

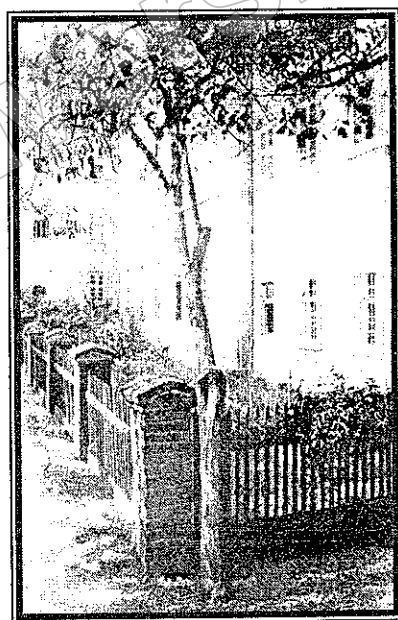
เมนเดลชอบศึกษาเรื่องศาสนาปรัชญา วิทยาศาสตร์ วรรณคดี และเกษตรศาสตร์ ณ วัดแห่งนี้เมนเดลได้เป็นผู้ดูแลสวนไม้ดอกและไม้ผล จน ค.ศ. 1857 เริ่มทดลองผสมพันธุ์ถั่วลันเตา (*Pisum sativum*) หลังจากที่ตั้งเกพบว่าไม้ประดับต่าง ๆ นั้นเมื่อผสมพันธุ์ออกมากลับมีลักษณะแตกต่างกันออกไปได้หลังจากการทดลองผสมพันธุ์พืชหลาย ๆ ชนิด ในที่สุดก็เลือกถั่วลันเตาเป็นพืชทดลอง เพราะถั่วลันเตามีลักษณะต่างแตกต่างกันมาก ปลูกง่าย อายุสั้น ให้เมล็ดพันธุ์มาก สามารถผสมข้ามต้นได้ง่าย และได้ผลดี เมนเดลนำถั่วลันเตาลักษณะต่าง ๆ มาผสมกัน และบันทึกผลการทดลองที่ได้จากการสังเกตไว้เสมอ เนื่องจากเมนเดลมีความรู้ในทางคณิตศาสตร์และสถิติดี จึงนำเอาหลักคณิตศาสตร์และสถิติมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ทำให้เมนเดลได้แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่มีแบบแผนที่ชัดเจนและแน่นอนอย่างที่ไม่เคยมีนักธรรมชาติวิทยาคนใดกระทำมาก่อน



ภาพที่ 2.4 เมนเดลทดลองในสวนของวัด

ที่มา : ภาพที่ 2.4 www.acad.swarthmore.edu/.../the_history_of_gene_testin.htm

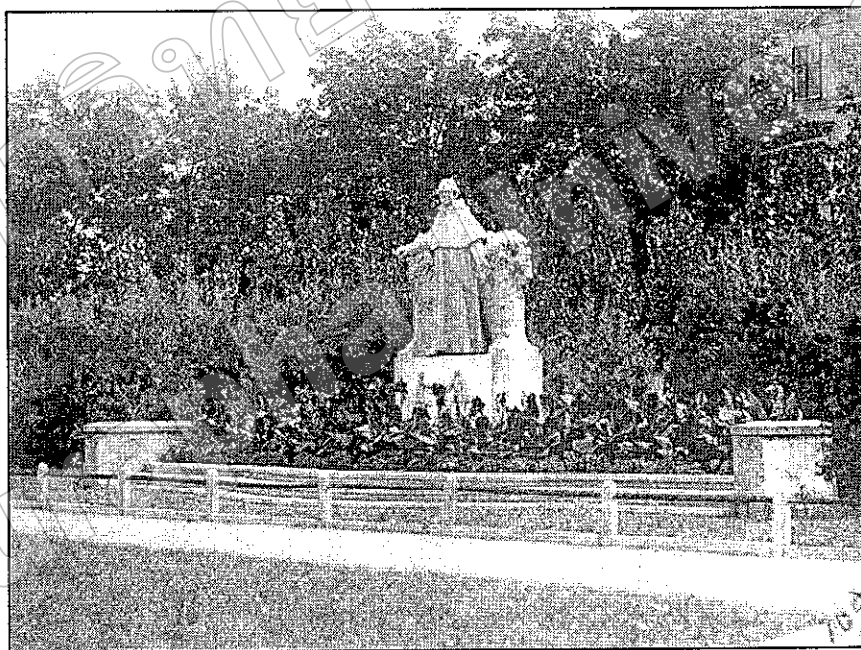
ที่มา : ภาพที่ 2.5 www.library.villanova.edu/html2/lib/mendel/mendexhib.htm



ภาพที่ 2.5 บริเวณวัดออกัสติส
ที่เมนเดลทดลอง

ในปี ค.ศ. 1865 เมนเดลเสนอผลงานการทดลองต่อที่ประชุมประจำปีของสมาคมธรรมชาติวิทยา ณ กรุงบรุนน์ แต่น่าเสียดายที่ไม่มีผู้ใดให้ความสนใจผลงานของเขา ทั้งนี้เป็นเพราะว่านักวิชาการส่วนมากคิดว่าเมนเดลเกิดความคิดสับสนที่นำหลักคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องกับการศึกษาธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นผลงานของเมนเดลจึงถูกละเลยเรื่อยมาเป็นเวลา 35 ปี จนได้ถูกค้นพบใหม่อีกครั้งในปี ค.ศ. 1900 โดยนักชีววิทยาทั้ง 3 ท่าน ได้แก่ ฮูโก เด ฟรีส์ (Hugo de Vries) จากประเทศฮอลแลนด์ คาร์ล คอร์เรนส์ (Carl Correns) จากประเทศเยอรมัน และ เอริช ฟอน เซอร์แมค (Erich von Tschermak) จากประเทศออสเตรีย นักชีววิทยาทั้ง 3 ท่านนี้ทดลองในพืชชนิดอื่น และได้ผลเช่นเดียวกับผลงานเมนเดล จึงทำให้ผลงานของเมนเดลเป็นที่รู้จักกันมาจนถึงทุกวันนี้ เมนเดลได้รับยกย่องว่าเป็น “บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์” หลังจากที่เขาถึงแก่กรรมแล้ว 16 ปี

จากการรื้อฟื้นผลงานของเมนเดลนี้เองทำให้นักผสมพันธุ์พืชและนักชีววิทยาทั่วไปได้ให้ความสนใจวิธีการศึกษาชีววิทยาแนวใหม่ตามแบบของเมนเดล



ภาพที่ 2.6 อนุสาวรีย์เมนเดลในสวน โมแนสเทอรี ในกรุงบรุนน์

ที่มา : <http://www.library.villanova.edu/html2/lib/mendel/orimenstat.JPG>

การศึกษาพันธุกรรมของเมนเดล

ผลงานการทดลองของเมนเดลเป็นที่มาของกฎการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

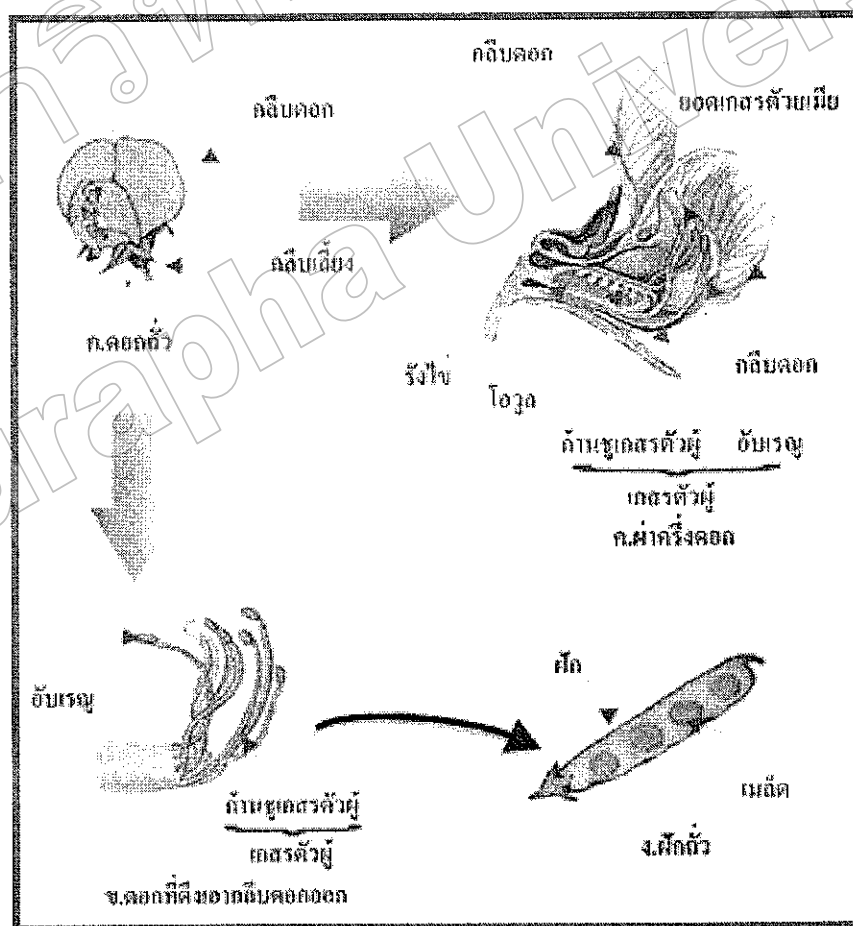
2 ข้อ คือ

1. กฎการแยกตัว (Law of Segregation)
2. กฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ (Law of Independent Assortment)

เมนเดลประสบความสำเร็จในการทดลอง เพราะเมนเดลรู้จักเลือกสิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษาดังนี้

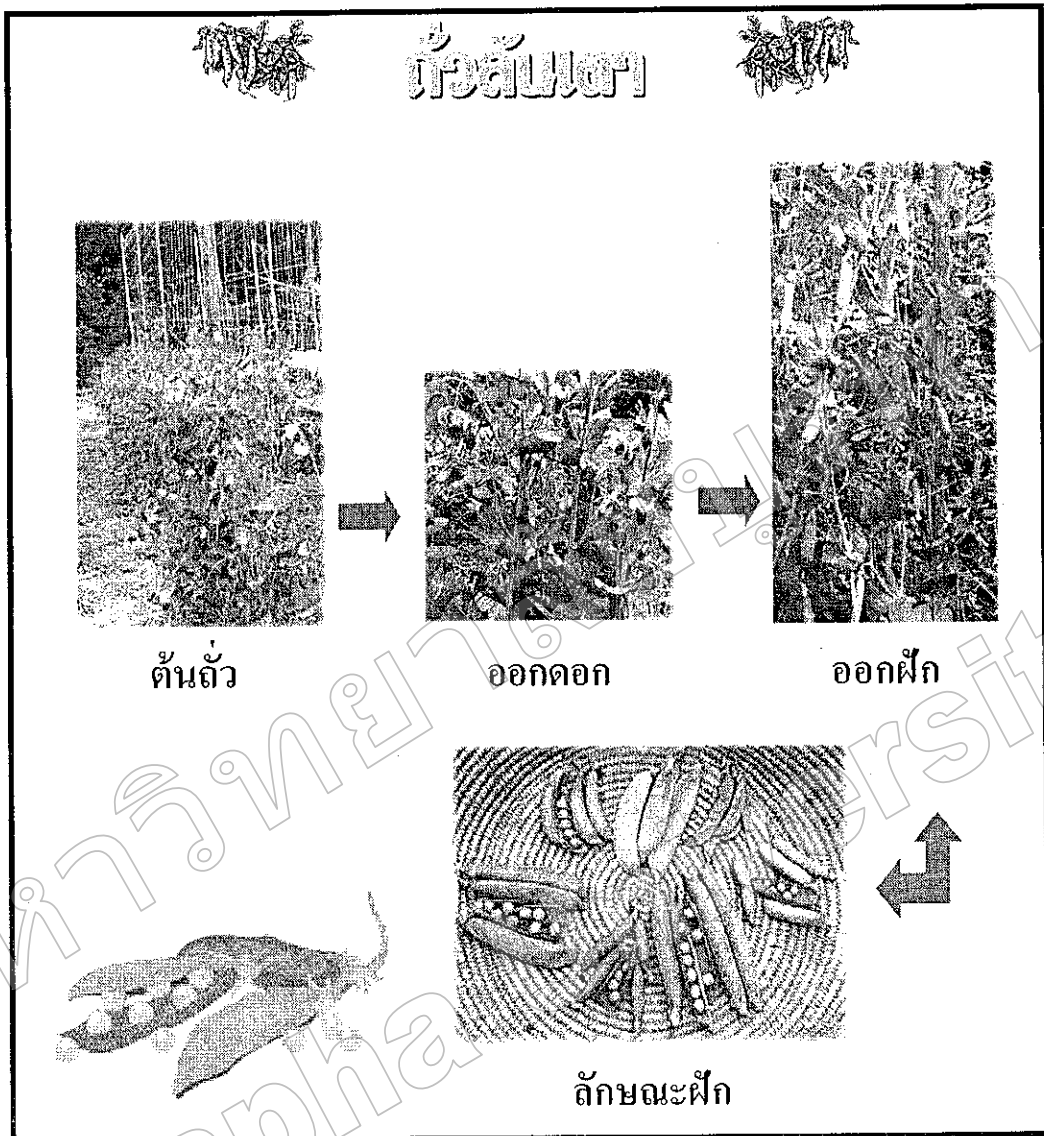
1. เมนเดลเลือกใช้ถั่วลันเตา (*Pisum sativum*) เป็นตัวอย่างทดลอง เพราะ

- 1.1. ถั่วลันเตาเป็นพืชที่ปลูกง่าย อายุสั้น ทำให้ทราบผลการทดลองได้เร็วกว่าพืชที่มีอายุยืน
- 1.2. มีหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์ให้ลักษณะแตกต่างกันออกไปทำให้มีโอกาเลือกพันธุ์ได้มาก
- 1.3. สามารถผสมพันธุ์ได้ภายในดอกเดียวกันควบคุมการเกิดการผสมข้ามดอกได้ง่าย
- 1.4. ดอกถั่วลันเตามีกลีบดอกปกคลุมยอดเกสรตัวเมียจึงป้องกันมิให้ลมและแมลงพาละอองเรณูมาผสมกับเกสรตัวเมียได้ง่าย ๆ ทำให้สามารถควบคุมการผสมพันธุ์กับละอองเรณูตามต้องการได้



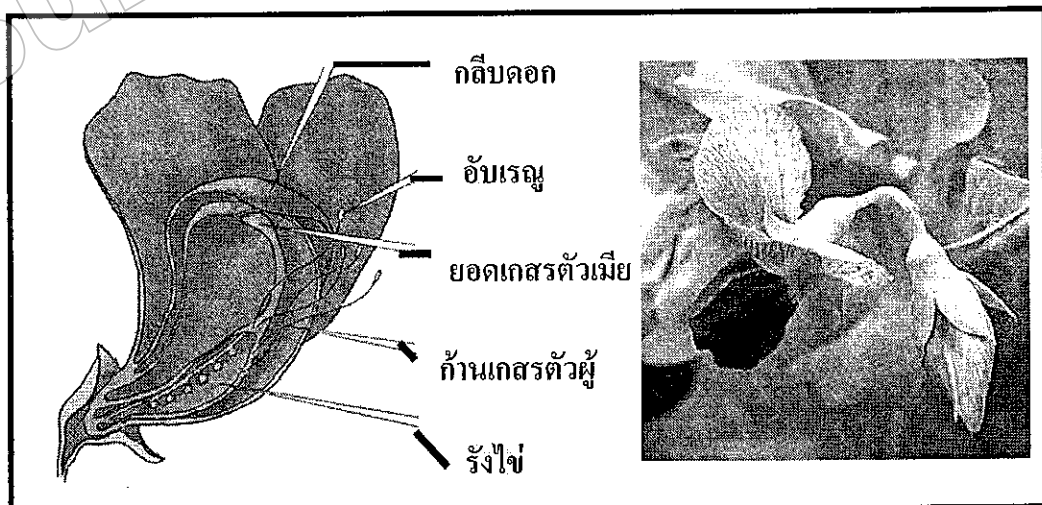
ภาพที่ 2.7 ส่วนประกอบต่างๆ ของดอกและฝักของถั่วลันเตา

ที่มา : <http://flopatty.hypermart.net/mendel.html>



ภาพที่ 2.8 ถั่วลิสงในระยะต่างๆ

ที่มา : www.floridata.com/ref/p/pisu_sat.cfm

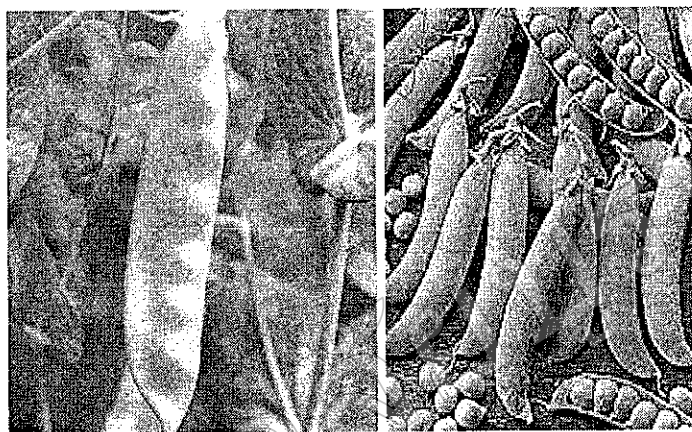


ภาพที่ 2.9 แสดงเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียของดอกถั่วลิสง

ที่มา : <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/BotanicalGarden/HTMLs/endou.html>

2. เมนเดลรู้จักเลือกศึกษาในลักษณะที่ตรงกันข้ามกันอย่างเด่นชัด

เช่น สีดอก สีม่วงเข้มผสมกับสีขาว ความสูงของลำต้น ลำต้นสูงผสมกับลำต้นเตี้ย
 สีฝัก สีเหลืองผสมกับสีเขียว ฯลฯ

