน ด้วยเหตุนี้ นักวิทยาศาสตร์จึงหาวิธีกำจัดหนอนแมลงศัตรูพืชโดยกระบวนการพันธุวิศวกรรม จากการนำยีนของแบคทีเรียที่ควบคุมการสร้างสารพิษต่อหนอนแมลงศัตรูพืชใส่เข้าไปในเซลล์ในระยะเอ็มบริโอของพืช เช่น ข้าวโพด ฝ้าย เมื่อข้าวโพดหรือฝ้ายบีทีเหล่านี้เจริญเติบโตก็จะมียีนที่ควบคุมการสร้างสารพิษในเซลล์ และถ้าหนอนเจาะลำต้นข้าวโพดซึ่งเป็นศัตรูสำคัญต่อข้าวโพดมากัดกินใบพืช สารพิษก็จะทำลายระบบย่อยอาหารของหนอน ส่งผลให้หนอนตายในที่สุด

เนื่องจากสารพิษจากแบคทีเรียสร้างขึ้นภายในเซลล์ของข้าวโพด จึงช่วยป้องกันการสลายตัวของสารพิษจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต นอกจากนี้ข้าวโพดบีทียังสามารถสร้างสารพิษได้ตลอดฤดูกาลเก็บเกี่ยว เกษตรกรจึงนิยมปลูกข้าวโพดตัดแปรพันธุกรรม เพราะนอกจากสารพิษที่ข้าวโพดสร้างขึ้นจะฆ่าหนอนแมลงศัตรูพืชส่งผลให้ผลผลิตไม่เสียหายแล้ว ยังปลอดภัยจากอันตรายจากการฉีดพ่นสารเคมีและช่วยลดปัญหาแมลงพิษที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย

ยังไม่มีใครทราบว่าข้าวโพดบีทีจะส่งผลอย่างไรต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ปลา นก รวมถึงมนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคหรือไม่ เพราะยังไม่มีผลการวิจัย แต่มีงานวิจัยในห้องปฏิบัติการหนึ่งพบว่าเรณูของข้าวโพดบีทีนั้นเป็น

พืชต่อหนอนผีเสื้อจักรพรรดิ ทำให้ผีเสื้อจักรพรรดิซึ่งเป็นแมลงที่ช่วยผสมเกสรให้กับต้นรักมีจำนวนลดลง โดยนักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองโดยไปรยเรณูของข้าวโพดไปยังใบของต้นรักปริมาณใกล้เคียงกับในไร่ข้าวโพด จากนั้นให้หนอนผีเสื้อจักรพรรดิกินใบไม้เป็นเวลา 4 วัน เปรียบเทียบกับหนอนผีเสื้อที่กินใบรักที่มีเรณูของข้าวโพดปกติ และใบรักที่ไม่มีเรณูของข้าวโพด ผลการทดลองพบว่าหนอนผีเสื้อจักรพรรดิตายไปถึงร้อยละ 44

เอกสารอ้างอิง

ปริญทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร. จีเอ็มโอ กรุงเทพฯ องค์กรคำครุสภา. 2544.

Federation of American Scientist. **Bt Corn: The Biggest GE Crop**. Retrieved January, 5, 2021, from <https://fas.org/biosecurity/education/dualuse-agriculture/2.-agricultural-biotechnology/bt-corn.html>.

ชื่อและประเภท ของสิ่งมีชีวิต ที่ดัดแปรพันธุกรรม	ประโยชน์และ ผลกระทบต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม	รายละเอียด	การยอมรับ/ไม่ยอมรับ การใช้ประโยชน์
<p>ชื่อ.....</p> <hr/> <p>ประเภท</p> <p><input type="checkbox"/> พืช</p> <p><input type="checkbox"/> สัตว์</p> <p><input type="checkbox"/> จุลินทรีย์</p>	<p><input type="checkbox"/> ด้านสุขภาพ</p> <p><input type="checkbox"/> ด้านการเกษตร</p> <p><input type="checkbox"/> ด้านผลิตอาหาร</p> <p><input type="checkbox"/> ด้านสิ่งแวดล้อม</p> <p><input type="checkbox"/> ด้านอื่น ๆ โปรดระบุ</p> <hr/>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p><input type="radio"/> ยอมรับ</p> <p><input type="radio"/> ไม่ยอมรับ</p> <p>เหตุผล</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

