

เนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน

16.1 การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	2	ชั่วโมง
16.2 ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก	1	ชั่วโมง
16.3 กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ	2	ชั่วโมง
16.4 การผสมเพื่อทดสอบ	1	ชั่วโมง
16.5 ลักษณะทางพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล	8	ชั่วโมง
รวม	14	ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองของเมนเดล
2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกฎแห่งการแยก และกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ
3. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และนำกฎของเมนเดลไปใช้ในการทำนายอัตราส่วนทางจีโนไทป์ และฟีโนไทป์ในรุ่น F_1 และ F_2 จากการผสมพันธุ์ที่พิจารณาหนึ่งลักษณะ และพิจารณาสองลักษณะ
4. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายความสำคัญของการผสมพันธุ์เพื่อทดสอบ
5. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล
6. วิเคราะห์ และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมที่แปรผันต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง
7. ดำเนินการตรวจสอบ อภิปราย อธิบาย และนำความรู้ไปใช้ในการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะได้
8. นำความรู้เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปใช้ในชีวิตประจำวัน

สาระสำคัญ

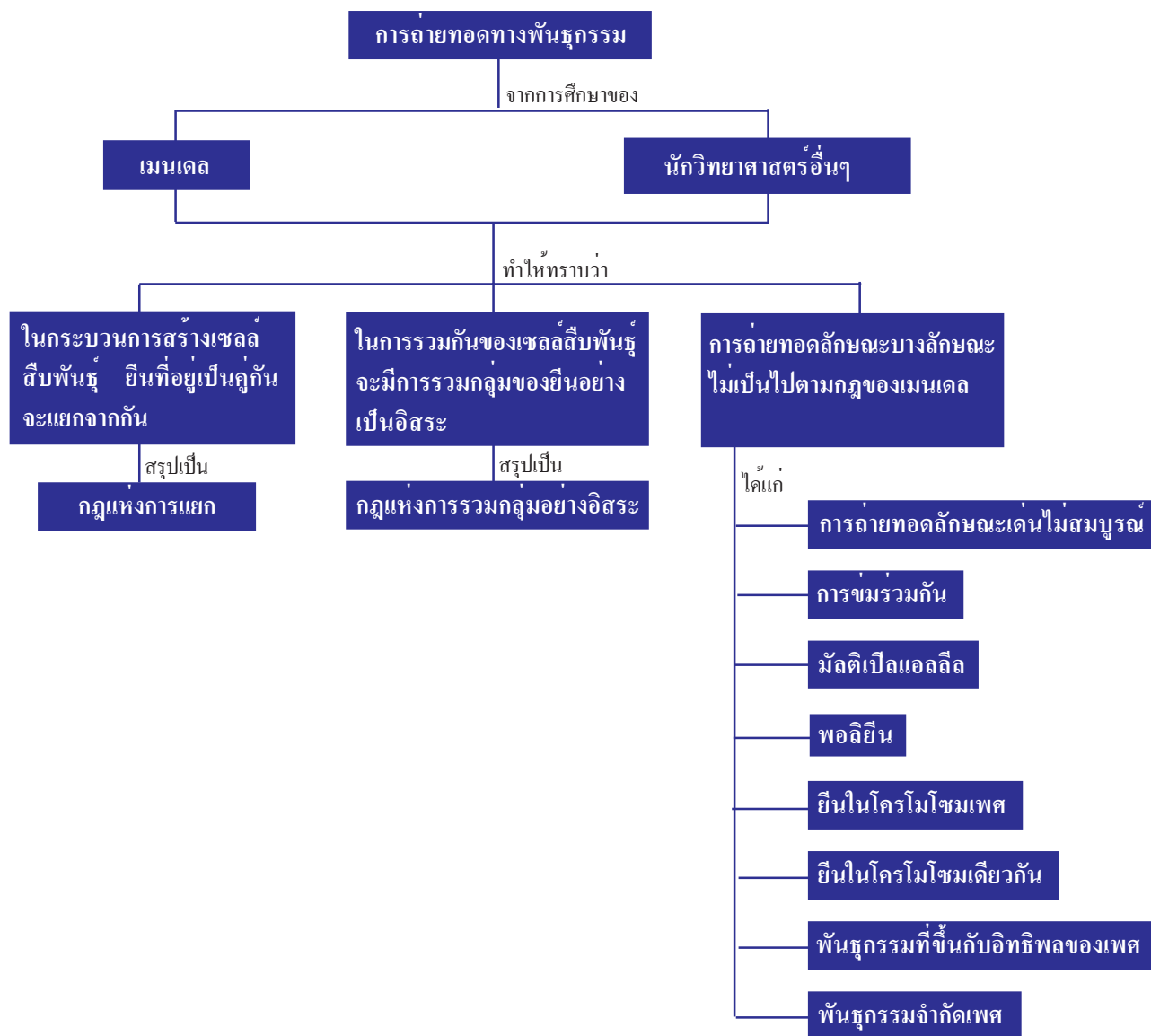
เมนเดลศึกษาการผสมพันธุ์ถั่วลิสงเตา ทำให้พบหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและต่อมาได้มีการสรุปเป็นกฎแห่งการแยก และกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ

ยีนเป็นหน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมมีทั้งยีนเด่นและยีนด้อย แต่ละลักษณะจะมียีนควบคุมเป็นคู่ ยีนที่เหมือนกันเข้าคู่กัน เรียกว่าโฮโมไซกัสยีน ส่วนยีนที่ต่างกันเข้าคู่กัน เรียกว่าเฮเทอโรไซกัสยีน จีโนไทป์ที่เป็นลักษณะเด่นสามารถตรวจสอบได้ว่ามีสภาพโฮโมไซกัส หรือเฮเทอโรไซกัส โดยการผสมเพื่อทดสอบ

กฎของเมนเดลสามารถอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศได้อย่างกว้างขวาง แต่การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล เช่น การถ่ายทอดลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ การข้ามร่วมกัน มัลติเปิลแอลลีล และมัลติเปิลยีน และการแปรผันทางพันธุกรรม ยีนในโครโมโซมเพศ ยีนในโครโมโซมเดียวกัน พันธุกรรมที่ขึ้นกับอิทธิพลของเพศ พันธุกรรมจำกัดเพศ

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ผังมโนทัศน์
บทที่ 16 การถ่ายทอดทางพันธุกรรม



ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนศึกษาภาพนำบท และให้นักเรียนตั้งคำถามที่นักเรียนอยากทราบ คำถามอาจเป็นดังนี้

ลักษณะความเป็นกางเขนถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูกได้อย่างไร

กระบวนการถ่ายทอดลักษณะเป็นอย่างไร

สารใดเป็นสารที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ครูชี้แจงว่านักเรียนจะทราบว่าความคิดของนักเรียนถูกต้องหรือไม่ ให้สืบค้นในหัวข้อต่อไป

16.1 การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายการทดลองและผลการทดลองของเมนเดล
2. อธิบายความหมายและยกตัวอย่างของคำต่อไปนี้ ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย ยีนเด่น ยีนด้อย แอลลีล ฟิโนไทป์ จีโนไทป์ สอมอไซกัสยีน เฮเทอโรไซกัสยีน สอมอไซกัสโดมิแนนท์ และ สอมอไซกัสรีเซสซีฟ

แนวการจัดการเรียนรู้

การนำเข้าสู่บทเรียนในหัวข้อนี้ ครูอาจทบทวนลักษณะของสิ่งมีชีวิตจากที่ได้เรียนมาแล้วในหนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 1 ว่าลักษณะที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต คือ สามารถสืบพันธุ์เพื่อดำรงเผ่าพันธุ์ไว้โดยการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง จากนั้นให้นักเรียนยกตัวอย่างลักษณะของนักเรียนว่ามีลักษณะใดที่คล้ายพ่อหรือแม่ หรือครูอาจใช้ภาพสัตว์ที่ลูกมีลักษณะเหมือนพ่อและแม่ ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อแสดงให้เห็นว่าลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตสามารถถ่ายทอดได้

จากนั้นครูตั้งคำถาม เพื่อนำไปสู่การสืบค้นและการอภิปรายว่า **เมนเดลมีวิธีการอย่างไร จึงทำให้เขาค้นพบหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม**

จากการสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญที่ทำให้เมนเดลค้นพบหลักการถ่ายทอดทางพันธุกรรม ได้ดังนี้

1. การเลือกพืชที่มีความเหมาะสมมาใช้ในการทดลองผสมพันธุ์ ก็คือ ถั่วลันเตา
2. การเลือกลักษณะของถั่วลันเตาที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนมาผสมกัน โดยเลือกมา 7 ลักษณะ เช่น ลักษณะความสูงของต้นถั่ว มีถั่วต้นสูงและต้นเตี้ย
3. การเลือกวิธีการผสมพันธุ์ โดยพิจารณาลักษณะของต้นพ่อและต้นแม่ที่เป็นพันธุ์แท้ให้ผสมกันทีละลักษณะ เพื่อจะได้วิเคราะห์ผลการทดลองได้ง่าย
4. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้หลักคณิตศาสตร์

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวการตอบดังนี้

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

- นักเรียนคิดว่ามีเหตุผลอะไรบ้างที่ทำให้เมนเดลเลือกถั่วลันเตาเป็นพืชทดลอง
- ✎ ถั่วลันเตามีลักษณะเหมาะสมที่จะเป็นพืชทดลอง ดังนี้
 - เป็นพืชฤดูเดียว อายุสั้น ปรากฏผลการทดลองได้ในระยะเวลาไม่นาน
 - ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว ทำให้ผลการทดลองประสบความสำเร็จ ไม่ต้องทำการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง
 - มีหลายลักษณะในพันธุ์เดียวกัน แต่ละลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจน
 - เป็นดอกสมบูรณ์เพศ ผสมในดอกเดียวกัน กลีบดอกปกปิดมิดชิด จึงควบคุมการปฏิสนธิข้าม (cross fertilization) ได้ง่าย

ครูอาจให้นักเรียนตั้งคำถามที่นักเรียนอยากทราบเกี่ยวกับลักษณะของถั่วลันเตา และวิธีการทดลองของเมนเดล คำถามอาจเป็นดังนี้

เมนเดลเลือกลักษณะของถั่วลันเตาอย่างไรมาผสมกัน เพราะเหตุใด

ลักษณะของถั่วลันเตาที่เมนเดลเลือกมามีอะไรบ้าง

เมนเดลมีวิธีการผสมถั่วลันเตาอย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากหนังสือเรียน ร่วมกันอภิปราย และตอบคำถามได้ว่าเมนเดลเลือกถั่วลันเตาที่มีลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจนมาผสมพันธุ์ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ผลที่ปรากฏในรุ่นลูกหลาน ลักษณะที่เมนเดลเลือกมี 7 ลักษณะ ได้แก่ ความสูงของต้น รูปร่างของฝัก รูปร่างของเมล็ด สีของเมล็ด ตำแหน่งของดอก สีของดอก สีของฝัก โดยผสมในดอกเดียวกันหลายๆ ชั่วรุ่นจนได้พันธุ์แท้ นำลักษณะพันธุ์แท้ของพ่อและแม่ผสมกันทีละลักษณะ แล้วสังเกตลักษณะที่ปรากฏในรุ่นลูกเปรียบเทียบกับลักษณะในรุ่นพ่อแม่

ครูให้นักเรียนสืบค้น การผสมถั่วลันเตาจากภาพที่ 16-3 แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ในประเด็น ดังนี้
รุ่น F_1 ที่เกิดจากพ่อฝักสีเขียวและแม่ฝักสีเหลืองจะมีฝักสีอะไร ถ้าสลับลักษณะของต้นพ่อและต้นแม่ ลักษณะของรุ่น F_1 จะเป็นอย่างไร

เหตุใดลักษณะฝักสีเหลืองจึงไม่ปรากฏในรุ่น F_1

ถ้าลักษณะของพ่อและแม่ไม่เป็นพันธุ์แท้ ลักษณะสีฝักของรุ่นลูกจะเป็นดังภาพนี้หรือไม่

จากการสืบค้นและการวิเคราะห์ นักเรียนควรสรุปได้ว่า รุ่น F_1 มีฝักสีเขียว แม้ว่าจะสลับลักษณะของต้นพ่อและต้นแม่ก็ตาม ลักษณะฝักสีเหลืองจะไม่ปรากฏในรุ่น F_1 เป็นเพราะว่าลักษณะฝักสีเหลืองเป็นลักษณะด้อย แต่ด้อยลักษณะฝักสีเขียวของพ่อหรือแม่ไม่เป็นพันธุ์แท้ ลูกจะมีทั้งลักษณะฝักสีเขียวและฝักสีเหลือง

จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาผลงานและข้อมูลส่วนหนึ่งที่ได้จากการทดลองของเมนเดลตามตารางที่ 16.1 ร่วมกันอภิปราย จากนั้นตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบ ดังนี้

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก
การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

- ลักษณะฝักสีเหลืองในรุ่น F_1 หายไปจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ✎ ในรุ่น F_1 แสดงลักษณะฝักสีเขียว ส่วนลักษณะฝักสีเหลืองจะไม่แสดงออก ดังนั้นแฟกเตอร์ที่ควบคุมฝักสีเขียวจะข่มแฟกเตอร์ที่ควบคุมฝักสีเหลือง ลักษณะฝักสีเหลืองที่แฝงอยู่ในรุ่น F_1 ก็จะปรากฏในรุ่น F_2
- ลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F_2 แตกต่างจากลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F_1 อย่างไร
- ✎ ลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F_1 จะปรากฏลักษณะของรุ่นพ่อแม่เพียงลักษณะเดียว เช่น พ่อแม่ลักษณะต้นสูงผสมกับลักษณะต้นเตี้ย ในรุ่น F_1 จะปรากฏลักษณะต้นสูงเพียงลักษณะเดียว แต่ในรุ่น F_2 จะปรากฏลักษณะทั้งต้นสูงและต้นเตี้ย
- จากข้อมูลในตาราง นักเรียนจะสรุปการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของแต่ละลักษณะได้อย่างไร
- ✎ จากข้อมูลในตารางสรุปได้ว่า ลักษณะในรุ่นพ่อแม่จะถ่ายทอดไปยังรุ่น F_1 และ F_2 ลักษณะที่ถ่ายทอดไปยังรุ่น F_1 แต่จะแสดงออกเฉพาะลักษณะของพ่อหรือแม่ ส่วนลักษณะที่ถ่ายทอดไปยังรุ่น F_2 จะแสดงออกทั้งลักษณะของพ่อและแม่ แต่มีอัตราส่วนไม่เท่ากัน คือ ประมาณ 3 : 1

จากนั้นครูตั้งคำถามและใช้คำถามในหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนสืบค้นและนำไปสู่การอภิปราย ดังนี้

คำว่าแฟกเตอร์ของเมนเดล ปัจจุบันคืออะไร

- จากตารางที่ 16.1 นักเรียนบอกได้หรือไม่ว่า ลักษณะใดของถั่วลิ้นเต่าเป็นลักษณะเด่น และลักษณะใดเป็นลักษณะด้อย

จากการสืบค้นและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่า แฟกเตอร์จากการศึกษาของเมนเดล ปัจจุบันเปลี่ยนมาใช้คำว่ายีน และจากการผสมพันธุ์ถั่วลิ้นเต่าพันธุ์แท้ ลักษณะฝักสีเขียวกับฝักสีเหลือง รุ่น F_1 จะมีฝักสีเขียวซึ่งมีแฟกเตอร์ควบคุมลักษณะ ฝักสีเขียวปรากฏออกมาเพียงอย่างเดียว ลักษณะที่ปรากฏออกมาจึงเป็นลักษณะเด่น ได้แก่ ลักษณะต้นสูงฝักอวบ เมล็ดกลม เมล็ดสีเหลือง ดอกที่ชอกใบ ดอกสีม่วง และฝักสีเขียว และลักษณะที่ไม่ปรากฏในรุ่น F_1 แต่ปรากฏออกมาในรุ่น F_2 เรียกว่าลักษณะด้อย ได้แก่ ต้นเตี้ย ฝักแฟบ เมล็ดขรุขระ เมล็ดสีเขียว ดอกที่ยอด ดอกสีขาว และฝักสีเหลือง

ครูควรชี้แนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในทางพันธุศาสตร์ โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสามารถสรุปความหมายของคำว่า ยีนเด่น ยีนด้อย แอลลีล จีโนไทป์และฟีโนไทป์ สอมอไซกัสยีน ได้แก่ สอมอไซกัสโดมิแนนท์ เช่น GG สอมอไซกัสรีเซสซีฟ เช่น gg และเฮเทอโรไซกัสยีน เช่น Gg โดยครูอาจยกตัวอย่างลักษณะของถั่วลิ้นเต่า 7 ลักษณะ หรือตัวอย่างของสัตว์หรือคนประกอบ เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับคำต่างๆ เหล่านี้ได้

16.2 ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือทางพันธุศาสตร์ของเมนเดลและใช้เป็นอุปกรณ์ปฏิบัติการกฎแห่งการแยก

2. นำกฎแห่งการแยกไปใช้ทำนายอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์รุ่น F_1 และ รุ่น F_2

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูอาจให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรมนอกเวลาเรียน โดยเลือกทำเพียง 1 กิจกรรม ได้แก่ โยนเหรียญ 1 อัน โยนเหรียญ 2 อันพร้อมกัน และทอดลูกเต๋าซึ่งอาจทำได้จากการตัดยางลบดินสอให้เหมือนกับลูกเต๋า เขียนหมายเลข 1-6 กำกับไว้ทั้ง 6 ด้าน ทดลองประมาณ 100 ครั้ง โดยบันทึกผลการทดลองแต่ละครั้ง สังเกตและนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้น นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองโดยอาศัยกฎของความน่าจะเป็นได้ว่า เมื่อมีการทดลองโดยสุ่มจะมีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งจะเท่ากับหนึ่งส่วนของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ดังนั้นเมื่อโยนเหรียญ 1 อัน จะมีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น 2 แบบ คือ ออกหัวและออกก้อย ดังนั้น ความน่าจะเป็นของการออกหัวจึงเท่ากับ $1/2$ และความน่าจะเป็นของการออกก้อยจึงเท่ากับ $1/2$ เช่นเดียวกับการทอดลูกเต๋า 1 ครั้ง จะมีเหตุการณ์ ได้แก่ ออกแต้มเป็น 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ดังนั้นความน่าจะเป็นของการออกแต้ม 1 จึงเท่ากับ $1/6$ เป็นต้น

กรณีการโยนเหรียญ 2 อันพร้อมกัน โอกาสของการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ พร้อมกัน จะเท่ากับผลคูณของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นแต่ละเหตุการณ์ เช่น เหรียญแต่ละอันมีโอกาสของการออกหัวเท่ากับ $1/2$ และโอกาสของการออกก้อยเท่ากับ $1/2$ ดังนั้นโอกาสของการออกหัวพร้อมกันจึงมีค่าเท่ากับ $1/2 \times 1/2 = 1/4$ โอกาสของการออกก้อยพร้อมกันจะเท่ากับ $1/2 \times 1/2 = 1/4$ และโอกาสของการออกหัวและก้อย และออกหัวและออกก้อย จะเท่ากับ $2/4$

ส่วนกรณีเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ไม่สามารถเกิดขึ้นพร้อมกันได้ โอกาสของการเกิดเหตุการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งจะเท่ากับผลบวกของโอกาสที่จะเกิดแต่ละเหตุการณ์ เช่น การโยนลูกเต๋า 1 ครั้ง มีโอกาสของการออกแต้ม 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 อย่างละ $1/6$ ดังนั้นโอกาสของการโยนลูกเต๋า 1 ครั้ง แล้วออกแต้มเป็นเลขคู่ มีค่าเท่ากับ $1/6 + 1/6 + 1/6 = 3/6$ หรือ $1/2$ ซึ่งได้จากผลบวกของโอกาสที่จะเกิดแต้มเป็น 2, 4 และ 6

ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมว่า ในการผสมพันธุ์โดยพิจารณาหนึ่งลักษณะ เหตุใดอัตราส่วนของรุ่น F_2 จึงมีลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อยเท่ากับ $3 : 1$ เพื่อกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสนใจ และอภิปรายประเด็นที่ว่า อัตราส่วน $3:1$ เกิดได้อย่างไร จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 16-5 การโยนเหรียญ 2 เหรียญพร้อมกัน แล้วร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า โอกาสที่จะเป็นไปได้มี 3 แบบ คือ ออกหัว 2 เหรียญ ออกหัวและออกก้อย และออกก้อยทั้ง 2 เหรียญ ในอัตราส่วน $1 : 2 : 1$

ครูให้นักเรียนสืบค้นการผสมถั่วลิสงแล้วฝักสีเขียวกับฝักสีเหลืองจากภาพที่ 16-6 เพื่อเชื่อมโยงกฎของความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยกของเมนเดล นักเรียนควรสรุปได้ว่า ถั่วลิสงฝักสีเขียวมีจีโนไทป์ Gg โดยยีน G และ g จะแยกออกจากกันเมื่อมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โอกาสที่ยีน G จะแยกจาก g ไปสู่เซลล์ไข่จะมีโอกาสเท่ากับที่ยีน G จะแยกจาก g เพื่อไปสู่สเปิร์มคือ $1/2$ เมื่อมีการปฏิสนธิโอกาสที่สเปิร์มจะรวมกับเซลล์ไข่ มีโอกาสเป็นไปได้อีก 3 แบบ คือ GG Gg และ gg ในอัตราส่วน $1:2:1$ และมีฟีโนไทป์ 2 แบบ คือ ลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อย อัตราส่วน $3:1$

จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายและตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้

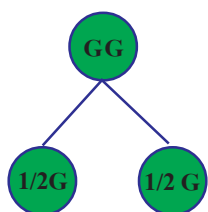
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

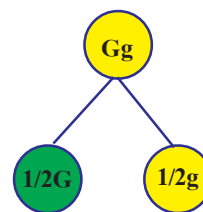
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

- ในรุ่น F_1 มีโอกาสสร้างสเปิร์มหรือเซลล์ไข่ที่ชนิด อะไรบ้าง
- ✎ รุ่น F_1 มีโอกาสสร้างสเปิร์ม 2 ชนิด คือ G และ g หรือสร้างเซลล์ไข่ 2 ชนิด คือ G และ g ซึ่งเป็นไปตามกฎแห่งการแยกของเมนเดล
- ในรุ่น F_2 มีจีโนไทป์และฟีโนไทป์ที่ชนิด อะไรบ้าง และมีอัตราส่วนเท่าใด
- ✎ รุ่น F_2 มีจีโนไทป์ 3 แบบ คือ GG Gg และ gg อัตราส่วน 1 : 2 : 1 และมีฟีโนไทป์ 2 แบบ คือ ลักษณะผักกาดเขียวและผักกาดเหลือง อัตราส่วน 3 : 1
- การเข้าคู่กันของยีนเป็นไปตามกฎการของความน่าจะเป็นอย่างไร
- ✎ ยีนของสเปิร์ม G มีโอกาสไปรวมกับยีนของเซลล์ไข่ G ในอัตราส่วนเท่ากับ 1/4
 ยีนของสเปิร์ม G มีโอกาสไปรวมกับยีนของเซลล์ไข่ g ในอัตราส่วนเท่ากับ 2/4
 ยีนของสเปิร์ม g มีโอกาสไปรวมกับยีนของเซลล์ไข่ g ในอัตราส่วนเท่ากับ 1/4

จากประเด็นการแยกคู่ของยีน ครูอาจชี้ให้นักเรียนเห็นว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของเมนเดล รุ่น F_2 จะมีฟีโนไทป์ 2 ลักษณะ อัตราส่วน 3 : 1 นั้น เมนเดลไม่ทราบมาก่อนว่ายีนที่เป็นคู่กันจะแยกออกจากกันในช่วงที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และช่วงที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เมนเดลนำคณิตศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองและจากกฎของความน่าจะเป็นนี้เอง จึงทำให้เมนเดลค้นพบกฎแห่งการแยก เนื่องจากการแยกของยีนซึ่งอยู่ด้วยกันเป็นคู่ๆ นั้น ยีนที่เข้าคู่กันเมื่อแยกออกจากกันไปยังเซลล์สืบพันธุ์ จึงมีโอกาสปรากฏในเซลล์สืบพันธุ์ได้เท่าๆ กัน กรณีที่ยีนอยู่ในสภาพโฮโมไซกัส (ภาพ ก) เซลล์สืบพันธุ์ทั้งหมดจึงมีแบบเดียว แต่ถ้ายีนนั้นอยู่ในสภาพเฮเทอโรไซกัส (ภาพ ข) เซลล์สืบพันธุ์นั้นจึงมียีน 2 แบบ แต่ละแบบคิดเป็น 1/2

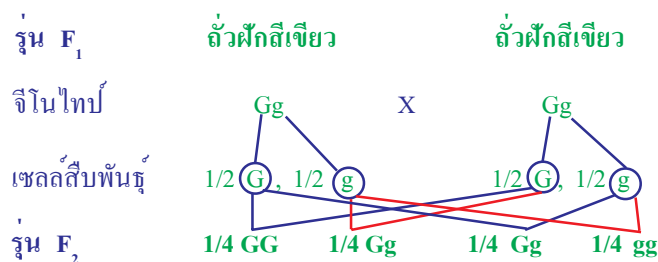


ก.



ข.

ถ้าจีโนไทป์ของรุ่นพ่อแม่อยู่ในสภาพเฮเทอโรไซกัส เช่น การผสมถั่วผักกาดเขียวในรุ่น F_1 และเซลล์สืบพันธุ์รวมกันโดยสุ่ม ทำให้รุ่นลูกที่ได้มีจีโนไทป์ต่างกันเป็น 3 แบบ คือ GG Gg และ gg ดังนี้



ดังนั้นอัตราส่วนของจีโนไทป์ GG:Gg:gg เท่ากับ 1:2:1

ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 16.1 แก่โจทย์ปัญหาโดยการนำกฎแห่งการแยกไปใช้ทำนายอัตรา
 ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูกผสมแล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน ร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปที่ถูกต้อง

กิจกรรมที่ 16.1 การแก้โจทย์ปัญหา

จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

- เขียนจีโนไทป์และฟีโนไทป์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
- หาอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่น F_1 และ F_2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

ในหัวข้อนี้มีแนวในการทำกิจกรรมดังนี้

- จงเติมจีโนไทป์ของเซลล์ร่างกาย สภาพของจีโนไทป์ แบบของยีนในเซลล์สืบพันธุ์และโอกาสของการเกิดเซลล์สืบพันธุ์แต่ละแบบ ลงในตารางต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

จีโนไทป์ของเซลล์ร่างกาย	สภาพของจีโนไทป์	แบบของยีนในเซลล์สืบพันธุ์และโอกาสของการเกิด
WW	หอมอไชกัศ	W
Ww	เสเทอโรไชกัศ	$1/2W, 1/2w$
Tt	เสเทอโรไชกัศ	$1/2T, 1/2t$
aa	หอมอไชกัศ	a

- ถั่วลันเตาลักษณะเมล็ดสีเหลืองเป็นลักษณะเด่นต่อลักษณะเมล็ดสีเขียว ในการผสมตัวเองของต้นที่มีลักษณะเมล็ดสีเหลืองที่เป็นเสเทอโรไชกัศทั้งคู่ จงหาร้อยละของลูกที่ให้เมล็ดสีเขียว

ลูกที่ให้เมล็ดสีเขียว คิดเป็นร้อยละ 25 ดังนี้

กำหนดให้ Y แทนยีนควบคุมเมล็ดสีเหลือง และ y แทนยีนควบคุมเมล็ดสีเขียว

รุ่น P

จีโนไทป์

เซลล์สืบพันธุ์

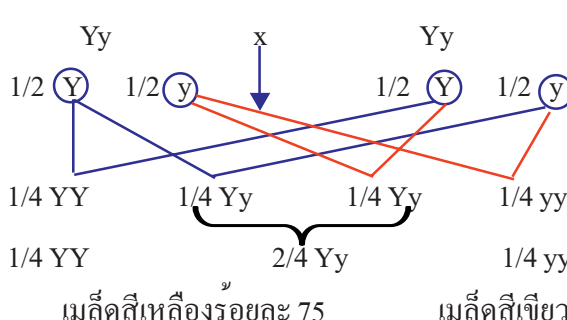
รุ่น F_1

จีโนไทป์

ฟีโนไทป์

เมล็ดสีเหลือง

เมล็ดสีเหลือง



เมล็ดสีเหลืองร้อยละ 75

เมล็ดสีเขียวร้อยละ 25

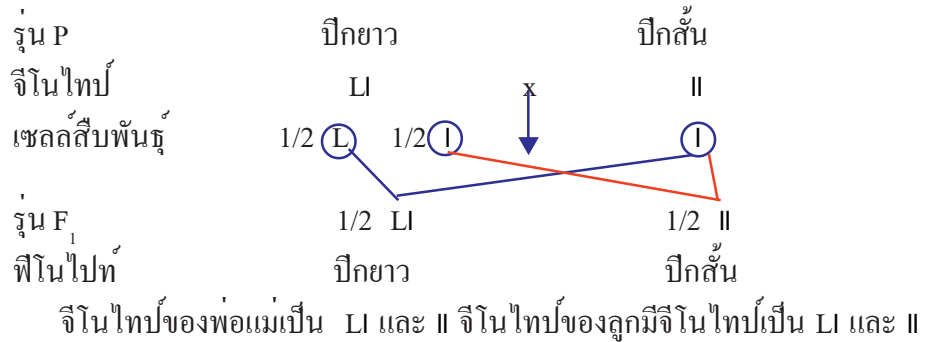
- ในแมลงหวี่ กำหนดให้ L เป็นยีนควบคุมลักษณะปีกยาวและ l เป็นยีนควบคุมลักษณะปีกสั้น เมื่อผสมแมลงหวี่ปีกยาวและปีกสั้นจะได้ลูกที่มีปีกยาวและลูกที่มีปีกสั้น ในอัตราส่วน 1 : 1 จงหาจีโนไทป์ของพ่อแม่และลูก

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

- ✎ เมื่อได้ลูกลักษณะปีกขาวต่อปีกสั้น อัตราส่วน 1:1 ดังนั้นแมลงหวี่ปีกขาวในรุ่น P จะเป็นเฮเทอโรไซกัส มีจีโนไทป์ Ll เมื่อผสมกับแมลงหวี่ปีกสั้น จะเป็นดังนี้



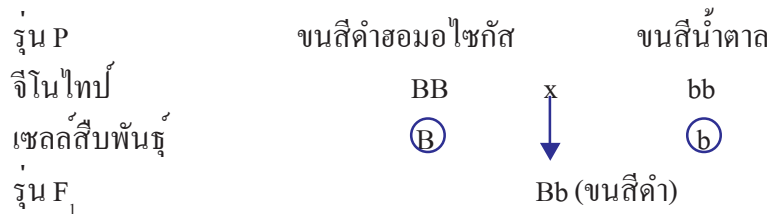
4. เมื่อนำกระต่ายขนสีดำที่เป็นฮอมอไซกัสผสมกับกระต่ายขนสีน้ำตาล ปรากฏว่าลูกที่เกิดมีขนสีดำทั้งหมด (สมมติให้ B และ b แทนแอลลีลคู่หนึ่งที่ควบคุมลักษณะสีขน)

4.1 ข้อมูลนี้บอกอะไรแก่เราบ้าง

- ✎ ข้อมูลนี้บอกให้ทราบว่าขนสีดำเป็นลักษณะเด่น ขนสีน้ำตาลเป็นลักษณะด้อย เพราะลูกที่เกิดมามีขนสีดำ

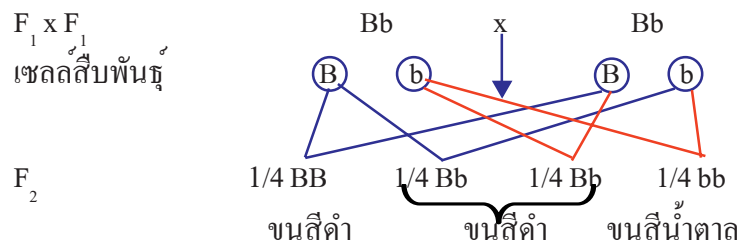
4.2 จีโนไทป์ของรุ่น F₁ มีสภาพเป็นฮอมอไซกัสหรือเฮเทอโรไซกัส

- ✎ เฮเทอโรไซกัส ดังแผนภาพ



4.3 ถ้านำรุ่น F₁ ผสมตัวเอง รุ่น F₂ จะมีจีโนไทป์ได้กี่แบบ อะไรบ้าง และมีอัตราส่วนเท่าใด

- ✎ ลูก F₂ มีจีโนไทป์ 3 แบบ คือ BB Bb และ bb ในอัตราส่วน 1:2:1 ดังนี้

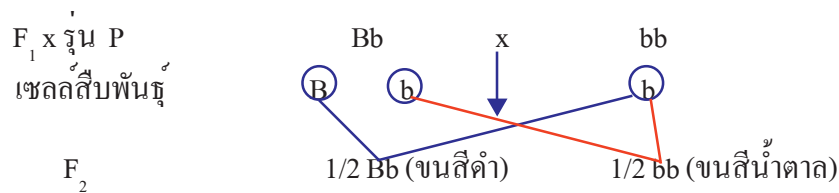


4.4 ถ้านำรุ่น F₁ ผสมกับรุ่นพ่อแม่ที่มีขนสีน้ำตาล ลูกที่ได้จะมีขนสีอะไรบ้าง ในอัตราส่วนเท่าใด

- ✎ ลูกจะมีขนสีดำและขนสีน้ำตาลในอัตราส่วน 1:1 ดังแผนภาพ

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



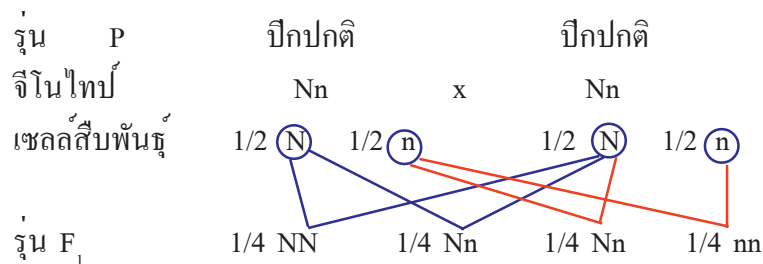
5. ถ้า N แทนยีนที่ควบคุมลักษณะปีกปกติของแมลงหวี่ และ n แทนยีนควบคุมลักษณะปีกสั้น ในการผสมพันธุ์แมลงหวี่ที่มีปีกปกติคู่หนึ่ง ปรากฏว่ารุ่นลูกจำนวน 123 ตัว มีปีกปกติ 88 ตัว และมีปีกสั้น 35 ตัว

5.1 ข้อมูลนี้บอกอะไรแก่เราบ้าง

✎ เนื่องจากแมลงหวี่รุ่นลูกมีลักษณะปีกปกติ 88 ตัว และปีกสั้น 35 ตัว คิดเป็นอัตราส่วน จะได้ประมาณ 3:1 ดังนั้นปีกปกติจะเป็นลักษณะเด่น และปีกสั้นเป็นลักษณะด้อย

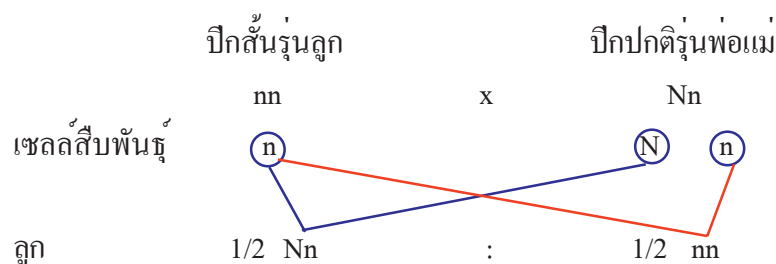
5.2 จงเขียนจีโนไทป์ของแมลงหวี่ในรุ่นพ่อแม่

✎ จีโนไทป์ของแมลงหวี่ในรุ่นพ่อแม่มีจีโนไทป์เป็น Nn ดังแผนภาพ



- 5.3 เมื่อนำแมลงหวี่ปีกสั้นในรุ่นลูก ผสมกับแมลงหวี่ปีกปกติในรุ่นพ่อแม่ จะได้ลูกมีลักษณะปีกเป็นอย่างไร คิดเป็นอัตราส่วนเท่าใด

✎ จะได้ลูกที่มีลักษณะปีกปกติ: ปีกสั้น ในอัตราส่วน 1:1 ดังแผนภาพ



16.3 กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นและอธิบายกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ
2. นำกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ มาทำนายอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์ในรุ่น F_1 และ F_2

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก
การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

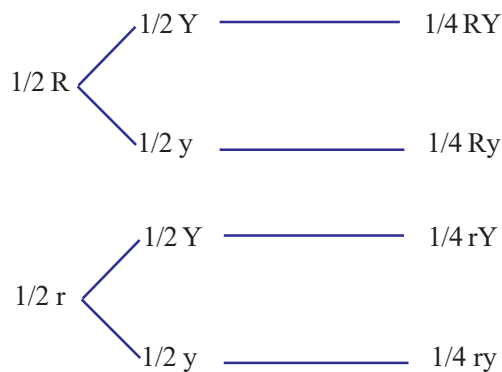
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

แนวการจัดการเรียนรู้

การนำเข้าสู่บทเรียนในหัวข้อนี้ ครูอาจทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการผสมพันธุ์พิจารณา ลักษณะเดียวเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่หัวข้อการผสมพันธุ์โดยพิจารณาสองลักษณะ ครูอาจตั้งคำถามว่าในการผสมพันธุ์ของพ่อแม่ที่มีลักษณะแตกต่างกัน 2 ลักษณะพร้อมกัน การแยกตัวของยีนไปยังเซลล์สืบพันธุ์จะเหมือนหรือแตกต่างจากการแยกตัวของยีนที่พิจารณาลักษณะเดียวอย่างไร เพื่อให้ นักเรียนสนใจอยากจะทำคำตอบ จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและศึกษาภาพที่ 16-7 การผสมพันธุ์ถั่วลันเตา ลักษณะเมล็ดกลม สีเหลืองพันธุ์แท้กับลักษณะเมล็ดขรุขระสีเขียว ร่วมกันอภิปราย แล้วตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวในการตอบดังนี้

- รุ่น F_1 มีโอกาสสร้างสเปิร์มหรือเซลล์ไข่ ซึ่งมีจีโนไทป์ได้กี่แบบ อะไรบ้าง และรูปแบบจีโนไทป์ที่เกิดขึ้นเป็นไปตามกฎแห่งการแยกหรือไม่
- ✎ รุ่น F_1 สร้างสเปิร์มหรือเซลล์ไข่มีจีโนไทป์ 4 ชนิด คือ RY Ry rY ry ยีนแต่ละคู่ของ RrYy จะแยกจากกันไปเลือกจับกับยีนใดยีนหนึ่งของยีนอีกคู่หนึ่งได้ ซึ่งเป็นไปตามกฎแห่งการแยก
- รุ่น F_2 มีจีโนไทป์และฟีโนไทป์กี่แบบ อะไรบ้าง และมีอัตราส่วนเท่าใด
- ✎ รุ่น F_2 มีจีโนไทป์ 9 ชนิด ได้แก่ RRYy RRYy RRYy RrYy RrYy RrYy rrYY rrYY rrYY rryy rryy rryy
- นักเรียนคิดว่าฟีโนไทป์ในรุ่น F_2 ที่มีลักษณะเหมือนพ่อและแม่มีอัตราส่วนเท่าใด
- ✎ รุ่น F_2 ที่มีฟีโนไทป์เหมือนพ่อเท่ากับ 9/16 และเหมือนแม่เท่ากับ 1/16

