

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชาชีววิทยา	รหัสวิชา ว30241	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนสตรีศึกษา	ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....
เรื่อง การปฐมนิเทศนักเรียน		เวลา 1 ชั่วโมง
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....		ผู้สอน ปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์

1. เพื่อทำความรู้จักและสร้างความคุ้นเคยระหว่างครูกับนักเรียน
 2. เพื่อทำความเข้าใจกับนักเรียน เรื่องคะแนน เวลาเรียน ระเบียบปฏิบัติ และกติกาในการเรียนวิชาชีววิทยา
 3. เพื่อให้นักเรียนทราบข้อปฏิบัติ และข้อควรระวังในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน
 4. เพื่อให้นักเรียนมีเวลาในการเตรียมตัวล่วงหน้า และพร้อมที่จะเรียนเนื้อหาในชั่วโมงต่อไปเนื้อหา
- 1) หน่วย/เนื้อหาการเรียนรู้อชีววิทยา ว30241 ที่จะเรียนในภาคเรียนที่ 2 มี ดังนี้
- บทที่ 4 ยีนและโครโมโซม (14 ชั่วโมง) ซึ่งมีสาระการเรียนรู้ ดังนี้
 - 4.1 การถ่ายทอดยีนและโครโมโซม
 - 4.2 การค้นพบสารพันธุกรรม
 - 4.3 โครโมโซม
 - 4.4 องค์ประกอบทางเคมีของ DNA
 - 4.5 โครงสร้างของ DNA
 - 4.6 สมบัติของสารพันธุกรรม
 - 4.7 มิวเทชัน
 - บทที่ 5 การถ่ายทอดทางพันธุกรรม (19 ชั่วโมง) ซึ่งมีสาระการเรียนรู้ ดังนี้
 - 5.1 การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล
 - 5.2 ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก
 - 5.3 กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ
 - 5.4 การผสมเพื่อทดสอบ
 - 5.5 ลักษณะพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล
 - บทที่ 6 เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (12 ชั่วโมง) ซึ่งมีสาระการเรียนรู้ ดังนี้
 - 6.1 พันธุวิศวกรรม
 - 6.2 การโคลนนิ่ง
 - 6.3 การวิเคราะห์ DNA และการศึกษาจีโนม
 - 6.4 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของ DNA
 - 6.5 ความปลอดภัยของเทคโนโลยี DNA และมุมมองทางสังคมและจริยธรรม
 - บทที่ 7 วิวัฒนาการ (13 ชั่วโมง) ซึ่งมีสาระการเรียนรู้ ดังนี้
 - 7.1 หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
 - 7.2 แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
 - 7.3 พันธุศาสตร์ประชากร
 - 7.4 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล
 - 7.5 กำเนิดของสปีชีส์

2.) หลักเกณฑ์การวัดผลและการให้คะแนน มีดังนี้

1. คะแนนจากการประเมิน 5 รายการ 20 คะแนน (ประเมินก่อนกลางภาคและหลังกลางภาค ได้แก่ การสังเกต / การตั้งปัญหา / การออกแบบการทดลอง / การทดลอง / การวิเคราะห์ข้อมูลและการลงข้อสรุป) ในรูปโครงการวิทยาศาสตร์
 2. คะแนนคุณลักษณะที่พึงประสงค์ 10 คะแนน (มีระเบียบวินัย / มีความรับผิดชอบ / มีความตรงต่อเวลา / ใฝ่รู้ใฝ่เรียน / มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ /)
 3. คะแนนทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้/กลางภาค/ปลายภาค 70 คะแนน
- 3.) ข้อตกลงเกี่ยวกับหลักการ ข้อปฏิบัติและกฎระเบียบในการเรียนการสอนในห้องเรียน
1. นักเรียนต้องเข้าเรียนไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาเรียนทั้งหมด
 2. ไม่หยอกล้อ พูดคุยเสียงดัง หรือส่งเสียงรบกวน ในเวลาเรียน
 3. นักเรียนต้องเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลา
 4. หากมีความจำเป็นต้องออกจากห้อง ต้องขออนุญาตครูผู้สอนก่อนทุกครั้ง
 5. ไม่นำอาหารมารับประทานในห้องเรียนขณะครูสอน
 6. หากมีข้อสงสัยขณะเรียน ให้สอบถามครูได้ทันที
- 4) ข้อตกลงในการปฏิบัติการทดลอง
1. ก่อนทำการทดลองต้องฟังคำชี้แจงให้เข้าใจอย่างถ่องแท้
 2. ทำการทดลองตามที่กำหนดเท่านั้น
 3. ไม่นำอุปกรณ์ในการทดลองมาใช้ด้วยจุดประสงค์อื่นใดนอกเหนือจากการทดลอง
 4. ก่อนใช้อุปกรณ์การทดลองต้องได้รับอนุญาตจากครูผู้สอน
 5. ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ด้วยความระมัดระวัง
 6. ห้ามนำอุปกรณ์การทดลองออกจากห้องปฏิบัติการ
 7. ไม่หยอกล้อกันหรือแสดงพฤติกรรมอื่นใดที่นอกเหนือจากการทดลอง
 8. ไม่นำอาหารมารับประทานในห้องปฏิบัติการ
 9. ต้องปฏิบัติตามข้อบังคับเรื่องความปลอดภัยในการทดลองต่างๆ อย่างเคร่งครัด

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นนำ

1. ครูกล่าวสวัสดีนักเรียน และแนะนำตัวเอง โดยบอกชื่อ นามสกุล พร้อมทั้งเขียนบนกระดาน
2. บอกภูมิลำเนา และสถาบันที่จบการศึกษา
3. สุ่มสอบถามนักเรียนว่าช่วงปิดภาคเรียนที่ผ่านมา ไปทำอะไรบ้างและนำเข้าสู่เรื่องที่จะเรียน

ขั้นสอน

1. ครูบอกเนื้อหา และสาระการเรียนรู้ ที่จะเรียนในภาคเรียนที่ 2 จำนวน 4 เรื่อง คือ ยีนและโครโมโซม, การถ่ายทอดทางพันธุกรรม, เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอและวิวัฒนาการ
ครูแจ้งผลการเรียนรู้และอภิปรายถึงเนื้อหา ที่จะเรียนร่วมกัน
2. ครูและนักเรียนตกลงหลักเกณฑ์การวัดผลและการให้คะแนนในส่วนต่างๆร่วมกัน โดยเขียนบนกระดานจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน เป็นดังนี้
 1. คะแนนจากการประเมิน 5 รายการ 20 คะแนน (ประเมินก่อนกลางภาคและหลังกลางภาค ได้แก่ การสังเกต / การตั้งปัญหา / การออกแบบการทดลอง / การทดลอง / การวิเคราะห์ข้อมูลและการลงข้อสรุป) ในรูปโครงการวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะกำหนดต่อไป
 2. คะแนนคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 10 คะแนน (มีระเบียบวินัย / มีความรับผิดชอบ / มีความตรงต่อเวลา / ใฝ่รู้ใฝ่เรียน / มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ /)

ผิดชอบ / มีความตรงต่อเวลา / ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน / มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์)

3. คะแนนทดสอบท้ายบท/กลางภาค/ปลายภาค 70 คะแนน
3. ข้อตกลงเกี่ยวกับหลักการ ข้อปฏิบัติและกฎระเบียบในการเรียนการสอนในห้องเรียน ดังนี้
 1. นักเรียนต้องเข้าเรียนไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาเรียนทั้งหมด
 2. ไม่หยอกล้อ พูดคุยเสียงดัง หรือส่งเสียงรบกวนเพื่อนนักเรียน ในเวลาเรียน
 3. นักเรียนต้องเข้าเรียนให้ตรงเวลา
 4. หากมีความจำเป็นต้องออกจากห้องเรียน ต้องขออนุญาตครูผู้สอนก่อนทุกครั้ง
 5. ไม่นำอาหารมารับประทานในห้องเรียนขณะครูสอน
 6. หากมีข้อสงสัยขณะเรียน ให้สอบถามครูได้ทันที
 7. ข้อตกลงอื่นๆ โดยตกลงกับนักเรียน ดังนี้
 - นักเรียนทุกคนต้องมีสมุดเพื่อจดบันทึกและทำแบบฝึกหัด คนละ 1 เล่ม
4. ข้อตกลงในการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งในภาคเรียนนี้จะมีการทำการทดลองด้วยนั้น ดังนี้
 1. ก่อนทำการทดลองต้องฟังคำชี้แจงให้เข้าใจอย่างถ่องแท้
 2. ทำการทดลองตามที่กำหนดเท่านั้น
 3. ไม่นำอุปกรณ์ในการทดลองมาใช้ด้วยจุดประสงค์อื่นใดนอกเหนือจากการทดลอง
 4. ก่อนใช้อุปกรณ์การทดลองต้องได้รับอนุญาตจากครูผู้สอน
 5. ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ด้วยความระมัดระวัง
 6. ห้ามนำอุปกรณ์การทดลองออกจากห้องปฏิบัติการ
 7. ไม่หยอกล้อกันหรือแสดงพฤติกรรมอื่นใดที่นอกเหนือจากการทดลอง
 8. ไม่นำอาหารมารับประทานในห้องปฏิบัติการ
 9. ต้องปฏิบัติตามข้อบังคับเรื่องความปลอดภัยในการทดลองต่างๆ อย่างเคร่งครัด
5. ครูบอกห้องพักครู และโต๊ะที่ครูนั่ง เพื่อให้ให้นักเรียนที่มีข้อสงสัย หรือรับส่งแบบฝึกหัด สามารถติดต่อได้ถูกต้อง (ห้องวิทยาศาสตร์)
6. ครูแจกแบบแนะนำตนเอง ให้นักเรียนได้กรอกข้อมูลเพื่อแนะนำตนเองให้ครูรู้จัก โดยใช้เวลาประมาณ 10 นาที ระหว่างที่นักเรียนกรอกข้อมูลครูเดินดูเพื่อให้คำแนะนำ จากนั้นครูสุ่มนักเรียนเพื่อทำความรู้จักประมาณ 5 คน

ขั้นสรุป

1. ครูถามนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องที่ครูกล่าวมาข้างต้น ว่ามีอะไรบ้างมีรายละเอียดที่สำคัญอย่างไร (เรื่องที่จะเรียน,หลักเกณฑ์การให้คะแนน , กฎระเบียบ ข้อตกลง ข้อควรปฏิบัติ กติกาในการเรียนการสอน การทดลองโดยมีรายละเอียดที่สำคัญตามที่กล่าวไว้ข้างต้น)
2. ครูถามนักเรียนว่าห้องพักครูอยู่ที่ไหน (ห้องวิทยาศาสตร์)
3. ครูซักถามนักเรียนว่ามีข้อสงสัยอะไรอีกหรือไม่ (มี/ไม่มี)
4. ครูบอกให้นักเรียนศึกษาเรื่องที่จะเรียนในชั่วโมงต่อไปล่วงหน้า (เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล)

สื่อการเรียนการสอน

1. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายวิชาชีววิทยา ว30241
2. แบบฟอร์มแนะนำตนเองของนักเรียน
3. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 2 ของ สสวท.

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม/ทักษะวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้ ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด.....

จำนวน ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียน
ร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่า มีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้
ในระดับดีขึ้น

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาาสตร์ พบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนด
ไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....
.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

ตำแหน่ง ครู คศ.3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินชุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชาชีววิทยา 2

รหัสวิชา ว30241

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนสตรีศึกษา

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....

สาระที่ 1 บทที่ 4

เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม

เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมิวเทชัน(ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปฐมภรณ์ นทีศิริกุล

สาระสำคัญ (บทที่ 4 ยีนและโครโมโซม)

มีทฤษฎียืนยันว่ายีนน่าจะอยู่ที่โครโมโซม โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนคงที่ โครโมโซมประกอบด้วยโปรตีนและ DNA ส่วนของ DNA ที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของ สิ่งมีชีวิตเรียกว่า ยีน DNA ทั้งหมดที่อยู่ในสิ่งมีชีวิต เรียกว่า จีโนม DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายบิดเป็นเกลียว แต่ละสายเกิดจากนิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นสายยาว นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย ไนโตรจีนัสเบส น้ำตาลไรโบส และหมู่ฟอสเฟต DNA แต่ละโมเลกุลแตกต่างกันที่จำนวนของ นิวคลีโอไทด์และลำดับของนิวคลีโอไทด์ DNA เป็นสารพันธุกรรม สามารถจำลองตัวเองขึ้นได้ใหม่ โดยมีโครงสร้างทางเคมีเหมือนเดิม และยังคงควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน โดยการสร้าง mRNA กำหนดรหัสพันธุกรรมบน mRNA เพื่อกำหนดลำดับของกรดอะมิโนในโมเลกุลของโปรตีน โปรตีน เกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะทางพันธุกรรมและการดำรงชีวิต สิ่งแวดล้อมและสารเคมีมีผลให้ โครงสร้างของ DNA เปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า มิวเทชัน มิวเทชันที่เกิดกับเซลล์สืบพันธุ์สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ จึงอาจเกิดลักษณะใหม่ในสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อไป

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับโครโมโซม โครงสร้าง หน้าที่และสมบัติของสารพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม
2. ระบุหลักฐานที่ยืนยันได้ว่ายีนน่าจะอยู่บนโครโมโซม
3. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปรายและสรุปผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การค้นพบสารพันธุกรรม
4. สรุปได้ว่าส่วนของ DNA ที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม เรียกว่า ยีน และ DNA อยู่ที่โครโมโซม

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 1 และ 2)

- การถ่ายทอดยีนและโครโมโซม
- การค้นพบสารพันธุกรรม

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูให้นักเรียนศึกษาภาพหน้า แล้วตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปราย ดังนี้
 - พ่อแม่ถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมไปยังรุ่นลูกหลานได้อย่างไร
 - DNA ทำงานอย่างไร

2. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยนำความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับ DNA ที่นักเรียนเคยศึกษามาบ้างแล้ว ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ครูชี้แจงว่าความคิดเห็นของนักเรียนถูกต้องหรือไม่ จะได้สืบค้นในการเรียนวันนี้

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับการปฏิสนธิระหว่างสเปิร์มและเซลล์ไข่ได้เป็นไซโกต และเจริญไปเป็นเอ็มบริโอ เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงไปสู่การถ่ายทอดยีนของพ่อแม่ไปสู่ลูก

2. ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่า “ยีนจากพ่อแม่ถ่ายทอดไปยังลูกได้อย่างไร” จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นการค้นพบของนักวิทยาศาสตร์ที่พบสีย้อมโครโมโซม นำไปสู่การค้นพบว่าโครโมโซมอยู่ในนิวเคลียสซึ่งมีส่วนสำคัญที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มีการแบ่งเซลล์

3. จากการสืบค้นและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่า ยีนซึ่งเป็นหน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมจากพ่อแม่สามารถถ่ายทอดไปยังลูกได้ โดยผ่านทางโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อแม่ จากการที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส จะเห็นโครโมโซมชัดเจนมากในระยะเมทาเฟส และเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์ตั้งต้น ส่วนเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มีจำนวนโครโมโซมลดลงเป็นครึ่งหนึ่งจากเซลล์ตั้งต้น เซลล์นี้จะเป็นเซลล์สืบพันธุ์ตัวภาพที่ 16-1

4. ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การอภิปราย ดังนี้ “นักเรียนคิดว่ามีหลักฐานอะไรที่จะยืนยันได้ว่า ยีนน่าจะอยู่บนโครโมโซม” จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นเพื่อนำไปสู่การอภิปรายถึงความสอดคล้องกันของยีนและโครโมโซมเกี่ยวกับจำนวนชุดของยีนและชุดของโครโมโซม การเข้าคู่กันและการแยกกันของยีน และโครโมโซมไปสู่เซลล์สืบพันธุ์ จากการวิเคราะห์นักเรียนควรสรุปได้ว่ายีนน่าจะอยู่มีโครโมโซม ซึ่งจะสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลาน

5. ครูนำเข้าสู่การเรียนรู้เรื่อง “การค้นพบสารพันธุกรรม” โดยทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนว่ายีน คือหน่วยที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมจากนั้นให้นักเรียนตั้งคำถามที่นักเรียนอยากทราบเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลคำถามอาจเป็นดังนี้

- ยีน DNA โครโมโซมและลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตมีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร
- การค้นพบ DNA มีมาอย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลการค้นพบสารพันธุกรรมจากหนังสือเรียน จากการสืบค้นนักเรียนควรวิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

- เอฟ มิเชอร์ พบว่าในนิวเคลียสมีสารที่มีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ
- ฟอยล์เกน พบว่า DNA อยู่ที่โครโมโซม

- เอฟ กริฟฟิท พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคที่ทำให้ตายด้วยความร้อน มีสารบางอย่างที่ไปทำให้แบคทีเรียสายพันธุ์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค เป็นสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคได้และสามารถถ่ายทอดลักษณะนี้ไปสู่ลูกหลาน

- โอ ที แอเวอร์รี่ และคณะ แสดงให้เห็นว่า DNA เป็นสารที่สามารถเปลี่ยนพันธุกรรมของแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S จึงสรุปว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม

6. ครูขยายความรู้เพิ่มเติมว่า การที่แอเวอร์รี่ทดลองโดยใช้เอนไซม์ต่าง ๆ ได้แก่ RNase DNase และโปรตีเอส ลงไปรวมกับสารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ก็เพื่อให้แน่ใจว่า เมื่อ DNA ถูกย่อยสลายโดย DNase ก็จะไม่มีการเปลี่ยนแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S ได้ ส่วนหลอดอื่น ๆ DNA ไม่ถูกย่อยสลาย ก็จะมีแบคทีเรียสายพันธุ์ S อีกอย่างหนึ่งก็คือเนื่องมาจากว่าโครโมโซมประกอบด้วย DNA และโปรตีน มีนักวิทยาศาสตร์บางคนเข้าใจว่าสารพันธุกรรมอาจเป็นโปรตีนแทนที่จะเป็น DNA ดังนั้น การทดลองของแอเวอร์รี่ที่

เติมเอนไซม์โปรตีเอส เมื่อย่อยสลายโปรตีน ก็พบว่ามีแบคทีเรียสายพันธุ์ S เกิดขึ้น ซึ่งยืนยันว่าสารพันธุกรรมก็คือ DNA ไม่ใช่โปรตีนอย่างที่เคย์เข้าใจ

7. ครูนำอภิปรายว่า คำถามจากการทดลองของ เอฟ กริฟฟิท มีแนวการตอบดังนี้

- นักเรียนจะอธิบายผลการทดลองนี้ได้ได้อย่างไร (สารบางอย่างจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนสามารถเข้าไปในแบคทีเรียสายพันธุ์ R และทำให้แบคทีเรียสายพันธุ์ R เปลี่ยนเป็นสายพันธุ์ S ได้)

8. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง การถ่ายทอดยีนและโครโมโซม / การค้นพบสารพันธุกรรม ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้

2. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง โครโมโซม ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไป
มาล่วงหน้า

สื่อการเรียนการสอน

- หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 4 ของ สสวท.
- ใบความรู้ที่ 8 เรื่อง การถ่ายทอดยีนและโครโมโซม
- ใบความรู้ที่ 9 เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม
- แบบฝึกหัด เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม/ทักษะวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

ลงชื่อ

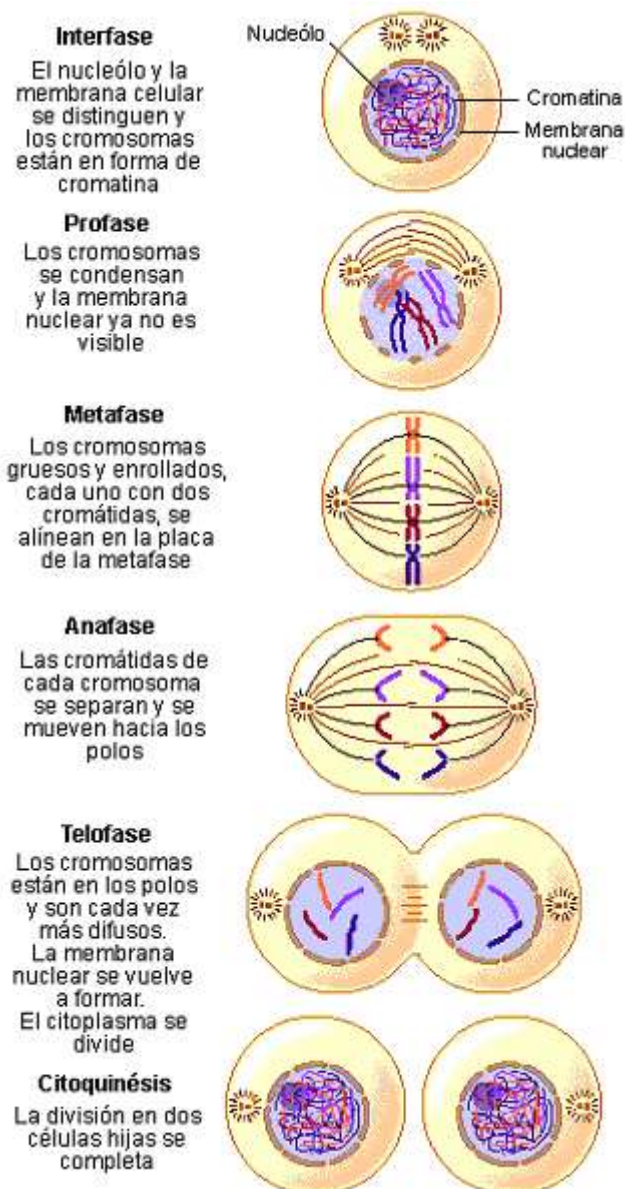
(นายจักราช หินชุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

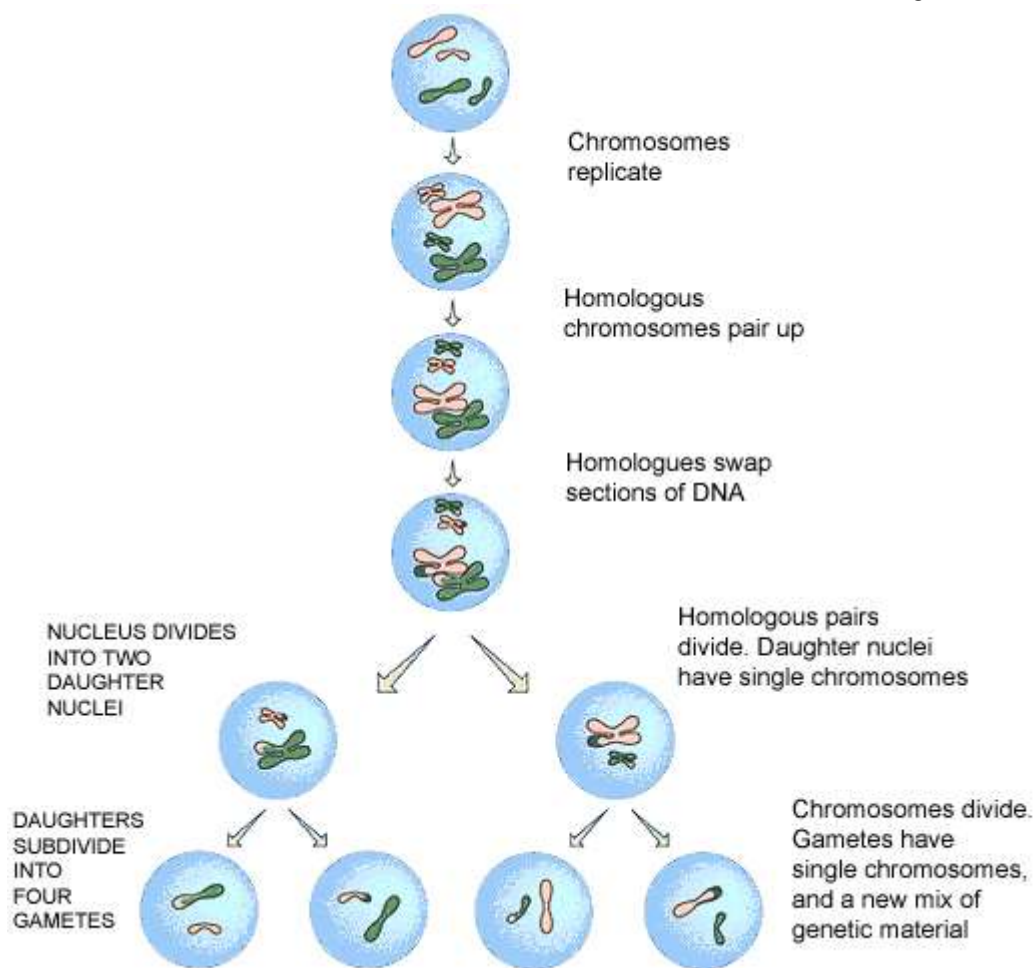
วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม

สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่แต่ละชนิดประกอบขึ้นด้วยเพศที่แตกต่างกัน คือ เพศผู้และเพศเมีย ลูกที่เกิดขึ้นจะพัฒนา มาจากเซลล์เพศผู้ คือ สเปิร์ม และเซลล์เพศเมีย คือ เซลล์ไข่ มารวมตัวกันเป็นไซโกต โดยกระบวนการสืบพันธุ์ ดังนั้น ยีนจากพ่อและแม่จะมีการส่งถ่ายสู่ลูกด้วยกระบวนการดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งข้อสังเกตนี้มา ใน ศตวรรษที่ 17 นับตั้งแต่มีการ สังเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์เห็นการรวมตัวกันของสเปิร์มและเซลล์ไข่ ของกบและหอย เม่น ต่อมาเมื่อมีการค้นพบสีย้อมนิวเคลียส ในปี พ.ศ. 2423 จึงพบว่าในนิวเคลียสมีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นเส้น เรียกว่า โครโมโซม สีย้อมดังกล่าวทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มีการ แบ่งเซลล์ และทำให้รู้จัก การแบ่งเซลล์ใน 2 ลักษณะ คือ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) ซึ่งพบว่า กระบวนการนี้เซลล์ลูกที่เกิดขึ้นจะมีโครโมโซมเหมือนกันทั้งหมด ดังรูปที่ 1-1 และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis) ที่มีผลทำให้เซลล์ลูกที่เกิดขึ้นจะมีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์เริ่มต้น (haploid cell) ดังภาพ ที่ 1



ภาพที่ 1 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
(ที่มา : <http://www.ba-education.demon.co.uk/dna/mitosis.jpg>)



ภาพที่ 2 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
(ที่มา : <http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/img/bimeiosis.gif>)

ในปี พ.ศ. 2445 วอลเตอร์ ซัตตัน (Walter Sutton) เป็นบุคคลแรกที่เสนอ ทฤษฎีโครโมโซม ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (chromosome theory of inheritance) โดยเสนอว่า สิ่งที่เราเรียกว่าแฟกเตอร์จากข้อเสนอของเมนเดลซึ่งต่อมาเรียกว่า ยีน นั้นน่าจะอยู่บนโครโมโซม เพราะมีเหตุการณ์หลายอย่างที่ยีนและโครโมโซมมีความสอดคล้องกัน ดังนี้

1. ยีนมี 2 ชุด และโครโมโซมก็มี 2 ชุด
2. ยีนและโครโมโซมสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลาน
3. ขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครโมโซมมีการเข้าคู่กัน และต่างแยกจากกันไปยังเซลล์ลูกที่เกิดขึ้นคนละเซลล์ ซึ่งลักษณะเดียวกันนี้ก็เกิดขึ้นได้กับยีน โดยมีการแยกตัวของแอลลีลทั้งสองไปยังเซลล์สืบพันธุ์
4. การแยกตัวของโครโมโซมที่เป็นคู่กันไปยังขั้วเซลล์ขณะที่มีการแบ่งเซลล์ แต่ละคู่กันดำเนินไปอย่างอิสระ เช่นเดียวกับกันแยกตัวของแอลลีลไปยังเซลล์สืบพันธุ์
5. ขณะที่เกิดการสืบพันธุ์ การรวมตัวกันของเซลล์ไข่และสเปิร์มเกิดเป็นไซโกตเป็นไปอย่างสุ่ม ทำให้การรวมตัวกันระหว่างชุดโครโมโซมจากเซลล์ไข่และสเปิร์มเป็นไปอย่างสุ่มด้วย ซึ่งเหมือนกับการที่ชุดของแอลลีลในเซลล์สืบพันธุ์ของแม่ เมื่อมีการสืบพันธุ์ก็เป็นไปอย่างสุ่มเช่นกัน

6. ทุกเซลล์ที่พัฒนามาจากไซโกตจะมีโครโมโซมครึ่งหนึ่งจากแม่และอีกครึ่งหนึ่งจากพ่อ ซึ่งยีนครึ่งหนึ่งก็มาจากแม่และอีกครึ่งหนึ่งก็มาจากพ่อ ทำให้ลูกที่เกิดมาจึงมีลักษณะแปรผันไปจากพ่อและแม่

ข้อสรุป จากประเด็นคำถาม "ยีนจากพ่อแม่สามารถถ่ายทอดไปยังลูกได้อย่างไร"

ผลการสืบค้นข้อมูล สรุปได้ว่า

1. ยีนเป็นหน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม สามารถถ่ายทอดจากพ่อแม่ได้ โดยผ่านทางโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อแม่

2. จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มี การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิสจะเห็นโครโมโซมชัดเจนมากในระยะเมทาเฟส และเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์ตั้งต้น ส่วนเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มีจำนวนโครโมโซมลดลง

จากข้อสรุปดังกล่าวให้นักเรียนพิจารณาและหาคำตอบจากปัญหาเพิ่มเติมต่อไปนี้ว่า

“ยีนและโครโมโซม เกี่ยวกับจำนวนชุดของยีนและชุดของโครโมโซม การเข้าคู่กันและการแยกกันของยีนและโครโมโซม ไปสู่เซลล์สืบพันธุ์ มีความสัมพันธ์สอดคล้องกันอย่างไร”

จากปัญหา **“ยีนและโครโมโซม เกี่ยวกับจำนวนชุดของยีนและชุดของโครโมโซม การเข้าคู่กันและการแยกกันของยีนและโครโมโซม ไปสู่เซลล์สืบพันธุ์ มีความสัมพันธ์สอดคล้องกันอย่างไร”**

ข้อสรุปจากปัญหาดังกล่าว สรุปได้ว่า

1. ยีนน่าจะอยู่ที่โครโมโซม ซึ่งสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลาน

2. จากหลักฐานความรู้เรื่องการแบ่งเซลล์ สามารถอธิบายความสัมพันธ์กันระหว่างยีนและโครโมโซมดังนี้คือ

2.1 ยีนและโครโมโซม มี 2 ชุด เหมือนกัน

2.2 ยีนและโครโมโซมสามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้

2.3 ขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครโมโซมที่มีการเข้าคู่กัน และแยกออกจากกัน

ไปยังเซลล์ลูกคนละเซลล์ ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวก็เกิดขึ้นในยีน โดยมีการแยกตัวของแอลลีลทั้งสองไปยังเซลล์สืบพันธุ์

2.4 การแยกตัวของโครโมโซมที่อยู่เป็นคู่กันไปยังขั้วของเซลล์ขณะที่มีการแบ่งเซลล์ แต่ละคู่กันเกิดขึ้นอย่างอิสระ เช่นเดียวกับการแยกตัวของแอลลีลไปยังเซลล์สืบพันธุ์

2.5 ขณะเกิดการสืบพันธุ์ การรวมตัวของเซลล์ไข่ และสเปิร์ม เกิดเป็นไซโกตเป็นไปอย่างสุ่ม ทำให้เกิดการรวมกันระหว่างชุดโครโมโซมจากเซลล์ไข่ และสเปิร์ม เป็นไปอย่างสุ่ม ซึ่งเหมือนกับการที่ชุดของแอลลีลที่เกิดขึ้นในเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อกลับมารวมกันอีกครั้งกับแอลลีลในเซลล์สืบพันธุ์ของแม่ เมื่อมีการสืบพันธุ์ก็เป็นไปอย่างสุ่มเช่นเดียวกัน

2.6 ทุกเซลล์ที่พัฒนามาจากไซโกตจะมีโครโมโซมครึ่งหนึ่งจากแม่และอีกครึ่งหนึ่งจากพ่อ ซึ่งยีนครึ่งหนึ่งมาจากแม่และอีกครึ่งหนึ่งมาจากพ่อ ทำให้ลูกที่เกิดมาจึงมีลักษณะแปรผันไปจากพ่อและแม่

ใบความรู้ที่ 2

การค้นพบสารพันธุกรรม

การค้นพบสารพันธุกรรม

จากประเด็นคำถามที่ว่า “ยีน DNA โครโมโซม และลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตมีความเกี่ยวข้องกันอย่างไรกับการค้นพบ DNA”



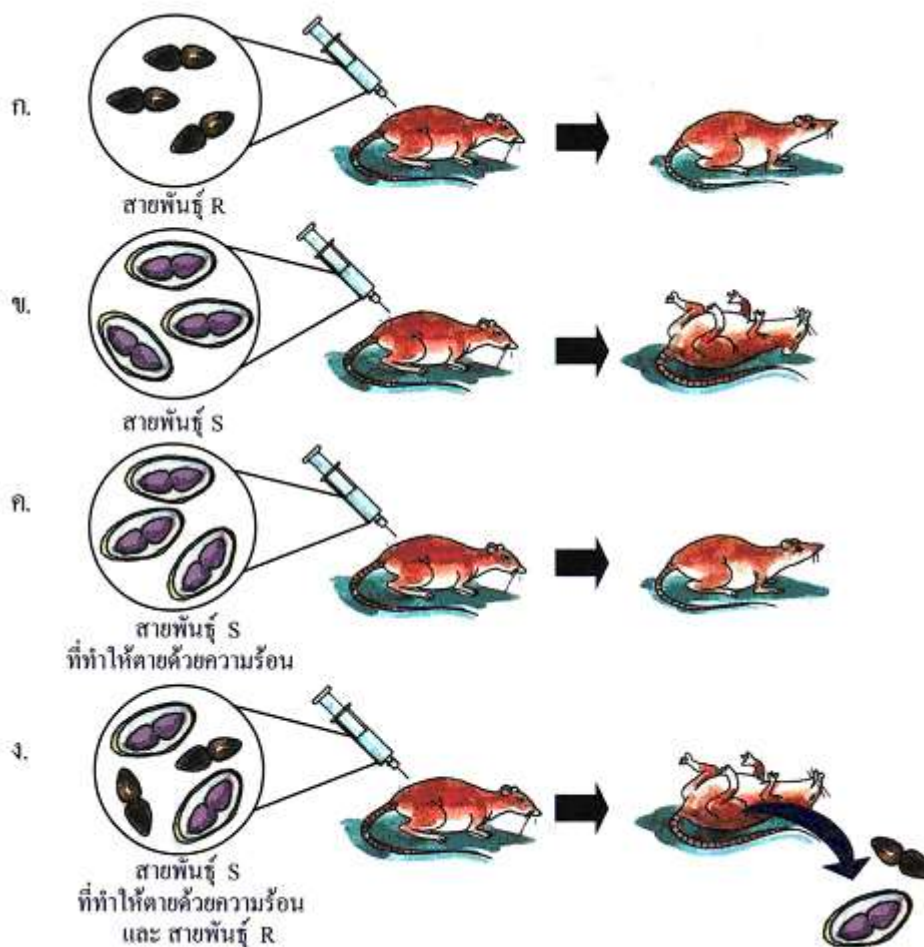
ภาพที่ 1 เอฟ มิเชอร์ (F. Miescher)

ในปี พ.ศ. 2412 เอฟ มิเชอร์ (F. Miescher) นักชีวเคมีชาวสวิสได้ศึกษาส่วนประกอบในนิวเคลียสของเซลล์เม็ดเลือดขาวที่ติดมากับผ้าพันแผล โดยนำมาย่อยเอาโปรตีนออกด้วยเอนไซม์เปปซิน พบว่าเอนไซม์นี้ไม่สามารถย่อยสลายสารชนิดหนึ่งที่อยู๋ภายในนิวเคลียสได้ เมื่อนำสารนี้มาวิเคราะห์ทางเคมีก็พบว่า มีธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ จึงเรียกสารที่สกัดได้จากนิวเคลียสว่า นิวคลีอิน (nuclein) ต่อมาอีก 20 ปี ได้มีการเปลี่ยนชื่อใหม่ว่า กรดนิวคลีอิก เนื่องจากมีผู้ค้นพบว่าสารนี้มีสมบัติเป็นกรด

เมื่อมีการพัฒนาสีฟุคซิน (fuchsin) ในปี พ.ศ. 2457 โดย อาร์ ฟอยล์แกน (R. Feulgen) นักเคมีชาวเยอรมัน ซึ่งสีย้อมนี้ย้อมติด DNA ให้สีแดง และเมื่อนำไปย้อมเซลล์ พบว่าติดที่นิวเคลียสและรวมตัวหนาแน่นที่โครโมโซม จึงสรุปว่า DNA อยู่ที่โครโมโซม จะเป็นไปได้หรือไม่ว่า DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ถ้า DNA เป็นสารพันธุกรรม DNA จะต้องควบคุมการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้ ดังนั้น โครโมโซม นอกจากจะมีโปรตีนแล้ว ยังมี DNA อีกด้วย

การค้นพบว่า DNA อยู่ที่โครโมโซม ทำให้นักวิทยาศาสตร์ เชื่อว่า DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ แต่ก็มีนักวิทยาศาสตร์จำนวนมากในสมัยนั้นเชื่อว่า สารพันธุกรรมน่าจะเป็นโปรตีน เนื่องจากโปรตีนเป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยกรดอะมิโน 20 ชนิด จึงน่าจะมีโปรตีนชนิดต่างๆ มากพอที่จะควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิตได้อย่างครบถ้วน

ในปี พ.ศ. 2471 เอฟ กริฟฟิท (F. Griffith) แพทย์ชาวอังกฤษทำการทดลองโดยฉีด แบคทีเรีย (*Streptococcus pneumoniae*) ที่ทำให้เกิดโรคปอดบวมเข้าไปในหนู แบคทีเรียที่ฉีดเข้าปอนี้มี 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ที่มีผิวหยาบ เพราะไม่มีสารห่อหุ้มเซลล์หรือ แคปซูล (capsule) ไม่ทำให้เกิดโรคปอดบวม เรียกว่าสายพันธุ์ R (rough) และสายพันธุ์ที่มีผิวเรียบ มีสารห่อหุ้มเซลล์ทำให้เกิดโรคปอดบวมรุนแรงถึงตาย เรียกว่าสายพันธุ์ S (smooth) ตามการทดลองดังภาพที่ 2

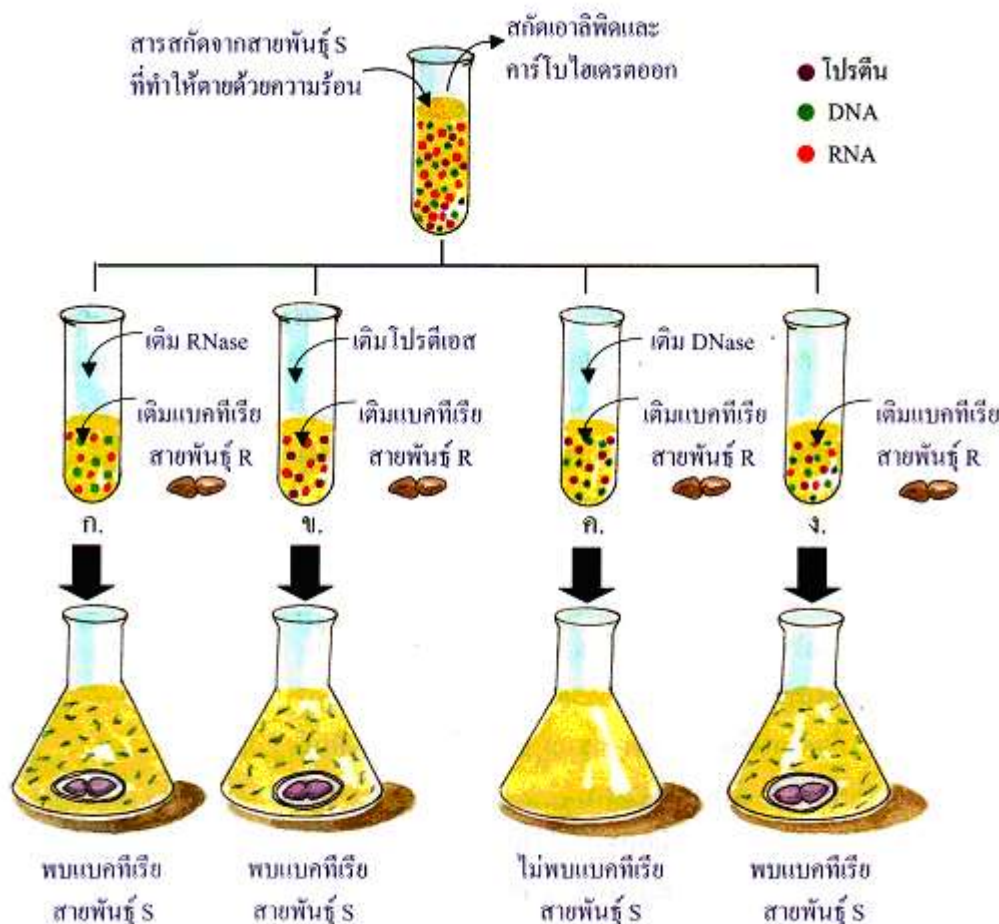


ภาพที่ 2 การทดลองของ เอฟ กริฟฟิท

กริฟฟิทนำแบคทีเรียสายพันธุ์ R ฉีดให้หนู พบว่าหนูไม่ตาย ดังภาพที่ 2 ก. ต่อมานำแบคทีเรียสายพันธุ์ S ฉีดให้หนูพบว่าหนูตาย ดังภาพที่ 2 ข. เมื่อนำแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน แล้วฉีดให้หนูพบว่าหนูไม่ตาย ดังภาพที่ 2 ค. แต่เมื่อนำแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนผสมกับสายพันธุ์ R ที่มีชีวิต ทั้งไว้ระยะหนึ่งแล้วฉีดให้หนูพบว่าหนูตาย เมื่อตรวจเลือดหนูที่ตาย ปรากฏว่ามีแบคทีเรียสายพันธุ์ S ปนอยู่กับสายพันธุ์ R ดังภาพที่ 2 ง.