ตอนที่ 2 ตารางเปรียบเทียบข้อสรุปก่อนและหลังฟังการโต้ความคิดของผู้แทนแต่ละกลุ่ม

เหตุการณ์	ข้อสรุปเกี่ยวกับยอมรับหรือไม่ยอมรับการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม
ก่อนฟังการโต้ความคิด	<input type="radio"/> ยอมรับ <input type="radio"/> ไม่ยอมรับ เหตุผล.....
หลังฟังการโต้ความคิด	<input type="radio"/> ยอมรับ <input type="radio"/> ไม่ยอมรับ เหตุผล.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตัดสินใจยอมรับหรือไม่ยอมรับการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

2. สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมมีประโยชน์และผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากกิจกรรม สรุปได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้



ส่วนประกอบที่สำคัญโดยประมาณ/Ingredients
ธัญญาหารอบกรอบ/Cereal Flake 36% (ข้าวสาลีเต็มเมล็ด/Whole
Wheat Grain 24.6%, แป้งข้าวเจ้า/Rice Flour 2.7%, มอลต์สกัด
(จากข้าวบาร์เลย์)/Malt Extract (From Barley) 2.7%, น้ำตาล/
Sugar 2.5%, ข้าวโพดคั่วแปรรูป/ Corn Grits (GMO) 2.1%),
นมผงขาดมันเนย/Skimmed Milk Powder 15.4%, เยื่อใย/Fiber
15.2%, ครีมเทียม/Coffee Creamer 6.8%, วิตามินและแร่ธาตุผสม/
Vitamin and Mineral Mix 3%, สารให้ความข้นเหนียว/Thickener
INS412, เกลืออิมัลซิไฟอิงค์/Emulsifying Salt INS452(i), สาร
ควบคุมความเป็นกรด/Acidity Regulator INS 451(i), 340(ii),
331(iii), อิมัลซิไฟเออร์/Emulsifier INS 471, 472(e), สารป้องกัน

ใบงาน

เรื่อง จริยธรรมด้านพันธุศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 1 จริยธรรมด้านพันธุศาสตร์ของนักเรียนเป็นอย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกวิธีการที่ถูกต้อง เหมาะสม และคำนึงถึงจริยธรรมจากสถานการณ์เกี่ยวกับพันธุศาสตร์

วัสดุและอุปกรณ์

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. อ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้

สถานการณ์ที่ 1

ชายคนหนึ่งพบว่าภรรยาของเขาเป็นโรคที่ไม่สามารถสร้างภูมิต้านทานได้ โรคนี้เป็นโรคทางพันธุกรรมที่สามารถถ่ายทอดจากแม่ไปยังลูกได้ ปัจจุบันโรคดังกล่าวสามารถรักษาได้โดยการทำยีนบำบัด ซึ่งทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงยีน แต่การรักษาลักษณะนี้ยังมีข้อจำกัดทางด้านเทคนิค และมีข้อโต้แย้งทางจริยธรรมเกิดขึ้นในสังคมว่า ควรบำบัดยีนที่ผิดปกติในเซลล์ตั้งต้นที่จะสร้างเซลล์ไข่และอสุจิหรือไม่ และถ้ามีการทำยีนบำบัดจะมีผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมในอนาคตหรือไม่

จากสถานการณ์นี้ นักเรียนจะเลือกวิธีใดต่อไปนี้ พร้อมทั้งบอกเหตุผล

- ก. ให้ลูกเกิดตามธรรมชาติ ถ้าลูกมีอาการของโรคก็รักษาไปตามอาการ
- ข. รักษาโดยยีนบำบัด
- ค. ยุติการตั้งครรภ์ ถ้าตรวจพบยีนที่ทำให้เกิดโรคนี้ในทารกที่อยู่ในครรภ์