ครูอาจแสดงให้นักเรียนเข้าใจถึงการแยกของยีนที่ควบคุมลักษณะแต่ละคู่ว่า เมื่อแยกจากกันแล้วจะมีการเลือกจับกลุ่มอย่างอิสระกับยีนที่ควบคุมลักษณะอื่น ๆ เช่น เช่น R กับ r เมื่อแยกจากกันแล้วอาจเลือกจับกับ Y หรือ y ก็ได้ จึงทำให้โอกาสที่จะเกิดเซลล์สืบพันธุ์เป็นดังนี้



เมื่อนักเรียนเข้าใจการแยกของยีนและยีนเลือกจับกลุ่มอย่างอิสระดีแล้ว ครูอาจให้ตัวอย่างเพิ่มเติม แล้วให้หาโอกาสของการเกิดเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งมีจีโนไทป์ เช่น AaBb AaBBcc aaBbCcDd เป็นต้น

จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่า ในรุ่น F_2 มีฟีโนไทป์อัตราส่วน 9:3:3:1 เกิดขึ้นได้อย่างไร ถ้านักเรียนเข้าใจดีก็ให้แสดงวิธีคิดและนำเสนอหน้าชั้น หรือครูชี้แนะเพิ่มเติมเพื่อนักเรียนเข้าใจวิธีคิดได้ว่า เมื่อนำแต่ละลักษณะคือ ลักษณะรูปร่างของเมล็ด และลักษณะสีของเมล็ดมาแยกศึกษาจะได้อัตราส่วนเป็นเท่าใด เมื่อนำอัตราส่วนของฟีโนไทป์ที่ได้จากทั้งสองลักษณะมาคูณกันจะได้อัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็น 9:3:3:1 หรือไม่ ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า อัตราส่วนของลักษณะเมล็ดกลมกับเมล็ดขรุขระเท่ากับ 3:1 และอัตราส่วนของลักษณะเมล็ดสีเหลืองกับเมล็ดสีเขียวเท่ากับ 3:1 เมื่อนำอัตราส่วนของสองลักษณะมาคูณกันจะได้รุ่น F_2 มีฟีโนไทป์ 4 ลักษณะ อัตราส่วนเป็น 9:3:3:1 ซึ่งเป็นไปตามกฎผลคูณของความน่าจะเป็น ดังที่นักเรียนจะได้ศึกษาในกรอบรู้หรือเปล่าของหนังสือเรียนหน้า 13

ครูนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงให้นักเรียนเห็นว่า การแยกคู่ของยีนทั้ง 2 คู่ไปยังเซลล์สืบพันธุ์ และรวมกันอย่างไรอิสระ ทำให้ค้นพบกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปใจความของกฎการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอีกครั้งหนึ่ง เพื่อชี้ให้เห็นความสำคัญว่า ยีนทั้ง 2 คู่มีความเป็นอิสระที่จะเข้าไปรวมกันในเซลล์สืบพันธุ์ แสดงว่ายีนทั้ง 2 คู่อยู่บนโครโมโซมต่างคู่กัน จึงสามารถทำนายอัตราส่วนของเซลล์สืบพันธุ์ที่มีกลุ่มยีนต่างๆ ได้

ส่วนคำถามในหนังสือเรียนมีแนวในการตอบ ดังนี้

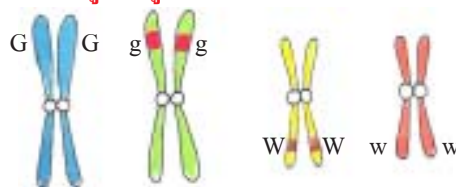
- นักเรียนทราบหรือไม่ว่า โอกาสที่ R จะรวมกับ Y จะเท่ากับโอกาสที่ R จะรวมกับ y และโอกาสที่ r จะรวมกับ Y จะเท่ากับโอกาสที่ r จะผสมกับ y หรือไม่ อย่างไร
- ✎ เท่ากัน คือ ร้อยละ 25
- นักเรียนได้ข้อคิดอะไรบ้างจากการที่ได้ศึกษาวิธีการทดลองและการทำงานของเมนเดล
- ✎ ทำให้เข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การวางแผนการทดลองที่ต้องละเอียดรอบคอบ การออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้หลักคณิตศาสตร์ มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และมีความอดทน เป็นต้น

เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงกฎของเมนเดลกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้ กฎของเมนเดลทั้ง 2 ข้อมีความสอดคล้องกับกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสที่นักเรียนได้เคยเรียนมาแล้วอย่างไร ครูอาจใช้ภาพการเข้าคู่กันของโครโมโซมขณะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จากแผ่นภาพโปร่งใสประกอบการอภิปราย ดังภาพ

**ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก**

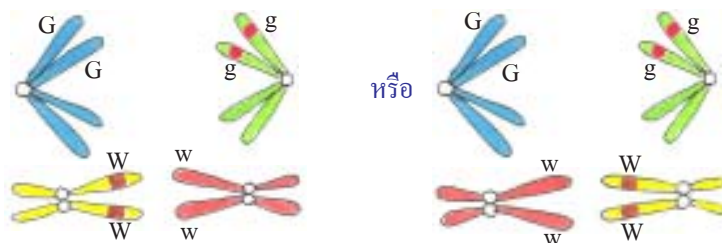
ระยะโพรเฟส I

ซอมอโลกัสโครโมโซมมาเข้าคู่กัน
ขึ้นที่เป็นคู่กันจะอยู่บนซอมอโลกัส
โครโมโซมในตำแหน่งเดียวกัน



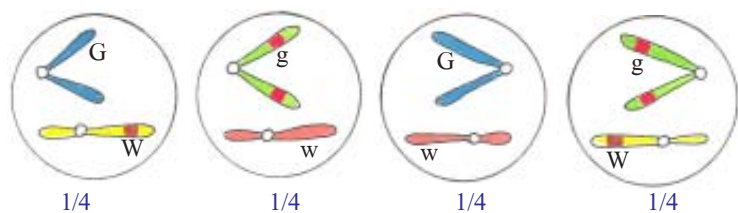
ระยะแอนาเฟส I

โครโมโซมที่เป็นคู่กันจะแยกออกจากกัน และเป็นอิสระที่จะแยกไปโครโมโซมต่างคู่กัน ทำให้ขึ้นที่เป็นแอลลีลกันแยกจากกันอย่างอิสระเช่นเดียวกัน



ระยะแอนาเฟส II

โครมาติด (โครโมโซม) จะแยกออกจากกันไปสู่เซลล์สืบพันธุ์อย่างอิสระ ขึ้นที่อยู่บนโครโมโซมก็จะแยกไปสู่เซลล์สืบพันธุ์เช่นเดียวกัน



โอกาสที่จะเกิดเซลล์สืบพันธุ์ที่เกิดจากการรวมกลุ่มกันของโครโมโซมต่างคู่กัน

จากการอภิปรายนักเรียนควรตอบได้ว่ากฎแห่งการแยก และกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ มีความสอดคล้องกับกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสคือ ซอมอโลกัสโครโมโซมจะแยกออกจากกันอย่างอิสระในขณะที่แบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เซลล์สืบพันธุ์ แต่ละเซลล์จะได้รับโครโมโซม 1 แท่งจากซอมอโลกัสโครโมโซมแต่ละคู่ ดังนั้นในเซลล์สืบพันธุ์แต่ละ เซลล์จึงมีโครโมโซมที่ไม่ใช่คู่กัน

ถ้ามีขึ้น 2 คู่ สภาวะเฮเทอโรไซกัส เช่น RrYy เมื่อมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ 4 ชนิด ในอัตราส่วนเท่าๆ กัน จะเห็นได้ว่าความเป็นอิสระของแฟกเตอร์ของเมนเดล เกิดจากการที่แฟกเตอร์เหล่านั้นอยู่บนซอมอโลกัสโครโมโซมต่างคู่กัน

ครูอาจขยายความรู้ โดยให้นักเรียนทำนายอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่น F₁ และ F₂ อย่างกว้างขวาง จากการทำโจทย์ปัญหาหลายแบบเพื่อให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้น อาจให้นักเรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียน และบอกวิธีการคิดให้กับเพื่อนนักเรียนในชั้น

16.4 การผสมเพื่อทดสอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผล และวิธีการผสมเพื่อทดสอบ

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

นักเรียนจะให้ความรู้ที่เรียนมาแล้วพิสูจน์ว่า สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะดังต่อไปนี้ มีจีโนไทป์อย่างไร
กระต่ายขนสีดำ และกระต่ายขนสีน้ำตาล ถ้ามีลักษณะขนสีดำเป็นลักษณะเด่น
แมลงหวี่ปีกปกติ และแมลงหวี่ปีกสั้น ถ้าลักษณะปีกปกติเป็นลักษณะเด่น

นักเรียนควรให้ความรู้ที่เรียนมาแล้ว กำหนดจีโนไทป์และอธิบายได้ดังนี้
ฉบับร่าง (เพื่ออ้างอิงไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ในกรณีของกระต่าย ถ้ากำหนด B เป็นแอลลีลขนสีดำ และ b แทนแอลลีลขนสีน้ำตาล กระต่ายขนสีน้ำตาลเป็นลักษณะด้อย จะแสดงลักษณะสีน้ำตาลเมื่อมีแอลลีล b ทั้ง 2 แอลลีล เพราะฉะนั้นจีโนไทป์ของกระต่ายขนสีน้ำตาลควรเป็น bb

กระต่ายขนสีดำเป็นลักษณะเด่นจะแสดงลักษณะสีดำ ถึงแม้จะมีแอลลีล B เพียงแอลลีลเดียว ดังนั้นจีโนไทป์ของกระต่ายสีดำ เป็นไปได้ทั้ง 2 แบบ คือ BB หรือ Bb นั่นก็คือมีสภาพทั้งเป็น เฮเทอโรไซกัสและโฮโมไซกัส

ในกรณีของลักษณะปีกของแมลงหวี่ ก็สามารถอธิบายโดยใช้หลักการเช่นเดียวกับลักษณะ ขนสีดำและขนสีน้ำตาลของกระต่าย

ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การสืบค้นต่อไปว่า

นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่ากระต่ายขนสีดำหรือแมลงหวี่ปีกปกติ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มีจีโนไทป์เป็นโฮโมไซกัสหรือเฮเทอโรไซกัส

ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้คิดหาวิธีการตรวจสอบ และนำเสนอวิธีที่จะตรวจสอบต่อ ชั้นเรียน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงเหตุผลประกอบการนำเสนอ และเปิดอภิปรายแสดงความคิดเห็น

จากการอภิปราย และจากการสืบค้น

นักเรียนควรจะสรุปได้ว่า ควรนำไปผสมสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ที่มีลักษณะด้อย เพราะสิ่งมีชีวิตที่มี ลักษณะด้อยทราบแล้วว่าแอลลีลจะเป็นลักษณะด้อยทั้งคู่ แล้วพิจารณาจากรุ่นลูกว่ามีลักษณะเด่นหรือ ลักษณะด้อยในอัตราส่วนเท่าใด ก็จะทราบบอกได้ว่าลักษณะเด่นที่ต้องการตรวจสอบเป็น เฮเทอโรไซกัสหรือโฮโมไซกัส ดังภาพที่ 10-8

กิจกรรมที่ 16.2 การแก้โจทย์ปัญหา

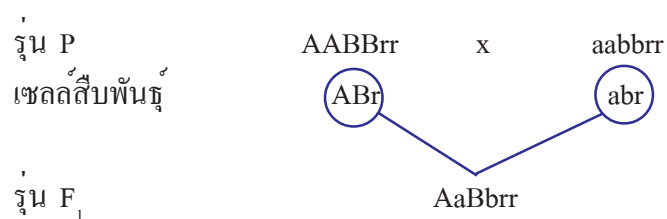
จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ นักเรียนสามารถเขียนจีโนไทป์ของลักษณะต่างๆ และทำนายอัตราส่วน ของฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของลูกรุ่น F_1 และ F_2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

แนวการตอบกิจกรรมที่ 16.2

1. จากการผสมระหว่างพืชที่มีจีโนไทป์ $AABbrr \times aabbrr$ ถ้าการจับคู่กันของยีนเป็นไปอย่าง อิสระ จงหา

- 1.1 รุ่น F_1 มีจีโนไทป์อย่างไร

✎ รุ่น F_1 มีจีโนไทป์เป็น $AaBbrr$ ดังแผนภาพ



ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก

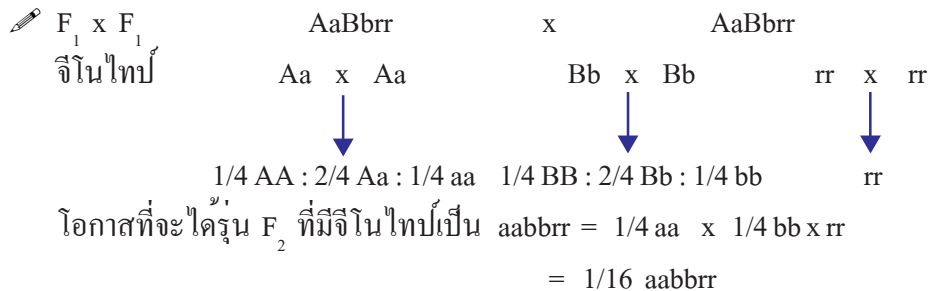
1.2 โอกาสที่จะได้รุ่น F_2 ที่มีจีโนไทป์ aabbrr เป็นเท่าใด

✎ โอกาสที่จะได้รุ่น F_2 ที่มีจีโนไทป์ aabbrr เท่ากับ 1/16 ในที่นี้จะเสนอวิธีคิด 2 วิธี
ดังนี้

วิธีที่ 1 การเข้ตาราง

$F_1 \times F_1$	AaBbrr	x	AaBbrr					
เซลล์สืบพันธุ์	ABr	ABr	aBr	abr	ABr	ABr	aBr	abr
	ABr	Abr	aBr	abr				
ABr	AABBrr	AABbrr	AaBBrr	AaBbrr				
Abr	AABbrr	AAbbrr	AaBbrr	Aabbrr				
aBr	AaBBrr	AaBbrr	aaBBrr	aaBbrr				
abr	AaBbrr	Aabbrr	aaBbrr	aabbrr				

วิธีที่ 2 เน้นวิธีคิดลัด นำมาแยกศึกษาทีละลักษณะ แล้วนำผลที่คำนวณได้จากแต่ละลักษณะ มาคูณอีกครั้ง เนื่องจากต่างก็เป็นอิสระต่อกัน จึงเป็นไปตามกฎของผลคูณ ดังแผนภาพ

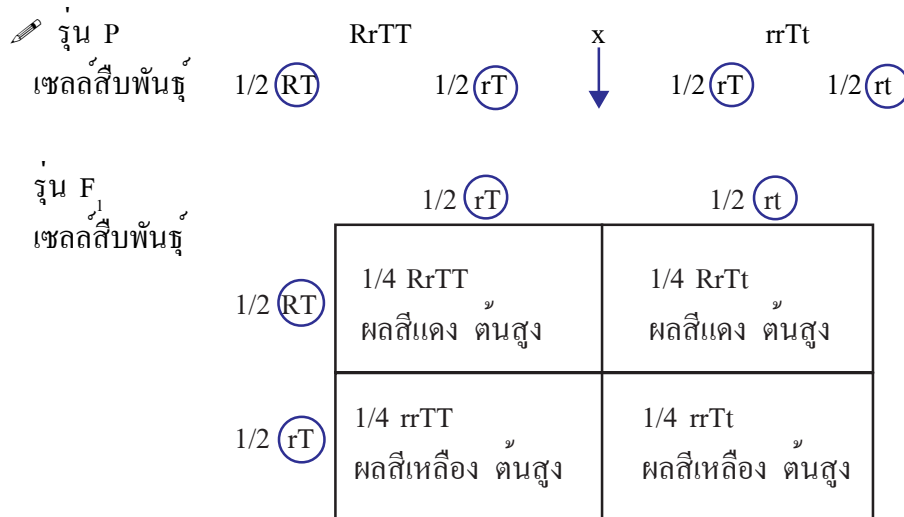


1.3 โอกาสที่รุ่น F_2 จะมีจีโนไทป์เหมือนพ่อแม่เป็นเท่าใด

✎ ถ้านำวิธีคิดวิธีที่ 2 ในข้อ 1.2 มาใช้ โอกาสที่จะได้รุ่น F_2 ที่มีจีโนไทป์เหมือนพ่อแม่
คือ $AaBbrr = 2/4 Aa \times 2/4 Bb \times rr$
= 4/16 AaBbrr

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

2. มะเขือเทศผลสีแดงเป็นลักษณะเด่น (R) ผลสีเหลืองเป็นลักษณะด้อย (r) และต้นสูงเป็นลักษณะเด่น (T) ต้นเตี้ยเป็นลักษณะด้อย (t) เมื่อผสมมะเขือเทศต้นหนึ่งมีจีโนไทป์ RrTT กับต้นที่มีจีโนไทป์ rrTt จงหาอัตราส่วนของฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของลูกที่เกิดจากการผสม



ดังนั้นจะได้ลูกที่มีลักษณะผลสีแดง ต้นสูง : ผลสีเหลือง ต้นสูง ในอัตราส่วน 1:1
 ได้ลูกที่มีจีโนไทป์ RrTT : RrTt : rrTT : rrTt ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1

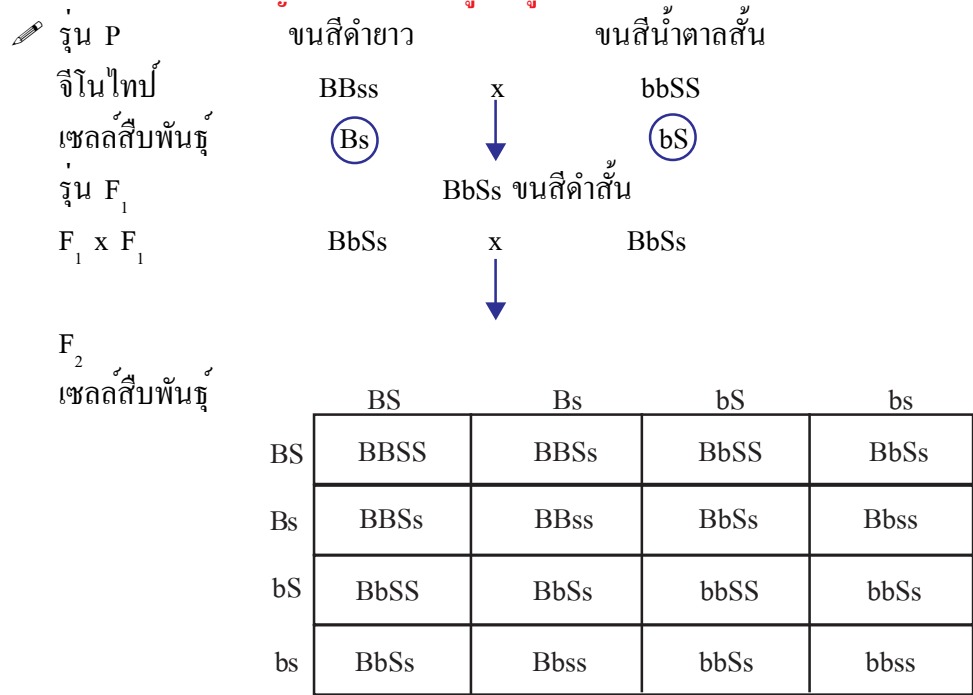
3. กระต่ายขนสีดำเป็นลักษณะเด่น (B) ขนสีน้ำตาลเป็นลักษณะด้อย (b) และขนสั้นเป็นลักษณะเด่น (S) ขนยาวเป็นลักษณะด้อย (s) ในการผสมระหว่างกระต่ายหอมอไซกัสขนยาวสีดำ และหอมอไซกัสขนสั้นสีน้ำตาล