สิ่งที่น่าสงสัยคือ เหตุใดเมื่อนำแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน ไปผสมกับสายพันธุ์ R ที่มีชีวิตแล้วฉีดให้หนูจึงทำให้หนูตาย กริฟฟิท ได้รายงานว่ามีสารบางอย่างจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนเข้าไปยังสายพันธุ์ R บางเซลล์และสามารถทำให้แบคทีเรียสายพันธุ์ R เปลี่ยนแปลงสายพันธุ์เป็นสายพันธุ์ S ที่มีชีวิต สายพันธุ์ S เหล่านี้ยังสามารถถ่ายทอดลักษณะไปสู่รุ่นลูกหลาน อย่างไรก็ตาม กริฟฟิท ก็ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าสารนั้นคืออะไร

ในปี พ.ศ. 2487 นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน 3 คน คือ โอ ที แอเวอรี่ (O.T. Avery) ซี แมคลอยด์ (C. MacLeod) และ เอ็ม แมคคาร์ที (M. McCarty) ทำการทดลองต่อจาก กริฟฟิท โดยนำแบคทีเรียสายพันธุ์ S มาทำให้ตายด้วยความร้อน แล้วสกัดเอาสารจากสายพันธุ์ S ออกมาใส่ในหลอดทดลอง 4 หลอด แล้วเติมเอนไซม์ RNase (ribonuclease) ในหลอดทดลอง ก. เพื่อย่อยสลาย RNA เติมเอนไซม์โปรตีเอส (protease) ลงในหลอดทดลอง ข. เพื่อย่อยสลาย โปรตีน และเติมเอนไซม์ DNase (deoxyribonuclease) ลงในหลอดทดลอง ค. เพื่อย่อยสลาย DNA ส่วนหลอด ง. เป็นการทดลองชุดควบคุม ซึ่งไม่มีการเติมเอนไซม์อื่นใดเพิ่มเติม ต่อกันนั้นเติมแบคทีเรียสายพันธุ์ R ลงในแต่ละหลอดทดลอง ดังการทดลองในภาพ 3 ปล่อยไว้ระยะเวลาหนึ่งจึงนำไปเพราะเลี้ยงในอาหารวุ้น แล้วตรวจสอบแบคทีเรียที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 3 การทดลองของแอเวอรี แมคลอยด์ และแมคคาร์ที

จากผลการทดลองของแอเวอรีและคณะ ปรากฏว่าส่วนผสมของแบคทีเรียสายพันธุ์ R กับสารสกัดจากสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน ในภาวะที่มีเอนไซม์ DNase จะไม่พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่เกิดขึ้นใหม่ ในขณะที่ส่วนผสมของแบคทีเรียสายพันธุ์ R กับสารสกัดสายพันธุ์ S ในภาวะที่มีเอนไซม์ RNase และภาวะที่มีเอนไซม์ โปรตีเอส จะพบสายพันธุ์ S เกิดขึ้น การทดลองนี้จึงแสดงให้เห็นว่า DNA คือสารที่เปลี่ยนพันธุกรรมของแบคทีเรียจากสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S แอเวอรีจึงสรุปว่า กรดนิวคลีอิกชนิด DNA เป็นสารพันธุกรรมไม่ใช่โปรตีนดังที่เคยเชื่อกันมาก่อนหน้านี้

นอกจากนี้ยังมีการทดลองอื่นๆ ตามมาที่ยืนยันตรงกันว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม ต่อมาได้มีการค้นพบว่า DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทั่วไปทั้ง คน สัตว์ พืช โฟติสต์ แบคทีเรีย ไวรัส และยังพบว่า RNA เป็นสารพันธุกรรมในไวรัสบางชนิด เช่น ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคใบด่างในใบยาสูบ ไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคโปลิโอ เอ็ดส์ ชาร์ส ใช้หวัดนก และโรคเมะเร็งบางชนิด เป็นต้น

ดังนั้นจึงถือได้ว่าผลการทดลองของกริฟฟิท แอเวอรีและคณะ เป็นจุดเริ่มต้นที่นำไปสู่ข้อสรุปที่สำคัญเป็นอย่างมากคือ ยีนหรือสารพันธุกรรมซึ่งทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะของสิ่งมีชีวิตไปสู่รุ่นต่อไปนั้น เป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่มีชื่อว่า DNA นั่นเอง และจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ในระยะต่อมาพบว่า DNA มีส่วนที่ควบคุม ลักษณะทางพันธุกรรมและส่วนที่ไม่ได้ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม DNA ส่วนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม เรียกว่า ยีน ดังนั้นหน่วยพันธุกรรมที่เมนเดลเรียกว่าแฟกเตอร์ ก็คือยีนซึ่งอยู่ที่โครโมโซมนั่นเอง

จากประเด็นคำถามที่ว่า “ยีน DNA โครโมโซม และลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตมีความเกี่ยวข้องกัน การค้นพบ DNA อย่างไร” และจากการสืบค้นข้อมูลของนักเรียน ควรสรุปได้ว่า

1. เอฟ มิเชอร์ พบว่า ในนิวเคลียสมีสารที่มีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ
2. ฟอยล์เกน พบว่า DNA อยู่ที่โครโมโซม

3. เอฟ กริฟฟิท พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคที่ทำให้ตายด้วยความร้อน มีสารบางอย่างที่ไปทำให้

แบคทีเรียสายพันธุ์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค เป็นสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคได้และสามารถถ่ายทอดลักษณะนี้ไปสู่ลูกหลาน

4. โอ ที แอเวอร์รี และคณะ แสดงให้เห็นว่า DNA เป็นสารที่สามารถเปลี่ยนพันธุกรรมของแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็น สายพันธุ์ S จากหลักฐานดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม

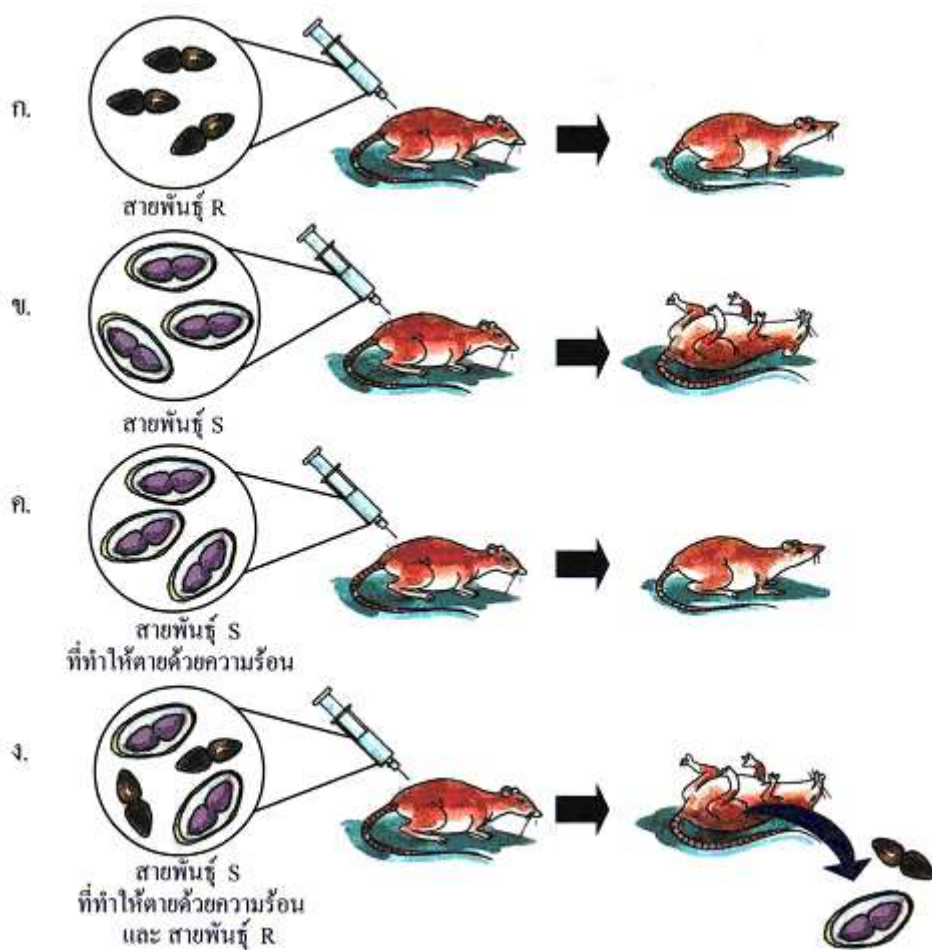
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

การที่แอเวอร์รีทดลองโดยใช้เอนไซม์ต่างๆ ได้แก่ RNase DNase และ โปรติเอส ลงไปรวมกับสารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ก็เพื่อให้แน่ใจว่า เมื่อ DNA ถูกย่อยสลายโดย DNase ก็จะไม่มีการเปลี่ยนแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S ได้ ส่วนหลอดอื่นๆ DNA ไม่ถูกย่อยสลาย ก็จะมีแบคทีเรียสายพันธุ์ S อีกอย่างหนึ่งก็คือเนื่องจากว่าโครโมโซมประกอบด้วย DNA และโปรตีน มีนักวิทยาศาสตร์บางคนเข้าใจว่าสารพันธุกรรมอาจเป็นโปรตีนแทนที่จะเป็น DNA ดังนั้นการทดลองของแอเวอร์รีที่เติมเอนไซม์โปรติเอส เมื่อย่อยสลายโปรตีนก็พบว่ามีแบคทีเรียสายพันธุ์ S เกิดขึ้น ซึ่งยืนยันว่าสารพันธุกรรมก็คือ DNA ไม่ใช่โปรตีนอย่างที่เคย์เข้าใจ

แบบฝึกหัด เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

ชื่อ - สกุล ชั้น เลขที่

1. จากภาพการทดลองต่อไปนี้



1.1 นักเรียนจะอธิบายผลการทดลองนี้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

1.2 ข้อสรุปผลการทดลองนี้คืออะไร

.....

.....

.....

เฉลยแบบฝึกหัด

เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

ข้อ 1

1.1 สารบางอย่างจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนสามารถเข้าไปอยู่ในแบคทีเรียสายพันธุ์ R และทำให้แบคทีเรียสายพันธุ์ R เปลี่ยนเป็นสายพันธุ์ S ได้

1.2 ข้อสรุปผลการทดลอง คือ DNA เป็นสารที่สามารถเปลี่ยนพันธุกรรมของแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S ซึ่งเป็นหลักฐานที่พิสูจน์ว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม

ข้อ 2. เหตุผลที่เติมเอนไซม์ RNase DNase และโปรตีเอส ลงรวมกับสารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S

1. เพื่อให้แน่ใจว่า เมื่อ DNA ถูกย่อยสลายโดย DNase ก็จะไม่ มี DNA ที่จะไปเปลี่ยนแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S ได้ ส่วนหลอดอื่น ๆ DNA ไม่ถูกย่อยสลายก็จะพบแบคทีเรียสายพันธุ์ S

2. เนื่องจากโครโมโซม ประกอบด้วย DNA และโปรตีน นักวิทยาศาสตร์บางคนเข้าใจว่าสารพันธุกรรมอาจเป็นโปรตีนแทนที่จะเป็น DNA ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเติมเอนไซม์โปรตีเอส เมื่อย่อยสลายโปรตีนก็พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ S เกิดขึ้น จึงเป็นการยืนยันว่าสารพันธุกรรม คือ DNA ไม่ใช่โปรตีนอย่างที่เคยเข้าใจ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชาชีววิทยา 2	รหัสวิชา ว30241	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนสตรีศึกษา	ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....
สาระที่ 1 บทที่ 4	เรื่อง โครโมโซม	เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมิวเทชัน(ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปฐมภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับโครโมโซม โครงสร้าง หน้าที่และสมบัติของสารพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายรูปร่าง ลักษณะของโครโมโซมในเซลล์ร่างกาย
2. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและสรุปเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน
3. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายส่วนประกอบของโครโมโซม

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 10)

- รูปร่างลักษณะและจำนวนโครโมโซม
- ส่วนประกอบของโครโมโซม

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

ครูทบทวนเรื่อง โครโมโซม โดยตั้งประเด็นให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ดังนี้

- จากการศึกษาการแบ่งเซลล์ นักเรียนจะเห็นโครโมโซมชัดเจนในการแบ่งเซลล์ระยะใด
- โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ น่าจะมีจำนวนเท่ากันหรือไม่

โดยเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้อภิปรายและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูให้นักเรียนศึกษาภาพนำบทและภาพที่ 16-5 รูปร่างของโครโมโซม แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยตั้งคำถามว่ารูปร่างลักษณะของโครโมโซมในภาพแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ใช้อะไรเป็นเกณฑ์ นักเรียนควรสรุปได้ว่า โครโมโซมมีขนาดต่างกัน และรูปร่างของโครโมโซมแตกต่างกันด้วย

2. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเรื่อง การใช้ตำแหน่งของเซนโทเมียร์ในการแบ่งรูปร่าง และลักษณะของโครโมโซม โครโมโซมบางแท่งมีตำแหน่งของเซนโทเมียร์อยู่ตรงกลางของโครโมโซม ทำให้แขน 2 ข้างของโครโมโซมยาวเท่ากัน บางแท่งเส้นเซนโทเมียร์ค่อนไปทางด้านใดด้านหนึ่งทำให้แขนด้านหนึ่งยาว อีกด้านหนึ่งสั้น บางแท่งตำแหน่งของเซนโทเมียร์อยู่ทางด้านปลายสุดของโครโมโซมด้านใดด้านหนึ่งทำให้มีแขนเพียงด้านเดียว

3. ครูให้นักเรียนศึกษาตารางที่ 16.1 จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีจำนวนโครโมโซมไม่เท่ากัน แต่สิ่งมีชีวิตบางชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน ตัวอย่างเช่น สุนัขและไก่มีจำนวนโครโมโซม 78 แท่งเท่ากัน ในพืช เช่น ถั่ว และแตงโมมีจำนวนโครโมโซม 22 แท่งเท่ากัน ครูใช้คำถามใน

หนังสือเรียน เพื่ออภิปรายขยายความรู้เพิ่มเติมให้นักเรียน ซึ่งคำถามท้ายตารางที่ 16.1 มีแนวการตอบคำถามดังนี้

- สิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากันจะมีโครโมโซมที่มีรูปร่างลักษณะเหมือนกันหรือไม่อย่างไร (น่าจะ
ไม่เหมือนกัน)

- นักเรียนคิดว่าจำนวนโครโมโซมมีความสัมพันธ์กับระดับความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ (จากตาราง
จะเห็นได้ว่า ไก่มีจำนวนโครโมโซมมากกว่าคน แต่โครงสร้างของคนมีความซับซ้อนมากกว่าไก่ ส่วนแมลงวัน
แมลงหวี่ ยุงก้นปล่องและผึ้ง เป็นแมลงเหมือนกัน แต่มีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน ดังนั้น จำนวนโครโมโซมจึง
ไม่น่าจะมีความสัมพันธ์กับระดับความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิต)

4. ครูชี้แจงเพิ่มเติมเพื่อขยายความรู้ให้นักเรียนดังนี้ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมที่แน่นอน
และโครโมโซมแต่ละแท่งจะมีขนาดและรูปร่างคงที่ โดยสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง ๆ อาจมีโครโมโซมที่มีรูปร่างแบบเดียว
หรือหลายแบบก็ได้

5. ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่เรื่องส่วนประกอบของโครโมโซม ดังนี้

- นักเรียนทราบมาแล้วว่า DNA อยู่ที่โครโมโซม ปัญหาก็คือ DNA อยู่ที่ส่วนใดของโครโมโซม และ
ที่โครโมโซมนอกจากมี DNA แล้วยังมีสารอื่นอีกหรือไม่อย่างไร

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบของโครโมโซมในหัวข้อที่ 16.3.2 แล้วศึกษา
ส่วนประกอบของโครโมโซมจากแผ่นภาพโปร่งใสหรือจากภาพที่ 16 – 6 ในหนังสือเรียน ครูตั้งคำถามเพื่อให้
นักเรียนร่วมกันอภิปราย(หรือทำกิจกรรมกลุ่มและนำเสนอหน้าชั้นเรียน) โดยมีแนวคำถาม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 โครโมโซมมีส่วนประกอบอะไรบ้าง

กลุ่มที่ 2 องค์ประกอบส่วนใหญ่ของโครโมโซมได้แก่อะไร

กลุ่มที่ 3 โปรตีนในโครโมโซมมีบทบาทอย่างไร

กลุ่มที่ 4 โครโมโซมของยูคาริโอตแตกต่างจากโพรคาริโอตอย่างไร

กลุ่มที่ 5 นิวคลีโอโซมคืออะไร

6. จากการสืบค้นและการอภิปราย(หรือนำเสนอหน้าชั้นเรียน) นักเรียนควรสรุปได้ว่า โครโมโซม
ประกอบด้วยโปรตีนและ DNA มีโปรตีนประมาณ 2 ใน 3 ของโครโมโซม โปรตีนในโครโมโซมมีหน้าที่แตกต่าง
กัน เช่น โปรตีนบางชนิดช่วยในการขดตัวของ DNA บางชนิดเกี่ยวข้องกับการกระบวนการจำลองตัวเองของ DNA
บางชนิดเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของยีน ฯลฯ

นิวคลีโอโซม คือส่วนของสาย DNA ที่พันรอบโปรตีนฮิสโตน

โครโมโซมของยูคาริโอตจะมีลักษณะเป็นสายยาว ตาของโพรคาริโอตจะมีลักษณะเป็นวงแหวนและมี
ขนาดเล็กมาก

7. จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความหมายและขนาดของจีโนมของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ดัง
ตารางที่ 16.2

8. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง โครโมโซม ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติม
ในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้

2. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของ DNA / โครงสร้างของ DNA
ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 4 ของ สสวท.

2. ใบความรู้ที่ 10 เรื่อง โครโมโซม
3. แบบฝึกหัด เรื่อง โครโมโซม

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	1.การสรุปรูปร่างความคิดรวบยอด	1.การสรุปรูปร่างความคิดรวบยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม/ทักษะวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้ ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน
..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ
..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่า มีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้
ในระดับดีขึ้น

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาาสตร์ พบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนด
ไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....
.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

ตำแหน่ง ครู คศ.3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินชุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

ใบความรู้ที่ 3 เรื่อง โครโมโซม

โครโมโซมเป็นดื้อออกซีไรโบนิวคลีโอโปรตีน ประกอบขึ้นจาก ดี เอ็น เอ และโปรตีน ทำหน้าที่เก็บข้อมูลทางพันธุกรรม สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีโครโมโซมแตกต่างกัน โปรคาริโอตมีโครโมโซม 1 โมเลกุล แต่ยูคาริโอตอาจมีโครโมโซมมากกว่า 1 โมเลกุลอยู่ในนิวเคลียส

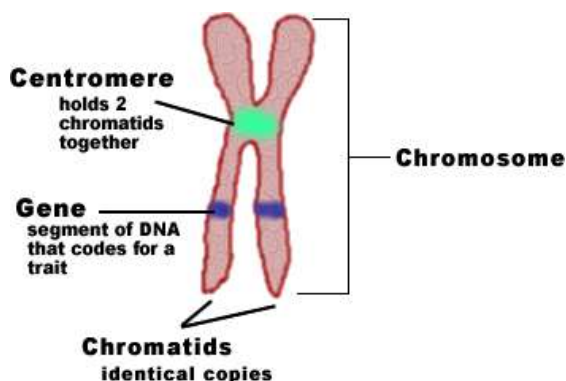
ถ้าใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูนิวเคลียส (ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์) ขณะกำลังแบ่งเซลล์ จะเห็นเป็นโครงสร้างยาวๆ เล็กๆ ขดไปมาเต็มไปหมด เรียกโครงสร้างนี้ว่า **โครมาทิน**

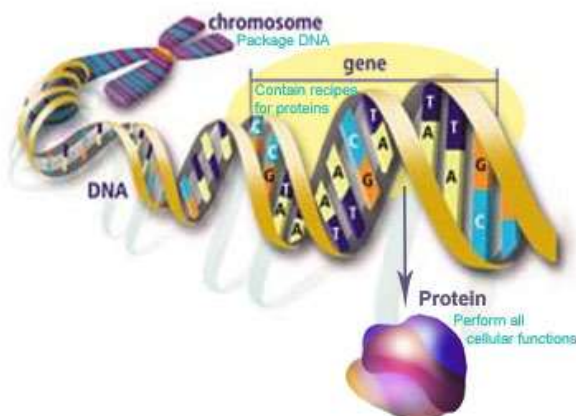
จากทฤษฎีโครโมโซมในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสัตว์ การค้นพบ DNA ว่าเป็นสารพันธุกรรมโดยการทดลองของแอมเวอรี และคณะ รวมทั้งกระบวนการทางเซลล์วิทยา(cytology) ที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่า DNA เป็นองค์ประกอบของโครโมโซม และยีนก็คือส่วนของ DNA ที่ทำหน้าที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมที่อยู่บนโครโมโซมนั้นเอง ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายมุ่งศึกษาโครโมโซมและ DNA โดยละเอียด เพราะจะนำไปสู่ความเข้าใจการเกิดลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต

1. รูปร่าง ลักษณะ และจำนวนโครโมโซม

นักเรียนได้ทราบมาแล้วว่าเซลล์ที่ยังไม่มีการแบ่งเซลล์โครโมโซมจะมีลักษณะเป็นเส้นเล็กยาวขดพันกันอยู่ภายในนิวเคลียสเรียกว่า **โครมาทิน** เมื่อมีการแบ่งเซลล์ โครโมโซมจะจำลองตัวเองเป็นเส้นที่เหมือนกันทุกประการในระยะอินเตอร์เฟส แล้วจึงขดสั้นและหนาขึ้น สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนที่สุดในระยะเมทาเฟสจากการย้อมด้วยสีย้อม DNA เช่น สีแอสีโทคาร์มิน หรือ ฮีมาทอกซิลิน (hematoxylin) เป็นต้น

สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งอาจมีโครโมโซมที่มีรูปร่างแบบเดียวหรือหลายแบบก็ได้ นักเรียนสามารถศึกษาโครโมโซมแบบต่าง ๆ ได้ดังภาพ ข้างล่าง





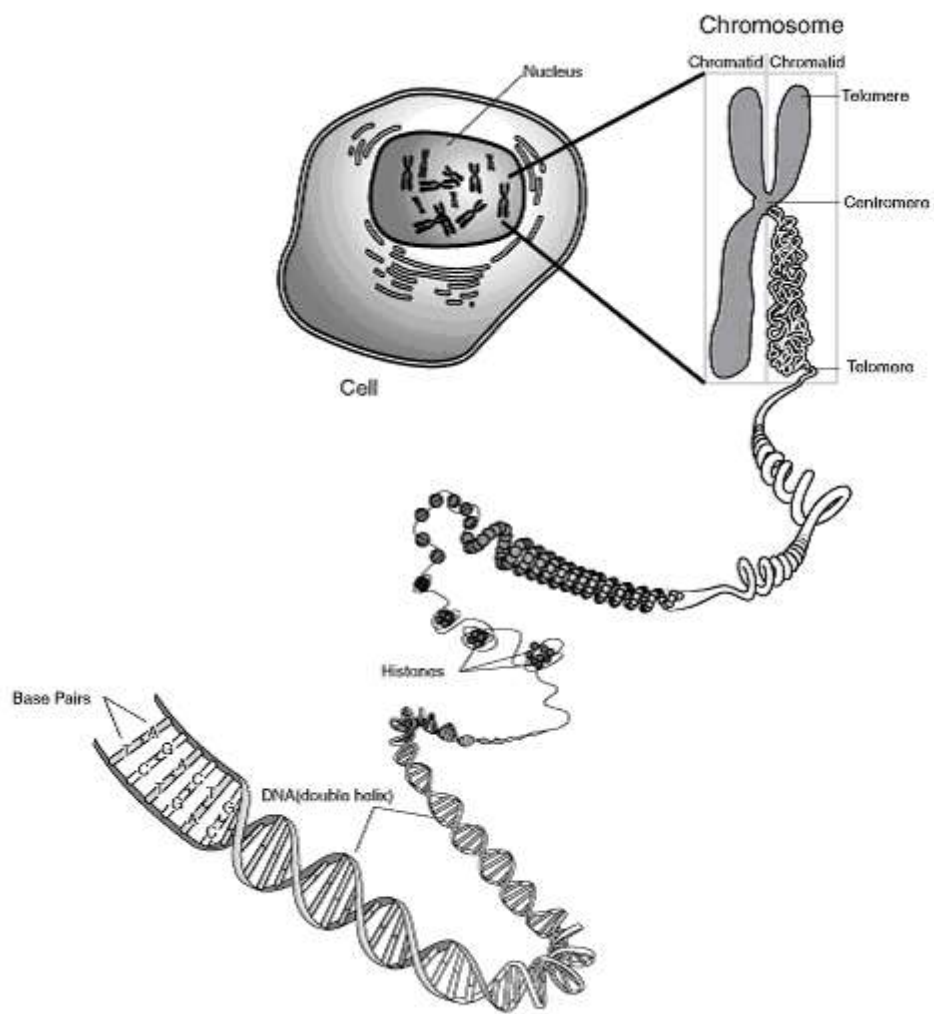
ภาพที่ 1 โครโมโซม

(ที่มา : <http://www.biologycorner.com/bio1/celldivision-chromosomes.html>)

ในสิ่งมีชีวิตที่เซลล์ร่างกาย มีโครโมโซม 2 ชุด เรียกว่า ดิพลอยด์ เช่น คน โครโมโซมชุดหนึ่งได้รับมาจากพ่อ อีกชุดหนึ่งได้รับมาจากแม่เมื่อมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครโมโซมที่เป็นคู่กันจะมาเข้าคู่กันแล้วแยกออกจากกัน ไปสู่เซลล์ลูกที่สร้างขึ้น เมื่อเสร็จสิ้นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครโมโซมในเซลล์ลูกที่เกิดขึ้นจะลดลงครึ่งหนึ่ง เรียกว่า แฮพลอยด์ โดยทั่วไปแล้วสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์จะมีจำนวนโครโมโซมคงที่ ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 1 จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

สิ่งมีชีวิต	จำนวน โครโมโซม (2n)	สิ่งมีชีวิต	จำนวน โครโมโซม (2n)
มนุษย์ (<i>Homo sapiens</i>)	46	สน (<i>Pinus ponderosa</i>)	24
ลิงชิมแปนซี (<i>Pan troglodytes</i>)	48	กะหล่ำปลี (<i>Brassica oleracea</i>)	18
ม้า (<i>Equus caballus</i>)	64	ถั่วลันเตา (<i>Pisum sativum</i>)	14
สุนัข (<i>Canis familiaris</i>)	78	ฝ้าย (<i>Gossypium hirsutum</i>)	52
แมว (<i>Felis domesticus</i>)	38	มะเขือเทศ (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	24
หนู (<i>Mus musculus</i>)	40	หอม (<i>Allium cepa</i>)	16
ไก่ (<i>Gallus domesticus</i>)	78	ยาสูบ (<i>Nicotiana tabacum</i>)	48
กบ (<i>Rana pipiens</i>)	26	ข้าว (<i>Oryza sativa</i>)	24
ผึ้ง (<i>Apis mellifera</i>)	32	ข้าวโพด (<i>Zea mays</i>)	20
แมลงวัน (<i>Musca domestica</i>)	12	กล้วย (<i>Musa paradisiaca</i>)	22
แมลงหวี่ (<i>Drosophila melanogaster</i>)	8	แตงโม (<i>Citrullus vulgaris</i>)	22
ยุงก้นปล่อง (<i>Anopheles dirus</i>)	6	ชา (<i>Camellia sinensis</i>)	30



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของโครโมโซม

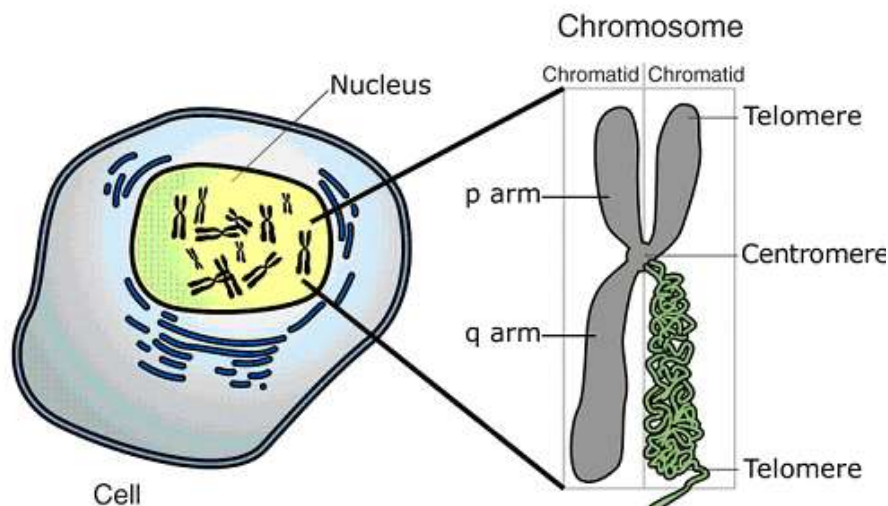
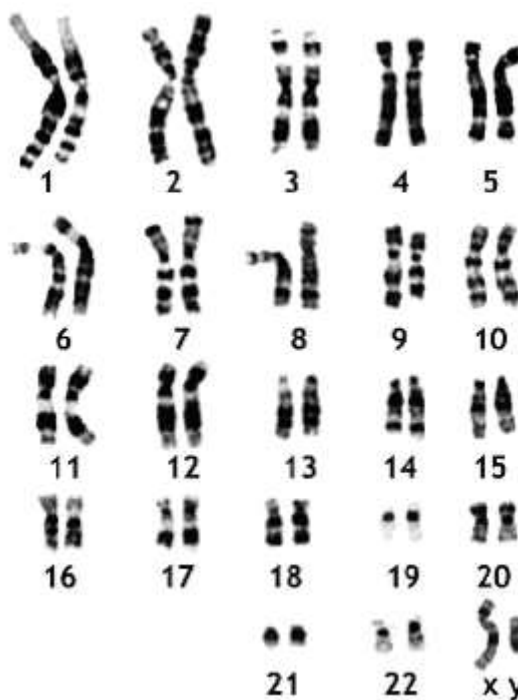


Image adapted from: National Human Genome Research Institute.

ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของโครโมโซม

(ที่มา : http://images1.clinicaltools.com/images/gene/chromosome2_large.jpg)



ภาพที่ 4 แสดงโครโมโซมในออโตโซม (autosomes)

ความรู้เพิ่มเติม ยีนควบคุมการแสดงออกอย่างไร ?