สถานการณ์ที่ 2

ถ้านักเรียนเป็นเจ้าของบริษัทที่จำหน่ายเมล็ดพันธุ์พืชบริษัทหนึ่งที่มีการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้มีผลขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิม 2 เท่า โดยการใส่ยีนของพืชชนิดหนึ่งที่มีผลขนาดใหญ่ลงในยีนของมะเขือเทศ

จากสถานการณ์นี้ นักเรียนจะขายมะเขือเทศที่เกิดจากการตัดแปรพันธุกรรมนี้ให้ผู้บริโภคหรือไม่ เพราะเหตุใด

- ก. ขาย เพราะมะเขือเทศมีคุณภาพดีกว่าบริษัทอื่น
- ข. ขาย เพราะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหาร
- ค. ไม่ขาย เพราะไม่แน่ใจเรื่องความปลอดภัยของผู้บริโภค

สถานการณ์ที่ 3

การโคลนเป็นการเพิ่มจำนวนสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนสิ่งมีชีวิตเดิมทุกประการ หากการโคลนสามารถทำได้กับสัตว์เลี้ยงทุกชนิดและนักเรียนเคยมีสุนัขที่รักมากและตายไป นักเรียนจึงทำการค้นคว้าและได้ความรู้มาว่าถ้าอยากได้สุนัขตัวเดิมกลับมา จะต้องนำตัวอย่างเซลล์ที่บริเวณรากของเส้นขนสุนัขไปโคลน

จากสถานการณ์นี้ นักเรียนจะเลือกวิธีใด เพราะเหตุใด

ก. พยายามหาตัวอย่างเส้นขนของสุนัขแล้วนำไปโคลนเพื่อให้ได้สุนัขตัวเดิม

ข. ปลอ่ยให้เป็นไปตามธรรมชาติโดยไม่ทำการโคลน เพราะไม่แน่ใจว่าสุนัขตัวใหม่ที่ได้จากการโคลนจะเหมือนกับตัวเดิมทุกประการ

สถานการณ์ที่ 4

หากมีบริษัทนำเสนอว่าสามารถสร้างเด็กหลอดแก้วที่มีลักษณะตามต้องการของพ่อแม่ได้ โดยนำยีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ตามที่ต้องการใส่เข้าไปในไซโกต เช่น ยีนควบคุมความฉลาด ความสามารถด้านดนตรี ความสามารถด้านกีฬา

จากสถานการณ์นี้ ถ้านักเรียนเป็นพ่อแม่ของเด็ก นักเรียนจะเลือกวิธีใด เพราะเหตุใด

ก. เลือกสร้างเด็กหลอดแก้วที่มีลักษณะตามที่นักเรียนต้องการ เพราะทำให้เด็กเกิดมาพร้อมทั้งสติปัญญาและความสามารถในด้านต่าง ๆ

ข. ไม่เลือกใส่ยีนเข้าไปในไซโกต เพราะต้องการให้ลูกมีลักษณะคล้ายคลึงกับพ่อแม่

2. แต่ละกลุ่มอภิปรายและตัดสินใจเลือกวิธีปฏิบัติโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 1
3. แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรมเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในชั้นเรียน แล้วรวบรวมข้อมูลการนำเสนอของกลุ่มอื่น ๆ ลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 2
4. แต่ละกลุ่มอภิปรายเกี่ยวกับความถูกต้อง เหมาะสมและจริยธรรมในการตัดสินใจเลือกวิธีการของแต่ละสถานการณ์ซ้ำอีกครั้ง บันทึกผลลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 3
5. ตอบคำถามท้ายกิจกรรม

ใบงานที่ 1 จริยธรรมด้านพันธุศาสตร์ของนักเรียนเป็นอย่างไร

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรมในตารางตอนที่ 1 ตอนที่ 2 ตอนที่ 3 และตอบคำถามท้ายกิจกรรม

บันทึกผลการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 การอภิปรายกลุ่มเพื่อตัดสินใจเลือกวิธีการจากสถานการณ์ด้านพันธุศาสตร์ที่กำหนดให้

คำชี้แจง ให้อภิปรายกลุ่มแล้วเลือก ก.ข.หรือ ค.ในแต่ละสถานการณ์ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบลงในตาราง

สถานการณ์	วิธีการ	เหตุผล	
		ที่เลือก	ที่ไม่ได้เลือก
1	ก. ปล่อยให้เกิดตามธรรมชาติ ถ้าลูกมีอาการของโรคก็รักษาไปตามอาการ		
	ข. รักษาโดยยีนบำบัด		
	ค. ยุติการตั้งครรภ์ ถ้าตรวจพบยีนที่ทำให้เกิดโรคนั้นในทารกที่อยู่ในครรภ์		

สถานการณ์	วิธีการ	เหตุผล	
		ที่เลือก	ที่ไม่ได้เลือก
2	ก. ชาย เพราะมะเขือเทศมีคุณภาพดีกว่าบริษัทอื่น		
	ข. ชาย เพราะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหาร		
	ค. ไม่ชาย เพราะไม่แน่ใจเรื่องความปลอดภัยของผู้บริโภค		
3	ก. พยายามหาตัวอย่างเส้นขนของสุนัขแล้วนำไปโคลน เพื่อให้ได้สุนัขตัวเดิม		
	ข. ปลอ่ยให้เป็นไปตามธรรมชาติ โดยไม่ทำการโคลน เพราะไม่แน่ใจว่าสุนัขตัวใหม่ที่ได้จากการโคลนจะเหมือนกับตัวเดิมทุกประการ		

สถานการณ์	วิธีการ	เหตุผล	
		ที่เลือก	ที่ไม่ได้เลือก
4	ก. เลือกสร้างเด็กหลอดแก้วที่มีลักษณะตามที่นักเรียนต้องการ เพราะทำให้เด็กเกิดมามีความพร้อมทั้งสติปัญญาและความสามารถในด้านต่าง ๆ		
	ข. ไม่เลือกใส่ยีนเข้าไปในไซโกต เพราะต้องการให้ลูกมีลักษณะคล้ายคลึงกับพ่อแม่		

ตอนที่ 2 การตัดสินใจเลือกวิธีการจากสถานการณ์ด้านพันธุศาสตร์ที่กำหนดให้หลังฟังการนำเสนอของกลุ่มอื่น ๆ

1. กลุ่มของนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจในสถานการณ์ใดบ้างหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. สิ่งสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนตัดสินใจเลือกวิธีการได้ถูกต้อง เป็นไปได้และเหมาะสมยิ่งขึ้น
ได้แก่อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ในการตัดสินใจเลือกวิธีการใดในแต่ละสถานการณ์ นักเรียนมีเหตุผลในการตัดสินใจเลือกวิธีการนั้น ๆ
อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. จากกิจกรรมนี้ สรุปได้ว่าอย่างไร

แบบฝึกหัดท้ายหน่วย

- ข้อความใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับโครโมโซม ยีน และดีเอ็นเอ
 - โครโมโซมเป็นที่อยู่ของยีน
 - ยีนเป็นช่วงหนึ่งของดีเอ็นเอ
 - โครโมโซมมีดีเอ็นเอเป็นองค์ประกอบ
 - โปรตีนเป็นองค์ประกอบของดีเอ็นเอ
- ถ้านำเซลล์ผิวหนังของเด็กหญิง ก. ไปตรวจโครโมโซม จะพบว่าโครโมโซมเป็นอย่างไร
 - ออโตโซม 22 คู่ และโครโมโซมเพศเป็น XX
 - ออโตโซม 22 คู่ และโครโมโซมเพศเป็น XY
 - ออโตโซม 23 คู่ และโครโมโซมเพศ 1 คู่
 - ออโตโซมทั้งหมดจำนวน 23 คู่
- ชาวสวนคนหนึ่งผสมพันธุ์ถั่ว 2 ต้น เมื่อต้นถั่วออกฝักจึงนำเมล็ดไปปลูกจนต้นถั่วเจริญเติบโต ปรากฏว่าเป็นถั่วต้นสูงจำนวน 254 ต้น ถั่วต้นเตี้ยจำนวน 250 ต้น
กำหนดให้ T เป็นแอลลีลควบคุมลำต้นสูง และ t เป็นแอลลีลควบคุมลำต้นเตี้ย
จากผลการทดลองนี้ จีโนไทป์ของถั่วต้นพ่อและต้นแม่ในข้อใดถูกต้อง