3.1 จงหาอัตราส่วนของฟีโนไทป์ต่างๆ ในรุ่น F₁ และอัตราส่วนของฟีโนไทป์ต่างๆ ในรุ่น F₂

ในรุ่นพ่อแม่เป็นกระต่ายที่มีลักษณะหอมอไซกัสขนดำและขนยาว ดังนั้นจึงเขียนจีโนไทป์ได้เป็น BBss ส่วนกระต่ายมีลักษณะหอมอไซกัสขนสีน้ำตาลขนสั้น เขียนจีโนไทป์ได้เป็น bbSS เมื่อผสมกันจะได้รุ่น F₁ และ F₂ ดังนี้

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

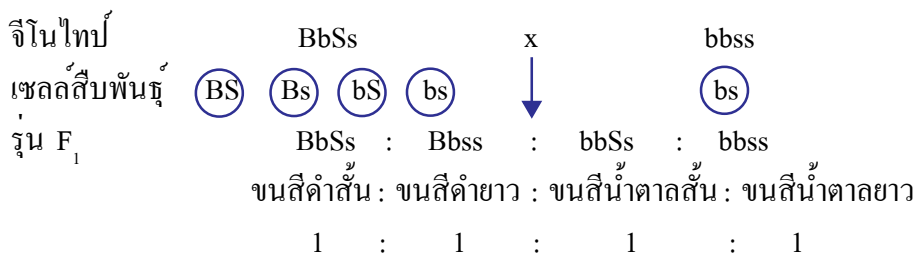
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก



อัตราส่วนฟีโนไทป์ในรุ่น F₂
 ขนสีดำสั้น = B-S- = 9/16
 ขนสีดำยาว = B-ss = 3/16
 ขนสีน้ำตาลสั้น = bbS- = 3/16
 ขนสีน้ำตาลยาว = bbss = 1/16
 = 9 : 3 : 3 : 1

3.2 ลูกที่เกิดจากการผสมระหว่างรุ่น F₁ กับกระต่ายขนยาวสีน้ำตาล มีฟีโนไทป์อะไรบ้าง และมีสัดส่วนเท่าใด

ลูกจะมีฟีโนไทป์ 4 ลักษณะ คือ ขนสีดำสั้น : ขนสีดำยาว : ขนสีน้ำตาลสั้น : ขนสีน้ำตาลยาว ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1 ดังนี้



4. แมลงหวี่ปีกยาวเป็นลักษณะเด่น (L) ปีกสั้นเป็นลักษณะด้อย (l) และลำตัวสีเทาเป็นลักษณะเด่น (G) ลำตัวสีดำเป็นลักษณะด้อย (g) ในการผสมระหว่างแมลงหวี่ปีกยาวลำตัวสีเทาและแมลงหวี่ปีกสั้นลำตัวสีดำ จงหาจีโนไทป์ของรุ่นพ่อแม่ ในกรณีต่อไปนี้

4.1 ลูกมีอัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็น 1:1:1:1

แมลงหวี่รุ่นพ่อแม่ลักษณะปีกยาวลำตัวสีเทา เมื่อผสมกับลักษณะปีกสั้นลำตัวสีดำ ซึ่งเป็นลักษณะด้อย มีจีโนไทป์ LlGg จะได้ลูกที่มีฟีโนไทป์ 4 ลักษณะ ดังนั้นลักษณะปีกยาวลำตัวสีเทา จึงมีจีโนไทป์เป็น LlGg ดังการผสมต่อไปนี้

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

16.5 ลักษณะพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล

จุดประสงค์การเรียนรู้ : เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

1. สืบค้น และอธิบายได้ว่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมลักษณะใดที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล
2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์และการข้ามร่วมกัน
3. สืบค้นข้อมูล และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมของมดคิเปิลแอลดีและพอลีฮีน
4. เขียนจีโนไทป์ของลักษณะทางพันธุกรรมตามที่ข้อมูลกำหนดให้
5. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปการถ่ายทอดยีนที่อยู่ในโครโมโซมเดียวกัน
6. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายและเปรียบเทียบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ขึ้นกับอิทธิพลของเพศ และลักษณะทางพันธุกรรมจำกัดเพศ
7. ยกตัวอย่างและเขียนจีโนไทป์ของยีนบนออโทโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ
8. นำความรู้ไปใช้ในการหาลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมของเส้นผมและหมู่เลือดได้

แนวการจัดการเรียนรู้

16.5.1 ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์

ในหัวข้อนี้ครูอาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งประเด็นการอภิปรายว่า การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นไปตามกฎของเมนเดลทุกลักษณะหรือไม่ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ ครูอาจทบทวนถึงการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมต่างๆ ของถั่วลันเตาที่เป็นไปตามกฎของเมนเดลที่ได้เรียนมาแล้ว หลังจากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการผสมต้นบานเย็นพันธุ์ดอกสีแดงกับพันธุ์ดอกสีขาวตามกฎของเมนเดล

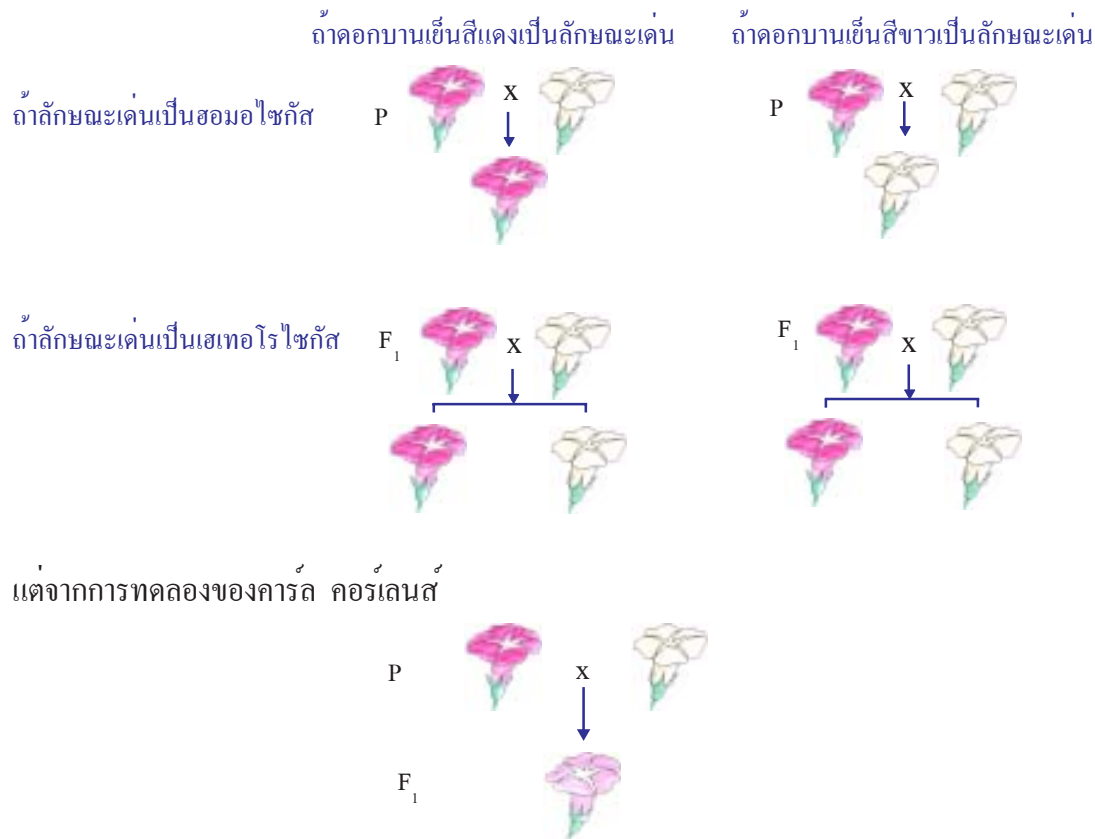
ถ้าดอกสีแดงเป็นลักษณะเด่น ลูก F_1 จะมีดอกสีอะไร

ถ้าดอกสีขาวเป็นลักษณะเด่น ลูก F_1 จะมีดอกสีอะไร

ถ้าดอกสีแดงหรือดอกสีขาวที่เป็นลักษณะเด่นมีจีโนไทป์เป็นฮอมอไซกัสหรือเฮเทอโรไซกัส จะได้รุ่น F_1 ดอกสีอะไร ในอัตราส่วนเท่าใด

จากการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่าดอกบานเย็นที่มีดอกสีแดงหรือสีขาว ที่เป็นลักษณะเด่นสภาพฮอมอไซกัสหรือเฮเทอโรไซกัส หรือจะเป็นลักษณะด้อยก็ตาม ถ้าการถ่ายทอดลักษณะเป็นไปตามกฎของเมนเดล ลูกจะไม่มีดอกสีชมพูเกิดขึ้น อาจเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้

ตามกฎของเมนเดล



และจากการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะสีของดอกถั่วลิสงพันธุ์ดอกสีแดง กับพันธุ์ดอกสีขาว ดังภาพที่ 16-9 ได้รุ่น F₁ ดอกสีชมพู รุ่น F₂ มีอัตราส่วนของดอกสีแดง : ชมพู : ขาว เท่ากับ 1 : 2 : 1 จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและศึกษาภาพที่ 16-10 ร่วมกันอภิปรายและสรุปได้ว่าลักษณะสีของดอกถั่วลิสงถูกควบคุมด้วยยีน 2 แอลลีล โดยแอลลีลหนึ่งข่มแอลลีลที่เป็นคู่กันได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้ลูกมีฟีโนไทป์อยู่ระหว่างรุ่นพ่อแม่ คือ ดอกสีชมพู ลักษณะนี้เรียกว่า ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ จากนั้นให้ตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้

- รุ่น F₂ มีอัตราส่วนของฟีโนไทป์และจีโนไทป์เป็นอย่างไร และจะแตกต่างจากผลการทดลองของเมนเดลอย่างไร
- ✎ รุ่น F₂ มีอัตราส่วนของจีโนไทป์ RR:RR':R'R' เท่ากับ 1:2:1 และ มีอัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็นดอกสีแดง:ชมพู:ขาว เท่ากับ 1:2:1 แต่ผลการทดลองของเมนเดล ลูก F₂ มี 2 ลักษณะ คือ ลักษณะเด่น:ด้อย เท่ากับ 3:1

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นการถ่ายทอดลักษณะผมหยิกผมเหยียดตรงและผมหยักศก และวิเคราะห์จากภาพที่ 16-11

จากการสืบค้นและการวิเคราะห์ นักเรียนควรสรุปได้ว่าลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก

- จากภาพที่ 16-11 ลูกที่เกิดจากพ่อและแม่ผสมหัยศกจะมีลักษณะเส้นผมแตกต่างกันก็แบบคิดเป็นอัตราส่วนเท่าใด
- ✎ ลูกที่เกิดมาจะมีลักษณะเส้นผม 3 แบบ คือ ผมหัย : ผมหัยศก : ผมหัยศตรง 1 : 2 : 1
- ถ้าพ่อผสมหัยศตรงและแม่ผสมหัย ลูกที่เกิดมาจะมีลักษณะเส้นผมอย่างไร
- ✎ ลูกที่เกิดมาจะมีเส้นผมหัยศก
- เหตุใดการถ่ายทอดลักษณะของเส้นผมในคนจึงเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์
- ✎ เพราะแอลลีลของผมหัยศตรงข่มแอลลีลของผมหัยไม่สมบูรณ์ ทำให้ฟีโนไทป์ของลูกที่เกิดมาอยู่ระหว่างฟีโนไทป์ของพ่อแม่ที่เป็นฮอมอไซกัส

16.5.2 การข่มร่วมกัน

การสอนในหัวข้อการข่มร่วมกัน ครูอาจตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจว่า หมู่เลือด AB ในคนถ่ายทอดมาได้อย่างไร ครูอาจนำอภิปรายเกี่ยวกับชนิดของหมู่เลือดที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว เพื่อนำเข้าสู่การถ่ายทอดหมู่เลือด AB จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 16-12 ครูนำอภิปรายการเกิดหมู่เลือด AB ของลูกที่เกิดจากพ่อและแม่ที่มีหมู่เลือด A และ B ที่เป็นฮอมอไซกัส-โดมิแนนท์

หมู่เลือด AB ของลูกเกิดจากแอลลีล I^A ในเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อมาเข้าคู่กับแอลลีล I^B ในเซลล์สืบพันธุ์ของแม่ แอลลีลทั้งสองต่างก็เป็นแอลลีลเด่นจึงแสดงออกร่วมกัน ซึ่งลักษณะพันธุกรรมลักษณะนี้เรียกว่า การข่มร่วมกัน หรือโคโดมิแนนท์

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน

- การแยกกันและการรวมกันของยีน ดังในภาพที่ 16-12 เป็นไปตามกฎของเมนเดลหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ✎ ไม่เป็น เนื่องจากตามกฎของเมนเดล ลักษณะหนึ่งควบคุมด้วยยีนที่มีแอลลีลหนึ่งข่มแอลลีลที่เป็นคู่กันได้อย่างสมบูรณ์ แต่การถ่ายทอดหมู่เลือด AB จะควบคุมด้วยยีนที่มีแอลลีลหนึ่งซึ่งไม่สามารถข่มแอลลีลที่เป็นคู่กันได้ เนื่องจากทั้งสองแอลลีลแสดงลักษณะเด่นได้เท่ากัน จึงแสดงออกร่วมกัน

16.5.3 มัลติเปิลแอลลีล

ในหัวข้อนี้ ครูอาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความหมายของ แอลลีล และแอลลีลที่ควบคุมลักษณะหมู่เลือด คือ I^A I^B และ i ที่นักเรียนเรียนมาแล้ว ครูอาจตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่หัวข้อว่าลักษณะทุกลักษณะของสิ่งมีชีวิตมียีนควบคุมเพียง 2 แอลลีลเท่านั้นหรือไม่

หลังจากนั้นให้นักเรียนสืบค้น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของหมู่เลือด ABO จากตารางที่ 16.2 แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์และสรุปเกี่ยวกับหมู่เลือดระบบ ABO ควบคุมด้วยแอลลีลอะไรบ้าง ตำแหน่งของยีนบนโครโมโซมเป็นอย่างไร หมู่เลือดชนิดหนึ่งควบคุมด้วยกี่แอลลีล และมีฟีโนไทป์ได้กี่แบบ

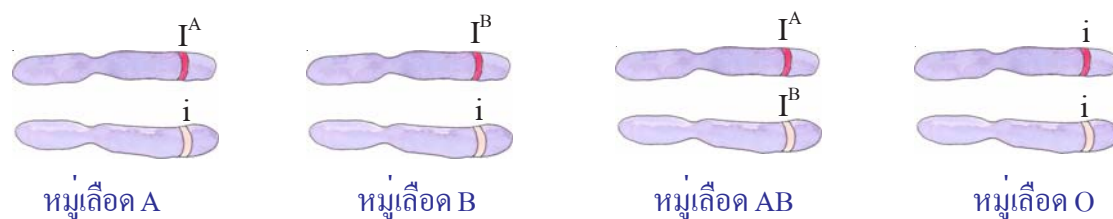
จากการวิเคราะห์นักเรียนควรสรุปว่า หมู่เลือดระบบ ABO ควบคุมด้วยยีน 3 ยีน คือ แอลลีล I^A I^B และ i ซึ่งอยู่ในโลคัสเดียวกันบนฮอมอโลกัสโครโมโซมคู่เดียวกัน และหมู่เลือด A และ B ต่างก็มี

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

จีโนไทป์ได้ 2 แบบ คือ $I^A I^A$ $I^A i$ และ $I^B I^B$ $I^B i$ ส่วนหมู่เลือด AB และ O มีจีโนไทป์ได้แบบเดียว คือ $I^A I^B$ และ ii ตามลำดับ จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามเพิ่มเติมในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- จากตาราง ลักษณะการข่มร่วมกันของแอลลีลจะเป็นอย่างไร
- ✎ แอลลีล I^A และ I^B เป็นแอลลีลเด่นจะข่มแอลลีล i ซึ่งเป็นแอลลีลด้อย

ครูอาจชี้แนะเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของหมู่เลือดระบบ ABO เพื่อให้นักเรียนเห็นว่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมควบคุมด้วยยีนมากกว่า 2 แอลลีล แต่ในรายบุคคลมียีนที่เป็นแอลลีลกันเพียง 1 คู่ (2 แอลลีล) พันธุกรรมลักษณะนี้เรียกว่า มัลติเปิลแอลลีล ดังแผนภาพ



จากภาพจะเห็นว่าหมู่เลือดระบบ ABO ควบคุมด้วยยีน 3 แอลลีล และมีเฉพาะหมู่เลือด AB เท่านั้น ที่เป็นลักษณะข่มร่วมกัน

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 16-13 เพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของหมู่เลือดได้ ครูอาจให้นักเรียนทำนายชนิดของหมู่เลือดของลูกที่เกิดจากพ่อและแม่ที่มีหมู่เลือดต่างกันจากภาพในแผนภาพโปร่งใส เช่น พ่อหมู่เลือด A แม่หมู่เลือด B ลูกจะมีหมู่เลือดใดบ้าง หรือให้นักเรียนกำหนดปัญหาเอง เช่น กำหนดหมู่เลือดของพ่อและแม่ แล้วให้หาหมู่เลือดของลูก หรือให้หาหมู่เลือดของพ่อและแม่ โดยให้นักเรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมความแม่นยำเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่าการถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือด ABO เป็นไปตามกฎของเมนเดลหรือไม่ อย่างไร จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า การถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือด ABO ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล เนื่องจากเป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีน 3 แอลลีล ใน 1 ตำแหน่งบนฮอโมโลกัสโครโมโซม ซึ่งถ้าเป็นไปตามกฎของเมนเดลลักษณะหนึ่งลักษณะใดจะควบคุมด้วยยีนเพียง 1 คู่ หรือ 2 แอลลีลเท่านั้น

จากนั้นให้นักเรียนนำความรู้จากหัวข้อนี้ไปใช้สืบค้นหมู่เลือดของคนในครอบครัวของนักเรียน เปรียบเทียบทั้งฝ่ายพ่อและแม่ นำมาเขียนจีโนไทป์และหาอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์ แล้วเขียนเป็นรายงานเพื่อนำเสนอเป็นแผนผังหน้าชั้นเรียน ให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนความรู้ด้วยกัน

กิจกรรมที่ 16.3 การแก้โจทย์ปัญหา

จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกันและ มัลติเปิลแอลลีลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

- เขียนจีโนไทป์ของลักษณะต่างๆและคำนวณหาโอกาสของการแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆ ในรุ่น F_1 และ F_2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
- นำหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของหมู่เลือดไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

แนวทางการตอบปัญหากิจกรรมที่ 16.3

- ในการผสมพันธุ์ระหว่างวัวพันธุ์แท้ที่มีขนสีแดงเพศผู้กับวัวพันธุ์แท้ขนสีขาวเพศเมีย จะได้รุ่น F_1 มีขนสีน้ำตาลทั้งหมด

- เมื่อให้รุ่น F_1 ผสมกันเอง จงหาอัตราส่วนของรุ่น F_2 ที่มีสีขนเหมือนพ่อและเหมือนแม่

✎ จากโจทย์นี้แสดงว่าลักษณะสีขนเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ ดังนั้น
วัวรุ่น F_2 มีลักษณะขนสีแดงเหมือนพ่อ 1/4 และขนสีขาวเหมือนแม่ 1/4 ดังนี้
กำหนดให้ R แทนยีนควบคุมลักษณะขนสีแดง R' แทนยีนควบคุมลักษณะขนสีขาว