ยีนในส่วนที่เป็นออโตโซม จะมียีนควบคุมลักษณะมี 2 ชนิดคือ ยีนเด่น (Dominant) และ ยีนด้อย (Recessive) ยีนจะมีการจับคู่กัน 2 ตัวโดย ตัวหนึ่งได้รับจากพ่อ อีกตัวได้รับจากแม่ ยีนเด่น จะข่ม ยีนด้อยเสมอ ลักษณะแต่ละอย่างจะมีความเด่นและความด้อย ยกตัวอย่างเช่น สีตาของเราตาสีดำจะเป็นลักษณะเด่น (ขอใช้สัญลักษณ์ว่า D) ตาสีฟ้าจะเป็นลักษณะด้อย (ขอใช้สัญลักษณ์ว่า r) ยีน (ที่ควบคุมสีตา) จะมีการจับคู่กัน 2 ตัวโดย ตัวหนึ่งได้รับจากพ่ออีกตัวได้รับจากแม่การจับคู่นี้มีโอกาสเกิดได้ดังนี้

DD แสดงว่ายีนสีตาของเราทั้งสองตัวทำให้ตาเป็นสีดำ ดังนั้นเราจะมีตาสีดำแน่นอน

Dr แสดงว่ายีนสีตาของเรามีทั้งยีนเด่นและ ยีนด้อย ซึ่งตามกฎหมายว่ายีนเด่นจะข่มยีนด้อย เสมอ เนื่องจากตาสีดำเป็นยีนเด่นจะข่มตาสีฟ้า ซึ่งเป็นยีนด้อย ไม่ให้แสดงออกมาดังนั้นตาของเราก็จะเป็นสีดำ

rr แสดงว่ายีนสีตาของเราทั้งสองตัวทำให้ ตาเป็นสีฟ้า ดังนั้นเราจะมีตาสีฟ้าแน่นอน การจับคู่แบบ DD เรียกว่า เด่นพันธุ์แท้ การจับคู่แบบ Dr เรียกว่า เด่นพันธุ์ทาง การจับคู่แบบ rr เรียกว่า ด้อย

ตารางที่ 2 ลักษณะทางพันธุกรรมของคน

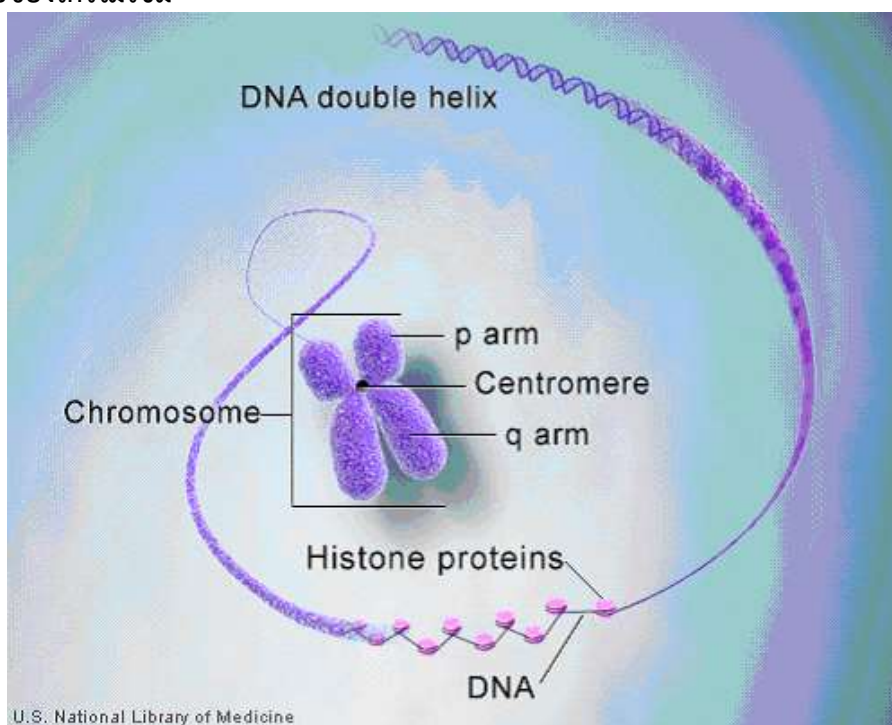
ลักษณะ	ยีนเด่น	ยีนด้อย
ลักยิ้ม	มีลักยิ้ม	ไม่มีลักยิ้ม
ผิวหนังตกรกระ	ตกรกระ	ปกติ
สายตา	ปกติ	สั้น
ริมฝีปาก	บาง	หนา
ขนที่นิ้วมือข้อที่สอง	มี	ไม่มี
แนวผมที่หน้าผาก	หยิก	ตรง

จากตารางจะเห็นว่าลักษณะที่ถ่ายทอดทาง พันธุกรรมนั้นละเอียดอ่อนมาก แม้แต่ขนในแต่ละแห่ง จะมีหรือไม่จะหยิกหรือตรง ต่างก็ขึ้นกับพันธุกรรม ลักษณะที่ปรากฏของแต่ละคนตั้งแต่หัวจรดเท้า นั้น เป็นเพราะ พันธุกรรมทั้งสิ้นแต่สิ่งแวดล้อมก็มีผลต่อลักษณะของคนเช่นกัน เช่น สายตาสั้น อาจเกิดจากการใช้สายตาเพ่งมากเกินไป ก็ได้ และเราสามารถปิดบังลักษณะที่เกิดจากพันธุกรรมของเราได้ เช่นว่า เรามีตาสีดำ เราสามารถใส่ คอนแทคเลนส์ เปลี่ยนสีตาให้เป็นสีฟ้าได้ หรือ ถ้าเรามีผมสีดำเราสามารถย้อมเป็นสีทองได้ แต่ไม่ว่าเราจะทำอย่างไรก็ตาม เราก็ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงยีนหรือ DNA ได้ เมื่อเราเกิดมามี DNA อย่างไร มันก็จะเป็นเช่นนั้นตลอดไปและจะถ่ายทอด ลักษณะทางพันธุกรรมนั้นๆ ต่อไปยังลูกหลานของเราต่อไป

โครโมโซมเพศ(sex chromosomes)

โครโมโซมของคน 23 คู่ นั้น เป็น ออโตโซม 22 คู่ อีก1คู่เป็น โครโมโซมเพศ ในหญิงจะเป็นแบบ XX ในชายจะเป็นแบบ XY โครโมโซม Y มีขนาดเล็กมียีนอยู่เล็กน้อย ได้แก่ ยีนที่ควบคุมขนบนใบหูก็อยู่บนโครโมโซม Y ดังนั้น ลักษณะการมีขนบนหูจะถูกถ่ายทอดโดยตรง จากพ่อ ไปยัง ลูกชาย สืบต่อไปยัง หลานชาย และ สืบต่อไปเรื่อยๆ ในทายาทที่เป็นชาย ดังนั้น การมีขนที่หูจึงไม่ปรากฏในลูกสาวหรือ หลานสาว เมื่อเทียบกับ ออโตโซมแล้ว โครโมโซม Y คือยีนเด่น(ทำให้มีเพศเป็นชาย) ส่วน โครโมโซม X คือยีนด้อย ต่างกันที่ว่าการจับคู่แบบ YY (เด่นพันธุ์แท้) ไม่มีทางเกิดขึ้นได้เลย เนื่องจากคนที่ เป็นชายกับคนที่ เป็นชายไม่สามารถ ปฏิสนธิ ให้กำเนิดชีวิตใหม่ได้ มีลักษณะทาง พันธุกรรมบางอย่างที่ อยู่บนโครโมโซม X ได้แก่ ตาบอดสี เลือดไหลไม่หยุด(haemophilia) หัวล้าน (รวมทั้ง ความ เป็นเกย์ ด้วย)ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่ q28 ของ โครโมโซม X) ผู้ชายมี โครโมโซม X เพียงแห่งเดียว ส่วนอีกแห่งเป็น โครโมโซม Y ดังนั้นแม้ได้รับยีนด้อยที่ผิดปกติติดมากับ โครโมโซม X เพียงตัวเดียว ก็สามารถแสดงลักษณะทาง พันธุกรรมนั้นออกมาได้ ส่วนผู้หญิงมี โครโมโซม X อยู่ 2 แห่ง ถ้าได้รับยีนด้อยที่ผิดปกติติดมากับ โครโมโซม X 1 แห่ง ก็จะไม่แสดง อาการของโรคพันธุกรรมให้ปรากฏ ทั้งนี้เพราะยีนปกติที่เหลืออีกตัวจะข่มลักษณะด้อยเอาไว้ ดังนั้นเราจะพบอาการหัวล้าน, ตาบอดสี ในผู้ชายมากกว่าผู้หญิง การที่ถูกจะเป็นชายหรือหญิงนั้นขึ้นอยู่กับ โครโมโซมเพศที่ได้รับจากพ่อ เนื่องจาก แม่ให้ได้เฉพาะ โครโมโซม X ถ้าลูกได้รับโครโมโซม Y จากพ่อก็จะเป็นลูกชาย ถ้าได้รับโครโมโซม X จากพอก็จะเป็นลูกสาว ในลูกชายนั้นจะได้รับ โครโมโซม Y จากพ่อเท่านั้น (เพราะแม่ไม่มี โครโมโซม Y) เพราะฉะนั้น โครโมโซม X ก็จะได้รับจากแม่เท่านั้น ดังนั้น หากลูกชาย ตาบอดสี , เลือดไหลไม่หยุด , เป็นเกย์ แสดงว่าแม่มี ลักษณะนั้นๆแฝงตัวอยู่ใน โครโมโซม X อย่างน้อย 1 ตัว ของแม่ หากชายที่ ตาบอดสี , เป็นเกย์ , เลือดไหลไม่หยุด มีลูกสาว ลักษณะนั้นๆก็จะแฝงไปยัง โครโมโซม X 1 ตัว ที่ได้ถ่ายทอดไปยังลูกสาวอย่างแน่นอน

2. ส่วนประกอบของโครโมโซม

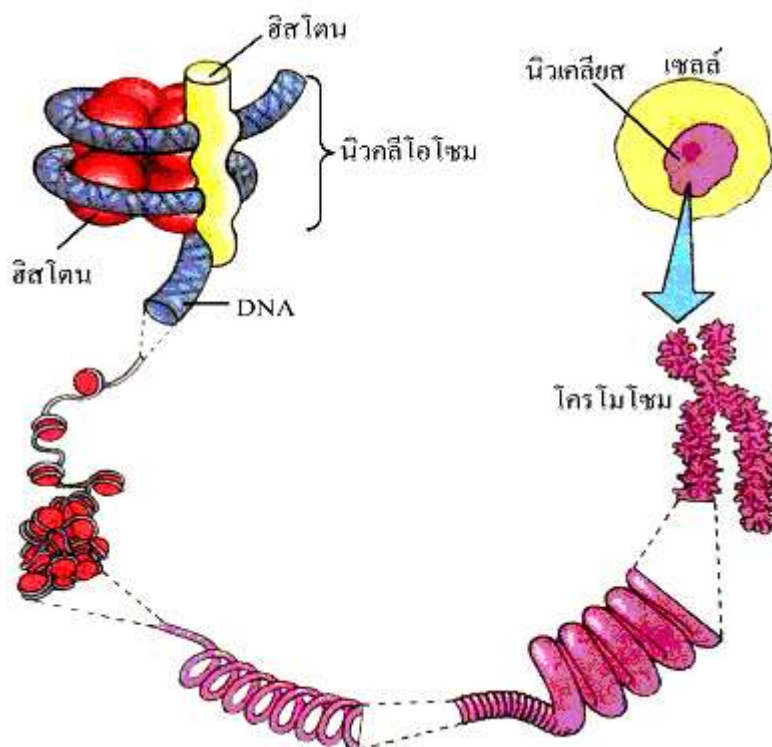


ภาพที่ 5 ส่วนประกอบโครโมโซม

(ที่มา : <http://ghr.nlm.nih.gov/handbook/illustrations/chromosomestructure.jpg>)

ถ้าหากจะประมาณสัดส่วนระหว่าง DNA และโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของโครโมโซมของยูคาริโอต จะพบว่าประกอบด้วย DNA 1 ใน 3 และอีก 2 ใน 3 เป็นโปรตีน โดยส่วนที่เป็นโปรตีนจะเป็น **ฮิสโตน (histone)** และ **นอนฮิสโตน (non-histone)** อย่างละประมาณเท่าๆกัน

ในปี พ.ศ. 2427 นักวิทยาศาสตร์พบว่าฮิสโตนเป็นโปรตีนที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนที่มีประจุบวก(basic amino acid) เช่น ไลซีน และอาร์จินีน ทำให้มีสมบัติในการเกาะจับกับสาย DNA ซึ่งมีประจุลบได้เป็นอย่างดี และทำให้เกิดการสร้าง**สมดุลของประจุ (neutralize)** ของโครมาทินด้วยสาย DNA พันรอบกลุ่มโปรตีนฮิสโตนคล้ายเม็ดลูกปัด เรียกโครงสร้างนี้ว่า **นิวคลีโอโซม(nucleosome)** โดยจะมีฮิสโตนบางชนิดเชื่อมต่อระหว่างเม็ดลูกปัดแต่ละเม็ด ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 DNA และฮิสโตนที่ประกอบกันเป็นโครโมโซมของยูคาริโอต

ส่วนของโปรตีนฮิสโตนนั้นมีมากมายหลายชนิด อาจเป็นร้อยหรือพันชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิต โดยโปรตีนเหล่านี้จะมีหน้าที่แตกต่างกันไป บางชนิดมีหน้าที่ช่วยในการขดตัวของ DNA หรือบางชนิดก็เกี่ยวข้องกับการบวนการจำลองตัวเองของ DNA (DNA replication) หรือการแสดงออกของยีน เป็นต้น

สำหรับในโพรคาริโอต เช่น แบคทีเรีย *E. coli* มีจำนวนโครโมโซมชุดเดียว เป็นรูปวงแหวนอยู่ในไซโทพลาสซึม ประกอบด้วย DNA 1 โมเลกุล และไม่มีฮิสโตนเป็นองค์ประกอบ

สารพันธุกรรมทั้งหมดของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งๆ เรียกว่า **จีโนม(genome)** จากการศึกษาพบว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีขนาดของจีโนมและจำนวนยีนแตกต่างกัน ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 3 แสดงขนาดจีโนมของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ

สิ่งมีชีวิต	ขนาดของจีโนม (ล้านคู่เบส)	จำนวนยีนโดยประมาณ
มนุษย์ (<i>Homo sapiens</i>)	3,200	80,000
หนู (<i>Mus musculus</i>)	3,000	80,000
แมลงหวี่ (<i>Drosophila</i> sp.)	120	10,000
หนอนคืบกลม (<i>Caenorhabditis elegans</i>)	100	13,000
พืชในวงศ์ผักกาดชนิดหนึ่ง (<i>Arabidopsis thaliana</i>)	100	25,000
ยีสต์ (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	15	6,000
แบคทีเรีย (<i>Escherichia coli</i>)	4	4,000

จากการสืบค้นข้อมูลของนักเรียนสามารถสรุปได้ว่า

1. จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส จะเห็นโครโมโซมชัดเจนมากในระยะเมทาเฟส และเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์ตั้งต้น ส่วนเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มีจำนวนโครโมโซมลดลง
 2. โครโมโซมมีขนาดแตกต่างกัน และรูปร่างของโครโมโซมแตกต่างกัน
 3. การแบ่งรูปร่าง และลักษณะของโครโมโซมอาศัยตำแหน่งเซนโทรเมียร์ โครโมโซมบางแท่งมีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์อยู่ตรงกลางของโครโมโซม ทำให้แขน 2 ข้างโครโมโซมยาวเท่ากัน บางแท่งเซนโทรเมียร์ค่อนไปทางปลายด้านใดด้านหนึ่งทำให้แขนด้านหนึ่งยาว อีกด้านหนึ่งสั้น บางแท่งตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ อยู่ด้านปลายสุดของโครโมโซมด้านใดด้านหนึ่งทำให้มีแขนเพียงข้างเดียว
 4. จากตารางจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีจำนวนโครโมโซมไม่เท่ากัน แต่สิ่งมีชีวิตบางชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน เช่น สุนัข และไก่มีจำนวนโครโมโซม 78 แท่งเท่ากัน ในพืช เช่น กล้วย และแตงโมมีจำนวนโครโมโซม 22 แท่งเท่ากัน
 5. จากตารางจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิต จะเห็นได้ว่าจำนวนโครโมโซมไม่น่าจะมีความสัมพันธ์กับระดับความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิต เช่น ไก่มีจำนวนโครโมโซมมากกว่าคน แต่โครงสร้างของคนมีความซับซ้อนมากกว่าไก่ แมลงวัน แมลงหวี่ ยุง ก้นปล่องและผึ้ง เป็นแมลงเหมือนกันมีความซับซ้อนของโครงสร้างใกล้เคียงกันแต่จำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน
 6. โครโมโซมประกอบด้วยโปรตีน และ DNA โดยมีโปรตีนประมาณ 2 ใน 3 ของโครโมโซม โปรตีนในโครโมโซมมีหน้าที่แตกต่างกัน เช่น โปรตีนบางชนิดช่วยในการขดตัวของ DNA บางชนิดเกี่ยวข้องกับกระบวนการจำลองตัวเองของ DNA บางชนิดเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของยีน
 7. ส่วนของสาย DNA ที่พันรอบโปรตีนฮิสโตน เรียกว่า นิวคลีโอโซม
 8. โครโมโซมของยูคาริโอตจะมีลักษณะเป็นสายยาว แต่ของโพรคาริโอต จะมีลักษณะเป็นวงแหวนและมีขนาดเล็กมาก
 9. จีโนม (genome) คือ สารพันธุกรรมทั้งหมดของสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ๆ และสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีขนาดของจีโนมและจำนวนยีนแตกต่างกัน
-

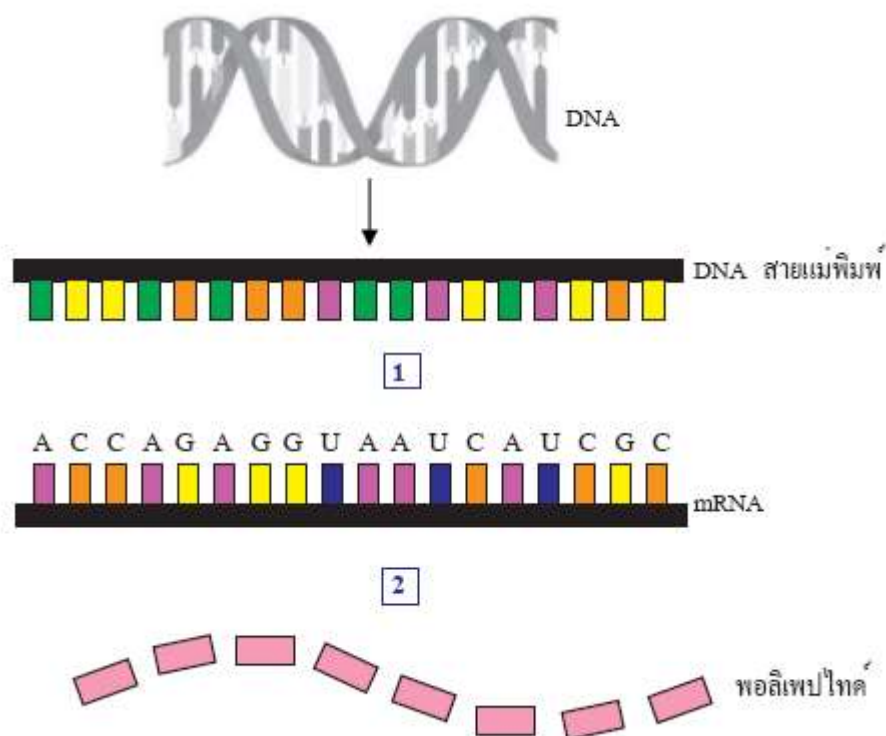
แบบฝึกเสริมประสบการณ์ บทที่ 4 เรื่อง โครโมโซม

1. จงวิเคราะห์ว่าปริมาณเบสของโมเลกุล DNA ที่มีสองสายในข้อใดถูกต้อง

1. $A + C = T + G$
2. $A + G = C + T$
3. $A + T = G + C$
4. $A/G = C/T$
5. $A/G = T/C$
6. $(A + G)/T = 1$

แนวคำตอบ ข้อ 1 2 และ 5 ถูก

2. ศึกษาแผนภาพการสังเคราะห์โปรตีนของยูคาริโอต แล้วตอบคำถามข้อ 2.1 ถึง 2.3



2.1 ลูกศรหมายเลข 1 และ 2 เป็นกระบวนการอะไร

- หมายเลข 1 คือ ทรานสคริปชัน
- หมายเลข 2 คือ ทรานสเลชัน

2.2 ลำดับเบสของ DNA สายที่เป็นคู่ของสายแม่พิมพ์ เป็นอย่างไร

- ACC AGA GGT AAT CAT CGC

2.3 สายพอลิเพปไทด์ที่สังเคราะห์ได้มีลำดับของกรดอะมิโนเป็นอย่างไร

- Thr – Arg – Gly – Asn – His – Arg

3. จงเปรียบเทียบกระบวนการทรานสคริปชัน และการทรานสเลชันของการสังเคราะห์โปรตีนในสิ่งมีชีวิตพวกโพรคาริโอตและยูคาริโอต

แนวคำตอบ

กระบวนการ	โพรคาริโอต	ยูคาริโอต
ทรานสคริปชัน	เกิดในไซโทพลาสซึม,	เกิดในนิวเคลียส
ทรานสเลชัน	เกิดในไซโทพลาสซึม	เกิดในไซโทพลาสซึม

4. การเกิดนอนดิสจังก์ชัน มีผลต่อการอยู่รอดของไซโกตอย่างไร

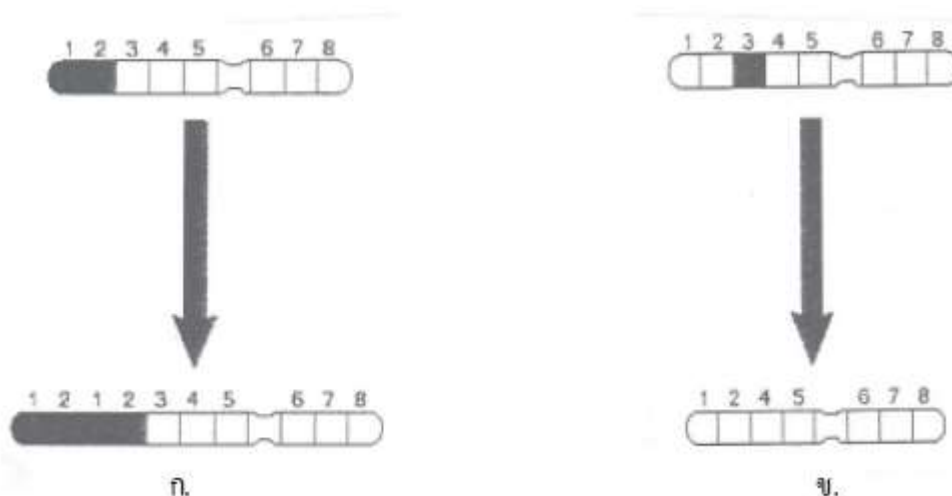
แนวคำตอบ การเกิดนอนดิสจังก์ชันที่มีผลทำให้ไซโกตมีโครโมโซมเพิ่มขึ้นหรือขาดหายไป ถ้าไซโกตมีโครโมโซมเพิ่มมาจากปกติจะมีโอกาสอยู่รอด แต่ถ้าไซโกตมีโครโมโซมขาดหายไป 1 หรือ มากกว่า 1 โครโมโซม ส่วนใหญ่จะไม่รอด

5. จงให้เหตุผลเกี่ยวกับการเกิดมิวเทชันเฉพาะที่แบบการแทนที่คู่เบส และการเกิดเฟรมชิฟต์มิวเทชัน ว่ามีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนและลักษณะของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

แนวคำตอบ การเกิดมิวเทชันเฉพาะที่แบบการแทนที่คู่เบส เกิดจากการแทนที่คู่เบส 1 นิวคลีโอไทด์ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง 1 รหัสพันธุกรรม หรือไม่เปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น รหัส UAC เป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิดไทโรซีน ถ้าเปลี่ยนเป็น CAC ก็จะเป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิดฮิสทีดีน ทำให้สายพอลิเพปไทด์มีชนิดของกรดอะมิโนเปลี่ยน จะมีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต ถ้า UAC เปลี่ยนเป็น UAU จะเป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิดเดียวกันคือ ไทโรซีน พอลิเพปไทด์ก็ยังมีลำดับของกรดอะมิโนเหมือนเดิม ไม่มีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต ถ้า UAC เปลี่ยนเป็น UAG จะเป็นรหัสหยุด ทำให้สายพอลิเพปไทด์สั้นลง อาจทำให้รูปร่างและการทำงานของพอลิเพปไทด์เปลี่ยน

มิวเทชันแบบเฟรมชิฟต์ เกิดจากการเพิ่มขึ้นหรือขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์บริเวณที่เป็นรหัสพันธุกรรม 1 – 3 นิวคลีโอไทด์ มีผลทำให้ลำดับและชนิดของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์เปลี่ยนไปตั้งแต่กรดอะมิโนในตำแหน่งที่มีการเพิ่มหรือขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์เป็นต้น โปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและไม่สามารถทำงานได้ จึงมีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต

6. ภาพ ก. และภาพ ข. แสดงการเกิดมิวเทชัน นักเรียนจงอธิบายว่าการเกิดมิวเทชันในภาพ ก. และภาพ ข. เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

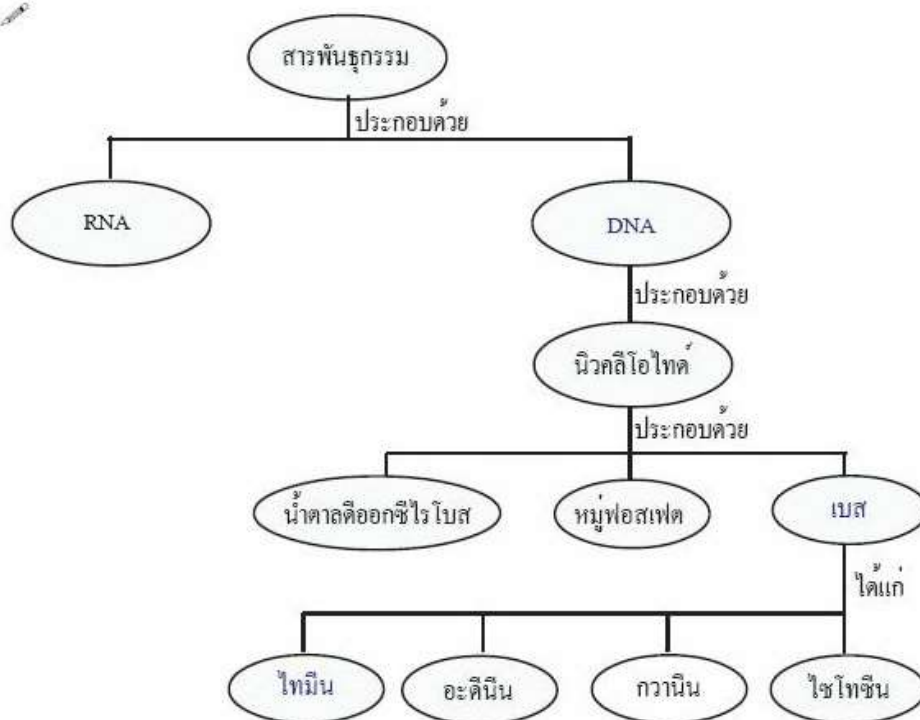


แนวคำตอบ มิวเทชันในภาพ ก. และภาพ ข. เหมือนกันที่เป็นมิวเทชันที่เกิดจากโครงสร้างของโครโมโซมผิดปกติ แต่วิธีการเกิดมิวเทชันในภาพ ก. เกิดจากชิ้นส่วนของโครโมโซมคู่เดียวกันหรือต่างคู่กัน ส่วนมิว

เทชันในภาพ ข. เกิดจากชิ้นส่วนของโครโมโซมขาดหายไป ทำให้จำนวนยีนลดลง ถ้ายีนนั้นสำคัญก็จะมีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตอาจถึงเสียชีวิต

7. จงเติมข้อความในแผนภาพให้สมบูรณ์

แนวคำตอบ



แบบฝึกหัด เรื่อง โครโมโซม

ชื่อ – สกุล ชั้น เลขที่

คำอธิบาย :: ให้นักเรียนเขียนคำตอบจากประเด็นคำถามต่อไปนี้

1. จากศึกษาการติดตามการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มี การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส จะเห็นโครโมโซมชัดเจนมากในระยะใด เซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส จะมีจำนวนโครโมโซมจากเซลล์ตั้งต้น กับเซลล์ลูกเป็นอย่างไร
2. โครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะมีขนาด และรูปร่างเป็นอย่างไร
3. การแบ่งรูปร่าง และลักษณะของโครโมโซมอาศัยโครงสร้างใดเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง
4. จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีจำนวนโครโมโซมเท่ากันหรือไม่อย่างไร
5. จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับระดับความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตหรือไม่
6. โครโมโซมมีส่วนประกอบอะไรบ้าง
7. นิวคลีโอโซม คืออะไร
8. โครโมโซมของยูคาริโอต และโพรคาริโอตมีลักษณะอย่างไร
9. จีโนม (genome) คืออะไร

เฉลยแบบฝึกหัด

เรื่อง โครโมโซม

1. จากศึกษาการติดตามการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส จะเห็นโครโมโซมชัดเจนมากในระยะใด เซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส จะมีจำนวนโครโมโซมจากเซลล์ตั้งต้น กับเซลล์ลูกเป็นอย่างไร

คำตอบ

จากศึกษาการติดตามการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส จะเห็นโครโมโซมชัดเจนมากในระยะเมทาเฟส และเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์ตั้งต้น ส่วนเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มีจำนวนโครโมโซมลดลง

2. โครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะมีขนาด และรูปร่างเป็นอย่างไร

คำตอบ

โครโมโซมมีขนาดแตกต่างกัน และรูปร่างของโครโมโซมแตกต่างกัน

3. การแบ่งรูปร่างและลักษณะของโครโมโซมอาศัยโครงสร้างใดเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง

คำตอบ

การแบ่งรูปร่าง และลักษณะของโครโมโซมอาศัยตำแหน่งเซนโทรเมียร์ โครโมโซมบางแท่งมีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์อยู่ตรงกลางของโครโมโซม ทำให้แขน 2 ข้างโครโมโซมยาวเท่ากัน บางแท่งเซนโทรเมียร์ค่อนไปทางปลายด้านใดด้านหนึ่งทำให้แขนด้านหนึ่งยาว อีกด้านหนึ่งสั้น บางแท่งตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ อยู่ด้านปลายสุดของโครโมโซมด้านใดด้านหนึ่งทำให้มีแขนเพียงข้างเดียว

4. จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีจำนวนโครโมโซมเท่ากันหรือไม่อย่างไร

คำตอบ

จากตารางจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีจำนวนโครโมโซมไม่เท่ากัน แต่สิ่งมีชีวิตบางชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน เช่น สุนัข และไก่มีจำนวนโครโมโซม 78 แท่งเท่ากัน ในพืช เช่น กล้วย และแตงโมมีจำนวนโครโมโซม 22 แท่งเท่ากัน

5. จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับระดับความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตหรือไม่

คำตอบ

จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตไม่แน่ว่าจะมีความสัมพันธ์กับระดับความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิต เช่น ไก่มีจำนวนโครโมโซมมากกว่าคน แต่โครงสร้างของคนมีความซับซ้อนมากกว่าไก่ แมลงวัน แมลงหวี่ ยุง กิ้งก่า และผีเสื้อ เป็นแมลงเหมือนกันมีความซับซ้อนของโครงสร้างใกล้เคียงกัน แต่จำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน

6. โครโมโซมมีส่วนประกอบอะไรบ้าง

คำตอบ

โครโมโซมประกอบด้วยโปรตีน และ DNA โดยมีโปรตีนประมาณ 2 ใน 3 ของโครโมโซม โปรตีนในโครโมโซมมีหน้าที่แตกต่างกัน เช่น โปรตีนบางชนิดช่วยในการขดตัวของ DNA บางชนิดเกี่ยวข้องกับการกระบวนการจำลองตัวเองของ DNA บางชนิดเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของยีน

7. นิวคลีโอโซม คืออะไร

คำตอบ

ส่วนของสาย DNA ที่พันรอบโปรตีนฮิสโตน เรียกว่า นิวคลีโอโซม

8.โครโมโซมของยูคาริโอต และโพรคาริโอตมีลักษณะอย่างไร

คำตอบ

โครโมโซมของยูคาริโอตจะมีลักษณะเป็นสายยาว แต่ของโพรคาริโอต จะมีลักษณะเป็นวงแหวนและมีขนาดเล็กมาก

9. จีโนม (genome) คืออะไร

คำตอบ

จีโนม (genome) คือ สารพันธุกรรมทั้งหมดของสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ๆ และสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีขนาดของจีโนม และจำนวนยีนแตกต่างกัน

แบบทดสอบเก็บคะแนนวิชาชีววิทยา 2

บทที่ 4 ยีนและโครโมโซม (ชุดที่ 1)

1. ชนิดนิวคลีโอไทด์ของ RNA ประกอบด้วยอะไรบ้าง
 - ก. เบสและน้ำตาล
 - ข. น้ำตาลและหมู่ฟอสเฟต
 - ค. เบส และหมู่ฟอสเฟต
 - ง. เบส น้ำตาล และหมู่ฟอสเฟต
2. ข้อใดไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดมิวเตชัน (Mutation)
 - ก. การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม
 - ข. การเปลี่ยนรูปร่างสัณฐานของโครโมโซม
 - ค. การเปลี่ยนแปลงชนิดของเบสใน DNA
 - ง. การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม
3. ยีน มิวเตชัน (Genetic mutation) เมื่อเกิดแล้วจะมีผลต่อมาเป็นอย่างไร
 - ก. ส่วนใหญ่ทำให้ยีนมีลักษณะดีขึ้น
 - ข. เกิดแล้วไม่สามารถถ่ายทอดไปสู่เซลล์อื่น แม้จะเกิดกับเซลล์สืบพันธุ์ก็ตาม
 - ค. เมื่อเกิดแล้วจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสปีชีส์ได้ในบางโอกาส
 - ง. เมื่อเกิดแล้วจะไม่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรม
4. ข้อใดเป็นหน้าที่ของออโตโซม (autosome) ในสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่
 - ก. ควบคุมการกำหนดเพศในสิ่งมีชีวิตจำพวกสัตว์
 - ข. ควบคุมการกำหนดเพศและลักษณะของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์
 - ค. ควบคุมการจับคู่ของยีน หรือการจับคู่ของโครโมโซม
 - ง. ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต และไม่ค่อยปรากฏว่าเกี่ยวข้องกับการกำหนดเพศเท่าใดนัก
5. ถ้าอักษร G คือ กวานีน อักษร G ยึดเหนี่ยวกับ C ด้วยพันธะอะไร
 - ก. พันธะไฮโดรเจน 1 พันธะ
 - ข. พันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ
 - ค. พันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ
 - ง. พันธะอิกอนิก
6. เหตุการณ์ข้อใดที่ไม่ใช่กลไกที่ก่อให้เกิดแบคทีเรีย สายพันธุ์ต้านยาปฏิชีวนะ
 - ก. แบคทีเรียที่มีมิวเตชัน มีการปรับตัว
 - ข. แบคทีเรียที่มีมิวเตชัน สามารถสืบพันธุ์ได้ดี
 - ค. เกิดความแปรผันของแบคทีเรียขึ้นในประชากร
 - ง. ยาปฏิชีวนะเป็นสารเคมีที่ไปกระตุ้นให้เกิดมิวเตชันในยีนของแบคทีเรียบางตัวในกลุ่มประชากรแบคทีเรีย
7. ถ้าเทียบ DNA ดังภาพเหมือนบันได ส่วนใดเทียบกับราวบันได
 - ก. S และ P
 - ข. A และ T
 - ค. C และ G
 - ง. เฉพาะข้อ 2 และ 3
8. คู่เบสในโมเลกุล DNA สาย 1 และสาย 2 ยึดกันด้วยพันธะอะไร
 - ก. เปปไทด์
 - ข. อิกอนิก
 - ค. ไฮโดรเจน
 - ง. ฟอสโฟไดเอสเตอร์
9. การค้นพบข้อเท็จจริงที่สำคัญจากการทดลองเกี่ยวกับแบคทีเรียนิวโมคอกคัสและไวรัสที่เป็นปรสิตของแบคทีเรีย (bacteriophage) คือ
 - ก. แบคทีเรียและไวรัส จัดเป็นสิ่งมีชีวิตเพราะเพิ่มจำนวนได้
 - ข. ลักษณะพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่ถูกควบคุมโดย DNA นั้น เปลี่ยนแปลงได้
 - ค. สาร DNA เป็นตัวควบคุมการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต
 - ง. แบคทีเรียและไวรัส สามารถถ่ายทอดพันธุกรรมให้กันได้

10. RNA ไม่มีสารใดที่ DNA มีอยู่
- น้ำตาลไรโบส และเบสไทมีน
 - น้ำตาลไรโบส และเบสยูราซิล
 - น้ำตาลดีออกซีไรโบส และเบสไทมีน
 - น้ำตาลดีออกซีไรโบส และเบสยูราซิล
11. สิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันหรือชนิดเดียวกันจะมี DNA แตกต่างกันหลายลักษณะ ลักษณะใดของ DNA ที่ทำให้เกิดความแตกต่างดังกล่าว
- ชนิดและการจัดเรียงตัวของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ
 - ชนิดและการจัดเรียงตัวของเบสที่เป็นองค์ประกอบ
 - ขนาดโมเลกุลของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ
 - ถูกทั้ง 1, 2 และ 3
12. สารอินทรีย์พลังงานสูง “ATP” มีองค์ประกอบคล้ายกับนิวคลีโอไทด์ของสารใดมากที่สุด
- RAN
 - DNA
 - Nucleic acid
 - ถูกทั้ง 1, 2 และ 3
13. ข้อใดต่อไปนี้ไม่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน
- mRNA เป็นตัวนำรหัสของ DNA
 - รหัสของ tRNA เชื่อมต่อกับรหัสของ mRNA
 - DNA เคลื่อนที่จากนิวเคลียสไปยังไรโบโซม
 - กรดอะมิโนรวมตัวกันทำให้เกิดพันธะเปปไทด์
14. ข้อใดต่อไปนี้ของหน้าที่ของ nonsense codon ได้ถูกต้อง
- เป็นรหัสของกรดอะมิโนหลายชนิด
 - ทำให้ mRNA ติดดับไรโบโซมได้
 - เป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิดที่เหมาะสม
 - เป็นรหัสแสดงการสิ้นสุดกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนบนสาย mRNA
15. การเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ของ mRNA จะเข้าคู่กับการเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ของข้อใด
- DNA 1 สาย
 - DNA ทั้ง 2 สาย
 - โมเลกุลของ tRNA
 - โมเลกุลของ tRNA ทั้งหมด
16. ออโตโซม (autosome) คือ
- โครโมโซมที่เพิ่มขึ้นจากปกติ
 - โครโมโซมที่ไม่ใช่โครโมโซมเพศ
 - ออร์แกเนลล์ที่สามารถเพิ่มจำนวนขึ้นเองได้
 - เซลล์ที่สามารถเพิ่มจำนวนเซลล์ด้วยตัวเองได้
17. tRNA มีหน้าที่
- จดจำ anticodon ของ mRNA
 - ส่งรหัสจาก mRNA ไปยัง rRNA
 - จัดเรียงกรดอะมิโนให้ตรงกับโคดอน (codon)
 - ส่งรหัสพันธุกรรมจาก DNA ไปยัง mRNA
18. ไวรัส (Virus) ทั้งหลายประกอบด้วย
- DNA อย่างเดียว
 - RNA อย่างเดียว
 - DNA และ RNA
 - DNA หรือ RNA

19. Transcription ของ DNA สาย 5' ATCGTGTACC 3' จะให้กำเนิดสาย mRNA ลักษณะใด
 ก. 5' AUCGUGUACC 3' ข. 5' UAGCACAUGG 3'
 ค. 5' TAGCACATGG 3' ง. 5' GGUACACGAU 3'

20. ธาตุใดต่อไปนี้ที่ไม่พบใน Nucleic acid
 ก. P ข. S ค. N ง. C

21. ถ้าปริมาณ DNA ของเซลล์ที่มีสภาพเป็นดิพลอยด์ (diploid) ในระยะ G_1 มีค่าเท่ากับ X หน่วย เมื่อเกิดไมโอซิสจะมีปริมาณ DNA ในระยะ Metaphase I และ Metaphase II เป็นเท่าใด
 ก. X, 0.5 X ข. 2X, 0.5X ค. 2X, X ง. 4X, 2X

22. DNA ที่สกัดจากไซโทพลาสซึมของเซลล์กล้ามเนื้อของเด็กรุ่นหนึ่งจะมีลำดับเบสเหมือนกับบุคคลใดมากที่สุดในวงศ์เครือญาติ
 ก. ปู่ ข. ย่า ค. ตา ง. ยาย

23. กระบวนการใดทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic variation)
 1. การแยกของฮอมอโลกัสโครโมโซม 2. การสร้างโพลาร์บอดี (Polar body)
 3. การไขว้กันของโครมาทิด (crossing over) 4. มิวเทชัน (mutation)
 ก. 1 และ 2 ข. 2 และ 3 ค. 1, 2 และ 3 ง. ข, ค และ ง

24. ข้อความในข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับความแปรผันทางพันธุกรรม
 ก. เกิดขึ้นได้ทั้งจากการรวมกลุ่มของยีนและมิวเทชัน
 ข. เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศได้มากกว่าการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ
 ค. มีประโยชน์ ต่อสิ่งมีชีวิตทั้งที่มีการสืบพันธุ์และอาศัยเพศและแบบไม่อาศัยเพศ
 ง. เกิดขึ้นเพื่อให้ได้ลักษณะที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตจะต้องเผชิญในอนาคต

25. ถ้าปริมาณ DNA ของสเปิร์มเท่ากับ X ดังนั้น สเปอราโทไซต์ระยะแรก (primary spermatocyte) จะมีปริมาณ DNA เป็นเท่าใด
 ก. $X/2$ ข. X ค. 2X ง. 4X

26. องค์ประกอบใดจำเป็นสำหรับกระบวนการถอดรหัสพันธุกรรม (transcription)
 1. rRNA 2. สาย DNA ต้นแบบ 3. RNA polymerase 4. DNA polymerase
 ก. 1 และ 2 ข. 2 และ 3 ค. 3 และ 4 ง. 2 และ 4