	ต้นพ่อ	ต้นแม่
ก.	TT	tt
ข.	Tt	tt
ค.	TT	Tt
ง.	TT	TT

- กำหนดให้ A B C D เป็นพืชชนิดเดียวกัน A B C มีดอกสีแดง และ D มีดอกสีขาว นำพืชเหล่านี้มาผสมพันธุ์กัน ได้ลูกที่มีลักษณะสีของดอก ดังตาราง

พืชที่นำมาผสมพันธุ์กัน	จำนวนร้อยละของลูก	
	ดอกสีแดง	ดอกสีขาว
A × B	100	0
B × C	100	0
A × C	75	25
A × D	50	50

พืชโตมีจีโนไทป์แบบเดียวกัน

ก. A และ B

ข. B และ C

ค. A และ C

ง. C และ D

5. ลักษณะขนสีดำของวัวเป็นลักษณะเด่นควบคุมโดยแอลลีล B และขนสีแดงเป็นลักษณะด้อยควบคุมโดยแอลลีล b ถ้าลูกวัวตัวหนึ่งมีจีโนไทป์เป็น BB พ่อและแม่อาจมีจีโนไทป์ได้หลายแบบ ยกเว้นแบบใด

ก. BB และ BB

ข. BB และ Bb

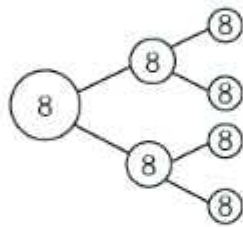
ค. BB และ bb

ง. Bb และ Bb

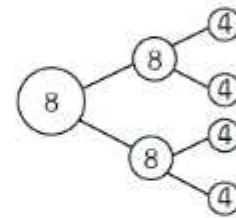
6. สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีจำนวนโครโมโซมของเซลล์ร่างกายเท่ากับ 8

แผนภาพในข้อใดที่แสดงกระบวนการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตชนิดนี้ได้ถูกต้องที่สุด

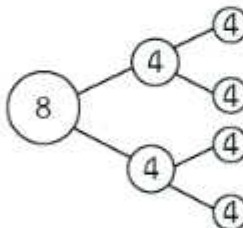
ก.



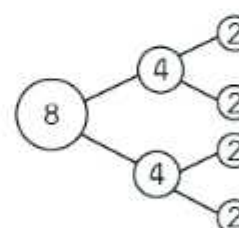
ข.



ค.



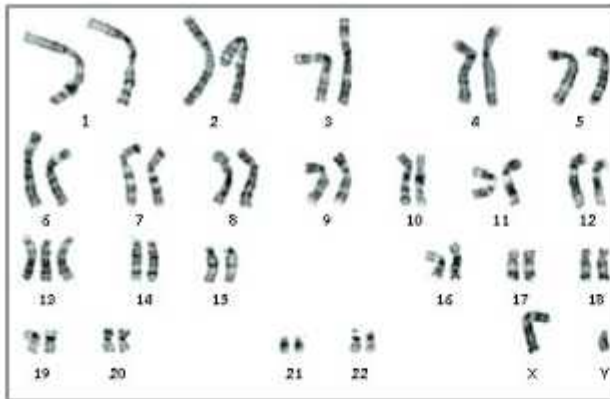
ง.



7. สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีโครโมโซมในเซลล์ร่างกายจำนวน 44 แห่ง จำนวนโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์และในไซโกตของสิ่งมีชีวิตชนิดนี้เป็นเท่าไร

	จำนวนโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์	จำนวนโครโมโซมในไซโกต
ก.	44 แห่ง	22 แห่ง
ข.	44 แห่ง	44 แห่ง
ค.	22 แห่ง	22 แห่ง
ง.	22 แห่ง	44 แห่ง

8. จากภาพโครโมโซมของเซลล์ร่างกายของมนุษย์ ผู้ที่มีโครโมโซมดังภาพ จะมีลักษณะและเพศดังข้อใด



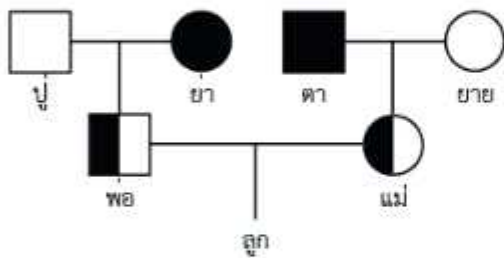
- ก. ปกติ เพศชาย
- ข. ปกติ เพศหญิง
- ค. ผิดปกติ เพศชาย
- ง. ผิดปกติ เพศหญิง

ที่มา : ศูนย์วิเคราะห์โครโมโซม ภาควิชาวิทยาศาสตร์
ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

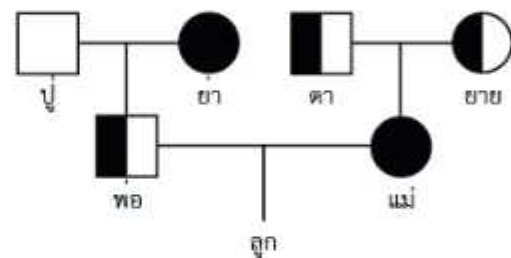
9. คู่แต่งงานใดมีความเสี่ยงที่ลูกจะเป็นโรคธาลัสซีเมียมากที่สุด

กำหนดให้สัญลักษณ์ แทนคนปกติ แทนคนที่เป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมีย
 แทนคนที่ป่วยเป็นโรคธาลัสซีเมีย

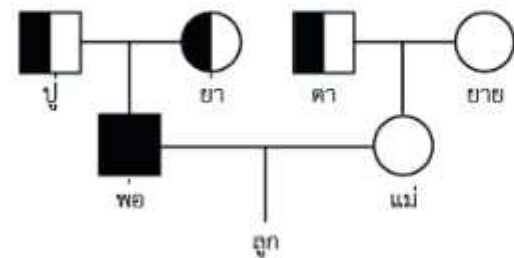
ก.



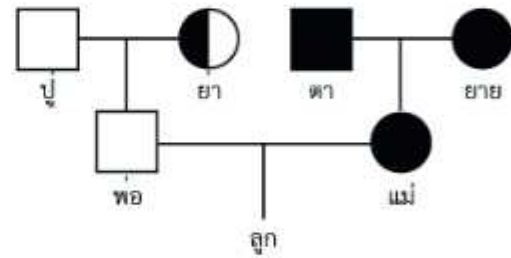
ข.



ค.



ง.



10. อ่านสถานการณ์ต่อไปนี้

ข้าวโพดตัดแปรพันธุกรรมสามารถผลิตสารที่เป็นพิษต่อหนอนเจาะฝักข้าวโพดซึ่งเป็นแมลงที่เป็นศัตรูของข้าวโพด แต่เมื่อเรณูของข้าวโพดตัดแปรพันธุกรรมปลิวไปตกอยู่ที่ใบของต้นรักจะทำให้หนอนผีเสื้อจักรพรรดิที่กินใบรักเป็นอาหารเจริญเติบโตช้า และมีอัตราการตายที่สูงขึ้น

จากสถานการณ์ดังกล่าว ควรวางแผนอย่างไรเพื่อรับมือกับผลกระทบที่อาจมีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

1. ปลุกข้าวโพดตัดแปรพันธุกรรมร่วมกับต้นรักเพื่อกำจัดหนอนผีเสื้อจักรพรรดิ
2. ปลุกข้าวโพดตัดแปรพันธุกรรมบนพื้นที่ห่างไกลจากต้นรัก
3. ปลุกต้นไม้ใหญ่เป็นแนวกันลมระหว่างแปลงข้าวโพดตัดแปรพันธุกรรมกับต้นรัก

ก. ข้อที่ 1 เท่านั้น

ข. ข้อที่ 2 เท่านั้น

ค. ข้อ 1 และ 2

ง. ข้อที่ 2 และ 3



โครงการจัดทำสื่อ ๒๕ พรรษา
เฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

