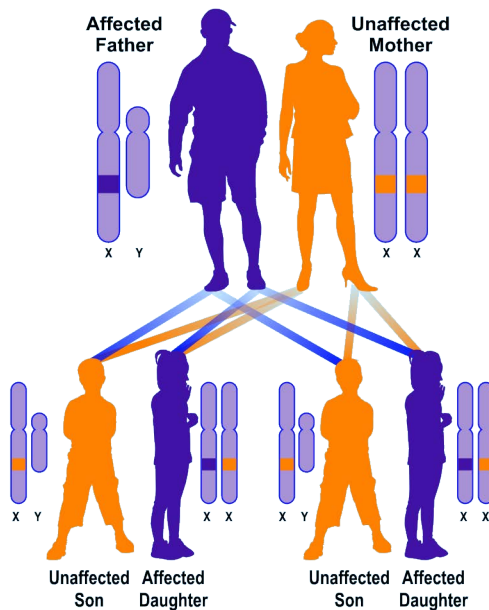


ชุดที่ 7

การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ

X-linked Dominant, Affected Father



นางสาวธนิกานต์ กันทะวงศ์

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ

โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต

ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 14

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กระทรวงศึกษาธิการ



คำนำ

ชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา รหัสวิชา ว30242 เรื่อง การถ่ายทอดทางพันธุกรรมนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในปัจจุบันการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดอย่างสร้างสรรค์ช่วยส่งเสริม สนับสนุน และพัฒนาผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพในตัวเอง เป็นผู้มีความคิดสร้างสรรค์และรู้จักแก้ปัญหา ซึ่งชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยานี้มีทั้งหมด 7 ชุด ประกอบด้วย

ชุดที่ 1 การศึกษาพันธุกรรมของเมนเดล

ชุดที่ 2 กฎแห่งการแยก

ชุดที่ 3 กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระและการประยุกต์ใช้กฎของเมนเดล

ชุดที่ 4 การเด่นไม่สมบูรณ์และการข้ามร่วมกัน

ชุดที่ 5 มัลติเพิลแอลลีลและพอลิยีน

ชุดที่ 6 ยีนบนโครโมโซมเดียวกัน

ชุดที่ 7 การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ

ผู้จัดทำหวังว่าชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยานี้จะเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้เป็นไปตามเจตนารมณ์ของหลักสูตรและเป็นประโยชน์ต่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ของครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้

ธนิกานต์ กันทะวงศ์



สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
คำชี้แจงการใช้ชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา	ค
ชุดที่ 7 การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ	1
จุดประสงค์การเรียนรู้	1
แบบทดสอบก่อนเรียน	2
ยีนบนโครโมโซมเพศ	5
กิจกรรมที่ 7.1	8
การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของยีนบนโครโมโซมเพศ	9
สรุปประเด็นสำคัญ	12
กิจกรรมที่ 7.2	13
แบบทดสอบหลังเรียน	16
บรรณานุกรม	19
ภาคผนวก	20



คำชี้แจงการใช้ชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

ชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยานี้จัดทำขึ้นเพื่อให้ประกอบการเรียนและให้นักเรียนได้ศึกษาได้ด้วยตนเอง
โปรดอ่านคำแนะนำก่อนศึกษาและปฏิบัติตามกิจกรรมดังต่อไปนี้

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 6 คน
2. ให้นักเรียนศึกษาชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยานี้ตามลำดับที่ละหน้า นักเรียนจะได้รับความรู้
และปฏิบัติตามกิจกรรมต่างๆ ด้วยตัวนักเรียนเอง
3. ก่อนที่นักเรียนจะปฏิบัติงานต่างๆ ในชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยานี้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบ
ก่อนเรียน 10 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาจากชุดการเรียนรู้ ทบทวนความรู้โดยการทำแบบฝึกทักษะ
และทำแบบทดสอบหลังเรียน
5. ประเมินผลด้วยตนเองในการปฏิบัติตามกิจกรรมแต่ละขั้นตอนรวมทั้งแบบทดสอบก่อนเรียน
หลังเรียน จากเฉลยคำตอบในภาคผนวกของแต่ละชุดการเรียนรู้
6. ครูประเมินผลการศึกษาชุดการเรียนรู้จากแบบประเมิน



ชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

ชุดที่ 7 การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้ นักเรียนสามารถ

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมเพศได้
2. ค้นหาโอกาสของการแสดงออกของลักษณะทางพันธุกรรมจากข้อมูลที่กำหนด
3. เขียนพันธุประวัติและอธิบายสัญลักษณ์ต่างๆ ในพันธุประวัติได้



แบบทดสอบก่อนเรียน

ชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา ชุดที่ 7 การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) หน้าคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ครอบครัวตระกูลหนึ่งไม่มีประวัติการแต่งงานในหมู่เครือญาติ แต่พบผู้ชายส่วนมากเป็นโรคกรรมพันธุ์เกี่ยวกับกล้ามเนื้อลีบผิดปกติ ทั้งในรุ่นลูก หลาน และเหลน สมมติฐานที่ดีที่สุดเกี่ยวกับแบบพันธุประวัตินี้ควรเป็นอย่างไร
 - ก. โรคนี้ควบคุมโดยยีนด้อยที่มีอยู่ในประชากร
 - ข. ลักษณะนี้ถ่ายทอดโดยยีนด้อยที่อยู่ในโครโมโซม Y
 - ค. โรคนี้ควบคุมโดยยีนเด่นที่อยู่บนโครโมโซม X
 - ง. ลักษณะนี้ถ่ายทอดโดยยีนด้อยที่เกี่ยวกับเพศ
2. กำหนดให้คอสิดำในนกเขาชนิดหนึ่งควบคุมโดยยีนด้อยที่เกี่ยวกับเพศ ถ้าผสมพันธุ์ระหว่างนกเขาตัวเมีย คอสีเหลืองกับตัวผู้คอสิดำ ควรได้ลูกผสมชนิดใดบ้าง
 - ก. คอสิดำทุกตัว
 - ข. ตัวผู้คอสิดำ และตัวเมียคอสีเหลือง
 - ค. ตัวผู้ตัวสีเหลืองและตัวเมียคอสิดำ
 - ง. คอสีเหลืองทุกตัว
3. แมวมีโครโมโซมเพศและการกำหนดเพศคล้ายคน ยีน B และ B' เป็นยีนที่อยู่ในโครโมโซม X ของแมว B ทำให้แมวขนสีดำ B' ขนสีเหลือง แมวตัวเมียจีโนไทป์ BB' ขนลาย E เป็นยีนเด่นอยู่ในออโตโซมของแมว ทำให้แมวเป็นสีขาว ไม่ว่ายีนอื่นจะเป็นอย่างไรก็ตาม ถ้าพ่อแมวมียีนสีดำ แม่แมวจะต้องมีจีโนไทป์อย่างไร จึงจะทำให้ลูกแมวตัวเมียทุกตัวมีขนลายและตัวผู้ทุกตัวมีขนสีเหลือง
 - ก. $EEBB'$
 - ข. $EeB'B'$
 - ค. $eeBB'$
 - ง. $eeBB'$



4. สามีภรรยาลักษณะปกติ ให้กำเนิดคู่แฝดชายหญิงคู่หนึ่ง แผลดชายมีอาการตาบอดสีและธาลัสซีเมีย โอกาสที่แฝดหญิงจะเป็นธาลัสซีเมียร้อยละเท่าใด