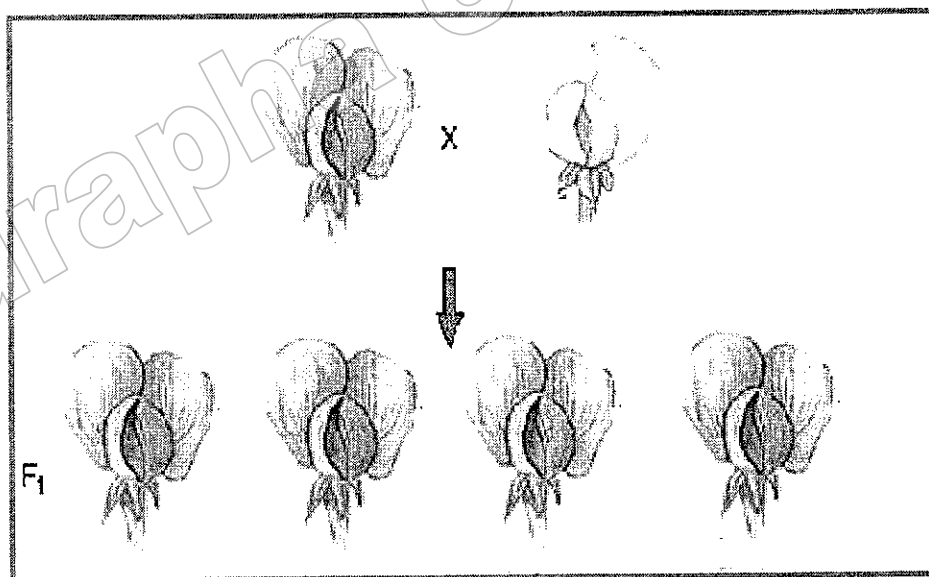


ภาพที่ 2.10 ความแตกต่างของสีฝักของถั่วลันเตา

ที่มา : www.graines.ch/biosamen/db-access/blumen_detail.asp?ID=870&kategorie=488

ที่มา : www.ku.ac.th/AgrInfo/fruit/veget/v25.html

3. เมนเดลศึกษาทีละลักษณะก่อน เมื่อได้ผลสำเร็จแล้วจึงศึกษาสองลักษณะพร้อมกัน



ภาพที่ 2.11 การผสมลักษณะดอกสีขาว กับลักษณะดอกสีม่วง ได้สีม่วงล้วน

ที่มา : www.lifesci.utexas.edu/faculty/sjasper/bio301L/genetics.html

ในการทดลองผสมถั่วลิสงเตานั้น เมนเดลใช้ถั่วลิสงเตาพันธุ์แท้ลักษณะต่าง ๆ 7 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ศึกษา	ลักษณะเด่น	ผสมกับ	ลักษณะด้อย
1. ความยาวของลำต้น	 สูง	X	 เตี้ย
2. ตำแหน่งดอก	 ตามกิ่ง	X	 ปลายกอด
3. รูปร่างของฝัก	 อวบ	X	 แฟบ
4. รูปร่างของเมล็ด	 กลม	X	 ขรุขระ
5. สีของเมล็ด	 สีเหลือง	X	 สีเขียว
6. สีของดอก	 สีม่วง	X	 สีขาว
7. สีของเปลือกนอก	 สีเขียว	X	 สีเหลือง

ภาพที่ 2.12 แสดงการผสมพันธุ์ถั่วลิสงเตา 7 ลักษณะ

ที่มา : <http://flopatty.hypermart.net/mendel.html>

ขั้นตอนการศึกษาของเมนเดล

เมนเดลได้ศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของถั่วลิสงโดยนำมาศึกษาทีละลักษณะในตารางที่ 2.1 การผสมโดยพิจารณาเพียงหนึ่งลักษณะ (monohybrid cross) ทั้งหมด 7 ลักษณะดังนี้

1. ลักษณะดอกสีม่วงกับดอกสีขาว
2. ลักษณะเมล็ดสีเหลืองกับเมล็ดสีเขียว
3. ลักษณะเมล็ดกลมกับเมล็ดขรุขระ
4. ลักษณะฝักสีเขียวกับฝักสีเหลือง
5. ลักษณะฝักอวบกับฝักแฟบ
6. ลักษณะการออกดอกที่ปลายกิ่งกับออกดอกที่ปลายยอด
7. ลักษณะต้นสูงกับต้นเตี้ย

เนื่องจากผลการทดลองทั้ง 7 ลักษณะได้ผลเหมือนกันคือ ลูกผสม F_1 มีลักษณะแบบเดียวเท่านั้น ส่วน F_2 มีลักษณะ 2 แบบ และมีอัตราส่วนใกล้เคียง 3 : 1 ดังตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการทดลองผสมพันธุ์ถั่วลิสงของเมนเดล

ลักษณะที่ศึกษา	รุ่นที่ 1 (F_1)	รุ่นที่ 2 (F_2) ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย	อัตราส่วน
 X  Purple White	ดอกสีม่วงทั้งหมด	705 ม่วง : 224 ขาว	3.15 : 1
 X  Yellow Green	เมล็ดสีเหลืองทั้งหมด	6,022 เหลือง : 2,001 เขียว	3.01 : 1
 X  Round Wrinkled	เมล็ดกลมทั้งหมด	5,474 กลม : 1,850 ขรุขระ	2.96 : 1
 X  Green Yellow	ฝักสีเขียวทั้งหมด	428 เขียว : 152 เหลือง	2.82 : 1
 X  Hound Constricted	ฝักอวบ	882 อวบ : 229 แฟบ	2.95 : 1
 X  Axial Top	ดอกตามกิ่งทั้งหมด	651 ที่กิ่ง : 207 ที่ยอด	3.14 : 1
 X  Tall Dwarf	ลำต้นสูงทั้งหมด	787 สูง : 277 เตี้ย	2.84 : 1

จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1 เมนเดลสังเกตเห็นว่า ลูกรุ่น F_1 จะแสดงลักษณะเพียงอย่างเดียวนั้น ในขณะที่รุ่นพ่อ - แม่ มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น พ่อมีลักษณะดอกสีม่วงกับแม่มีลักษณะดอกสีขาว รุ่นลูก F_1 มีลักษณะดอกสีม่วงเพียงอย่างเดียวลักษณะดอกสีขาวไม่แสดงออกมา

เมื่อให้ลูกรุ่น F_1 ผสมกันเองได้ลูกรุ่น F_2 ในอัตราส่วนลักษณะดอกสีม่วงกับลักษณะดอกสีขาว 3 : 1 แสดงว่าลักษณะของดอกสีขาวไม่ได้สูญหายไปไหนแต่ถูกข่มไว้ในรุ่น F_1 จึงสามารถแสดงออกมาได้ในลูกรุ่น F_2 เมนเดล เรียกลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F_1 (ดอกสีม่วง) ว่า **ลักษณะเด่น** (dominant) และเรียกลักษณะดอกสีขาวที่ถูกข่มไว้ในรุ่น F_1 ว่า **ลักษณะด้อย** (recessive)

ลักษณะเด่น หมายถึง ลักษณะที่ปรากฏออกมาในรุ่นลูก หรือรุ่นต่อไปเสมอ เช่น ถ้านำสิ่งมีชีวิตลักษณะตรงข้ามกัน และเป็นพันธุ์แท้ทั้ง 2 ฝ่าย มาผสมพันธุ์กัน เช่น นำถั่วต้นสูงพันธุ์แท้ผสมกับถั่วต้นเตี้ยพันธุ์แท้ ลูกที่เกิดขึ้นจะให้ต้นสูงทั้งหมด และถ้าให้ต้นสูงรุ่นลูกผสมกันเองรุ่นหลานที่เกิดขึ้นก็ยังมีต้นสูงปรากฏอยู่อีก กรณีเช่นนี้ถือว่าต้นสูงเป็นลักษณะเด่น

ลักษณะด้อย หมายถึง ลักษณะที่มีโอกาสปรากฏในรุ่นต่อไปได้น้อยกว่า เช่น ในกรณีการผสมระหว่างถั่วต้นสูงกับถั่วต้นเตี้ยพันธุ์แท้ ต้นเตี้ยจะเป็นลักษณะด้อย เพราะไม่ปรากฏออกมาในรุ่นลูก แต่เมื่อนำถั่วต้นสูงในรุ่นลูกมาผสมกันเองจะได้ถั่วต้นสูง 3 ส่วน ต้นเตี้ย 1 ส่วน นั่นคือลักษณะด้อยมีโอกาสดำเนินการในรุ่นต่อมาได้น้อยกว่าลักษณะเด่น

เมนเดลสรุปว่า

1. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต จะถูกควบคุมโดยยีน (สมัยเมนเดลใช้คำว่า factor ต่อมาภายหลังจึงเปลี่ยนมาใช้ยีน แทน)
2. ยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมจะอยู่เป็นคู่
3. ยีนที่อยู่เป็นคู่จะแยกจากกันแล้วเข้าสู่หน่วยสืบพันธุ์ละหนึ่งยีนและเมื่อมีการปฏิสนธิระหว่างหน่วยสืบพันธุ์จะทำให้ยีนก็จะกลับมาอยู่เป็นคู่อีกเช่นเดิม

กฎการแยกตัว

เมนเดล สรุปใจความของกฎการแยกตัวว่า

“ ลักษณะของสิ่งมีชีวิตถูกควบคุมด้วยยีนและยีนจะปรากฏเป็นคู่ๆ เสมอ ในการสร้างหน่วยสืบพันธุ์นั้นยีนที่อยู่เป็นคู่ๆ จะแยกจากกัน แล้วเข้าสู่หน่วยสืบพันธุ์หน่วยละ 1 ยีน เมื่อมีการผสมระหว่างหน่วยสืบพันธุ์ เช่น สเปิร์มผสมกับไข่ ยีนก็จะกลับมาอยู่เป็นคู่ๆ อีกเช่นเดิม ”

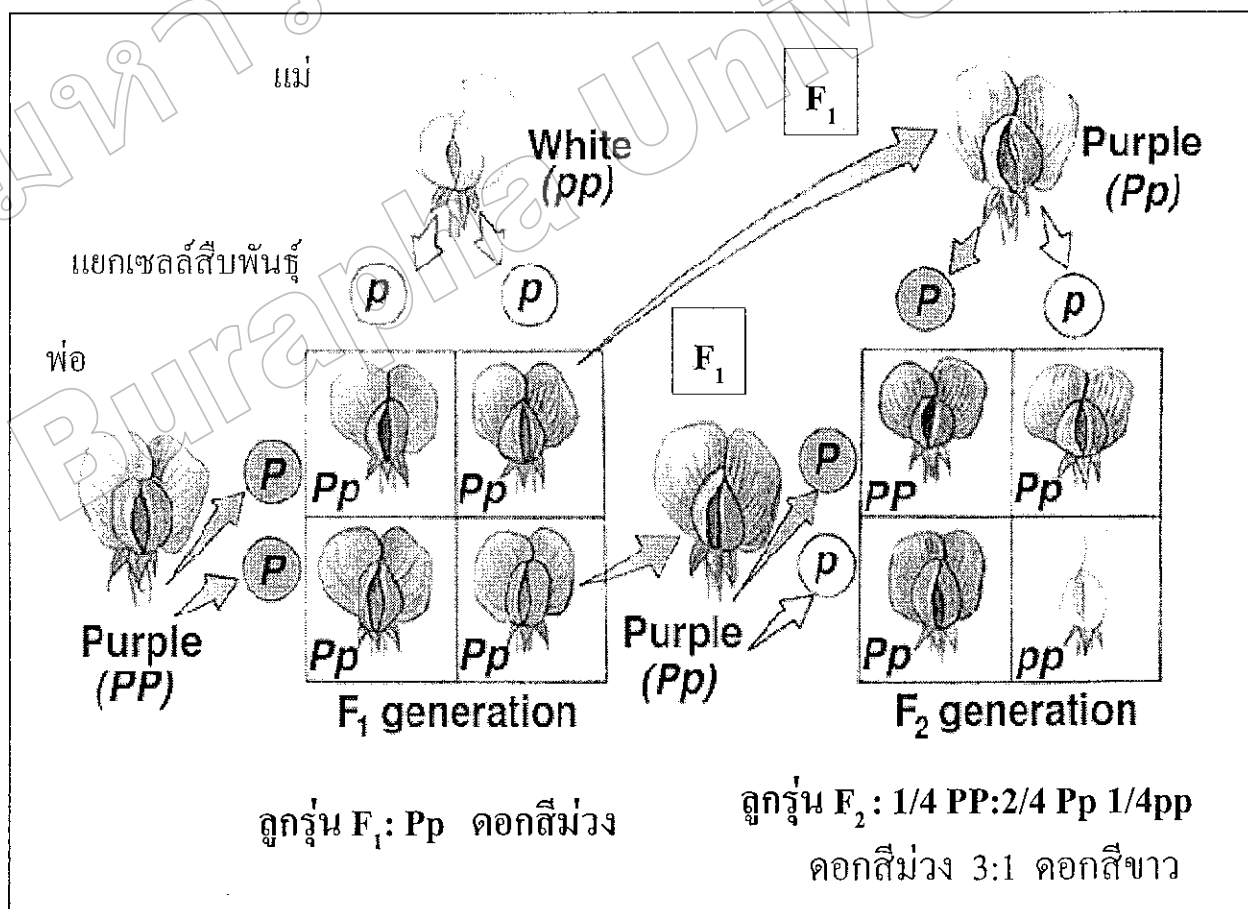
การใช้สัญลักษณ์อักษรภาษาอังกฤษแทนยีน ทำให้สามารถเข้าใจการการแยกตัวของยีน ตามที่เมนเดลอธิบายได้ง่ายขึ้น

เช่น กำหนดให้ P เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะดอกสีม่วง

p เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะดอกสีขาว

การผสมถั่วลันเตาดอกสีม่วงพันธุ์แท้ (PP) กับ ดอกสีขาวพันธุ์แท้ (pp) ซึ่งเป็นรุ่นพ่อแม่

(Parents generation : ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยตัว P) พบว่า รุ่นลูก F₁ มีลักษณะฟีโนไทป์ ดอกสีม่วงทั้งหมด มีลักษณะจีโนไทป์ Pp เมื่อให้ลูกรุ่น F₁ ผสมกันเองได้ลูกรุ่น F₂ ถั่วลันเตารุ่น F₂ มีลักษณะฟีโนไทป์ ดอกสีม่วงกับดอกสีขาว ในอัตราส่วน 3 : 1 มีลักษณะจีโนไทป์ PP : Pp : pp ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ซึ่งสรุปเป็นแผนภาพดังนี้



ภาพที่ 2.13 แสดงแบบแผนการผสมพันธุ์และการถ่ายทอดพันธุกรรม แบบโมโนไฮบริด

ที่มา : www.lifesci.utexas.edu/faculty/sjasper/bio301L/genetics.html

ในการผสมพันธุ์โดยพิจารณาหนึ่งลักษณะ เช่น ในการผสมถั่วลิสงที่มีเมล็ดกลมกับเมล็ดขรุขระซึ่งเป็นพันธุ์แท้ทั้งคู่ โดยกำหนดให้ถั่วลิสงที่มีเมล็ดกลมมียีนเป็น RR และถั่วลิสงที่มีเมล็ดขรุขระมียีนเป็น rr เราสามารถเขียนผังการปฏิสนธิโดยใช้สัญลักษณ์ของยีนดังนี้

พ่อ X แม่



RR

rr

เซลล์สืบพันธุ์

R

r

รุ่นลูก F_1

Rr

เซลล์สืบพันธุ์

รุ่นลูก F_2

ละอองเรณู			
ไข่		R	r
	R	RR 	Rr 
	r	Rr 	rr 

ฟีโนไทป์ ลักษณะเมล็ดกลม : ลักษณะเมล็ดขรุขระ

จีโนไทป์ $1/4 RR : 2/4 Rr : 1/4 rr$

ภาพที่ 2.14 การผสมพันธุ์ระหว่างถั่วลิสงเมล็ดกลมกับถั่วลิสงเมล็ดขรุขระ

ที่มา : www.ca.uky.edu/agcollege/plantpathology/farman/peapu1.gif

กฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ

เมนเดล ได้ทดลองผสมพันธุ์ถั่วลิสงที่มีลักษณะแตกต่างกัน 2 ลักษณะ เรียกว่า

การผสมโดยพิจารณาสองลักษณะ (dihybrid cross) เช่น

กำหนดให้ R = ยีนที่ควบคุมลักษณะเมล็ดกลม

r = ยีนที่ควบคุมลักษณะเมล็ดขรุขระ

Y = ยีนที่ควบคุมลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดสีเหลือง

y = ยีนที่ควบคุมลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดสีเขียว

การผสมพันธุ์ระหว่างถั่วลิสงที่มีเมล็ดกลมสีเหลืองพันธุ์แท้ ($RRYY$) ผสมกับถั่วลิสงที่มีเมล็ด

ขรุขระสีเขียวพันธุ์แท้ ($rryy$) ได้รุ่นลูก F_1 มีลักษณะเมล็ดกลมสีเหลืองทั้งหมด หลังจากนั้นนำรุ่นลูก F_1

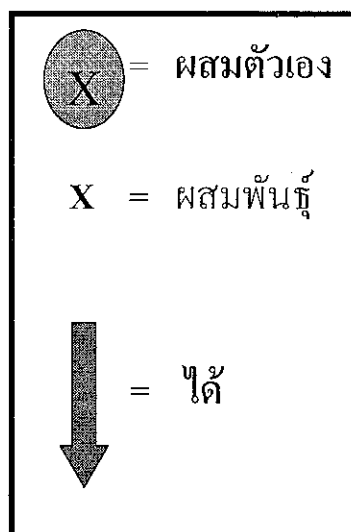
ผสมตัวเอง ได้รุ่นลูก F_2 มีฟีโนไทป์เมล็ดกลมสีเหลือง : เมล็ดกลมสีเขียว : เมล็ดขรุขระสีเหลือง :