27. ในสิ่งมีชีวิตชีวโมเลกุลใดมีสายยาวที่สุด
 ก. RNA ข. DNA ค. แป้ง ง. โปรตีน

28. ไมโทคอนเดรียสามารถสร้างเอนไซม์ได้ประมาณ 5 % เนื่องจากมีสิ่งใด
 ก. RNA และ DNA ข. DNA และ Ribosome
 ค. ATP, DNA และ RNA ง. RNA, DNA และ Ribosome

29. ข้อใดเกี่ยวข้องกับการมีลำดับของนิวคลีโอไทด์ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตแตกต่างกัน
 1. สิ่งมีชีวิตมีฟีโนไทป์แตกต่างกัน 2. มีวิวัฒนาการเกิดขึ้น
 3. มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดระหว่างสิ่งมีชีวิต
 ก. 1, 2 ข. 2, 3 ค. 1, 3 ง. 1, 2 และ 3

30. ในเซลล์ยูแคริโอตจะพบ rRNA (ribosomal RNA) ในโครงสร้างใด
 1. กอลจิ คอมเพล็กซ์ 2. เอนโดพลาสมิก เรติคูลัม 3. ไมโทคอนเดรีย
 ก. 1 ข. 2 ค. 1, 2 ง. 2, 3

31. ปริมาณ DNA ของเซลล์จากรังไข่ของคนในข้อใดสูงสุด
 ก. โอโอไซต์ระยะที่ 1 ข. โอโอไซต์ระยะที่ 2 ค. โอโอโกเนียม ง. ไข่ (ovum)
32. ในเซลล์ที่มีการสังเคราะห์โปรตีนปริมาณสูง พบสารใดมีปริมาณสูงด้วย
 1. mRNA 2. tRNA 3. rRNA
 ก. 1 ข. 1 และ 2 ค. 1, 2 และ 3 ง. 1, 2, 3 และ 4
33. ความแตกต่างของนิวคลีโอไทด์ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตสนับสนุนแนวความเชื่อในข้อใด
 1. ความสัมพันธ์ใกล้ชิดของสิ่งมีชีวิต 2. การเกิดวิวัฒนาการ
 3. ความแตกต่างของฟีโนไทป์
 ก. 1 ข. 2 และ 3 ค. 1 และ 2 ง. 1, 2 และ 3
34. ข้อใดมีผลลดการแปลรหัส
 1. ไรโบโซมลบกพร่อง
 2. เบสตัวหนึ่งบน mRNA เปลี่ยนแหล่งไป
 3. มี mRNA สายอื่นที่สามารถจับกับ mRNA ที่ทำงานอยู่
 ก. 1 และ 2 ข. 2 และ 3 ค. 1 และ 3 ง. 1, 2 และ 3
35. การเปลี่ยนแปลงของ DNA ในข้อใดมีผลเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของพอลิเปปไทด์ที่สังเคราะห์มากที่สุด
 ก. เบสขาดหายไป 1 ตัว
 ข. ลำดับเบสของยีนทั้งชุดสลับซ้ำกัน
 ค. เบส 1 ตัวเปลี่ยนแปลงเป็นเบสอีกชนิดหนึ่ง
 ง. เบส 3 ตัวกำหนดกรดอะมิโนตัวหนึ่งขาดหายไป
36. โครงสร้างในข้อใดสามารถจำลองตัวเองได้
 ก. DNA ข. Chromosome ค. Centriole ง. Plasmid
37. ในการสังเคราะห์ mRNA สารในข้อใดที่ต้องใช้ในปริมาณเท่ากับสารในพอลินิวคลีโอไทด์แม่พิมพ์
 1. จำนวนหมู่ไรโบสเท่ากับดีออกซีไรโบสในแม่พิมพ์
 2. จำนวนเบสยูราซิลเท่ากับเบสไทมีนในแม่พิมพ์
 3. จำนวนหมู่ฟอสเฟตเท่ากับหมู่น้ำตาลในแม่พิมพ์
 ก. 1 ข. 2 และ 3 ค. 1 และ 3 ง. 1, 2 และ 3
38. การสังเคราะห์ฮอร์โมนพวกโปรตีนเพื่อส่งออกนอกเซลล์จะต้องใช้ออร์แกเนลล์ใด
 1. ไรโบโซม
 2. เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระ
 3. กอลจิคอมเพล็กซ์
 ก. 1 และ 2 ข. 1 และ 3 ค. 1, 2 และ 4 ง. 1, 2 และ 3
39. การแบ่งเซลล์ในระยะใดมีการสังเคราะห์เอนไซม์ DNA polymerase
 1. G₁ phase 2. S phase 3. G₂ phase
 ก. 1 ข. 1 และ 2 ค. 2 และ 3 ง. 1 และ 3
40. ลักษณะทางพันธุกรรมในข้อใดถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซม
 1. หมู่เลือดกรุป AB 2. โรคธาลัสซีเมีย 3. โรคตาบอดสี 4. ผมหยิก
 ก. 1 และ 2 ข. 2 และ 3 ค. 2, 3 และ 4 ง. 1, 2 และ 4

เฉลยแบบทดสอบเก็บคะแนนวิชาชีววิทยา 2

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

บทที่ 4 ยีนและโครโมโซม

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. ง | 2. ง | 3. ค | 4. ง | 5. ค |
| 6. ข | 7. ก | 8. ค | 9. ค | 10. ค |
| 11. ข | 12. ก | 13. ค | 14. ง | 15. ก |
| 16. ข | 17. ค | 18. ง | 19. ง | 20. ข |
| 21. ค | 22. ง | 23. ค | 24. ง | 25. ง |
| 26. ข | 27. ข | 28. ง | 29. ก | 30. ง |
| 31. ก | 32. ค | 33. ง | 34. ง | 35. ข |
| 36. ง | 37. ค | 38. ง | 39. ก | 40. ง |
-

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายวิชาชีววิทยา 2

รหัสวิชา ว30241

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนสตรีศึกษา

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....

สาระที่ 1 บทที่ 4 เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของ DNA / โครงสร้างของ DNA เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมิวเทชัน (ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปฐมภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับโครโมโซม โครงสร้าง หน้าที่และสมบัติของสารพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายถึงส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์และจำแนกชนิดของนิวคลีโอไทด์
2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และเขียนภาพแสดงการเกิดสายพอลินิวคลีโอไทด์ และโมเลกุลของ DNA
3. สรุปได้ว่า DNA แต่ละโมเลกุลแตกต่างกันที่จำนวนและลำดับของนิวคลีโอไทด์
4. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย อธิบายและสรุปผลการศึกษานักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับส่วนประกอบและโครงสร้างของ DNA
5. สรุปได้ว่าโครงสร้างของ DNA มีความเหมาะสมต่อการเป็นสารพันธุกรรม

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 4)

- องค์ประกอบทางเคมีของ DNA
- โครงสร้างของ DNA

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูทบทวนความรู้ เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม และ โครโมโซม และชี้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของ DNA และ DNA เป็นสารพันธุกรรมอยู่ที่โครโมโซม
2. ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลว่า “DNA มีโครงสร้างและส่วนประกอบอย่างไรจึงสามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้”

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและส่วนประกอบของ DNA โดยใช้แผ่นภาพโป่งใส หรือ ภาพที่ 16.7 แสดงสูตรโครงสร้างของเบส และน้ำตาลดีออกซีไรโบส จากนั้นตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้
 - ไนโตรจีนัสเบส ประกอบด้วยอะตอมของธาตุใดบ้าง จำแนกได้เป็นกี่ประเภท และแต่ละประเภทมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
 - นิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นพอลินิวคลีโอไทด์ได้อย่างไร

จากการสืบค้นและการอภิปรายจากแผ่นภาพโป่งใสหรือจากภาพในหนังสือเรียน นักเรียนสามารถจะบอกได้ว่าไนโตรจีนัสเบส ประกอบด้วยวงแหวนที่มี C และ N เป็นองค์ประกอบ จากนั้นครูควรให้นักเรียน

เปรียบเทียบความแตกต่างของไนโตรจีนัสเบส จำแนกเบสออกเป็น 2 ประเภท คือ เบสพิวรีน มีโครงสร้างประกอบด้วยวงแหวน 2 วง มี 2 ชนิด คือ อะดีนีน (A) และกวานีน (G) ส่วนเบสไพริมิดีน โครงสร้างประกอบด้วยวงแหวน 1 วง มี 2 ชนิด คือ ไซโทซีน (C) และไทมีน (T) ครูอาจพบทวนโดยนำภาพแต่ละไนโตรจีนัสเบสและภาพน้ำตาลดีออกซีไรโบสให้นักเรียน ระบุว่าเบสชนิดใด และเป็นน้ำตาลเพนโทสชนิดใด

2. ครูนำภาพนิวคลีโอไทด์หรือใช้ภาพจากหนังสือเรียน ภาพที่ 16 – 8 แสดงนิวคลีโอไทด์ชนิดต่าง ๆ จากนั้นให้นักเรียนวิเคราะห์ในประเด็นดังนี้

- นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดประกอบด้วยส่วนสำคัญกี่ส่วนได้แก่อะไรบ้าง
- ส่วนประกอบ 3 ส่วน ประกอบขึ้นเป็นนิวคลีโอไทด์ได้อย่างไร
- นิวคลีโอไทด์มีกี่ชนิด และแต่ละชนิดแตกต่างกันที่ส่วนใด

จากความรู้พื้นฐานเรื่องเคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตนักเรียนควรจะได้ว่า นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย น้ำตาล หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส นิวคลีโอไทด์แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด คือ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไทมีน นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสอะดีนีน นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไซโทซีน และนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสกวานีน นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดต่างกันที่ชนิดของไนโตรเจนัสเบส การประกอบกันเป็นนิวคลีโอไทด์ โดยมีน้ำตาลดีออกซีไรโบสเป็นแกนหลัก มีไนโตรจีนัสเบสอยู่ที่คาร์บอน ตำแหน่งที่ 1 และมีหมู่ฟอสเฟตอยู่ที่คาร์บอน ตำแหน่งที่ 5

3. ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การสืบค้น เรื่อง การสร้างสายพอลินิวคลีโอไทด์ ดังนี้

- จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า DNA มีเบส น้ำตาลดีออกซีไรโบสและหมู่ฟอสเฟตจำนวนมาก และประกอบกันเป็นนิวคลีโอไทด์จำนวนมาก เป็นไปได้หรือไม่ว่านิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว และถ้าเป็นเช่นนั้นนิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นสายยาวได้อย่างไร

4. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์เป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์และให้ศึกษาภาพที่ 16 – 9 ในหนังสือเรียน ครูอาจให้นักเรียนแบ่งกลุ่มตัดกระดาษสีสร้างเป็นนิวคลีโอไทด์ทั้ง 4 ชนิด ๆ ละ 10 – 20 นิวคลีโอไทด์ แต่ละกลุ่มอาจสร้างจำนวนนิวคลีโอไทด์ไม่เท่ากัน (โดยควรมอบหมายให้นักเรียนสร้างนิวคลีโอไทด์มาล่วงหน้า) แล้วให้นำมาต่อกันเป็นสายยาว โดยแสดงการเชื่อมต่อกันเป็นพอลินิวคลีโอไทด์ เปรียบเทียบกับพอลินิวคลีโอไทด์ของกลุ่มอื่น ๆ จากการทำกิจกรรมและตัวแทนกลุ่มนำเสนอการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์เป็นพอลินิวคลีโอไทด์

5. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายสายพอลินิวคลีโอไทด์ที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น ดังนี้

- นิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกันอย่างไร มีปลายสายใดเป็นปลายสาย 5' และ 3'
- สายพอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสายที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

จากการนำเสนอและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่า แต่ละนิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกันด้วยหมู่ฟอสเฟต หมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งจะเชื่อมต่อกับหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำตาลเพนโทสของอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง แต่ละสายพอลินิวคลีโอไทด์แตกต่างกันที่จำนวนและลำดับของนิวคลีโอไทด์ที่มาเชื่อมต่อกัน ครูอาจชี้ให้นักเรียนสังเกตว่าสายพอลินิวคลีโอไทด์ของกลุ่มที่มีจำนวนนิวคลีโอไทด์เท่ากันแต่สายพอลินิวคลีโอไทด์จะต่างกันเนื่องจากมีลำดับของนิวคลีโอไทด์ไม่เหมือนกัน ซึ่งนำไปสู่ความเข้าใจถึงการเกิดลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต

6. ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมว่า “ถ้าพอลินิวคลีโอไทด์ที่เกิดจากการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์ทุกสายแตกต่างกันน่าจะขึ้นอยู่กับอะไร”

นักเรียนควรจะได้ว่า ขึ้นอยู่กับการนำนิวคลีโอไทด์ชนิดใดมาเชื่อมต่อกัน ดังนั้น ลำดับชนิดของนิวคลีโอไทด์จะมีคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ของน้ำตาลดีออกซีไรโบสจะยึดกับหมู่ฟอสเฟต เรียกปลายด้านนี้ว่าปลาย 5' และอีกปลายด้านหนึ่งเป็นคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลดีออกซีไรโบสของนิวคลีโอไทด์ที่อยู่ปลายสุดที่ยึดกับหมู่ไฮดรอกซิล เรียกปลายด้านนี้ว่า ปลาย 3'

7. ครูให้นักเรียนศึกษาตารางที่ 16.3 ของการทดลองของชาร์กาฟฟ์ ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เบส A จะมีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T และ เบส C มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส G และ ปริมาณของ A + T จะไม่เท่ากับปริมาณของเบส G + C

จากข้อมูลการทดลองของชาร์กาฟฟ์ครูให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน ความสัมพันธ์ระหว่างเบส A กับ T และ ความสัมพันธ์ของเบส G กับ C เพื่อนำเข้าสู่หัวข้อ 16.5 โครงสร้างของ DNA ต่อไป

8. ครูทบทวนนิวคลีโอไทด์ทั้ง 4 ชนิด และการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ โดยใช้แผ่นภาพโปร่งใสหรือภาพในหนังสือเรียน ส่วนคำถามในหนังสือเรียนมีแนวในการตอบคำถามดังนี้

8.1 จากภาพที่ 16 – 7

- เบสพิวรีนและเบสไพริมิดีนมีโครงสร้างแตกต่างกันอย่างไร (เบสพิวรีนมีวงแหวนที่มีอะตอมของคาร์บอนและไนโตรเจน 2 วง แต่เบสไพริมิดีนมีวงแหวนวงเดียว)

8.2 จากภาพที่ 16 – 8

- นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างไร (นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดแตกต่างกันที่ชนิดของเบส)

8.3 จากภาพที่ 16.3

- ปริมาณ 4 ชนิด ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สัมพันธ์กันอย่างไร (เบส A มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T เบส C มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส G หรือเท่ากับ 1 : 1)

- อัตราส่วนของ A + T และ C + G ในโมเลกุลของ DNA ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มีค่าเท่ากันหรือไม่ (อัตราส่วนของ A + T และ C + G ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดไม่เท่ากัน)

9. ครูนำเข้าสู่การเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างของ DNA โดยเชื่อมโยงการทดลองของชาร์กาฟฟ์ จากผลการทดลองจะเห็นว่าอัตราส่วนระหว่างเบส A T C และ G คงที่เสมอ เป็นไปได้หรือไม่ว่าเบส A จับคู่กับเบส T และเบส C จับคู่กับเบส G ถ้าเป็นดังที่กล่าวแล้วโครงสร้างของ DNA น่าจะเป็นอย่างไร

10. ครูให้นักเรียนสืบค้นและวิเคราะห์โครงสร้างของ DNA ของเอ็ม เอช เอฟ วิลคินส์ และโรซาลินด์ แฟรงคลิน เจ ดี วอตสัน และเอฟ คริก ที่พยายามสร้างแบบจำลองของ DNA ว่ามีหลักการในการสร้างอย่างไร

จากการสืบค้น และจากการวิเคราะห์นักเรียนควรจะตอบได้ว่า วิลคินส์และแฟรงคลินศึกษาโครงสร้างของ DNA จากการฉายรังสีเอกซ์ผ่านผลึก DNA จะเกิดการหักเหของรังสีเอกซ์ทำให้เกิดภาพบนแผ่นฟิล์ม วิลคินส์และแฟรงคลิน ใช้ประจักษ์พยานมาแปลข้อมูลทำให้ทราบว่า

1. สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มีโครงสร้างของ DNA คล้ายกันมาก
2. DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์มากกว่า 1 สาย
3. พอลินิวคลีโอไทด์มีลักษณะเป็นเกลียว
4. เกลียวของพอลินิวคลีโอไทด์แต่ละรอบมีระยะห่างเท่ากัน

วอตสันและคริกได้สร้างแบบจำลองโมเลกุลของ DNA โดยนำข้อมูลจากการค้นพบของวิลคินส์และแฟรงคลิน และการสืบค้นที่เกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA นำมาสร้างแบบจำลองของ DNA ดังนี้

1. สร้างพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย โดยปลายสาย 3' ของพอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่งจับกับปลายสาย 5' ของสายพอลินิวคลีโอไทด์อีกสายหนึ่ง แต่ละสายมีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' เรียงสลับทิศทางกัน

2. ให้เบส A จับกับเบส T และเบส C จับกับเบส G

3. ให้เบส A ยึดกับเบส T ด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ เบส C ยึดกับเบส G ด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ

4. พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย พันกันบิดเป็นเกลียวคู่ คล้ายบันไดเวียน โดยมีน้ำตาลดีออกซีไรโบสจับกับหมู่ฟอสเฟตกลายเป็นราวบันได

5. เกลียวแต่ละรอบห่างเท่ากัน 34 Å และคู่เบสแต่ละคู่ห่างกัน 3.4 Å และพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ห่างกัน 20 Å

11. ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อขยายความรู้ของนักเรียน ดังนี้

- แต่ละโมเลกุลของ DNA มีจำนวนนิวคลีโอไทด์เท่ากันหรือไม่
- การจัดเรียงตัวของเบสในแต่ละพอลินิวคลีโอไทด์ใน DNA จะเหมือนกันหรือไม่อย่างไร

จากการอภิปรายควรสรุปได้ว่า แต่ละโมเลกุลของ DNA มีจำนวนนิวคลีโอไทด์ไม่เท่ากัน บางชนิดมีประมาณพันคู่ บางชนิดมีประมาณแสนคู่ ดังนั้นถ้า DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์มากเช่นนี้ การเรียงตัวของเบสน่าจะแตกต่างกันมากด้วย

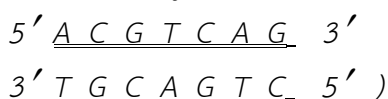
12. ครูและนักเรียนร่วมกันตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

- นักเรียนคิดว่าโครงสร้างของ DNA ที่มีลักษณะเป็น 2 สาย โดยมีการจับคู่กันของคู่เบสของสาย DNA แต่ละสาย มีผลดีต่อ DNA อย่างไร (ทำให้โมเลกุลของ DNA เสถียร เนื่องจากเบสจับกันแบบจำเพาะ คือ เบส A จับกับเบส T และเบส C จับกับเบส G เบสจึงสามารถเข้าคู่กันได้ เกิดเป็น DNA เกลียวคู่ จึงถูกทำลายจากปัจจัยอื่น ๆ ในเซลล์ได้ยาก ถ้า DNA เปลี่ยนแปลงได้ง่ายจะมีผลต่อการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต)

- แรงยึดระหว่างเบส A กับ T และ C กับ G คู่ใดมีความแข็งแรงมากกว่ากัน เพราะเหตุใด(ระหว่างเบส C กับ G แข็งแรงมากกว่าเบส A กับ T เพราะระหว่างเบส C กับ G ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ แต่ เบส A กับ T ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ)

- ใน 1 เกลียวของ DNA ประกอบด้วยคู่เบสกี่คู่ (10 คู่)

- โมเลกุลของ DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ถ้าสายพอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่งมีลำดับเบสเป็น 5' A C G T C A G 3' พอลินิวคลีโอไทด์ของสายที่เป็นคู่กันจะมีลำดับเบสเป็นอย่างไร (พอลินิวคลีโอไทด์ของสายที่เป็นคู่กันจะมีลำดับของเบสเป็นดังนี้



- DNA ที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุลจะเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ให้แตกต่างกันได้กี่แบบ (เบสมี 4 ชนิด ถ้าประกอบกันเป็นนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุล จะเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ได้แตกต่างกันเป็น $4^3 = 64$ แบบ)

13. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของ DNA / โครงสร้างของ DNA ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้
2. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 4 ของ สสท.
2. ใบความรู้ที่ 11 เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของ DNA / โครงสร้างของ DNA
3. แบบฝึกหัด เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของ DNA / โครงสร้างของ DNA

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม/ทักษะวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้
ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินชุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ใบความรู้ที่ 4

องค์ประกอบทางเคมีของ DNA และโครงสร้างของ DNA

1. องค์ประกอบทางเคมีของ DNA

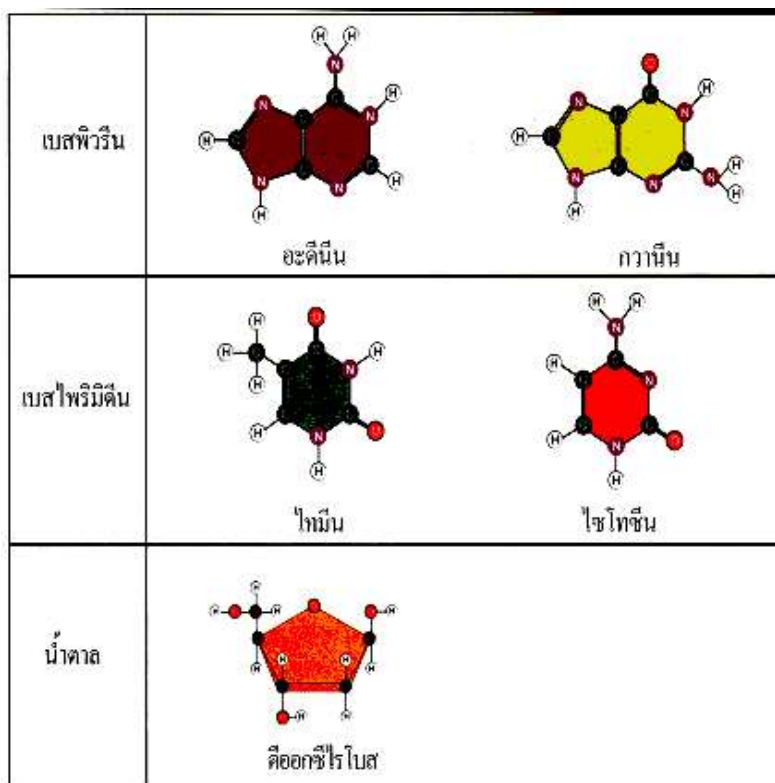
DNA เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต และบางส่วนของ DNA ทำหน้าที่เป็นจีน คือสามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้ ปัญหาต่อไปก็คือโมเลกุลของ DNA เก็บข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตไว้อย่างไร จึงจะสามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปยังรุ่นลูกหลานได้ ถ้าทราบว่าโมเลกุลของ DNA มีคุณสมบัติและโครงสร้างอย่างไรก็จะตอบคำถามนี้ได้

DNA เป็นกรดนิวคลีอิกชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นพอลิเมอร์(polymer) สายยาวประกอบด้วยหน่วยย่อย หรือ มอนอเมอร์(monomer) ที่เรียกว่านิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ซึ่งแต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วย

1. น้ำตาลเพนโทส ซึ่งมีคาร์บอน 5 อะตอม คือน้ำตาล ดีออกซีไรโบส
2. ไนโตรจีนัสเบส(nitrogenous base) เป็นโครงสร้างประกอบด้วยวงแหวนที่มีอะตอมของ คาร์บอนและไนโตรเจน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ
 - 2.1 เบสพิวรีน (purine) มี 2 ชนิด คือ อะดีนีน(adenine หรือ A) และกวานีน(guanine หรือ G)
 - 2.2 เบสไพริมิดีน(pyrimidine) มี 2 ชนิด คือ ไซโทซีน(cytocine หรือ C) และ ไทมีน(thymine หรือ T)

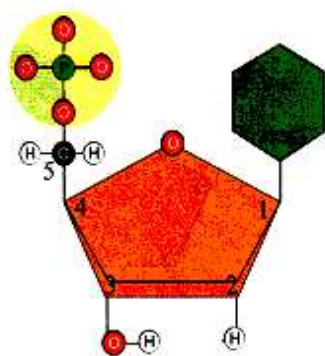
3. หมู่ฟอสเฟต

โครงสร้างของเบสและน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก ดังภาพที่ 1

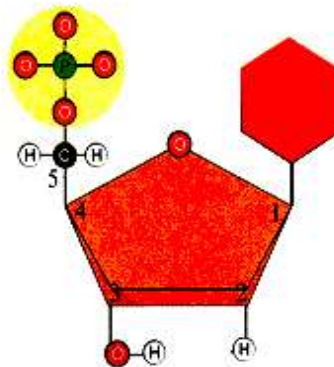


ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของเบส และน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของ DNA

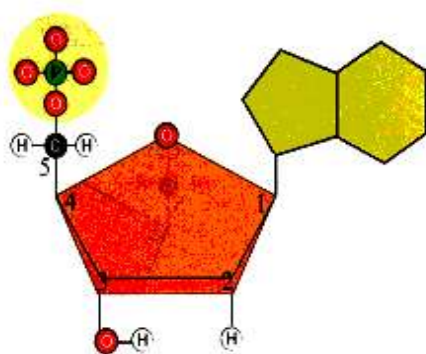
การประกอบขึ้นเป็นนิวคลีโอไทด์นั้น ทั้งสามส่วนจะประกอบกันโดยมีน้ำตาลเป็นแกนหลัก มีไนโตรจีนัสเบส อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และหมู่ฟอสเฟตอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ดังนั้นจึงสามารถจำแนกนิวคลีโอไทด์ใน DNA ได้ 4 ชนิด ซึ่งจะแตกต่างกันตามองค์ประกอบที่เป็นเบส ได้แก่ A T C และ G ดังภาพที่ 2



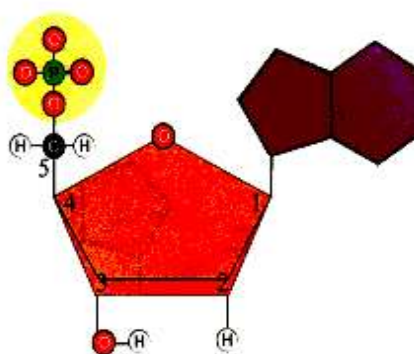
นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไทมีน



นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไฮโพซีน



นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสกวานีน

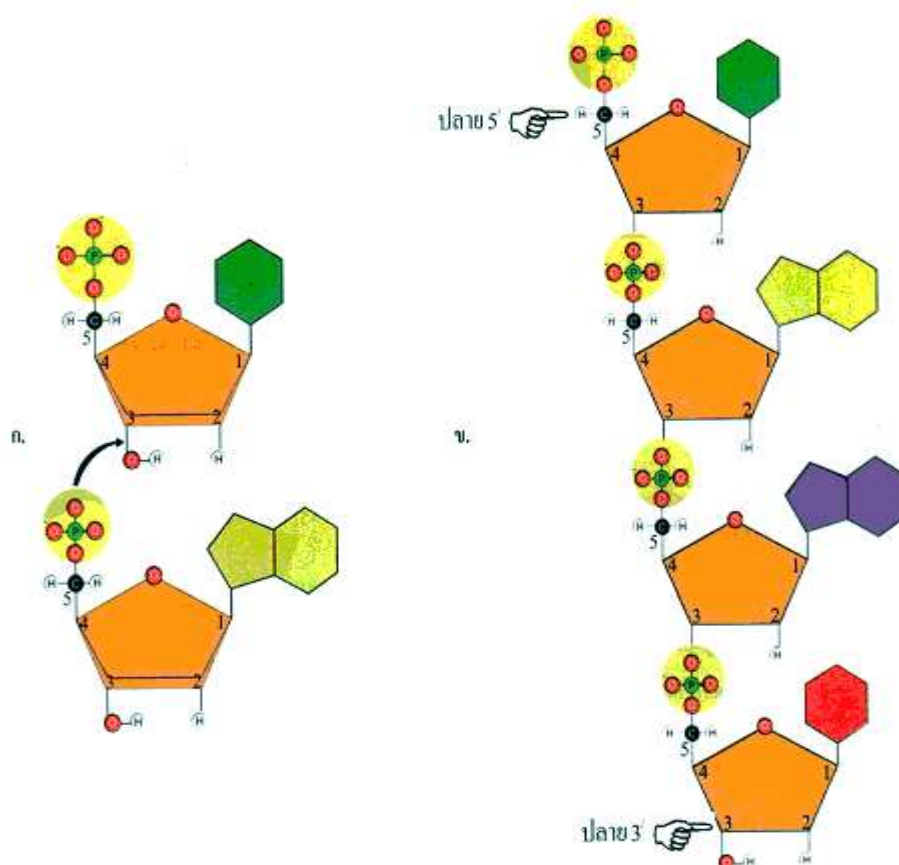


นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสอะดีนีน

ภาพที่ 2 นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ DNA

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของ DNA พบว่ามีเบส น้ำตาลดีออกซีไรโบสและหมู่ฟอสเฟตเป็นจำนวนมาก จึงเป็นไปได้ว่า DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวนมากมาเชื่อมต่อกัน ปัญหาที่คือนิวคลีโอไทด์จำนวนมากนี้มาเชื่อมต่อกันเป็นโมเลกุลของ DNA ได้อย่างไร

การเชื่อมดังกล่าวเกิดการสร้างพันธะโคเวเลนต์ระหว่างหมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งกับหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลในอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง (ดังภาพที่ 3 ก. ข้างล่าง) เมื่อหลายๆนิวคลีโอไทด์มาเชื่อมต่อกันเกิดเป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์ (ดังภาพที่ 3 ข. ข้างล่าง) จะเห็นว่าที่ปลายสายด้านหนึ่งจะมีหมู่ฟอสเฟตเชื่อมอยู่กับน้ำตาลดีออกซีไรโบสที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 เรียกปลายด้านนี้ว่าปลาย 5' (อ่านว่า 5 ไพรม์) และอีกปลายด้านหนึ่งจะมีหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ที่เป็นอิสระ เรียกปลายด้านนี้ของสาย DNA ว่าปลาย 3' (อ่านว่า 3 ไพรม์)



ภาพที่ 3 ก. การเชื่อมต่อระหว่างนิวคลีโอไทด์

ข. สายพอลินิวคลีโอไทด์ที่เกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างนิวคลีโอไทด์

ต่อมานักเคมีในประเทศอังกฤษ พบว่าพอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสายจะแตกต่างกันที่จำนวนของนิวคลีโอไทด์ และลำดับของนิวคลีโอไทด์ในปี พ.ศ. 2492 เออร์วิน ชาร์กาฟฟ์ (Erwin Chargaff) นักชีวเคมีชาวอเมริกัน ได้วิเคราะห์ ปริมาณเบสที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของโมเลกุล DNA ในสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ พบว่าอัตราส่วนของเบส 4 ชนิด ใน DNA ที่สกัดจากสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ จะแตกต่างกัน ดังตารางข้างล่าง ขณะที่อัตราส่วนของน้ำตาลและหมู่ฟอสเฟตมี ค่าค่อนข้างคงที่

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองของชาร์กาฟฟ์

ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ชนิดของเบส (ร้อยละ)				อัตราส่วน	
	อะดีนีน (A)	ไทมีน (T)	กวานีน (G)	ไซโทซีน (C)	A:T	G:C
ยีสต์	31.3	32.9	18.7	17.1	0.95	1.09
แมลงหวี่	27.3	27.6	22.5	22.5	0.99	1.00
พืช	34.4	33.0	16.2	16.4	1.04	0.99
मेंทะเล	32.8	32.1	17.7	18.4	1.02	0.96
ปลาแซลมอน	29.7	29.1	20.8	20.4	1.02	1.02
หนู	28.6	28.4	21.4	21.5	1.01	1.00
คน (เซลล์ตับ)	30.7	31.2	19.3	18.8	0.98	1.03

- ปริมาณเบส 4 ชนิดใน DNA ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ สัมพันธ์กันอย่างไร
- อัตราส่วนของ A+T และ C+G ในโมเลกุลของ DNA ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ มีค่าเท่ากันหรือไม่

จากผลการสืบค้นข้อมูลของนักเรียน นักเรียนควรสรุปได้ว่า

- 1) ไนโตรจีนัสเบสประกอบด้วยวงแหวนที่มี C และ N เป็นองค์ประกอบ
- 2) ไนโตรจีนัสเบสแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เบสพิวรีน มีโครงสร้างประกอบด้วยวงแหวน 1 วง มี 2 ชนิด คือ อะดีนีน (A) และกวานีน (G) และเบสไพริมิดีน โครงสร้างประกอบด้วยวงแหวน 1 วง มี 2 ชนิด คือ ไซโทซีน (C) และไทมีน (T)
- 3) นิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาล หมู่ฟอสเฟตและไนโตรจีนัสเบส
- 4) นิวคลีโอไทด์แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไทมีน นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสอะดีนีน นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสไซโทซีน และนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสกวานีน นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดต่างกันที่ชนิดของไนโตรจีนัสเบส
- 5) การประกอบกันเป็นนิวคลีโอไทด์ มีน้ำตาลดีออกซีไรโบสเป็นแกนหลักมีไนโตรจีนัสเบสอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และมีหมู่ฟอสเฟตที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5
- 6) แต่ละนิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกันด้วยหมู่ฟอสเฟต หมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งจะเชื่อมต่อกับหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำตาลเพนโทสของอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง แต่ละสายของโมเลกุลพอลินิวคลีโอไทด์แตกต่างกันที่จำนวนและลำดับของนิวคลีโอไทด์ที่มาเชื่อมต่อกัน
- 7) สายของพอลินิวคลีโอไทด์กลุ่มที่มีจำนวนนิวคลีโอไทด์เท่ากันแต่สายของพอลินิวคลีโอไทด์จะต่างกันเนื่องจากมีลำดับของนิวคลีโอไทด์ไม่เหมือนกัน นำไปสู่ความเข้าใจถึงการเกิดลักษณะของสิ่งมีชีวิต
- 8) ปลายด้านหนึ่งของพอลินิวคลีโอไทด์จะมีคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ซึ่งน้ำตาลดีออกซีไรโบสยึดกับหมู่ฟอสเฟต เรียกปลายนี้ว่าปลาย 5' และอีกปลายหนึ่งมีคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลดีออกซีไรโบสของนิวคลีโอไทด์ที่อยู่ปลายสุดที่ยึดกับหมู่ไฮดรอกซิล เรียกปลายนี้ว่าปลาย 3'

ความรู้เพิ่มเติม

จากคำถามเพิ่มเติมว่า “ถ้าพอลินิวคลีโอไทด์ที่เกิดจากการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์ทุกสายแตกต่างกัน น่าจะขึ้นอยู่กับอะไร” คนที่พิสูจน์ให้ทราบคำตอบดังกล่าว คือ ชาร์กาฟฟ์

จากการทดลองของชาร์กาฟฟ์ พิสูจน์ให้เห็นว่า “ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เบส A จะมีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T และเบส C มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส G และปริมาณของ A+T จะไม่เท่ากับปริมาณของเบส C+G” ดังตาราง

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองของชาร์กาฟฟ์

ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ชนิดของเบส (ร้อยละ)				อัตราส่วน	
	อะดีนีน (A)	ไทมีน (T)	กวานีน (G)	ไซโทซีน (C)	A:T	G:C
ยีสต์	31.3	32.9	18.7	17.1	0.95	1.09
แมลงหวี่	27.3	27.6	22.5	22.5	0.99	1.00
ผึ้ง	34.4	33.0	16.2	16.4	1.04	0.99
เม่นทะเล	32.8	32.1	17.7	18.4	1.02	0.96
ปลาแซลมอน	29.7	29.1	20.8	20.4	1.02	1.02
หนู	28.6	28.4	21.4	21.5	1.01	1.00
คน (เซลล์ตับ)	30.7	31.2	19.3	18.8	0.98	1.03

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองของชาร์กาฟฟ์แสดงให้เห็นว่าในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ปริมาณของเบส 4 ชนิด จะแตกต่างกัน แต่จะมีปริมาณของเบส A เท่ากับ T และเบส C เท่ากับ G เสมอ เรียกว่า กฎของชาร์กาฟฟ์ (Chargaff's Rule) และสิ่งมีชีวิตจะมีอัตราส่วนระหว่างเบส A:T และอัตราส่วนระหว่างเบส G:C คงที่เสมอ จากอัตราส่วนของเบสดังกล่าว อาจเป็นไปได้ว่าเบส A จับคู่กับ T และเบส G จับคู่กับ C จากอัตราส่วนนี้ชี้ให้เห็นว่า DNA จะต้องมีการจัดเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด ที่ทำให้จำนวนของชนิด A เท่ากับ T และชนิด C เท่ากับ G เสมอไป

จากผลการทดลองของชาร์กาฟฟ์ ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับ “ความสัมพันธ์ระหว่างเบส A กับ T และความสัมพันธ์ของเบส G กับ C มีผลต่อโครงสร้างของ DNA อย่างไร”

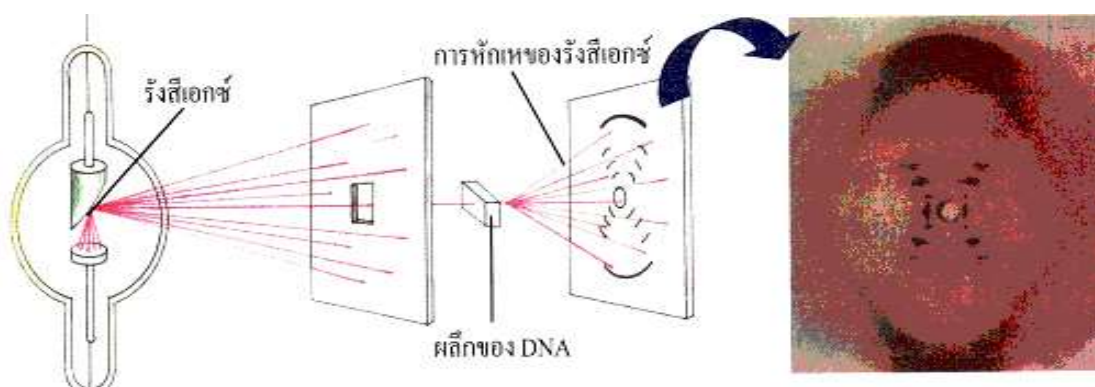
2. โครงสร้างของ DNA

จากการวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างเบสของโมเลกุลของ DNA มาแล้ว นักเรียนทราบหรือไม่ว่าโมเลกุลของ DNA จะมีโครงสร้างเป็นอย่างไร