รุ่น P	วัวพันธุ์แท้ขนสีแดง ♂		วัวพันธุ์แท้ขนสีขาว ♀
จีโนไทป์	RR	x	RR'
เซลล์สืบพันธุ์	(R)		(R')
รุ่น F_1	RR' ขนสีน้ำตาล		
$F_1 \times F_1$	RR'	x	RR'
เซลล์สืบพันธุ์	(R) (R')		(R) (R')
รุ่น F_2	1/4 RR : 2/4 RR' : 1/4 R'R'		
	ขนสีแดง : ขนสีน้ำตาล : ขนสีขาว		
	ถ้าคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 1 : 2 : 1		

- นักเรียนจะอธิบายการแสดงออกของยีนที่ควบคุมสีขนในวัวได้อย่างไร

✎ ลักษณะสีขนของลูกวัวเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ ควบคุมด้วยยีน 2 แอลลีล โดยแอลลีลหนึ่งคุมแอลลีลที่เป็นคู่กันได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้ลูกที่มีจีโนไทป์ RR' มีขนสีน้ำตาลเป็นลักษณะที่อยู่ระหว่างพ่อและแม่

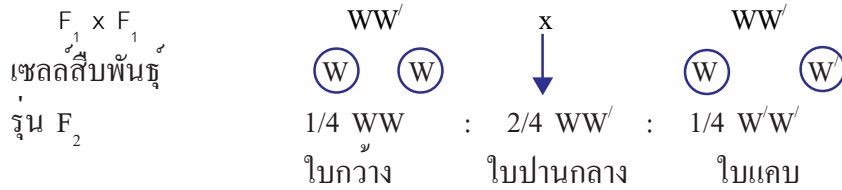
- ในการผสมพันธุ์ต้นลิ้นมังกรพันธุ์แท้ลักษณะใบกว้างกับพันธุ์แท้ลักษณะใบแคบ ถ้าการถ่ายทอดขนาดของใบลิ้นมังกรเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ จงหาอัตราส่วนของฟีโนไทป์ในรุ่น F_2

✎ รุ่น F_2 มีลักษณะใบกว้าง : ใบปานกลาง : ใบแคบ ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ดังนี้
กำหนดให้ W แทนยีนควบคุมลักษณะใบกว้าง W' แทนยีนควบคุมลักษณะใบแคบ

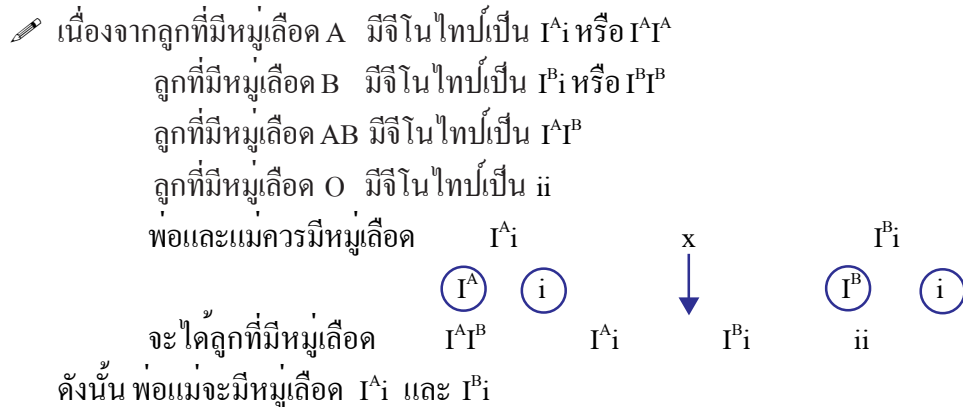
รุ่น P	ใบกว้าง		ใบแคบ
จีโนไทป์	WW	x	WW'
เซลล์สืบพันธุ์	(W)		(W')
รุ่น F	WW' ใบปานกลาง		

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



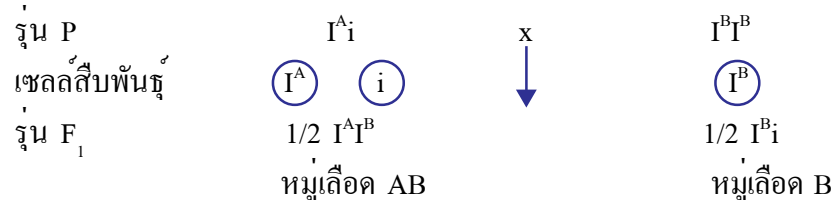
3. ครอบครัวหนึ่งมีบุตร 4 คน ซึ่งมีหมู่เลือด A B AB และ O ตามลำดับ จงหาว่าพ่อและแม่มีหมู่เลือดชนิดใด



4. หมู่เลือดระบบ ABO ถูกควบคุมโดยแอลลีล I^A I^B และ i จงหาชนิดและอัตราส่วนของหมู่เลือดของลูกที่เกิดจากพ่อและแม่ที่มีจีโนไทป์ ดังต่อไปนี้

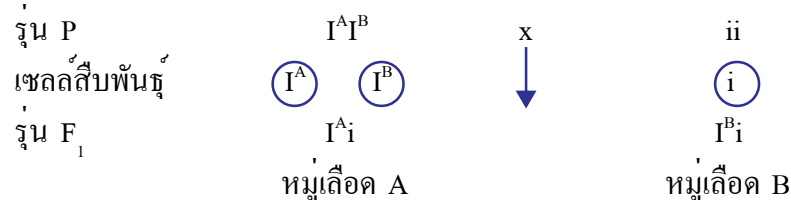
4.1 $I^A i \times I^B I^B$

จะได้ลูกหมู่เลือด AB : หมู่เลือด B ในอัตราส่วน 1 : 1 ดังนี้



4.2 $I^A I^B \times ii$

จะได้ลูกหมู่เลือด A : หมู่เลือด B ในอัตราส่วน 1 : 1 ดังนี้



5. หญิง 2 คนเป็นแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน แฝดคนที่แต่งงานกับสามีหมู่เลือด A มีลูกหมู่เลือด O ส่วนแฝดคนน้องแต่งงานกับสามีหมู่เลือด B มีลูกเป็นหมู่เลือด AB จงหาจีโนไทป์และหมู่เลือดของหญิงแฝดคู่นี้

ตามหลักพันธุศาสตร์แฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน จะมีจีโนไทป์เหมือนกัน

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

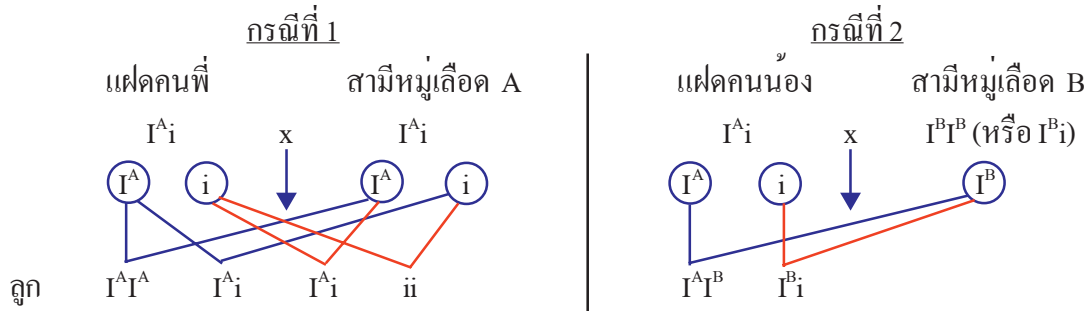
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก

กรณีที่ 1 แผลคนพี่แต่งงานกับสามีหมู่เลือด A ลูกจะมีหมู่เลือด O แสดงว่าพ่อและแม่ต้องมี แอลลีล i

กรณีที่ 2 แผลคนน้องแต่งงานกับสามีหมู่เลือด B และลูกมีหมู่เลือด AB แสดงว่าแม่ต้องมี แอลลีล I^A และสามีมีแอลลีล I^B

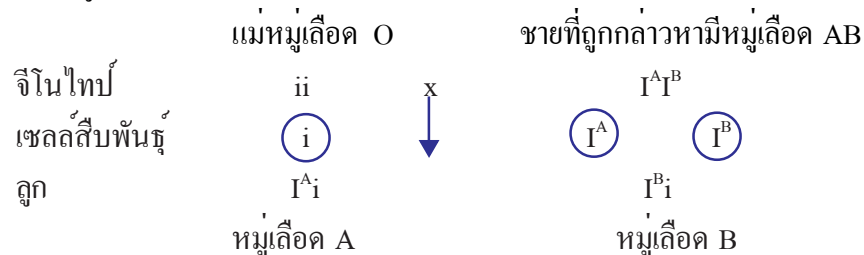
ดังนั้น หญิงแผลนี้จะมีหมู่เลือด A จีโนไทป์ $I^A i$ ดังนี้



6. จงใช้เหตุผลตามหลักทางพันธุศาสตร์มาอธิบายความเป็นไปได้ ในกรณีศึกษาต่อไปนี้

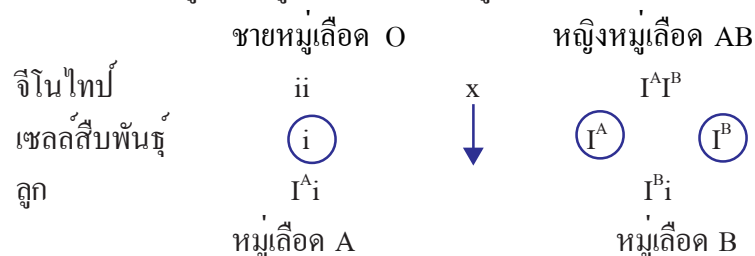
6.1 แม่และลูกมีหมู่เลือด O ชายที่ถูกกล่าวหาว่าเป็นพ่อ มีหมู่เลือด AB

✍ จะเห็นได้ว่าแม่มีหมู่เลือด O ชายที่ถูกกล่าวหาว่าเป็นพ่อมีหมู่เลือด AB ถ้าเป็นพ่อจริง จะได้ลูกที่มีหมู่เลือด A หรือหมู่เลือด B เท่านั้น ดังนั้นชายที่ถูกกล่าวหาจึงไม่ใช่พ่อของเด็กหมู่เลือด O ดังนี้



6.2 หญิงคนหนึ่งมีหมู่เลือด AB ยืนยันว่าลูกที่มีหมู่เลือด A เป็นบุตรที่แท้จริงของชายที่มีหมู่เลือด O

✍ กรณีนี้การที่ลูกมีหมู่เลือด A อาจจะมีจีโนไทป์เป็น $I^A I^A$ หรือ $I^A i$ และเมื่อแม่มีหมู่เลือด AB นั้น ดังนั้นลูกที่มีหมู่เลือด A อาจเป็นลูกชายคนนี้ตามที่กล่าวอ้าง ดังแผนภาพ



16.5.4 พอลิยีน

การนำเข้าสู่บทเรียนหัวข้อนี้ ครูอาจทบทวนลักษณะพันธุกรรมของตัวต้นเตาแต่ละลักษณะ ที่เมลเดิลศึกษาว่าถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ และตั้งประเด็นเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่าลักษณะหนึ่งๆ ของ

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

สิ่งมีชีวิตควบคุมด้วยยีนเพียงคู่เดียวเสมอไปหรือไม่และมีลักษณะทางพันธุกรรมลักษณะใดบ้างที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากรู้ จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 16-14 และสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ การถ่ายทอดลักษณะสีของเมล็ดข้าวสาลีที่เกิดจากการผสมของพันธุ์แท้เมล็ดสีแดงเข้มกับเมล็ดสีขาว ครูอาจตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้

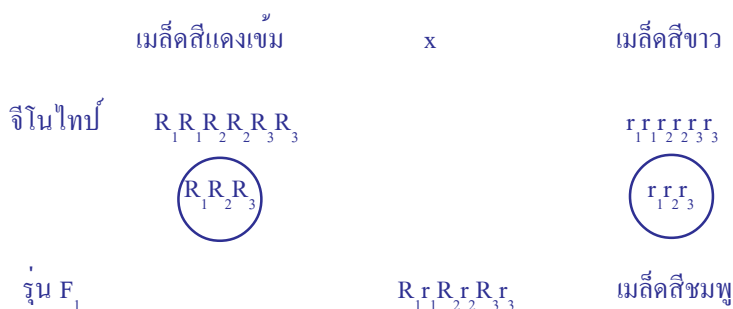
ลักษณะสีของเมล็ดข้าวสาลีควบคุมด้วยยีนกี่คู่ มีลักษณะใดเป็นลักษณะเด่นและลักษณะใดเป็นลักษณะด้อย

รุ่น F_1 มีเมล็ดสีอะไร

รุ่น F_1 ผสมกันเองจะได้รุ่น F_2 ที่มีสีของเมล็ดข้าวสาลีแตกต่างกันอย่างไรบ้าง

จากการสืบค้นและการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า สีของเมล็ดข้าวสาลีควบคุมด้วยยีน 3 คู่ โดยมีเมล็ดสีแดงเข้มเป็นลักษณะเด่น เมล็ดสีขาวเป็นลักษณะด้อย รุ่น F_1 เมล็ดสีชมพู รุ่น F_2 เมล็ดมีสีต่างๆ กัน ตั้งแต่สีแดงเข้ม และมีสีแดงจางลงลดหลั่นกันลงมาถึงเมล็ดสีขาว

ครูอาจตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า รุ่น F_1 มีเมล็ดเป็นสีชมพู และรุ่น F_2 เมล็ดมีสีแดงเข้มไปจนถึงสีขาวได้อย่างไร โดยอาจชี้แนะโดยให้พิจารณาจากจำนวนของยีนเด่น จีโนไทป์ของแต่ละรุ่นและการแสดงออกของยีนแต่ละคู่ จากการวิเคราะห์นักเรียนควรสรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้



จะเห็นได้ว่ารุ่น F_1 มีเมล็ดสีชมพู เนื่องจากจีโนไทป์มีแอลลีลเด่นและแอลลีลด้อยจำนวนเท่ากันคือ 3 แอลลีล จีโนไทป์มีลักษณะกึ่งกลาง เมื่อให้ F_1 ผสมกันเองจะได้รุ่น F_2 ที่มีจีโนไทป์แตกต่างกันเป็น 7 กลุ่ม ตั้งแต่มีสีแดงเข้ม สีแดงจางลง สีชมพู จนถึงสีขาว ขึ้นอยู่กับว่าจำนวนของแอลลีลเด่น ถ้ามีแอลลีลเด่นมากเมล็ดจะเป็นสีแดง ทำนองเดียวกันถ้าแอลลีลเด่นมีจำนวนน้อยเมล็ดจะเป็นสีแดงจางลงมา ถ้ามีจำนวนแอลลีลเด่นเท่ากับแอลลีลด้อยเมล็ดจะเป็นสีชมพู ถ้าไม่มีแอลลีลเด่นเมล็ดจะเป็นสีขาว

สำหรับคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- เมล็ดข้าวสาลีในรุ่น F_2 มีจีโนไทป์กี่แบบ เป็นอัตราส่วนเท่าใด และมีจีโนไทป์เหมือนพ่อและแม่เป็นอัตราส่วนเท่าใด
- ✎ รุ่น F_2 มีจีโนไทป์ 7 แบบ แดงเข้ม แดง แดงอ่อน ชมพูเข้ม ชมพู ชมพูอ่อน ขาว ในอัตราส่วน 1:6:15:20:15:6:1 มีจีโนไทป์เหมือนพ่อ 1/64 และเหมือนแม่ 1/64
- นักเรียนคิดว่าความเข้มของสีเมล็ดข้าวสาลีขึ้นอยู่กับอะไร
- ✎ สีของเมล็ดข้าวสาลีขึ้นอยู่กับจำนวนของแอลลีลเด่น

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

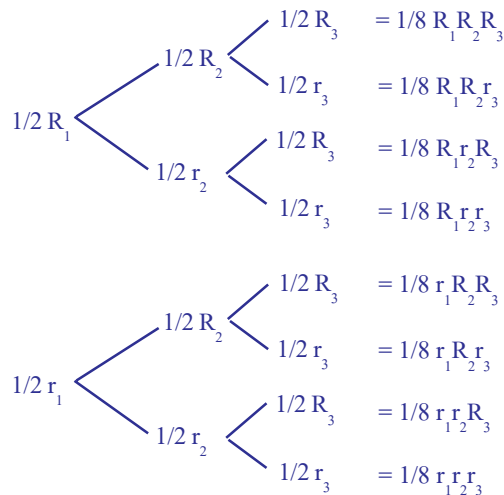
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

ครูอาจตั้งคำถามเพิ่มเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้

เมล็ดที่มีจีโนไทป์ $R_1R_1R_2R_2R_3R_3$ เมื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โอกาสที่จะสร้างเซลล์ไข่ชนิด $r_1r_2r_3$ และ $R_1r_2r_3$ มีโอกาสเท่าใด ถ้า $r_1r_2R_3$ เป็นสเปิร์ม เมื่อผสมกับเซลล์ไข่ชนิด $r_1r_2r_3$ จะได้ลูกที่มีจีโนไทป์และฟีโนไทป์เป็นอย่างไร

ครูอาจชี้แนะการหาชนิดของเซลล์สืบพันธุ์ของจีโนไทป์ $R_1R_1R_2R_2R_3R_3$ โดยวิธีแตกแขนง และร่วมกันอภิปราย ดังนี้



จากการอภิปรายนักเรียนสรุปได้ว่าโอกาสที่จะเกิดเซลล์สืบพันธุ์ชนิด $r_1r_2r_3$ เป็น 1/8 และโอกาสที่จะเกิดเซลล์สืบพันธุ์ $R_1r_2r_3$ เป็น 1/8 ถ้า $r_1r_2R_3$ เป็นสเปิร์มผสมกับเซลล์ไข่ชนิด $r_1r_2r_3$ จะได้ลูกที่มีจีโนไทป์และฟีโนไทป์ ดังนี้



ลูกจะมีจีโนไทป์ $r_1r_1r_2r_2R_3R_3$ ซึ่งมีแอลลีลเด่น 1 แอลลีล แอลลีลด้อย 5 แอลลีล ฟีโนไทป์จึงเป็นเมล็ดสีชมพูอ่อนมาก

จากการตอบคำถามและการอภิปราย นักเรียนควรตอบความหมายของพอลิยีนได้ว่า ลักษณะทางพันธุกรรมลักษณะหนึ่งควบคุมด้วยยีนมากกว่า 2 คู่ ในหลายตำแหน่ง ยีนเด่นแต่ละคู่แสดงผลต่อลักษณะเท่าๆ กัน เช่น R_1R_1 แสดงลักษณะเด่นเท่าๆ กับ R_1R_2 หรือ R_1R_3 ครูอาจชี้แจงเพิ่มเติมเกี่ยวกับการถ่ายทอดสีของเมล็ดข้าวสาลี ซึ่งนิลสัน-เอิร์ลและอิสท์ ไดเสนอสมมุติฐานยีนหลายคู่เพื่ออธิบายลักษณะที่เป็นพอลิยีนจะควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ยีนเด่นแต่ละคู่แสดงผลต่อลักษณะ นั้นเท่าๆ กัน และมีการแสดงออกแบบ สะสม (additive effect) คือ ถ้ามียีนเด่นมากก็แสดงผลเป็นสีแดงมาก ถ้ามียีนเด่นน้อยก็แสดงผลสีแดงน้อย คำว่า พอลิยีน (polygene) เดิมใช้คำว่า มัลติเปิลยีน (multiple gene)