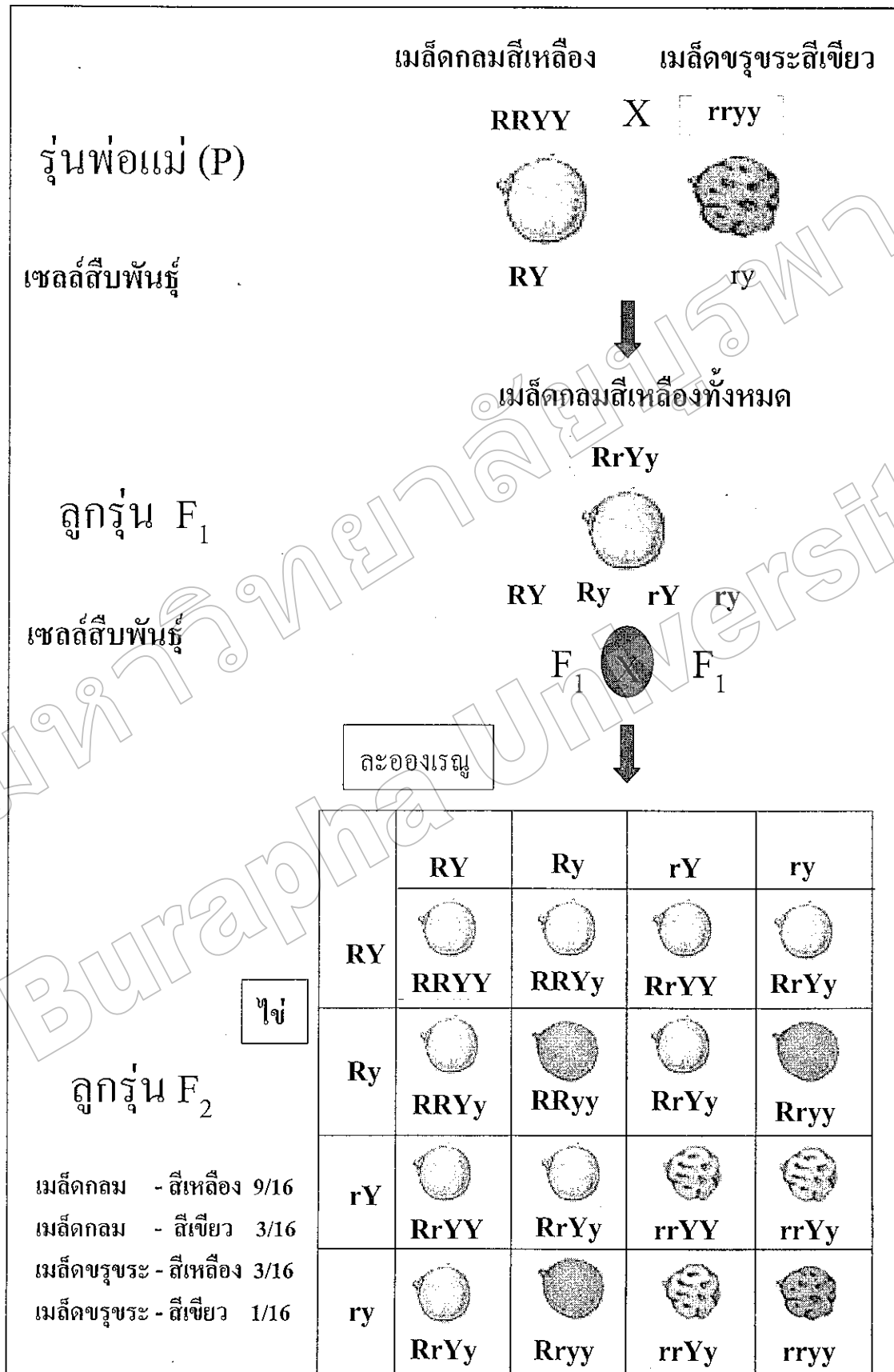
เมล็ดขรุขระสีเขียว ในอัตราส่วน 9:3:3:1 และจีโนไทป์ที่ได้ $RRYY : RRYy : RrYY : RrYy :$

$RRyy : Rryy : rrYY : rrYy : rryy$ ในอัตราส่วน 1:2:2:4:1:2:1:2:1

สัญลักษณ์

ดังนี้





ภาพที่ 2.15 การผสมพันธุ์โดยพิจารณาสองลักษณะ

ที่มา : www.science.siu.edu/plant-biology/PLB117/JPEGs%20CD/0200.JPG

เมนเดลสรุปเกี่ยวกับกฎข้อที่ 2 มีใจความดังนี้

“ ยีนที่ควบคุมแต่ละลักษณะจะมีอิสระในการแยกตัวออกจากกันและไม่ขึ้นแก่กัน ในการถ่ายทอดยีนไปยังหน่วยสืบพันธุ์ จึงทำให้ยีนทั้งสองคู่อิสระในการรวมกลุ่มกันและเมื่อมีการปฏิสนธิระหว่างหน่วยสืบพันธุ์ทำให้แต่ละยีนกลับมามีอยู่เป็นคู่ตามเดิม ”

นิยามศัพท์

1. **ลักษณะเด่น (dominant)** หมายถึง ลักษณะที่ปรากฏออกมาในรุ่นลูก หรือรุ่นต่อไปเสมอ ถ้านำสิ่งมีชีวิตลักษณะตรงข้ามกัน และเป็นพันธุ์แท้ทั้ง 2 ฝ่ายมาผสมพันธุ์กัน เช่น นำถั่วต้นสูงพันธุ์แท้ผสมกับถั่วต้นเตี้ยพันธุ์แท้ ลูกที่เกิดขึ้นจะได้ต้นสูงทั้งหมด และ ถ้าให้ต้นสูงรุ่นลูกผสมกันเองจะได้รุ่นหลานที่มีต้นสูงปรากฏอยู่อีก กรณีเช่นนี้ถือว่าต้นสูงเป็นลักษณะเด่น

2. **ลักษณะด้อย (recessive)** หมายถึง ลักษณะที่มีโอกาสปรากฏในรุ่นต่อไปได้น้อยกว่า เช่น ในการผสมระหว่างถั่วต้นสูงกับถั่วต้นเตี้ยพันธุ์แท้ ต้นเตี้ยจะเป็นลักษณะด้อย เพราะไม่ปรากฏออกมาในรุ่นลูก แต่เมื่อนำถั่วต้นสูงในรุ่นลูกมาผสมกันเอง จะได้ถั่วต้นสูง 3 ส่วน ต้นเตี้ย 1 ส่วน นั่นคือ ลักษณะด้อยมีโอกาสปรากฏในรุ่นต่อมาได้น้อยกว่าลักษณะเด่น

3. **ยีน (gene)** คือ หน่วยที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

3.1 **ยีนเด่น (dominant gene)** คือ ยีนซึ่งแสดงการข่มต่อยีนที่เป็นคู่ของมัน ใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แทนยีนเด่น

3.2 **ยีนด้อย (recessive gene)** เป็นยีนที่จะแสดงลักษณะออกมาได้เมื่อมียีนนั้น 2 ยีนมาอยู่รวมกัน ใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแทนยีนด้อย

4. **จีโนไทป์ (genotype)** หมายถึง รูปหรือแบบของคู่ยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม เช่น จีโนไทป์ TT, Tt , และ tt

5. **ฟีโนไทป์ (phenotype)** หมายถึง ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏออกมาให้เห็นได้ เช่น ความสูงของต้นถั่ว สีผิวของคน

6. **แอลลีล หรือ แอลลีโลมอร์ฟ (allele หรือ allelomorph)** หมายถึง ยีนที่เป็นคู่กันควบคุมลักษณะเดียวกันและมีตำแหน่งอยู่ที่โครโมโซมตำแหน่งเดียวกัน (homologous chromosome) เช่น T และ t ต่างเป็นแอลลีลซึ่งกันและกัน เนื่องจาก T และ t ทำหน้าที่ควบคุมความสูงของลำต้น

7. **โฮโมไซกัสยีน (homozygous gene)** หมายถึง คู่ของยีนที่เหมือนกันอยู่ด้วยกัน เช่น TT, tt ดังนั้นยีนที่เป็นโฮโมไซกัสซึ่งเราเรียกว่าพันธุ์แท้ จึงอาจจะเป็นได้ทั้งโฮโมไซกัสที่เป็น ยีนเด่น(homozygous dominant) เช่น TT หรือโฮโมไซกัสที่เป็นยีนด้อย (homozygous recessive) เช่น tt

8. **เฮเทอโรไซกัสยีน (heterozygous gent)** หมายถึง คู่ของยีนที่ต่างกันอยู่ด้วยกัน หรือคู่ของยีนที่เป็นแอลลีล(allele)กันอยู่ด้วยกัน เช่น Tt ฯลฯ สิ่งมีชีวิตที่มียีนที่เป็นแอลลีลกันอยู่ด้วยกันเรียกว่า เฮเทอโรไซโกต (heterozygote) หรือพันธุ์ทางหรือลูกผสม

9. **การผสมทดสอบ (test cross)** เป็นการนำสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเด่นมาเพื่อตรวจสอบหาจีโนไทป์ของลักษณะเด่นเพื่อนำไปผสมกับสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะด้อย ถ้าให้ลูกมีลักษณะเด่นทั้งหมด แสดงว่าสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นเป็นโฮโมไซกัสยีน แต่ถ้าลูกมีลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อยในอัตราส่วน 1:1 แสดงว่า สิ่งมีชีวิตนั้นเป็นเฮเทอโรไซกัสยีน

10. **การผสมกลับ (back cross)** เป็นการผสมระหว่างรุ่นลูกกับพ่อ หรือแม่พันธุ์ใดพันธุ์หนึ่ง จุดประสงค์เพื่อเป็นการปรับปรุงพันธุ์

11. **พันธุ์แท้ (pure line)** เป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่มียีนควบคุมลักษณะ เป็นชนิดเดียวกันหรือเป็นโฮโมไซกัสยีน ซึ่งอาจเป็นยีนเด่น หรือยีนด้อยทั้งคู่ก็ได้ เช่น TT, rr เป็นต้น ลูกหลานที่เกิดจากพันธุ์แท้ไม่มีความแปรผันทางพันธุกรรม และไม่แตกต่างไปจากพ่อแม่ นอกจากนี้ เซลล์สืบพันธุ์เกิดจากพันธุ์แท้จะมีเพียงชนิดเดียว เช่น T, T, R, R เป็นต้น

12. **พันธุ์ทาง (hybrid)** เป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่มียีนควบคุมลักษณะหนึ่ง เป็นยีนต่างชนิดกัน หรือเป็นเฮเทอโรไซกัสยีน เช่น Tt, Rr เป็นต้น และเซลล์สืบพันธุ์ที่เกิดจากกันพันธุ์ทาง จะมี 2 ชนิด เช่น ถ้าเป็น Tt จะมีเซลล์สืบพันธุ์ T และ t ส่วน Rr จะมีเซลล์สืบพันธุ์ R และ r

13. **พอลิยีนส์ (polygenes)** เป็นกลุ่มยีนที่มีมากกว่าสองคู่ขึ้นไป ร่วมกันควบคุมลักษณะเดียวกัน กลุ่มของยีนนี้อาจจะอยู่จะอยู่ที่โครโมโซมเดียวกันหรือต่างโครโมโซมก็ได้ ลักษณะซึ่งถูกควบคุมโดยพอลิยีนในคน ได้แก่ สีผิว น้ำหนักตัว สีผม ความสูง ความฉลาด

14. **มัลติเปิลแอลลีล (multiple alleles)** เป็นยีนที่ประกอบด้วยแอลลีลมากกว่า 2 แอลลีลขึ้นไป เช่น ยีนที่ควบคุมหมู่เลือดซึ่งมีถึง 3 แอลลีล คือ I^A , I^B , i

15. **ยีนพูล (gene pool)** เป็นยีนทั้งหมดที่มาจากบรรพบุรุษร่วมกันของประชากรชนิดเดียวกัน สามารถสืบพันธุ์ได้โดยลูกหลานไม่เป็นหมัน สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันจะมียีนพูลเหมือนกัน และมีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน

บัตรกิจกรรมที่ 1 ชุดการสอนชุดที่ 2

เรื่อง กฎแห่งการแยกตัว กฎแห่งการรวมตัวอย่างอิสระและนิยามศัพท์ต่าง ๆ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายกฎการแยกตัวและกฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระได้
2. อธิบายกฎแห่งการแยกตัวต่อไปนี้ ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย ยีนเด่น ยีนด้อย
จีโนไทป์ ฟีนไทป์ โฮโมไซกัส เฮเทอโรไซกัส แอลลีล

ให้นักเรียนศึกษากฎแห่งการแยกตัวของเมนเดลตามบัตรเนื้อหา แล้วปฏิบัติกิจกรรมดังนี้

กิจกรรมตอนที่ 1 การทดลองตามกฎแห่งการแยกตัว

1. ให้นักเรียนเขียนแผนผังการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต 1 ชนิด เช่น ไม้เป็ด ต้นเบญจมาศ
ว้าว ฯลฯ วาดภาพประกอบ และกำหนดยีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ด้วยอักษรภาษาอังกฤษ
ให้ได้ตามกฎแห่งการแยกตัวของเมนเดล โดยยีนเด่นใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่
ยีนด้อยใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก
แล้วตอบคำถามดังต่อไปนี้
1. รุ่นลูก F_1 ลักษณะที่ปรากฏมีกี่แบบ อะไรบ้าง
2. รุ่นลูก F_2 ลักษณะที่ปรากฏมีกี่แบบ อะไรบ้าง
3. ลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F_2 แตกต่างจากลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F_1 อย่างไร
เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
4. ลักษณะใดเป็นลักษณะเด่นและลักษณะด้อย
5. ลักษณะด้อยในรุ่น F_1 หายไปไหน และลักษณะด้อยในรุ่น F_2 มาจากไหน
6. หน่วยที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม คืออะไร
7. ยีนเด่นและยีนด้อยในรุ่นลูก F_2 คืออะไร
8. อัตราส่วนจีโนไทป์ และ ฟีนไทป์ ในรุ่นลูก F_1 และ F_2 เป็นเท่าไร
9. กฎการแยกตัวของเมนเดล สรุปได้อย่างไร

ให้นักเรียนศึกษากฎแห่งรวมกลุ่มอย่างอิสระตามบัตรเนื้อหา แล้วปฏิบัติกิจกรรม

กิจกรรมตอนที่ 2 การทดลองตามกฎแห่งรวมกลุ่มอย่างอิสระ

1. ให้นักเรียนเขียนแผนผังการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต 1 ชนิด เช่น ต้นชบา ต้นเบญจมาศ ต้นถั่ว ฯลฯ ที่พิจารณา 2 ลักษณะพร้อม ๆ กัน เช่น รูปร่างของเมล็ดและสีของเมล็ด วาดภาพประกอบ และกำหนดยีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ด้วยอักษรภาษาอังกฤษ ให้ได้ตามกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ โดยยีนเด่นใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ยีนด้อยใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก หากรุ่นลูก F_1 และ F_2 แล้วตอบคำถามดังต่อไปนี้
 1. รุ่นลูก F_1 มีโอกาสสร้างละอองเรณูหรือไข่กี่ชนิด อะไรบ้าง
 2. รุ่นลูก F_2 มีจีโนไทป์และฟีโนไทป์กี่ชนิด อะไรบ้าง และมีสัดส่วนเท่าใด
 3. กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระสรุปได้อย่างไร

บัตรกิจกรรมที่ 2

ชุดการสอน ชุดที่ 2 ประวัติและผลงานของเมนเดล

จุดประสงค์ของกิจกรรม

เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับคำที่กำหนดให้มาเขียนแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำเหล่านั้น

สื่อและอุปกรณ์

คำและข้อความ

เมนเดล ทดลองการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของต้นถั่วลิสงเตา
กฎการแยกตัว กฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ ยีน แอลลีล มัลติเปิลแอลลีลส์ ไฮโมไซกัส
เฮเทอโรไซกัส จีโนไทป์ ฟีนোটป์ ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย

ลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติ

1. นักเรียนทุกคนในกลุ่มร่วมกันพิจารณาความหมายและความสำคัญของคำหรือข้อความที่กำหนดให้
2. นำข้อความหรือคำที่กำหนดให้มาเขียนเป็นแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำต่าง ๆ ตามความเข้าใจของนักเรียน

บัตรคำถาม

ชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ประวัติและผลงานของเมนเดล

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. เมนเดลเลือกพืชชนิดใดในการทดลอง เพราะเหตุใด

.....

.....

2. ผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ท่านใดบ้างที่สนับสนุนผลการศึกษามันเมนเดล

.....

.....

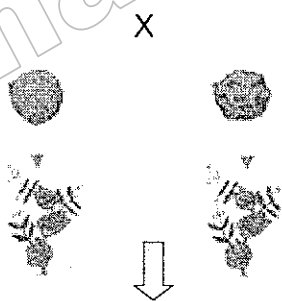
3. ลักษณะทางพันธุกรรมของถั่วลิ้นเต้าที่เมนเดลเลือกศึกษามีลักษณะอะไรบ้าง

.....

.....

.....

4. ถ้าผสมถั่วเมล็ดกลมกับถั่วเมล็ดขุ่น โดยลักษณะเมล็ดกลมเป็นลักษณะเด่น จะได้รุ่นลูก F_1 เป็นอย่างไร



รุ่นลูก F_1

5. จากคำถามข้อ 4 ถ้าเอา $F_1 \times F_1$ จะได้รุ่นลูก F_2 เป็นอย่างไร

.....

.....

.....

6. จากคำถามข้อ 5 ลักษณะที่ปรากฏในรุ่น แตกต่างจากลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F1 อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

.....

7. ถ้าผสมถั่วลักษณะต้นสูงดอกสีม่วงกับถั่วลักษณะต้นเตี้ยดอกสีขาว จะได้รุ่นลูก F₁ มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

8. ถ้าถั่วลันเตารุ่นลูกเป็นถั่วต้นสูงบ้าง ต้นเตี้ยบ้าง ในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน นักเรียนคิดว่า ถั่วลันเตาต้นสูงในรุ่นพ่อแม่มีสภาพเป็นโฮโมไซกัส หรือไฮโม่ไซกัส และถั่วลันเตาในรุ่นลูกควรมีจีโนไทป์อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

9. จากการทดลองของเมนเดล สรุปเป็นกฎข้อ 1 ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

10. จากการทดลองของเมนเดล สรุปเป็นกฎข้อ 2 ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

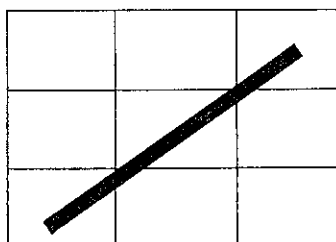
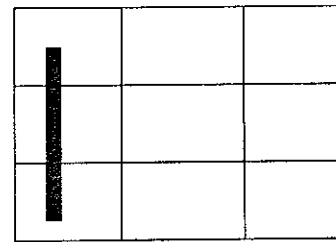
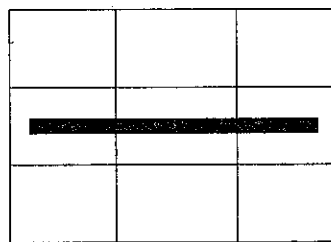
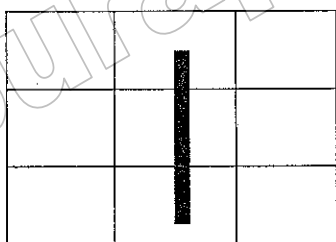
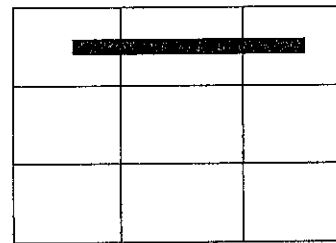
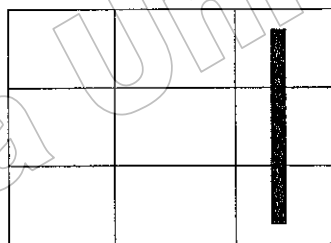
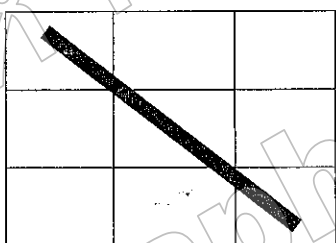
เกม “ บิงโกนิยามศัพท์พจนานุกรม ”
ชุดการสอนที่ 2 ประวัติและผลงานของเมนเดล

วัสดุอุปกรณ์

1. คำถาม
2. บัตรคำตอบ

กติกาการเล่นเกม บิงโกนิยามศัพท์พจนานุกรม มีดังนี้

1. ใช้ผู้เล่น 4-5 คน แบ่งผู้เล่นออกเป็น 8 กลุ่ม
 2. แจกเกมให้ผู้เล่นทุกกลุ่มเหมือนกัน เป็นบัตรคำตอบ
 3. ทุกกลุ่มฟังโจทย์จากครูผู้สอน
 4. ผู้เล่นแต่ละกลุ่มช่วยกันหาคำตอบแล้วกากเครื่องหมาย X ในบัตรคำตอบที่ถูกต้อง
- โดย กลุ่มใดเสร็จก่อนจะเป็นผู้ชนะ คือต้องสามารถเรียงคำตอบได้ดังนี้จึงจะแสดงว่าเกม บิงโก



บิงโก

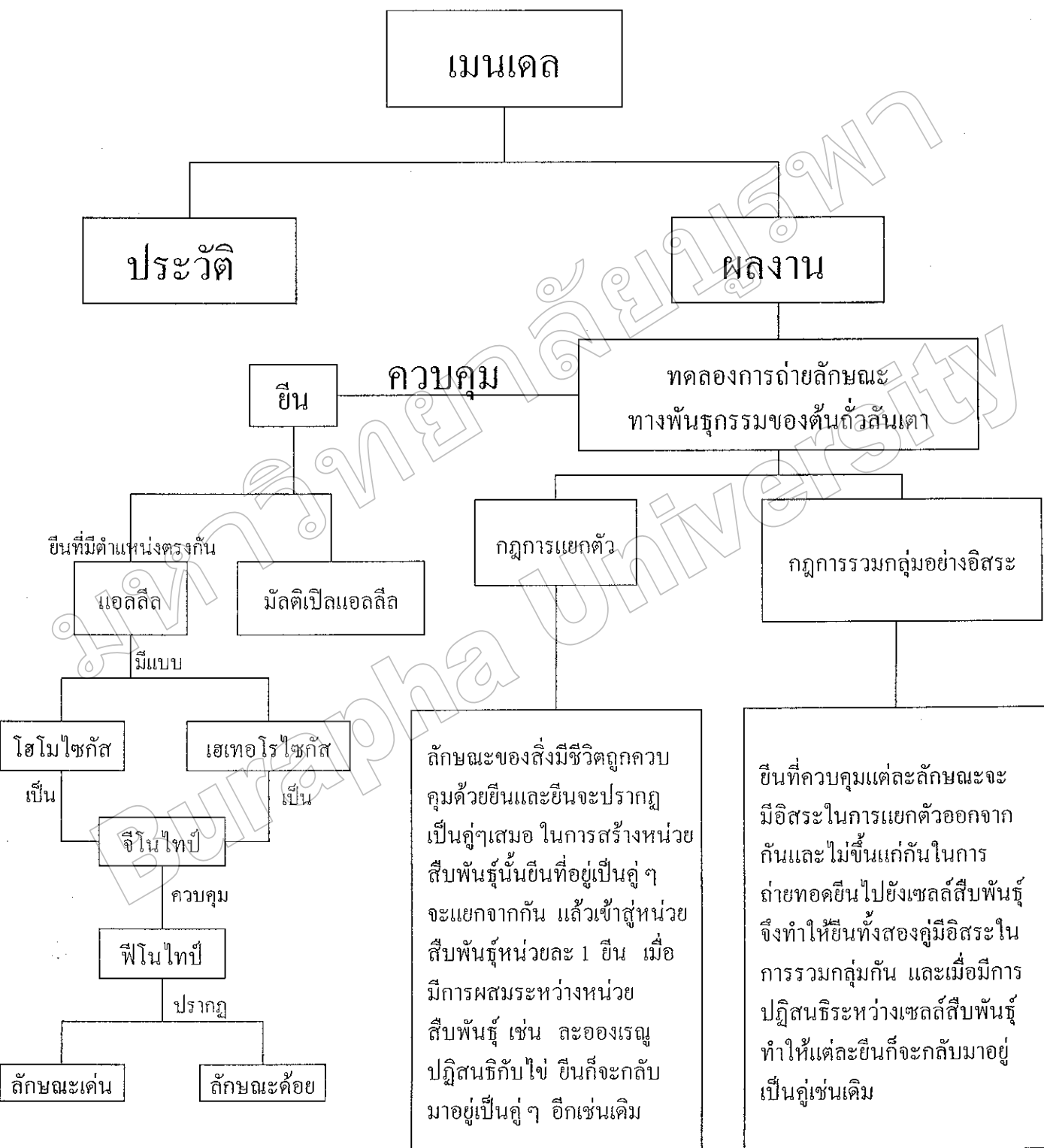
เกม บิงโกนิยามศัพท์พันธุกรรม

คำถามตารางที่ 1 ของเกมบิงโกนิยามศัพท์พันธุกรรม

1. ลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่า
2. ลักษณะที่ปรากฏออกมาในรุ่นลูกทุกรุ่น
3. หน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม
4. คู่ของยีนที่เหมือนกัน เช่น AA
5. ยีนเด่นหรือด้อยทั้งคู่ เช่น TT, tt

ฟีโนไทป์	จีโนไทป์	เฮเทอโรไซกัส
โฮโมไซกัส	ยีน	พันธุ์ทาง
พันธุ์แท้	ลักษณะ ด้อย	ลักษณะ เด่น

บัตรสรุปเนื้อหา



แบบทดสอบหลังเรียน

ชุดการสอน ชุดที่ 2

เรื่อง ประวัติและผลงานของเมนเดล

แบบทดสอบหลังเรียน ชุดการสอนชุดที่ 2

วิชา วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง ประวัติและผลงานของเมนเดล

จำนวน 10 ข้อ

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วกาเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

จุดประสงค์ที่ 1 บอกประวัติและวิธีการทดลองของเมนเดล

1. ข้อใดเป็นข้อเด่นของการทดลองของเมนเดลที่ทำให้สามารถตั้งกฎทางพันธุศาสตร์ได้ ?
 - ก. การคาดเดา
 - ข. การใช้ตัวต้นเตาในการศึกษา
 - ค. การเริ่มศึกษาลักษณะต่าง ๆ ที่ละหลายลักษณะ
 - ง. การทดลองที่มีการควบคุมปริมาณน้ำและธาตุอาหาร
2. เมนเดลทดลองโดยใช้ถั่วลิสง เพราะถั่วลิสงมีลักษณะพิเศษอย่างไร
 - ก. หาพันธุ์ง่าย
 - ข. เพาะปลูกง่าย
 - ค. สามารถผสมพันธุ์ได้ภายในดอกเดียวกัน
 - ง. มีการผสมระหว่างเกสรตัวผู้กับเกสรตัวเมียข้ามดอก
3. เมนเดลนำลักษณะต่าง ๆ ของถั่วลิสงมาทดลองกี่ลักษณะ ?
 - ก. 4 ลักษณะ
 - ข. 5 ลักษณะ
 - ค. 7 ลักษณะ
 - ง. 11 ลักษณะ

4. ถ้านักเรียนทำการทดลองผสมระหว่างถั่วคันสูงกับถั่วคันเตี้ย ทำให้ได้ลูกผสมรุ่นที่ 1 ต้นสูงทั้งหมด หลังจากนั้น ปล่อยให้ลูกรุ่นที่ 1 ผสมตัวเอง จะได้ลูกรุ่นที่ 2 มีลักษณะอย่างไร และอัตราส่วนเท่าใด ?
- สูงต่อเตี้ย อัตราส่วน 3 : 1
 - เตี้ยต่อสูง อัตราส่วน 3 : 1
 - สูงต่อเตี้ย อัตราส่วน 2 : 1
 - สูงต่อเตี้ย อัตราส่วน 1 : 1

จุดประสงค์ที่ 2 อธิบายกฎแห่งการแยกตัวและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ

5. กฎเมนเดลข้อใด กล่าวว่า “ ยีนที่ควบคุมแต่ละลักษณะ จะมีอิสระในการแยกตัวออกจากกัน ไม่ขึ้นแก่กัน ในการถ่ายทอดยีนไปยังเซลล์สืบพันธุ์ จึงทำให้ยีนทั้งสองมีอิสระในการรวมกลุ่มกันและเมื่อมีการผสมระหว่างเซลล์สืบพันธุ์แต่ละยีนก็จะกลับมาอยู่เป็นคู่ ” ?
- Law of dominance
 - Law of segregation
 - Law of recombination
 - Law of independent assortment
6. ข้อใดไม่ถูกต้องตามกฎการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมตามหลักของเมนเดล ?
- หน่วยพันธุกรรมที่อยู่เป็นคู่ ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะพันธุกรรม
 - หน่วยพันธุกรรมที่อยู่ด้วยกันเป็นคู่จะถูกถ่ายทอดไปยังไซโกตพร้อมกัน
 - การเข้าชุดกันของหน่วยพันธุกรรมของแต่ละลักษณะทางพันธุกรรมเป็นไปอย่างอิสระ
 - เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์จะได้รับหน่วยพันธุกรรมเพียงหนึ่งหน่วยต่อหนึ่งลักษณะทางพันธุกรรม

จุดประสงค์ที่ 3 อธิบายความหมายของคำต่อไปนี้ได้ ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย ยีน ยีนเด่น ยีนด้อย จีโนไทป์ ฟีนโนไทป์ โฮโมไซกัส ยีน เฮเทอโรไซกัส ยีน แอลลีล

7. ลักษณะที่มีโอกาสปรากฏในรุ่นต่อ ๆ ไปได้เสมอ คือ ข้อใด ?
- จีโนไทป์
 - ฟีนโนไทป์
 - ลักษณะเด่น
 - ลักษณะด้อย

บัตรเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

ชุดการสอน ชุดที่ 2 เรื่อง ประวัติและผลงานของเมนเดล

1. ข

2. ค

3. ค

4. ก

5. ง

6. ข

7. ค

8. ค

9. ข

10. ข

ชุดการสอน ชุดที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เวลา 4 ชั่วโมง



คู่มือครู

ชุดการสอน ชุดที่ 3

เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้

แผนการจัดการเรียนรู้ ชุดที่ 3

วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้

เวลา 4 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการเขียนจีโนไทป์ได้
2. อธิบายการนำกฎการแยกตัวไปใช้เพื่อทำนายการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อไปได้
3. อธิบายการนำกฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระไปใช้เพื่อทำนายการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อไปได้
4. อธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดลได้

เนื้อหาสาระ

นำหลักการของกฎทั้งสองข้อของเมนเดลมาอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยการเขียนสัญลักษณ์แทนยีนด้วยอักษรภาษาอังกฤษ และการถ่ายทอดทางพันธุกรรมหลายลักษณะที่มีกฎเกณฑ์การถ่ายทอดไม่เป็นไปตามอัตราส่วนงานทดลองของเมนเดล เช่น ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ มัลติเปิลยีน มัลติเปิลแอลลีล

กระบวนการจัดการเรียนรู้

กิจกรรม	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
1. นำเข้าสู่บทเรียน (10 นาที) 1.1 นำพืชที่ผสมพันธุ์ใหม่ เช่น บัว กล้วยไม้ ผกากรอง เบญจมาศ พุทธรักษา ดาวกระจาย มาให้นักเรียนศึกษา โดยใช้คำถาม เช่น ดอกบัว มีความแปรผันทางพันธุกรรมอย่างไร 1.2 นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงความแปรผันของสายพันธุ์ของพืชตัวอย่างโดยการอ้างอิงถึงกฎของเมนเดล	- การสังเกต - การลงความคิดเห็นจากข้อมูล

กิจกรรม	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2 ขั้นสอน (185 นาที) 2.1 ให้ประธานแต่ละกลุ่มรับคู่มือนักเรียน ซึ่งคู่มือนักเรียนที่แต่ละกลุ่มได้รับประกอบด้วย บัตรคำสั่ง บัตรเนื้อหา บัตรกิจกรรม เกม 2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาจากบัตรเนื้อหา เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้ ถ้ามีข้อสงสัยให้ถามครู 2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มเล่นเกม “สืบหาทายาท” โดยให้แต่ละกลุ่มแข่งขันกันใครเสร็จก่อนและทำถูกต้องเป็นผู้ชนะ 2.4 นักเรียนแต่ละกลุ่ม ทำกิจกรรมตามที่ระบุไว้ในบัตรกิจกรรมตามลำดับดังนี้ - กิจกรรมที่ 1 เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้ โดยศึกษาภาพแล้วบอกว่าน่ากฎข้อใดไปใช้อธิบาย - กิจกรรมที่ 2 เรื่อง กฎการแยกตัว (การผสมพันธุ์โดยพิจารณาหนึ่งลักษณะ (monohybrid cross)) โดยแลกเปลี่ยนความคิด อภิปราย วิเคราะห์โจทย์การผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นพ่อแม่ แล้วเกิดลูกรุ่น F_1 และลูก F_2 มียีนที่ควบคุมลักษณะฟีโนไทป์และจีโนไทป์อย่างไร - กิจกรรมที่ 3 เรื่อง กฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ (การผสมพันธุ์โดยพิจารณาสองลักษณะ (dihybrid cross)) โดยแลกเปลี่ยนความคิด อภิปราย วิเคราะห์โจทย์การผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นพ่อแม่ แล้วเกิดลูกรุ่น F_1 และลูก F_2 มียีนที่ควบคุมลักษณะฟีโนไทป์และจีโนไทป์เป็นอย่างไร	บัตรกิจกรรม ซึ่งได้ฝึกทักษะต่าง ๆ ดังนี้ - การจำแนกประเภท - การคำนวณ - การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล - การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

กิจกรรม	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
กิจกรรมที่ 4 เรื่อง ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ โดยแลกเปลี่ยนความคิด อภิปราย วิเคราะห์โจทย์การผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นพ่อ – แม่ แล้วเกิดลูกรุ่น F_1 และลูก F_2 มียีนที่ควบคุมลักษณะฟีโนไทป์และจีโนไทป์เป็นอย่างไร 2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย ความรู้ที่ได้จากกิจกรรมที่ 1, 2, 3, 4 และความรู้ที่ได้จากบัตรเนื้อหา 3. ขั้นสรุป (35 นาที) 3.1 นำเสนอผลการวิเคราะห์โจทย์ในกิจกรรมที่ 1, 2, 3, 4 หน้าชั้นเรียน ตามจำนวนข้อโดยครูใช้วิธีการจับฉลากเรียกแต่ละกลุ่ม 3.2 ครูและนักเรียนอภิปรายผลการทำกิจกรรมเพื่อนำไปสู่การสรุปเกี่ยวกับบทเรียนเรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้ 4. ขั้นทดสอบหลังเรียน (10 นาที) 4.1 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนชุดที่ 3 เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้	- การลงความคิดเห็นจากข้อมูล

การวัดและประเมินผล

1. ตรวจกระดาษคำตอบจากบัตรกิจกรรมที่ 1,2,3,4
2. ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ชุดที่ 3 เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้ จำนวน 10 ข้อ
3. ประเมินการทำงานเป็นกลุ่ม

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุดวิทยาศาสตร์โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ระยอง
2. เอกสารกฎของเมนเดล
3. เว็บไซต์ต่าง เช่น www.science.siu.edu/plant-biology/PLB117/JPEGs%20CD/0208.JP

แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม ชุดการสอนชุดที่ 3

ชื่อกลุ่ม.....ชื่อผู้ประเมิน.....

วิชาวิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : ให้ผู้ประเมินใส่ตัวเลขลงในช่องตามความเป็นจริง

5 หมายถึง มากที่สุด 4 หมายถึง มาก 3 หมายถึง ปานกลาง

2 หมายถึง น้อย 1 หมายถึง น้อยที่สุด

รายการ	ชื่อสมาชิก	1...	2...	3.....	4....	5....	รวม	ร้อยละ
	คะแนน	5	5	5	5	5		
1. การมีส่วนร่วมในการวางแผน								
2. การปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่								
3. การให้ความร่วมมือในการทำงาน								
4. การแสดงความคิดเห็น								
5. การยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น								
6. การเข้าร่วมกิจกรรมอย่างสม่ำเสมอ								
7. ความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย								
รวม								
ร้อยละ								

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม.....

ลงชื่อ.....

(.....)

เกณฑ์การประเมิน

ร้อยละ 80 ขึ้นไป ระดับดีมาก

ร้อยละ 70-79 ระดับดี

ร้อยละ 60-69 ระดับพอใช้

ต่ำกว่าร้อยละ 60 ระดับควรปรับปรุง

เจดยัฏฐการกรรมที่ 2

ชุดการสอนที่ 3 การนำกฎของเมนเดลมาใช้ เรื่อง กฎการแยกตัว

จุดประสงค์ของกิจกรรม

- อธิบายการนำกฎแยกตัวไปใช้ในเพื่อทำนายการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อ ๆ ไปได้

การผสมโดยพิจารณาหนึ่งลักษณะ

- เมื่อนำกระต่ายขนสีดำที่เป็นโฮโมไซกัส ผสมกับกระต่ายขนสีน้ำตาล ปรากฏว่าลูกที่เกิดขึ้นมีขนสีดำทั้งหมด (สมมติให้ B และ b แทนแอลลีลคู่หนึ่งที่ควบคุมลักษณะสีขน)

1.1 ข้อมูลนี้บอกอะไรแก่เราบ้าง

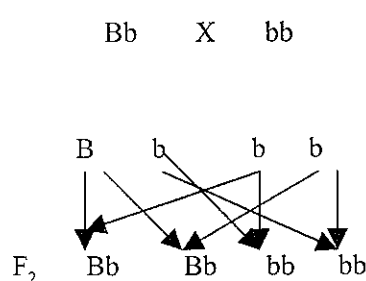
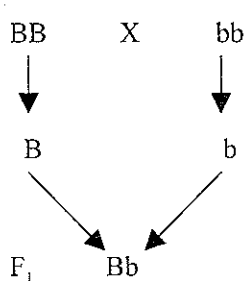
- ข้อมูลนี้บอกให้ทราบว่า ขนสีดำของกระต่ายเป็นลักษณะเด่น ส่วนขนสีน้ำตาลเป็นลักษณะด้อย

1.2 จีโนไทป์ของลูกรุ่น F_1 มาผสมกันเอง ลูกรุ่น F_2 จะมีจีโนไทป์กี่แบบ อะไรบ้าง และมีอัตราส่วนอย่างไร

- ลูกรุ่น F_2 จะมีจีโนไทป์ 3 แบบ คือ BB Bb และ bb ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1

1.3 ถ้านำลูกรุ่น F_1 มาผสมกับรุ่นพ่อแม่ที่มีขนสีน้ำตาล ลูกที่ได้จะมีขนสีอะไรบ้างในอัตราส่วนเท่าไร

รุ่นพ่อ - แม่



- ลูกที่ได้จะมีขนสีดำและขนสีน้ำตาลในอัตราส่วนขนสีดำ : ขนสีน้ำตาล = 1 : 1

2. การถ่ายทอดลักษณะสีนัยน์ตาของมนุษย์ นัยน์ตาสีน้ำตาลถูกควบคุมด้วยยีน B ขมนัยน์ตาสีน้ำเงินที่ถูกควบคุมด้วยยีน b ถ้าชายนัยน์ตาสีน้ำเงิน แต่งงานกับหญิงนัยน์ตาสีน้ำตาล ซึ่งบิดาของหญิงคนนี้มีนัยน์ตาสีน้ำเงิน จงบอกอัตราส่วนของลูกที่ได้จากการแต่งงานระหว่างชายหญิงคู่นี้
- วิธีทำ

กำหนดให้ นัยน์ตาสีน้ำตาลควบคุมด้วยยีน B

นัยน์ตาสีน้ำเงินควบคุมด้วยยีน b

รุ่นพ่อ-แม่

Bb

X

bb

แยกเซลล์สืบพันธุ์

รุ่นลูก F1

B

b

b

b

Bb

Bb

bb

bb

ฉะนั้น ลูกมีอัตราส่วนฟีโนไทป์ = นัยน์ตาสีน้ำตาล : นัยน์ตาสีน้ำเงิน 1 : 1

มีอัตราส่วนจีโนไทป์ = Bb : bb 1 : 1

3. ถ้า P แทนยีนที่ควบคุมลักษณะปีกปกติของแมลงหวี่และ p แทนยีนที่ควบคุมลักษณะปีกสั้นของแมลงหวี่ ในการผสมพันธุ์แมลงหวี่ที่มีปีกปกติคู่หนึ่ง ปรากฏว่ารุ่นลูกจำนวน 123 ตัว มีปีกปกติ 88 ตัว และปีกสั้น 35 ตัว

3.1 ข้อมูลนี้บอกอะไรแก่เราบ้าง

- ข้อมูลนี้บอกให้ทราบว่า ลักษณะปีกปกติเป็นลักษณะเด่น ลักษณะปีกสั้นเป็นลักษณะด้อย

3.2 จงเขียนจีโนไทป์ของแมลงหวี่ในรุ่นพ่อ-แม่

- จีโนไทป์ของแมลงหวี่ในรุ่นพ่อ-แม่ ควรมีสภาพเป็นเฮเทอโรไซกัส จีโนไทป์จะเป็น Nn

3.3 เมื่อนำแมลงหวี่ปีกสั้นในรุ่นลูกผสมกับแมลงหวี่ปีกปกติในรุ่นพ่อ-แม่ จะได้ลูกมีลักษณะปีกอย่างไรบ้าง คิดเป็นสัดส่วนเท่าใด

- จะได้รุ่นลูกที่มีลักษณะปีกสั้นและปีกปกติ ในอัตราส่วน 1 : 1

เฉลยบทปริกักรกรรมที่ 3

ชุดการสอนที่ 3 การนำกฎของเมนเดลมาใช้

เรื่อง กฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ

จุดประสงค์

- อธิบายการนำกฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระไปใช้เพื่อทำนายการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อ ๆ ไป

การผสมพันธุ์โดยพิจารณาสองลักษณะ (dihybrid cross)

- พืชชนิดหนึ่ง เมื่อนำต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรง และกลีบดอกสีแดงมาผสมกับต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรงและกลีบดอกสีขาว แล้วนำเมล็ดที่ได้จากการผสมมาปลูก พบว่ามีลักษณะดังนี้

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรง กลีบดอกสีแดง 62 ต้น

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรง กลีบดอกสีขาว 59 ต้น

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้โค้ง กลีบดอกสีแดง 18 ต้น

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้โค้ง กลีบดอกสีขาว 22 ต้น

จากข้อมูลข้างต้นนี้จะตอบคำถาม

- 1.1 ลักษณะใดบ้างเป็นลักษณะเด่น และลักษณะใดบ้างเป็นลักษณะด้อย

- ลักษณะเด่น คือ ก้านเกสรตัวผู้ตรง กลีบดอกสีแดง
- ลักษณะด้อย คือ ก้านเกสรตัวผู้โค้ง กลีบดอกสีขาว

- 1.2 จงกำหนดตัวอักษรเป็นสัญลักษณ์แทนยีนแต่ละแอลลีล แล้วเขียนจีโนไทป์ของต้นพืชในรุ่นพ่อ – แม่ และรุ่นลูกทั้งหมด

- กำหนดให้ L แทนยีนควบคุมก้านเกสรตัวผู้ตรง

l แทนยีนควบคุมก้านเกสรตัวผู้โค้ง

R แทนยีนควบคุมกลีบดอกสีแดง

r แทนยีนควบคุมกลีบดอกสีขาว

จีโนไทป์ของต้นพืชรุ่นพ่อที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรงและกลีบดอกสีขาว คือ LIRr

จีโนไทป์ของต้นพืชรุ่นแม่ที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรงและกลีบดอกสีขาว คือ Llr

จีโนไทป์ในรุ่นลูก เป็นดังนี้

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรง กลีบดอกสีแดง LLRr หรือ LlRr

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรง กลีบดอกสีขาว LLrr หรือ Llrr

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้โค้ง กลีบดอกสีแดง llRr

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้โค้ง กลีบดอกสีขาว llrr

2. ในมะเขือเทศ ลักษณะผลสีแดง (R) ข่มลักษณะผลสีเหลือง (r) ลักษณะต้นสูง (D) ข่มลักษณะต้นแคระ (d) ถ้าผสมมะเขือเทศลักษณะผลสีแดงต้นสูง พันธุ์แท้ กับลักษณะผลสีเหลืองต้นแคระ พันธุ์แท้ จงหาอัตราส่วนของจีโนไทป์ และฟีโนไทป์ ของลูกรุ่น F_1 และ F_2

วิธีทำ

กำหนดให้ ลักษณะผลสีแดงควบคุมด้วยยีน R

ลักษณะผลสีเหลืองควบคุมด้วยยีน r

ลักษณะต้นสูงควบคุมด้วยยีน D

ลักษณะต้นแคระควบคุมด้วยยีน d

รุ่นพ่อแม่

RRDD

X

rrdd

แยกเซลล์สืบพันธุ์

RD

rd

รุ่นลูก F_1

RrDd

รุ่นลูก $F_1 \times F_1$

RrDd

X

RrDd

แยกเซลล์สืบพันธุ์

RD

Rd

rD

rd

RD

Rd

rD

rd

พ่อ \ แม่	RD	Rd	rD	rd
RD	RRDD	RRDd	RrDD	RrDd
Rd	RRDd	RRdd	RrDd	Rrdd
rD	RrDD	RrDd	rrDD	rrDd
rd	RrDd	Rrdd	rrDd	rrdd

รุ่นลูก F_2 RRDD 1 : RRDd 2 : RrDD 2 : RrDd 4 : RRdd 1 : Rrdd 2 : rrDD 1 : rrDd 2 : rrdd 1

ฟีโนไทป์ ผลสีแดงต้นสูง 9 : ผลสีแดงต้นแคระ 3 : ผลสีเหลืองต้นสูง 3 : ผลสีเหลืองต้นแคระ 1

เฉลยบัติกรกรรมที่ 4

ชุดการตอนที 3 การนำกฎของเมนเดลมาใช้

เรื่อง ลักษณะเด่นที่ไม่สมบูรณ์

จุดประสงค์

1. สามารถอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะที่ไม่เป็นไปตามอัตราส่วนงานทดลองของเมนเดล

ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์

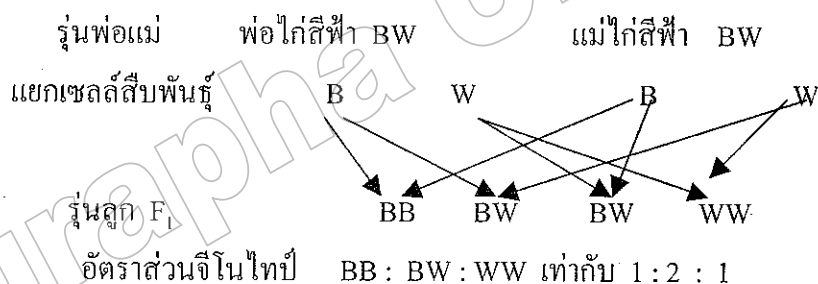
1. แม่ไก่ขนสีฟ้าผสมกับ พ่อไก่ขนสีฟ้า ปรากฏว่า ได้ลูกไก่ออกมาทั้งหมด 96 ตัว มีขนสีดำ 24 ตัว ขนสีฟ้า 48 ตัว ขนสีขาว 24 ตัว จากผลที่ได้ดังกล่าวให้นักเรียนอธิบายว่า สีฟ้า สีดำ และ สีขาว มีการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมอย่างไร สีอะไรแสดงลักษณะเด่น และจีโนไทป์มีอัตราส่วนเท่าใด

ตอบ อัตราส่วนลูกไก่สีดำ : สีฟ้า : สีขาว คือ 1 : 2 : 1

ดังนั้นน่าจะหมายความว่าสีดำ และสีขาว ต่างแสดงลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์

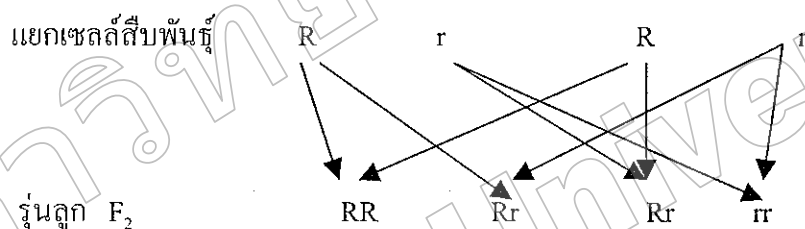
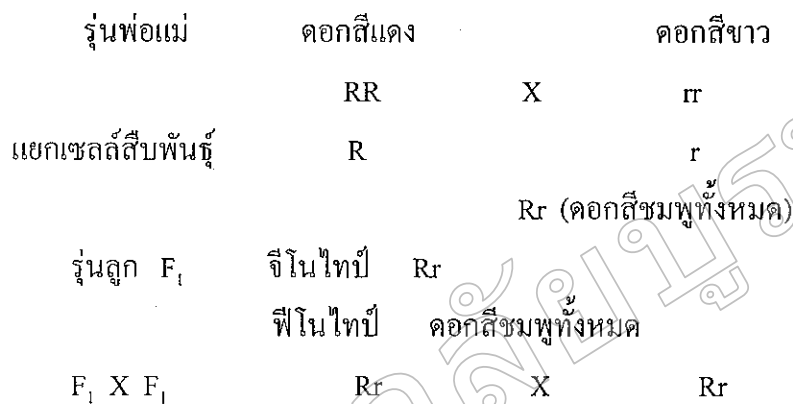
เมื่ออยู่ในลักษณะพันธุ์ผสม จะแสดงลักษณะผสมออกมา และถ้าให้สีขาวมีจีโนไทป์ ww

สีดำมีจีโนไทป์ BB สีฟ้ามีจีโนไทป์ BW



2. ในดอกบานเย็นลักษณะสีแดง (R) เป็นลักษณะเด่นไม่สมบูร์นต่อลักษณะสีขาวต้นที่เป็น
เฮเทอโรไซโกตมีดอกสีชมพู ถ้าผสมระหว่างดอกสีแดงกับต้นดอกสีขาวจงบอกอัตราส่วน
ของลูก F_1 และ F_2 ตามลำดับ

วิธีทำ



อัตราส่วนจีโนไทป์ในรุ่นลูก F_2 $RR : Rr : rr = 1 : 2 : 1$

อัตราส่วนฟีโนไทป์ในรุ่นลูก F_2 ดอกสีแดง : ดอกสีชมพู : ดอกสีขาว = 1 : 2 : 1

คู่มือนักเรียน

ชุดการสอน ชุดที่ 3

เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้

บัตรคำสั่ง

ชุดการสอน ชุดที่ 3 เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้

คำสั่ง ให้นักเรียนอ่านบัตรคำสั่ง แล้วปฏิบัติตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สมาชิกในกลุ่มศึกษาบัตรเนื้อหา เรื่อง “ การนำกฎของเมนเดลไปใช้ ”
2. ประธานกลุ่มอ่านบัตรกิจกรรมที่ 1 ให้สมาชิกในกลุ่มฟังและร่วมกันปฏิบัติตามกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนที่บอกไว้ในบัตรกิจกรรมโดยเลขานุการกลุ่มเป็นผู้บันทึกข้อมูล
3. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายภาพการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในกิจกรรมที่ 1 เพื่อให้เกิดความเข้าใจในกฎของเมนเดล
4. สมาชิกส่งตัวแทนออกมาอภิปรายผลการปฏิบัติตามกิจกรรมของกลุ่ม
5. ประธานกลุ่มอ่านบัตรกิจกรรมที่ 2 ให้สมาชิกในกลุ่มฟังและร่วมกันปฏิบัติตามลำดับขั้นตอน
6. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุป การนำกฎการแยกตัวไปใช้ให้ได้รุ่นลูกรุ่น ๆ ต่อไป
7. สมาชิกส่งตัวแทนออกมาอภิปรายผลการปฏิบัติตามกิจกรรมของกลุ่ม
8. ประธานกลุ่มอ่านบัตรกิจกรรมที่ 3 ให้สมาชิกในกลุ่มฟังและร่วมกันปฏิบัติตามลำดับขั้นตอน
9. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุป การนำกฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระไปใช้ให้ได้รุ่นลูกรุ่น ๆ ต่อไป
10. สมาชิกส่งตัวแทนออกมาอภิปรายผลการปฏิบัติตามกิจกรรมของกลุ่ม
11. ประธานกลุ่มอ่านบัตรกิจกรรมที่ 4 ให้สมาชิกในกลุ่มฟังและร่วมกันปฏิบัติตามลำดับขั้นตอน
12. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุป การผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล
13. สมาชิกส่งตัวแทนออกมาอภิปรายผลการปฏิบัติตามกิจกรรมของกลุ่ม
14. เมื่อปฏิบัติตามกิจกรรมแต่ละกิจกรรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ส่งกระดาษคำตอบผลการปฏิบัติตามกิจกรรมและเก็บอุปกรณ์และคู่มือนักเรียนให้เรียบร้อย

บัตรเนื้อหา

เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้

การนำหลักการแยกตัวของยีนจาก กฎข้อที่ 1 ไปใช้

จากกฎการแยกตัวของยีน (Law of Segregation) ที่กล่าวว่า

“ ลักษณะของสิ่งมีชีวิตถูกควบคุมด้วยยีน และยีนจะปรากฏเป็นคู่ ๆ เสมอ ในการสร้างหน่วยสืบพันธุ์ นั้นยีนที่อยู่เป็นคู่ ๆ จะแยกจากกัน แล้วเข้าสู่หน่วยสืบพันธุ์หน่วยละ 1 ยีน เมื่อมีการผสมระหว่าง หน่วยสืบพันธุ์ เช่น สเปิร์มผสมกับไข่ ยีนก็จะกลับมาอยู่เป็นคู่ ๆ อีกเช่นเดิม ”

เพื่อความเข้าใจหลักการแยกตัวของยีน จึงขอยกตัวอย่างการทดลองผสมกุหลาบดอกสีแดง กับกุหลาบดอกสีขาว โดย ใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ แทน ยีนที่ควบคุมลักษณะเด่น และ ใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก แทน ยีนที่ควบคุมลักษณะด้อย โดยการผสมสามารถเห็นลักษณะ ที่ปรากฏภายนอก ดังนี้คือ

รุ่นพ่อแม่ -แม่



X



ลูกรุ่น F₁

กุหลาบดอกสีแดงทั้งหมด

F₁ X F₁ ผสมตัวเอง



ลูกรุ่น F₂ อัตราส่วนกุหลาบดอกสีแดง : กุหลาบดอกสีขาว = 3 : 1

ที่มา: www.biology.clc.uc.edu/courses/bio105/genetics.htm

จากการทดลอง แสดงว่าลักษณะดอกสีแดงเป็นลักษณะเด่น ลักษณะดอกสีขาวเป็นลักษณะด้อย และรุ่นพ่อแม่เป็นพันธุ์แท้ เพราะ F_1 ได้ลักษณะดอกสีแดง และเมื่อให้ F_1 ผสมตัวเอง ได้ลูก F_2 มีลักษณะดอกสีขาวด้วย ฉะนั้น ยีนที่ควบคุมลักษณะดอกสีแดงข้ามลักษณะดอกสีขาว

กำหนดให้ R ยีนควบคุมลักษณะดอกสีแดง

r ยีนควบคุมลักษณะดอกสีขาว

R และ r เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะสีของดอก R เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะดอกสีแดง ส่วน r เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะดอกสีขาว

ยีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกันและมีตำแหน่งอยู่ในโครโมโซมเดียวกัน เรียกว่า แอลลีล (allele)