- ก. ร้อยละ 0
- ข. ร้อยละ 25
- ค. ร้อยละ 50
- ง. ร้อยละ 80

5. ลักษณะสีโมฟิเลียควบคุมโดยยีนคอย (h) บนโครโมโซมเพศ ส่วนลักษณะถนัดขวาควบคุมโดยยีนเด่น (R) บนโครโมโซมร่างกายจากการแต่งงานระหว่างชายปกติถนัดซ้ายกับหญิงปกติถนัดขวา แต่มีบิดาถนัดซ้ายและเป็นโรคสีโมฟิเลียด้วย โอกาสที่บุตรเพศใดจะเป็นโรคสีโมฟิเลียและถนัดขวาอัตราส่วนเท่าใด

- ก. ชาย $1/8$
- ข. หญิง $1/8$
- ค. ชาย $1/4$
- ง. หญิง $1/4$

6. หญิงปกติมีพ่อตาบอดสี แม่มีอาการพร่องเอนไซม์ A ซึ่งควบคุมด้วยยีนค้อยบนโครโมโซม X หญิงคนนี้แต่งงานกับชายลักษณะปกติ โอกาสที่จะมีลูกชายตาบอดสีและพร่องเอนไซม์ร้อยละเท่าใด (ถ้าไม่มีการแลกเปลี่ยนระหว่างยีนทั้งคู่)

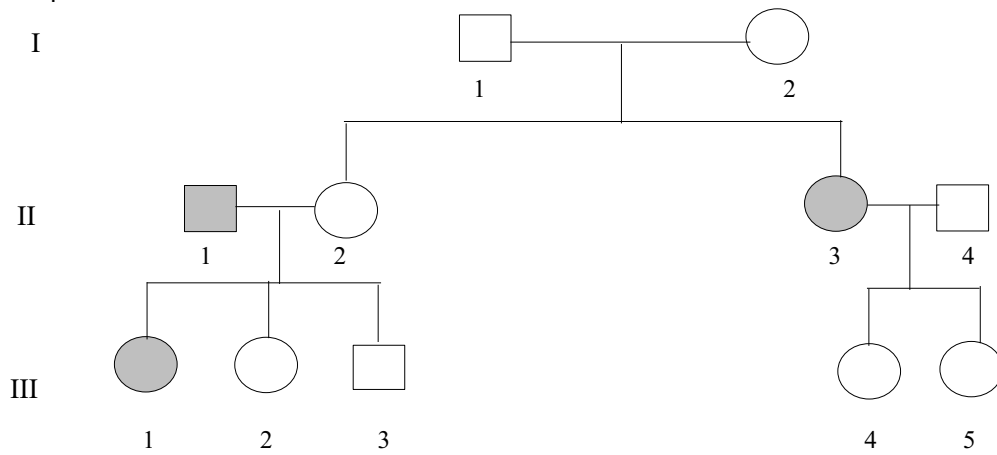
- ก. ร้อยละ 0
- ข. ร้อยละ 25
- ค. ร้อยละ 40
- ง. ร้อยละ 50

7. สามี ภรรยา ทั้งคู่มีตาปกติสีน้ำตาล มีลูกชายคนแรกตาบอดสีสีฟ้า จีโนไทป์ของสามีภรรยาคู่นี้แสดงในข้อใด

- ก. $BbX^C X^c$ x $BbX^C y$
- ข. $BbX^C X^C$ x $BbX^C y$
- ค. $BBX^C X^c$ x $BbX^C y$
- ง. $BbX^C X^c$ x $BBX^C y$



8. บุคคลใดจากภาพมีโอกาสดังเป็น homozygous และ heterozygous ตามลำดับ



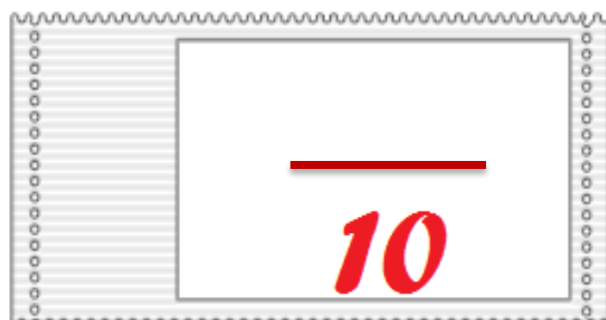
- ก. I – 1, I – 2
- ข. II – 1, II – 2
- ค. III – 2, III – 3
- ง. III – 4, III – 5

9. พ่อแม่คู่นึงมีลูกสาวและลูกชายตาปกติ ต่อมาลูกสาวไปแต่งงานกับชายคนหนึ่งมีลูกชายสองคน คนหนึ่งตาบอดสี อีกคนหนึ่งตาปกติ จีโนไทป์ของสามีภรรยาคู่นี้ น่าจะเป็นแบบใด (C = ตาปกติ c = ตาบอดสี)

- ก. $X^C Y$ $X^C X^C$
- ข. $X^C Y$ $X^C X^c$
- ค. $X^c Y$ $X^C X^c$
- ง. $X^C Y$ $X^C X^C$

10. ครอบครัวหนึ่งมีบุตร 4 คน เป็นชาย 2 หญิง 2 แต่มีบุตรชายคนหนึ่งมีอาการแพ้ยาและอาหารบางชนิด จีโนไทป์ของพ่อและแม่ควรเป็นอย่างไร

- ก. $X^s Y$ $X^s X^s$
- ข. $X^G Y$ $X^G X^G$
- ค. $X^s Y$ $X^G X^s$
- ง. $X^G Y$ $X^G X^s$



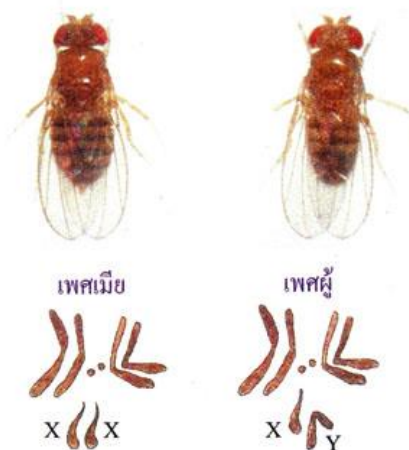


ยีนบนโครโมโซมเพศ

นักเรียนได้ทราบแล้วว่าโครโมโซมของคนมีจำนวน 46 แท่ง ซึ่งจัดเป็นคู่ๆ ได้ 23 คู่ ในเพศชายและเพศหญิงมีโครโมโซมเหมือนกัน 22 คู่ เรียกว่า ออโตโซม ส่วนอีก 1 คู่ ต่างกันเรียกว่า โครโมโซมเพศ ในเพศหญิงมีโครโมโซมเพศเป็น XX และเพศชายมีโครโมโซมเพศเป็น XY

ลักษณะทางพันธุกรรมของคนถูกควบคุมด้วยยีนที่มีตำแหน่งบนออโตโซมและโครโมโซมเพศ ยีนจำนวนมากอยู่บนออโตโซมซึ่งส่วนใหญ่การถ่ายทอดยีนเป็นไปตามกฎของเมนเดล เช่น ผิวเผือก มะเร็งในเรตินา และธาลัสซีเมีย เป็นต้น และยังมีการถ่ายทอดยีนบนออโตโซมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล เช่น หมู่เลือดระบบ ABO หมู่เลือดระบบ Rh และสีตาของคน เป็นต้น

ในปี พ.ศ. 2453 โทมัส ฮันท์ มอร์แกน (Thomas Hunt Morgan) และผู้ร่วมงานแห่งมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ทดลองเลี้ยงแมลงหวี่และผสมพันธุ์ได้จำนวนหลายพันตัว และพบลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมเพศเป็นครั้งแรก