ครูอาจตั้งคำถามเพิ่มเติมดังนี้

ลักษณะที่ควบคุมด้วยมัลติเพล็กซ์แตกต่างจากลักษณะที่ควบคุมด้วยพอลิยีนอย่างไร
เปรียบเทียบลักษณะที่ควบคุมด้วยมัลติเพล็กซ์และลักษณะที่ควบคุมด้วยพอลิยีน ดังนี้



ลักษณะที่ควบคุมมัลติเพล็กซ์	ลักษณะที่ควบคุมพอลิยีน
<ol style="list-style-type: none"> 1. เป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีน 1 คู่ 2. ควบคุมด้วยยีนหลายแอลลีลในตำแหน่งเดียวกันบนสอมอโลกัสโครโมโซม 3. ลักษณะที่แสดงออกมีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด (discontinuous variation) 4. สิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแสดงลักษณะน้อยมากหรือไม่มีเลย 5. เป็นลักษณะเชิงคุณภาพ (qualitative trait) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. เป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนหลายคู่ 2. ควบคุมด้วยยีนหลายแอลลีลในหลายตำแหน่งกันของสอมอโลกัสโครโมโซมต่างคู่กัน 3. ลักษณะที่แสดงออกจะแตกต่างกันเล็กน้อย ทำให้การกระจายของลักษณะเป็นแบบต่อเนื่อง (continuous variation) 4. สิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแสดงลักษณะ 5. เป็นลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative trait)

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 16-15 ครูอาจตั้งคำถามเพื่อนำอภิปรายเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะสีตาของคนและสีของเมล็ดข้าวสาลีว่ามีลักษณะใดเหมือนกัน ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่าลักษณะทางพันธุกรรมทั้งสองลักษณะควบคุมด้วยยีนหลายคู่ในหลายตำแหน่งทำให้ฟีโนไทป์แตกต่างกันเล็กน้อยลดหลั่นตามจำนวนของยีนเด่น ลักษณะที่มีการแปรผันเช่นนี้ เรียกว่า ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง หรือลักษณะเชิงปริมาณ เช่น ความสูง สติปัญญา เป็นต้น ลักษณะใดที่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนจะถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ ใน 1 ตำแหน่ง ลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า ลักษณะแปรผันไม่ต่อเนื่อง เช่น ลักยิ้ม ห่อลิ้น เป็นต้น

จากนั้นครูอาจให้นักเรียนสังเกตลักษณะของนักเรียนในห้องว่ามีลักษณะใดเป็นลักษณะแปรผันไม่ต่อเนื่อง และลักษณะใดที่เป็นลักษณะแปรผันต่อเนื่อง

16.5.5 ยีนในโครโมโซมเพศ

การนำเข้าสู่หัวข้อนี้ ควรทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับอโอโทโซม และโครโมโซมเพศ ครูอาจตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่า การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศแตกต่างจากการถ่ายทอดยีนที่อยู่บนอโอโทโซมอย่างไร เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากรู้ ให้นักเรียนยกตัวอย่างการถ่ายทอดยีนที่อยู่บนอโอโทโซมทั้งลักษณะที่ถ่ายทอดตามกฎของเมนเดล เช่น ลักษณะของถั่วลิสงเตาที่เมนเดลศึกษา และลักษณะที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล เช่น หมู่เลือดระบบ ABO สีตา ลักษณะเส้นผม พร้อมทั้งเขียนจินตภาพ

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก

ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมว่าบนโครโมโซมเพศมียีนหรือไม่ ถ้ามีการถ่ายทอดยีนจะเหมือนกับการถ่ายทอดยีนในออโตโซมหรือไม่ อย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาโครโมโซมของแมลงหวี่จากการทดลองของทีเอชเมอร์แกน ดังภาพที่ 16-18 ครูอาจให้นักเรียนตั้งคำถามที่นักเรียนอยากทราบ โดยมีแนวคำถามดังนี้

แมลงหวี่เพศเมียและเพศผู้มีโครโมโซมเป็นอย่างไร

นักเรียนควรสรุปได้ ว่าแมลงหวี่เพศผู้และเพศเมียมีจำนวนโครโมโซม 8 แท่ง เท่ากัน ต่างกันที่โครโมโซมเพศ คือเพศเมียมีจำนวนโครโมโซมเป็น $6+xx$ เพศผู้มีจำนวนโครโมโซมเป็น $6+xy$ จากนั้นจึงให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากการทดลองการผสมพันธุ์ของแมลงหวี่จากภาพที่ 16-19 แล้วให้วิเคราะห์การทดลอง ซึ่งอาจสรุปเป็นลำดับได้ดังนี้

ปกติแมลงหวี่เพศผู้และเพศเมียมีตาสีแดง

แมลงหวี่เพศผู้ตาสีขาว ผสมกับแมลงหวี่เพศเมียตาสีแดง ได้ลูกรุ่น F_1 ทุกตัวตาสีแดง

รุ่น F_2 เพศเมียทุกตัวตาสีแดง และรุ่น F_2 เพศผู้ตาสีแดง : ตาสีขาว เท่ากับ 1 : 1

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบ ดังนี้

- จากผลการทดลอง การถ่ายทอดลักษณะสีตาของแมลงหวี่ นักเรียนทราบหรือไม่ว่า ลักษณะใดเป็นลักษณะเด่น และลักษณะใดเป็นลักษณะด้อย
- ✎ ตาสีแดงเป็นลักษณะเด่น ตาสีขาวเป็นลักษณะด้อย

ครูตั้งคำถามจากภาพที่ 16-19 แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าเหตุใดแมลงหวี่ตาสีขาวในรุ่น F_2 จึงปรากฏในเพศผู้ และแมลงหวี่เพศเมียมีโอกาสเป็นตาสีขาวได้หรือไม่ โดยให้นักเรียนอภิปรายอย่างอิสระ

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 16-20 แล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการแสดงออกของยีนควบคุมสีตาแมลงหวี่ในเพศผู้และเพศเมีย จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่ายีนด้อยบนโครโมโซม X จะมีโอกาสแสดง ออกได้ในเพศผู้มากกว่าเพศเมีย เนื่องจากเพศผู้มีโครโมโซม X เพียง 1 แท่ง ดังนั้นแมลงหวี่เพศผู้ที่ได้รับโครโมโซม X ซึ่งมียีนด้อยมาจากแม่จะแสดงผล ได้ทันที ส่วนเพศเมียจะต้องได้รับโครโมโซม X ที่มียีนด้อยมาจากพ่อและแม่จึงจะแสดงลักษณะนั้นได้

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้

- ยีนควบคุมลักษณะสีตาของแมลงหวี่มีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมชนิดใด

✎ โครโมโซม X

- แมลงหวี่เพศเมียมีโอกาสเป็นตาสีขาวได้หรือไม่อย่างไร

✎ เพศเมียมีโอกาสเป็นตาสีขาวได้ ก็ต่อเมื่อมียีนควบคุมตาสีขาวบนโครโมโซม X ที่ได้รับมาจากพ่อและแม่

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ครูอาจขยายความรู้ให้กับนักเรียนว่า การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ เรียกว่ายีนที่เกี่ยวข้องกับเพศ หากยีนมีตำแหน่งบนโครโมโซม X ก็เรียกว่ายีนที่เกี่ยวข้องกับ X (X-linked gene) ถ้ายีนมีตำแหน่งบนโครโมโซม Y เรียกว่ายีนที่เกี่ยวข้องกับ Y (Y-linked gene) สำหรับการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศในคน ครูอาจชี้แนะว่ายีนบนโครโมโซม X มีทั้งยีนเด่นและยีนด้อย จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซม X ในหนังสือเรียนและหนังสือพันธุศาสตร์ทั่วไป และเน้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญว่ายีนบางยีนก่อให้เกิดโรคหรือลักษณะผิดปกติ เช่น โรคตาบอดสี ฮีโมฟีเลีย เป็นต้น

ครูให้นักเรียนศึกษาการถ่ายทอดลักษณะตาบอดสีของคนในหนังสือเรียน ภาพที่ 16-21 แล้วตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ชายคนที่ 1 และ 4 ในรุ่นที่ III ได้รับการถ่ายทอดยีนตาบอดสีได้อย่างไร
- ✎ ชายคนที่ 1 ได้รับยีนตาบอดสีมาจากแม่หมายเลข 1 รุ่นที่ II และชายคนที่ 4 ได้รับยีนตาบอดสีมาจากแม่หมายเลข 2 รุ่นที่ II
- ลักษณะตาบอดสีส่วนใหญ่ปรากฏในเพศใด และลูกสาวจะมีโอกาสเป็นตาบอดสีได้ เมื่อพ่อแม่มีจีโนไทป์เป็นอย่างไร
- ✎ ลักษณะตาบอดสีส่วนใหญ่พบในเพศชาย ลูกสาวจะมีโอกาสเป็นตาบอดสีเมื่อได้รับยีนตาบอดสีมาจากพ่อ ซึ่งมีจีโนไทป์เป็น $x^c y$ และจากแม่ซึ่งอาจมีจีโนไทป์เป็น $x^c x^c$ หรือ $x^c x^c$

ครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบการถ่ายทอดยีนที่อยู่บนออโทโซมและยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ โดยมีแนวคำถามดังนี้

การถ่ายทอดยีนบนออโทโซม จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศชายและเพศหญิงได้เท่ากันหรือไม่

การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม X จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศหญิงและเพศชายหรือไม่อย่างไร

ถ้ายีนบนโครโมโซม X เป็นยีนด้อยหรือเป็นยีนเด่น จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศใดมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากหนังสือเรียน ร่วมกันอภิปรายและวิเคราะห์การถ่ายทอดยีนบนออโทโซม และบนโครโมโซมเพศ

จากการอภิปรายและการวิเคราะห์ นักเรียนควรตอบได้ว่าการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนออโทโซม จะปรากฏทั้งสองเพศได้เท่าๆกัน ส่วนการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซม X จะปรากฏลักษณะในเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่ง แล้วแต่ว่ายีนบนโครโมโซม X เป็นยีนเด่นหรือยีนด้อย ถ้าเป็นยีนเด่นจะ ปรากฏลักษณะในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย เช่น ลักษณะพันเป็นสีน้ำตาล ถ้าเป็นยีนด้อย จะปรากฏลักษณะในเพศชายมากกว่าเพศหญิง เช่น ลักษณะตาบอดสี โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ เป็นต้น

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

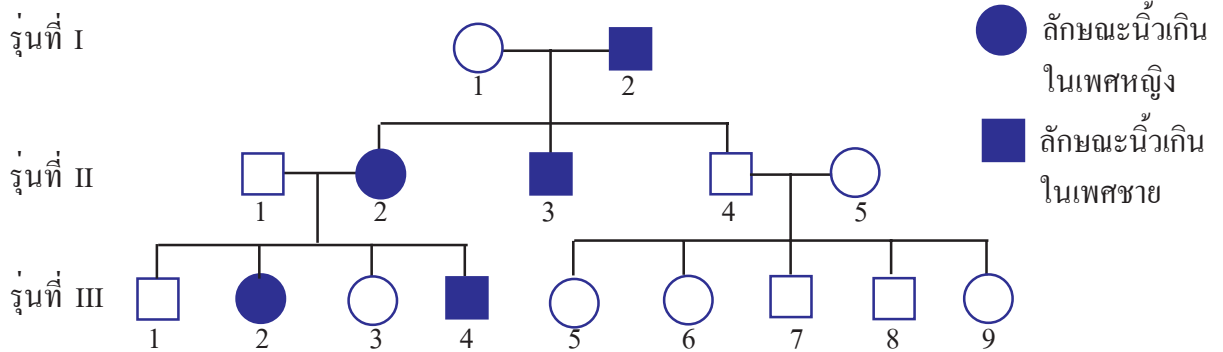
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

ครูอาจขยายความรู้เพิ่มเติมให้แก่ นักเรียน โดยให้นักเรียนศึกษาพันธุ์ประวัติ ดังตัวอย่างนี้ แล้วให้นักเรียนได้วิเคราะห์จากพันธุ์ประวัติ

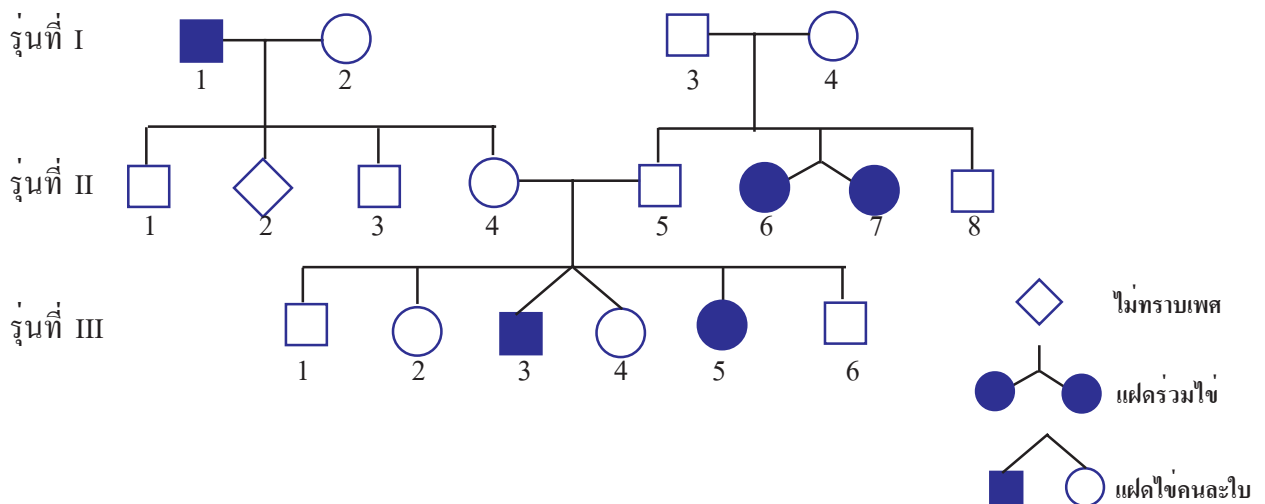
ตัวอย่างพันธุ์ประวัติของลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนออโทโซม

1. พันธุ์ประวัติของลักษณะการมีนิ้วเกินในครอบครัวหนึ่ง



- พ่อหรือแม่ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งแสดงลักษณะนิ้วเกิน ลูกจะมีลักษณะนิ้วเกิน แสดงว่าลักษณะนิ้วเกินควบคุมด้วยยีนเด่น
- ถ้าพ่อแม่ไม่มีลักษณะนิ้วเกิน (คนที่ 4 ในรุ่นที่ II และคนที่ 5 ในรุ่นที่ II) ลูกก็จะไม่แสดงลักษณะนิ้วเกิน
- ลักษณะนิ้วเกินปรากฏทั้งในเพศหญิงและเพศชายได้เท่าๆ กัน แสดงว่ายีนควบคุมลักษณะนิ้วเกินอยู่บนออโทโซม

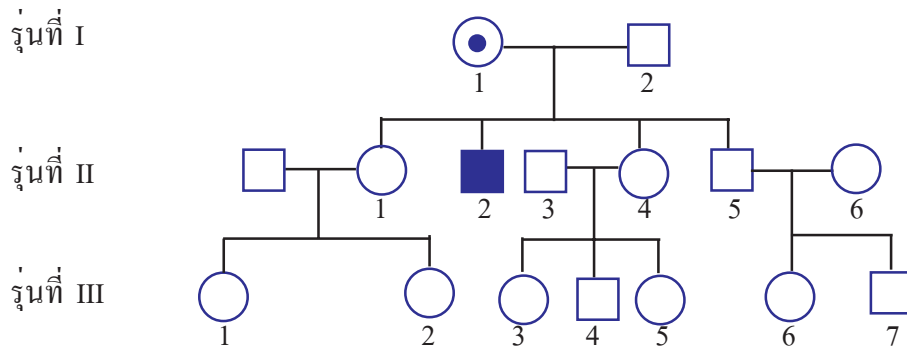
2. พันธุ์ประวัติของลักษณะผิวเผือกของครอบครัวหนึ่ง



- พ่อแม่ที่ปกติ (คนที่ 3 ในรุ่นที่ I และคนที่ 4 ในรุ่นที่ I) จะมีลูกผิวเผือก แสดงว่าพ่อแม่เป็นเฮเทอไรซิกัส
 - เกิดขึ้นได้ทั้งหญิงและชาย
 - ลักษณะผิวเผือกนี้ถูกควบคุมด้วยยีนด้อย
- ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

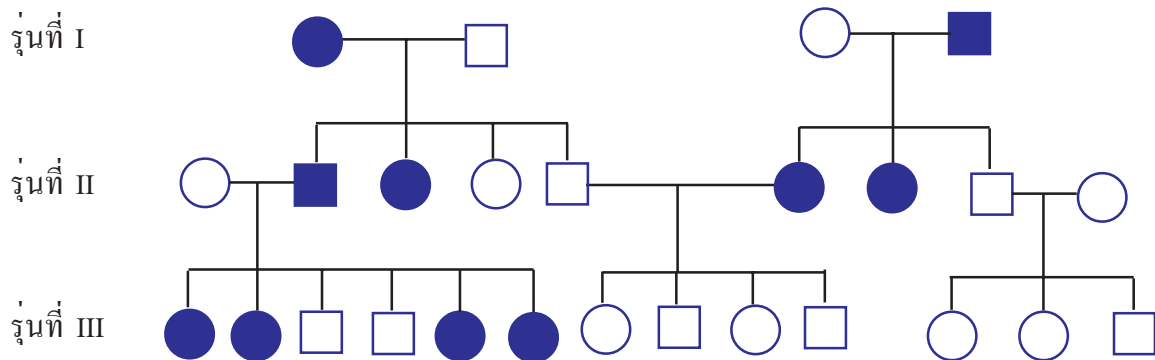
ตัวอย่างพันธุประวัติของลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมเพศ

1. พันธุประวัติของโรคภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD



- พ่อปกติและแม่เป็นพาหะ ลูกชายจะเป็นโรค G-6-PD ลูกหญิงมีโอกาสเป็นพาหะ
- โรคภาวะพร่องเอนไซม์ปรากฏในเพศชายมากกว่าเพศหญิง แสดงว่าลักษณะนี้ควบคุมด้วยยีนด้อยที่อยู่บนโครโมโซม X

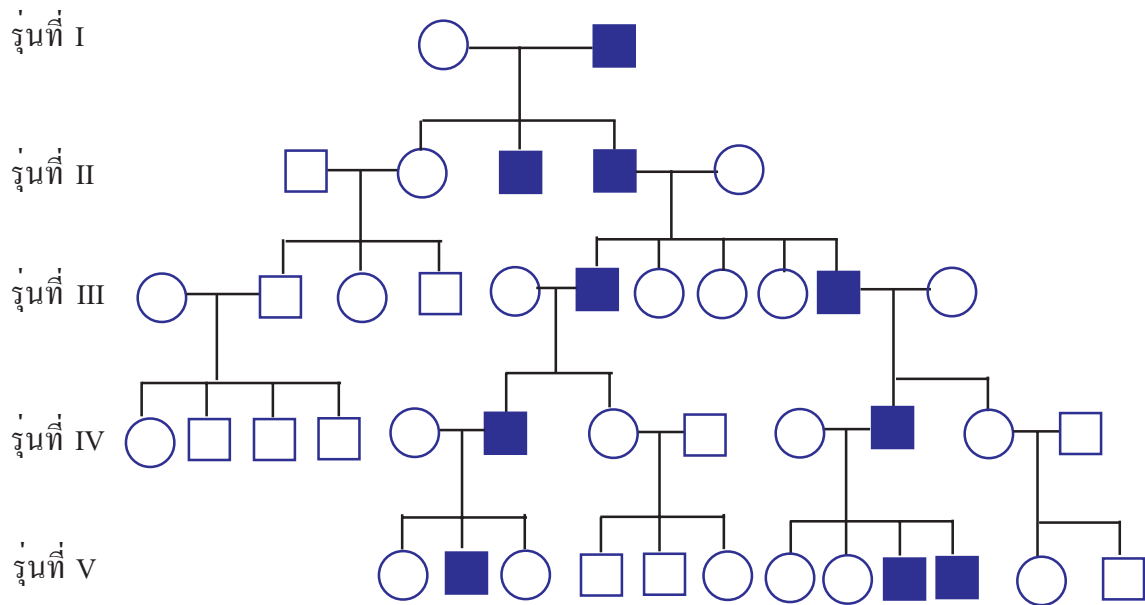
2. พันธุประวัติของโรคกระดูกอ่อนในครอบครัวหนึ่ง ดังนี้