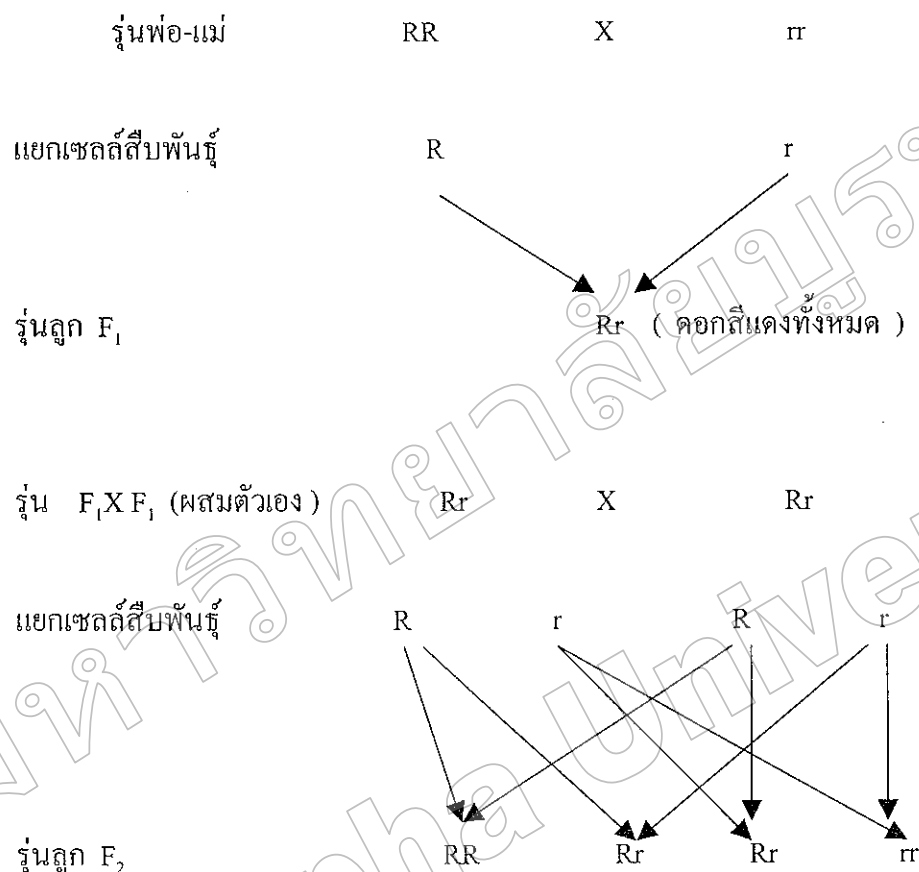
R เป็นแอลลีลที่ควบคุมลักษณะเด่น เรียกว่า Dominant allele

r เป็นแอลลีลที่ควบคุมลักษณะด้อย เรียกว่า Recessive allele

กุหลาบที่มีลักษณะดอกสีแดงและดอกสีขาว มีแอลลีล อยู่เป็นคู่ได้ 3 แบบ คือ RR Rr และ rr แอลลีลที่อยู่ในสภาพเป็นคู่เช่นนี้ เรียกว่า จีโนไทป์ จีโนไทป์ที่ประกอบด้วย แอลลีลที่เหมือนกันเรียกว่า โฮโมไซกัส เช่น RR และ rr โดยเป็น RR เป็นลักษณะดอกสีแดงพันธุ์แท้ ส่วน rr เป็นลักษณะดอกสีขาวพันธุ์แท้ จีโนไทป์ที่ประกอบด้วยแอลลีลที่ไม่เหมือนกัน เรียกว่า เฮเทอโรไซกัส เช่น Rr โดย Rr เป็นลักษณะดอกสีแดงพันธุ์ทาง ส่วนลักษณะที่ปรากฏให้เห็น เช่น ลักษณะดอกสีแดงหรือลักษณะที่สามารถตรวจสอบได้เรียกว่า ฟีนไทป์ เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แอลลีลที่อยู่เป็นคู่จะแยกจากกันเข้าสู่เซลล์สืบพันธุ์ เซลล์สืบพันธุ์จึงมี 1 แอลลีล ดังนี้

Phenotype	Genotype	เซลล์สืบพันธุ์
กุหลาบดอกสีแดง	RR	R
กุหลาบดอกสีแดง	Rr	1/2R 1/2r
กุหลาบดอกสีขาว	rr	r

การถ่ายทอดลักษณะสีของดอก เมื่อเขียนจีโนไทป์ จะได้ผลการทดลองตามกฎของเมนเดลดังนี้



จีโนไทป์ของลูกรุ่น F_2 $RR : Rr : rr$ ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1

ฟีโนไทป์ของลูกรุ่น F_2 กุหลาบดอกสีแดง : กุหลาบดอกสีขาว ในอัตราส่วน 3 : 1

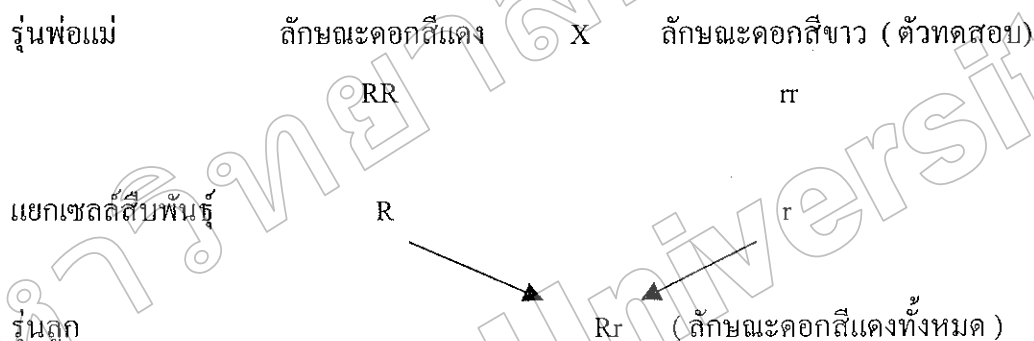
พบว่า ลักษณะสีของดอกถูกควบคุมโดยยีน 1 คู่ มี 2 แอลลีล และจะแยกจากกันเมื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์

การผสมเพื่อทดสอบ

กุหลาบที่มีลักษณะดอกสีแดงถ้าเราต้องการทราบว่ามียีนไทป์ เป็น TT หรือ Tt การที่จะตรวจสอบลักษณะเด่นว่าเป็นแบบ โฮโมไซกัส หรือ เฮเทโรไซกัส สามารถทำได้โดยวิธีการทดสอบ โดยผสมระหว่างสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเด่นกับตัวทดสอบซึ่งมีฟีโนไทป์เป็นลักษณะด้อย และยีนไทป์เป็นลักษณะด้อยชนิดโฮโมไซกัสยีน เช่น tt

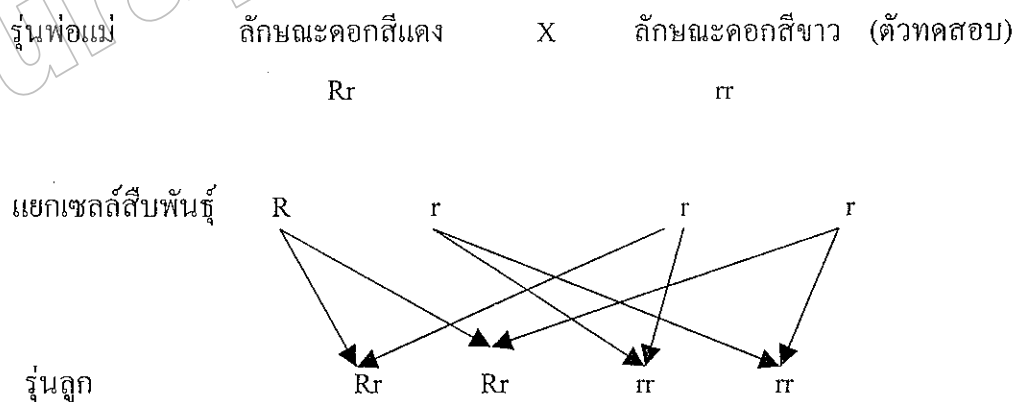
ถ้าให้ลูกที่ลักษณะเด่นทั้งหมด แสดงว่า สิ่งมีชีวิตชนิดนั้นเป็น โฮโมไซกัส แต่ถ้าลูกมีลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อยในอัตราส่วน $1 : 1$ แสดงว่า สิ่งมีชีวิตชนิดนั้นเป็น เฮเทโรไซกัส

กรณี ก



สรุป กรณี ก กุหลาบดอกสีแดง มียีนไทป์เป็นลักษณะเด่นชนิดโฮโมไซกัส คือ RR

กรณี ข

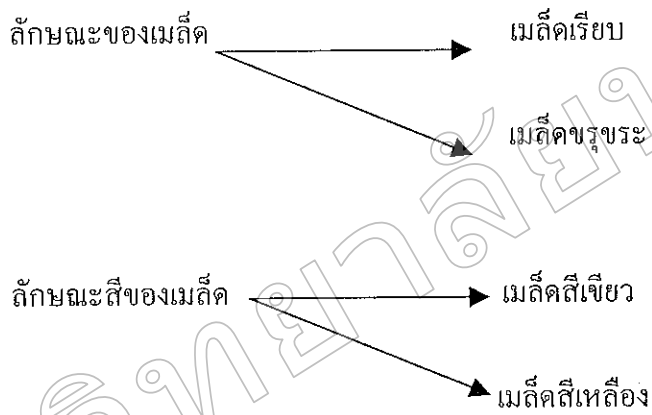


ลักษณะดอกสีแดง กับ ลักษณะดอกสีขาว ในอัตราส่วน $1 : 1$

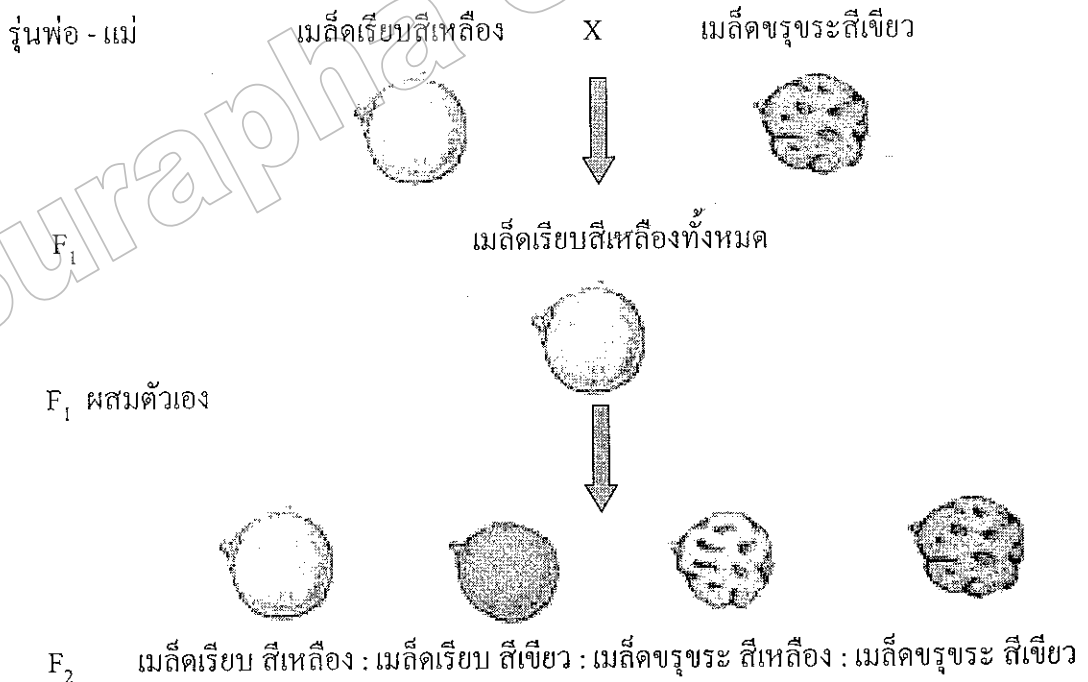
สรุป กรณี ข กุหลาบดอกสีแดง มียีนไทป์แบบเฮเทโรไซกัส คือ Rr

การนำกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระไปใช้

เมนเดลทำการผสมพันธุ์ถั่วถัสดำเพิ่มโดยศึกษาพร้อมกัน 2 ลักษณะ การผสมพันธุ์โดยพิจารณา
สองลักษณะ เรียกว่า dihybrid cross โดยเมนเดลศึกษาลักษณะของเมล็ดและลักษณะสีของเมล็ด แต่ละ
ลักษณะมี 2 แบบ คือ



จากการทดลองของเมนเดลมีผลดังนี้



อัตราส่วนฟีโนไทป์ 9 : 3 : 3 : 1

ผลจากการทดลอง แสดงว่าลักษณะเมล็ดเรียบสีเหลืองเป็นลักษณะเด่น ลักษณะเมล็ดขรุขระสีเขียวเป็นลักษณะด้อย พ่อแม่ที่ใช้ผสมเป็นพันธุ์แท้ ส่วนฟีโนไทป์ของลูก F_2 เมล็ดเรียบสีเหลือง เมล็ดเรียบสีเขียว เมล็ดขรุขระสีเหลือง เมล็ดขรุขระสีเขียว ในอัตราส่วนฟีโนไทป์เป็น 9:3:3:1 โดยลักษณะของเมล็ดถูกควบคุมโดยยีน 1 คู่ มี 2 แอลลีล และ ลักษณะสีของเมล็ดถูกควบคุมโดยยีน 1 คู่ มี 2 แอลลีล โดยยีนทั้ง 2 คู่ เป็นอิสระต่อกัน จึงได้ผลดังกล่าว

ถ้ากำหนดให้ แอลลีล S ควบคุมลักษณะเมล็ดเรียบ

แอลลีล s ควบคุมลักษณะเมล็ดขรุขระ

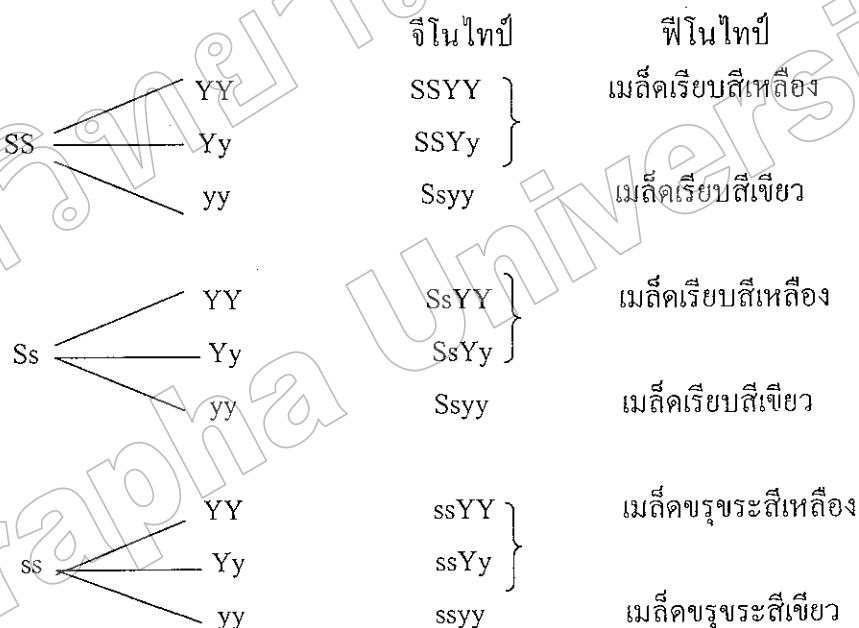
แอลลีล Y ควบคุมลักษณะเมล็ดสีเหลือง

แอลลีล y ควบคุมลักษณะเมล็ดสีเขียว

ลักษณะเมล็ดเรียบและเมล็ดขรุขระ มีแอลลีลที่อยู่เป็นคู่ ได้ 3 แบบ คือ SS Ss และ ss

ลักษณะเมล็ดสีเหลืองและเมล็ดสีเขียว มีแอลลีลที่อยู่เป็นคู่ ได้ 3 แบบ คือ YY Yy และ yy

เมื่อพิจารณา 2 ลักษณะรวมกันแล้วกันเตาจะมีฟีโนไทป์ ได้ 4 แบบ และมีจีโนไทป์ 9 แบบดังนี้



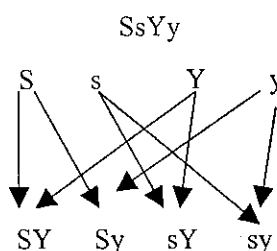
จากหลักการถ่ายทอดลักษณะข้อที่ 2 ถั่วลิสงที่มีจีโนไทป์ SsYy จะผลิตเซลล์สืบพันธุ์ ได้ 4 ชนิด คือ $\frac{1}{4}$ SY $\frac{1}{4}$ Sy $\frac{1}{4}$ sY $\frac{1}{4}$ sy เพราะแอลลีล S, s และ Y, y เข้าสู่เซลล์สืบพันธุ์ อย่างอิสระไม่ขึ้นแก่กัน ทำให้แอลลีล S รวมกลุ่มได้ทั้ง Y และ y และ แอลลีล s รวมกลุ่มได้ทั้ง Y และ y เช่นกันดังนี้

จีโนไทป์

หลักการแยกตัว

หลักการรวมกลุ่มอย่างอิสระ

เซลล์สืบพันธุ์



เมื่อเขียนจีโนไทป์ ในการพิจารณาสองลักษณะ ได้ผลการทดลองตรงกับผลการทดลองของเมนเดล แสดงว่า การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นไปตามหลักการแยกตัวและหลักการรวมกลุ่มอย่างอิสระ

รุ่นพ่อแม่ (P)

เซลล์สืบพันธุ์

SSYY

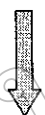
X

ssyy



SY

sy



SsYy



ลูกรุ่น F₁

เซลล์สืบพันธุ์

SY

Sy

sY

sy

ละอองเรณู

ลูกรุ่น F₂

ไข่

เมล็ดกลม - สีเหลือง 9/16

เมล็ดกลม - สีเขียว 3/16

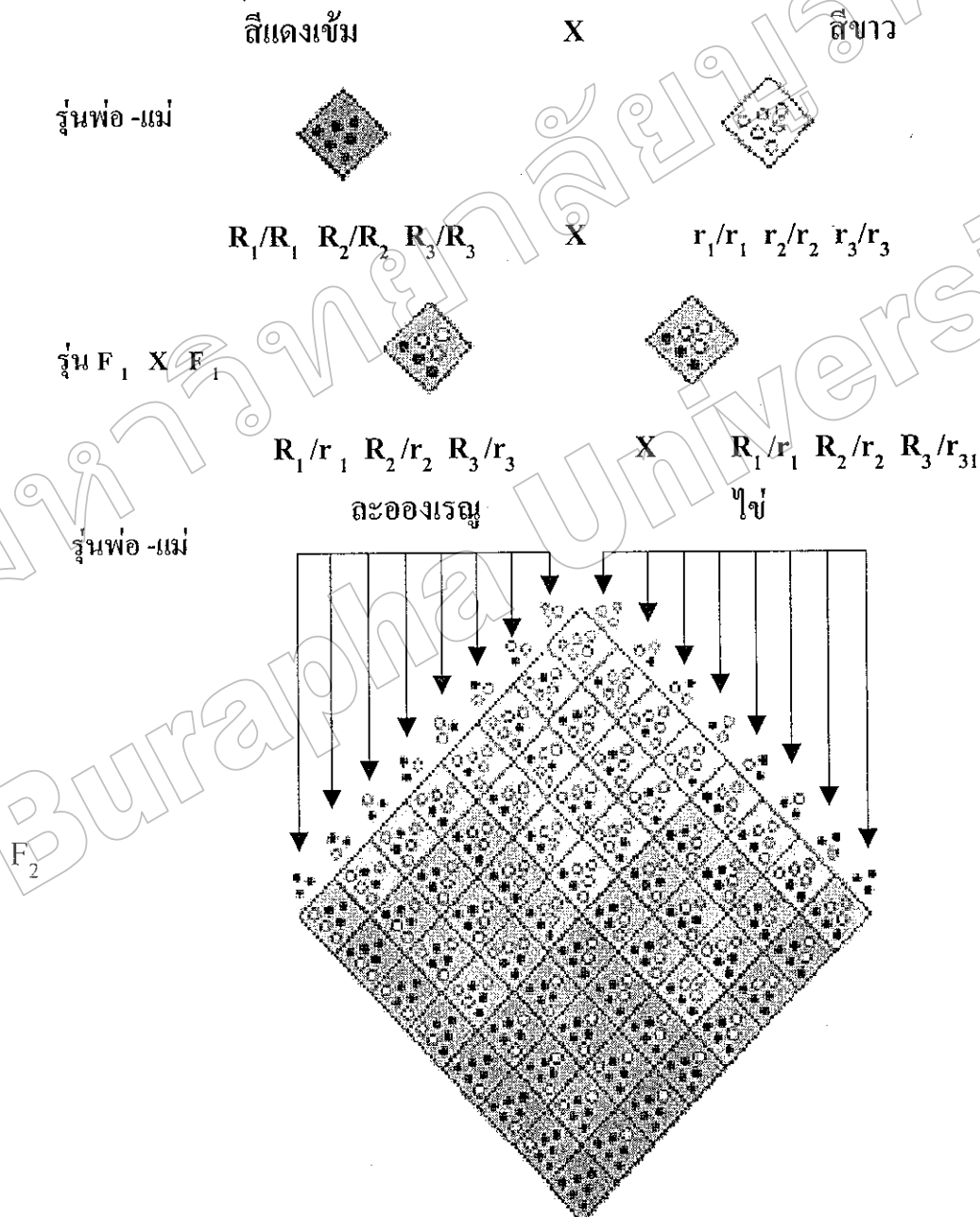
เมล็ดขรุขระ - สีเหลือง 3/16

เมล็ดขรุขระ - สีเขียว 1/16

	SY	Sy	sY	sy
SY	SSYY	SSYy	SsYY	SsYy
Sy	SSYy	SSyy	SsYy	Ssyy
sY	SsYY	SsYy	ssYY	ssYy
sy	SsYy	Ssyy	ssYy	ssyy