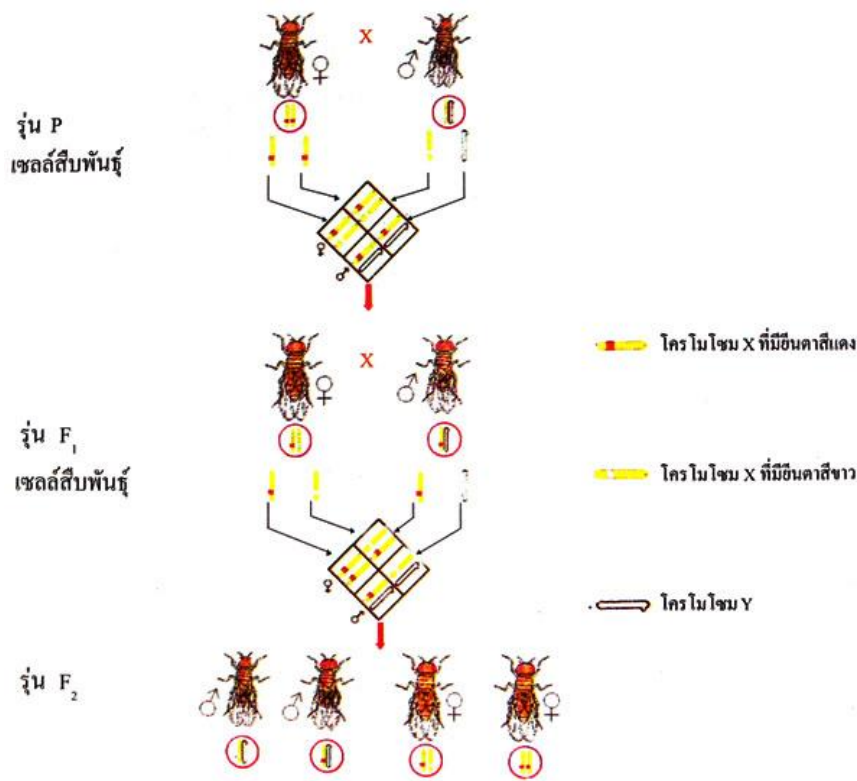
ภาพ 6-1 โครโมโซมของแมลงหวี่

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554 : 30

แมลงหวี่มีโครโมโซม 4 คู่ โดยมีออโตโซม 3 คู่ และโครโมโซมเพศ 1 คู่ แมลงหวี่เพศเมียมีโครโมโซมเพศเป็น XX เพศผู้มีโครโมโซมเพศเป็น XY ในธรรมชาติแมลงหวี่มีตาสีแดง มอร์แกนทดลองผสมพันธุ์แมลงหวี่หลายรุ่นทำให้ได้ลูกหลานจำนวนมาก ปรากฏว่าแมลงหวี่เพศผู้บางตัวมีตาสีขาว จึงนำมาผสมพันธุ์กับแมลงหวี่เพศเมียตาสีแดง ได้รุ่น F_1 ตาสีแดงทุกตัว จากนั้นให้รุ่น F_1 ผสมพันธุ์กันเองได้รุ่น F_2 จากการสังเกตพบว่าในรุ่น F_2 นั้น เพศเมียทุกตัวมีตาสีแดง ส่วนเพศผู้มีตาสีแดงต่อสีขาวในอัตราส่วน 1 : 1 และในรุ่น F_2 แมลงหวี่ตาสีขาวจะพบเฉพาะเพศผู้เท่านั้น แม้ว่าเพศเมียจะมีจำนวนหลายพันตัวแต่ก็ไม่ปรากฏว่ามีตาสีขาวเกิดขึ้นเลย



ถ้าการถ่ายทอดลักษณะตาสีขาวของแมลงหวี่เกี่ยวข้องกับเพศ จะเป็นไปได้หรือไม่ว่าอาจเกี่ยวข้องกับโครโมโซมเพศด้วย สมมติฐานของมอร์แกนอธิบายได้จากผลการทดลองการผสมพันธุ์ของแมลงหวี่ ดังภาพ 6-2



ภาพ 6-2 การผสมพันธุ์ของแมลงหวี่ตามแนวคิดของมอร์แกน

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554 : 31

จากผลการทดลองอธิบายได้ว่า ลักษณะตาขาวของแมลงหวี่เกิดจากยีนที่ควบคุมลักษณะตาดำมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม X โดยแอลลีลที่ควบคุมตาสีแดงจะแสดงลักษณะข่มต่อแอลลีลที่ควบคุมตาสีขาว ส่วนโครโมโซม Y จะไม่มียีนที่ควบคุมตาขาว แมลงหวี่รุ่นลูกเพศผู้จะได้รับโครโมโซม X มาจากแม่และโครโมโซม Y มาจากพ่อ ส่วนแมลงหวี่รุ่นลูกเพศเมียจะได้รับโครโมโซม X มาจากพ่อและแม่ ซึ่งแมลงหวี่รุ่นลูกเพศผู้ที่มียีนควบคุมตาสีขาวเพียงแอลลีลเดียวก็จะแสดงลักษณะตาสีขาว ส่วนแมลงหวี่รุ่นลูกเพศเมียจะแสดงลักษณะตาสีขาวได้ก็ต่อเมื่อมียีนควบคุมตาสีขาว 2 ยีน การถ่ายทอดยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศเรียกว่า **ยีนที่เกี่ยวข้องกับเพศ (sex – linked gene)**

ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศในคนมีมากกว่า 100 ลักษณะ ลักษณะเหล่านี้มีทั้งยีนเด่นและยีนด้อยซึ่งส่วนมากที่พบจะเป็นยีนด้อยมากกว่า ยีนที่มีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม X เรียกว่า **ยีนที่เกี่ยวข้องกับ X (X-linked gene)** ถ้ายีนอยู่บนตำแหน่งโครโมโซม Y เรียกว่า **ยีนที่เกี่ยวข้องกับ Y (Y-linked gene)** บางยีนก่อให้เกิดโรคหรือลักษณะผิดปกติ เช่น โรคตาบอดสี ฮีโมฟีเลีย เป็นต้น



การถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมจะปรากฏได้ทั้งสองเพศเท่าๆ กัน ส่วนการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม X จะปรากฏลักษณะในเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่งแล้วแต่ว่ายีนบนโครโมโซม X เป็นยีนเด่นหรือยีนด้อย ถ้าเป็นยีนเด่น จะปรากฏลักษณะในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย เช่น ลักษณะฟันเป็นสีน้ำตาล ถ้าเป็นยีนด้อยจะปรากฏลักษณะในเพศชายมากกว่าเพศหญิง เช่น ลักษณะตาบอดสี โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ เป็นต้น

สำหรับการเขียนจีโนไทป์ของยีนที่เป็น X-linked gene นั้น แตกต่างจากการเขียนจีโนไทป์ของยีนที่อยู่บนออโตโซม คือ จะเขียนอักษรแทนยีนด้วยตัวอักษร X ซึ่งใช้แทนโครโมโซม X เช่น ในกรณีที่ยีน A อยู่บนโครโมโซม X เพศหญิงที่มีจีโนไทป์เป็น homozygous dominant heterozygous และ homozygous recessive จะเขียนจีโนไทป์ได้เป็น $X^A X^A$ $X^A X^a$ และ $X^a X^a$ ตามลำดับ ส่วนเพศชายที่มีลักษณะเด่นและลักษณะด้อย จะเขียนจีโนไทป์ได้เป็น $X^A Y$ และ $X^a Y$ ตามลำดับ