- พ่อหรือแม่เป็นโรคกระดูกอ่อน ลูกจะเป็นโรคกระดูกอ่อนทุกชั่วรุ่น แสดงว่าโรคกระดูกอ่อนเป็นลักษณะเด่น
- ถ้าแม่เป็นโรคกระดูกอ่อน ลูกสาวและลูกชายจะมีโอกาสเป็นโรคกระดูกอ่อน
- ถ้าพ่อเป็นโรคกระดูกอ่อน ลูกสาวจะเป็นโรคกระดูกอ่อนแต่ลูกชายไม่เป็น
- โรคกระดูกอ่อนจะปรากฏลักษณะในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย แสดงว่าลักษณะนี้ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซม X

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก

3. ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซม Y



- ถ้าพ่อมีลักษณะที่ต้องการศึกษา และปรากฏลักษณะในลูกหลานที่เป็นเพศชายเท่านั้น แสดงว่าลักษณะนี้ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซม Y

จากการอภิปรายเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ นักเรียนควรสรุปหลักการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนออโตโซม และยีนบนโครโมโซมเพศที่ได้จากการวิเคราะห์พันธุประวัติ ดังนี้

จากการวิเคราะห์นักเรียนควรสรุปเป็นหลักการได้ดังนี้

หลักการวิเคราะห์พันธุประวัติ ให้พิจารณา

1. ลักษณะที่ต้องการศึกษา เกิดทั้งในเพศหญิงและเพศชายในอัตราส่วนใกล้เคียงกัน อาจสรุปได้ว่าลักษณะนี้ควบคุมด้วยยีนบนออโตโซม ถ้าลักษณะนี้เกิดในเพศใดเพศหนึ่ง หรือเกิดในเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่ง อาจสรุปว่ายีนที่ควบคุมลักษณะอยู่บนโครโมโซมเพศ
2. ลักษณะที่ต้องการศึกษา ถ้าเกิดในรุ่นพ่อแม่ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง หรือทั้ง 2 ฝ่าย และลักษณะนี้จะเกิดขึ้นในลูกทุกชั่วรุ่น แสดงว่ายีนที่ควบคุมลักษณะดังกล่าวอาจเป็นยีนเด่น ถ้าไม่พบลักษณะนี้ในรุ่นพ่อแม่ แต่เกิดในรุ่นลูกบางชั่วรุ่น แสดงว่ายีนที่ควบคุมลักษณะอาจเป็นยีนด้อย
3. ลักษณะที่ต้องการศึกษาเกิดเฉพาะในเพศชาย มีการถ่ายทอดยีนจากพ่อไปยังลูกชายทุกคน แสดงว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะนั้นอยู่บนโครโมโซม Y

สำหรับคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้

- การถ่ายทอดยีนที่อยู่บนโครโมโซม x เป็นไปตามกฎของเมนเดลหรือไม่
- ✍ ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล เนื่องจากการถ่ายทอดยีนตามกฎของเมนเดล เป็นการถ่ายทอดยีนบนออโตโซมจะปรากฏลักษณะทั้งเพศชายและเพศหญิงได้เท่าๆ กัน แต่การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม X จะปรากฏลักษณะในเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่ง
- ถ้าแม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย พ่อปกติ ลูกชายหญิงจะมีโอกาสเป็นโรคฮีโมฟีเลียทุกคนหรือไม่อย่างไร
- ✍ ลูกชายเป็นโรคฮีโมฟีเลียทุกคน ส่วนลูกสาวทุกคนเป็นพาหะ
- นักเรียนจะสรุปได้อย่างไรว่าลักษณะใดถูกควบคุมด้วยยีนเด่นหรือยีนด้อยบนโครโมโซม x
- ✍ ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่น จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ส่วนลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อย จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศชายมากกว่าเพศหญิง
- ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซม Y จะปรากฏลักษณะในลูกสาวได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
- ✍ ไม่ได้เพราะลูกสาวไม่มีโครโมโซม Y

กิจกรรมที่ 16.4 การแก้โจทย์ปัญหา

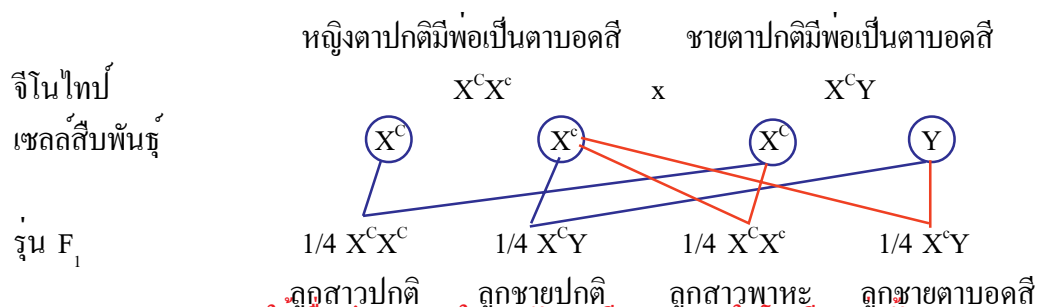
จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

- เขียนจีโนไทป์ของลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมเพศตามสถานการณ์ที่กำหนดให้
- คำนวณหาโอกาสของการแสดงออกของลักษณะทางพันธุกรรมจากข้อมูลที่กำหนด

แนวการตอบกิจกรรมที่ 16.4

- หญิงคนหนึ่งตาปกติมีพ่อเป็นโรคตาบอดสี แต่งงานกับชายตาปกติ ซึ่งมีพ่อเป็นตาบอดสี จงหาร้อยละของลูกที่เป็นโรคตาบอดสี
- ✍ หญิงตาปกติแต่มีพ่อตาบอดสี หญิงคนนี้เป็นพาหะของโรคตาบอดสี โดยมีจีโนไทป์เป็น $X^C X^c$ โดยแอลลีล X^c ได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อซึ่งเป็นตาบอดสี ส่วนชายตาปกติมีพ่อตาบอดสี จะไม่รับการถ่ายทอดยีนตาบอดสีจากพ่อ จึงมีจีโนไทป์เป็น $X^C Y$ ดังนั้นจะได้ลูกที่เป็นตาบอดสีร้อยละ 25 ดังนี้

กำหนดให้ C แทนยีนควบคุมลักษณะตาปกติ c แทนยีนควบคุมลักษณะตาบอดสี



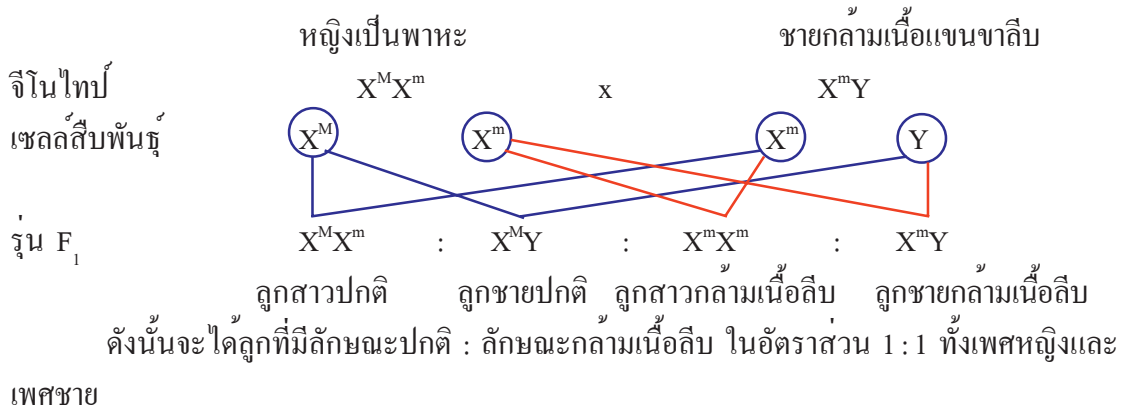
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

2. โรคกล้ามเนื้อแขนขาเป็นลักษณะด้อยบนโครโมโซม X ถ้าชายเป็นโรคกล้ามเนื้อแขนขา แสดงงานกับหญิงที่เป็นพาหะ ลูกจะมีจีโนไทป์และฟีโนไทป์เป็นอย่างไร อัตราส่วนเท่าใด

กำหนดให้ M แทนยีนควบคุมลักษณะปกติ m แทนยีนควบคุมโรคกล้ามเนื้อแขนขา

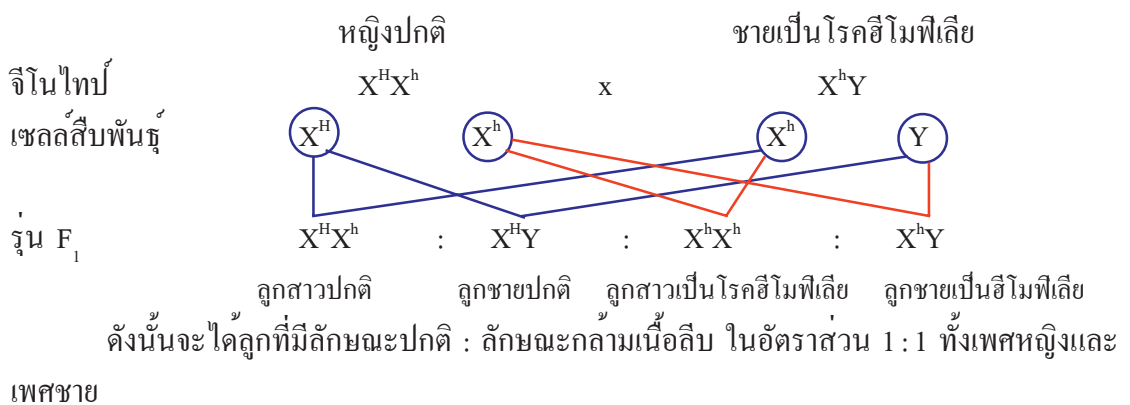


3. โรคฮีโมฟีเลียควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X หญิงคนหนึ่งปกติแต่งงานกับชายที่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย มีลูกสาวคนหนึ่งเป็นโรคฮีโมฟีเลีย จงหา

3.1 จีโนไทป์ของหญิงชายคู่นี้

จากข้อมูลที่ว่าเมื่อหญิงคนนี้แต่งงานกับชายเป็นฮีโมฟีเลีย ซึ่งมีจีโนไทป์ $X^h Y$ และมีลูกสาวคนหนึ่งเป็นฮีโมฟีเลีย แสดงว่าลูกสาวได้รับ X^h มาจากพ่อและแม่ ดังนั้นแม่จึงเป็นพาหะ มีจีโนไทป์เป็น $X^H X^h$ ดังนี้

กำหนดให้ H แทนยีนควบคุมลักษณะปกติ h แทนยีนควบคุมโรคฮีโมฟีเลีย



3.2 จีโนไทป์ของลูกชายและลูกสาวทุกคน

ลูกชายมีจีโนไทป์เป็น $X^H Y$ และ $X^h Y$ ส่วนลูกสาวมีจีโนไทป์ $X^H X^h$ และ $X^h X^h$

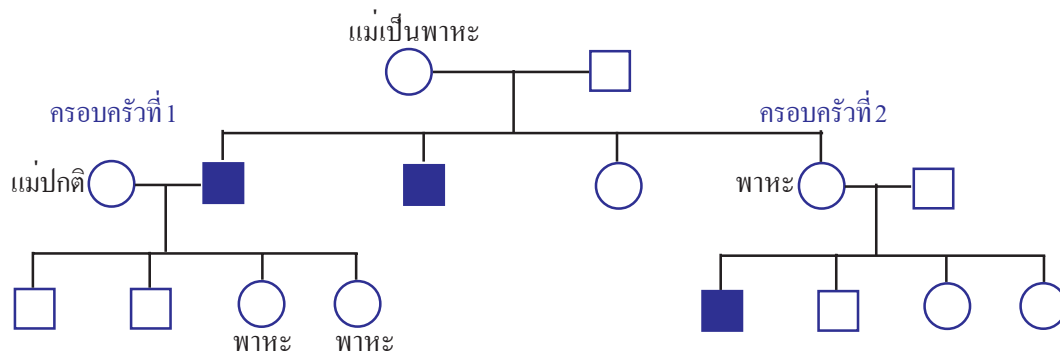
3.3 รอยละของลูกสาวที่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย

ลูกสาวเป็นโรคฮีโมฟีเลียร้อยละ 50

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

4. จากพันธุประวัติของครอบครัวหนึ่งที่มีประวัติเกี่ยวกับโรคฮีโมฟีเลีย

✎ กำหนดให้ H แทนยีนควบคุมลักษณะปกติ h แทนยีนควบคุมฮีโมฟีเลีย



4.1 เหตุใดครอบครัวที่ 1 จึงมีลูกชายที่ไม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย

✎ ครอบครัวที่ 1 มีพ่อเป็นโรคฮีโมฟีเลีย จึงจะถ่ายทอดยีนให้กับลูกสาวเท่านั้น ดังนั้นลูกชายจึงไม่เป็นโรคนี

4.2 เหตุใดครอบครัวที่ 2 จึงมีลูกชายคนหนึ่งเป็นโรคฮีโมฟีเลีย

✎ ลูกชายคนหนึ่งในครอบครัวที่ 2 เป็นโรคฮีโมฟีเลีย แสดงว่าแม่เป็นพาหะมีจีโนไทป์ $X^H X^h$ และถ่ายทอดยีน X^h ให้กับลูกชายคนหนึ่ง

4.3 ลูกสาวของครอบครัวใดที่เป็นพาหะทุกคน เป็นเพราะเหตุใด

✎ ลูกสาวของครอบครัวที่ 1 เป็นพาหะของโรคฮีโมฟีเลียทุกคน เพราะพ่อเป็นโรคฮีโมฟีเลีย และถ่ายทอดยีน X^h ให้กับลูกสาวทุกคน

5. หมู่เลือดระบบ ABO ในคนควบคุมด้วยยีนบนออโทโซม โรคตาบอดสีควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซมเพศ พ่อและแม่มีหมู่เลือด A และตาปกติทั้งคู่ มีลูกชายคนหนึ่งมีหมู่เลือด O และตาบอดสี จงหาอัตราส่วนของฟีโนไทป์ ดังต่อไปนี้

✎ พ่อและแม่มีหมู่เลือด A ตาปกติทั้งคู่ ได้ถูกเป็นหมู่เลือด O ตาปกติ ดังนั้นจีโนไทป์ของหมู่เลือด A ของพ่อและแม่จะเป็น $I^A i$ ลูกจะได้รับ i จากพ่อและแม่มาเข้าคู่กันเป็นหมู่เลือด O ดังนั้นลูกสาวมีหมู่เลือด A และมีตาปกติ จะได้รับยีนตาปกติมาจากพ่อ คือ $X^C Y$ และมาจากแม่ตาปกติ มีจีโนไทป์ $X^C X^c$ ดังนี้

ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก

		พ่อหมู่เลือด A ตาปกติ		แม่หมู่เลือด A ตาปกติ	
จีโนไทป์		$I^A i$	$X^C Y$	$I^A i$	$X^C X^c$
		ไข่			
		$I^A X^C$	$I^A X^c$	$i X^C$	$i X^c$
ลูก	$I^A X^C$	$I^A I^A X^C X^C$	$I^A I^A X^C X^c$	$I^A i X^C X^C$	$I^A i X^C X^c$
	$I^A Y$	$I^A I^A X^C Y$	$I^A I^A X^c Y$	$I^A i X^C Y$	$I^A i X^c Y$
	$i X^C$	$I^A i X^C X^C$	$I^A i X^C X^c$	$ii X^C Y$	$ii X^C Y$
	$i Y$	$I^A i X^c Y$	$I^A i X^c Y$	$ii X^C Y$	$ii X^c Y$

- 5.1 ลูกสาวของพ่อแม่คู่นี้มีหมู่เลือด O และตาปกติในอัตราส่วน 2/16
 5.2 ลูกชายของพ่อแม่คู่นี้มีหมู่เลือด A และตาบอดสีในอัตราส่วน 3/16

16.5.6 ยีนในโครโมโซมเดียวกัน

การนำเข้าสู่บทเรียน ครูอาจตั้งคำถามว่ายีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต แต่ละชนิด มีจำนวนมาก ถ้ายีนต่างๆ อยู่บนโครโมโซมแท่งเดียวกัน เมื่อมีการถ่ายทอดยีนไปสู่เซลล์สืบพันธุ์ ยีนเหล่านี้จะถูกถ่ายทอดไปด้วยกันหรือไม่ ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายอย่างอิสระ โดยใช้ความรู้เดิมที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนที่อยู่บนโครโมโซมต่างคู่กันประกอบการอภิปราย จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและศึกษาการผสมพันธุ์ของแมลงหวี่ลักษณะตัวสีน้ำตาลปีกตรง ที่เป็นเฮเทอโรไซกัสกับลักษณะตัวสีดำปีกโค้ง จากภาพที่ 16-23 แล้วร่วมกันอภิปรายและวิเคราะห์ถึงการถ่ายทอดยีนในโครโมโซมเดียวกันในประเด็นต่อไปนี้

แมลงหวี่ตัวสีน้ำตาลปีกตรงรุ่นพ่อแม่ที่เป็นเฮเทอโรไซกัสสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้กี่ชนิด อะไรบ้าง รุ่น F₂ มีอัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็นเท่าใด

การถ่ายทอดยีนควบคุมลักษณะสีตัวและยีนควบคุมลักษณะปีกของแมลงหวี่เป็นไปตามกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระของเมนเดลหรือไม่เพราะเหตุใด

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับข้อเสนอของดับเบิลยู. เอส. ซัตตัน และการถ่ายทอดยีนในโครโมโซมเดียวกันจากหนังสือเรียน ร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายการถ่ายทอดยีนในโครโมโซมเดียวกัน

จากการสืบค้นและการอภิปรายนักเรียนควรตอบได้ว่า โครโมโซมเป็นแหล่งรวมของยีน ดังนั้นแต่ละโครโมโซมจึงมียีนจำนวนมาก และจากการผสมพันธุ์แมลงหวี่ตัวสีน้ำตาลปีกตรงที่มีจีโนไทป์ที่เป็นเฮเทอโรไซกัสในรุ่นพ่อแม่จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ 2 ชนิด คือ BC และ bc เมื่อผสมกับแมลงหวี่ตัวสีดำปีกโค้ง ซึ่งสร้างเซลล์สืบพันธุ์ชนิดเดียวจะได้รุ่น F₂ มีฟีโนไทป์ 2 ลักษณะ ตัวสีน้ำตาลปีกตรงและตัวสีดำปีกโค้งในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งการถ่ายทอดยีนจะไม่เป็นไปตามกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระของเมนเดล (ถ้าเป็นไปตามกฎของเมนเดล จะได้ฟีโนไทป์ 4 ลักษณะ อัตราส่วนเป็น 9:3:3:1) ครูอาจนำอภิปราย

ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ต่อไปว่าจะเป็นไปได้หรือไม่ว่าการที่ลูกมีฟีโนไทป์ 2 ลักษณะ อัตราส่วน 1:1 เป็นเพราะยีนควบคุมสีตัวและยีนควบคุมลักษณะปีกอยู่ในโครโมโซมเดียวกัน เมื่อมีการถ่ายทอดยีนทั้งสองจะไปปรากฏในเซลล์สืบพันธุ์เพศเดียวกัน