มัลติเปิลยีน (multiple gene)

ลักษณะพันธุกรรมบางลักษณะ อาจถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่หรือพอลิยีน (polygene)
ตัวอย่างเช่น สีของเมล็ดข้าวสาลีมียีนควบคุม 3 คู่ ถ้ากำหนดให้ $R_1R_2R_3$ เป็นยีนที่ทำให้เมล็ดข้าวสาลี
มีสีแดง และ $r_1r_2r_3$ เป็นยีนที่ทำให้เมล็ดข้าวสาลีไม่มีสี ยีนที่ควบคุมลักษณะมีสีหรือไม่มีสีจะแสดงออก
ได้เท่า ๆ กัน ดังนั้นเมล็ดข้าวสาลีที่มีจีโนไทป์ $r_1r_1r_2r_2r_3r_3$ จะแสดงลักษณะเมล็ดสีขาว
พวกที่มีจีโนไทป์ $R_1R_1R_2R_2R_3R_3$ จะแสดงลักษณะเมล็ดสีแดงเข้ม ดังนั้นสีของเมล็ดข้าวสาลีจะเข้มขึ้น
เมื่อจีโนไทป์มียีนควบคุมสีแดงเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3.2 การถ่ายทอดลักษณะสีของเมล็ดข้าวสาลี

การถ่ายทอดลักษณะเด่นร่วม

ลักษณะเด่นร่วม (codominant) หมายถึง ลักษณะที่จีโนไทป์ที่เป็นเฮเทอโรไซกัส แสดงลักษณะฟีโนไทป์ของทั้งสองแอลลีล เนื่องจากแอลลีลไม่แสดงการข่มกัน เช่น

การถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือด ระบบ ABO

หมู่เลือดระบบ ABO ถูกควบคุมด้วยยีน ซึ่งประกอบด้วย 3 แอลลีล คือ I^A I^B i พบว่า แอลลีล I^A และ แอลลีล I^B ต่างแสดงลักษณะเด่นเท่าๆ กัน (แอลลีล I^A กับแอลลีล I^B ต่างเป็นลักษณะเด่นร่วม ส่วนแอลลีล i เป็นแอลลีลด้อย) จึงปรากฏลักษณะออกมารวมกัน เป็นฟีโนไทป์ใหม่

ดังนั้น $I^A I^A$ และ $I^A i$ จะแสดงเลือดหมู่ A
 $I^B I^B$ และ $I^B i$ จะแสดงเลือดหมู่ B
 $I^A I^B$ จะแสดงเลือดหมู่ AB
 ii จะแสดงเลือดหมู่ O

มัลติเปิลแอลลีล

มัลติเปิลแอลลีล (multiple alleles) หมายถึง ยีนที่ประกอบด้วยแอลลีลมากกว่า 2 แบบ ขึ้นไป ที่ควบคุมการแสดงออกของลักษณะใดลักษณะหนึ่ง แต่จีโนไทป์ยังคงประกอบด้วย 2 แอลลีล เช่น ลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO

หมู่เลือด ABO มีแอนติเจน 2 ชนิด คือ antigen A และ antigen B ซึ่งอยู่ที่ผิวของเซลล์เม็ดเลือดแดง และมี antibody 2 ชนิด คือ antibody A และ antibody B ซึ่งอยู่ในซีรัม

พันธุกรรมของหมู่เลือด ABO

I^A ควบคุมการสังเคราะห์ antigen A

I^B ควบคุมการสังเคราะห์ antigen B

i ควบคุมไม่ให้เกิดการสังเคราะห์ antigen ทั้ง 2 ชนิด

แอลลีลทั้ง 3 แอลลีลมีตำแหน่งที่เดียวกันในโครโมโซมคู่ที่ 9 จำนวนจีโนไทป์ของหมู่เลือด มี 6 แบบ มีฟีโนไทป์ 4 แบบ ดังต่อไปนี้

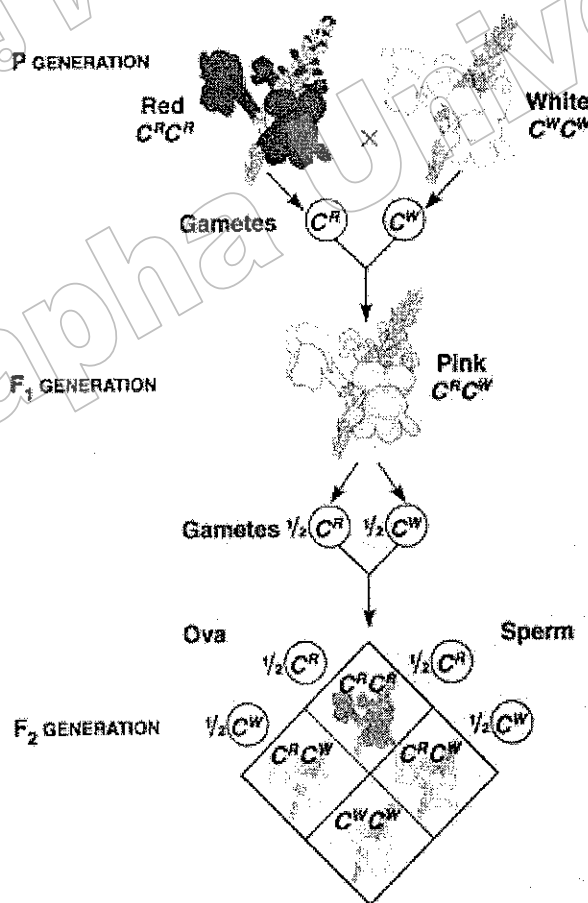
จีโนไทป์	ฟีโนไทป์ (หมู่เลือด)
$I^A I^A$ และ $I^A i$	A
$I^B I^B$ และ $I^B i$	B
$I^A I^B$	AB
ii	O

การถ่ายทอดลักษณะเด่นที่ไม่สมบูรณ์

ลักษณะเด่นที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึง ลักษณะที่จีโนไทป์ที่เป็นเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) แสดงฟีโนไทป์ที่มีลักษณะผสมผสานระหว่างจีโนไทป์ 2 แบบที่เป็นโฮโมไซกัส (homozygous) เนื่องจากแอลลีลมีการข่มกันอย่างไม่สมบูรณ์

จากการทดลองของเมนเดล จะเห็นได้ว่า ลักษณะพันธุกรรมที่แสดงออกหรือฟีโนไทป์แสดงลักษณะเด่นหรือด้อยอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น เมล็ดสีเหลืองหรือสีเขียว แต่จะไม่มีฟีโนไทป์เมล็ดสีเหลืองผสมกับสีเขียวเลย ถึงแม้จีโนไทป์จะเป็นลักษณะผสมกันอยู่ (Yy) กล่าวได้ว่าเป็นลักษณะทางพันธุกรรมแบบลักษณะเด่นสมบูรณ์ (complete-dominant)

ตัวอย่าง การถ่ายลักษณะเด่นที่ไม่สมบูรณ์ (incomplete dominant) เช่น ลักษณะสีของดอกลิ้นมังกรพบว่า การผสมระหว่างพันธุ์แท้ดอกสีแดง ($C^R C^R$) กับ พันธุ์แท้ดอกสีขาว ($C^W C^W$) พันธุ์ลูกผสมรุ่นลูก (F_1) ไม่พบดอกสีแดงหรือดอกสีขาวแต่พบดอกมีสีชมพูทั้งหมด ซึ่งดอกสีชมพูดังกล่าว ถ้าเอามาผสมกันเอง ก็จะได้รุ่นหลาน (F_2) ออกมาเป็นสีแดง, สีชมพู และ สีขาว ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 แสดงว่า ลักษณะสีของดอกลิ้นมังกรเป็น ลักษณะเด่นที่ไม่สมบูรณ์ ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงการถ่ายทอดลักษณะสีของดอกลิ้นมังกร

ที่มา : www.science.siu.edu/plant-biology/PLB117/JPEGs%20CD/0208.JPG

บัณฑิตกิจกรรมที่ 1 ชุดการสอนชุดที่ 3 เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้

จุดประสงค์

- อธิบายการนำกฎการแยกตัว กฎการรวมกลุ่มอย่างเป็นอิสระ ไปใช้กับการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตและการผสมพันธุ์ที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล ได้

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ

- ให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มร่วมกันศึกษาเนื้อหาจากบัตรเนื้อหา
- ร่วมกันพิจารณาภาพที่กำหนดให้ แล้วเลือกหมายเลขภาพที่เป็นไปตามกฎข้อต่าง

ดังต่อไปนี้ * กฎการแยกตัว

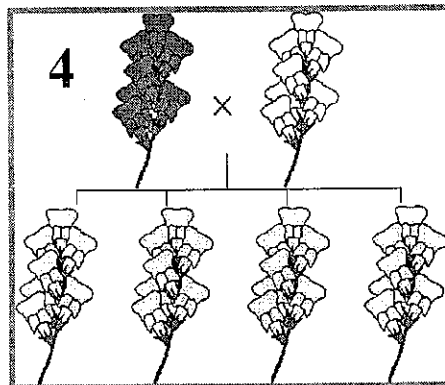
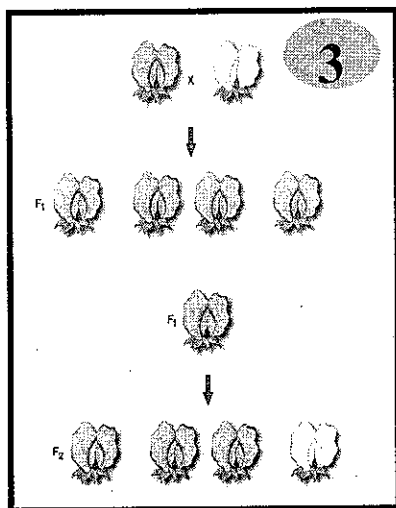
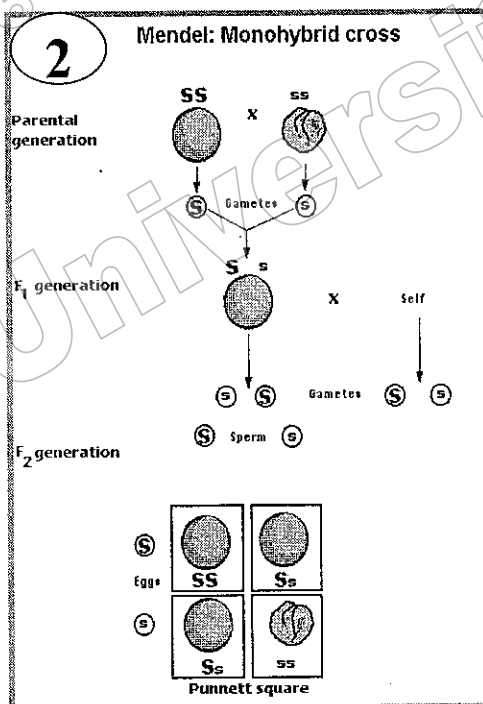
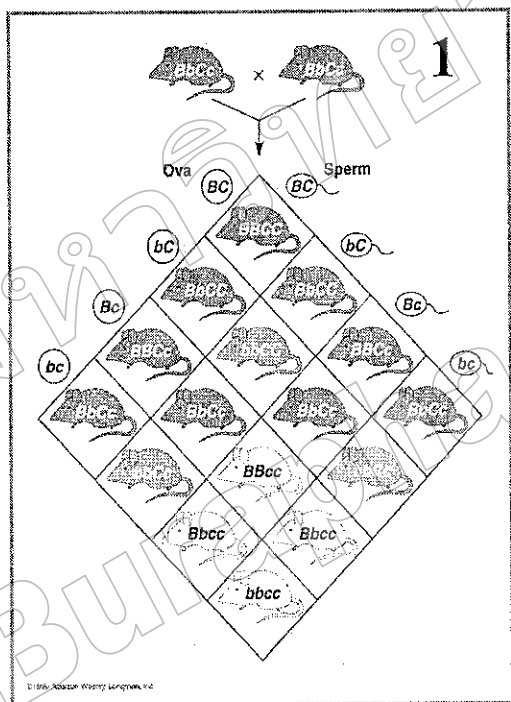
ภาพที่.....

* กฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ

ภาพที่.....

* ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

ภาพที่.....



บัตรกิจกรรมที่ 2

ชุดการสอนที่ 3 การนำกฎของเมนเดลไปใช้

เรื่อง กฎการแยกตัว

จุดประสงค์

- อธิบายการนำกฎการแยกตัวไปใช้ในเพื่อทำนายการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อ ๆ ไปได้

ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาต่อไปนี้

การผสมโดยพิจารณาหนึ่งลักษณะ

- เมื่อนำกระต่ายขนสีดำที่เป็นโฮโมไซกัส ผสมกับกระต่ายขนสีน้ำตาล ปรากฏว่าลูกที่เกิดขึ้นมีขนสีดำทั้งหมด (สมมติให้ B และ b แทนแอลลีลคู่หนึ่งที่ควบคุมลักษณะสีขน)
 - ข้อมูลนี้บอกอะไรแก่เราบ้าง
 - จีโนไทป์ของลูกรุ่น F_1 มาผสมกันเอง ลูกรุ่น F_2 จะมีจีโนไทป์กี่แบบ อะไรบ้าง และมีอัตราส่วนอย่างไร
 - ถ้านำลูกรุ่น F_1 มาผสมกับรุ่นพ่อแม่ที่มีขนสีน้ำตาล ลูกที่ได้จะมีขนสีอะไรบ้างในอัตราส่วนเท่าไร
- การถ่ายทอดลักษณะสีขนในตาของมนุษย์ นัยน์ตาสีน้ำตาลถูกควบคุมด้วยยีน B ข่มนัยน์ตาสีน้ำเงินที่ถูกควบคุมด้วยยีน b ถ้าชายนัยน์ตาสีน้ำเงิน แต่งงานกับหญิงนัยน์ตาสีน้ำตาล ซึ่งบิดาของหญิงคนนี้มีนัยน์ตาสีน้ำเงิน จงบอกอัตราส่วนของลูกที่ได้จากการแต่งงานระหว่างชายหญิงคู่นี้
- ถ้า N แทนยีนที่ควบคุมลักษณะปีกปกติของแมลงหวี่และ n แทนยีนที่ควบคุมลักษณะปีกสั้นของแมลงหวี่ ในการผสมพันธุ์แมลงหวี่ที่มีปีกปกติคู่หนึ่ง ปรากฏว่ารุ่นลูกจำนวน 123 ตัว มีปีกปกติ 88 ตัว และปีกสั้น 35 ตัว
 - ข้อมูลนี้บอกอะไรแก่เราบ้าง
 - จงเขียนจีโนไทป์ของแมลงหวี่ในรุ่นพ่อแม่ – แม่
 - เมื่อนำแมลงหวี่ปีกสั้นในรุ่นลูกผสมกับแมลงหวี่ปีกปกติในรุ่นพ่อแม่ – แม่ จะได้ลูกมีลักษณะปีกอย่างไรบ้าง คิดเป็นสัดส่วนเท่าใด

บัตรกิจกรรมที่ 3

ชุดการสอนที่ 3 การนำกฎของเมนเดลมาใช้ เรื่อง กฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ

จุดประสงค์

- อธิบายการนำกฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระไปใช้เพื่อทำนายการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อ ๆ ไป

ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาต่อไปนี้

การผสมพันธุ์โดยพิจารณาสองลักษณะ

- พืชชนิดหนึ่ง เมื่อนำต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรง และกลีบดอกสีแดงมาผสมกับต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรงและกลีบดอกสีขาว แล้วนำเมล็ดที่ได้จากการผสมมาปลูก พบว่ามีลักษณะดังนี้

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรง กลีบดอกสีแดง 62 ต้น

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้ตรง กลีบดอกสีขาว 59 ต้น

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้โค้ง กลีบดอกสีแดง 18 ต้น

ต้นที่มีก้านเกสรตัวผู้โค้ง กลีบดอกสีขาว 22 ต้น

จากข้อมูลข้างต้นนี้จึงตอบคำถามต่อไปนี้

- ลักษณะใดบ้างเป็นลักษณะเด่น และลักษณะใดบ้างเป็นลักษณะด้อย
 - จงกำหนดตัวอักษรเป็นสัญลักษณ์แทนยีนแต่ละแอลลีล แล้วเขียนจีโนไทป์ของต้นพืชในรุ่นพ่อ-แม่ และรุ่นลูกทั้งหมด
- ในมะเขือเทศ ลักษณะผลสีแดง (R) ข่มลักษณะผลสีเหลือง (r) ลักษณะต้นสูง (D) ข่มลักษณะต้นแคระ (d) ถ้าผสมมะเขือเทศลักษณะผลสีแดงต้นสูง พันธุ์แท้ กับลักษณะผลสีเหลืองต้นแคระ พันธุ์แท้ จงหาอัตราส่วนของจีโนไทป์ และฟีโนไทป์ ของลูกรุ่น F_1 และ F_2