กิจกรรมที่ 7.1

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

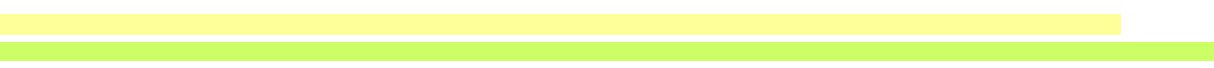
1. การถ่ายทอดขึ้นบนออโตโซมจะมีปรากฏลักษณะในเพศชายและเพศหญิงได้เท่ากันหรือไม่

2. การถ่ายทอดขึ้นบนโครโมโซม X จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศหญิงและเพศชายหรือไม่อย่างไร และถ้าขึ้นบนโครโมโซม X เป็นยีนด้อยหรือเป็นยีนเด่น จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศใดมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

3. การถ่ายทอดขึ้นที่อยูบนโครโมโซม X เป็นไปตามกฎของเมนเดลหรือไม่ เพราะเหตุใด

4. นักเรียนจะสรุปได้อย่างไรว่าลักษณะใดถูกควบคุมด้วยยีนเด่นหรือยีนด้อยบนโครโมโซม X

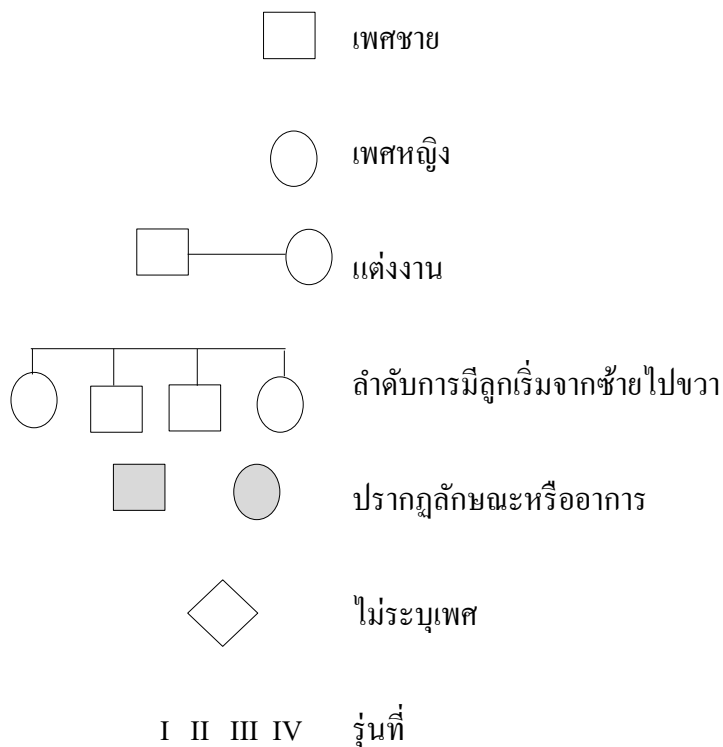
5. ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม Y จะปรากฏลักษณะในลูกสาวได้หรือไม่





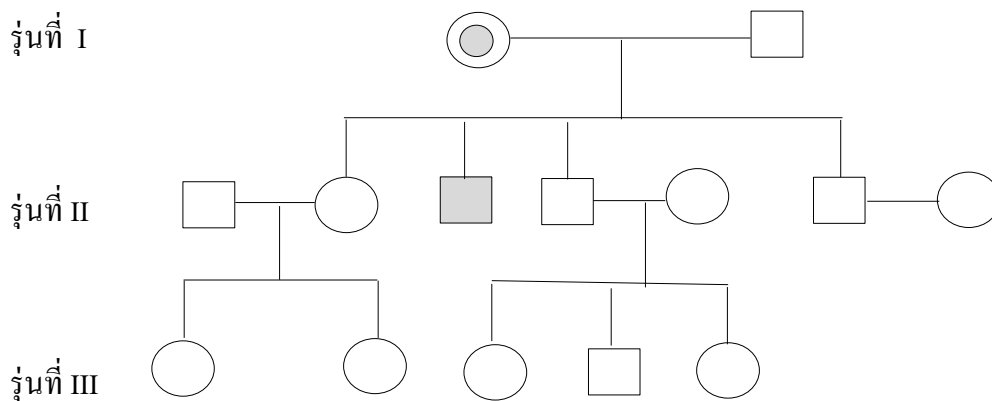
การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของยีนบนโครโมโซมเพศ

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของคนใช้วิธีวิเคราะห์พันธุ์ประวัติ (pedigree) ซึ่งเป็นการนำข้อมูลของลักษณะทางพันธุกรรมของบุคคลต่างๆ ในครอบครัวเดียวกันจากหลายๆ รุ่นนำมาเขียนเป็นแผนผังพันธุ์ประวัติ แล้วพิจารณาลักษณะดังกล่าวว่ามีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นอย่างไร แผนผังพันธุ์ประวัติประกอบด้วยสัญลักษณ์ต่างๆ แทนตัวบุคคล เพศ และลักษณะทางพันธุกรรม ดังนี้



ตัวอย่างพันธุ์ประวัติของลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมเพศ

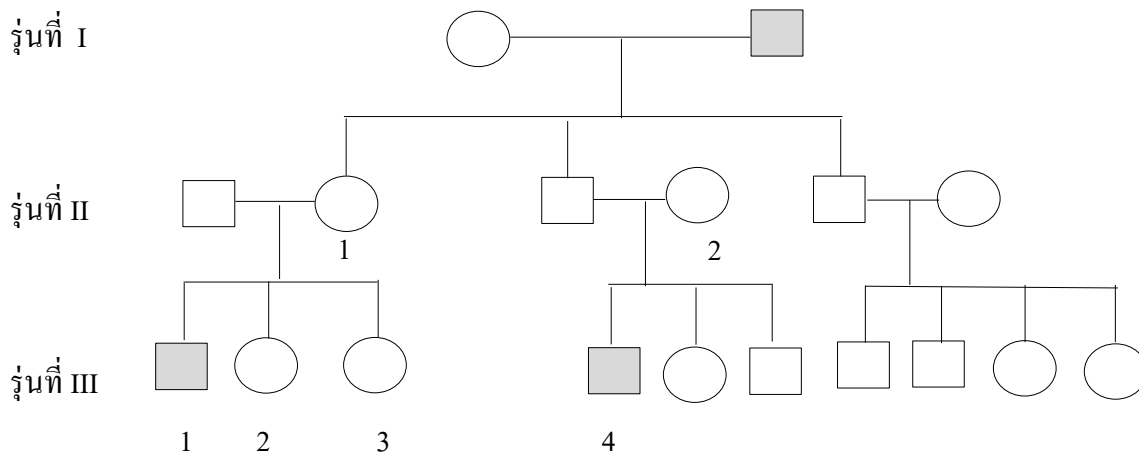
1. พันธุ์ประวัติของโรคภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD





จากพันธุประวัติด้านบน พ่อปกติและแม่เป็นพาหะ ลูกชายจะมีโอกาสเป็นโรคภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD ลูกหญิงมีโอกาเป็นพาหะ และ ภาวะพร่องเอนไซม์ปรากฏในเพศชายมากกว่าเพศหญิงแสดงว่า ลักษณะนี้ควบคุมด้วยยีนด้อยที่อยู่บนโครโมโซม X

2. พันธุประวัติของลักษณะตาบอดสี



จากพันธุประวัติจะเห็นว่าลักษณะตาบอดสีปรากฏในเพศชาย ถ้ากำหนดให้ C เป็นยีนที่ควบคุม ลักษณะตาปกติ และ c เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะตาบอดสีแสดงว่าชายคนที่ 1 และคนที่ 4 ในรุ่นที่ III จะมี จีโนไทป์เป็น X^cY ดังนั้นหญิงคนที่ 1 และคนที่ 2 ในรุ่นที่ II จะมีจีโนไทป์ X^CX^c และเป็นพาหะ เพราะรับยีน ที่ควบคุมลักษณะด้อยที่เป็นตาบอดสี X^c มาจากพ่อ แสดงว่ายีนตาบอดสีเป็นยีนด้อยที่อยู่บนโครโมโซม X

ยีนด้อยที่อยู่บนโครโมโซม X จะมีโอกาสแสดงลักษณะที่ปรากฏในเพศชายได้มากกว่ายีนด้อยใน ออโตโซม และลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X จะมีโอกาสปรากฏในเพศชายมากกว่าเพศ หญิง ส่วนในเพศหญิงลักษณะดังกล่าวจะแสดงออกได้ต่อเมื่อได้รับยีนด้อยมาจากพ่อและแม่ เช่น ใน ครอบครัวที่พ่อมีจีโนไทป์เป็น X^cY และแม่มีจีโนไทป์เป็น X^CX^c หรือ X^cX^c

ข้อควรจำ

การกำหนดเพศ

	เพศผู้	เพศเมีย
คน สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	XY	XX
นก สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก	ZZ	WZ
ตึกแตน จิ้งหรีด แมลงสาบ	XO	XX



หลักการเขียนจีโนไทป์ของยีนบนโครโมโซมเพศของสิ่งมีชีวิตที่เพศเมียมีโครโมโซมเพศเหมือนกันแต่เพศผู้มีโครโมโซมเพศต่างกัน เช่น โครโมโซมเพศของคนเป็นดังนี้

1. โครโมโซมเพศหญิงเป็น XX โครโมโซมเพศชายเป็น XY
2. เขียนยีนที่มมบนด้านขวาสุดของโครโมโซม X เช่น $X^C X^C$ $X^C X^c$ $X^c X^c$ $X^C Y$ $X^c Y$

โรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากยีนด้อยบนโครโมโซม X ที่พบในลักษณะเดียวกับตาบอดสียังมีอีกดังตัวอย่างต่อไปนี้

โรคฮีโมฟีเลีย หรือโรคเลือดแข็งตัวช้าหรือโรคเลือดไหลไม่หยุด เป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X ทำให้ร่างกายขาดโปรตีนบางชนิดที่ช่วยในการแข็งตัวของเลือด มีอาการเลือดออกง่ายและหยุดไหลช้าเมื่อเกิดบาดแผล ในประเทศไทยพบโรคนี้ประมาณ 1 คนต่อประชากร 10,000 คน ปัจจุบันสามารถผลิตโปรตีนที่ทำให้เลือดแข็งตัวเพื่อช่วยให้ผู้ป่วยมีชีวิตรอดยืนยาวและสุขภาพดีขึ้น

โรคภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD เกิดจากการขาดเอนไซม์ G-6-PD ไม่ปรากฏอาการของโรคอย่างชัดเจน อาการที่พบ เช่น โลหิตจาง ตัวเหลืองซีด อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ ปวดท้อง คลื่นไส้ และปัสสาวะมีสีดำนอกจากนี้อาจแสดงอาการเมื่อร่างกายได้รับสารบางอย่าง ผู้ที่ขาดเอนไซม์นี้จะมีอาการแพ้ยา รักษาโรคมalaria เช่น ไพริเมทาควิน ควินิน แพ้ยาปฏิชีวนะ เช่น คลอแรมเฟนิคอล ซัลโฟนาไมด์ แพ้ยาแก้ปวดคลไ้ เช่น แอสไพริน พาราเซตามอล และแพ้อาหารบางชนิด เช่น ถั่วปากอ้า หรือ สูดกลิ่นจากถั่วปากอ้าเข้าไป ในประเทศไทยพบร้อยละ 12 ของประชากรเพศชาย

โรคพันธุกรรมที่เกิดจากยีนเด่นบนโครโมโซม X พบได้น้อย ได้แก่ โรคมนุษย์หมาป่า อาการมีขนยาวรุงรังตามใบหน้า ลำตัวและแขนขา

สำหรับยีนบนโครโมโซม Y ส่วนใหญ่เป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมลักษณะของเพศชาย เนื่องจากโครโมโซม Y มีขนาดเล็กจึงมียีนอยู่จำนวนน้อย การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม Y จะถ่ายทอดจากพ่อไปยังลูกชาย จากลูกชายไปยังหลานชาย และถ่ายทอดต่อไปยังเพศชายทุกคนที่ได้รับโครโมโซม Y ดังนั้นโครโมโซม Y จึงแสดงลักษณะเพศชาย

การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศเป็นการถ่ายทอดยีนที่เป็นส่วนขยายพันธุศาสตร์ของเมนเดลจะปรากฏลักษณะของเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่ง แต่การถ่ายทอดยีนบนออโตโซมจะปรากฏลักษณะได้เท่าๆกันทั้งสองเพศ



สรุปประเด็นสำคัญ



การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศคือการถ่ายทอดลักษณะที่อยู่บนโครโมโซมเพศ



ยีนด้อยบนโครโมโซม X จะแสดงอาการของโรค เช่น ตาบอดสี ฮีโมฟีเลีย ภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD หรือสีตาของแมลงหวี่ ผู้ชายมีโอกาสรับลักษณะเหล่านี้ได้มากกว่าผู้หญิงเพราะมีโครโมโซม X เพียงแท่งเดียว มีจีโนไทป์ 2 แบบ คือ X^AY (ปกติ) หรือ X^aY (มีอาการ) ส่วนหญิงมีจีโนไทป์ 3 แบบ คือ X^AX^A (ปกติ) X^AX^a (พาหะ) X^aX^a (มีอาการ) การคำนวณเมื่อใช้พ่อเด่น แม่ด้อยจะไม่เท่ากับเมื่อใช้พ่อด้อยแม่เด่นเหมือนแบบเมนเดล (ผสมตรง direct cross $\neq$ ผสมกลับ reciprocal cross)



ยีนเด่นบนโครโมโซม X มีน้อย เช่น ลักษณะมนุษย์หมาป่า ผู้หญิงมีโอกาสรับลักษณะพวกนี้มากกว่าผู้ชายเพราะทั้งพันธุ์แท้หรือพันธุ์ทางก็แสดงออกได้ มีจีโนไทป์ 3 แบบ คือ X^AX^A (มีอาการ) X^AX^a (มีอาการ) X^aX^a (ปกติ) ส่วนผู้ชายมีจีโนไทป์ 2 แบบคือ X^AY (มีอาการ) หรือ X^aY (ปกติ)



ยีนบนโครโมโซม Y ถ่ายทอดระหว่างผู้ชายในครอบครัวเท่านั้น คือ จาก ปู่ พ่อ ไปลูกชาย...ไปเรื่อยๆ เช่น ลักษณะมีขนที่ใบหูของชายอินเดีย



กิจกรรมที่ 7.2

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. หญิงคนหนึ่งตาปกติมีพ่อเป็นโรคตาบอดสี แต่งงานกับชายตาปกติ ซึ่งมีพ่อเป็นโรคตาบอดสี จงหาร้อยละของลูกที่จะเป็นโรคตาบอดสี

Handwriting practice lines for question 1, consisting of six horizontal dashed pink lines.

2. โรคกล้ามเนื้อแขนขาถือเป็นลักษณะด้อยบนโครโมโซม X ถ้าชายเป็นโรคกล้ามเนื้อแขนขาแต่งงานกับหญิงที่เป็นพาหะ ลูกจะมีจีโนไทป์และฟีโนไทป์เป็นอย่างไร อัตราส่วนเท่าใด

Handwriting practice lines for question 2, consisting of six horizontal dashed blue lines.

3. โรคฮีมอฟีเลียควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X หญิงคนหนึ่งปกติแต่งงานกับชายที่เป็นโรคฮีมอฟีเลีย มีลูกสาวคนหนึ่งเป็นโรคฮีมอฟีเลีย จงหา

3.1 จีโนไทป์ของหญิงชายคู่นี้

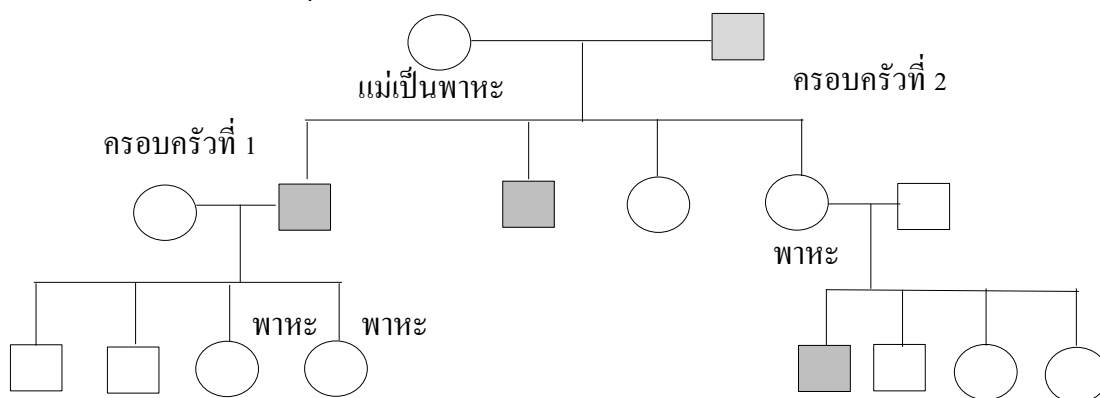
Handwriting practice lines for question 3, consisting of six horizontal dashed pink lines.



3.2 จินโนไทป์ของลูกชายและลูกสาวทุกคน

3.3 ร้อยละของลูกสาวที่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย

4. จากพันธุประวัติของครอบครัวหนึ่งที่มีประวัติเกี่ยวกับโรคฮีโมฟีเลีย กำหนดให้ H แทนยีนควบคุมลักษณะปกติ h แทนยีนควบคุมลักษณะฮีโมฟีเลีย



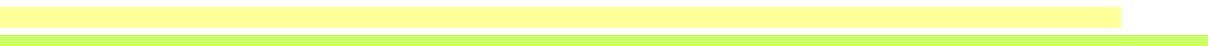
4.1 เหตุใดครอบครัวที่ 1 จึงมีลูกชายที่ไม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย

4.2 เหตุใดครอบครัวที่ 2 จึงมีลูกชายที่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย



4.3 ลูกสาวของครอบครัวใดที่เป็นพาหะทุกคน เพราะเหตุใด

5. ลักษณะตาบอดสีส่วนใหญ่พบในเพศใด และลูกสาวจะมีโอกาสเป็นตาบอดสีเมื่อแม่มีจีโนไทป์เป็นอย่างไร





แบบทดสอบหลังเรียน

ชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา

ชุดที่ 7 การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) หน้าคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ครอบครัวตระกูลหนึ่งไม่มีประวัติการแต่งงานในหมู่เครือญาติ แต่พบผู้ชายส่วนมากเป็นโรคกรรมพันธุ์เกี่ยวกับกล้ามเนื้อลีบผิดปกติ ทั้งในรุ่นลูก หลาน และเหลน สมมติฐานที่ดีที่สุดเกี่ยวกับแบบพันธุประวัตินี้ควรเป็นอย่างไร

- ก. โรคนี้ควบคุมโดยยีนด้อยที่มีอยู่ในประชากร
- ข. ลักษณะนี้ถ่ายทอดโดยยีนด้อยที่อยู่ในโครโมโซม Y
- ค. โรคนี้ควบคุมโดยยีนเด่นที่อยู่บนโครโมโซม X
- ง. ลักษณะนี้ถ่ายทอดโดยยีนด้อยที่เกี่ยวกับเพศ

2. กำหนดให้คอสิดำในนกเขาชนิดหนึ่งควบคุมโดยยีนด้อยที่เกี่ยวกับเพศ ถ้าผสมพันธุ์ระหว่างนกเขาตัวเมีย คอสีเหลืองกับตัวผู้คอสิดำ ควรได้ลูกผสมชนิดใดบ้าง

- ก. คอสิดำทุกตัว
- ข. ตัวผู้คอสิดำ และตัวเมียคอสีเหลือง
- ค. ตัวผู้ตัวสีเหลืองและตัวเมียคอสิดำ
- ง. คอสีเหลืองทุกตัว

3. แมวมีโครโมโซมเพศและการกำหนดเพศคล้ายคน ยีน B และ B' เป็นยีนที่อยู่ในโครโมโซม X ของแมว B ทำให้แมวขนสีดำ B' ขนสีเหลือง แมวตัวเมียจีโนไทป์ BB' ขนลาย E เป็นยีนเด่นอยู่ในออโตโซมของแมว ทำให้แมวเป็นสีขาว ไม่ว่ายีนอื่นจะเป็นอย่างไรก็ตาม ถ้าพ่อแมวมียีนสีดำ แม่แมวจะต้องมีจีโนไทป์อย่างไร จึงจะทำให้ลูกแมวตัวเมียทุกตัวมีขนลายและตัวผู้ทุกตัวมีขนสีเหลือง

- ก. $EEBB'$
- ข. $EeB'B'$
- ค. $eeBB'$
- ง. $eeBB'$



4. สามีภรรยาลักษณะปกติ ให้กำเนิดคู่แฝดชายหญิงคู่หนึ่ง แผลดชายมีอาการตาบอดสีและธาลัสซีเมีย โอกาสที่แฝดหญิงจะเป็นธาลัสซีเมียร้อยละเท่าใด

- ก. ร้อยละ 0
- ข. ร้อยละ 25
- ค. ร้อยละ 50
- ง. ร้อยละ 80

5. ลักษณะสีโมฟิเลียควบคุมโดยยีนคอย (h) บนโครโมโซมเพศ ส่วนลักษณะถนัดขวาควบคุมโดยยีนเด่น (R) บนโครโมโซมร่างกายจากการแต่งงานระหว่างชายปกติถนัดซ้ายกับหญิงปกติถนัดขวา แต่มีบิดาถนัดซ้ายและเป็นโรคสีโมฟิเลียด้วย โอกาสที่บุตรเพศใดจะเป็นโรคสีโมฟิเลียและถนัดขวาอัตราส่วนเท่าใด

- ก. ชาย $1/8$
- ข. หญิง $1/8$
- ค. ชาย $1/4$
- ง. หญิง $1/4$

6. หญิงปกติมีพ่อตาบอดสี แม่มีอาการพร่องเอนไซม์ A ซึ่งควบคุมด้วยยีนค้อยบนโครโมโซม X หญิงคนนี้แต่งงานกับชายลักษณะปกติ โอกาสที่จะมีลูกชายตาบอดสีและพร่องเอนไซม์ร้อยละเท่าใด (ถ้าไม่มีการแลกเปลี่ยนระหว่างยีนทั้งคู่)

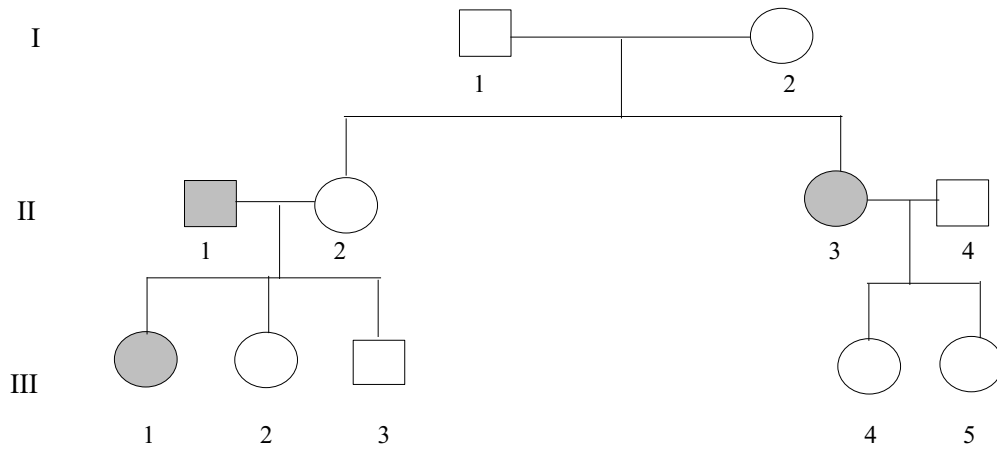
- ก. ร้อยละ 0
- ข. ร้อยละ 25
- ค. ร้อยละ 40
- ง. ร้อยละ 50

7. สามี ภรรยา ทั้งคู่มีตาปกติสีน้ำตาล มีลูกชายคนแรกตาบอดสีสีฟ้าจโนไทป์ของสามีภรรยาคู่นี้แสดงในข้อใด

- ก. $BbX^C X^c \times BbX^C y$
- ข. $BbX^C X^C \times BbX^C y$
- ค. $BBX^C X^c \times BbX^C y$
- ง. $BbX^C X^c \times BBX^C y$



8. บุคคลใดจากภาพมีโอกาสเป็น homozygous และ heterozygous ตามลำดับ



- ก. I – 1, I – 2
 ข. II – 1, II – 2
 ค. III – 2, III – 3
 ง. III – 4, III – 5

9. พ่อแม่คู่นี้มีลูกสาวและลูกชายตาปกติ ต่อมาลูกสาวไปแต่งงานกับชายคนหนึ่งมีลูกชายสองคน คนหนึ่งตาบอดสี อีกคนหนึ่งตาปกติ จีโนไทป์ของสามีภรรยาคู่นี้ น่าจะเป็นแบบใด (C = ตาปกติ c = ตาบอดสี)

- ก. $X^C Y$ $X^C X^C$
 ข. $X^C Y$ $X^C X^c$
 ค. $X^c Y$ $X^C X^c$
 ง. $X^C Y$ $X^C X^C$

10. ครอบครัวหนึ่งมีบุตร 4 คน เป็นชาย 2 หญิง 2 แต่มีบุตรชายคนหนึ่งมีอาการแพ้ยาและอาหารบางชนิด จีโนไทป์ของพ่อและแม่ควรเป็นอย่างไร

- ก. $X^S Y$ $X^S X^S$
 ข. $X^G Y$ $X^G X^G$
 ค. $X^S Y$ $X^G X^S$
 ง. $X^G Y$ $X^G X^S$





บรรณานุกรม

จิรัชย์ เจนพาณิชย์. **ชีววิทยาสำหรับนักเรียนมัธยมปลาย**. พิมพ์ครั้งที่ 17. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ประสงค์ หล้าสะอาด และจิตเกษม หล้าสะอาด. **ชีววิทยา ม.4-6 เล่ม 4**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท
สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา จำกัด, 2555.

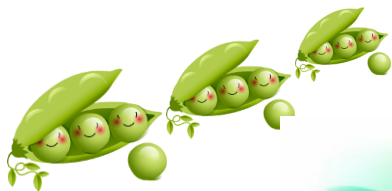
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. กระทรวงศึกษาธิการ. **หนังสือเรียนสาระ
การเรียนรู้วิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : องค์การค้ำของ สกสค.,
2561.



ภาคผนวก

เฉลย

- แบบทดสอบก่อนเรียน- หลังเรียน
- แนวตอบกิจกรรม



แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

ชุดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา
ชุดที่ 7 การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ

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



แนวตอบกิจกรรมที่ 7.1

1. การถ่ายทอดยีนบนออโตโซมจะมีปรากฏลักษณะในเพศชายและเพศหญิงได้เท่ากันหรือไม่

ตอบ การถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมจะปรากฏทั้งสองเพศได้เท่าๆ กัน

2. การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม X จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศหญิงและเพศชายหรือไม่อย่างไร และถ้ายีนบนโครโมโซม X เป็นยีนด้อยหรือเป็นยีนเด่น จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศใดมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

ตอบ การถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซม X จะปรากฏลักษณะในเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่ง แล้วแต่ว่ายีนในโครโมโซม X เป็นยีนเด่นหรือยีนด้อย ถ้าเป็นยีนเด่นจะปรากฏลักษณะในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ถ้าเป็นยีนด้อยจะปรากฏลักษณะในเพศชายมากกว่าเพศหญิง

3. การถ่ายทอดยีนที่อยู่บนโครโมโซม X เป็นไปตามกฎของเมนเดลหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล เนื่องจากการถ่ายทอดยีนตามกฎของเมนเดลเป็นการถ่ายทอดยีนบนออโตโซมจะปรากฏลักษณะทั้งเพศชายและหญิงได้เท่าๆ กัน แต่การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม X จะปรากฏลักษณะในเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่ง

4. นักเรียนจะสรุปได้อย่างไรว่าลักษณะใดถูกควบคุมด้วยยีนเด่นหรือยีนด้อยบนโครโมโซม X

ตอบ ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่น จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ส่วนลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อย จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศชายมากกว่าเพศหญิง

5. ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม Y จะปรากฏลักษณะในลูกสาวได้หรือไม่

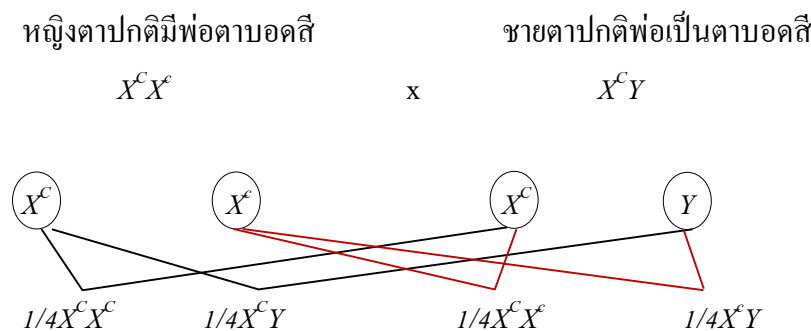
ตอบ ไม่ได้เพราะลูกสาวไม่มีโครโมโซม Y



แนวตอบกิจกรรมที่ 7.2

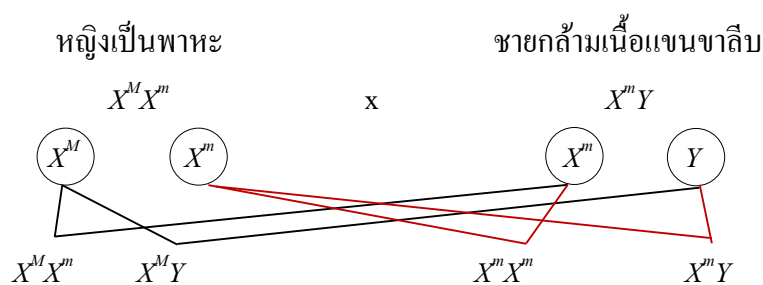
1. หญิงคนหนึ่งตาปกติมีพ่อเป็นโรคตาบอดสี แต่งงานกับชายตาปกติ ซึ่งมีพ่อเป็นโรคตาบอดสี จงหาร้อยละของลูกที่จะเป็นโรคตาบอดสี

ตอบ หญิงปกติแต่มีพ่อตาบอดสี หญิงคนนี้เป็นพาหะของโรคตาบอดสี โดยมีจีโนไทป์เป็น $X^C X^c$ โดยแอลลีล X^c ได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อซึ่งเป็นตาบอดสี ส่วนชายปกติมีพ่อตาบอดสีจะไม่รับการถ่ายทอดยีนตาบอดสีจากพ่อ จึงมีจีโนไทป์ $X^C Y$ ดังนั้นจะได้ลูกที่เป็นตาบอดสีร้อยละ 25 ดังนี้



2. โรคกล้ามเนื้อแขนขาเป็นลักษณะด้อยบนโครโมโซม X ถ้าชายเป็นโรคกล้ามเนื้อแขนขาแต่งงานกับหญิงที่เป็นพาหะ ลูกจะมีจีโนไทป์และฟีโนไทป์เป็นอย่างไร อัตราส่วนเท่าใด

ตอบ กำหนดให้ M แทนยีนควบคุมลักษณะปกติ m แทนยีนควบคุมโรคกล้ามเนื้อแขนขา



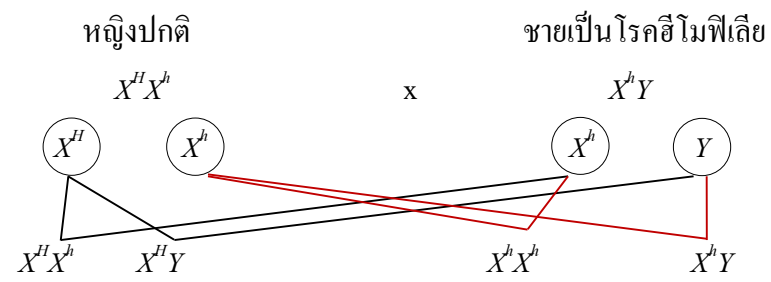
ลูกสาวปกติ ลูกชายปกติ ลูกสาวกล้ามเนื้อลีบ ลูกชายกล้ามเนื้อลีบ
 ดังนั้นจะได้ลูกที่มีลักษณะปกติ : ลักษณะกล้ามเนื้อลีบ ในอัตราส่วน 1 : 1 ทั้งเพศหญิงและชาย



3. โรคฮีโมฟีเลียควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X หญิงคนหนึ่งปกติแต่งงานกับชายที่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย มีลูกสาวคนหนึ่งเป็นโรคฮีโมฟีเลีย จงหา

3.1 จีโนไทป์ของหญิงชายคู่นี้

ตอบ จากข้อมูลที่ว่าเมื่อหญิงคนนี้แต่งงานกับชายเป็นฮีโมฟีเลีย ซึ่งมีจีโนไทป์ X^hY และมีลูกสาวคนหนึ่งเป็นฮีโมฟีเลีย แสดงว่าลูกสาวได้รับ X^h มาจากพ่อและแม่ ดังนั้นแม่จึงเป็นพาหะ มีจีโนไทป์เป็น $X^H X^h$



ดังนั้นจะได้ลูกที่ปกติ : ลูกที่เป็นฮีโมฟีเลีย ในอัตราส่วน 1 : 1 ทั้งเพศหญิงและชาย

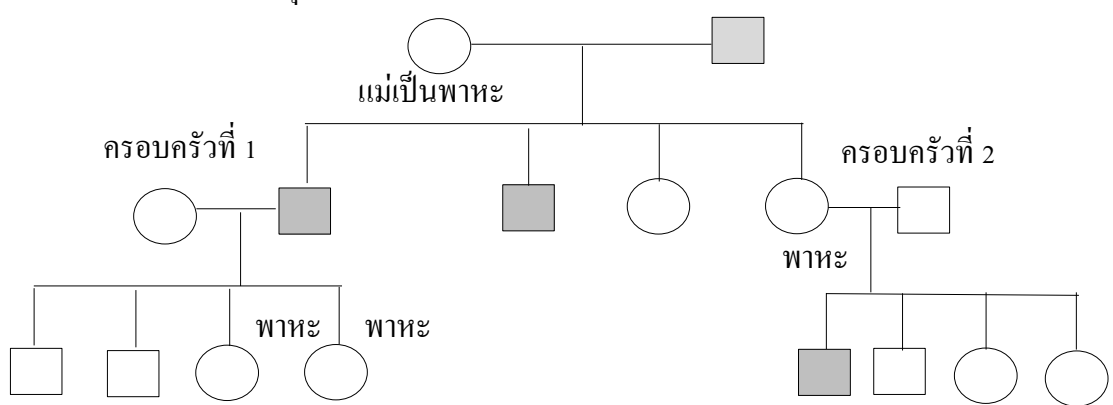
3.2 จีโนไทป์ของลูกชายและลูกสาวทุกคน

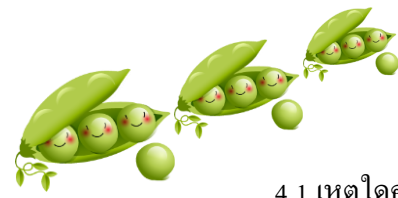
ตอบ จีโนไทป์ของลูกชายคือ $X^H Y$ และ $X^h Y$ ส่วนลูกสาวมีจีโนไทป์คือ $X^H X^h$ และ $X^h X^h$

3.3 ร้อยละของลูกสาวที่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย

ตอบ ร้อยละ 50

4. จากพันธุประวัติของครอบครัวหนึ่งที่มีประวัติเกี่ยวกับโรคฮีโมฟีเลีย กำหนดให้ H แทนยีนควบคุมลักษณะปกติ h แทนยีนควบคุมลักษณะฮีโมฟีเลีย





4.1 เหตุใดครอบครัวที่ 1 จึงมีลูกชายที่ไม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย

ตอบ ครอบครัวที่ 1 มีพ่อเป็นฮีโมฟีเลีย จึงจะถ่ายทอดยีนให้กับลูกสาวเท่านั้น ดังนั้นลูกชายจึงไม่เป็นโรคนี้

4.2 เหตุใดครอบครัวที่ 2 จึงมีลูกชายที่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย

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

4.3 ลูกสาวของครอบครัวใดที่เป็นพาหะทุกคน เพราะเหตุใด

ตอบ ลูกสาวของครอบครัวที่ 1 เป็นพาหะของโรคฮีโมฟีเลียทุกคน เพราะพ่อเป็นโรคนี้และถ่ายทอดยีน X^h ให้กับลูกสาวทุกคน

5. ลักษณะตาบอดสีส่วนใหญ่พบในเพศใด และลูกสาวจะมีโอกาสเป็นตาบอดสีเมื่อแม่มีจีโนไทป์เป็นอย่างไร

ตอบ ลักษณะตาบอดสีส่วนใหญ่พบในเพศชาย ลูกสาวจะมีโอกาสเป็นตาบอดสีเมื่อได้รับยีนตาบอดสีมาจากพ่อ ซึ่งมีจีโนไทป์เป็น $X^c Y$ และจากแม่ซึ่งอาจมีจีโนไทป์เป็น $X^C X^c$ หรือ $X^c X^c$