แล้วจากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาการผสมพันธุ์แมลงหวี่ตามภาพที่ 16-24

ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมว่า ลักษณะของลูกตัวสีดำปีกตรงและตัวสีน้ำตาลปีกโค้งเกิดขึ้นได้อย่างไร แล้วให้นักเรียนศึกษาการเกิดครอสซิงโอเวอร์ตามภาพที่ 16-25 ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่ายีนในโครโมโซมเดียวกันจะถ่ายทอดไปด้วยกัน แต่การเกิดครอสซิงโอเวอร์ที่มีการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครมาทิดจะมีผลทำให้ยีนในโครโมโซมเดียวกันที่เคยถ่ายทอดไปด้วยกันบางส่วนจะต้องแยกออกจากกัน และเกิดการรวมกลุ่มของยีนใหม่ (gene recombination) จึงก่อให้เกิดลักษณะที่มีความแปรผัน ซึ่งมีความสำคัญต่อ วิวัฒนาการ

6.5.7 พันธุกรรมที่ขึ้นกับอิทธิพลของเพศ

การนำเข้าสู่หัวข้อนี้ ครูอาจตั้งประเด็นเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

ลักษณะบางลักษณะในคนที่สัมพันธ์กับเพศจำเป็นต้องถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่ในโครโมโซมเพศหรือไม่ เพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างของการถ่ายทอดยีนที่ควบคุมลักษณะที่ขึ้นกับอิทธิพลของเพศ และยีนที่ควบคุมลักษณะบนโครโมโซม X

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของยีนที่ควบคุมลักษณะสีรیشะล้านในเพศชายและเพศหญิงตามภาพที่ 16-26 แล้วร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวในการตอบดังนี้

- ถ้าหญิงสีรیشะล้านแต่งงานกับชายสีรیشะไม่ล้าน ลูกสาวและลูกชายที่เกิด จากชายหญิงคู่นี้จะมีลักษณะสีรیشะเป็นอย่างไร
- ✎ ลูกสาวสีรیشะไม่ล้านแต่เป็นพาหะ ส่วนลูกชายจะมีสีรیشะล้าน

ครูควรเน้นให้นักเรียนเห็นว่าจีโนไทป์ Bb ทำให้ฟีโนไทป์ต่างกัน คือในเพศหญิงสีรیشะไม่ล้าน แต่ในเพศชายสีรیشะล้าน ลักษณะสีรیشะล้านควบคุมด้วยยีนเด่นบนออโตโซม แต่มีการแสดงออกสัมพันธ์กับเพศ ซึ่งขึ้นอยู่กับเพศหรืออิทธิพลของฮอร์โมนเพศชาย ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ

16.5.8 พันธุกรรมจำกัดเพศ

การนำเข้าสู่หัวข้อนี้ ให้นักเรียนศึกษาจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของไก่เพศผู้และเพศเมียตามภาพที่ 16-27 แล้วร่วมกันอภิปรายถึงลักษณะขนหางของไก่ที่ควบคุมด้วยยีนที่มีจีโนไทป์แบบเดียวกัน แต่แสดงออกต่างกัน ในไก่เพศผู้และเพศเมีย คือจีโนไทป์ hh ทำให้ขนหางสั้นในไก่เพศเมีย แต่ในไก่เพศผู้ทำให้ขนหางยาว จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้

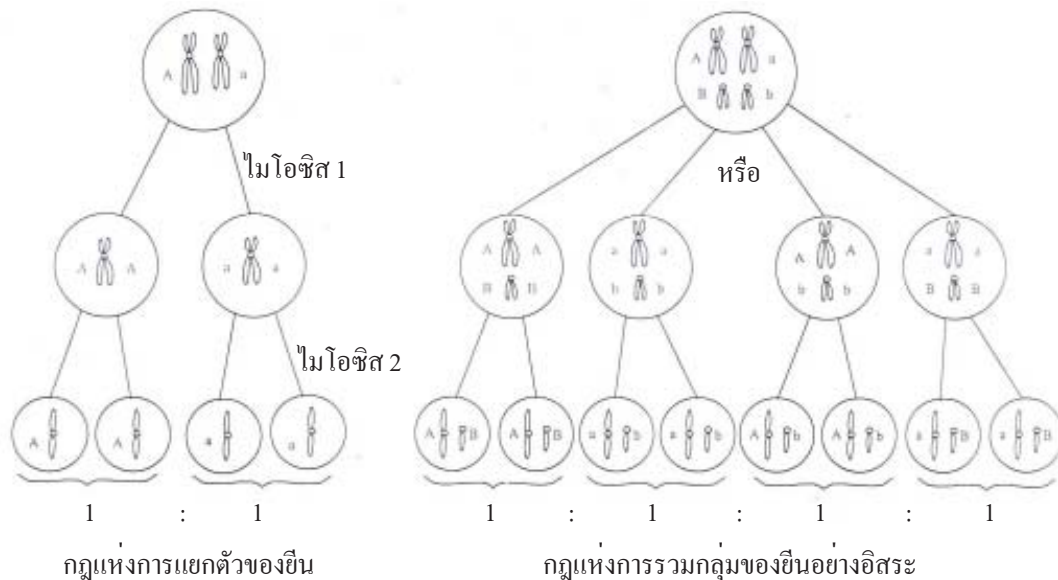
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

- นักเรียนจะสรุปได้อย่างไรเกี่ยวกับการแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะขนหางในไก่
- ✎ ลักษณะขนหางยาวในไก่ถูกจำกัดให้แสดงออกเฉพาะในไก่เพศผู้
- ในการผสมพันธุ์ไก่เพศเมียขนหางสั้นกับไก่เพศผู้ขนหางยาว ลูกไก่ทั้งเพศผู้และเพศเมียที่เกิดขึ้น มีลักษณะขนหางสั้นทุกตัว จงหาจีโนไทป์ของพ่อแม่คู่นี้
- ✎ พ่อและแม่มีจีโนไทป์เป็น HH และ hh

แนวการทำกิจกรรมท้ายบทที่ 16

1. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสสัมพันธ์กับกฎแห่งการแยก และกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระอย่างไร

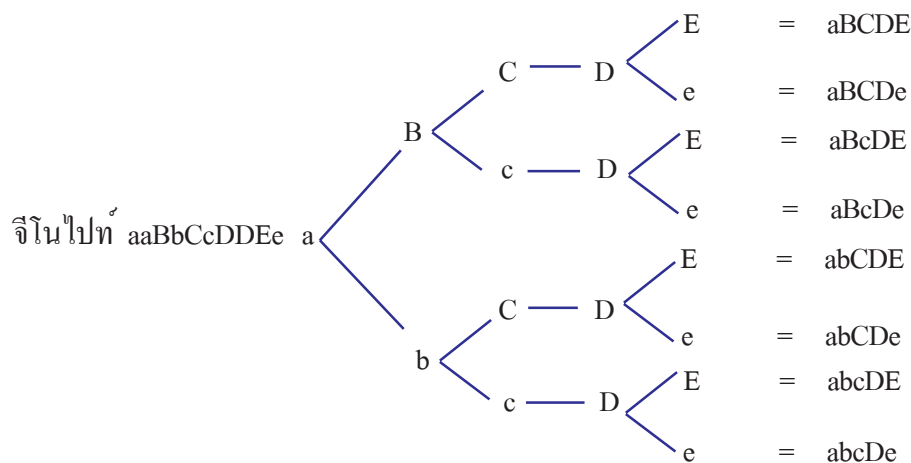
✎ ในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แอลลีลที่เป็นคู่กันในเซลล์ร่างกายจะแยกจากกันไปสู่เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์ นำไปสู่การตั้งกฎแห่งการแยก และยีนแต่ละคู่จะแยกออกจากกัน และมีการรวมกลุ่มกันในเซลล์สืบพันธุ์อย่างอิสระ นำไปสู่การตั้งกฎแห่งการเลือกกลุ่มอย่างอิสระ ดังภาพ



กฎของเมนเดลในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

2. หนูตัวหนึ่งสร้างสเปิร์มชนิด aBCDE เมื่อผสมกับหนูตัวเมียที่มีเซลล์ไข่ชนิด abcDe จงหาจีโนไทป์ของลูกที่เกิดจากการปฏิสนธิ และลูกมีโอกาสสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้กี่ชนิด อะไรบ้าง

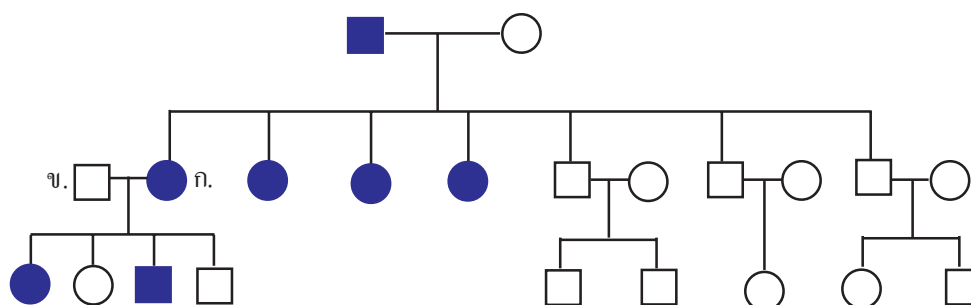
✎ หนูตัวผู้สร้างสเปิร์มชนิด aBCDE ผสมกับเซลล์ไข่ abcDe จะได้ลูกที่มีจีโนไทป์ aaBbCcDDEe เมื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะได้ 8 ชนิด คือ aBCDE aBCDe aBcDE aBcDe abCDE abCDe abcDE abcDe ซึ่งหาได้จากวิธีต่อไปนี้



ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น

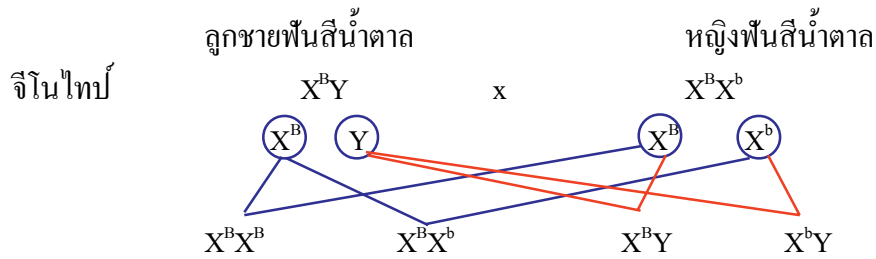
ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่มือครูในระยะแรก

3. หญิงคนหนึ่งเป็นโรคตาบอดสี เมื่อแต่งงานกับชายตาปกติ
 - 3.1 ลูกชายจะมีโอกาสเป็นโรคตาบอดสีหรือไม่
 - ✎ ลูกชายจะได้รับยีนควบคุมลักษณะตาบอดสีมาจากแม่ จึงมีโอกาสเป็นโรคตาบอดสี
 - 3.2 ลูกสาวจะเป็นตาบอดสีหรือเป็นพาหะ
 - ✎ ลูกสาวได้รับยีนควบคุมลักษณะตาบอดสีมาจากแม่ฝ่ายเดียว จึงเป็นพาหะทุกคน
4. ในการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของมนุษย์ทำได้ยากกว่าในพืช จึงให้เหตุผลว่าเป็นเพราะเหตุใด
 - ✎ เป็นเพราะว่าคนมีช่วงชีวิตแต่ละชั่วรุ่นยาวนาน และจำนวนของลูกหลานที่เกิดขึ้นมีจำนวนไม่มากพอ ทำให้การควบคุมการทดลองเป็นไปได้ยาก จึงทำนายการเปลี่ยนแปลงของลักษณะต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ไม่ดี
5. ชายคนหนึ่งมีฟันเป็นสีน้ำตาล แต่งานกับหญิงที่มีฟันสีขาว มีลูกสาว 4 คน ทุกคนมีฟันสีน้ำตาล และมีลูกชาย 3 คน ทุกคนมีฟันสีขาว ต่อมาลูกชายทุกคนไปแต่งงานกับหญิงฟันสีขาว ลูกทุกคนมีฟันสีขาว ส่วนลูกสาวคนหนึ่ง (ก) ในจำนวน 4 คน แต่งานกับชาย (ข) ที่มีฟันสีขาว มีลูกทั้งหมด 4 คน เป็นลูกสาว 2 คน คนหนึ่งมีฟันสีน้ำตาล อีกคนหนึ่งมีฟันสีขาว และลูกชาย 2 คน คนหนึ่งมีฟันสีน้ำตาล และอีกคนมีฟันสีขาว
 - 5.1 จงเขียนสายพันธุ์ประวัติของครอบครัวนี้
 - ✎ สายพันธุ์ประวัติของครอบครัวนี้อาจเป็นดังนี้

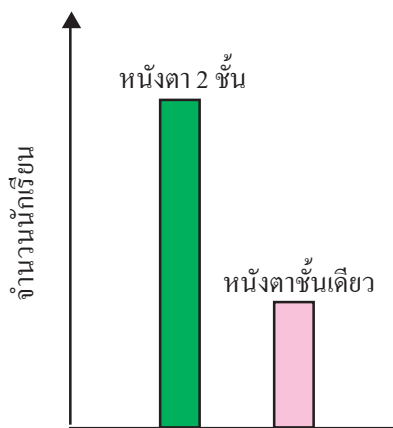


- 5.2 การถ่ายทอดลักษณะฟันสีน้ำตาลของคนในครอบครัวถูกควบคุมด้วยยีนเด่นหรือยีนด้อย และยีนมีตำแหน่งอยู่ที่โครโมโซมชนิดใด
 - ✎ ลักษณะฟันเป็นสีน้ำตาลควบคุมด้วยยีนเด่น และยีนมีตำแหน่งอยู่ที่โครโมโซม X
- 5.3 ถ้าลูกชายมีฟันสีน้ำตาลที่เกิดจาก ก และ ข ไปแต่งงานกับหญิงฟันสีน้ำตาล ซึ่งพ่อมีฟันสีขาว ลูกสาวและลูกชายที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะสีของฟันเป็นอย่างไร คิดเป็นร้อยละเท่าใด
 - ✎ กำหนดให้ B แทนยีนควบคุมลักษณะฟันสีน้ำตาล และ b แทนยีนควบคุมลักษณะฟันสีขาว ดังนั้นลูกชายของ ก. และ ข. มีฟันสีน้ำตาล จะมีจีโนไทป์เป็น X^BY แต่งานกับหญิงฟันสีน้ำตาล ซึ่งมีพ่อฟันสีขาว จึงมีจีโนไทป์เป็น X^BX^b เนื่องจากได้รับยีน X^b มาจากพ่อ ลูกที่เกิดขึ้นมีลักษณะสีของฟันดังนี้
 - ลูกสาวมีฟันสีน้ำตาลร้อยละ 100
 - ลูกชายมีฟันสีน้ำตาล : ฟันสีขาว เท่ากับ 1 : 1 หรือร้อยละ 50 ดังนี้

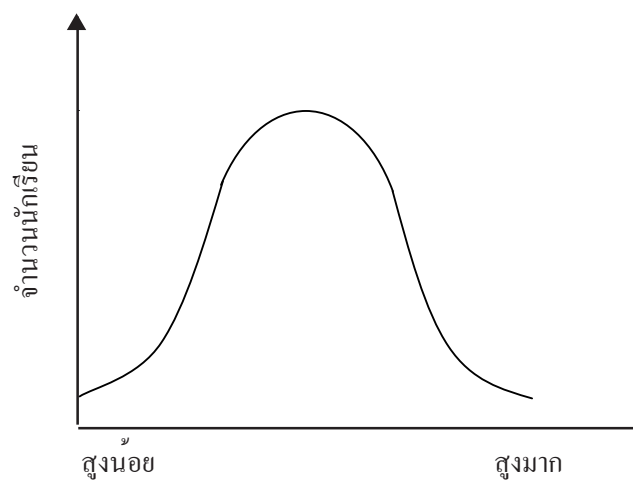
ฉบับร่าง (เนื้อหายังไม่ถูกต้อง 100%) - มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ



6. จากการสำรวจ ลักษณะหน้าตา และความสูงของนักเรียนทั้งชั้นในโรงเรียนแห่งหนึ่ง แล้วนำข้อมูลมาเขียนเป็นกราฟ จะได้กราฟดังกราฟ ก. และกราฟ ข. จากข้อมูลนี้อะไรที่เราได้บ้าง



ก.



ข.

✎ กราฟ ก. แสดงลักษณะหน้าตาชั้นเดียว และหน้าตาสองชั้น เป็นลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากควบคุมด้วยยีน 1 คู่ เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่อง

กราฟ ข. แสดงลักษณะความสูงของคน เป็นลักษณะที่แตกต่างกันไม่ชัดเจน ความแตกต่างจะลดหลั่นกัน เนื่องจากถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ จึงเป็นลักษณะที่มีการแปรผันต่อเนื่อง

7. นาย ก. กำลังวางแผนจะแต่งงานกับนางสาว ข. ที่เป็นคู่รัก แต่ นาย ก. ทราบภายหลังว่า ตัวเขาเป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมีย และสามารถถ่ายทอดสู่ลูกได้

**ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเท่านั้น
เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูมือครูในระยะแรก**

นาย ก. จะมีทางเลือกอย่างไรบ้างที่จะไม่ให้ลูกที่เกิดมาเป็นโรคทาลัสซีเมีย



ทางเลือกที่	ลำดับความสำคัญของทางเลือก
1. สืบประวัติเกี่ยวกับการถ่ายทอดโรคทาลัสซีเมียของครอบครัวและเครือญาติของนางสาว ข.	2
2. นางสาว ข. ได้รับการตรวจการเป็นพาหะของโรคทาลัสซีเมียในระดับพื้นฐาน	3
3.ปรึกษาแพทย์หากพบว่า นางสาว ข. เป็นพาหะของโรคทาลัสซีเมีย กรณีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคนี้ในลูก	1



การตัดสินใจครั้งสุดท้าย
ให้นางสาว ข. ได้รับการตรวจกรองพาหะของโรค ถ้าหากพบว่า นางสาว ข. ไม่เป็นพาหะของโรค ก็ตัดสินใจแต่งงานกับนางสาว ข. ลูกที่เกิดขึ้นจะไม่มีโอกาสเป็นโรคทาลัสซีเมีย แต่ถ้าตรวจพบว่านางสาว ข. เป็นพาหะของโรคก็ควรปรึกษาขอคำแนะนำจากแพทย์ เพื่อดูความเสี่ยงของการเกิดโรคทาลัสซีเมียในลูก เพื่อตัดสินใจว่าควรจะมีลูกหรือไม่ หากมีอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคสูง

แหล่งเรียนรู้

เอกสารประกอบการค้นคว้า

สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย. **หลักพันธุศาสตร์**. กรุงเทพฯ. 2546.

Biggs, A., Kapicka, C. and Lundgren, L. **Biology The Dynamics of Life**. Teacher Wraparound edition. McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America. 1998.

Campbell, N. A. and Reece, J. B. **Biology**. 6th ed. Benjamin Cummings Publishing Company, Inc. California. 2002.

Freeman, S. **Biological Science**. Prentice-Hall, Inc. United States of America. 2002.

Hartwell, L. and etc. **Genetics**. McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America. 2000.

Lewis, R. **Human Genetics**. 5th ed. McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America. 2003.

Postlethwait, J. H. and Hopson, J. H. **The Nature of Life**. 3rd ed. McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America. 1995.

Starr, C. and Taggart, R. **Cell Biology and Genetics**. Von Hoffmann Press. United States of America. 2001.

เว็บไซต์

http://www.biology.arizona.edu/mendelian_genetics/mendelian_genetics.html เป็นความรู้เสริมเกี่ยวกับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม