คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5Es

ในการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5Es วิชา ว30244 ชีววิทยา 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชุดที่ 3 เรื่องการข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน และมัลติเปิลแอลลีล ใช้เวลา 3 ชั่วโมง นักเรียนควรปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. นักเรียนอ่านคำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5Es ให้เข้าใจ พร้อมทั้งศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และสาระสำคัญ
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ ในเวลา 10 นาที
3. นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5Es ชุดที่ 3 เรื่องการข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน และมัลติเปิลแอลลีล 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ให้นักเรียนนำดอกบานเย็นมาเพื่อพิจารณาประกอบกับภาพที่ 1 ดอกบานเย็น 3 สี คือ แดง ขาว และชมพู แล้วตอบคำถาม

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) นักเรียนศึกษาเนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5Es โดยศึกษาเนื้อหาในใบความรู้ที่ 1 การข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน ใบความรู้ที่ 2 มัลติเปิลแอลลีล แล้วทำใบกิจกรรมที่ 1 การข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน และใบกิจกรรมที่ 2 มัลติเปิลแอลลีล เสร็จแล้วตรวจคำตอบจากแนวการตอบท้ายชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5Es พร้อมทำกิจกรรมภาพปริศนา

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation) ให้นักเรียนใช้โปรแกรม Kahoot เพื่อทดสอบความเข้าใจเนื้อหาที่ได้เรียนผ่านมาแล้ว และร่วมกันอภิปรายตามประเด็นคำถามที่ครูถาม แล้วสรุปลงในใบบันทึกความรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนพิจารณาภาพที่ 7 สุนัข 3 ตัวครอกเดียวกัน แล้วร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่กำหนดให้

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ ในเวลา 10 นาที

เกณฑ์การประเมินชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5Es วิชา ว30244 ชีววิทยา 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชุดที่ 3 เรื่องการข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน และมัลติเปิลแอลลีลชุดนี้ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ขึ้นไป

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5Es วิชา ว30244 ชีววิทยา 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชุดที่ 3 เรื่องการข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน และมัลติเปิลแอลลีล

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 อธิบาย อภิปรายลักษณะการข่มไม่สมบูรณ์ ข่มร่วมกัน และมัลติเปิลแอลลีลได้ (K,P)

1.2 อธิบาย วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างการข่มไม่สมบูรณ์ และการข่มร่วมกันได้ (K,P)

1.3 เขียนจีโนไทป์ ฟีโนไทป์ และคำนวณลักษณะทางพันธุกรรมของการข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน และมัลติเปิลแอลลีลได้ (P)

1.4 รับผิดชอบ มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นการทำงาน และมีจิตสาธารณะ (A)

2. สาระการเรียนรู้

2.1 การข่มไม่สมบูรณ์

2.2 การข่มร่วมกัน

2.3 มัลติเปิลแอลลีล

3. สาระสำคัญ

การข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน และมัลติเปิลแอลลีล การถ่ายทอดทั้ง 3 แบบนี้ เป็นลักษณะที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล ซึ่งมีความหมายแตกต่างกันดังนี้

การข่มไม่สมบูรณ์ (incomplete dominance) คือ การที่แอลลีลหนึ่งแสดงการข่มแอลลีลอีกอันหนึ่งได้ แต่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบผสมกัน หรือเป็นแบบกลาง ๆ ระหว่างสองลักษณะ เช่น สีดอก และขนาดใบของต้นลิ้นมังกร ผมหยิก-ผมตรง

การข่มร่วมกัน (codominance) คือ ลักษณะของยีนทั้งสองที่ควบคุมลักษณะ จะไม่ข่มซึ่งกันและกันแต่แสดงความเด่นได้เท่า ๆ กันจึงปรากฏลักษณะออกมาร่วมกัน เช่น การถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO ถูกควบคุมด้วยยีน ซึ่งมีแอลลีลเกี่ยวข้อง 3 แอลลีล คือ I^A, I^B, i พบว่า แอลลีล I^A และ แอลลีล I^B ต่างก็แสดงลักษณะเด่นเท่า ๆ กัน จึงแสดงออกโดยจะมีการสร้างทั้งแอนติเจน A และ B เป็นหมู่เลือด AB

มัลติเปิลแอลลีล (multiple alleles) คือ การที่ยีน 1 โลคัส (locus) มีจำนวนของแอลลีลมากกว่า 2 แบบ เช่น หมู่เลือดระบบ ABO มีจำนวนของแอลลีลอยู่ 3 แบบ คือ I^A I^B และ i การแสดงสีขนของกระต่ายที่มีจำนวนของแอลลีลอยู่ 4 แบบ คือ C^+ c^{ch} c^h และ c

แบบทดสอบก่อนเรียน

ชุดที่ 3 เรื่องการข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกันและมัลติเปิลแอลลีล

รายวิชา ว30244 ชีววิทยา 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คะแนนเต็ม 10 คะแนน จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที

==========

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ มีทั้งหมด 10 ข้อ

2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำตอบ

==========

อ่านข้อความนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 1-2

1. ผมหยักศก
2. หมู่เลือด AB
3. ขนาดใบของต้นลิ้นมังกร
4. สีแดง ขาว ชมพูของดอกบานเย็น

1. ลักษณะทางพันธุกรรมข้อใดที่เป็นการข่มไม่สมบูรณ์

ก. 1 เท่านั้น

ข. 2 และ 3

ค. 3 และ 4

ง. 1 3 และ 4

2. ลักษณะทางพันธุกรรมข้อใดที่เป็นการข่มร่วมกัน

ก. 2 เท่านั้น

ข. 1 และ 2

ค. 3 และ 4

ง. 1 3 และ 4

3. พ่อ แม่ที่มีหมู่เลือดคู่ใด มีโอกาสได้ลูกหมู่เลือดแบบเดียวเท่านั้น

ก. O x O

ข. A x A

ค. B x B

ง. A x B

4. พ่อผมหยักศก แต่งงานกับแม่ผมตรง จะมีโอกาสได้ลูกผมหยักศกเหมือนพ่อเท่าใด

ก. 12.5 %

ข. 25 %

ค. 50 %

ง. 75 %

5. ลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO เกี่ยวข้องกับข้อใดบ้าง

ก. codominance

ข. multiple allele

ค. incomplete dominance

ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข

อ่านข้อความนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 6

1. หมู่เลือด A x A
2. หมู่เลือด A x B
3. หมู่เลือด AB x A
4. หมู่เลือด AB x B

6. พ่อ แม่คู่ใดที่มีโอกาสมีลูกเลือดหมู่ O ได้

ก. 2 เท่านั้น

ข. 1 และ 2

ค. 3 และ 4

ง. 1 2 และ 4

7. นำดอกบานเย็นสีแดงผสมกับสีขาว ทำให้ได้ลูกรุ่น F_1 เป็นเฮเทอโรไซโกตดอกสีชมพู หากนำรุ่น F_1 มาผสมกันเอง อัตราส่วนที่จะได้ลูกรุ่น F_2 เป็นอย่างไร

ก. ชมพูทั้งหมด

ข. แดง 3 : ขาว 1

ค. แดง 2 : ชมพู 1 : ขาว 1

ง. แดง 1 : ชมพู 2 : ขาว 1

8. ชายหญิงคู่หนึ่ง มีเลือดหมู่ B ทั้งสองคน แต่งงานกัน และมีลูกเลือดหมู่ O ข้อใดเป็นจริง

ก. ลูกเกิดมิวเทชัน

ข. คู่พ่อแม่มีจีโนไทป์เป็นโฮโมไซกัส

ค. คู่พ่อแม่มีจีโนไทป์เป็นเฮเทอโรไซกัส

ง. พ่อเป็นโฮโมไซกัส แม่เป็นเฮเทอโรไซกัส

9. พ่อ และแม่มีเลือดหมู่ AB ทั้งคู่ จะมีโอกาสได้ลูกที่มีเลือดหมู่ B เท่าใด

ก. 25 %

ข. 50 %

ค. 75 %

ง. 100 %

10. การข่มไม่สมบูรณ์และการข่มร่วมกันมีลักษณะเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

ก. เหมือนกัน คือยีนที่ควบคุมลักษณะทั้งสองจะไม่ข่มกันและกัน แต่แสดงความเด่นได้ เท่า ๆ กัน

ข. เหมือนกัน คือเป็นการแสดงออกของยีนเด่นที่ไม่สามารถข่มยีนด้อยได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบผสมกัน

ค. ต่างกัน เพราะการข่มไม่สมบูรณ์ คือการที่แอลลีลหนึ่งแสดงการข่มอีกแอลลีลหนึ่งได้แต่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบผสมกัน ส่วนการข่มร่วมกัน เป็นการที่ยีนทั้งสองที่ควบคุมลักษณะจะไม่ข่มซึ่งกันและกัน แต่แสดงความเด่นได้ เท่า ๆ กัน

ง. ต่างกัน เพราะการข่มร่วมกัน คือการที่แอลลีลหนึ่งแสดงการข่มอีกแอลลีลหนึ่งได้แต่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบผสมกัน ส่วนการข่มไม่สมบูรณ์ เป็นการที่ยีนทั้งสองที่ควบคุมลักษณะจะไม่ข่มซึ่งกันและกัน แต่แสดงความเด่นได้ เท่า ๆ กัน

กระดาษคำตอบ

ชื่อ.....ชื่อสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

สรุปคะแนนก่อนกิจกรรมการเรียนรู้

10

1.ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำดอกบานเย็นสีแดง ขาว และชมพูมา เพื่อใช้ประกอบกับภาพที่ 1 แล้วร่วมกันอภิปรายตอบคำถามต่อไปนี้

ก. ดอกบานเย็นสีแดง

ข. ดอกบานเย็นสีขาว

ค. ดอกบานเย็นสีชมพู

ภาพที่ 1 ดอกบานเย็น 3 สี คือ สีแดง ขาวและชมพู

ที่มา : อัมพวรรณ์ เพียรพิจิตร, 2561

คำถาม

1. ดอกบานเย็นสีแดงและสีขาวเป็นรุ่นพ่อแม่ส่วนดอกสีชมพูเป็นรุ่นลูก ลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมนี้เป็นไปตามหลักของเมนเดลหรือไม่ อย่างไร

.....

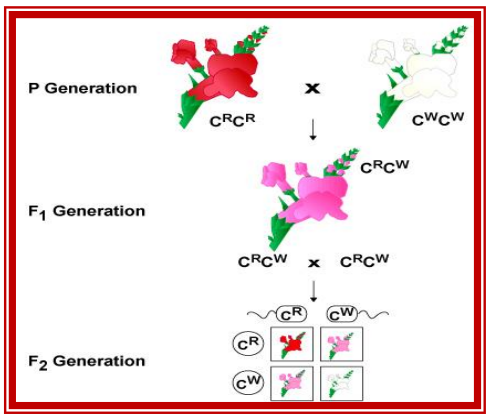
.....

2.ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration)

ใบความรู้ที่ 1
การข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน

1. การข่มไม่สมบูรณ์ (incomplete dominance)

การข่มไม่สมบูรณ์ คือ การที่แอลลีลหนึ่งแสดงการข่มอีกแอลลีลหนึ่งได้ แต่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบผสมกันระหว่างสองลักษณะ เช่น ลักษณะสีดอกบานเย็น ดอกลิ้นมังกร ใบลิ้นมังกรขนาดต่าง ๆ ผมหยิก-ผมตรง เป็นต้น จากการทดลองผสมพันธุ์ดอกลิ้นมังกรนั้นพบว่า ฟีโนไทป์ของลักษณะเด่นพันธุ์แท้ (homozygous dominant) นี้ จะมีลักษณะไม่เหมือนกับลักษณะพันทาง (heterozygous) ดังที่เมนเดลศึกษาถั่วลันเตา 7 ลักษณะ ซึ่งฟีโนไทป์ของลักษณะเด่นพันธุ์แท้จะแสดงออกมาเหมือนกับลักษณะพันทาง แต่จากการทดลองผสมพันธุ์ดอกลิ้นมังกรพบว่า ลักษณะพันทางเป็นการแสดงออกร่วมกันของยีนทั้งสอง เช่น ผสมต้นลิ้นมังกรพันธุ์แท้ดอกสีแดง (C^RC^R) กับ ดอกสีขาว (C^WC^W) ทำให้ได้ลูกรุ่นแรก (F_1) ที่เป็นพันทางมีฟีโนไทป์เป็นดอกสีชมพู (C^RC^W) ทั้งหมด และเมื่อนำดอกลิ้นมังกรสีชมพูมาผสมกันจะได้รุ่นหลาน (F_2) เป็น ดอกสีแดง : ดอกสีชมพู : ดอกสีขาว ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การผสมพันธุ์ของดอกลิ้นมังกร

ที่มา : Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B., 2009, p 272.

หากนำต้นลิ้นมังกรขนาดใบกว้าง (L^WL^W) และใบแคบ (L^NL^N) มาผสมพันธุ์กัน แล้วนำมาพิจารณาร่วมกัน (dihybrid cross) จะได้ผลดังนี้

รุ่น P (พ่อ-แม่) : $C^RC^RL^WL^W$ x $C^WC^WL^NL^N$

G (เซลล์สืบพันธุ์) : C^RL^W C^WL^N

รุ่น F_1 : $C^WC^RL^WL^N$ (ใบปานกลางสีชมพูทั้งหมด)

เมื่อนำรุ่น F_1 x รุ่น F_1 มาผสมกันเอง แต่ละต้นจะสามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ต้นละ 4 แบบ คือ C^WL^W C^WL^N C^RL^W C^RL^N ทำให้ได้รุ่น F_2 แสดงดังตารางที่ 1

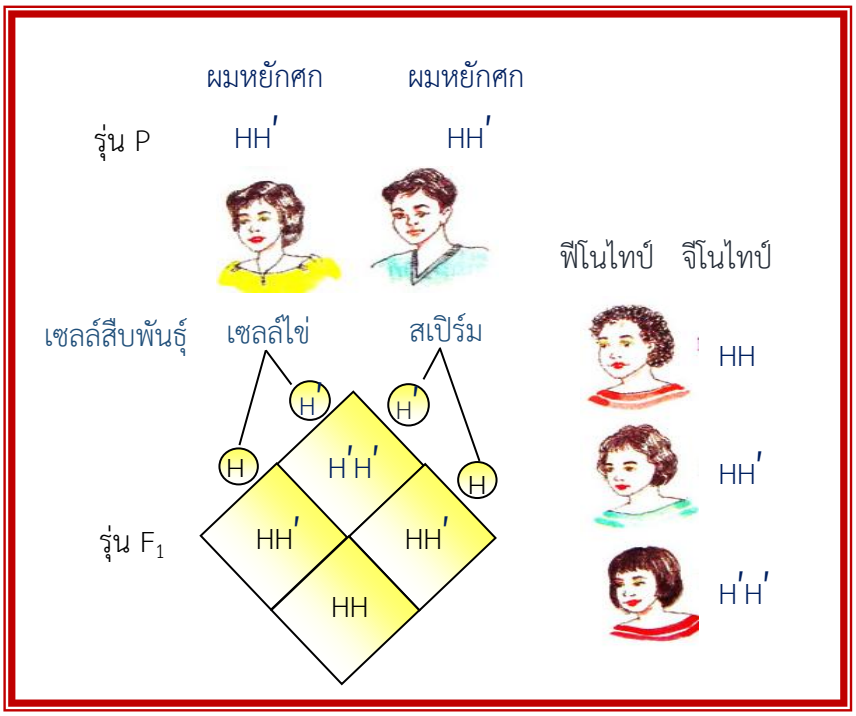
ตารางที่ 1 แสดงลักษณะการผสมโดยพิจารณาพร้อมกันสองลักษณะ

เซลล์สืบพันธุ์	C^WL^W	C^WL^N	C^RL^W	C^RL^N
C^WL^W	$C^WC^WL^WL^W$	$C^WC^WL^WL^N$	$C^WC^RL^WL^W$	$C^WC^RL^WL^N$
C^WL^N	$C^WC^WL^NL^W$	$C^WC^WL^NL^N$	$C^WC^RL^NL^W$	$C^WC^RL^NL^N$
C^RL^W	$C^RC^WL^WL^W$	$C^RC^WL^WL^N$	$C^RC^RL^WL^W$	$C^RC^RL^WL^N$
C^RL^N	$C^RC^WL^NL^W$	$C^RC^WL^NL^N$	$C^RC^RL^NL^W$	$C^RC^RL^NL^N$

ที่มา : อัมพวรรณ์ เพียรพิจิตร, 2556.

จากตารางลักษณะในรุ่น F_2 แสดงให้เห็นว่าการข่มไม่สมบูรณ์ของดอกและใบต้นลิ้นมังกรจะมีฟีโนไทป์เฉพาะแบบ ดังนี้ ใบกว้างดอกสีแดง : ใบกว้างดอกสีชมพู : ใบกว้างดอกสีขาว : ใบปานกลางดอกสีแดง : ใบปานกลางดอกสีชมพู : ใบปานกลางดอกสีขาว : ใบแคบดอกสีแดง : ใบแคบดอกสีชมพู : ใบแคบดอกสีขาว อัตราส่วน 1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1 แตกต่างจากที่เมนเดลศึกษาลักษณะข่มแบบสมบูรณ์ ซึ่งมีฟีโนไทป์ต่างกันเพียง 4 แบบ คือ
(ลักษณะเด่น - ลักษณะเด่น) 9 : (ลักษณะเด่น - ลักษณะด้อย) 3 : (ลักษณะด้อย - ลักษณะเด่น) 3 : (ลักษณะด้อย - ลักษณะด้อย) 1

ส่วนการข่มไม่สมบูรณ์ที่พบในคน เช่น ลักษณะผมตรง หยิก และหยักศก ลักษณะผมหยักศก (HH′) ถือเป็นลักษณะที่แสดงออกร่วมกันของผมตรง (H′H′) และผมหยิก (HH) เมื่อผู้ชายและผู้หญิงที่ผมหยักศกทั้งคู่แต่งงานกันจะมีโอกาสได้ลูกที่มีฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ 3 แบบ คือ ผมตรง (H′H′) 1 : ผมหยักศก (HH′) 2 : ผมหยิก (HH) 1 แสดงดังภาพที่ 3 เหมือนกับลักษณะของใบ และสีดอกของต้นลิ้นมังกรที่กล่าวมาแล้ว



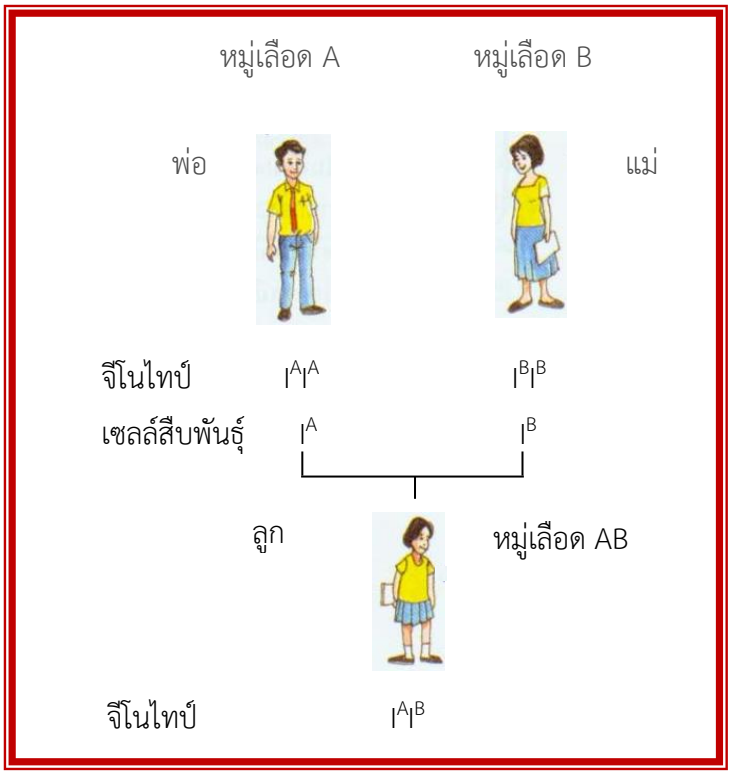
ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของลูกที่เกิดจากพ่อแม่ที่มีผมหยักศก

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, หน้า 21.

2. การข่มร่วมกัน (codominance)

การข่มร่วมกัน คือ การที่ยีนทั้งสองที่ควบคุมลักษณะจะไม่ข่มซึ่งกันและกันแต่สามารถแสดงความเด่นได้เท่า ๆ กันจึงปรากฏลักษณะออกมาร่วมกัน เช่น หมู่เลือด ABO ของคนมียีนควบคุม 3 แอลลีล คือ I^A I^B และ i (ใช้ I แทนแอลลีลที่ควบคุมการสังเคราะห์สารไอโซแอกกลูติโนเจน) เป็นแอนติเจนที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดงมี 2 ชนิด คือแอนติเจน A และแอนติเจน B โดยเลือดหมู่ AB มี I^A และ I^B เป็นแอลลีลที่ควบคุมการสังเคราะห์แอนติเจน A และแอนติเจน B ตามลำดับ และทั้ง I^A I^B ต่างก็เป็นยีนเด่นทั้งคู่ ทำให้แสดงลักษณะเด่นทางพันธุกรรมร่วมกัน เรียกว่า การข่มร่วมกัน

จากการศึกษาพบว่า พ่อที่มีจีโนไทป์ I^AI^A มีหมู่เลือด A และแม่ที่มีจีโนไทป์ I^BI^B มีหมู่เลือด B จะได้ลูกที่มีเลือดหมู่ AB แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การถ่ายทอดหมู่เลือด AB ที่เกิดจาก พ่อเลือดหมู่ A แม่เลือดหมู่ B
ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, หน้า 22.

การข่มไม่สมบูรณ์ต่างจากการข่มร่วมกัน เพราะการข่มไม่สมบูรณ์ คือการที่แอลลีลหนึ่งแสดงการข่มอีกแอลลีลหนึ่งได้ แต่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบผสมกัน เช่น การผสมดอกลิ้นมังกรสีแดง และขาว ได้ดอกสีชมพู ส่วนการข่มร่วมกัน คือการที่ยีนทั้งสองที่ควบคุมลักษณะจะไม่ข่มซึ่งกันและกัน แต่แสดงความเด่นได้เท่า ๆ กัน เช่น ลักษณะสีขนของไก่ checkered ที่เกิดจากการผสมพันธุ์ของไก่สีขาว และสีดำ แสดงดังภาพที่ 5

Codominance

Black White Checkered

รุ่น P รุ่น F_1

Black chicken

White chicken	B	B
W	BW Checkered	BW Checkered
W	BW Checkered	BW Checkered

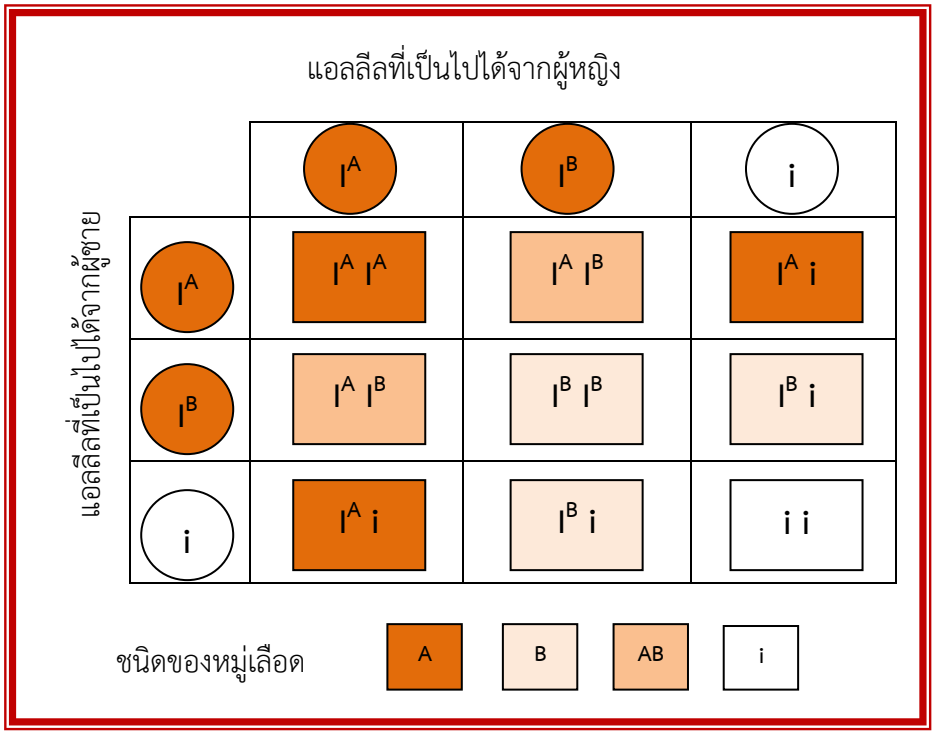
ภาพที่ 5 แสดงการผสมพันธุ์ของไก่สีขาว และสีดำเกิดเป็นไก่ checkered

ที่มา : http://www.slideshare.net/evansv1/incomplete-codominance-multiplealleles

ใบความรู้ที่ 2
มัลติเปิลแอลลีล

3. มัลติเปิลแอลลีล (multiple alleles)

มัลติเปิลแอลลีล คือ การที่ยีน 1 โลคัส (locus) มีจำนวนของแอลลีล มากกว่า 2 แบบ พบได้ทั้งในพืช สัตว์ ซึ่งเป็นผลมาจากยีนดั้งเดิมเกิดการกลายพันธุ์ เช่น หมู่เลือดระบบ ABO มีจำนวนของแอลลีลอยู่ 3 แบบ คือ I^A I^B และ i ซึ่งพบว่าแอลลีล I^A และ แอลลีล I^B ต่างก็แสดงลักษณะเด่นเท่า ๆ กัน (แอลลีล I^A และ แอลลีล I^B ต่างก็เป็นลักษณะข่มร่วมกัน ส่วนแอลลีล i เป็นลักษณะด้อย) ทำให้ได้ลักษณะหมู่เลือดที่มีจีโนไทป์ 6 แบบ และฟีโนไทป์ 4 แบบ รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 6 และตารางที่ 2



ภาพที่ 6 แสดงมัลติเปิลแอลลีลของหมู่เลือดระบบ ABO

ที่มา : อัมพวรรณ์ เพียรพิจิตร, 2561

ตารางที่ 2 แสดงจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของระบบหมู่เลือด ABO

จีโนไทป์	ฟีโนไทป์ (หมู่เลือด)
I^AI^A และ I^Ai	A
I^BI^B และ I^Bi	B
I^AI^B	AB
ii	O

หมู่เลือดของคู่สามี และ ภรรยา	จีโนไทป์ที่เป็นไปได้	จีโนไทป์ของลูกที่เป็นไปได้	หมู่เลือดของลูกที่เป็นไปได้
O x O	ii X ii	ii	O
O x A	ii X I^AI^A ii X I^Ai	I^Ai I^Ai, ii	A A, O
O x B	ii X I^BI^B ii X I^Bi	I^Bi I^Bi, ii	B B, O
O x AB	ii X I^AI^B	I^Ai, I^Bi	A, B
A x A	I^AI^A X I^AI^A I^AI^A X I^AI^i I^Ai X I^Ai	I^AI^A I^AI^A, I^Ai I^AI^B, I^Ai, ii	A A A, O
A x B	I^AI^A X I^BI^B I^AI^A X I^Bi I^Ai X I^BI^B I^Ai X I^Bi	I^AI^B I^AI^B ,I^Ai I^AI^B, I^Bi I^AI^B , I^Ai , I^Bi , ii	AB AB , A AB , B AB, A, B, O
A x AB	I^AI^A X I^AI^B I^Ai X I^AI^B	I^AI^A , I^AI^B I^AI^B , I^Ai , I^Bi , I^AI^B	AB, A AB, A, B
B x B	I^BI^B X I^BI^B I^BI^B X I^Bi I^Bi X I^Bi	I^BI^B I^BI^B, I^Bi I^BI^B, I^Bi, ii	B B B, O
B x AB	I^BI^B X I^AI^B I^Bi X I^AI^B	I^AI^B , I^BI^B I^Bi , I^BI^B, I^AI^B, I^Ai	AB, B A, B, AB

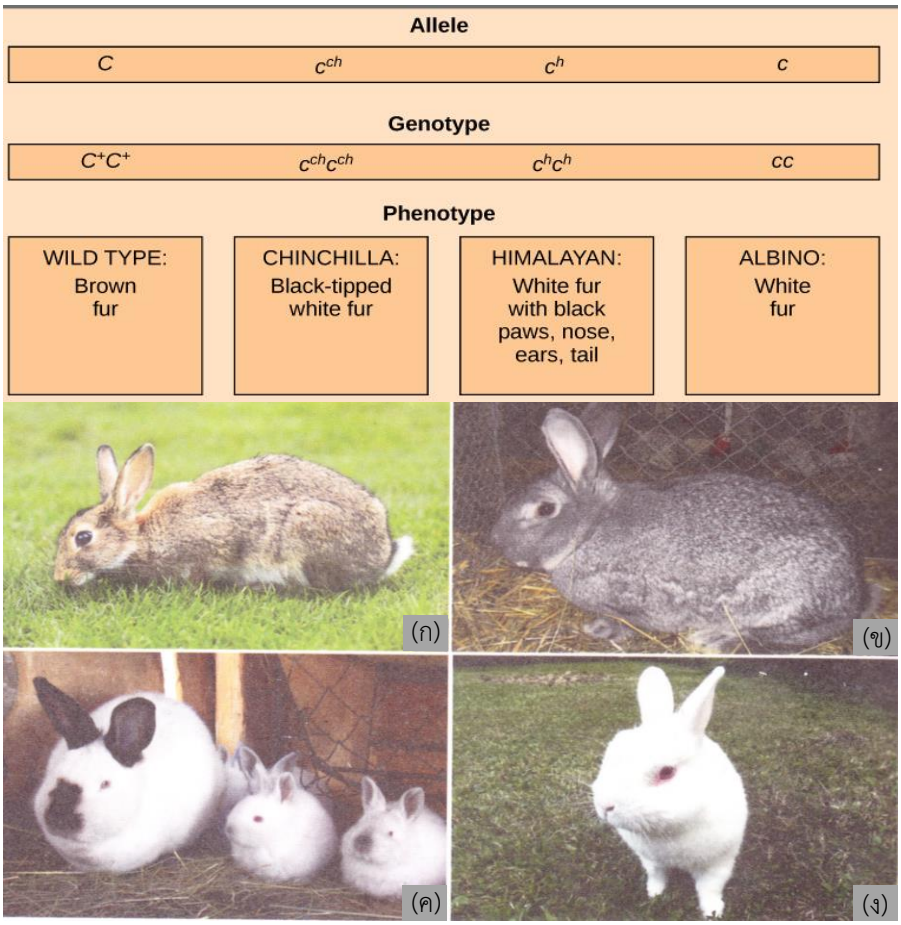
ที่มา : เกษม ศรีพงษ์ และคณะ, ม.ป.ป., หน้า 47.

สูตรการคำนวณหาจำนวนจีโนไทป์ของพันธุกรรมที่เป็นมัลติเปิลแอลลีล คือ n/2 (n+1) โดยที่ n คือจำนวนมัลติเปิลแอลลีล

ตัวอย่าง 1

หมู่เลือดระบบ ABO มีจำนวนของแอลลีลอยู่ 3 แบบ คือ I^A I^B และ i ดังนั้นจะมีจำนวนจีโนไทป์ที่แตกต่าง คือ 3/2 (3+1) = 6 แบบ

นอกจากนี้ยังพบการแสดงสีขนของกระต่ายที่มีจำนวนของแอลลีล 4 แบบ คือ C^+ c^{ch} c^h และ c ทำให้สามารถแสดงลักษณะของสีขน (ฟีโนไทป์) ได้ 4 แบบ ดังภาพที่ 7 และมีจีโนไทป์ได้ 10 แบบ แสดงดังตารางที่ 3



ภาพที่ 7 สีขนแบบต่างๆ ของกระต่าย สีขนแบบ Wild-type (ก) สีขนแบบ Chinchilla (ข) สีขนแบบ Himalayan (ค) และขนแบบ Albino (ง)

ที่มา : ศุภณัฐ ไพโรหกุล, 2560, หน้า 332.

ตารางที่ 3 แสดงฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ของกระต่าย

ฟีโนไทป์	จีโนไทป์
อะกูติ (agouti) สีน้ำตาลเทา โคนขนสีเทา ถัดขึ้นไปสีเหลือง ตอนปลาย ๆ เป็นสีดำหรือน้ำตาล เป็นลักษณะเด่นต่อทุกสี	C^+C^+, C^+c^{ch}, C^+c^h C^+c
ชินชิลลา (chinchilla) สีเทาอ่อน	$c^{ch}c^{ch}$,$c^{ch}c^h$,$c^{ch}c$
หิมาลายัน (himalayan) สีขาวแต่ปลายเท้า ปลายจมูก ปลายหูและปลายหาง เป็นสีดำ	c^h c^h, c^h c
แอลบิโน (albino) สีขาวทั้งตัว เป็นลักษณะด้อยต่อทุกชนิด	cc

ที่มา : คู่มือรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา ม.4-6 เล่ม 4, 2555, หน้า 33.

ตัวอย่างการคำนวณโอกาสที่จะเกิดของหมู่เลือด และมัลติเปิลแอลลีล

ตัวอย่าง 2

พ่อมีหมู่เลือด AB แม่มีหมู่เลือด O ลูกจะมีโอกาสมีหมู่เลือดชนิดใดบ้าง อัตราส่วนเท่าไร

พ่อ - แม่ : I^AI^B x ii

เซลล์สืบพันธุ์ : I^A I^B i

ลูก : I^A i I^Bi

ลูกจะมีโอกาสมีหมู่เลือด A และ B ในอัตราส่วน 1 : 1

ตัวอย่าง 3 ลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยมัลติเปิลแอลลีลในมนุษย์ คือการมีขนที่ข้อกลางของนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย ที่ควบคุมด้วย 5 แอลลีล คือ H_1, H_2, H_3, H_4, H_5

H_1 = มีขนที่ข้อกลางทั้ง 4 นิ้ว

H_2 = มีขนที่ข้อกลางทั้ง 3 นิ้ว

H_3 = มีขนที่ข้อกลางทั้ง 2 นิ้ว

H_4 = มีขนที่ข้อกลางทั้ง 1 นิ้ว

H_5 = ไม่มีขนที่ข้อกลางทั้ง 4 นิ้ว

ระดับการข่มของยีนในมัลติเปิลแอลลีล คือ แอลลีล H_1 สามารถข่มแอลลีลอื่น ๆ แอลลีล H_2 ข่มแอลลีล H_3, H_4 และ H_5 ได้สมบูรณ์ แอลลีล H_3 ข่มแอลลีล H_4, H_5 ได้สมบูรณ์ แอลลีล H_4 ข่มแอลลีล H_5 ได้สมบูรณ์ สามารถเขียนสัญลักษณ์แทนการข่มของยีนได้ ดังนี้

$$H_1 > H_2 > H_3 > H_4 > H_5$$

ดังนั้นจำนวนจีโนไทป์ที่เป็นไปได้ของแต่ละฟีโนไทป์ มีดังนี้

จีโนไทป์	ฟีโนไทป์
H_1H_1, H_1H_2, H_1H_3, H_1H_4, H_1H_5	มีขนที่ข้อกลางทั้ง 4 นิ้ว
H_2H_2, H_2H_3, H_2H_4, H_2H_5	มีขนที่ข้อกลาง 3 นิ้ว
H_3H_3, H_3H_4, H_3H_5	มีขนที่ข้อกลาง 2 นิ้ว
H_4H_4, H_4H_5	มีขนที่ข้อกลาง 1 นิ้ว
H_5H_5	ไม่มีขนที่ข้อกลางทั้ง 4 นิ้ว

จำนวนจีโนไทป์ที่เป็นไปได้ ซึ่งมีอยู่ 15 ชนิด สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

จำนวนจีโนไทป์ที่เป็นไปได้ = 5/2 (5+1) = 15 แบบ

หรือหาได้จากการใช้วิธีตีตาราง ดังนี้

	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
H_1	H_1H_1	H_1H_2	H_1H_3	H_1H_4	H_1H_5
H_2		H_2H_2	H_2H_3	H_2H_4	H_2H_5
H_3			H_3H_3	H_3H_4	H_3H_5
H_4				H_4H_4	H_4H_5
H_5					H_5H_5

กิจกรรมภาพปริศนา

คำชี้แจง ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 3 คน เพื่อช่วยกันคิดและระบุว่าภาพที่ครูแสดงบนจอเป็นลักษณะทางพันธุกรรมแบบใด (การข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน หรือมัลติเปิลแอลลีล) มีทั้งหมด 8 ภาพ กลุ่มใดตอบถูกต้องมากสุดเป็นผู้ชนะโดยปฏิบัติดังนี้

1. ครูกำหนดหมายเลขกลุ่มให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม
2. ครูแสดงภาพปริศนาภาพที่ 1 บนจอ นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันตอบภายในเวลาไม่เกิน 20 วินาที (ห้ามดูกลุ่มอื่นเด็ดขาด) ให้แต่ละกลุ่มเขียนคำตอบลงในกระดาษของชุดกิจกรรมนี้
3. เมื่อตอบครบทุกกลุ่มแล้ว ครูจึงแสดงภาพที่ 2 และภาพอื่น ๆ จนครบ
4. เมื่อตอบครบแล้ว ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มถ่ายภาพและส่งเข้าไลน์ครู umpawan เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง
5. ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายเฉลยภาพปริศนาแต่ละภาพ นักเรียนตรวจสอบคะแนนกลุ่มตัวเอง นับคะแนนรวม

คำชี้แจง ใช้ตัวเลขข้างหน้าข้อความ ในการตอบคำถามภาพปริศนา

1. การข่มไม่สมบูรณ์
2. การข่มร่วมกัน
3. มัลติเปิลแอลลีล

หมายเลขกลุ่ม.....

ภาพที่ 1 ตอบ .....

ภาพที่ 2 ตอบ .....

ภาพที่ 3 ตอบ .....

ภาพที่ 4 ตอบ .....

ภาพที่ 5 ตอบ .....

ภาพที่ 6 ตอบ .....

ภาพที่ 7 ตอบ .....