บัตรกิจกรรมที่ 4

ชุดการสอนที่ 3 การนำกฎของเมนเดลมาใช้ เรื่อง ลักษณะเด่นที่ไม่สมบูรณ์

จุดประสงค์

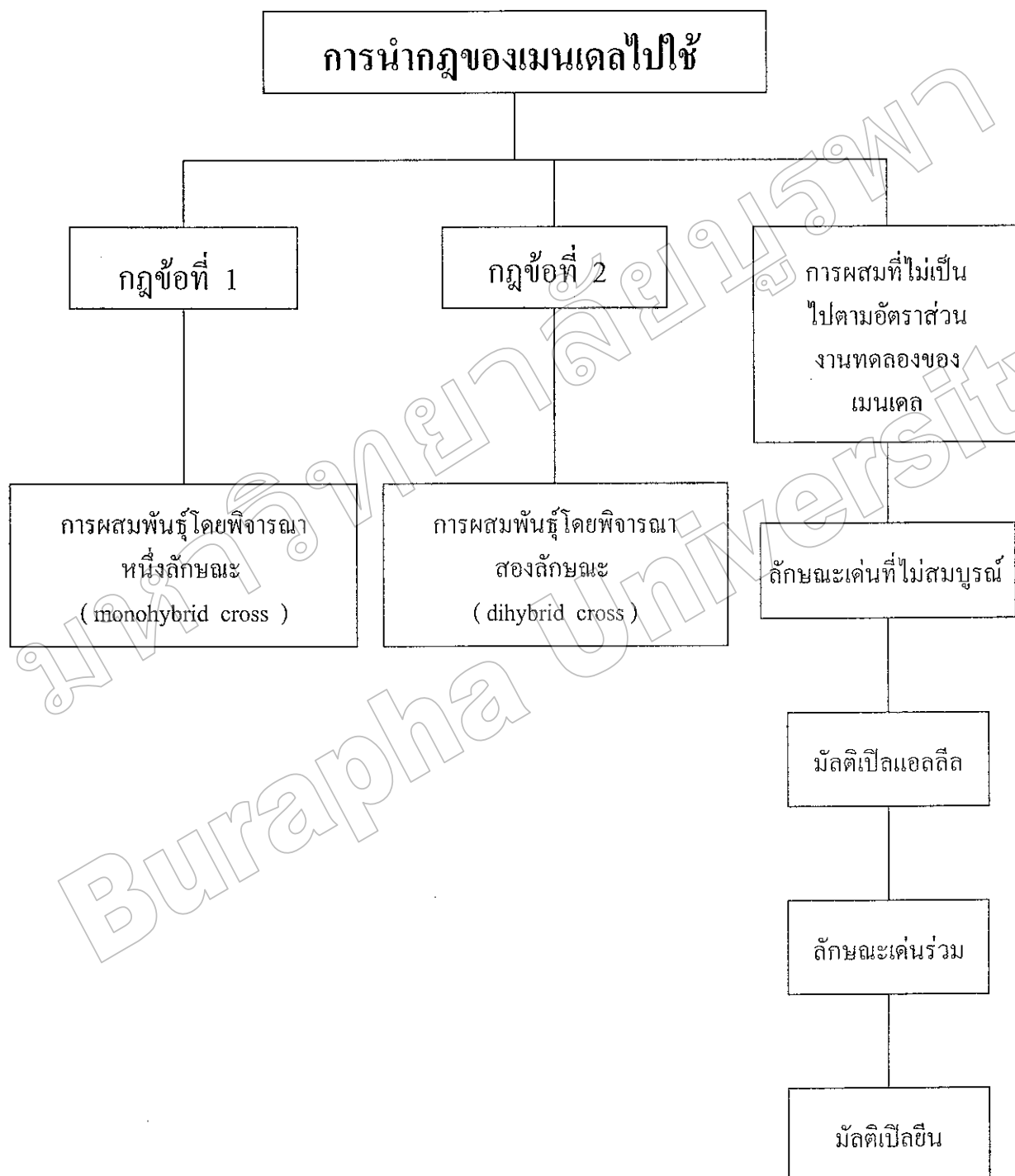
1. สามารถอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะที่ไม่เป็นไปตามอัตราส่วนงานทดลองของเมนเดล

ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาต่อไปนี้

ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์

1. แม่ไก่ขนสีฟ้า ผสมกับ พ่อไก่ขนสีฟ้า ปรากฏว่า ได้ลูกไก่ออกมาทั้งหมด 96 ตัว มีขนสีดำ 24 ตัว ขนสีฟ้า 48 ตัว ขนสีขาว 24 ตัว จากผลที่ได้ดังกล่าวให้นักเรียนอธิบายว่า สีฟ้า สีดำ และ สีขาว มีการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมอย่างไร สีอะไรแสดงลักษณะเด่น และจีโนไทป์มีอัตราส่วนเท่าใด
2. ในดอกบานเย็นลักษณะสีแดง (R) เป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ต่อลักษณะสีขาว ต้นที่เป็นเฮเทอโรไซโกต มีดอกสีชมพู ถ้าผสมระหว่างดอกสีแดงกับต้นดอกสีขาวจงบอกอัตราส่วนของลูก F_1 และ F_2 ตามลำดับ
3. ต้นลิ้นมังกร ดอกสีแดง (R) เป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ต่อลักษณะสีขาว (r) จีโนไทป์ Rr มีดอกสีชมพู นอกจากนี้ลักษณะใบกว้าง (B) ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ต่อลักษณะใบแคบ (b) จีโนไทป์ Bb มีใบกว้างปานกลาง ถ้าผสมดอกสีแดงใบกว้าง กับ ดอกสีขาวใบแคบ จงบอกอัตราส่วนทางจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูก F_1 และ F_2

บัตรสรุปเนื้อหา



แบบทดสอบหลังเรียน

ชุดการสอน ชุดที่ 3

เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้

จุดประสงค์ที่ 2 อธิบายการนำกฎแห่งการแยกตัวไปใช้ในการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตได้

3. กำหนดให้

P ; ดอกสีแดงพันธุ์แท้ TT x ดอกสีขาวพันธุ์แท้ tt



F₁ ดอกสีแดง Tt

ถ้าให้ลูก F₁ ผสมตัวเอง ลูก F₂ ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะอย่างไร ?

ก. ดอกสีแดงทั้งหมด

ข. ดอกสีแดง : ดอกสีขาว = 3 : 1

ค. ดอกสีแดง : ดอกสีขาว = 1 : 1

ง. ดอกสีขาวทั้งหมด หรือ ดอกสีแดง : ดอกสีขาว = 1 : 3

4. ให้ แอลลีล B ควบคุมลักษณะขนสีดำของกระต่าย

แอลลีล b ควบคุมลักษณะขนสีขาวของกระต่าย

การผสมของกระต่ายคู่ใดที่จะทำให้ได้ลูกกระต่ายสีดำทั้งหมด ?

ก. bb x Bb

ข. bb x bb

ค. BB x Bb

ง. Bb x Bb

5. ในหนูตะเภาให้ R ควบคุมลักษณะเด่นขนสีขาว และ r ควบคุมลักษณะด้อยขนสีดำ ถ้าผสมหนูตะเภาที่มีขนสีขาวกับหนูตะเภาขนสีดำได้ลูกหนูตะเภาขนสีขาว 7 ตัว และขนสีดำ 8 ตัว พ่อแม่หนูตะเภาจะมีจีโนไทป์อย่างไร

ก. RR ทั้งคู่

ข. Rr ทั้งคู่

ค. rr ทั้งคู่

ง. ฝ่ายหนึ่งเป็น Rr อีกฝ่ายหนึ่งเป็น rr

จุดประสงค์ที่ 3 อธิบายการนำกฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระไปใช้ในการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตได้

6. ถ้าลักษณะเมล็ดผิวเรียบเป็นลักษณะเด่น และเมล็ดผิวขรุขระเป็นลักษณะด้อย เมล็ดสีเหลืองเป็นลักษณะเด่น และเมล็ดสีเขียวเป็นลักษณะด้อย เมื่อผสมต้นถั่วเมล็ดผิวเรียบสีเหลืองกับต้นถั่วเมล็ดผิวขรุขระสีเขียวจะมีโอกาสได้ลูกเมล็ดผิวเรียบสีเหลือง : เมล็ดผิวเรียบสีเขียว : เมล็ดผิวขรุขระสีเหลือง : เมล็ดผิวขรุขระสีเขียว เป็นอัตราส่วนเท่าไร ?

1. 1 : 1 : 1 : 1

2. 1 : 0 : 0 : 0

3. 9 : 3 : 3 : 1

ก. 1 ลูก

ข. 2 ลูก

ค. 1 และ 2 ลูก

ง. 1 และ 3 ลูก

7. การผสมพันธุ์ระหว่างจีโนไทป์ในข้อใดสามารถบอกได้ว่ายีนคู่ A และ B แยกออกจากกันอย่างอิสระ ?

ก. AaBb x aabb

ข. AABB x aabb

ค. Aabb x aaBb

ง. Aabb x aaBB

8. ในมนุษย์มียืนควบคุมลักษณะนัยน์ตาสีน้ำตาล (B) ตาสีฟ้า (b) ถนัดขวา (R) และ ถนัดซ้าย (r)

ถ้า นาย ก ตาสีน้ำตาล ถนัดซ้าย แต่งงาน กับ นางสาว ข ตาสีฟ้า ถนัดขวา มีลูก 2 คน คือ

นาย ค ตาสีน้ำตาล ถนัดขวา และนางสาว ง ตาสีฟ้า ถนัดขวา นางสาว ง ได้แต่งงานกับนาย จ มีลูกด้วยกันหลายคนและทุกคนมีตาสีน้ำตาล ถนัดขวาทั้งหมด ถ้าตอบข้อใดเป็นจีโนไทป์ของ นาย ก และนาย จ

ก. นาย ก BBrr นาย จ BBRR

ข. นาย ก BBrr นาย จ BbRr

ค. นาย ก Bbrr นาย จ BbRr

ง. นาย ก Bbrr นาย จ BBRR

จุดประสงค์ที่ 4 อธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล

9. กำหนดให้ แอลลีล R ควบคุมลักษณะดอกสีแดง

แอลลีล r ควบคุมลักษณะดอกสีขาว

ลักษณะสีของดอกแสดงลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์

ถ้าผสมดอกบานเย็นพันธุ์สีแดงกับพันธุ์สีขาวได้ลูกผสมที่มีสีชมพูทั้งหมด แต่ถ้าผสมดอกบานเย็นสีชมพูกับสีแดงจะได้จีโนไทป์แบบใด ?

ก. RR : RR

ข. RR : Rr

ค. Rr : Rr

ง. R : R

10. ต้นไม้ชนิดหนึ่ง สีของดอกเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ C^R เป็นยีนที่แสดงดอกสีแดง C^W เป็นยีนที่แสดงดอกสีขาว ส่วนความสูงของลำต้นเป็นลักษณะเด่นอย่างสมบูรณ์ [ต้นสูง (T) เป็นลักษณะเด่น ต้นเตี้ย t เป็นลักษณะด้อย] ถ้านำต้นไม้ต้นสูง ดอกสีชมพู เซโทโรไซกัสอินผสมพันธุ์กับต้นเตี้ย ดอกสีขาว คาดว่ารุ่นลูกจะมีลักษณะเป็นอย่างไรในอัตราส่วนเท่าไร ?

ก. ชมพูสูง : ขาวเตี้ย = 1 : 1

ข. ชมพูเตี้ย : ขาวสูง = 3 : 1

ค. ชมพูสูง : ชมพูเตี้ย : ขาวสูง : ขาวเตี้ย 1 : 1 : 1 : 1

ง. ชมพูสูง : ชมพูเตี้ย : ขาวสูง : ขาวเตี้ย 9 : 3 : 3 : 1

บัตรเฉลยจากแบบทดสอบหลังเรียน

ชุดการสอนชุดที่ 3 เรื่อง การนำกฎของเมนเดลไปใช้

1. ก

2. ค

3. ข

4. ง

5. ง

6. ง

7. ก

8. ง

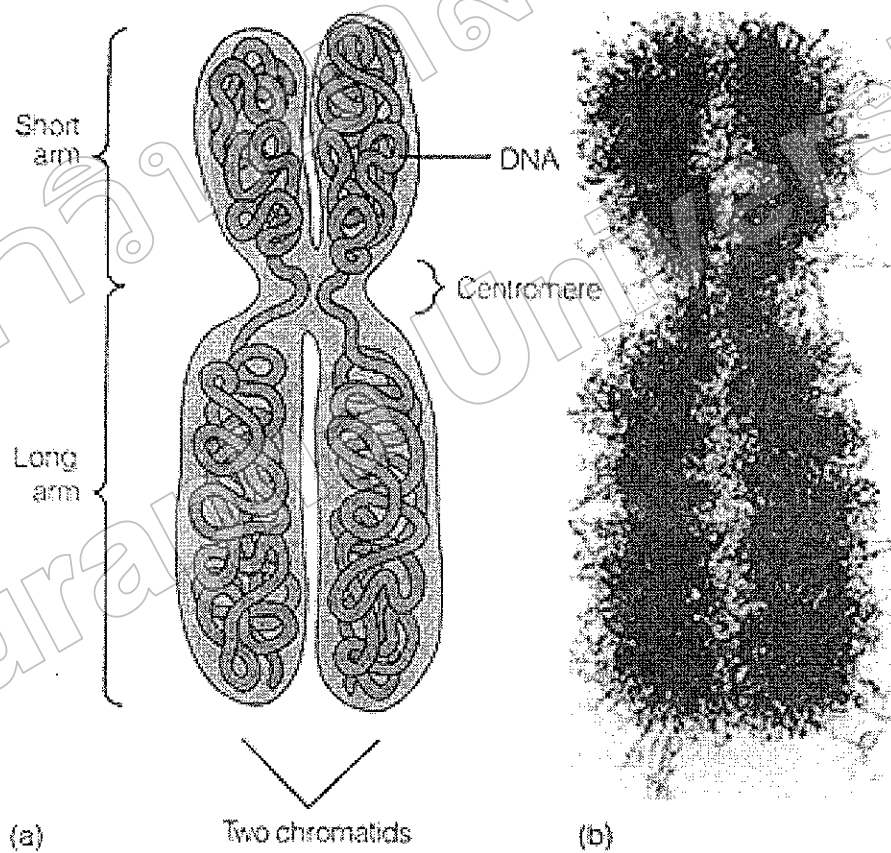
9. ข

10. ค

ชุดการสอน ชุดที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
เรื่อง โครโมโซม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เวลา 4 ชั่วโมง



คู่มือครู

ชุดการสอน ชุดที่ 4

เรื่อง โครโมโซม

แผนการจัดการเรียนรู้ ชุดที่ 4

วิทยาศาสตร์
เรื่อง โครโมโซม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เวลา 4 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายรูปร่างลักษณะของโครโมโซมได้
2. อธิบายรูปร่างลักษณะของโครโมโซมและจำนวนโครโมโซมในพืชบางชนิดจากการทดลองได้
3. บอกความสำคัญของโครโมโซมและความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับโครโมโซมได้

เนื้อหาสาระ

ในเซลล์ร่างกายจะมีโครโมโซมที่มีรูปร่างลักษณะเหมือนกันเป็นคู่ ๆ สามารถจำแนกออกจากกันเป็นคู่ได้โดยอาศัยความแตกต่างของโครงสร้างของโครโมโซม โดยดูจากขนาดและตำแหน่งเซนโทรเมียร์

โครโมโซมเป็นแหล่งของยีนจำนวนมาก เมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นกับโครโมโซมย่อมมีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นได้

กระบวนการจัดการเรียนรู้

กิจกรรม	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน (15 นาที) 1.1 โดยการใช้คำถามถามถึงความรู้เดิมเกี่ยวกับองค์ประกอบของภายในเซลล์ 1.2 นำภาพส่วนประกอบของเซลล์มาให้นักเรียนศึกษาแล้วตอบคำถามต่อไปนี้ - ถ้าเราจะศึกษาจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด จะต้องศึกษาที่ส่วนใด ? - จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดเท่ากันหรือไม่เพราะเหตุใด - โครงสร้างของโครโมโซมประกอบด้วยอะไรบ้าง	- การสังเกต - การลงความคิดเห็นจากข้อมูล

กิจกรรม	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. ขั้นสอน (195 นาที) 2.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยใช้กลุ่มเดิมที่จัดจากชุดที่ 3 2.2 ให้ประธานแต่ละกลุ่มรับคู่มือนักเรียน ซึ่งคู่มือนักเรียนที่แต่ละกลุ่มได้รับประกอบด้วย บัตรเนื้อหา บัตรกิจกรรม ฯลฯ 2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหา และปฏิบัติตามกิจกรรมต่าง ๆ ดังนี้ บัตรกิจกรรมที่ 1 ทดลองเพื่อศึกษาโครงสร้างของโครโมโซมและจำนวนโครโมโซมในพืช บัตรกิจกรรมที่ 2 จัดเรียงโครโมโซมเพื่อค้นหาความผิดปกติว่าเกิดเนื่องจากกลุ่มอาการใด บัตรกิจกรรมที่ 3 เขียนแผนผังแสดงความสัมพันธ์ของค่าที่กำหนดให้สอดคล้องกัน ในขณะที่ปฏิบัติตามกิจกรรมนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายความรู้ที่ได้จากกิจกรรมที่ 1,2,3 และความรู้ที่ได้จากบัตรเนื้อหา 3. ขั้นสรุป (20 นาที) 3.1 ให้ตัวแทนกลุ่มของแต่ละกลุ่มออกมารายงานผลการปฏิบัติตามกิจกรรมที่ 1, 2, 3 และร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปที่ถูกต้องร่วมกัน ครูชมเชยนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ร่วมกันทำกิจกรรมได้สมบูรณ์ดี และเสนอแนะนักเรียนกลุ่มที่ยังทำไม่สมบูรณ์ 3.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม เพื่อนำไปสู่การสรุปเกี่ยวกับบทเรียนเรื่อง โครโมโซม ด้วยแผ่นใส 4. ขั้นทดสอบหลังเรียน (10 นาที) 4.1 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบทบทวนหลังเรียนจำนวน 10 ข้อ	บัตรกิจกรรม จะได้ฝึกทักษะต่าง ๆ ดังนี้ - การสังเกต - การจำแนกประเภท - การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล - การตั้งสมมติฐาน - การกำหนดและควบคุมตัวแปร - การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป

กระบวนการวัดและประเมินผล

1. ตรวจสอบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียนชุดที่ 4 เรื่อง โครโมโซม จำนวน 10 ข้อ
2. ตรวจสอบผลการทำกิจกรรมที่ 1, 2, 3
3. ประเมินการทำงานกลุ่ม

แหล่งเรียนรู้

1. แผ่นใสสรุปบทเรียนเรื่อง โครโมโซม
2. วัสดุอุปกรณ์ในการทดลองกิจกรรม เช่น ดอกกุหลาบ สี acetocarmine สไลด์ กระดาษปิดสไลด์
3. ห้องสมุดวิทยาศาสตร์
4. เอกสารเกี่ยวกับเรื่องโครโมโซม
5. เว็บไซต์
 - [www.biotec.or.th/Genome/ whatGenome.html](http://www.biotec.or.th/Genome/whatGenome.html)
 - <http://mickey.lcsc.edu/~msatterw/BI341/341lecnotes4.html>
 - [http : www.google .com](http://www.google.com)