ปี พ.ศ. 2493-2494 เอ็ม เอช เอฟ วิลคินส์ (M. H.F. Wilkins) และ โรซาลินด์ แฟรงคลิน (Rosalind Franklin) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษได้ศึกษาโครงสร้างของ DNA ในสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ โดยใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction) โดยการฉายรังสีเอกซ์ผ่านผลึก DNA การหักเหของรังสีเอกซ์ทำให้เกิดภาพบนแผ่นฟิล์ม ได้ภาพถ่ายที่ชัดเจนมาก ดังภาพที่ 2 จากภาพถ่ายนี้นักฟิสิกส์แปลผลได้ว่าโครงสร้างของ DNA จากสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ มีลักษณะที่คล้ายกันมาก คือประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์มากกว่า 1 สาย มีลักษณะเป็นเกลียว เกลียวแต่ละรอบมีระยะห่างเท่า ๆ กัน จากผลการศึกษาทำให้เข้าใจโครงสร้างทางกายภาพของ DNA



ภาพที่ 4 โรซาลินด์ แฟรงคลิน



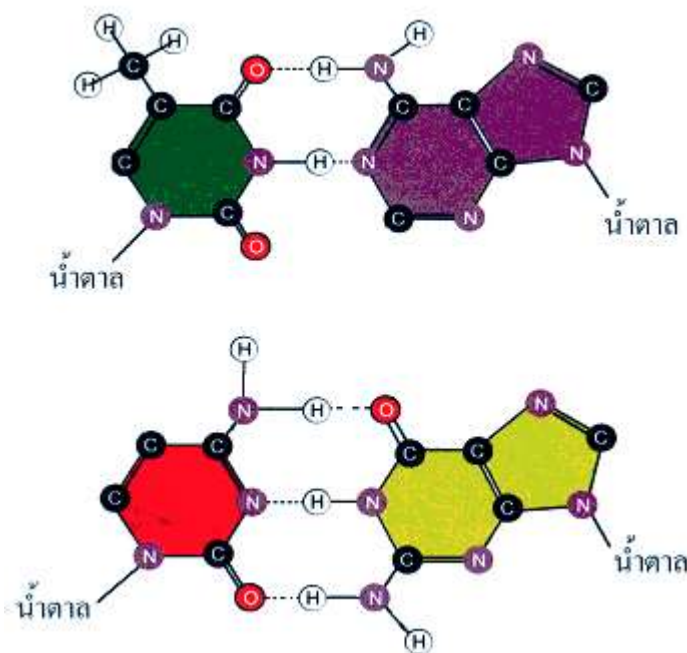
ภาพที่ 5 ภาพที่เกิดจากการหักเหของรังสีเอกซ์ผ่านผลึก DNA

ปี พ.ศ. 2496 เจ ดี วอตสัน (J.D. Watson) นักชีวเคมีชาวอเมริกัน และ เอฟ คริก (F. Crick) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ได้เสนอแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของ DNA ที่สมบูรณ์ที่สุด โดยรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากโครงสร้างทางเคมีของส่วนประกอบของโมเลกุล DNA จากผลการทดลองของชาร์กาฟฟ์ที่แสดงให้เห็นว่า DNA มีเบส A เท่ากับ T และเบส C เท่ากับ G และภาพจากเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันของผลึก DNA โดยนักฟิสิกส์ นำความรู้ที่ได้มารวมกันเป็นแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA

จากข้อมูลของชาร์กาฟฟ์ทำให้วอตสันและคริกพยายามหาพันธะเคมีที่จะเชื่อมพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายให้ติดกัน ต่อมาได้พบว่าพันธะดังกล่าวคือพันธะไฮโดรเจน ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างคู่เบส แม้ว่าจะไม่แข็งแรง แต่เมื่อมีจำนวนมากก็จะมีผลแข็งแรงพอที่จะยึดสายพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายให้เข้าคู่กันได้ และจากการศึกษาโครงสร้างของเบสทั้ง 4 ชนิด พบว่าระหว่างเบส A กับ T สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ 2 พันธะ และระหว่างเบส C และ G เกิดได้ 3 พันธะ



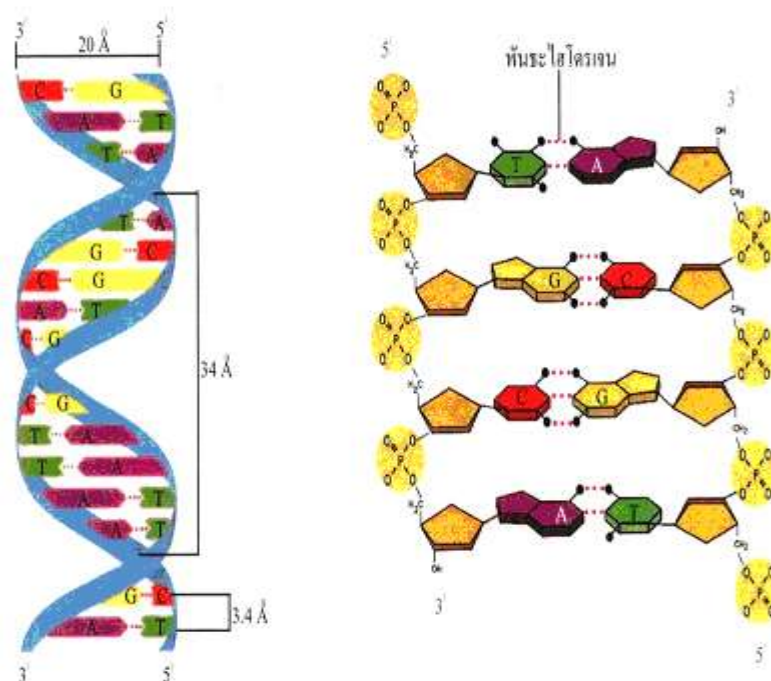
ภาพที่ 6 เจ ดี วอตสัน (J.D. Watson) นักชีวเคมีชาวอเมริกัน และ เอฟ คริก



ภาพที่ 7 พันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสที่เข้าคู่กัน

หลังจากนั้นวอตสันและคริกจึงสร้างแบบจำลอง DNA ตามแนวคิด โดยให้พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายเรียงสลับทิศกันปลาย 3' ของสายหนึ่งเข้าคู่กับปลาย 5' ของอีกสายหนึ่ง เบส A ของสายหนึ่งตรงกับเบส T ของอีกสายหนึ่ง และเบส C ของสายหนึ่งตรงกับเบส G ของอีกสายหนึ่งเสมอ จากนั้นจึงเสนอโครงสร้างโมเลกุลของ DNA ว่าประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เบสในแต่ละสายของ DNA ที่เป็นเบสคู่สม (complementary base pair) ยึด

กันด้วยพันธะไฮโดรเจนโดยมีเบส A จับคู่กับเบส T และเบส C จับคู่กับเบส G โดยมีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' แต่ส่วนทางกันและพันกันเป็นเกลียวคู่ (double helix) เวียนขวาตามเข็มนาฬิกา เกลียวแต่ละรอบห่างเท่าๆกัน และมีคู่เบสจำนวนเท่ากันโครงสร้างเกลียวคู่ทำให้โครงสร้างของ DNA มีลักษณะคล้ายบันไดเวียน โดยมีน้ำตาลดีออกซีไรโบสจับกับหมู่ฟอสเฟตเป็นราราวบันได(backbones) และบันไดแต่ละขั้นคือ คู่เบส 1 คู่ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โครงสร้างของ DNA

จากภาพโครงสร้างของ DNA พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย อยู่ห่างกัน 20 อังสตรอม(Å) เกลียวแต่ละรอบยาว 34 อังสตรอม แต่ละนิวคลีโอไทด์มีระยะห่างกัน 3.4 อังสตรอม นักเรียนได้ศึกษามาแล้วว่าโครงสร้างของ DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวนมาก แม้ว่า DNA จะมีนิวคลีโอไทด์เพียง 4 ชนิด แต่โมเลกุลของ DNA มีความแตกต่างกันได้หลายชนิด แต่ละโมเลกุลอาจประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์หลายพันคู่จนถึงแสนคู่ ตัวอย่างเช่นถ้า DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 2 โมเลกุลเรียงกัน จะสามารถจัดเรียงให้แตกต่างกันได้ 16 แบบ (4^2) ดังนั้นถ้าโมเลกุล DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวนมาก การเรียงลำดับของเบสก็จะแตกต่างกันมากด้วยเช่นเดียวกัน

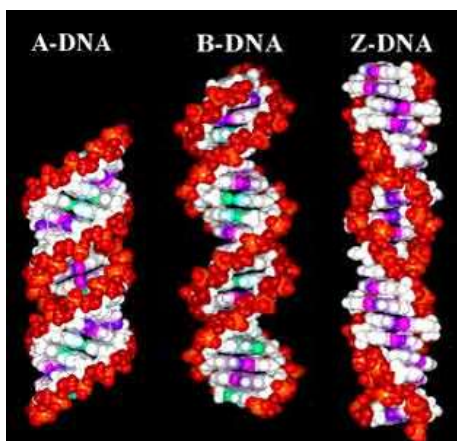
ลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งๆ มีหลายลักษณะ และลำดับเบสของ DNA ซึ่งเกิดจากเบสชนิดต่างๆ กันนั้นมีหลายรูปแบบก็น่าจะมากพอที่จะทำหน้าที่ควบคุมหรือกำหนดลักษณะพันธุกรรมต่างๆ ได้ สิ่งที่น่าสนใจคือ DNA กำหนดและควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

จากประเด็นคำถาม “เป็นไปได้หรือไม่ว่าเบส A จับคู่กับเบส T และเบส C จับคู่กับเบส G ถ้าเป็นดังที่กล่าวแล้วโครงสร้างของ DNA น่าจะเป็นอย่างไร” ที่กำหนดและผลจากการสืบค้นข้อมูลนักเรียนสามารถสรุปได้ว่า วิศวกรและแพทย์คลินิกศึกษาโครงสร้างของ DNA จากการฉายรังสีเอกซ์ผ่านผลึก DNA จะเกิดการหักเหของรังสีเอกซ์ทำให้เกิดภาพบนแผ่นฟิล์ม วิศวกรและแพทย์คลินิก ใช้ประจักษ์พยานมาแปลข้อมูลทำให้ทราบว่า

1. สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ มีโครงสร้างของ DNA คล้ายกันมาก
2. DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์มากกว่า 1 สาย
3. พอลินิวคลีโอไทด์มีลักษณะเป็นเกลียว
4. เกลียวของพอลินิวคลีโอไทด์แต่ละรอบมีระยะห่างเท่ากัน

วอตสันและคริกได้สร้างแบบจำลองโมเลกุลของ DNA โดยนำข้อมูลจากการค้นพบของนิวคลีโอไทด์และแพทย์คลินิก และการสืบค้นที่เกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA นำมาสร้างแบบจำลองของ DNA ดังนี้

1. สร้างพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย โดยปลาย 3' ของพอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่งจับกับปลาย 5' ของสายพอลินิวคลีโอไทด์อีกสายหนึ่ง แต่ละสายมีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' เรียงสลับทิศทางกัน
2. ให้เบส A จับกับเบส T และเบส C จับกับเบส G
3. เบส A ยึดกับเบส T ด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ เบส C ยึดกับเบส G ด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ
4. พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย พันกันบิดเป็นเกลียวคู่ คล้ายบันไดเวียน โดยมีน้ำตาลดีออกซีไรโบสจับหมู่ฟอสเฟตกลายเป็นราวบันได
5. เกลียวแต่ละรอบห่างเท่ากัน 34 Å และคู่เบสแต่ละคู่ห่างกัน 3.4 Å และพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายห่างกัน 20 Å



ที่มา : <http://www.il.mahidol.ac.th/course/dna/index.html>

ภาพที่ 9 โครงสร้างของ DNA แบบ A แบบ B และแบบ Z

แบบฝึกหัด เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของ DNA

ชื่อ - สกุล ชั้น.....เลขที่.....

คำสั่ง :: ให้นักเรียนเขียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เบสพิวรีนและเบสไพริมิดีนมีโครงสร้างแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

2. นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

3. ปริมาณเบส 4 ชนิด ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

4. อัตราส่วนของ A+T และ C+G ในโมเลกุลของ DNA ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

5. จากการทดลองของชาร์กาฟฟ์ สรุปได้ว่าอย่างไร

.....

.....

เฉลยแบบฝึกหัด

เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของ DNA

1. เบสพิวรีนและเบสไพริมิดีนมีโครงสร้างแตกต่างกันอย่างไร

คำตอบ เบสพิวรีนมีวงแหวนที่มีอะตอมของคาร์บอนและไนโตรเจน 2 วง แต่เบสไพริมิดีนมีวงแหวนวงเดียว

2. นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างไร

คำตอบ นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดแตกต่างกันที่ชนิดของเบส

3. ปริมาณเบส 4 ชนิด ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สัมพันธ์กันอย่างไร

คำตอบ เบส A มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T เบส C มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส G หรือเท่ากับ 1+1

4. อัตราส่วนของ A+T และ C+G ในโมเลกุลของ DNA ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มีค่าเท่ากันหรือไม่

คำตอบ อัตราส่วนของ $A + T$ และ $C + G$ ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดไม่เท่ากัน

5. จากการทดลองของชาร์กาฟฟ์ สรุปได้ว่าอย่างไร

คำตอบ ใน DNA ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เบส A จะมีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T และเบส C มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส G และปริมาณของ $A + T$ จะไม่เท่ากับปริมาณของเบส $G + C$

แบบฝึกหัด
เรื่อง โครงสร้างของ DNA

ชื่อ - สกุล ชั้น เลขที่

1. โครงสร้างของ DNA ที่มีลักษณะเป็น 2 สาย โดยมีการจับคู่กันของคู่เบสของสาย DNA แต่ละสาย มีผลดีต่อ DNA อย่างไร

.....

.....

2. แรงยึดระหว่างเบส A กับ T และ C กับ G คู่ใดมีความแข็งแรงมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

.....

.....

3. ใน 1 เกลียว ของ DNA ประกอบด้วยคู่เบสกี่คู่

.....

.....

4. โมเลกุลของ DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ถ้าสายพอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่ง มีลำดับเบสเป็น 5' A C G T C A G 3' พอลินิวคลีโอไทด์ของสายที่เป็นคู่กันจะมีลำดับเบสเป็นอย่างไร

.....

.....

5. DNA ที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุล จะเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ให้แตกต่างกันได้กี่แบบ

.....

.....

เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง โครงสร้างของ DNA

1. โครงสร้างของ DNA ที่มีลักษณะเป็น 2 สาย โดยมีการจับคู่กันของคู่เบสของสาย DNA แต่ละสาย มีผลดีต่อ DNA อย่างไร

คำตอบ

ทำให้โมเลกุลของ DNA เสถียร เนื่องจากเบสจับกันแบบจำเพาะ คือ เบส A จับ T และเบส C จับกับ G เบส จึงสามารถเข้าคู่กันได้ เกิดเป็น DNA เกลียวคู่ จึงถูกทำลายจากปัจจัยอื่น ๆ ในเซลล์ได้ยาก ถ้า DNA เปลี่ยนแปลงได้ง่ายจะมีผลต่อการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

2. แรงยึดระหว่างเบส A กับ T และ C กับ G คู่ใดมีความแข็งแรงมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

คำตอบ

ระหว่างเบส C กับ G แข็งแรงมากกว่า เบส A กับ T เพราะระหว่างเบส C กับ G ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 พันธะ แต่เบส A กับ T ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 พันธะ

3. ใน 1 เกลียว ของ DNA ประกอบด้วยคู่เบสกี่คู่

คำตอบ

ใน 1 เกลียว ของ DNA ประกอบด้วยคู่เบส 10 คู่

4. โมเลกุลของ DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ถ้าสายพอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่ง มีลำดับเบสเป็น 5' A C G T C A G 3' พอลินิวคลีโอไทด์ของสายที่เป็นคู่กันจะมีลำดับเบสเป็นอย่างไร

คำตอบ

พอลินิวคลีโอไทด์ของสายที่เป็นคู่กันจะมีลำดับเบสเป็นดังนี้

3' T G C A G T C 5'

5. DNA ที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุล จะเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ให้แตกต่างกันได้กี่แบบ

คำตอบ

เบสมี 4 ชนิด ถ้าประกอบเป็นนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุล จะเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ได้แตกต่างกันเป็น $4^3 = 64$ แบบ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายวิชาชีววิทยา 2
โรงเรียนสตรีศึกษา
สาระที่ 1 บทที่ 4

รหัสวิชา ว30241
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....
เวลา 4.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมิวเทชัน (ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปฐมภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับโครโมโซม โครงสร้าง หน้าที่และสมบัติของสารพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. อภิปรายและสรุปถึงสมบัติของสารพันธุกรรม
2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการการจำลอง DNA
3. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน
4. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และเปรียบเทียบการสังเคราะห์ DNA และการสังเคราะห์ RNA
5. วิเคราะห์ อภิปราย และเปรียบเทียบการสังเคราะห์โปรตีนของโพรคาริโอตและยูคาริโอต

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 5)

- สมบัติของสารพันธุกรรม
- การสังเคราะห์ DNA
- DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างไร
- DNA กับการสังเคราะห์โปรตีน

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

ครูใช้ภาพแสดงโครงสร้างของ DNA จากแผ่นภาพโปสเตอร์ แล้วทบทวนเกี่ยวกับชนิดของนิวคลีโอไทด์ และความแตกต่างกันของโมเลกุล DNA แต่ละชนิด จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่า “DNA ควรจะมีสมบัติอย่างไรจึงจะสามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้” จากการอภิปรายนักเรียนควรจะสรุปได้ว่า DNA ต้องเพิ่มจำนวนได้ โดยมีลักษณะเหมือนเดิม สามารถควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนที่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรม และสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งจะทำให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างไปจากเดิม

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูตั้งประเด็นให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ดังนี้

- DNA ของสิ่งมีชีวิตจะถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อ ๆ ไปได้อย่างไร
- DNA ในรุ่นพ่อแม่และ DNA ในรุ่นลูกจำเป็นต้องเหมือนกันหรือไม่ ถ้าไม่เหมือนกันจะมีผลอย่างไร

ต่อสิ่งมีชีวิต

จากการอธิบายนักเรียนควรสรุปได้ว่า การถ่ายทอด DNA จากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการแบ่งเซลล์ ซึ่ง DNA มีการจำลองตัวเองเพิ่มปริมาณ DNA เป็นสองชุด โดยถ่ายทอด DNA ชุดหนึ่งให้ลูกรุ่นต่อ ๆ กันไป DNA ที่ถ่ายทอดให้รุ่นลูกจะต้องเหมือนกับ DNA ในรุ่นพ่อแม่ จึงจะสามารถสืบทอดเผ่าพันธุ์ต่อไปได้ ถ้า DNA ในรุ่นลูกแตกต่างไปจาก DNA ในรุ่นพ่อแม่จะทำให้ลูกมีลักษณะที่แตกต่างจากพ่อแม่ ซึ่งต่อไปถ้าความแตกต่างมีมากก็จะทำให้ไม่สามารถดำรงเผ่าพันธุ์เดิมเอาไว้ได้

2. ครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่เรื่อง “การสังเคราะห์ DNA” ว่าการที่ DNA ของรุ่นลูกจะเหมือนกับ DNA ในรุ่นพ่อแม่ นั้นจะเกิดขึ้นได้อย่างไร จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นการสังเคราะห์ DNA หรือการจำลองตัวเองของ DNA จากการศึกษาแนวคิดการจำลอง DNA ของวอตสันและคริกในหนังสือเรียน และภาพที่ 16-13 แสดงการสังเคราะห์ DNA แล้วให้วิเคราะห์ประเด็นสำคัญ ดังนี้

- สิ่งจำเป็นในการสังเคราะห์ DNA
- ขั้นตอนการสังเคราะห์ DNA
- ลำดับเบสของ DNA ในแต่ละโมเลกุล

จากการวิเคราะห์ นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. การสังเคราะห์ DNA จำเป็นจะต้องมีเอนไซม์ DNA พอลิเมอเรส ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมนิวคลีโอไทด์ให้เป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์ มีนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบส A T C G และมี DNA ที่ใช้เป็นสายแม่พิมพ์

2. ขั้นตอนการสังเคราะห์ DNA

2.1 พอลินิวคลีโอไทด์สองสายของ DNA คลายเกลียว พันธะไฮโดรเจนที่ยึดระหว่างคู่เบสของทั้งสองสายจะสลาย ทำให้สองสายแยกออกจากกันเหมือนการรูดซิป

2.2 พอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสาย จะทำหน้าที่เป็นสายแม่พิมพ์เพื่อสังเคราะห์พอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่ โดยเอนไซม์ DNA พอลิเมอเรสนำนิวคลีโอไทด์อิสระเข้าจับกับนิวคลีโอไทด์ของสายแม่พิมพ์ที่มีเบสสอดคล้องกันคือเบส A จับคู่กับ T และเบส C จับคู่กับ G

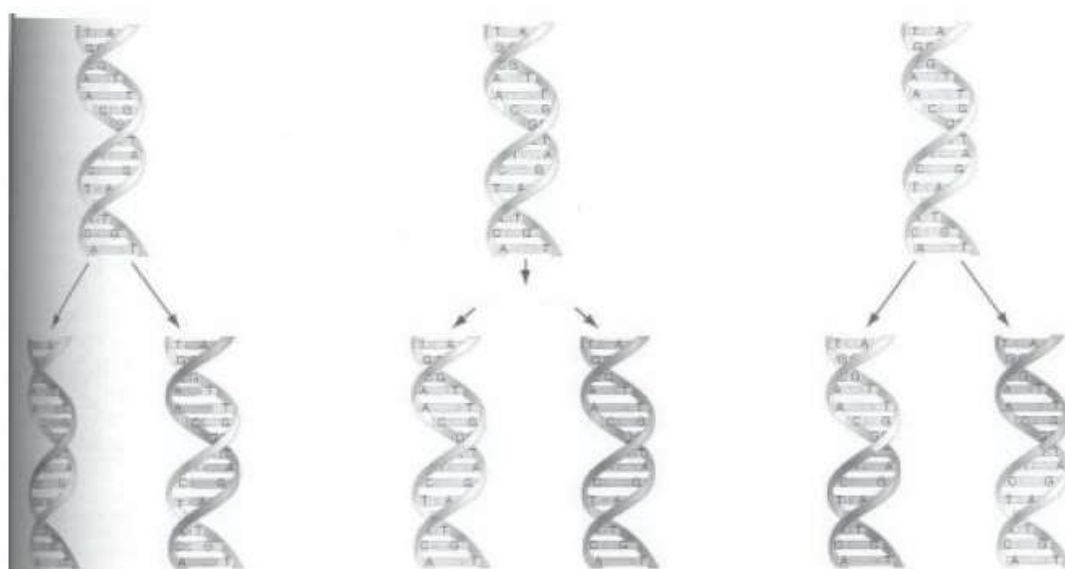
2.3 นิวคลีโอไทด์ของพอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่จะเข้าคู่กับนิวคลีโอไทด์ของสายแม่พิมพ์ด้วยพันธะไฮโดรเจน

3. การสังเคราะห์ DNA ทำให้มีการเพิ่มโมเลกุลของ DNA จาก 1 เป็น 2 โมเลกุล โดย DNA แต่ละโมเลกุลมีพอลินิวคลีโอไทด์สายเดิม 1 สาย และสายใหม่ 1 สาย การจำลองตัวเองของ DNA จึงเป็นแบบกึ่งอนุรักษ์ (semiconservative replication)

สมมติฐานที่ 1 แบบกึ่งอนุรักษ์

สมมติฐานที่ 2 แบบอนุรักษ์

สมมติฐานที่ 3 แบบกระจาย



3. ครูให้นักเรียนศึกษาการสังเคราะห์โมเลกุลของ DNA ในหลอดทดลองของคอรันเบิร์ก ในตารางที่ 16.4 เพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบอัตราส่วนของเบสใน DNA ที่สังเคราะห์ได้กับ DNA แม่พิมพ์ แล้วตอบคำถาม ดังนี้

- จากข้อมูลนี้สามารถบอกอะไรแก่เราได้บ้าง (อัตราส่วนของ $\frac{A+T}{C+G}$ ใน DNA ที่สังเคราะห์ได้ กับอัตราส่วนของ $\frac{A+T}{C+G}$ ใน DNA แม่พิมพ์กับ DNA ที่เป็นแม่พิมพ์)

4. ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การสืบค้น และอภิปรายดังนี้

- เอนไซม์ DNA พอลิเมอร์สมีบทบาทอย่างไรในการสังเคราะห์ DNA
- ปริมาณเบส A เมื่อเทียบกับเบส T และปริมาณเบส C เมื่อเทียบกับเบส G ใน DNA ที่สังเคราะห์ได้เป็นอย่างไร

จากการอภิปรายนักเรียนควรตอบได้ว่าเอนไซม์ DNA พอลิเมอร์สเชื่อมนิวคลีโอไทด์ให้ต่อกันเป็น สายยาว และปริมาณของเบสใน DNA ที่สังเคราะห์ได้เบส A เท่ากับเบส T และเบส C เท่ากับเบส G

5. ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายเพิ่มเติมว่า “การสังเคราะห์ DNA สายใหม่ทั้งสองสายเหมือน หรือแตกต่างกันอย่างไร” จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นการสังเคราะห์ DNA จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ และ ศึกษาภาพที่ 16-15 หรือแผนภาพจากแผ่นภาพโปร่งใส แล้วให้นักเรียนอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

1. DNA เกลียวคู่คลายเกลียวแยกออกจากกัน DNA แม่พิมพ์ 2 สายที่แยกออกจากกันมีทิศทาง จากปลาย 5' ไป 3' สวนทางกัน
2. DNA สายที่เป็นแม่พิมพ์ที่มีปลาย 3' ไป 5' จะสร้าง DNA สายใหม่จากทิศทาง 5' ไป 3' อย่างต่อเนื่องเป็นสายยาว DNA สายใหม่นี้เรียกว่าลีดดิ้งสแตรนด์
3. การสังเคราะห์ DNA สายใหม่จะมี DNA พอลิเมอร์สทำหน้าที่เชื่อมนิวคลีโอไทด์ให้เป็นสายยาว
4. DNA สายที่เป็นแม่พิมพ์อีกสายหนึ่งมีทิศทางจาก 5' ไป 3' ไม่สามารถสร้างสาย DNA จาก ทิศทาง 3' ไป 5' การสร้าง DNA สายใหม่จึงสร้างเป็นสายสั้น ๆ จากทิศทาง 5' ไป 3' และจะมีเอนไซม์ไลเกส เชื่อม DNA สายใหม่ที่เป็นสายสั้น ๆ เข้าด้วยกันเป็นสายยาว DNA สายใหม่สั้น ๆ ที่สร้างในลักษณะนี้เรียกว่า แลกกิงสแตรนด์

6. ครูเน้นให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้นว่า ในการสร้าง DNA สายใหม่ จะต้องมีทิศทางจากปลาย 5' ไปยัง 3' เสมอ เนื่องจากเอนไซม์ DNA พอลิเมอร์สจะทำงานโดยทำหน้าที่เชื่อมนิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นสายยาวจาก ปลาย 5' ไป 3' อีกประการหนึ่งก็คือ สายใหม่อีกสายหนึ่งไม่สามารถสร้างต่อกันเป็นสายยาวได้ เนื่องจากทิศ ทิศทางสร้างจากปลาย 5' ไป 3' นั้นสวนทางกับทิศทางการคลายเกลียวของ DNA โมเลกุลเดิม

ชั่วโมงที่ 2-3

7. ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนเกี่ยวกับความแตกต่างของ DNA แต่ละโมเลกุลที่แตกต่างกันที่จำนวน ของเบสและลำดับของเบส และทบทวนบทบาทของโปรตีนในสิ่งมีชีวิต โดยตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

- โปรตีนเป็นส่วนประกอบส่วนใดของร่างกายของสิ่งมีชีวิต
- โปรตีนเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายอย่างไร

จากการอภิปรายนักเรียนควรยกตัวอย่างสารในร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่เป็นโปรตีน เช่น ฮีโมโกลบิน แอก ทิน ไมโอซิน ฯลฯ และโปรตีนเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมปฏิกิริยาต่าง ๆ ในร่างกาย

8. ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลว่า “ลำดับของเบสใน DNA เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และการสังเคราะห์โปรตีนเกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างไร” ในหัวข้อนี้ต้องการให้นักเรียนร่วมกันสรุปความสัมพันธ์ระหว่าง DNA กับลักษณะทางพันธุกรรมได้

9. ครูให้นักเรียนสืบค้น และวิเคราะห์เกี่ยวกับโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ จากการศึกษาของ วี เอ็ม อินแกรม และจากภาพที่ 16-16 จากการสืบค้นและการวิเคราะห์ นักเรียนควรสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของ DNA ทำให้การสังเคราะห์โปรตีนฮีโมโกลบินผิดปกติ คือ กรดอะมิโนในพอลิเพปไทด์สายบีตาสายหนึ่งของฮีโมโกลบินต่างไปจากปกติ เม็ดเลือดแดงจึงมีลักษณะเป็นรูปเคียว นำออกซิเจนได้น้อยลง เกิดเป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ แสดงว่าลำดับของเบสบน DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต และตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

- คนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ มีลำดับของกรดอะมิโนในฮีโมโกลบิน สายบีตาแตกต่างจากของคนปกติอย่างไร (แตกต่างกันคือ กรดอะมิโนตำแหน่งที่ 6 ของพอลิเพปไทด์สายบีตาสายหนึ่งของฮีโมโกลบินในคนปกติเป็นกรดกลูตามิก ส่วนในคนที่เป็นโรคจะเป็นวาเลอีน)

- ลักษณะทางพันธุกรรมของโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์เกี่ยวข้องกับโปรตีนและ DNA อย่างไร (เมื่อเบสของ DNA เปลี่ยนไป การสังเคราะห์โปรตีนฮีโมโกลบินจะผิดปกติ ทำให้คนที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเช่นนี้เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์)

10. ครูเน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง DNA โปรตีน และลักษณะทางพันธุกรรมได้ว่า เมื่อลำดับเบสของ DNA เปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน ทำให้ลักษณะทางพันธุกรรมเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่า DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

11. ครูนำอภิปรายเพื่อนำเข้าสู่เรื่อง “DNA กับการสังเคราะห์โปรตีน” โดยทบทวนเกี่ยวกับการดิวคลีอิกว่าในเซลล์มี DNA และ RNA เป็นกรดนิวคลีอิก ครูตั้งคำถามหรือนำไปสู่การอภิปรายว่า RNA มีโครงสร้างที่แตกต่างจาก DNA อย่างไร

12. ครูให้นักเรียนสืบค้นร่วมกันอภิปรายและวิเคราะห์ความแตกต่างของโครงสร้าง RNA และ DNA โดยใช้ภาพจากหนังสือเรียนหรือแผ่นภาพโปร่งใส โดยให้นักเรียนร่วมกันเสนอหัวข้อที่ใช้เปรียบเทียบเพื่อเป็นประเด็นการอภิปราย จากการอภิปรายและการวิเคราะห์ นักเรียนสรุปความแตกต่างของโครงสร้าง DNA และ RNA เป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

ข้อเปรียบเทียบ	DNA	RNA
1. จำนวนพอลินิวคลีโอไทด์	2 สาย	1 สาย
2. โครงสร้าง	บิดเป็นเกลียว	ไม่บิดเป็นเกลียว
3. ชนิดของเบส	อะดีนีน กวานีน ไทมีน และ ไซโทซีน	อะดีนีน กวานีน ยูราซิล และ ไซโทซีน
4. น้ำตาล	ดีออกซีไรโบส	ไรโบส

ครูอาจชี้ให้นักเรียนเห็นว่า DNA อยู่ในนิวเคลียส แต่เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวขรุขระซึ่งมีไรโบโซมติดอยู่ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนในไซโทพลาสซึม

13. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายประเด็น ต่อไปนี้

- DNA ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนในไซโทพลาสซึมได้อย่างไร
 - เป็นไปได้หรือไม่ว่า DNA ส่งสารบางอย่างเป็นตัวแทนมาควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนในไซโทพลาสซึม
 - สารที่ DNA ส่งมานั้นคืออะไร รับคำสั่งจาก DNA อย่างไร และมีกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนอย่างไร

14. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล สมมติฐานของฟรอนซ์ จาค็อบ และจาก โมนอด จากหนังสือเรียนที่เสนอเกี่ยวกับสารที่เป็นตัวกลางระหว่าง DNA ในนิวเคลียสกับไรโบโซมในไซโทพลาสซึม

จากการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมมติฐานของฟรอนซ์ จาค็อบ และจาค โมนอต โดยใช้ภาพที่ 16 – 18 ประกอบการอภิปรายเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปได้ว่า mRNA เป็นสารตัวกลางที่นำข้อมูลทางพันธุกรรมจาก DNA เกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนมายังไรโบโซมในไซโทพลาสซึม ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการสังเคราะห์โปรตีน จึงอาจสรุปได้ว่ากระบวนการสังเคราะห์โปรตีนประกอบด้วยขั้นตอนการสังเคราะห์ RNA จาก DNA แม่พิมพ์ และการสังเคราะห์โปรตีนในไรโบโซม

ก. การสังเคราะห์ RNA จาก DNA แม่พิมพ์

15. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลการสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แม่พิมพ์ จากภาพที่ 16-19 นั้น ตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนนำความรู้มาอธิบายขั้นตอนการสังเคราะห์ mRNA ดังนี้

- การสังเคราะห์ mRNA มีขั้นตอนอย่างไร
- RNA พอลิเมอเรส มีบทบาทอย่างไรในการสังเคราะห์ mRNA
- ในการสังเคราะห์ mRNA มีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' หรือจากปลาย 3' ไปยัง 5'
- กระบวนการสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แม่พิมพ์ เรียกว่ากระบวนการอะไร

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่าการสังเคราะห์ RNA เอนไซม์ RNA พอลิเมอเรส ไปจับกับ DNA บริเวณที่จะสังเคราะห์ RNA DNA 2 สายจึงคลายเกลียวแยกออกจากกัน โดยมีสายใดสายหนึ่งเป็นแม่พิมพ์ จากนั้นนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสคู่กันจะเข้าไปจับกับเบสของสายแม่พิมพ์ โดยนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสคู่กันจะเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว มีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' ซึ่งสลับทิศทางกับสาย DNA แม่พิมพ์ จะได้เป็นสาย mRNA จากนั้น mRNA แยกออกจาก DNA ไปยังไรโบโซม RNA พอลิเมอเรสมีบทบาทในการสังเคราะห์ mRNA คือ ทำให้พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย แยกออกจากกันและเชื่อมนิวคลีโอไทด์ต่อกันเป็นสาย mRNA และทิศทางในการสังเคราะห์ mRNA จะสังเคราะห์จากปลาย 5' ไปยัง 3' กระบวนการสังเคราะห์ mRNA เรียกว่า การถอดรหัสหรือทรานสคริปชัน

16. ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบกระบวนการสังเคราะห์ DNA (DNA replication) และกระบวนการสังเคราะห์ mRNA (transcription) ซึ่งนักเรียนควรเปรียบเทียบได้ดังนี้

กระบวนการสังเคราะห์ DNA	กระบวนการสังเคราะห์ mRNA
1. ใช้พอลินิวคลีโอไทด์ที่เป็นแม่พิมพ์ทั้ง 2 สาย	1. ใช้พอลินิวคลีโอไทด์ที่เป็นแม่พิมพ์เพียงสายเดียว
2. ใช้เอนไซม์ DNA พอลิเมอเรสในการสังเคราะห์	2. ใช้เอนไซม์ RNA พอลิเมอเรสในการสังเคราะห์
3. ใช้ดีออกซีไรโบสนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ A T C G	3. ใช้ไรโบนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ A U C G
4. ผลผลิตได้ DNA สายใหม่ 2 สาย	4. ผลผลิตได้ mRNA สายเดียว

ส ว น

คำถามในหนังสือเรียน มีแนวในการตอบดังนี้

- ในการสังเคราะห์ RNA โดยใช้ DNA สายหนึ่งเป็นแม่พิมพ์ มีลำดับเบสดังนี้

3' T A C G G C A T A T C G A 5' จงเขียนลำดับเบสของ RNA ที่สังเคราะห์โดยเริ่มจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' (ลำดับเบสของ RNA เป็นดังนี้ 3' A U G C C G U A U A G C U 3')

17. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปราย เพื่อให้เห็นบทบาทหน้าที่และความสำคัญของ DNA และ RNA ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนได้ดังนี้

- DNA สังเคราะห์ RNA ได้กี่ชนิด อะไรบ้าง
- RNA แต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกันอย่างไรในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

จากการสืบค้นและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่า DNA สังเคราะห์ RNA ได้ 3 ชนิดคือ mRNA tRNA และ rRNA แต่ละชนิดมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ดังนี้

- 1) tRNA ทำหน้าที่นำกรดอะมิโนมาต่อกันเป็นสายยาวบนไรโบโซม
- 2) rRNA เป็นส่วนประกอบของไรโบโซม
- 3) mRNA นำรหัสการสร้างโปรตีนมายังไรโบโซมในไซโทพลาสซึม

ในพวกยูคาริโอต การสังเคราะห์ RNA ทั้ง 3 ชนิด จะเกิดในนิวเคลียส จากนั้นจึงออกสู่ไซโทพลาสซึม ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการสังเคราะห์โปรตีน และชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดเรียงลำดับเบสบน mRNA ซึ่งจะเข้ารหัสพันธุกรรม (genetic code) เพื่อนำเข้าสู่หัวขั้วรหัสพันธุกรรมต่อไป