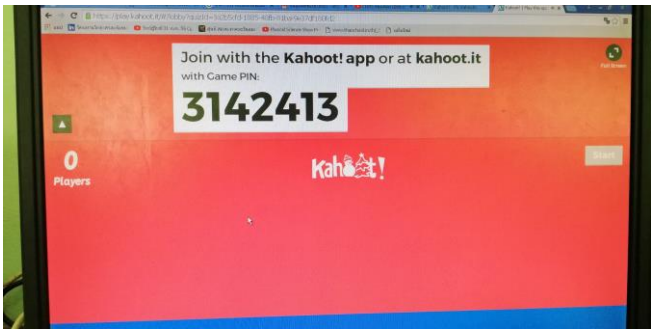
ภาพที่ 8 ตอบ .....

คะแนนรวม.....

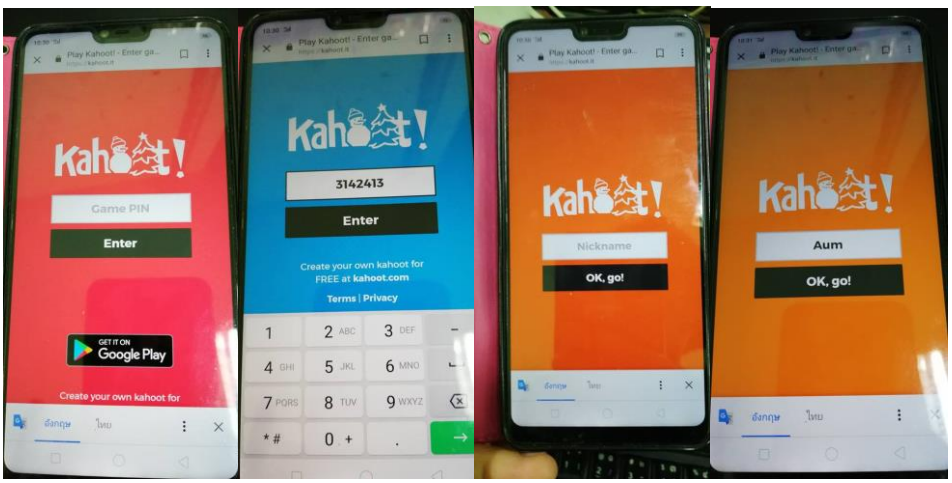
3. ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation)

ให้นักเรียนใช้โปรแกรม Kahoot เพื่อทดสอบความเข้าใจเนื้อหาที่ได้เรียนผ่านมาแล้ว โดยปฏิบัติ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ครูเปิดโปรแกรม Kahoot ที่ครูได้สร้างไว้ ให้ได้หน้าต่าง ดังนี้

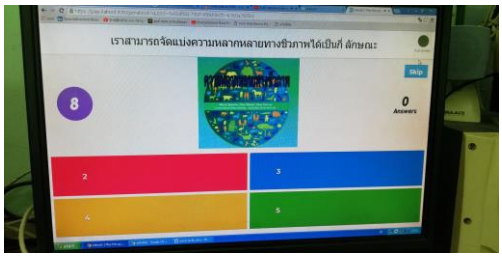


2. ให้นักเรียนทุกคนใช้โทรศัพท์มือถือเข้าโปรแกรม Kahoot จะพบหน้าต่าง ดังภาพด้านล่าง จากนั้นพิมพ์รหัสที่ครูเปิดให้เข้าร่วมในข้อ 1. ลงในช่อง Game PIN แล้วกดปุ่ม Enter จะพบหน้าต่าง ดังภาพด้านล่าง นักเรียนใส่ Nickname แล้วกด OK.go!

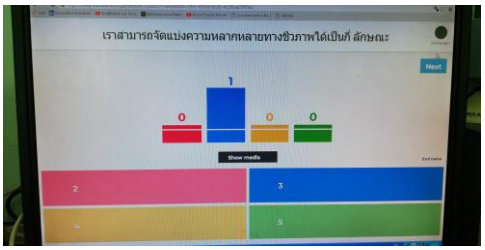


3. ชื่อของนักเรียนจะไปขึ้นที่หน้าต่าง ของครูที่เปิดไว้จนครบ ดังภาพด้านล่าง

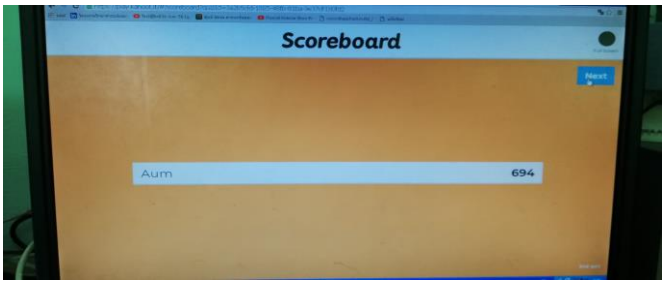
4. เมื่อครูกดปุ่ม Start หน้าต่างของครูจะปรากฏคำถาม และตัวเลือก ดังภาพด้านล่าง ส่วนหน้าต่างของนักเรียนทุกคนจะเป็นสีตามตัวเลือกในหน้าต่างของครู ดังภาพด้านล่าง



5. ให้นักเรียนเลือกคำตอบตามสีที่เป็นหน้าต่างในตัวเลือกที่ครูแสดงบนจอ เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดไว้ โปรแกรมจะเฉลยคำตอบที่หน้าต่างของครู ดังภาพด้านล่าง โดยหน้าต่างของนักเรียนจะปรากฏได้ 2 แบบ คือ ผิด หรือถูก ดังภาพด้านล่าง



6. เมื่อครูกดปุ่ม next ตรงมุมบนขวา หน้าจอครูจะแสดงลำดับการตอบคำถาม เรียงจากที่ตอบถูกและเร็วจะได้คะแนนสูงสุด 5 ลำดับ ดังภาพ นักเรียนจะรู้สึกสนุกที่ได้แข่งขันกัน



ใบกิจกรรมที่ 1
การข่มไม่สมบูรณ์ และการข่มร่วมกัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบาย อภิปรายลักษณะการข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกันได้
2. อธิบาย วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างการข่มไม่สมบูรณ์ และการข่มร่วมกันได้
3. เขียนจีโนไทป์ และคำนวณลักษณะทางพันธุกรรมของการข่มไม่สมบูรณ์ และการข่มร่วมกัน ได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ (ข้อละ 1 คะแนน รวม 6 คะแนน)

1. การข่มไม่สมบูรณ์ หมายถึง อะไร.....
.....
.....

2. ผู้ชายผมหยิกแต่งงานกับผู้หญิงผมหยักศก หากมีลูกจะเกิดลักษณะใดได้บ้าง ในอัตราส่วนเท่าไร (จงแสดงวิธีคิด).....
.....
.....
.....
.....

3. การข่มร่วมกัน หมายถึง อะไร.....
.....
.....

4. คนที่มีเลือดหมู่ AB เกิดจากพ่อ และแม่ที่มีหมู่เลือดใดได้บ้าง (จงแสดงวิธีคิด)

.....

.....

.....

.....

.....

5. การข่มไม่สมบูรณ์ และการข่มร่วมกัน เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

6. ถ้านำดอกบานเย็นสีชมพู ไปผสมกับดอกสีแดง รุ่นลูกจะมีฟีโนไทป์แบบใด และมีอัตราส่วนเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการประเมินตนเองของนักเรียนมีคุณภาพระดับ.....

ทำถูกต้อง	5 – 6 ข้อ	หมายถึง	มีคุณภาพระดับดี
ทำถูกต้อง	3 – 4 ข้อ	หมายถึง	มีคุณภาพระดับพอใช้
ทำถูกต้อง	0 – 2 ข้อ	หมายถึง	มีคุณภาพระดับปรับปรุง

ใบกิจกรรมที่ 2
มัลติเปิลแอลลีล

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะของมัลติเปิลแอลลีลได้
2. เขียนจีโนไทป์ และคำนวณลักษณะทางพันธุกรรมของมัลติเปิลแอลลีลได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ (ข้อละ 1 คะแนน รวม 6 คะแนน)

1. มัลติเปิลแอลลีล หมายถึง อะไร.....
.....

2. หญิงเลือดหมู่ O ยืนยันว่าชายที่มีเลือดหมู่ AB เป็นพ่อของลูกที่มีเลือดหมู่ O เป็นจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด (จงแสดงวิธีคิด)
.....
.....
.....

3. แฝดแท้ชายคู่หนึ่ง คนพี่แต่งงานกับผู้หญิงเลือดหมู่ B มีลูกเลือดหมู่ AB ส่วนคนน้องแต่งงานกับผู้หญิงเลือดหมู่ A มีลูกเลือดหมู่ O ให้หาจีโนไทป์ และหมู่เลือดของแฝดแท้ชายคู่นี้
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. พ่อ และแม่จะมีหมู่เลือดใด หากลูก 4 คน มีเลือดทั้ง 4 หมู่ คือ A B AB และ O (จงแสดงวิธีคิด)

.....

.....

.....

.....

.....

5. ครอบครัวหนึ่งมีพ่อ และแม่มีเลือดหมู่ O ทั้งคู่ ดังนั้นลูกจะมีเลือดหมู่ใดได้บ้าง (จงแสดงวิธีคิด)

.....

.....

.....

.....

6. ถ้าพ่อและแม่เป็นเฮเทอโรไซกัสของเลือดหมู่ A จะได้ลูกที่มีเลือดหมู่ใดได้บ้าง ในอัตราส่วนเท่าใด (จงแสดงวิธีคิด)

.....

.....

.....

.....

.....

ทำได้ 5 ข้อขึ้นไปผ่าน

ผลการประเมินตนเองของนักเรียนมีคุณภาพระดับ.....

ทำถูกต้อง	5 – 6 ข้อ	หมายถึง	มีคุณภาพระดับดี
ทำถูกต้อง	3 – 4 ข้อ	หมายถึง	มีคุณภาพระดับพอใช้
ทำถูกต้อง	0 – 2 ข้อ	หมายถึง	มีคุณภาพระดับปรับปรุง

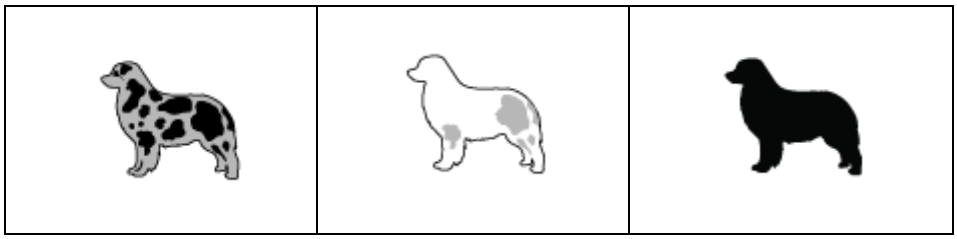
ใบบันทึกความรู้เรื่องการข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน และมัลติเปิลแอลลีล

คำชี้แจง ให้นักเรียนอธิบาย และสรุปความรู้เรื่องการข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน และมัลติเปิลแอลลีล (เป็นแผนผัง แผนภาพ หรือข้อความสรุป)

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

แนวทางการอภิปรายขั้นขยายความรู้

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่ 8 สุนัข 3 ตัวครอกเดียวกัน ซึ่งมีลักษณะข่มกันในรุ่น F_2 แล้วร่วมกันอภิปรายในประเด็นว่ารุ่นพ่อ แม่ ของสุนัขเหล่านี้ควรมีลักษณะอย่างไร



ภาพที่ 8 สุนัข 3 ตัวครอกเดียวกัน

ที่มา : http://www.pesjanar.si/forum/index.php?topic=63.12720

สรุปผลการอภิปรายร่วมกัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)

แบบทดสอบหลังเรียน

ชุดที่ 3 เรื่อง การข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน และมัลติเปิลแอลลีล

รายวิชา ว30244 ชีววิทยา 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คะแนนเต็ม 10 คะแนน จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที

==========

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ มีทั้งหมด 10 ข้อ

2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำตอบ

==========

อ่านข้อความต่อไปนี้ และตอบคำถามข้อ 1 – 2

1. ผมหยักศก
2. หมู่เลือด AB
3. ขนาดใบของต้นลิ้นมังกร
4. สีแดง ขาว ชมพูของบานเย็น

1. ลักษณะทางพันธุกรรมข้อใดที่เป็นการข่มร่วมกัน

ก. 2 เท่านั้น

ข. 1 และ 2

ค. 3 และ 4

ง. 1 3 และ 4

2. ลักษณะทางพันธุกรรมข้อใดที่เป็นการข่มไม่สมบูรณ์

ก. 1 เท่านั้น

ข. 2 และ 3

ค. 3 และ 4

ง. 1 3 และ 4

3. พ่อผมหยักศก แต่งงานกับแม่ผมตรง จะมีโอกาสได้ลูกผมหยักศกเหมือนพ่อเท่าใด

ก. 12.5 %

ข. 25 %

ค. 50 %

ง. 75 %

4. พ่อแม่ที่มีหมู่เลือดคู่ใด มีโอกาสได้ลูกหมู่เลือดแบบเดียวเท่านั้น

ก. O x O

ข. A x A

ค. B x B

ง. A x B

5. ชายหญิงคู่หนึ่ง มีเลือดหมู่ B ทั้งสองคน แต่งงานและมีลูกที่มีเลือดหมู่ O ข้อใดเป็นจริง

ก. ลูกเกิดมิวเทชัน

ข. คู่พ่อแม่มีจีโนไทป์เป็นโฮโมไซกัส

ค. คู่พ่อแม่มีจีโนไทป์เป็นเฮเทอโรไซกัส

ง. พ่อเป็นโฮโมไซกัส แม่เป็นเฮเทอโรไซกัส

6. ลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO เกี่ยวข้องกับข้อใดได้บ้าง

ก. codominance

ข. multiple allele

ค. incomplete dominance

ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข

อ่านข้อความต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 8

1. หมู่เลือด A x A
2. หมู่เลือด A x B
3. หมู่เลือด AB x A
4. หมู่เลือด AB x B

7. พ่อแม่คู่ใดที่มีโอกาสมีลูกเลือดหมู่ O ได้

ก. 2 เท่านั้น

ข. 1 และ 2

ค. 3 และ 4

ง. 1 2 และ 4

8. นำดอกบานเย็นสีแดงผสมกับสีขาว ทำให้ได้ลูกรุ่น F_1 เป็นเฮเทอโรไซโกตดอกสีชมพู หากนำรุ่น F_1 มาผสมกันเอง อัตราส่วนที่จะได้ลูกรุ่น F_2 เป็นอย่างไร

ก. ชมพูทั้งหมด

ข. แดง 3 : ขาว 1

ค. แดง 2 : ชมพู 1 : ขาว 1

ง. แดง 1 : ชมพู 2 : ขาว 1

9. การข่มไม่สมบูรณ์ และการข่มร่วมกันมีลักษณะเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

ก. เหมือนกัน คือ การที่ยีนทั้งสองที่ควบคุมลักษณะจะไม่ข่มซึ่งกันและกันแต่แสดงความเด่นได้เท่า ๆ กัน

ข. เหมือนกัน คือ เป็นการแสดงออกของยีนเด่นที่ไม่สามารถข่มยีนด้อยได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบผสมกัน

ค. ต่างกันเพราะการข่มไม่สมบูรณ์ คือ การที่แอลลีลหนึ่งแสดงการข่มอีกแอลลีลหนึ่งได้ แต่เป็นไป อย่างไม่สมบูรณ์ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบผสมกัน ส่วนการข่มร่วมกัน คือ การที่ยีนทั้งสองที่ควบคุมลักษณะจะไม่ข่มซึ่งกันและกัน แต่แสดงความเด่นได้เท่า ๆ กัน

ง. ต่างกันเพราะการข่มร่วมกัน คือ การที่แอลลีลหนึ่งแสดงการข่มอีกแอลลีลหนึ่งได้ แต่เป็นไป อย่างไม่สมบูรณ์ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบผสมกันส่วนการข่มไม่สมบูรณ์ คือ การที่ยีนทั้งสองที่ควบคุมลักษณะจะไม่ข่มซึ่งกันและกันแต่แสดงความเด่นได้เท่า ๆ กัน

10. พ่อและแม่มีเลือดหมู่ AB ทั้งคู่ จะมีโอกาสได้ลูกที่มีเลือดหมู่ B เท่าใด

ก. 25 %

ข. 50 %

ค. 75 %

ง. 100 %

กระดาษคำตอบ

ชื่อ.....ชื่อสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

สรุปคะแนนหลังกิจกรรมการเรียนรู้

10

บรรณานุกรม

เกษม ศรีพงษ์ และคณะ. (ม.ป.ป.). *คู่มือ-เตรียมสอบชีววิทยา ม.6 (ม.4-ม.6) เล่ม 5.* กรุงเทพฯ:

ประสงค์ หลำสะอาด และจิตเกษม หลำสะอาด. (2555). *คู่มือรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา ม.4-6 เล่ม 4.* กรุงเทพฯ: ธนธัชการพิมพ์.

ศุภณัฐ ไพโรหกุล (2560). *BIOLOGY* (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: บริษัทแอคทีฟ พริ้น จำกัด.

เศรษฐวัชร ฉ่ำศาสตร์. (2560). *วิชา 306103 ชีววิทยาสำหรับแพทยศาสตร์ (เฉพาะเรื่องพันธุกรรม).* ชลบุรี: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *คู่มือครูรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 4.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. (2556). *หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 4.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2009). *Biology* (8thed). San Francisco : Benjamin Cummings.

LinkedIn Corporation . (2012). *Incomplete codominance multiple_alleles*. Retrieved from http://www.slideshare.net/evansv1/incomplete-codominance-multiplealleles

Odgovori. (2015). *merle parent*. Retrieved from http://www.pesjanar.si/forum/index.php?topic=63.12720

ภาคผนวก

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

ข้อ	เฉลย
1	ง
2	ก
3	ก
4	ค
5	ง
6	ข
7	ง
8	ค
9	ก
10	ค

1.ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำดอกบานเย็นสีแดง ขาว และชมพูมา เพื่อใช้ประกอบกับภาพที่ 1 แล้วร่วมกันอภิปรายตอบคำถามต่อไปนี้

ก. ดอกบานเย็นสีแดง

ข. ดอกบานเย็นสีขาว

ค. ดอกบานเย็นสีชมพู

ภาพที่ 1 ดอกบานเย็น 3 สี คือ สีแดง ขาวและชมพู

ที่มา : อัมพวรรณ์ เพียรพิจิตร, 2561

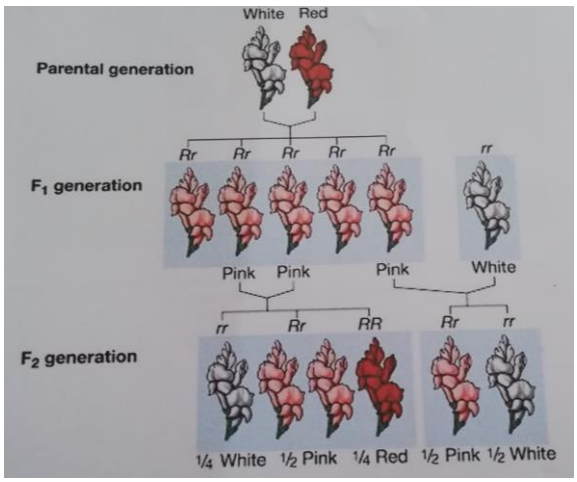
แนวทางการตอบคำถาม

1. ดอกบานเย็นสีแดงและสีขาวเป็นรุ่นพ่อแม่ส่วนดอกสีชมพูเป็นรุ่นลูก ลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมนี้เป็นไปตามหลักของเมนเดลหรือไม่ อย่างไร

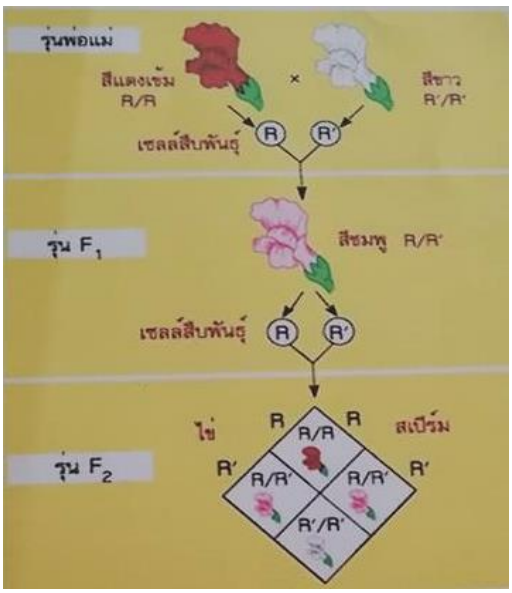
ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดลเพราะ เมนเดลกล่าวถึงเฉพาะลักษณะการข่มแบบสมบูรณ์ แต่ลักษณะของดอกบานเย็นแสดงออกร่วมกันระหว่างสีแดงและสีขาวได้เป็นสีชมพู ซึ่งเป็นลักษณะการข่มแบบไม่สมบูรณ์

2.ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration)

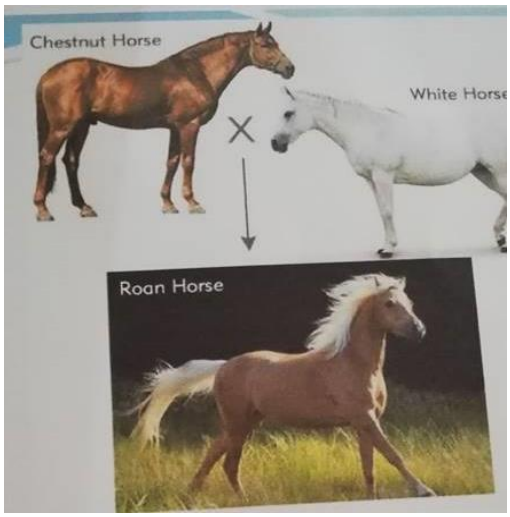
เฉลยกิจกรรมภาพปริศนา



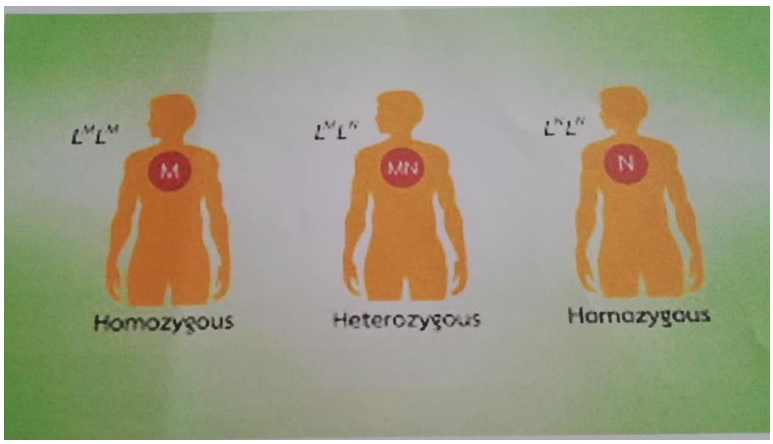
ภาพที่ 1 ตอบ ข่มไม่สมบูรณ์



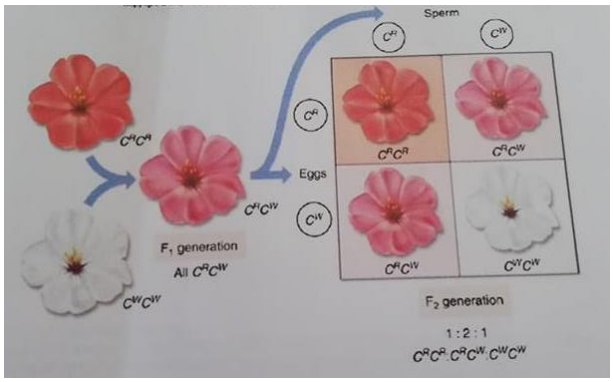
ภาพที่ 2 ตอบ ข่มไม่สมบูรณ์



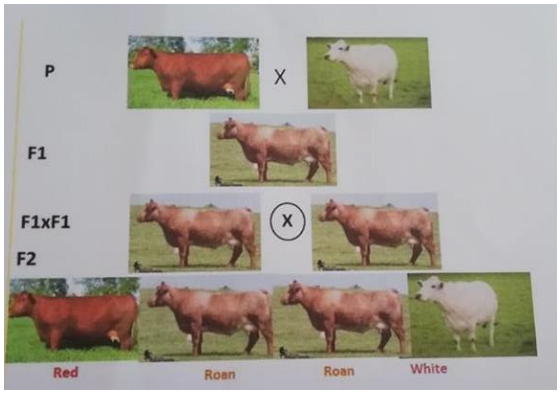
ภาพที่ 3 ตอบ ข่มไม่สมบูรณ์



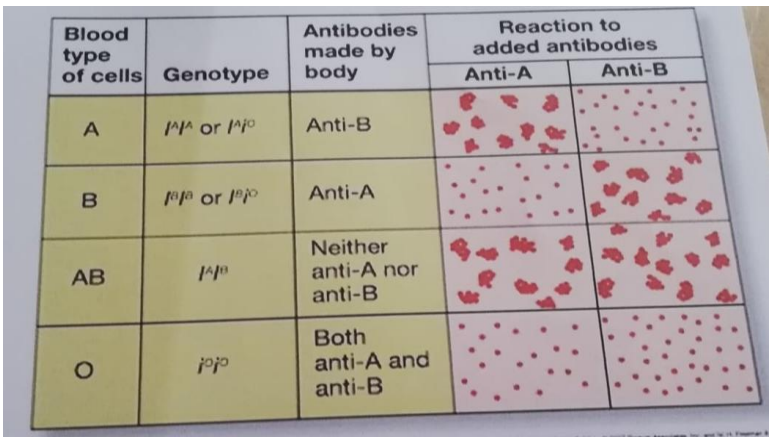
ภาพที่ 4 ตอบ ข่มร่วมกัน



ภาพที่ 5 ตอบ ข่มไม่สมบูรณ์



ภาพที่ 6 ตอบ ข่มร่วมกัน



Blood type of cells	Genotype	Antibodies made by body	Reaction to added antibodies	
			Anti-A	Anti-B
A	I^AI^A or I^Ai^o	Anti-B		
B	I^BI^B or I^Bi^o	Anti-A		
AB	I^AI^B	Neither anti-A nor anti-B		
O	i^oi^o	Both anti-A and anti-B		

ภาพที่ 7 ตอบ มัลติเปิลแอลลีล

ภาพที่ 8 ตอบ ข่มร่วมกัน

แนวการตอบใบกิจกรรมที่ 1
การข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ (ข้อละ 1 คะแนน รวม 6 คะแนน)

1. การข่มไม่สมบูรณ์ หมายถึง การที่แอลลีลหนึ่งแสดงการข่มอีกแอลลีลหนึ่งได้ แต่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบผสมกันระหว่างสองลักษณะ

2. ผู้ชายผมหยิกแต่งงานกับผู้หญิงผมหยักศก หากมีลูกจะเกิดลักษณะใดได้บ้าง ในอัตราส่วนเท่าไร

รุ่น P	HH (ผมหยิก)	HH′ (ผมหยักศก)
เซลล์สืบพันธุ์	H	H H′
ลูก F_1	HH (ผมหยิก) HH′ (ผมหยักศก) ในอัตราส่วน 1 : 1	

3. การข่มร่วมกัน หมายถึง การที่ยีนทั้งสองที่ควบคุมลักษณะ จะไม่ข่มซึ่งกันและกัน แต่แสดงความเด่นได้ เท่า ๆ กัน

4. ครอบครัวหนึ่งมีลูกเลือดหมู่ AB ทุกคน เกิดจากพ่อและแม่ที่มีหมู่เลือดใด (จงแสดงวิธีคิด)

รุ่น P	I^AI^A (หมู่ A)	x	I^BI^B (หมู่ B)
เซลล์สืบพันธุ์	I^A		I^B
รุ่น F_1	I^AI^B		

5. การข่มไม่สมบูรณ์ และการข่มร่วมกัน เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบาย
แตกต่างกัน เพราะการข่มไม่สมบูรณ์คือการที่แอลลีลหนึ่งแสดงการข่มอีกแอลลีลหนึ่งได้ แต่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบผสมกัน ส่วนการข่มร่วมกันคือการที่ยีนทั้งสองที่ควบคุมลักษณะจะไม่ข่มซึ่งกันและกัน แต่แสดงความเด่นได้ เท่า ๆ กัน

6. ถ้านำดอกบานเย็นสีชมพู ไปผสมกับดอกสีแดง รุ่นลูกจะมีฟีโนไทป์แบบใด และมีอัตราส่วนเท่าใด

รุ่น P	C^RC^W (ดอกสีชมพู)	x	C^RC^R (ดอกสีแดง)
เซลล์สืบพันธุ์	C^R C^W		C^R
รุ่น F_1	C^RC^R (ดอกสีชมพู) 1 : C^RC^R (ดอกสีแดง) 1		

แนวการตอบใบกิจกรรมที่ 2
มัลติเปิลแอลลีล

1. มัลติเปิลแอลลีล คือ การที่ยีน 1 โลคัส (locus) มีจำนวนของแอลลีล มากกว่า 2 แบบ เช่น หมู่เลือดระบบ ABO มีจำนวนของแอลลีลอยู่ 3 แบบ คือ I^A I^B และ i

2. หญิงเลือดหมู่ O ยืนยันว่าชายที่มีเลือดหมู่ AB เป็นพ่อของลูกที่มีเลือดหมู่ O เป็นจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

   ไม่จริง เพราะ ถ้าแม่ลูกเลือดหมู่ O พ่อเลือดหมู่ AB ลูกจะมีเลือดได้ 2 แบบเท่านั้น คือ หมู่ A หรือ B เท่านั้น ดังแสดง

รุ่น P	I^AI^B		x	ii
เซลล์สืบพันธุ์	I^A I^B			i
รุ่น F_1		I^A i	I^Bi	

3. แฝดแท้ชายคู่หนึ่ง คนพี่แต่งงานกับผู้หญิงเลือดหมู่ B มีลูกเลือดหมู่ AB ส่วนคนน้องแต่งงานกับผู้หญิงเลือดหมู่ A มีลูกเลือดหมู่ O ให้หาจีโนไทป์และหมู่เลือดของแฝดแท้ชายคู่นี้

แฝดพี่	รุ่น P	I^Ai		x	I^BI^B
	เซลล์สืบพันธุ์	I^A i			I^B
	รุ่น F_1		I^AI^B	I^Bi	
แฝดน้อง	รุ่น P	I^Ai		x	I^Ai
	เซลล์สืบพันธุ์	I^A i			I^A i
	รุ่น F_1		I^AI^A	I^Ai	ii

ดังนั้นแฝดคู่นี้มีเลือดหมู่ A และจีโนไทป์ คือ I^Ai

4. พ่อและแม่จะมีหมู่เลือดใด หากลูก 4 คน มีเลือดทั้ง 4 หมู่ คือ A B AB และ O (จงแสดงวิธีคิด)

รุ่น P	I^Ai (หมู่ A)	x	I^Bi (หมู่ B)
เซลล์สืบพันธุ์ :	I^A i		I^B i
รุ่น F_1		I^AI^B I^Ai I^B i ii	

5. ครอบครัวหนึ่งมีพ่อ และแม่เลือดหมู่ O ทั้งคู่ ดังนั้นลูกจะมีเลือดหมู่ใดได้บ้าง (จงแสดงวิธีคิด)

รุ่น P ii x ii

เซลล์สืบพันธุ์ i i

รุ่น F_1 ii

ลูกมีเลือดหมู่ O เท่านั้น

6. ถ้าพ่อและแม่เป็นเฮเทอโรไซกัสของเลือดหมู่ A จะได้ลูกที่มีเลือดหมู่ใดได้บ้าง ในอัตราส่วนเท่าใด (จงแสดงวิธีคิด)

รุ่น P I^Ai x I^Ai

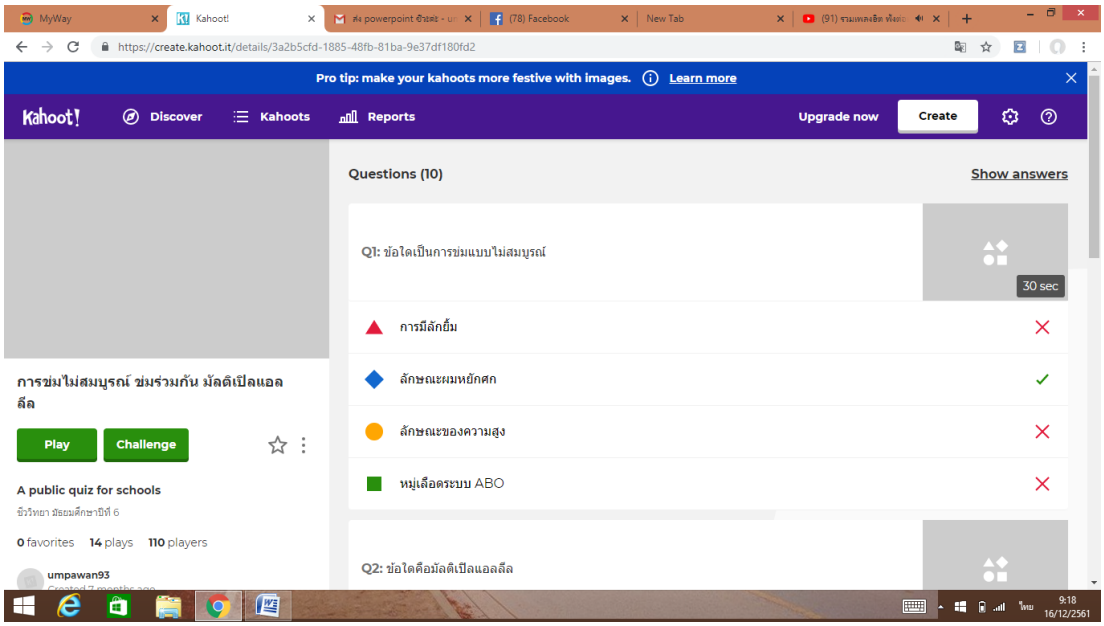
เซลล์สืบพันธุ์ : I^A i I^A i

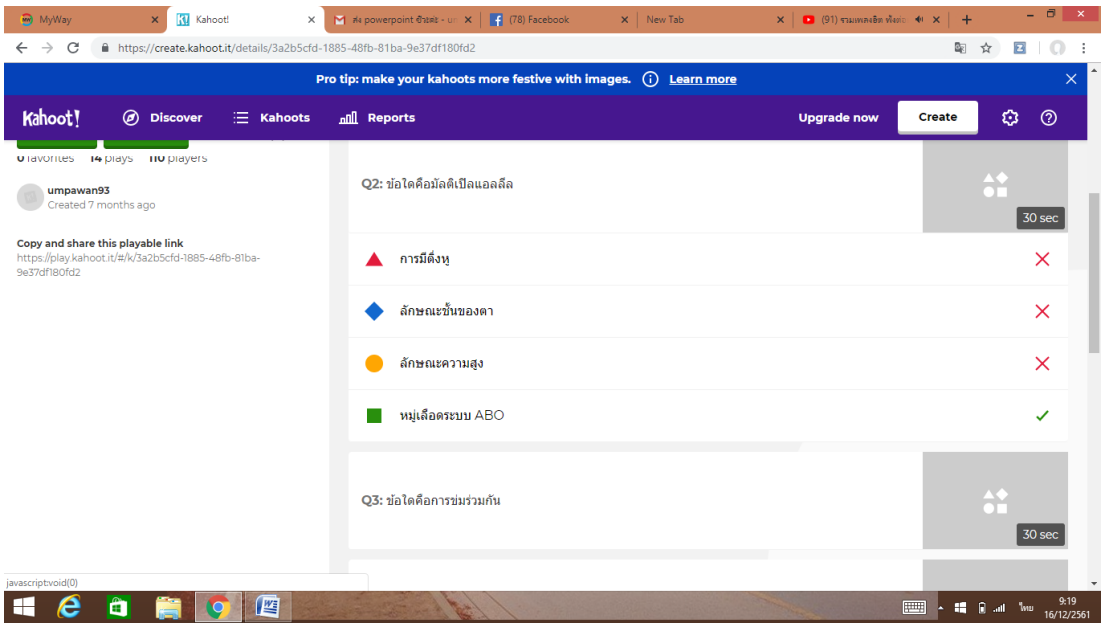
รุ่น F_1 I^AI^A I^Ai I^Ai ii

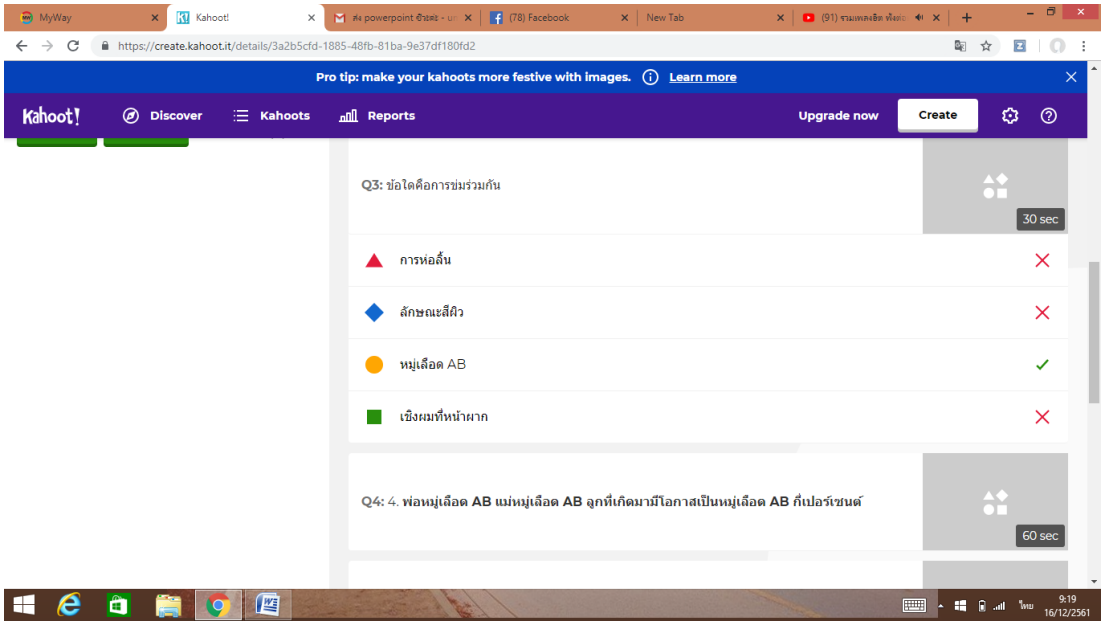
ลูกจะมีเลือดได้ 2 หมู่ คือ หมู่ A และ O ในอัตราส่วน 3 : 1

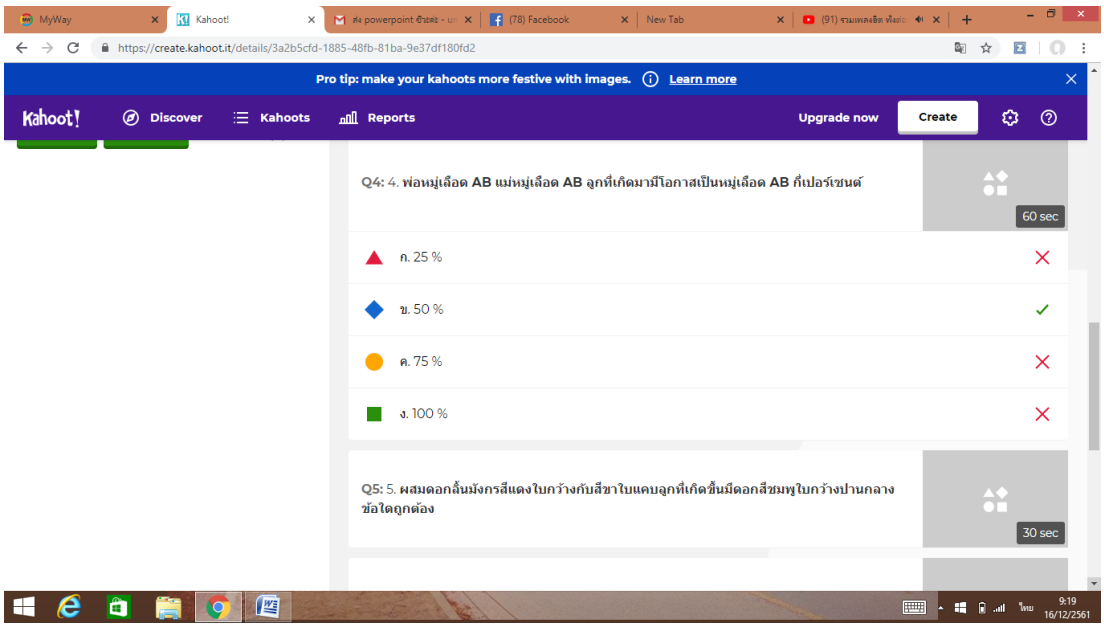
คำถาม คำตอบ Kahoot ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป

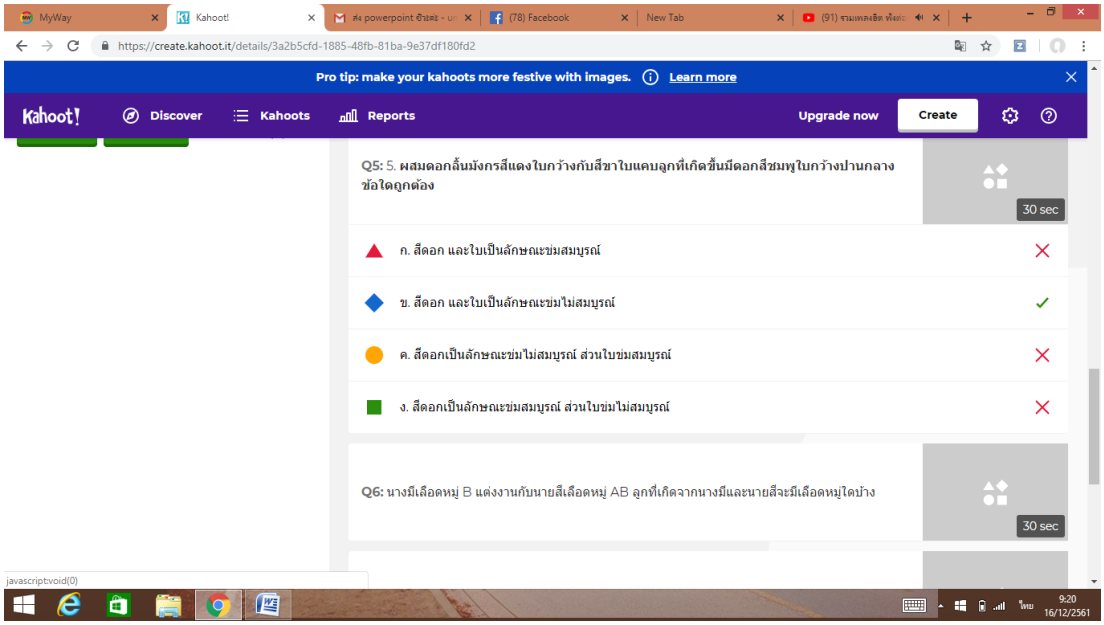
คำชี้แจง ให้นักเรียนใช้โปรแกรม Kahoot เพื่อทดสอบความเข้าใจเนื้อหาที่ได้เรียนผ่านมาแล้ว โดยมีคำถาม คำตอบ ดังนี้

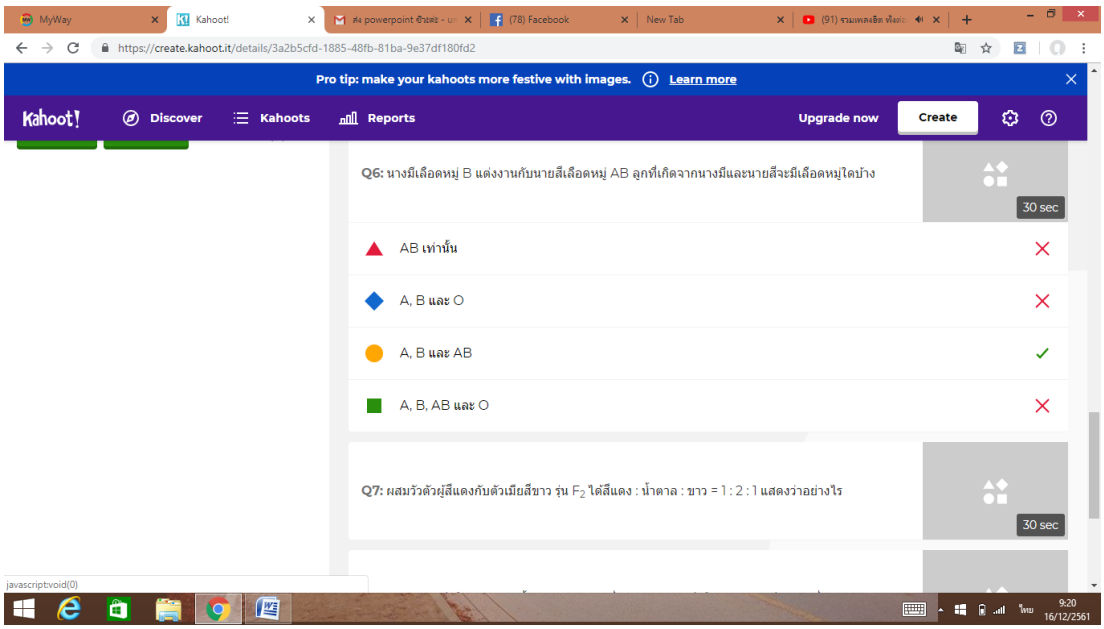


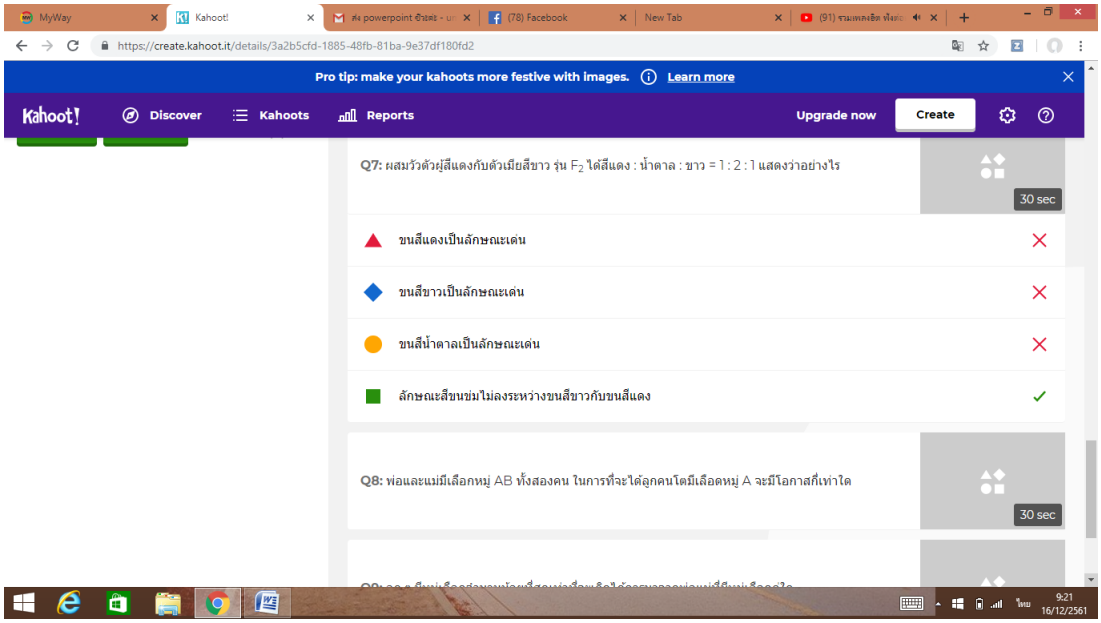


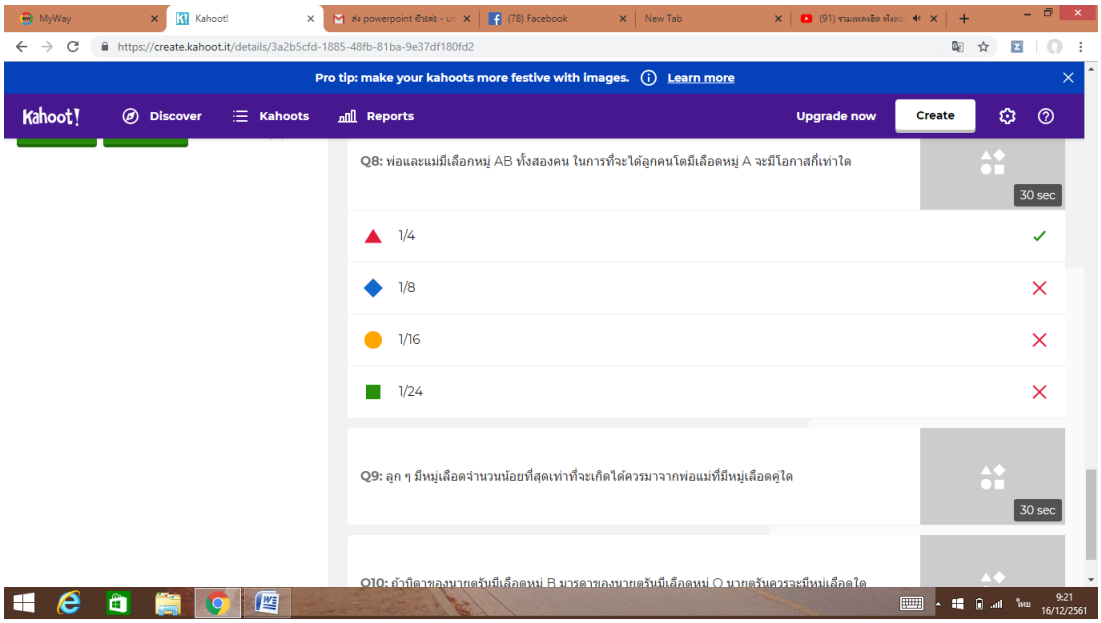

MyWay
Kahoot!
(78) Facebook
New Tab
https://create.kahoot.it/details/3a2b5cfd-1885-48fb-81ba-9e37df180fd2
Pro tip: make your kahoots more festive with images.
Learn more
Kahoot!
Discover
Kahoots
Reports
Upgrade now
Create
Q3: ข้อใดคือการข่มร่วมกัน
30 sec
การห่อลิ้น
ลักษณะสีผิว
หมู่เลือด AB
เชิงผมที่หน้าผาก
Q4: 4. พ่อหมู่เลือด AB แม่หมู่เลือด AB ลูกที่เกิดมามีโอกาสเป็นหมู่เลือด AB กี่เปอร์เซนต์
60 sec
9:19
16/12/2561

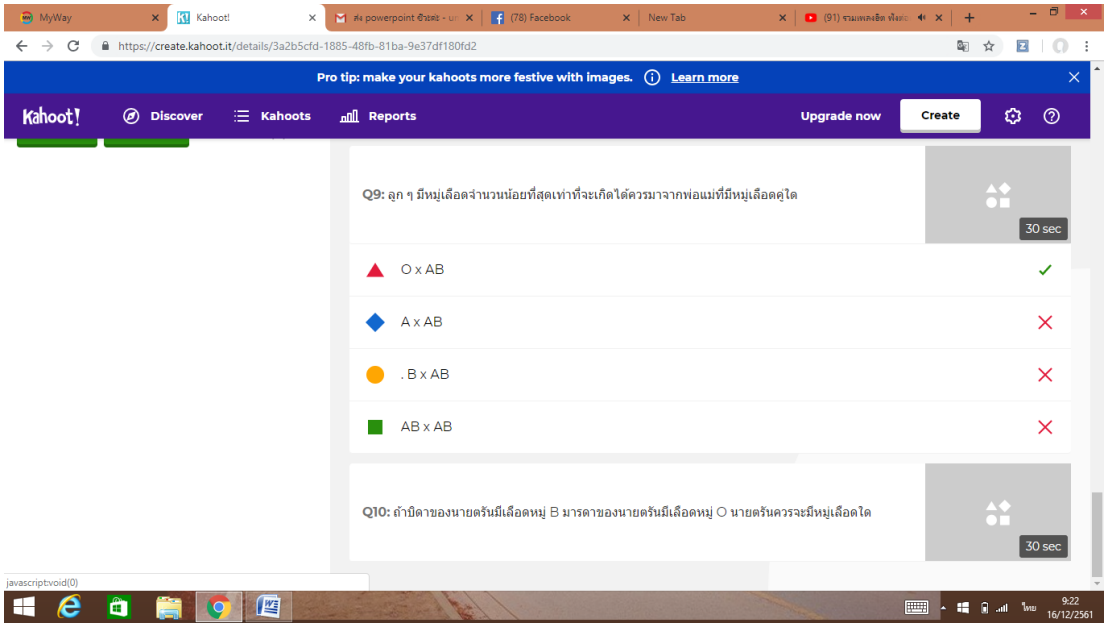

MyWay
Kahoot!
(78) Facebook
New Tab
https://create.kahoot.it/details/3a2b5cfd-1885-48fb-81ba-9e37df180fd2
Pro tip: make your kahoots more festive with images.
Learn more
Kahoot!
Discover
Kahoots
Reports
Upgrade now
Create
Q4: 4. พ่อหมู่เลือด AB แม่หมู่เลือด AB ลูกที่เกิดมามีโอกาสเป็นหมู่เลือด AB กี่เปอร์เซนต์
60 sec
ก. 25 %
ข. 50 %
ค. 75 %
ง. 100 %
Q5: 5. ผสมดอกลั้นมังกรสีแดงใบกว้างกับสีขาวใบแคบลูกที่เกิดขึ้นมีดอกสีชมพูใบกว้างปานกลาง ข้อใดถูกต้อง
30 sec
9:19
16/12/2561

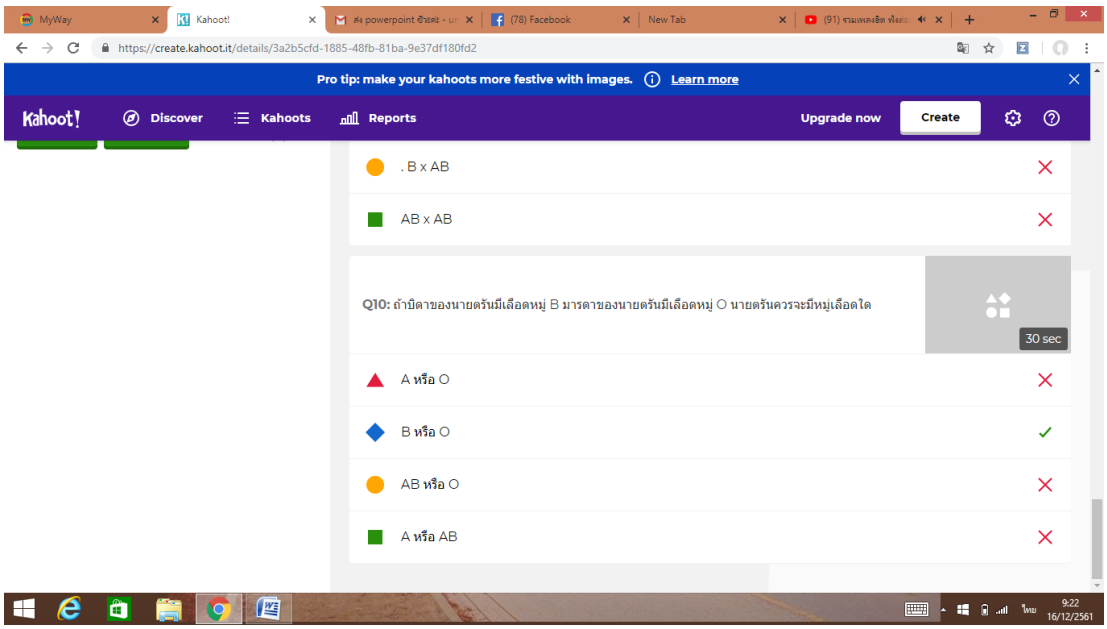

https://create.kahoot.it/details/3a2b5cfd-1885-48fb-81ba-9e37df180fd2
Pro tip: make your kahoots more festive with images. Learn more
Kahoot!
Discover
Kahoots
Reports
Upgrade now
Create
Q5: 5. ผสมดอกลิ้นมังกรสีแดงใบกว้างกับสีขาวใบแคบลูกที่เกิดขึ้นมีดอกสีชมพูใบกว้างปานกลาง ข้อใดถูกต้อง
30 sec
ก. สีดอก และใบเป็นลักษณะข่มสมบูรณ์
ข. สีดอก และใบเป็นลักษณะข่มไม่สมบูรณ์
ค. สีดอกเป็นลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ ส่วนใบข่มสมบูรณ์
ง. สีดอกเป็นลักษณะข่มสมบูรณ์ ส่วนใบข่มไม่สมบูรณ์
Q6: นางมีเลือดหมู่ B แต่งงานกับนายสีเลือดหมู่ AB ลูกที่เกิดจากนางมีและนายสีจะมีเลือดหมู่ใดบ้าง
30 sec


https://create.kahoot.it/details/3a2b5cfd-1885-48fb-81ba-9e37df180fd2
Pro tip: make your kahoots more festive with images. Learn more
Kahoot!
Discover
Kahoots
Reports
Upgrade now
Create
Q6: นางมีเลือดหมู่ B แต่งงานกับนายสีเลือดหมู่ AB ลูกที่เกิดจากนางมีและนายสีจะมีเลือดหมู่ใดบ้าง
30 sec
AB เท่านั้น
A, B และ O
A, B และ AB
A, B, AB และ O
Q7: ผสมวัวตัวผู้สีแดงกับตัวเมียสีขาว รุ่น F_2 ได้สีแดง : น้ำตาล : ขาว = 1 : 2 : 1 แสดงว่าอย่างไร
30 sec


Pro tip: make your kahoots more festive with images. Learn more
Kahoot!
Discover
Kahoots
Reports
Upgrade now
Create
Q7: ผสมวัวตัวผู้สีแดงกับตัวเมียสีขาว รุ่น F_2 ได้สีแดง : น้ำตาล : ขาว = 1 : 2 : 1 แสดงว่าอย่างไร
30 sec
ขนสีแดงเป็นลักษณะเด่น
ขนสีขาวเป็นลักษณะเด่น
ขนสีน้ำตาลเป็นลักษณะเด่น
ลักษณะสีขนข่มไม่ลงระหว่างขนสีขาวกับขนสีแดง
Q8: พ่อและแม่มีเลือกหมู่ AB ทั้งสองคน ในการที่จะได้ลูกคนโตมีเลือดหมู่ A จะมีโอกาสกี่เท่าใด
30 sec


Pro tip: make your kahoots more festive with images. Learn more
Kahoot!
Discover
Kahoots
Reports
Upgrade now
Create
Q8: พ่อและแม่มีเลือกหมู่ AB ทั้งสองคน ในการที่จะได้ลูกคนโตมีเลือดหมู่ A จะมีโอกาสกี่เท่าใด
30 sec
1/4
1/8
1/16
1/24
Q9: ลูก ๆ มีหมู่เลือดจำนวนน้อยที่สุดเท่าที่จะเกิดได้ควรมาจากพ่อแม่ที่มีหมู่เลือดคู่ใด
30 sec


Pro tip: make your kahoots more festive with images. Learn more
Kahoot!
Discover
Kahoots
Reports
Upgrade now
Create
Q9: ลูก ๆ มีหมู่เลือดจำนวนน้อยที่สุดเท่าที่จะเกิดได้ควรมาจากพ่อแม่ที่มีหมู่เลือดคู่ใด
30 sec
O x AB
A x AB
. B x AB
AB x AB
Q10: ถ้าบิดาของนายตรันมีเลือดหมู่ B มารดาของนายตรันมีเลือดหมู่ O นายตรันควรจะมีหมู่เลือดใด
30 sec

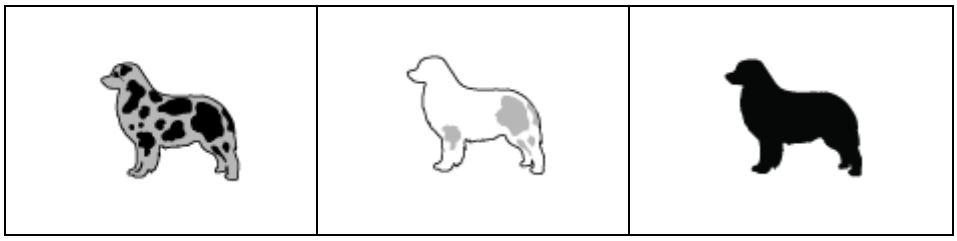

Pro tip: make your kahoots more festive with images. Learn more
Kahoot!
Discover
Kahoots
Reports
Upgrade now
Create
. B x AB
AB x AB
Q10: ถ้าบิดาของนายตรันมีเลือดหมู่ B มารดาของนายตรันมีเลือดหมู่ O นายตรันควรจะมีหมู่เลือดใด
30 sec
A หรือ O
B หรือ O
AB หรือ O
A หรือ AB

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

ข้อ	เฉลย
1	ก
2	ง
3	ค
4	ก
5	ค
6	ง
7	ง
8	ข
9	ค
10	ก

แนวทางการอภิปรายขั้นขยายความรู้

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาภาพที่ 7 สุนัข 3 ตัวครอกเดียวกัน ซึ่งเป็นรุ่น F_2 แล้วร่วมกันอภิปรายในประเด็นว่าสุนัข 3 ตัวนี้ถือเป็นการข่มไม่สมบูรณ์ หรือข่มร่วมกัน และรุ่นพ่อ แม่ของสุนัขเหล่านี้ควรมีลักษณะอย่างไร



ภาพที่ 7 สุนัข 3 ตัวครอกเดียวกัน

ที่มา : http://www.pesjanar.si/forum/index.php?topic=63.12720

สุนัข 3 ตัวนี้ ถือเป็นการข่มร่วมกัน เพราะมีลักษณะที่แสดงออกมาทั้งสีดำ ขาว และด่าง (ขาวจุดดำ) ซึ่งเป็นการแสดงออกร่วมกันของทั้ง พ่อ และแม่ ดังนั้น รุ่นพ่อแม่ของสุนัขครอกนี้ต้องเป็นสีดำและขาว (พ่อ และแม่จะเป็นสีดำ หรือขาวก็ได้)

แนวทางการอภิปรายขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป

คำชี้แจง ให้นักเรียนอธิบาย และสรุปความรู้เรื่องการข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน และมัลติเปิลแอลลีล (เป็นแผนผัง แผนภาพ หรือข้อความสรุป)

การข่มไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกันและมัตติเปิลแอลลีล

การข่มไม่สมบูรณ์ คือ การที่แอลลีล หนึ่งแสดงการข่มอีกแอลลีลหนึ่งได้ แต่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ ทำให้มีการแสดงออกของยีนทั้งสองแบบ เช่น ผสมต้นลิ้นมังกรพันธุ์แท้ดอกสีแดงกับ ดอกสีขาว ได้ลูกรุ่น F_1 เป็นดอกสีชมพูทั้งหมด และเมื่อนำดอกลิ้นมังกรสีชมพูมาผสมกันจะได้รุ่นหลานมีดอกสีแดง : ดอกสีชมพู : ดอกสีขาว ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1

การข่มร่วมกัน คือ การที่ยีนทั้งสองที่ควบคุมลักษณะจะไม่ข่มซึ่งกันและกัน แต่สามารถแสดงความเด่นได้เท่าๆ กัน จึงปรากฏลักษณะออกมาร่วมกัน เช่น หมู่เลือดระบบ ABO ของคน

มัลติเปิลแอลลีล คือ การที่ยีน 1 โลคัส (locus) มีจำนวนของแอลลีล มากกว่า 2 แบบ เช่น หมู่เลือดระบบ ABO ทำให้ได้ลักษณะหมู่เลือดที่มีจีโนไทป์ 6 แบบ และฟีโนไทป์ 4 แบบ คือ

จีโนไทป์	ฟีโนไทป์ (หมู่เลือด)
I^AI^A และ I^Ai	A
I^BI^B และ I^Bi	B
I^AI^B	AB
ii	O

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

ข้อ	เฉลย
1	ก
2	ง
3	ค
4	ก
5	ค
6	ง
7	ข
8	ง
9	ค
10	ก