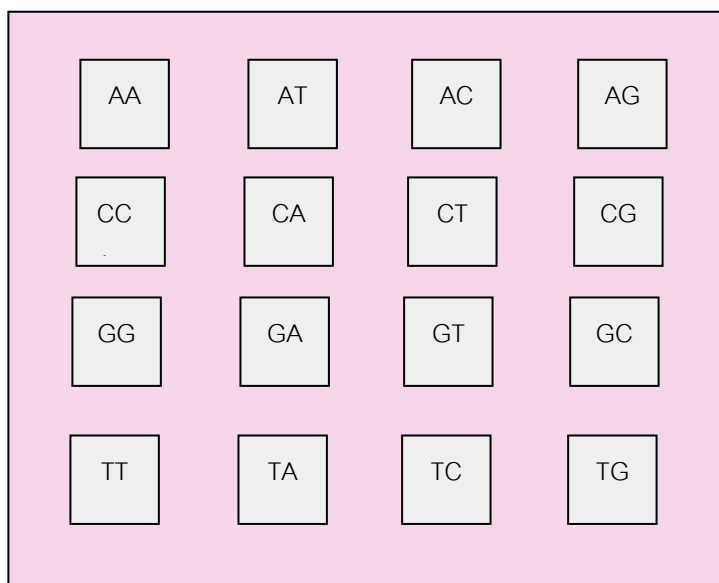
ครูอาจใช้ภาพที่ 17-20 ในหนังสือเรียน ในการประกอบการสรุปเกี่ยวกับชนิดของ RNA และหน้าที่ของ RNA ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้น

18. ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลว่าจาก “กระบวนการทรานสคริปชันทำให้ได้ mRNA แล้ว mRNA จะเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนอย่างไร” จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ “รหัสพันธุกรรม”

19. ครูใช้แผ่นภาพโปร่งใสแสดงโครงสร้างของ DNA หรือหุ่นจำลองโครงสร้างของ DNA หรือภาพจากหนังสือเรียน เพื่อเน้นให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของโมเลกุล DNA อยู่ที่จำนวนและลำดับนิวคลีโอไทด์ใน DNA จากนั้นให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า “ส่วนใดของ DNA ที่เก็บข้อมูลทางพันธุกรรมและถ่ายทอดให้ mRNA ซึ่งไปกำหนดกรดอะมิโน 20 ชนิด ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน” นักเรียนควรตอบได้ว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ของ DNA เป็นข้อมูลทางพันธุกรรมที่ถอดรหัสให้ mRNA และครูควรเน้นให้นักเรียนทราบว่า “ความแตกต่างของนิวคลีโอไทด์ เนื่องมาจากเบสที่เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นลำดับนิวคลีโอไทด์ในสาย DNA และ RNA จึงอาจเรียกแทนว่า ลำดับเบส”

20. ครูเน้นให้นักเรียนสรุปประเด็นสำคัญได้ว่า ลำดับเบสของ DNA จะกำหนดลำดับเบสของ mRNA และลำดับเบสของ mRNA จะกำหนดการเรียงตัวของกรดอะมิโน จากนั้นครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การสืบค้นและการอภิปราย “การเรียงลำดับของเบสใน mRNA จำนวนเท่าใดจึงเป็น 1 รหัสพันธุกรรม” เพื่อกำหนดกรดอะมิโน 1 ชนิด ถ้ามีเบส 1 ตัว เป็นรหัสกำหนดกรดอะมิโน 1 ชนิด ก็จะเป็นรหัสของกรดอะมิโนได้กี่ชนิด ซึ่งนักเรียนควรตอบได้ว่า 4 ชนิด เนื่องจาก DNA มีนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด

21. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรมโดยให้ประเด็นว่า ถ้ามีเบส 2 โมเลกุลเป็นรหัสกำหนดกรดอะมิโน 1 ชนิดจะเป็นรหัสของกรดอะมิโนได้กี่ชนิด โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและออกแบบรหัสพันธุกรรมอย่างอิสระ วัสดุที่ทำกิจกรรมอาจใช้ปากกาเคมีสีต่าง ๆ เขียนชนิดของเบสในกระดาษ หรือตัดกระดาษสีแทนชนิดของเบส เป็นต้น แล้วนำเสนอหน้าชั้นเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น จากการทำกิจกรรม อภิปรายและบอกวิธีคิด ทำให้ได้ข้อสรุปว่า รหัสพันธุกรรมที่ประกอบด้วยเบส 2 โมเลกุลเรียงกันจะสามารถจัดเรียงให้แตกต่างกันได้ 16 แบบ หรือ 4^2 หรือ 16 รหัสดังนี้



จากภาพจะเห็นได้ว่าถ้า 1 รหัสพันธุกรรมประกอบด้วยเบส 2 ตัวเรียงกัน ซึ่งจะเป็นรหัสของกรดอะมิโน 1 ชนิด จะจัดเรียงได้เพียง 16 รหัส หรือ 4^2 ก็จะเป็นรหัสของกรดอะมิโน 16 ชนิด ไม่เพียงพอสำหรับกรดอะมิโนซึ่งมี 20 ชนิด

22. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ดังนี้

- ถ้ารหัสพันธุกรรม 1 รหัสประกอบด้วยเบส 3 ตัว จะจัดเรียงให้แตกต่างกันได้กี่รหัส

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า 1 รหัสพันธุกรรมประกอบด้วยเบส 3 ตัว จะได้ 64 รหัส หรือ 4^3 ซึ่งมีจำนวนรหัสพันธุกรรมที่มากเกินไปสำหรับกรดอะมิโน 20 ชนิด

23. ครูให้นักเรียนศึกษาตารางที่ 16.5 แสดงรหัสพันธุกรรม 64 รหัส จากนั้นตั้งคำถามแล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ เมื่อนำความรู้เกี่ยวกับรหัสพันธุกรรมไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนต่อไปดังนี้

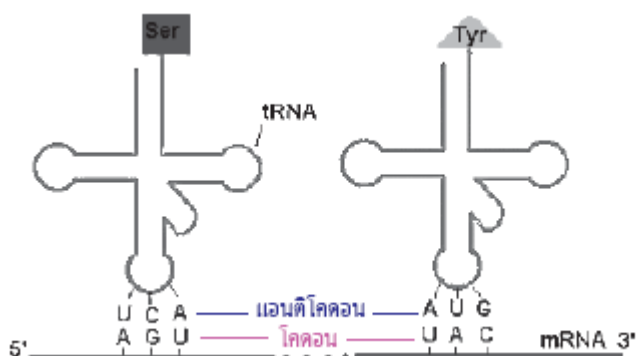
- รหัสพันธุกรรมกี่รหัสที่กำหนดกรดอะมิโน 20 ชนิด

- กรดอะมิโนชนิดใดที่กำหนดโดยรหัสพันธุกรรม 1 รหัส หรือ 2 หรือ 3 หรือ 4 รหัส

รหัสใดบ้างที่ไม่กำหนดกรดอะมิโน

จากการวิเคราะห์และอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่ารหัสพันธุกรรมที่กำหนดกรดอะมิโน 20 ชนิด มีเพียง 61 รหัสเท่านั้นที่จะกำหนดรหัสกรดอะมิโนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน กรดอะมิโนบางชนิดที่กำหนดโดยรหัสพันธุกรรมเพียง 1 รหัส เช่น เมไทโอนีน (Met) กรดอะมิโนบางชนิดกำหนดโดยรหัสพันธุกรรม 2 รหัส เช่น ฮิสทีดีน กำหนดโดย 3 รหัสเช่น ไอโซลิวซีน และกำหนดโดย 4 รหัสเช่น วาลีน ส่วนรหัสพันธุกรรมอีก 3 รหัส ได้แก่ UAA UAG UGA จะไม่กำหนดกรดอะมิโน หรือเรียกว่ารหัสหยุด (stop codon)

24. ครูนำอภิปรายเพิ่มเติมว่ารหัสพันธุกรรม 1 รหัส เรียกว่า โคดอน(codon) จะกำหนดกรดอะมิโน 1 ชนิด และลำดับเบส 3 โมเลกุลของ tRNA ที่เข้าคู่กับโคดอน เรียกว่า แอนติโคดอน (anticodon) ดังภาพ



25. ครูอาจประเมินความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับโคดอนและแอนติโคดอน โดยกำหนดตัวอย่างโคดอนของ mRNA แล้วให้นักเรียนเติมแอนติโคดอน จากนั้นอาจให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกำหนดโคดอนเอง แล้ววาดภาพแสดงลำดับเบสของ mRNA ประมาณ 15 เบส ไรโบโซมและ tRNA โดยให้มีตำแหน่งของโคดอนของ mRNA อยู่ตรงกับแอนติโคดอนของ tRNA แล้วสุมให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอแอนติโคดอนทั้งหมดหน้าชั้นเรียน หรือให้ทำบนกระดาน หรืออาจให้ทำใบงานเป็นกลุ่ม และตอบคำถามดังนี้

- ถ้ารหัสพันธุกรรมประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ต่อไปนี้ GCC AAU CUG UGG ลำดับของกรดอะมิโนจะเป็นอย่างไร (Ala - Asn - Leu - Trp)

ชั่วโมงที่ 4

ข. การสังเคราะห์โปรตีนที่ไรโบโซม

26. ครูให้นักเรียนสืบค้น และวิเคราะห์กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนที่ไรโบโซมในหนังสือเรียนและภาพที่ 16- 21 แล้วตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

- ในการสังเคราะห์โปรตีนสิ่งใดเป็นตัวกำหนดชนิดของกรดอะมิโนและการเรียงลำดับของกรดอะมิโน
- สิ่งที่ต้องใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนมีอะไรบ้าง
- tRNA มีบทบาทอย่างไรในการสังเคราะห์โปรตีน
- การสังเคราะห์โปรตีนมีทิศทางของการสังเคราะห์จากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' ของ mRNA หรือทิศทางจากปลาย 3' ไปยังปลาย 5'
- กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนมีกี่ขั้นตอนอะไรบ้าง แต่ละขั้นตอนเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนอย่างไร

- การสังเคราะห์โปรตีนของพวักยูคาริโอตและโพรคาริโอตต่างกันอย่างไร

จากการสืบค้นและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่า

สิ่งที่ต้องใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ได้แก่ DNA mRNA tRNA ไรโบโซม กรดอะมิโน เอนไซม์ กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนมี 2 ขั้นตอน โดยมีหลักสำคัญดังนี้

1. กระบวนการถอดรหัส หรือ ทรานสคริปชัน (transcription) เป็นกระบวนการที่ DNA ถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมให้ mRNA ซึ่งจะนำรหัสการสังเคราะห์โปรตีนไปยังไซโทพลาสซึม
2. กระบวนการแปลรหัส หรือ ทรานสเลชัน (translation) เป็นกระบวนการที่ tRNA นำกรดอะมิโนที่ตรงกับโคดอนของ mRNA ตามตารางที่ 16.5 รหัสพันธุกรรม เช่น tRNA ที่มีแอนติโคดอน CCA จะนำกรดอะมิโนชนิดไกลซีน (Gly) มาโยงไรโบโซมตรงที่มีโคดอน GGU ของ mRNA เป็นต้น โดยนำกรดอะมิโนมาเรียงต่อกันบนไรโบโซมตามรหัสพันธุกรรมของ mRNA

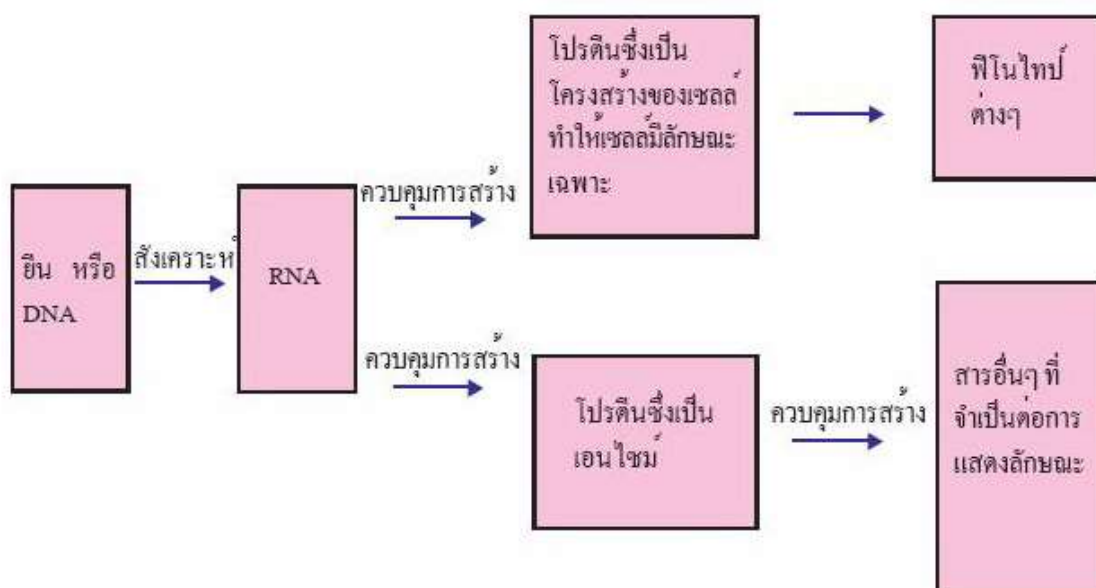
27. ครูกระตุ้นให้นักเรียนสืบค้นเพื่อนำไปสู่การอภิปรายและเปรียบเทียบการสังเคราะห์โปรตีนของสิ่งมีชีวิตพวกโพรคาริโอตและยูคาริโอต จากการอภิปรายนักเรียนควรเปรียบเทียบได้ว่า

การสังเคราะห์โปรตีนของโพรคาริโอตทั้งกระบวนการถอดรหัสและการแปลรหัสเกิดในไซโทพลาสซึม เนื่องจากพวกโพรคาริโอตไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ส่วนยูคาริโอตการถอดรหัสเกิดในนิวเคลียส ส่วนการแปลรหัสเกิดในไซโทพลาสซึม

28. ครูนำภาพที่ 16 – 21 จากหนังสือเรียนหรือจากแผ่นภาพโปร่งใสให้นักเรียนสรุปขั้นตอนการสังเคราะห์โปรตีนอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้น จากนั้นครูอภิปรายเพิ่มเติมว่า การสังเคราะห์โปรตีนบนสาย mRNA สังเคราะห์พร้อมกันหลายสายได้หรือไม่ ให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 16 – 22 ซึ่งแสดงการสังเคราะห์โปรตีนหลาย ๆ สายพร้อมกัน โดยไรโบโซมจะมาเกาะจับกับ mRNA ได้หลาย ๆ ไรโบโซม mRNA ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า พอลิไรโบโซมหรือพอลิโซม

29. ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้วว่า DNA ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน โปรตีนที่สังเคราะห์ขึ้นเหล่านี้ไปทำหน้าที่อะไรบ้าง ซึ่งนักเรียนควรจะนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการตอบได้หลากหลาย เช่น โปรตีนฮีโมโกลบินช่วยขนส่งออกซิเจน แอกตินและไมโอซินในกล้ามเนื้อช่วยในการเคลื่อนที่ คอลลาเจนและเคอราตินเป็นโปรตีนในผิวหนังและขน โปรตีนที่เป็นเอนไซม์ ฮอร์โมนต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดลักษณะต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมโดยควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนักเรียนจะเห็นได้ว่า DNA เกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต ซึ่ง DNA เป็นแหล่งเก็บข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตแล้วถ่ายทอดให้กับ RNA จากนั้นมีการแปลรหัสจาก RNA เป็นกรดอะมิโน ในที่สุดจะได้โปรตีนซึ่งทำหน้าที่เป็นโปรตีนโครงสร้าง โปรตีนที่เป็นเอนไซม์หรืออื่น ๆ ภายในเซลล์ มีผลทำให้เซลล์และสิ่งมีชีวิตมีลักษณะต่าง ๆ ปรากฏให้เห็น ซึ่งสามารถสรุปเป็นแผนผังดังนี้



30. ครูและนักเรียน ร่วมกันตอบคำถาม ดังนี้

- ถ้าโคดอนของ mRNA โมเลกุลหนึ่งมีลำดับเบสดังนี้

5' A U G C A C G G G U A U A U C U A A 3'

จงบอกลำดับของแอนติโคดอนของ tRNA โดยเรียงลำดับที่จะเข้าจับสาย mRNA และลำดับของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์

(ลำดับเบสของแอนติโคดอน คือ

3' U A C G U G C C C A U A U A G A U U 5'

ลำดับของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์ คือ Met - His - Gly - Tyr - Lle =- รหัสหยุด)

- พอลิเพปไทด์สายหนึ่งมีลำดับกรดอะมิโนดังนี้ Met - Pro - Lys - Val จงบอกลำดับเบสที่อาจเป็นไปได้ของ mRNA ที่สร้างพอลิเพปไทด์สายนี้ (AUG CCA AAA GUG)

- จากภาพที่ 17 - 22 เป็นพอลิไรโบโซมของโพรคาริโอตหรือยูคาริโอต (โพรคาริโอต)

31. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้
2. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง มิวเทชัน ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 2 ของ สสวท.
2. ใบความรู้ที่ 5 เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม/ทักษะวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้ ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน
..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ
..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่า มีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้
ในระดับดีขึ้น

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนด
ไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....
.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

ตำแหน่ง ครู คศ.3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินซุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ใบความรู้ที่ 5

เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม

1. การสังเคราะห์ DNA

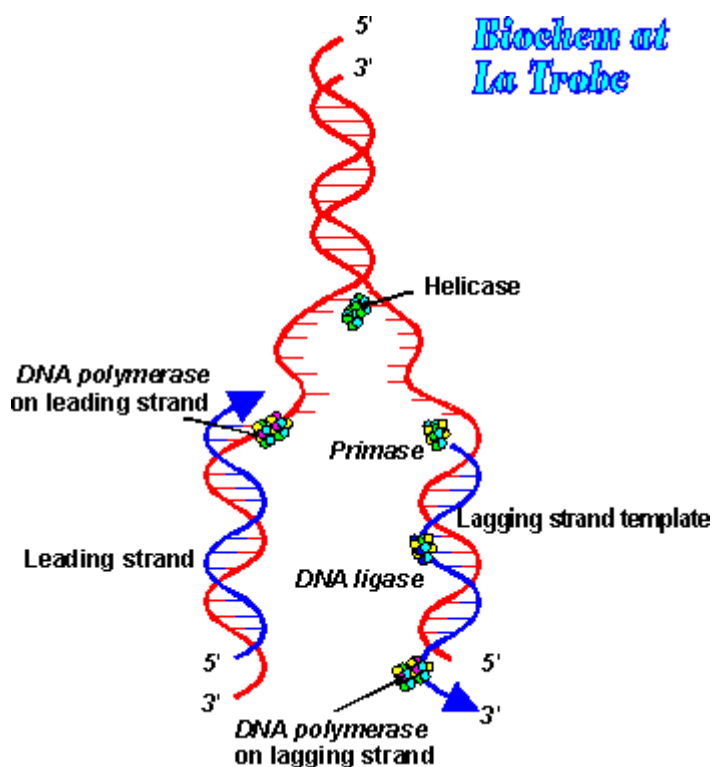
เมื่อวอตสันและคริกคิดโครงสร้างทางเคมีของ DNA ขึ้นแล้ว งานชิ้นต่อไปก็คือ การพิสูจน์และทดสอบว่าโครงสร้างของ DNA นี้ มีคุณสมบัติเพียงพอที่จะเป็นสารพันธุกรรมได้หรือไม่ ซึ่งการที่จะเป็นสารพันธุกรรมได้นั้นย่อมต้องมีคุณสมบัติสำคัญ คือ

1. ต้องสามารถแบ่งตัวเอง ได้โดยมีลักษณะเหมือนเดิมเพื่อทำให้มีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกได้
2. สามารถควบคุมให้เซลล์สังเคราะห์สารต่าง ๆ เพื่อแสดงลักษณะทางพันธุกรรมให้ปรากฏ
3. ต้องสามารถเปลี่ยนแปลงได้บ้าง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจก่อให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมที่ผิดแผกแตกต่างไปจากเดิมและเป็นช่องทางให้เกิดสิ่งมีชีวิตพันธุ์ใหม่ ๆ ขึ้น

อีก 10 ปี ต่อมาหลังจากที่วอตสันและคริกได้คิดโครงสร้างของ DNA ขึ้น จึงสามารถพิสูจน์ได้ว่า DNA มีคุณสมบัติที่จะเป็นสารพันธุกรรมได้ วอตสันและคริกจึงได้รับรางวัลโนเบลด้วยผลงานการค้นพบโครงสร้างของ DNA ในปี พ.ศ. 2505 นับว่าเป็นผู้เปิดศักราชใหม่ให้แก่ความรู้ด้านพันธุศาสตร์ และการศึกษาค้นคว้าในระดับโมเลกุลต่อไป

วอตสันและคลิกเสนอโครงสร้างของ DNA ว่าเป็นพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายพันกันเป็นเกลียวซึ่งโครงสร้างตามแบบจำลองนี้นำไปสู่การเสนอกลไกพื้นฐานของการสังเคราะห์ DNA หรือการจำลองตัวเองของ DNA โดยนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองได้พยากรณ์กลไกการจำลอง DNA ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร

ในปี พ.ศ. 2496 วอตสันและคลิกได้พิมพ์บทความพยากรณ์การจำลองตัวเองของ DNA ไว้ว่า ในการจำลองตัวเองของ DNA พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย แยกออกจากกันเหมือนการรูดซิป โดยการสลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบส A กับ T และเบส C กับ G ที่ละคู่ พอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสายทำหน้าที่เป็นแม่พิมพ์สำหรับการสร้างสายใหม่ มีการนำนิวคลีโอไทด์อิสระที่อยู่ในเซลล์เข้ามาจับกับพอลินิวคลีโอไทด์สายเดิม โดยเบส A จับกับ T และเบส C จับกับ G หมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์อิสระจับกับน้ำตาลดีออกซีไรโบสของนิวคลีโอไทด์ที่อยู่ถัดไป ทำให้ DNA ที่สังเคราะห์ใหม่เหมือนกับ DNA โมเลกุลเดิมทุกประการ การสังเคราะห์ DNA หรือการจำลองตัวเองของ DNA โดยวิธีการนี้เรียกว่า DNA เพลกซัน (DNA replication) ทำให้มีการเพิ่มโมเลกุลของ DNA จาก 1 โมเลกุลเป็น 2 โมเลกุล DNA แต่ละโมเลกุลมีพอลินิวคลีโอไทด์ สายเดิม 1 สาย และสายใหม่ 1 สาย จึงเรียกรูปแบบการจำลองแบบนี้ว่าเป็น แบบกึ่งอนุรักษ์ (semiconservative) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 DNA เพลลิเคชัน

(ที่มา : http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/library/cat-removed/dna_rep.gif)

ตามแนวคิดเกี่ยวกับการจำลอง DNA ที่วอตสันและคลิกเสนอนั้นเป็นเพียงสมมติฐาน แต่ในปี พ.ศ. 2499 อาร์เธอร์ คอร์นเบิร์ก (Arther Kornberg) นักชีวเคมีชาวอเมริกันเป็นคนแรกที่สามารถสังเคราะห์ DNA ในหลอดทดลองได้สำเร็จโดยนำเอาเอนไซม์ DNA พอลิเมอเรส (DNA polymerase) ซึ่งสกัดจากแบคทีเรีย *E. coli* ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารสังเคราะห์สมบูรณ์ ได้แก่ DNA แม่พิมพ์ นิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด ที่มีเบส A T C และเบส G เอนไซม์ DNA พอลิเมอเรส ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมนิวคลีโอไทด์ให้ต่อกันเป็นสายยาว โดยมีทิศทางการสังเคราะห์สาย DNA สายใหม่ จากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' ปัญหา คือ จะพิสูจน์อย่างไรว่า DNA ที่สังเคราะห์ได้นั้น เหมือนกับ DNA แม่พิมพ์ที่ใส่ในหลอดทดลอง

จากผลการทดลองของคอนเบิร์ก ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของเบสใน DNA ที่สังเคราะห์ได้ในหลอดทดลองและ DNA แม่พิมพ์

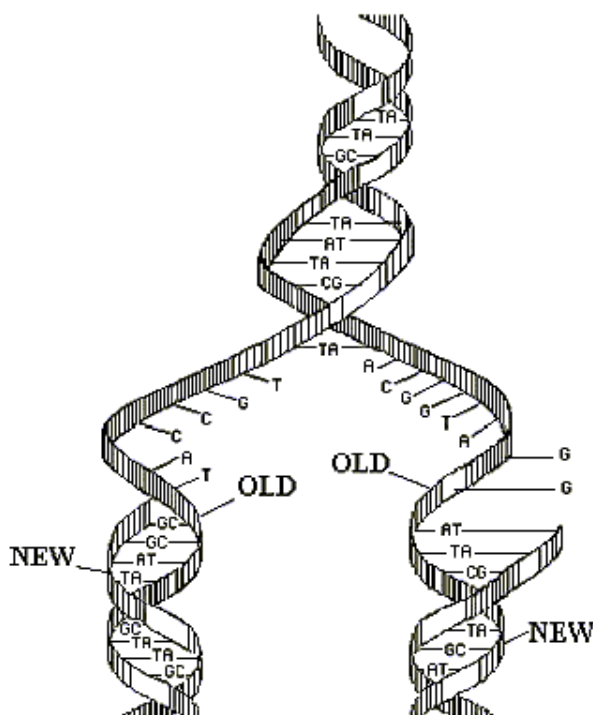
สิ่งมีชีวิตที่นำ DNA มา เป็นแม่พิมพ์	ปริมาณใน DNA ที่ได้				อัตราส่วนของ $\frac{A+T}{C+G}$ ใน DNA ที่สังเคราะห์ได้	อัตราส่วน ของ $\frac{A+T}{C+G}$ ใน DNA ที่เป็นแม่พิมพ์
	A	T	C	G		
แบคทีเรีย <i>Micrococcus lysodelikicus</i>	0.15	0.15	0.35	0.35	0.41	0.39
แบคทีเรีย <i>Aerobacter aerogenes</i>	0.22	0.22	0.28	0.28	0.80	0.82
แบคทีเรีย <i>Escherichai coli</i>	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00	0.97
วัว (เซลล์จากต่อมไทมัส)	0.29	0.29	0.21	0.21	1.32	1.35
ไวรัส (phageT)	0.32	0.32	0.18	0.18	1.78	1.84

จากข้อมูลนี้สามารถบอกอะไรแก่เราได้บ้าง

คำตอบ อัตราส่วนของ $(A+T)/(C+G)$ ใน DNA ที่สังเคราะห์ได้กับอัตราส่วนของ $(A+T)/(C+G)$ ใน DNA แม่พิมพ์มีอัตราส่วนใกล้เคียงกัน เป็นไปได้ว่า DNA ที่สังเคราะห์ได้น่าจะมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับ DNA ที่เป็นแม่พิมพ์

จากผลการทดลองพบว่า DNA ที่สังเคราะห์ได้ในหลอดทดลอง มีอัตราส่วนของเบส A+T ต่อ C+G แทบจะกล่าวได้ว่าเท่ากัน อัตราส่วนดังกล่าวไม่ใช่เป็นความบังเอิญ เพราะได้ผลการทดลองเป็นเช่นนี้เสมอไม่ว่าจะใช้ DNA ของสิ่งมีชีวิตชนิดใดเป็นแม่พิมพ์ก็ตาม

การค้นพบเอนไซม์ที่ใช้ในการเชื่อมนิวคลีโอไทด์เข้าด้วยกันในครั้งนั้นนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในประวัติศาสตร์ของพันธุศาสตร์ เพราะเท่ากับว่านักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่า การสังเคราะห์ DNA สามารถเกิดขึ้นได้ในหลอดทดลองโดยไม่ต้องเกิดขึ้นในภายในเซลล์ การสังเคราะห์ DNA จึงเกิดขึ้นได้เช่นเดียวกับปฏิกิริยาเคมีโดยทั่วไป ต่อมานักชีวเคมีจึงได้สรุปว่า การสังเคราะห์ DNA ทั้งภายในและภายนอกเซลล์จะเริ่มต้นจากการที่สายพอลิ-นิวคลีโอไทด์ 2 สาย ของ DNA ต้นแบบ แยกห่างออกจากกันเพื่อเปิดช่องให้นิวคลีโอไทด์ที่เป็นวัตถุดิบได้เข้าไปจับคู่กับเบสของนิวคลีโอไทด์ที่มีอยู่แล้วในสายเดิม โดย A คู่กับ T และ C คู่กับ G นิวคลีโอไทด์ที่เข้าไปใหม่นี้จะเชื่อมติดกันโดยการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งจะเริ่มจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' ดังนั้น DNA ที่เป็นต้นแบบ 1 โมเลกุลจะให้ DNA จากการสังเคราะห์ 2 โมเลกุล ซึ่งแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยสายพอลิ-นิวคลีโอไทด์เดิม 1 สาย และสายพอลิ-นิวคลีโอไทด์ใหม่ 1 สาย การสังเคราะห์ DNA นี้เรียกว่า ดีเอ็นเอ เรพลีเคชัน (DNA replication) DNA โมเลกุลใหม่จะมีสายพอลิ-นิวคลีโอไทด์เดิม 1 สาย และสายพอลิ-นิวคลีโอไทด์ใหม่ 1 สาย

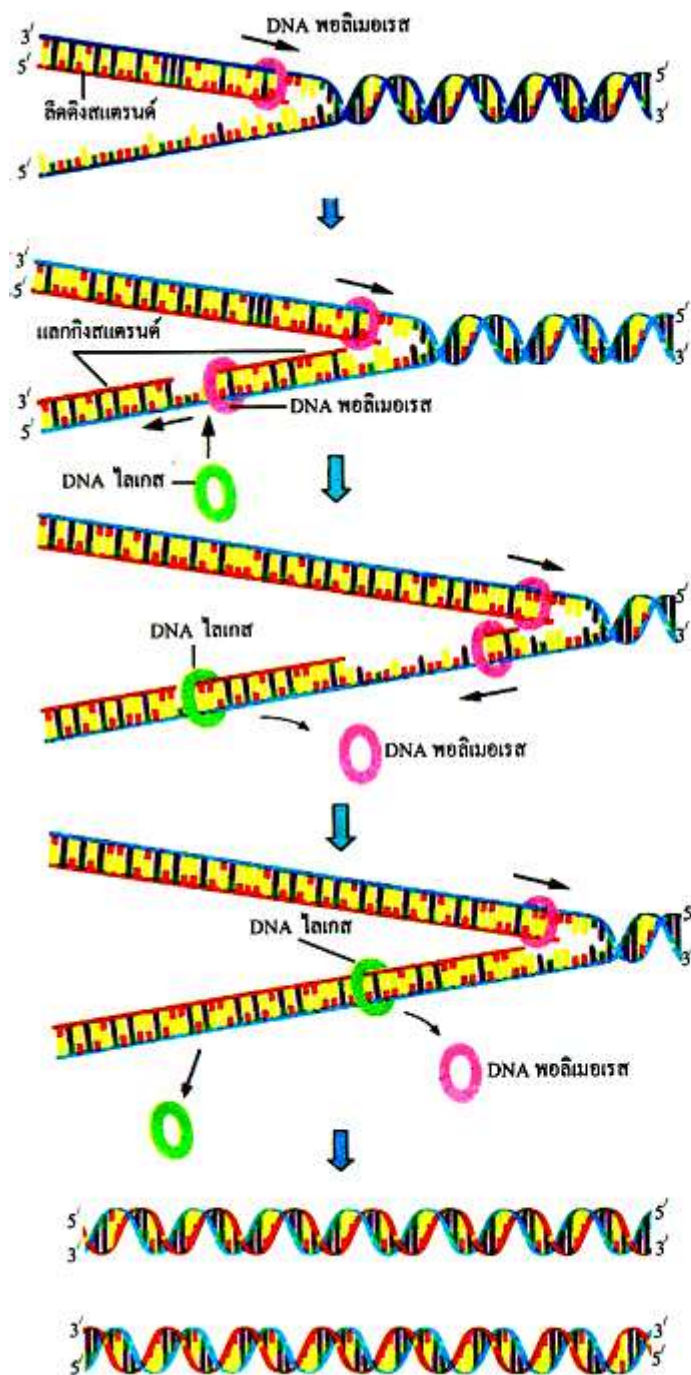


ภาพที่ 2 ดีเอ็นเอ เพลลิเคชัน (คลิกดูภาพ [DNA replication](#))

การสังเคราะห์ DNA ในลักษณะนี้สามารถรักษาลำดับของนิวคลีโอไทด์ไว้ได้อย่างเดิม เช่นเดียวกับ DNA ที่เป็นต้นแบบ DNA จึงเหมาะสมที่จะเป็นสารพันธุกรรมโดยมีลำดับนิวคลีโอไทด์เป็นเสมือนรหัสพันธุกรรมที่สามารถถ่ายทอดให้แก่เซลล์ลูกหลานต่อไปได้

การสังเคราะห์ DNA สายใหม่ทั้ง 2 สาย จะเหมือนกันหรือไม่ ?

จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ พบว่าการสังเคราะห์ DNA สายใหม่ 2 สายมีส่วนที่แตกต่างกัน คือ สายหนึ่งจะสร้างต่อเนื่องกันเป็นสายยาว เรียกสายนี้ว่า ลีดดิ้งสแตรนด์ (leading strand) ส่วนสายใหม่อีกสายหนึ่งไม่สามารถสร้างต่อกันเป็นสายยาวได้เหมือนสายแรก เนื่องจากทิศทางการสร้างจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' นั้นสวนทางกับทิศทางการคลายเกลียวของ DNA โมเลกุลเดิม จึงสร้างพอลินิวคลีโอไทด์สายสั้น ๆ มีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' จากนั้นเอนไซม์ไลเกส (ligase) จะเชื่อมต่อสายสั้น ๆ เหล่านี้ให้เป็นสายเดียวกัน เรียกสาย DNA ที่ถูกสร้างขึ้นเป็นสายสั้น ๆ ว่า แลกกิงสแตรนด์ (lagging strand) ดังภาพที่ 3



การสร้างลีดดิ้งสแตรนด์

DNA สองสายคลายเกลียวแยกออกจากกัน เอนไซม์ DNA พอลิเมอร์เรสจะสังเคราะห์ ลีดดิ้งสแตรนด์เป็นสายยาว โดยมีทิศทางจากปลาย 5' ไปยัง 3'

การสร้างแลกกิงสแตรนด์

DNA พอลิเมอร์เรส สังเคราะห์ DNA สายใหม่เป็นสายสั้นๆ โดยมีทิศทางจาก 5' ไปยัง 3' จากนั้นเอนไซม์ DNA ไลเกส จะเชื่อมต่อ DNA สายสั้นๆ ให้เป็น DNA สายเดียวกัน

ภาพที่ 3 การสร้าง DNA สายลีดดิ้งสแตรนด์ และสายแลกกิงสแตรนด์

สรุปการสังเคราะห์ DNA

จากผลการสืบค้นข้อมูล การสังเคราะห์ DNA นักเรียนควรสรุปได้ว่า

- คุณสมบัติสำคัญของ DNA คือ
 - 1.1) ต้องเพิ่มจำนวนได้โดยมีลักษณะเหมือนเดิม
 - 1.2) สามารถควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนที่มีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรม
 - 1.3) สามารถเปลี่ยนแปลงได้บ้าง ซึ่งจะทำให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างไปจากเดิม
- การถ่ายทอด DNA จากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการแบ่งเซลล์ ซึ่ง DNA มีการจำลองตัวเองเพิ่มปริมาณ DNA เป็นสองชุดโดยถ่ายทอด DNA ชุดหนึ่งให้ลูกรุ่นต่อ ๆ กันไป
- DNA ที่ถ่ายทอดให้รุ่นลูกจะต้องเหมือนกับ DNA ในรุ่นพ่อแม่ จึงจะสามารถสืบทอดเผ่าพันธุ์ต่อไปได้

4. ถ้า DNA ในรุ่นลูกแตกต่างไปจาก DNA ในรุ่นพ่อแม่จะทำให้ลูกมีลักษณะที่แตกต่างจากพ่อแม่ ซึ่งต่อไปถ้าความแตกต่างมีมากก็จะทำให้ไม่สามารถดำรงเผ่าพันธุ์เดิมเอาไว้ได้

5. การที่ DNA ของรุ่นลูกจะเหมือนกับ DNA ในรุ่นพ่อแม่แน่นอนจะเกิดขึ้นได้จากการจำลองตัวเองของ DNA ซึ่งการจำลองตัวเองของ DNA จะต้องมียึดประกอบและขั้นตอนดังนี้

5.1 การจำลองตัวเองของ DNA จะต้องมียึด DNA พอลิเมอร์ส ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมนิวคลีโอไทด์ให้เป็นสายพอลินิวคลีโอไทด์ มีนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ นิวคลีโอไทด์ที่มี A T C G และมี DNA ที่ใช้สายแม่พิมพ์

5.2 ขั้นตอนการสังเคราะห์ DNA ประกอบด้วย

5.2.1 พอลินิวคลีโอไทด์สอยสายของ DNA คลายเกลียว พันธะไฮโดรเจนที่ยึดระหว่างคู่เบสของทั้งสองสายจะสลาย ทำให้สองสายแยกออกจากกันเหมือนการรูดซิป

5.2.2 พอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสาย จะทำหน้าที่เป็นสายแม่พิมพ์เพื่อสังเคราะห์พอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่โดยเอนไซม์ DNA พอลิเมอร์สนำนิวคลีโอไทด์อิสระเข้าจับกับนิวคลีโอไทด์ของสายแม่พิมพ์ที่มีเบสสอดคล้องกัน คือเบส A จับคู่กับเบส T และเบส C จับคู่กับเบส G

5.2.3 นิวคลีโอไทด์ของพอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่ จะเข้าคู่กับนิวคลีโอไทด์ของสายแม่พิมพ์ด้วยพันธะไฮโดรเจน

5.3 การสังเคราะห์ DNA ทำให้มีการเพิ่มโมเลกุลของ DNA จาก 1 โมเลกุล เป็น 2 โมเลกุล โดย DNA แต่ละโมเลกุลมีพอลินิวคลีโอไทด์สายเดิม 1 สาย และสายใหม่ 1 สาย การจำลองตัวเองของ DNA จึงเป็นแบบกึ่งอนุรักษ์

2. การจำลองตัวเองของ DNA

นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งสมมติฐานการจำลองตัวเองของ DNA ไว้ดังนี้

1. แบบกึ่งอนุรักษ์ (semiconservative replication) เมื่อมีการจำลองตัวเองของ DNA แล้ว DNA แต่ละโมเลกุลมีพอลินิวคลีโอไทด์สายเดิมและสายใหม่ ซึ่งเป็นแบบจำลองของวอตสันและคริก

2 แบบอนุรักษ์ (conservative replication) เมื่อมีการจำลองตัวเองของ DNA แล้ว พอลินิวคลีโอไทด์ทั้งสองสายไม่แยกจากกันยังเป็นสายเดิม จะได้ DNA โมเลกุลใหม่ที่มีสายของโมเลกุลพอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่ทั้งสองสาย

3. แบบกระจาย (dispersive replication) เมื่อมีการจำลองตัวเองของ DNA จะได้ DNA ที่เป็นของเดิมและของใหม่ปะปนกันไม่เป็นระเบียบ

หมายเหตุ สมมติฐานการจำลองตัวเองของ DNA จากสมมติฐานทั้งหมดนี้ มีสมมติฐานการจำลองตัวเองของ DNA แบบกึ่งอนุรักษ์เท่านั้น ที่มีการทดลองของนักวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนความเป็นไปได้

การสังเคราะห์โมเลกุลของ DNA ในการทดลองของคอนเบิร์ก ตารางแสดงอัตราส่วนของเบสใน DNA ที่สังเคราะห์ได้ในหลอดทดลองและ DNA แม่พิมพ์ สามารถสรุปผลได้ว่า

1. DNA ที่สังเคราะห์ได้ในหลอดทดลองมีอัตราส่วนของเบส A+T ต่อ C+G เท่ากับที่พบใน DNA แม่พิมพ์ ไม่ใช่เป็นความบังเอิญ เพราะได้ผลการทดลองเป็นเช่นนี้เสมอไม่ว่าจะใช้ DNA ของสิ่งมีชีวิตใดเป็นแม่พิมพ์

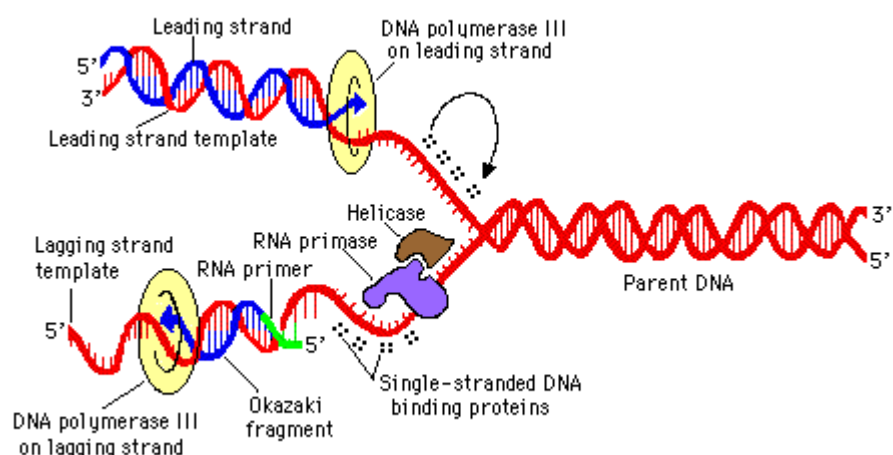
2. การค้นพบเอนไซม์ที่ใช้ในการเชื่อมนิวคลีโอไทด์เข้าด้วยกันนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในประวัติศาสตร์ของชีวพันธุศาสตร์ เพราะเท่ากับว่านักวิทยาศาสตร์พบว่าการสังเคราะห์ DNA สามารถเกิดขึ้นได้ในหลอดทดลอง โดยไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นในเซลล์เท่านั้น

3. มีหลักฐานยืนยันว่า DNA มีกระบวนการจำลองตัวเองของ DNA โดยกระบวนการดังกล่าวเป็นไปแบบกึ่งอนุรักษ์

4. การสังเคราะห์พอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่จะต้องสร้างในทิศทาง 5' ไป 3' เสมอ

5. จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่า การสังเคราะห์ DNA สายใหม่ 2 สาย มีส่วนที่ต่างกัน คือ สายหนึ่งจะสร้างต่อเนื่องกันเป็นสายยาว เรียกสายนี้ว่า ลีดดิ้งสแตรนส์ (leading strand) ส่วนสายใหม่อีกสายหนึ่งไม่สามารถสร้างต่อเนื่องกันเป็นสายยาวได้เหมือนสายแรก เนื่องจากทิศทางจากปลาย ไปยังปลาย นั้นสวนทิศทางกับทิศทางการคลายเกลียวของ DNA โมเลกุลเดิม จึงสร้างพอลินิวคลีโอไทด์สายสั้น ๆ มีทิศทางจาก ไป จากนั้น

เอนไซม์ไลเกส (ligase) จะเชื่อมต่อสายสั้น ๆ เหล่านั้นให้เป็นสายเดียวกัน เรียกสาย DNA ที่ถูกสร้างขึ้นเป็นสายสั้น ๆ ว่า สายแลกกิงสเตรนส์ (lagging strand)



ที่มา : http://www.cbs.dtu.dk/staff/dave/roanoke/dna_synthesis.gif

3. DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างไร

นักเรียนทราบมาแล้วว่าโครงสร้างของ DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์สองสายที่มีความยาวนับเป็นพันเป็นหมื่นคู่เบส การเรียงลำดับคู่เบสมีความแตกต่างกันหลายแบบ ทำให้ DNA แต่ละโมเลกุลแตกต่างกันที่ลำดับและจำนวนของคู่เบสเบสทั้งที่มีเบสเพียง 4 ชนิด คือ A T C และ G จึงเป็นไปได้ว่าความแตกต่างกันทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตอยู่ที่ลำดับและจำนวนของเบสใน DNA นั้นเอง

ปัญหาต่อไป คือ ลำดับเบสของ DNA เกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไร ?

การแสดงลักษณะทางพันธุกรรมขึ้นอยู่กับสารในร่างกายของสิ่งมีชีวิต โปรตีน เป็นสารอินทรีย์ที่มีหลายชนิดและมีบทบาทในการแสดงลักษณะเฉพาะของเซลล์ได้ เช่น

- เซลล์กล้ามเนื้อมีโปรตีน 2 ชนิด คือ แอกทินและไมโอซิน
- เซลล์เม็ดเลือดแดงมีโปรตีนฮีโมโกลบิน

เอนไซม์ทุกชนิดที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ภายในเซลล์ก็เป็นโปรตีน เช่น ปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารและการสลายสารต่าง ๆ ต้องอาศัยเอนไซม์

จึงอาจกล่าวได้ว่า โปรตีนเกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะทางพันธุกรรม และการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม

ตัวอย่างหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่า DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

จากการทดลองของ วี เอ็ม อินแกรม (V. M. Ingram) แห่งมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ประเทศอังกฤษ ในปี พ.ศ. 2500 ได้ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของโปรตีนฮีโมโกลบินที่ผิดปกติ โดยเปรียบเทียบฮีโมโกลบินของคนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ (sickle cell anemia) กับฮีโมโกลบินของคนปกติ ได้ผลการศึกษาดังภาพ

วาเลิน - ฮิสทีดีน - ลิวซีน - ทรีโอนีน - โพรลีน - กรดกลูตามิก - กรดกลูตามิก



เม็ดเลือดแดงปกติ

วาเลิน - ฮิสทีดีน - ลิวซีน - ทรีโอนีน - โพรลีน - วาเลิน - กรดกลูตามิก



เม็ดเลือดแดงชนิดซิกเกิลเซลล์

ภาพแสดงลำดับกรดอะมิโนในสายพิตาสายหนึ่งของโมเลกุลฮีโมโกลบินของคนปกติและของคนเป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเกิลเซลล์จากภาพอินแกรมแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของฮีโมโกลบินในคนปกติและคนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเกิลเซลล์ต่างกันที่การเรียงลำดับของกรดอะมิโนเพียง 1 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 6 จากปลาย N (N-terminus) ของพอลิเพปไทด์ที่ชื่อว่าพิตาสายหนึ่งของฮีโมโกลบินในคนปกติจะเป็นกรดกลูตามิก (glutamic acid) ส่วนคนเป็นโรคจะเป็นวาเลิน (valine) ความผิดปกติที่เกิดขึ้นนี้สาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลง DNA หรือยีนทำให้ฮีโมโกลบินผิดปกติ ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงว่า DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้

จากการสืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับโรคโลหิตจางชนิดซิกเกิลเซลล์ นักเรียนควรสรุปได้ว่า

1) DNA กับลักษณะทางพันธุกรรมมีความสัมพันธ์กัน

2) การเปลี่ยนแปลงของ DNA ทำให้การสังเคราะห์โปรตีนโปรตีนฮีโมโกลบินผิดปกติ คือ กรดอะมิโนในพอลิเพปไทด์สายพิตาสายหนึ่งของฮีโมโกลบินต่างไปจากปกติ เม็ดเลือดแดงจึงมีลักษณะเป็นรูปเคียว นำออกซิเจนได้น้อยลง เกิดเป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเกิลเซลล์ แสดงว่าลำดับของเบสบน DNA ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

4. DNA กับการสังเคราะห์โปรตีน

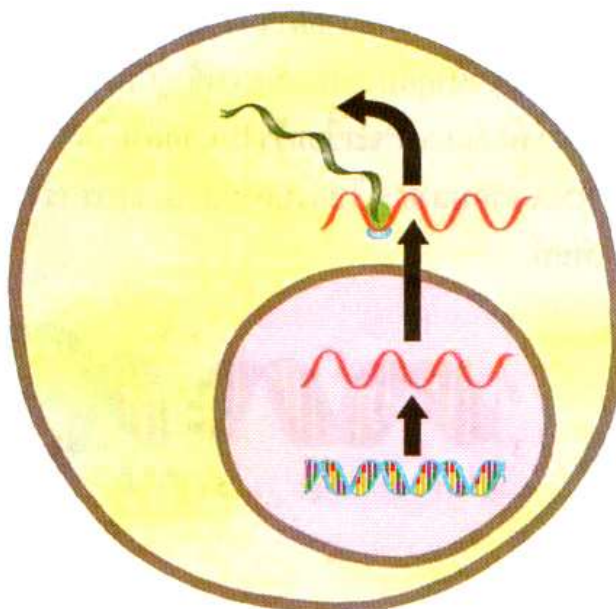
ในแง่ของเคมี RNA คล้ายคลึงกับ DNA มาก จึงเป็นไปได้ว่า RNA จะสังเคราะห์ขึ้นโดยอาศัย DNA เป็นแม่พิมพ์หรือต้นแบบ โดยทั่วไปโมเลกุลของ RNA เป็นสายเดี่ยวและมีนิวคลีโอไทด์เป็นองค์ประกอบ ความแตกต่างระหว่าง DNA กับ RNA มี 2 ประการ คือ มี น้ำตาลในนิวคลีโอไทด์ของ RNA เป็นน้ำตาลไรโบส ไม่ใช่ดีออกซีไรโบส เหมือน DNA และอีกประการหนึ่งใน RNA ไม่มีเบส T แต่มี U แทน ซึ่งความแตกต่าง 2 ประการนี้มีได้ทำให้ RNA จับเป็นสายคู่ได้ยากขึ้นแต่อย่างใด แต่ที่ RNA เป็นสายเดี่ยว ก็ด้วยเหตุผลที่ว่า RNA ไม่มีอีกสายหนึ่งที่จะมีเบสตรงข้ามกันมาเข้าคู่กันได้พอดี จากการวิเคราะห์ปริมาณเบสใน RNA ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยอาศัยเอนไซม์และมี DNA จากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เป็นแม่พิมพ์ เปรียบเทียบกับเบสของ DNA ที่เติมลงไปด้วยนั้น พบว่า อัตราส่วนของปริมาณของเบส A+U ต่อ G+C ใน RNA เทียบจะกล่าวได้ว่าเท่ากับ A+T ต่อ G+C ใน DNA โดยประมาณเสมอ ดังตัวอย่างในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบโครงสร้างของ DNA และ RNA

ข้อเปรียบเทียบ	DNA	RNA
1. จำนวนพอลินิวคลีโอไทด์	2 สาย	1 สาย
2. โครงสร้าง	บิดเป็นเกลียว	ไม่บิดเป็นเกลียว
3. ชนิดของเบส	อะดีนีน กวานีน ไทมีน และ ไซโทซีน	อะดีนีน กวานีน ยูราซิล และ ไซโทซีน
4. น้ำตาล	ดีออกซีไรโบส	ไรโบส

สิ่งมีชีวิตพวุกยูคาริโอตมี DNA อยู่ภายในนิวเคลียส แต่การสังเคราะห์โปรตีนเกิดในไซโทพลาสซึม โดยเฉพาะบริเวณที่มีเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบขรุขระ เป็นไปได้หรือไม่ว่า DNA ส่งตัวแทนออกมายังไซโทพลาสซึม เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน ถ้าเป็นเช่นนั้นจริงสารที่เป็นตัวแทนของ DNA คืออะไร

จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่า ข้อมูลทางพันธุกรรมใน DNA ไม่ได้ส่งไปยังบริเวณที่มีการสังเคราะห์โปรตีนโดยตรง แต่จะมีตัวแทนทำหน้าที่เป็นสื่อกลาง นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส 2 คน คือ ฟรอนซ์ัว จาค็อบ (Franeois Jacop) และจาค โมนอด (Jacques Monod) ได้มีข้อเสนอว่า RNA เป็นตัวกลางที่อยู่ระหว่าง DNA กับไรโบโซมตามสมมติฐาน ดังภาพที่ 4



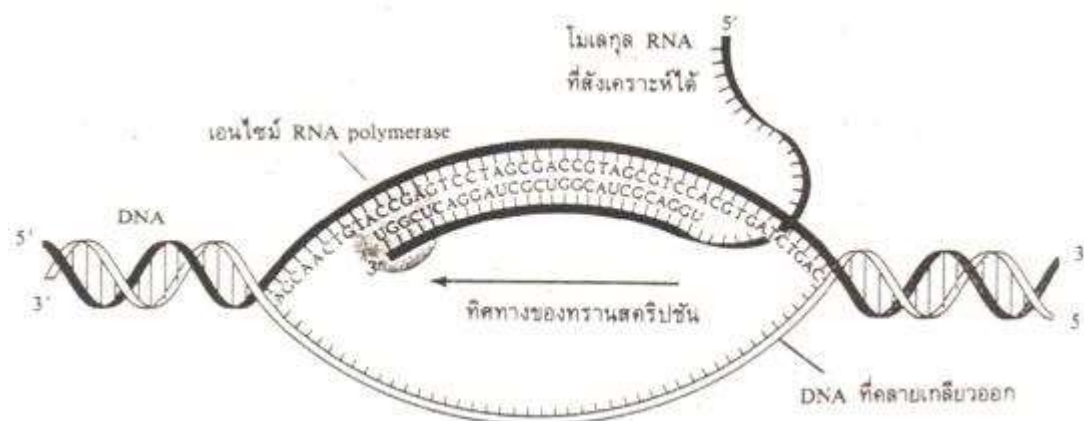
ภาพที่ 4 ภาพสมมติฐานของฟรอนซ์ัว จาค็อบ และจาค โมนอด

RNA ที่เป็นตัวกลางนี้เรียกว่า mRNA (messenger RNA) และพยากรณ์ว่า mRNA จะเป็นตัวนำข้อมูลทางพันธุกรรมจาก DNA ไปยังไรโบโซม ซึ่งเป็นแหล่งสังเคราะห์โปรตีนที่อยู่ในไซโทพลาสซึม ซึ่งได้รับการยืนยันจาก

นักวิทยาศาสตร์ 2 คน คือ เกราร์ด เฮอริวิทซ์ (Jerard Hurwitz) และ เจ เจ เฟอ์ธ (J.J. Furth) เกี่ยวกับที่อยู่และหน้าที่ของ mRNA กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนจึงประกอบด้วยการสังเคราะห์ RNA จาก DNA แม่พิมพ์ และการสังเคราะห์โปรตีนที่ไรโบโซม

การสังเคราะห์ RNA จาก DNA แม่พิมพ์

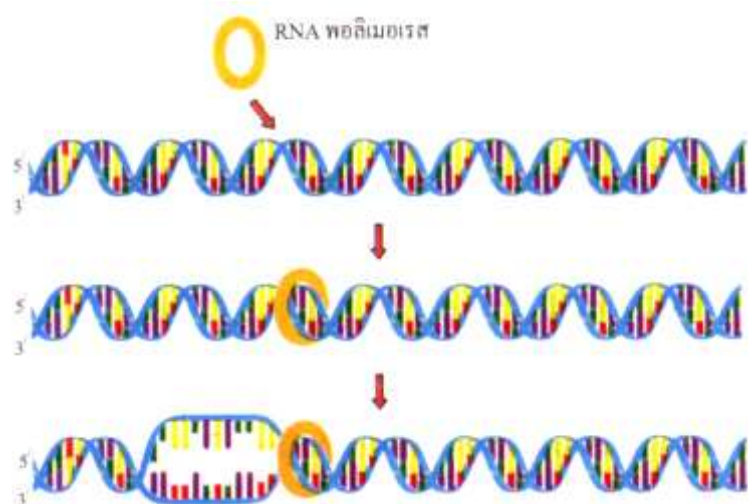
การสังเคราะห์ RNA โดยมี DNA เป็นแม่พิมพ์ มีขั้นตอนคล้ายคลึงกับการสังเคราะห์ DNA โดยเริ่มต้นจากพอลินิวคลีโอไทด์สองสายของ DNA จะคลายเกลียวและแยกออกจากกันในบริเวณที่จะมีการสร้าง RNA แล้วมีการนำนิวคลีโอไทด์ของ RNA เข้าจับเบสของ DNA โดยมีการจับเข้าคู่กันแบบเดียวกับ DNA แต่ใน RNA ไม่มีไทมีน (T) มีแต่ยูราซิล (U) ดังนั้นเมื่อเบสของ DNA เป็นอะดีนีน (A) นิวคลีโอไทด์ของ RNA ที่เข้าจับจะมียูราซิล แทน การสังเคราะห์ RNA นี้จะเริ่มปลาย 3' ไปยังปลาย 5' ของ DNA ดังนั้นโมเลกุลของ RNA จึงเริ่มจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' นิวคลีโอไทด์ของ RNA จะเชื่อมต่อกันโดยอาศัยเอนไซม์ชื่อ อาร์เอ็นเอ พอลิเมอเรส (RNA polymerase) อย่างไรก็ตามในการสังเคราะห์ RNA นี้ สายของพอลินิวคลีโอไทด์ DNA เพียงสายเดียวเท่านั้นที่เป็นแม่พิมพ์ และลำดับเบสใน RNA ที่สังเคราะห์ได้จะสัมพันธ์กับลำดับเบสของ DNA ที่เป็นแม่พิมพ์ด้วย ดังภาพที่ 5 จึงสรุปได้ว่า DNA ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมนั้นจะถ่ายทอดคำสั่งให้แก่ RNA ขั้นตอนการสังเคราะห์ RNA นี้เรียกว่า ทรานสคริปชัน (transcription)



ภาพที่ 5 การสังเคราะห์ RNA จาก DNA

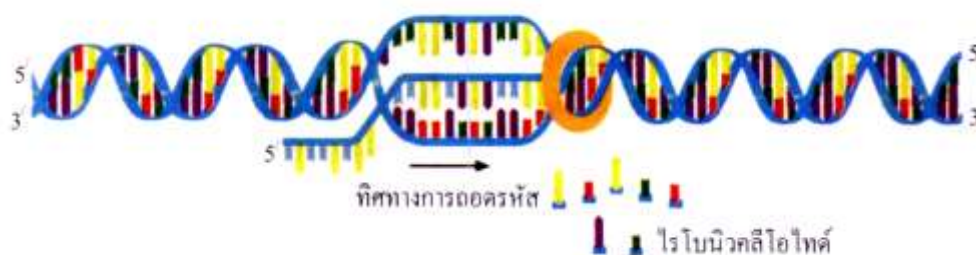
สรุปขั้นตอนการสังเคราะห์ RNA

ขั้นเริ่มต้น เอนไซม์ RNA polymerase เข้าไปจับกับกับ DNA ตรงบริเวณที่จะสังเคราะห์ RNA ทำให้พันธะระหว่างคู่เบสสาย Polynucleotide 2 สาย ของ DNA จะคลายเกลียวแยกออกจากกัน โดยมีสายใดสายหนึ่งเป็นแม่พิมพ์ ดังภาพ



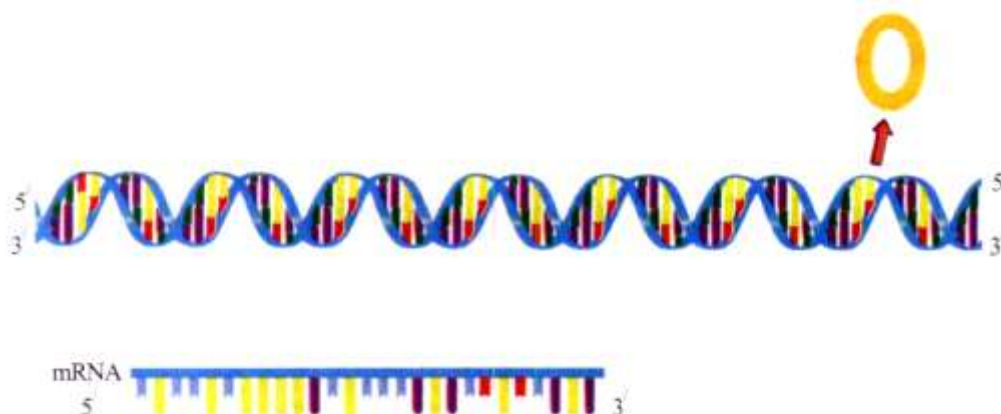
ภาพที่ 6 การเริ่มต้นสังเคราะห์ RNA

ขั้นการต่อสายยาว ไรโบนิวคลีโอไทด์ (Ribonucleotide) ที่มีเบสที่เข้าคู่กับนิวคลีโอไทด์ของ DNA สายแม่พิมพ์ คือ เบส C เข้าคู่กับเบส G และเบส U เข้าคู่ A จะเข้ามาจับกับนิวคลีโอไทด์ของ DNA สายแม่พิมพ์ เอนไซม์ RNA polymerase จะเชื่อมไรโบนิวคลีโอไทด์ อิสระมาต่อกันเป็นสายยาว โดยมีทิศทางการสังเคราะห์สาย RNA จากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' และการสร้างสาย RNA นั้น จะเรียงสลับทิศทางการกับสาย DNA ที่เป็นแม่พิมพ์



ภาพที่ 7 การถอดรหัส

ขั้นสิ้นสุด เอนไซม์ RNA polymerase หยุดทำงานและแยกตัวออกจาก DNA สายแม่พิมพ์สาย RNA ที่สังเคราะห์ได้ จะแยกออกจาก DNA ไปยังไซโทพลาซึม ส่วน DNA 2 สายจะจับคู่กันและบิดเป็นเกลียวเหมือนเดิม

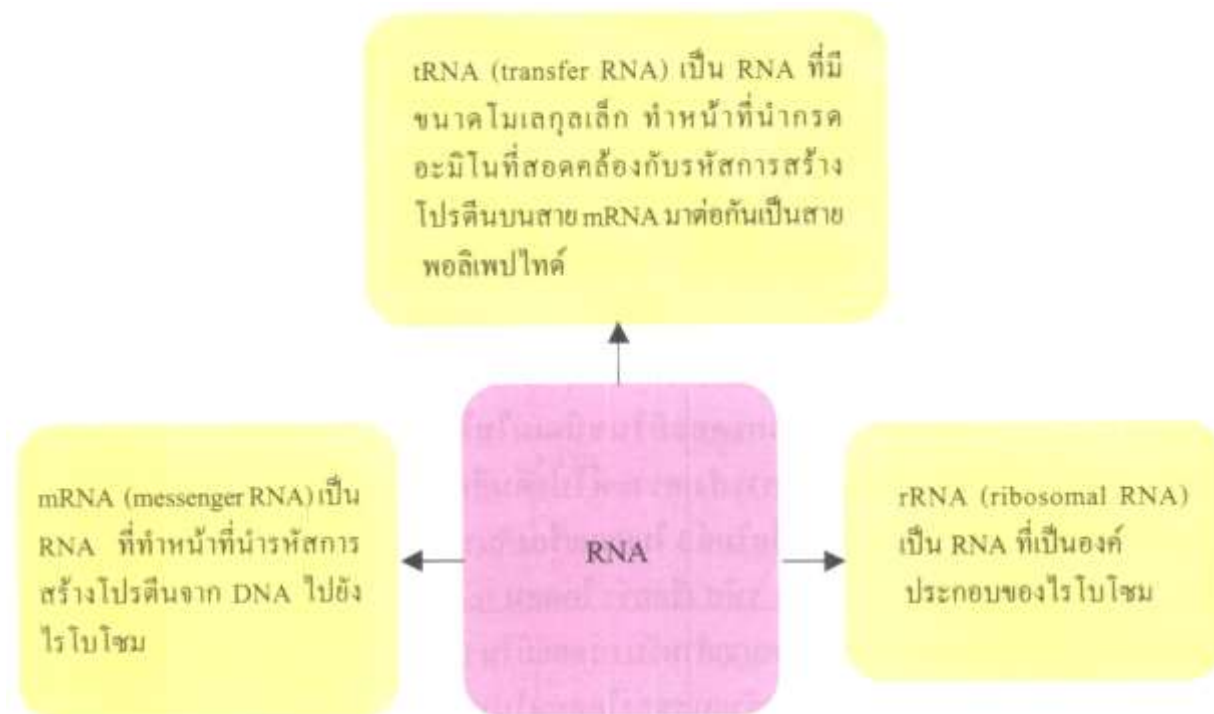


ภาพที่ 8 mRNA ที่สังเคราะห์ได้เคลื่อนที่ไปยังไซโทพลาซึม

ในการสังเคราะห์ RNA โดยใช้ DNA สายหนึ่งเป็นแม่พิมพ์ มีลำดับเบสดังนี้ 3' T A C G G C A T A T C G A 5' จงเขียนลำดับเบสของ RNA ที่สังเคราะห์โดยเริ่มจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3'

คำตอบ ลำดับเบสของ RNA เป็นดังนี้ 5' A U G C C G U A U A G C U 3'

ชนิดของ RNA จากการศึกษารหัส RNA ในเซลล์ พบว่า มี 3 ชนิด แต่ละชนิดจะทำหน้าที่แตกต่างกันดังนี้



ภาพที่ 9 RNA ชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วย mRNA rRNA และ tRNA

ตารางที่ 3 ข้อเปรียบเทียบการสังเคราะห์ DNA และ mRNA

กระบวนการสังเคราะห์ DNA	กระบวนการสังเคราะห์ mRNA
1. ใช้พอลินิวคลีโอไทด์ที่เป็นแม่พิมพ์ทั้ง 2 สาย	1. ใช้พอลินิวคลีโอไทด์ที่เป็นแม่พิมพ์เพียงสายเดียว
2. ใช้เอนไซม์ DNA พอลิเมอเรส ในการสังเคราะห์	2. ใช้เอนไซม์ RNA พอลิเมอเรส ในการสังเคราะห์
3. ใช้ดีออกซีไรโบนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ A T C G	3. ใช้ไรโบนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ A T C G
4. ผลผลิตได้ DNA สายใหม่ 2 สาย	4. ผลผลิตได้ mRNA สายเดียว

นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามศึกษาค้นคว้าหาขั้นตอนการสังเคราะห์โปรตีนโดยการติดตามสารต่าง ๆ จากจุดตั้งต้นไปยังสารปลายทาง พี.ซี. ซาเมคนิค (P.C. Zamecnik) นักชีวเคมีชาวอเมริกันได้ทำการ “ติดฉลาก” (label) สารต่าง ๆ ด้วยสารกัมมันตรังสี ในกรณีการสังเคราะห์โปรตีนก็ใช้วิธีการติดสารกัมมันตรังสีที่กรดอะมิโน เขาพบว่ากรดอะมิโนซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนนั้นจะถูกนำไปเรียงต่อกันที่ไรโบโซมซึ่งเป็นแหล่งที่มีการสังเคราะห์โปรตีน กรดอะมิโนที่ถูกนำไปเรียงต่อ ๆ กันนั้นจะพ่วงติดกับ RNA โมเลกุลเล็ก ๆ ซึ่งเรียกว่า tRNA (transfer RNA) ไรโบโซมซึ่งเป็นแหล่งสังเคราะห์โปรตีนก็มี RNA เป็นส่วนประกอบด้วยเรียกว่า rRNA (ribosomal RNA) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 85 ของ RNA ที่พบในเซลล์ ไรโบโซมของเซลล์ทั่ว ๆ ไปประกอบด้วยหน่วยย่อย 2 หน่วย มีลักษณะเป็นเม็ดกลมรีขนาดใหญ่ 1 หน่วยและขนาดเล็ก 1 หน่วย แต่ละหน่วยมี RNA เป็นองค์ประกอบรวมอยู่ด้วย โปรตีนขนาดต่าง ๆ กันจำนวนมาก ในระยะแรกที่ค้นพบ rRNA คาดกันว่า rRNA นี้ คงจะทำหน้าที่นำคำสั่งจาก

DNA มาสังเคราะห์โปรตีน แต่ต่อมาพบว่า rRNA ในไรโบโซมนั้น มีโมเลกุลขนาดใกล้เคียงกันทั้งหมด นอกจากนี้อองค์ประกอบของเบสยังคล้าย ๆ กันอีกด้วย คือ มี G และ C มากไม่ว่าจะเป็น rRNA ของแบคทีเรีย พืช และสัตว์ จึงไม่น่าจะเป็นไปได้ว่า rRNA จะเป็นตัวถ่ายทอดคำสั่งจาก DNA โดยตรง เพราะลักษณะทางพันธุกรรมนั้น มีความหลากหลายเป็นอันมาก ต่อมา ปี พ.ศ. 2503 ได้มีการค้นพบ RNA อีกชนิดหนึ่งซึ่งมีประมาณร้อยละ 4 ของ RNA ในเซลล์ มีขนาดโมเลกุลต่าง ๆ กันและ RNA นี้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในเซลล์ที่กำลังสังเคราะห์โปรตีน เรียกว่า mRNA (messenger RNA) RNA ชนิดนี้จะเกาะติดกับไรโบโซมเมื่อมีการสังเคราะห์โปรตีน อาจเป็นไปได้ว่า mRNA นี้เองที่ทำหน้าที่นำคำสั่งจาก DNA มาสังเคราะห์โปรตีน จากการศึกษาต่อมาพบว่า ลำดับเบสใน mRNA นี้จะกำหนดว่ากรดอะมิโนในโมเลกุลของโปรตีนนั้นเป็นชนิดใด และมีลำดับเรียงกันอย่างไร ลำดับเบสนี้จึงเปรียบเทียบกับเสมือนคำสั่งจาก DNA ที่ถ่ายทอดมาให้แก่ RNA จึงเรียกลำดับเบสใน mRNA นี้ว่ารหัสพันธุกรรม (genetic code)

5. รหัสพันธุกรรม

จากที่กล่าวมาแล้วว่า DNA เป็นแม่พิมพ์ในการสังเคราะห์ mRNA ดังนั้นข้อมูลทางพันธุกรรมใน DNA จะถ่ายทอดให้กับ mRNA การเรียงลำดับของนิวคลีโอไทด์ชนิดต่าง ๆ ของ mRNA จึงเป็นตัวกำหนดการเรียงลำดับของกรดอะมิโนเพื่อสังเคราะห์โปรตีนเนื่องจากกรดอะมิโนที่เป็นหน่วยย่อยของโปรตีนมี 20 ชนิด แต่เบสที่เป็นองค์ประกอบของ DNA มีเพียง 4 ชนิด จึงเป็นไปได้ที่เบสแต่ละชนิดจะเป็นรหัสของกรดอะมิโนแต่ละชนิด แม้กระทั่งเบส 2 โมเลกุลก็ยังไม่เพียงพอที่จะเป็นรหัสให้แก่กรดอะมิโน 20 เพราะเบส 2 โมเลกุลจะเรียงลำดับแตกต่างกันได้เพียง 16 แบบเท่านั้น ดังภาพ

AA	AT	AC	AG
CC	CA	CT	CG
GG	GA	GT	GC
TT	TA	TC	TG

ภาพที่ 10 สมมติฐานรหัสพันธุกรรม

ถ้าเป็นเบส 3 โมเลกุล จะเรียงลำดับแตกต่างกันได้ 64 แบบ ซึ่งเกินกว่าจำนวนชนิดของกรดอะมิโน แต่ก็เป็นไปได้มากกว่า 1 โมเลกุล หรือ 2 โมเลกุล ดังนั้น เบรนเนอร์ (Brenner) และคริก (Crick) จึงได้ให้ความเห็นไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504 ว่ากรดอะมิโนแต่ละหน่วยถูกควบคุมด้วยรหัสพันธุกรรมที่ประกอบด้วยเบส 3 โมเลกุล (triple code) ด้วยเหตุนี้เองการค้นคว้าทางชีวเคมีในระยะนั้นจึงมุ่งหาว่ากรดอะมิโนชนิดใดควบคุมด้วยรหัสพันธุกรรมแบบใดบ้าง

ในปี พ.ศ. 2504 เอ็ม. ดับบลิว. ไนเรนเบิร์ก (M.W. Nirenberg) และ เจ.เอช. แมททีย์ (J.H. Matthai) ชาวอเมริกัน ได้ค้นพบรหัสพันธุกรรมรหัสแรก คือ UUU ซึ่งเป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิด ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) และต่อมาได้มีการค้นพบเพิ่มเติมขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2509 พบรหัสพันธุกรรมถึง 61 รหัสด้วยกัน เหลือเพียง 3 รหัส คือ UAA, UAG และ UGA ซึ่งไม่พบว่าเป็นรหัสของกรดอะมิโนใด ๆ ภายหลังจึงพบว่า รหัสทั้งสามนี้ทำหน้าที่หยุดการสังเคราะห์โปรตีน เมื่อพบรหัสเหล่านี้การสังเคราะห์โปรตีนจะสิ้นสุดลง นอกจากนี้ยังพบว่า AUG ซึ่งเป็นรหัสของกรดอะมิโนเมไทโอนีน (methionine) เป็นรหัสตั้งต้นของการสังเคราะห์โปรตีนอีกด้วย

ตารางที่ 4 ตารางรหัสพันธุกรรม

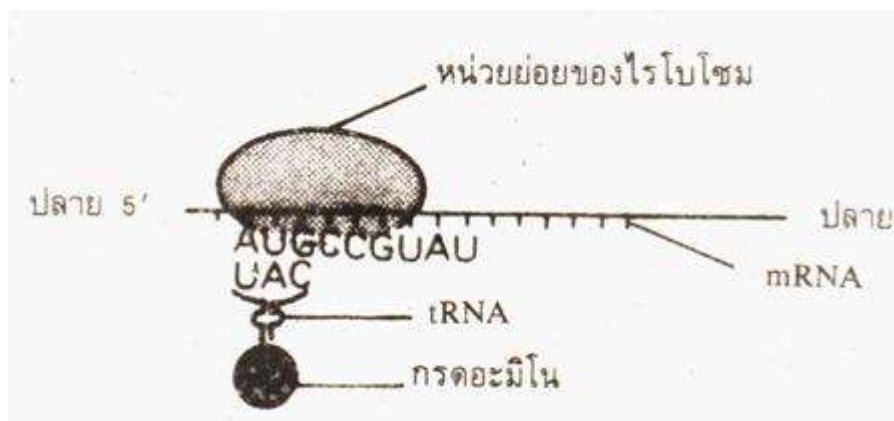
		เบสด้านหน้าที่ 2				
		U	C	A	G	
เบสด้านหน้าที่ 1	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA } STOP UAG }	UGU } Cys UGC } UGA } STOP UGG } Trp	U C A G
	C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G
	A	AUU } AUC } Ile AUA } AUG } Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G
	G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G

- Phe คือ ฟีนิลอะลานีน Leu คือ ลิวซีน Met คือ เมไทโอนีน Pro คือ โพรลีน Ile คือ ไอโซลิวซีน
- Val คือ วาลีน Ser คือ ซีรีน Thr คือ ทรีโอนีน Ala คือ อะลานีน Tyr คือ ไทโรซีน His คือ ฮิสทีดิน
- Gln คือ กลูตามีน Asn คือ แอสพาราจีน Lys คือ ไลซีน Asp คือ กรดแอสปาทิก Glu คือ กรดกลูตามิก
- Cys คือ ซิสเทอีน Trp คือ ทริปโตเฟน Arg คือ อาร์จินีน Gly คือ ไกลซีน

รหัสพันธุกรรมตามตาราง 4 นี้เป็นรหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ตั้งแต่ไวรัส พืช สัตว์ รวมทั้งมนุษย์ด้วย แม้ว่าสิ่งมีชีวิตจะแตกต่างกันอย่างมาก แต่ก็ยังคงใช้รหัสพันธุกรรมร่วมกัน

รหัสพันธุกรรมใน mRNA แต่ละรหัสประกอบด้วยเบส 3 โมเลกุล เราเรียกแต่ละรหัสว่า โคดอน (codon) ในการสังเคราะห์โปรตีน rRNA มีหน้าที่นำกรดอะมิโนมายัง mRNA tRNA แต่ละโมเลกุลจะมีลำดับของเบส 3 โมเลกุลที่เข้าคู่กับโคดอนได้ เรียกเบส 3 โมเลกุลของ tRNA นี้ว่า แอนติโคดอน (anticodon) เช่น ถ้าโคดอนของ mRNA เป็น AUG แอนติโคดอนของ tRNA จะเป็น UAC เป็นต้น

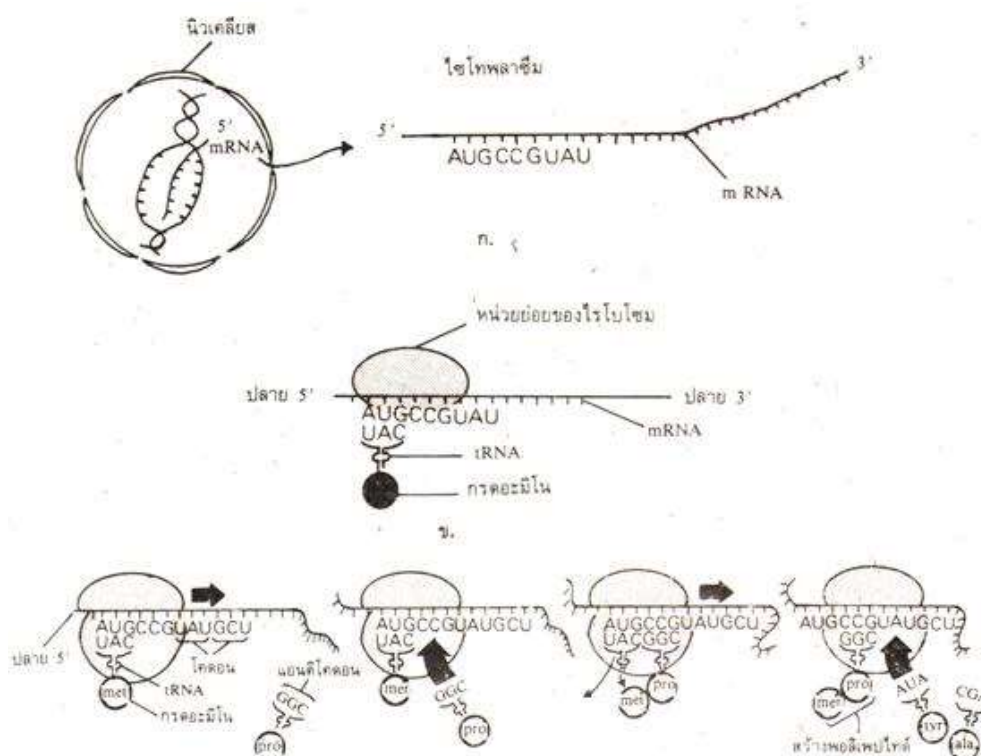
ดั่งภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงโคดอนของ mRNA และแอนติโคดอนของ tRNA จับคู่กัน

การสังเคราะห์โปรตีนที่ไรโบโซม

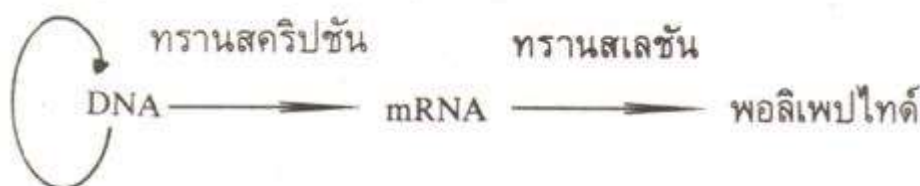
การสังเคราะห์โปรตีนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในไซโทพลาสซึมของเซลล์ โดยมีออร์แกเนลล์ที่เกี่ยวข้อง คือ ไรโบโซม เมื่อ DNA ภายในนิวเคลียสสังเคราะห์ mRNA ลำดับเบสของ mRNA ซึ่งเป็นรหัสพันธุกรรมนี้ถูกกำหนดโดยลำดับเบสของ DNA จึงเรียกขั้นตอนการสังเคราะห์ mRNA นี้ว่า การถอดรหัสพันธุกรรม หรือ ทรานสคริปชัน (transcription) mRNA จะถูกส่งออกมาที่ไซโทพลาสซึม แล้วเข้าจับกับไรโบโซมโดยไรโบโซมหน่วยเล็กจะเข้าไปจับก่อน ต่อจากนั้น tRNA โมเลกุลที่นำกรดอะมิโนจะเข้าจับกับ mRNA ในไรโบโซม แล้วไรโบโซมหน่วยใหญ่จึงจะเข้าจับดังภาพ



ภาพที่ 12 การสังเคราะห์โปรตีน ก. การสังเคราะห์ mRNA ข. TRNA นำกรดอะมิโนเข้าจับกับ mRNA บนไรโบโซม ค. กรดอะมิโนมาต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ เกิดเป็นสายยาวของพอลิเพปไทด์

ต่อจากนั้น tRNA โมเลกุลที่สองจะเข้าจับกับ mRNA อีกตำแหน่งหนึ่ง แล้วจึงมีการสร้างพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนที่ tRNA นำมา เมื่อสร้างพันธะเพปไทด์แล้ว tRNA โมเลกุลแรกจะหลุดออกมาจาก mRNA และไรโบโซมจะเคลื่อนที่ต่อไปบน mRNA โดยเคลื่อนจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' tRNA โมเลกุลใหม่จึงเข้าจับกับ mRNA

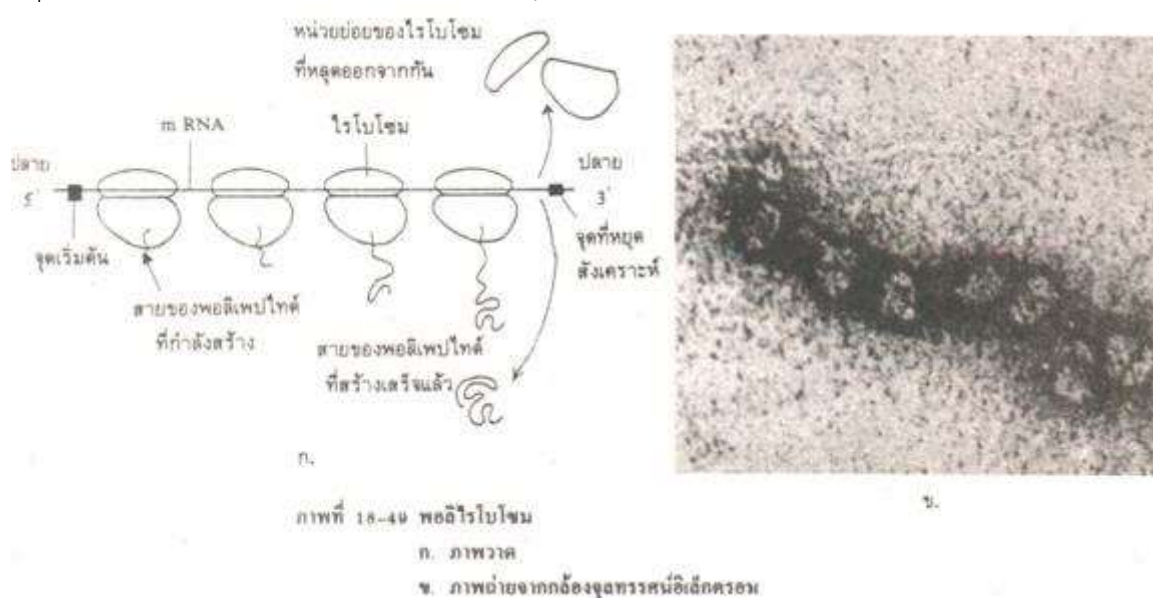
ต่อไป แล้วมีการสร้างพันธะเพปไทด์อีก เป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ จึงได้สายของเพปไทด์ที่มีลำดับของกรดอะมิโนตามรหัสบน mRNA จนกระทั่งไรโบโซมเคลื่อนที่ทำหน้าที่หยุดการสังเคราะห์โปรตีน ไรโบโซมก็จะแยกออกจาก mRNA การสังเคราะห์โปรตีนจึงสิ้นสุดลงตามภาพ จึงสรุปได้ว่า DNA ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมนั้น จะถ่ายทอดรหัสให้แก่ mRNA ขั้นตอนนี้เรียกว่า การถอดรหัสพันธุกรรม และจากนั้นจึงนำรหัสไปควบคุมการสังเคราะห์พอลิเพปไทด์อีกทอดหนึ่ง ขั้นตอนนี้เรียกว่าการแปลรหัสพันธุกรรม



ภาพที่ 13 กระบวนการต่าง ๆ ในการสังเคราะห์โปรตีน

การสังเคราะห์โปรตีนในสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอต จะมีกระบวนการถอดรหัสภายในนิวเคลียส mRNA จะออกจากนิวเคลียส แล้วมีการแปลรหัสในไซโทพลาสซึม ส่วนในสิ่งมีชีวิตพวกโพรคาริโอตกระบวนการถอดรหัสและกระบวนการแปลรหัสสามารถเกิดได้ต่อเนื่องกัน โดยที่ mRNA ที่สังเคราะห์มาจาก DNA จะถูกนำไปแปลรหัสทันที ทั้ง ๆ ที่กระบวนการถอดรหัสยังไม่สิ้นสุด

นักเรียนสามารถศึกษาภาพกระบวนการถอดรหัสและกระบวนการแปลรหัสได้จากเว็บลิงค์ต่อไปนี้ [DNA structure](#) [DNA-replication](#) [DNA-transcription](#) [DNA-translation](#) ในการสังเคราะห์โปรตีนนี้ mRNA แต่ละโมเลกุลอาจจะพาดเกาะอยู่บนไรโบโซมหลาย ๆ ไรโบโซม แต่ละไรโบโซมจะทำการสังเคราะห์สายพอลิเพปไทด์ 1 สาย กลุ่มของไรโบโซมเหล่านี้เรียกว่า พอลิไรโบโซม (polyribosome) ดังภาพที่ 14



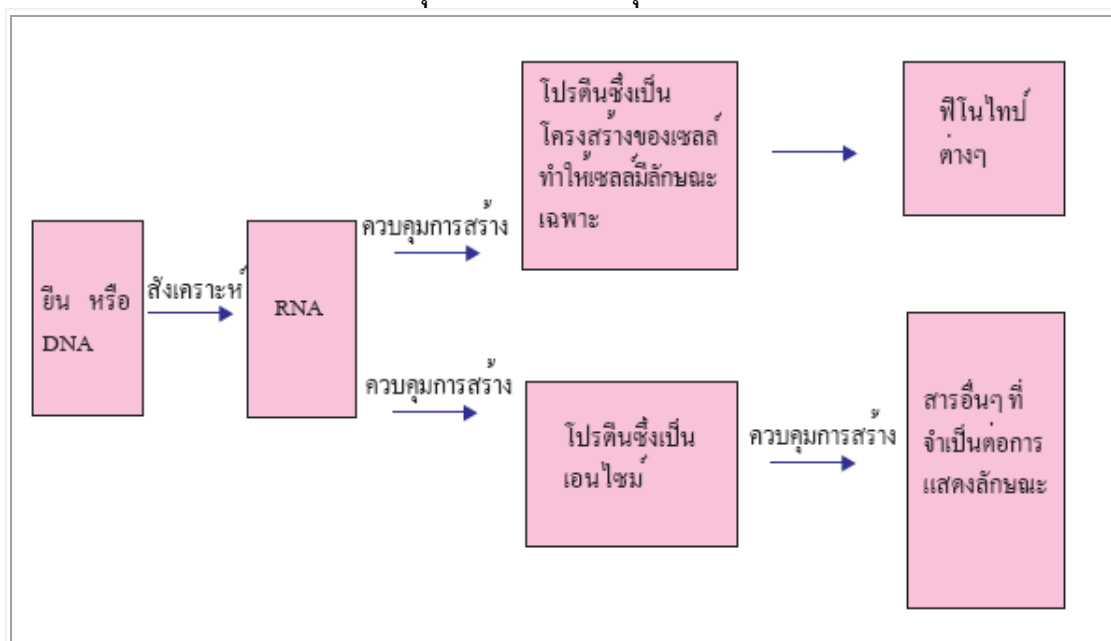
ภาพที่ 14 พอลิไรโบโซม ก. ภาพวาด ข. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

สายพอลิเพปไทด์ที่สังเคราะห์ได้หลังจากการแปลรหัสสิ้นสุดจะมีการเปลี่ยนแปลงบางอย่าง ทำให้มีรูปร่างและการเข้าจับกับพอลิเพปไทด์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้โปรตีนที่มีความเหมาะสมและพร้อมจะทำงานได้ โปรตีนที่สังเคราะห์ได้นี้จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายได้อย่างไร บทบาทและหน้าที่ของโปรตีนเป็นไปอย่างหลากหลาย เช่น

1. ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้าง เช่น คอลลาเจน และเคอราตินในสัตว์ โปรตีนที่ผนังเซลล์พืชและโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของไรโบโซม
2. ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว เช่น แอกตินและไมโอซินในกล้ามเนื้อของมนุษย์ ทุบูลินซึ่งมีบทบาทในการเคลื่อนไหวของซีเลียหรือแฟลกเจลลาในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว
3. ทำหน้าที่ในระบบคุ้มกัน เช่น อิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin) ในสัตว์ ซีสเทมิน (systemin) และโปรตีนเนสอินฮิบิเตอร์ (protease inhibitor) ในพืช เป็นต้น
4. ควบคุมปฏิกิริยาต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิต เช่น เอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และเอนไซม์ในกระบวนการสลายสารอาหาร เป็นต้น
5. ทำหน้าที่ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเซลล์ชนิดต่าง ๆ เช่น ฮอร์โมนต่าง ๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า DNA เกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต ซึ่งความสำคัญของ DNA คือเป็นแหล่งเก็บข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต แล้วถ่ายทอดข้อมูลให้กับ RNA และแปลรหัสจาก RNA เป็นกรดอะมิโน ในที่สุด DNA ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนได้เป็นโปรตีนโครงสร้าง โปรตีนที่เป็นเอนไซม์ และสารอื่น ๆ อยู่ภายในเซลล์ มีผลทำให้เซลล์และสิ่งมีชีวิตปรากฏลักษณะต่าง ๆ ได้

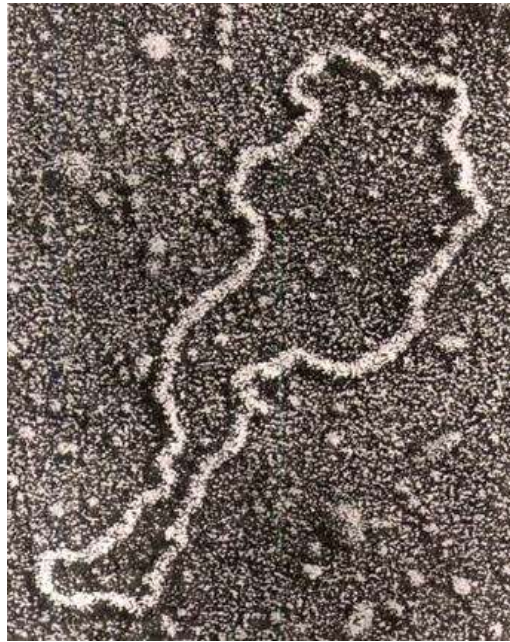
สรุปความเกี่ยวข้องของ DNA กับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม



ภาพที่ 15 ความเกี่ยวข้องของ DNA RNA การสังเคราะห์โปรตีนและลักษณะทางพันธุกรรม

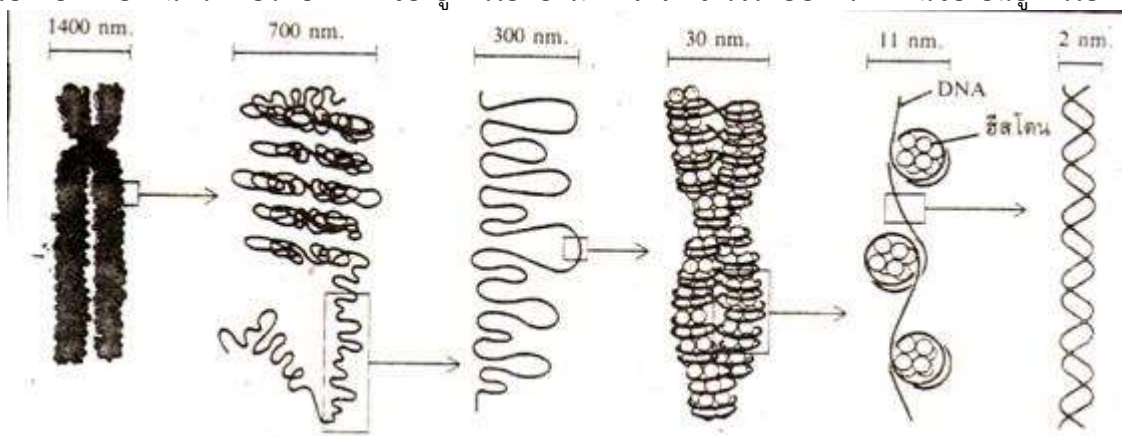
DNA ในโพรคาริโอต และยูคาริโอต

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่เรียกว่า โพรคาริโอต (prokaryote) คือ สารพันธุกรรมที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส สารพันธุกรรมของแบคทีเรียเป็น DNA เกลียวคู่ เช่น DNA ของแบคทีเรีย *E. coli* เป็นเกลียวคู่ที่ไม่มีปลายเปิดเนื่องจาก DNA มีลักษณะเป็นวง มีเบสประมาณ 4.5×10^6 คู่ ปัจจุบันนักพันธุศาสตร์เข้าใจพันธุกรรมของ *E. coli* เป็นอย่างดี และรู้ว่ นอกจาก DNA ของมันเองแล้ว ยังอาจมี DNA ขนาดเล็กของผู้อาศัย ที่เรียกว่า พลาสมิด (plasmid) อาศัยอยู่ภายในแบคทีเรีย อีกด้วย



ภาพที่ 16 พลาสมิดของแบคทีเรีย

สิ่งมีชีวิตพวุกยูคาริโอต (eukaryote) ซึ่งมี DNA เป็นสารพันธุกรรม และมีคู่เบสจำนวนมากขึ้น เช่น เซลล์แฮพลอยด์ของคนมีคู่เบสประมาณ 3×10^9 คู่ โครโมโซมของพวุกยูคาริโอตไม่ใช่ DNA ทั้งหมด แต่ประกอบด้วย DNA ที่เกาะติดกับโปรตีนซึ่งส่วนใหญ่ คือ โปรตีนประเภทฮิสโตน (histone) มองเห็นในกล้องจุลทรรศน์เป็นสายใยเรียกว่า โครมาทิน (chromatin) เมื่อจะแบ่ง DNA หรือเมื่อ DNA จะสังเคราะห์ RNA DNA ต้องหลุดจากโปรตีนชั่วคราวจึงจะอยู่ในสภาพที่ทำงานได้ ดังภาพที่ 17 DNA ของพวุกยูคาริโอตมีปริมาณมากกว่า DNA ของโพรคาริโอตเป็นอันมาก DNA ของยูคาริโอตยังพันรอบ ๆ โปรตีนฮิสโตนอีกด้วย DNA ของยูคาริโอตจึงมีความซับซ้อนมากขึ้น และนักพันธุศาสตร์ยังต้องศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับ DNA ของยูคาริโอตอีกมาก จึงจะเข้าใจระบบการทำงานของยีนยูคาริโอต



ภาพที่ 17 DNA และฮิสโตนที่ประกอบกันเป็นโครโมโซมของยูคาริโอต

จากผลการสืบค้นข้อมูล สามารถสรุปได้ดังนี้

1. DNA มีโครงสร้างที่แตกต่างจาก RNA ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง DNA กับ RNA

ข้อเปรียบเทียบ	DNA	RNA
1. จำนวนนิวคลีโอไทด์	2 สาย	1 สาย
2. โครงสร้าง	บิดเป็นเกลียว	ไม่บิดเป็นเกลียว
3. ชนิดของเบส	อะดีนีน กวานีน ไทมิน และ ไซโทซีน	อะดีนีน กวานีน ยูราซิล และ ไซโทซีน
4. น้ำตาล	ดีออกซีไรโบส	ไรโบส

2. DNA ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนในไซโทพลาซึมโดยอาศัยสารตัวกลางระหว่าง DNA ในนิวเคลียสกับไรโบโซม
3. DNA ส่งสารผ่านบางอย่างเป็นตัวแทนมาควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนในไซโทพลาซึม
4. สารที่ DNA ส่งมานั้นคือ mRNA มาควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนที่ไรโบโซมในไซโทพลาซึม ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการสังเคราะห์โปรตีนด้วยการสังเคราะห์ RNA จาก DNA จากแม่พิมพ์ DNA
5. การสังเคราะห์ mRNA มีขั้นตอนสำคัญ คือ DNA 2 สายคลายเกลียวแยกจากกัน โดยมีสายใดสายหนึ่งเป็นแม่พิมพ์ จากนั้นนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสคู่กันจะเข้าไปจับกับเบสของสายแม่พิมพ์ โดยนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสคู่กันจะเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว
6. RNA พอลิเมอร์สมีบทบาทสำคัญ คือ จับกับ DNA บริเวณที่สังเคราะห์ RNA
7. ในการสังเคราะห์ mRNA มีทิศทางจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3' ซึ่งสลับทิศทางกับสาย DNA แม่พิมพ์จะได้เป็นสาย mRNA
8. กระบวนการสังเคราะห์ mRNA จาก DNA แม่พิมพ์เรียกว่ากระบวนการถอดรหัส หรือ ทรานสคริปชัน กระบวนการสังเคราะห์ mRNA กับกระบวนการสังเคราะห์ DNA สามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบกระบวนการสังเคราะห์ DNA กับกระบวนการสังเคราะห์ RNA

กระบวนการสังเคราะห์ DNA	กระบวนการสังเคราะห์ RNA
1. ใช้พอลินิวคลีโอไทด์ที่เป็นแม่พิมพ์ทั้งสองสาย	1. ใช้พอลินิวคลีโอไทด์ที่เป็นแม่พิมพ์เพียงสายเดียว
2. ใช้เอนไซม์ DNA พอลิเมอร์ส	2. ใช้เอนไซม์ RNA พอลิเมอร์ส
3. ใช้ดีออกซีไรโบนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ A T C G	3. ใช้ไรโบนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด คือ A U C G
4. ผลผลิตที่ได้ DNA สายใหม่ 2 สาย	4. ผลผลิตที่ได้ mRNA สายเดียว

9. DNA สังเคราะห์ RNA ได้ 3 ชนิด คือ mRNA tRNA และ rRNA
10. RNA แต่ละชนิดมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ดังนี้
 - 10.1 tRNA ทำหน้าที่นำกรดอะมิโนมาต่อกันเป็นสายยาวบนไรโบโซม
 - 10.2 rRNA เป็นส่วนประกอบของไรโบโซม
 - 10.3 mRNA นำรหัสการสร้างโปรตีนมายังไรโบโซมในไซโทพลาซึม
11. mRNA เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนโดยลำดับเบสบน mRNA เป็นตัวกำหนดรหัสพันธุกรรม
12. ส่วนนิวคลีโอไทด์ของ DNA เป็นข้อมูลทางพันธุกรรมและถ่ายทอดให้ mRNA
13. การเรียงลำดับของเบสใน mRNA จำนวน 3 ตัวเป็น 1 รหัสพันธุกรรม

14. ในสังเคราะห์โปรตีนสิ่งที่กำหนดชนิดของกรดอะมิโนและการเรียงลำดับของกรดอะมิโน คือ ลำดับเบสบน mRNA

15. สิ่งที่ต้องใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนประกอบด้วย DNA mRNA tRNA ไรโบโซม กรดอะมิโน เอนไซม์

16. การสังเคราะห์โปรตีนมีทิศทางการสังเคราะห์ปลาย 5' ไปยังปลาย 3'

17. กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนมี 2 ขั้นตอน และแต่ละขั้นตอนเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนดังนี้

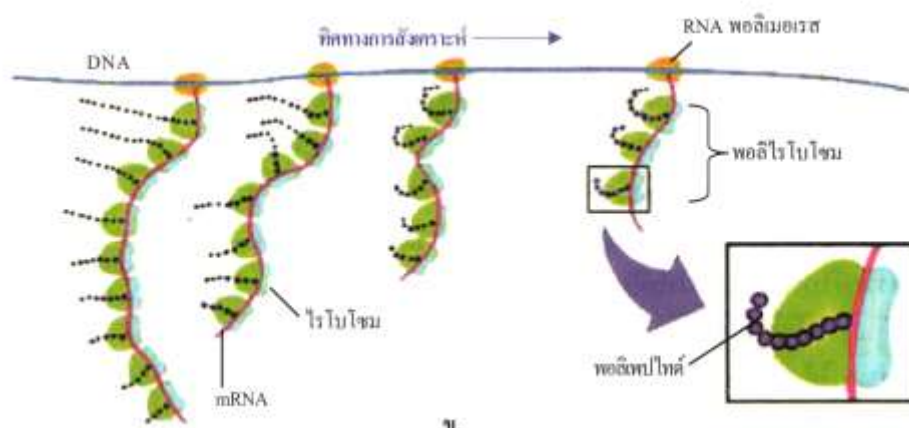
17.1 กระบวนการถอดรหัส หรือ ทรานสคริปชัน (transcription) เป็นกระบวนการที่ DNA ถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมให้ mRNA ซึ่งการนำรหัสการสังเคราะห์โปรตีนไปยังไซโทพลาซึม

17.2 กระบวนการแปลรหัส หรือ ทรานสเลชัน (translation) เป็นกระบวนการที่ tRNA นำกรดอะมิโนชนิดที่ตรงกับโคดอนของ mRNA เช่น tRNA ที่มีแอนติโคดอน CCA จะนำกรดอะมิโนชนิดไกลซีน (Gly) มายังไรโบโซมตรงที่มีโคดอน GGU ของ mRNA เป็นต้น โดยนำกรดอะมิโนมาเรียงต่อกันบนไรโบโซมตามรหัสพันธุกรรมของ mRNA

18. การสังเคราะห์โปรตีนของพวกยูคาริโอต กระบวนการถอดรหัสเกิดในนิวเคลียส ส่วนการแปลรหัสเกิดในไซโทพลาซึม ส่วนการสังเคราะห์โปรตีนของโพรคาริโอตกระบวนการถอดรหัสและการแปลรหัสเกิดในไซโทพลาซึม การสังเคราะห์โปรตีนบนสาย mRNA สังเคราะห์พร้อมกันหลายสายได้หรือไม่”



ก.



ข.

ภาพที่ 18 ก. ภาพถ่ายจากการเกิดพอลิไรโบโซมจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด

ข. แผนภาพการเกิดพอลิไรโบโซม

จากภาพที่ 18 แสดงการสังเคราะห์โปรตีนหลาย ๆ สาย พร้อมกัน โดยไรโบโซมจะมาเกาะจับกับ mRNA ได้หลายๆ ไรโบโซม mRNA ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าพอลิไรโบโซม หรือพอลิโซม

DNA ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน โปรตีนที่สังเคราะห์ขึ้นเหล่านี้ไปทำหน้าที่อะไรบ้าง ซึ่งนักเรียนสามารถตอบได้หลากหลาย เช่น

1. โปรตีนที่ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจน คือ ฮีโมโกลบิน
2. โปรตีนที่ช่วยในการเคลื่อนในกล้ามเนื้อ คือ แอกทิน และไมโอซิน
3. โปรตีนที่ผิวหนังและขน คือ คอลลาเจนและเคอราติน
4. โปรตีนที่เป็นเอนไซม์
5. โปรตีนที่เป็นฮอร์โมน

แบบฝึกหัด
เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม

ชื่อ - สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

คำสั่ง ให้นักเรียนเขียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. การที่ DNA จะเป็นสารพันธุกรรมได้นั้น จะต้องมียีนอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

2. การสังเคราะห์ DNA มีขั้นตอนอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

3. ในการสังเคราะห์ RNA โดยใช้ DNA สายหนึ่งเป็นแม่พิมพ์ มีลำดับเบสดังต่อไปนี้

3' T A C G G C A T A T C G A 5'

จงเขียนลำดับเบสของ RNA ที่สังเคราะห์ได้โดยเริ่มจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3'

.....

.....

.....

4. ถ้าวัดสารพันธุกรรมประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ต่อไปนี้ GCC AAU CUU UGG ลำดับกรดอะมิโนเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

5. พอลิเพปไทด์สายหนึ่งมีลำดับกรดอะมิโนดังนี้ Met-Pro-Lys-Val จงบอกลำดับเบสที่อาจเป็นไปได้ของ mRNA ที่สร้างพอลิเพปไทด์สายนี้

.....

.....

.....

เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรม

คำสั่ง ให้นักเรียนเขียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. การที่ DNA จะเป็นสารพันธุกรรมได้นั้น จะต้องมียสมบัติอย่างไรบ้าง

คำตอบ

การที่ DNA จะเป็นสารพันธุกรรมได้นั้น จะต้องมียสมบัติดังนี้

1. สามารถเพิ่มจำนวนตัวเองได้โดยมีลักษณะเหมือนเดิมทุกประการ เพื่อให้สามารถถ่ายทอดลักษณะจากพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกได้

2. สามารถควบคุมให้เซลล์สังเคราะห์สารต่าง ๆ เพื่อแสดงลักษณะทางพันธุกรรมให้ปรากฏ

3. สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจก่อให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมที่ผิดแผกไปจากเดิม

2. การสังเคราะห์ DNA มีขั้นตอนอย่างไรบ้าง

คำตอบ

ขั้นตอนการสังเคราะห์ DNA ประกอบด้วย

1. พอลินิวคลีโอไทด์สองสายของ DNA คลายเกลียวพันธะไฮโดรเจนที่ยึดระหว่างคู่เบสของทั้งสองสายจะคลาย ทำให้สองสายแยกออกจากกันเหมือนการรูดซิป

2. พอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสาย จะทำหน้าที่เป็นสายแม่พิมพ์ เพื่อทำหน้าที่ในการสังเคราะห์สายพอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่ โดยเอนไซม์ DNA พอลิเมอเรสนำนิวคลีโอไทด์อิสระเข้าจับกับนิวคลีโอไทด์ของสายแม่พิมพ์ที่มีเบสสอดคล้องกัน คือ A จับคู่กับ T และเบส C จับคู่กับ G

3. การสังเคราะห์ DNA ทำให้มีการเพิ่มโมเลกุลของ DNA จาก 1 เป็น 2 โมเลกุล โดย DNA แต่ละโมเลกุลมีพอลินิวคลีโอไทด์สายเดิม 1 สาย และสายใหม่ 1 สาย

3. ในการสังเคราะห์ RNA โดยใช้ DNA สายหนึ่งเป็นแม่พิมพ์ มีลำดับเบสดังต่อไปนี้

3' T A C G G C A T A T C G A 5'

จงเขียนลำดับเบสของ RNA ที่สังเคราะห์ได้โดยเริ่มจากปลาย 5' ไปยังปลาย 3'

คำตอบ ลำดับเบส 5' A U G C C U A U A G C U 3'

4. ถ้าวัดสารพันธุกรรมประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ต่อไปนี้ GCC AAU CUU UGG ลำดับกรดอะมิโนเป็นอย่างไร

คำตอบ ลำดับกรดอะมิโนเรียงตามลำดับดังนี้ Ala- Asn - Leu - Trp

5. พอลิเพปไทด์สายหนึ่งมีลำดับกรดอะมิโนดังนี้ Met-Pro-Lys-Val จงบอกลำดับเบสที่อาจเป็นไปได้ของ mRNA ที่สร้างพอลิเพปไทด์สายนี้

คำตอบ AUG CCA AAA GUG

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

รายวิชาชีววิทยา 2	รหัสวิชา ว30241	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนสตรีศึกษา	ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....
สาระที่ 1 บทที่ 4	เรื่อง มิวเทชัน	เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมิวเทชัน (ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปฐมภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปราย วิเคราะห์และสรุปเกี่ยวกับการเกิดมิวเทชันและผลของการเกิดมิวเทชัน

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. อธิบายความหมายของมิวเทชัน
2. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันระดับยีน
3. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายสาเหตุและผลของการเกิดมิวเทชันในระดับโครโมโซม

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 6)

- การเกิดมิวเทชัน

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

ครูนำภาพเปรียบเทียบคนผิวปกติและผิวเผือก แผลงหวีตาสีแดงและตาสีขาว หรือจากแผ่นภาพโปรงใสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ผิดไปจากปกติ เช่น ลักษณะผิวเผือกในคน หรือตาสีขาวในแมลงหวี่และการถ่ายทอดลักษณะที่ผิดปกตินี้ไปยังลูกหลาน เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ DNA และโครโมโซม เรียกลักษณะนี้ว่า มิวเทชันหรือการกลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูทบทวนการศึกษาของ วี เอ็ม อินแกรม ที่ได้ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของฮีโมโกลบินที่ผิดปกติโดยการเปรียบเทียบกับฮีโมโกลบินของคนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ โดยใช้ภาพที่ 16 – 6 อีกครั้งหนึ่งซึ่งจะเห็นว่าลำดับกรดอะมิโนในสายพิตาสายหนึ่งของฮีโมโกลบินของคนปกติเป็นกรดกลูตามิก ส่วนคนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์เป็นวาลีน

2. ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นว่า กรดกลูตามิกในสายพิตาสายหนึ่งของฮีโมโกลบินเปลี่ยนเป็นวาลีนได้อย่างไร จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 16 – 24 ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า การที่กรดกลูตามิกเปลี่ยนแปลงไปอาจจะเกิดจากความผิดพลาดขณะ DNA จำลองตัวเอง ดังนั้นเมื่อ DNA ที่สังเคราะห์มาได้ถ่ายทอดรหัสให้ mRNA การแปลรหัสจาก mRNA จึงได้กรดอะมิโนที่แตกต่างไปจากเดิม

3. ครูให้นักเรียนอภิปรายในประเด็น ต่อไปนี้

- สาเหตุของการเกิดมิวเทชันในระดับยีนมีอะไรบ้าง
- มิวเทชันเฉพาะที่แบบการแทนคู่เบสและเฟรมชิฟท์มิวเทชัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง DNA และมีผลต่อการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตแตกต่างกันอย่างไร
- การเกิดมิวเทชันจะเกิดผลไปถึงลูกหลานหรือไม่อย่างไร

จากการสืบค้นนักเรียนควรจะบอกได้ว่า สาเหตุของการเกิดมิวเทชันในระดับยีน ได้แก่ รังสี อัลตราไวโอเลต สารเคมีบางอย่าง เช่น สารอะฟลาทอกซิน มีผลทำให้ DNA หรือยีนเปลี่ยนแปลงไปได้หลายลักษณะ เช่น เบสขาดหายไป เบสมีจำนวนเพิ่มขึ้น เบสเปลี่ยนเป็นชนิดอื่น และจะเกิดผลต่อลูกหลาน ถ้าเมื่อบริเวณที่เกิดมิวเทชันนั้นสามารถนำไปขยายพันธุ์และได้รุ่นต่อไปได้ เช่น เกิดขึ้นในเซลล์สืบพันธุ์ หรือเกิดที่กิ่งที่รากของพืชที่จะนำไปใช้ขยายพันธุ์เพิ่ม

มิวเทชันระดับยีนหรือมิวเทชันเฉพาะที่ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของเบส ลำดับและจำนวนของเบสของ DNA มีผลทำให้รหัสพันธุกรรมเปลี่ยนไปจากเดิม มิวเทชันเฉพาะที่แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การแทนที่คู่เบส และเฟรมชิฟท์มิวเทชัน ดังภาพที่ 16 - 25 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างได้ตามตาราง ดังนี้

การแทนที่คู่เบส	เฟรมชิฟท์มิวเทชัน
1. มีการเปลี่ยนแปลงแทนที่คู่เบสในสายพอลิ-นิวคลีโอไทด์ของ DNA เช่น A- T ถูกแทนที่ด้วย G- C 2. มีผลทำให้เปลี่ยนแปลงเฉพาะบริเวณรหัสพันธุกรรม ไม่ทำให้รหัสพันธุกรรมอื่น ๆ เปลี่ยนแปลง 3. อาจมีหรือไม่มีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต คือ ถ้าเกิดการแทนที่คู่เบสในรหัสพันธุกรรมรหัสเดียวกันมีการเปลี่ยนแปลงเบส แต่อาจไม่เปลี่ยนแปลงกรดอะมิโน จึงไม่มีผลต่อรหัสพันธุกรรม แต่ถ้าทำให้เปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนโปรตีนจะเปลี่ยนไปก็จะมีผลต่อการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต เช่น โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์	1. มีการเพิ่มหรือการขาดหายของนิวคลีโอไทด์ 1 หรือมากกว่าในสายพอลินิวคลีโอไทด์ของ DNA 2. มีผลทำให้รหัสพันธุกรรมเปลี่ยนไปจากเดิม ลำดับและชนิดของกรดอะมิโนหลังจากตำแหน่งนี้ไปจะเปลี่ยนไปด้วย 3. สมบัติของพอลินิวคลีโอไทด์หรือโปรตีนที่ได้จากการสังเคราะห์โปรตีนจะแตกต่างไปจากปกติ จะมีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต

4. ครูเน้นให้นักเรียนเข้าใจว่ามิวเทชันเกิดขึ้นได้ทั้งเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งสามารถถ่ายทอดสู่ลูกหลานเมื่อมิวเทชันเกิดขึ้นกับเซลล์สืบพันธุ์ แต่ถ้ามิวเทชันเกิดขึ้นกับเซลล์ร่างกายที่จะพัฒนาให้เกิดการสืบพันธุ์ได้ เช่น มิวเทชันที่เกิดกับตาข้างที่จะเจริญไปเป็นกิ้งซึ่งมีลักษณะต่างไปจากเดิม เมื่อขยายพันธุ์โดยการปักชำหรือการตอนก็จะได้ต้นที่มีลักษณะต่างไปจากเดิมเช่นนี้ก็จะถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้ ปัจจุบันมิวเทชันที่เกิดจากการชักนำโดยมนุษย์จะทำให้เกิดมิวเทชันในอัตราที่สูงกว่าที่เกิดโดยธรรมชาติมาก สิ่งที่ทำให้เกิดมิวเทชัน เรียกว่า สิ่งก่อกลายพันธุ์หรือมิวทาเจน ได้แก่ รังสี ความร้อน สารเคมี ฯลฯ

5. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งก่อกลายพันธุ์ที่เป็นสารก่อมะเร็ง ที่ทำให้เกิดมิวเทชันกับเซลล์ร่างกาย ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดมะเร็ง โดยให้พิจารณาจากสิ่งรอบตัวจากการอุปโภคบริโภคของนักเรียนเอง สารก่อมะเร็งที่นักเรียนยกตัวอย่าง โดยอาจให้นักเรียนสืบค้นว่ามีรายงาน หรือพิสูจน์แล้วว่าเป็นสิ่งก่อการกลายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดมะเร็งได้ แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียนและจัดป้ายนิเทศ

6. ครูให้นักเรียนสืบค้นมิวเทชันระดับโครงสร้างของโครโมโซม จากการสืบค้นและการอภิปราย นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญเกี่ยวกับมิวเทชันระดับโครโมโซม ดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างของโครโมโซม มีสาเหตุมาจากความผิดปกติในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส รังสีต่าง ๆ หรือสารเคมี จึงทำให้เกิดเซลล์สืบพันธุ์ที่ผิดปกติ เกิดขึ้นได้หลายแบบ เช่น บางส่วนของโครโมโซมขาดหายไป บางส่วนของโครโมโซมเกินมาจากปกติ บางส่วนของโครโมโซมที่ขาดไปกลับมาต่อใหม่แต่ต่อกลับกัน การแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนโครโมโซมต่างคู่กัน จากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม ทำให้จำนวน

ของเบสและลำดับของเบสเปลี่ยนไป ซึ่งทำให้รหัสพันธุกรรมและการสังเคราะห์โปรตีนเปลี่ยนไป มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฟีโนไทป์ เกิดโรคต่าง ๆ เช่น กลุ่มอาการครีดูชาต์

2) การเปลี่ยนแปลงด้านจำนวนโครโมโซม มีสาเหตุมาจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสผิดปกติ คือ เกิดปรากฏการณ์นอนดิสจังก์ชัน ซึ่งฮอโมโลกัสโครโมโซมไม่แยกจากกันขณะแบ่งเซลล์ มีผลทำให้เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนโครโมโซมขาดหรือเกินเป็นแท่ง ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งอโทโซมและโครโมโซมเพศ ความผิดปกตินี้ทำให้เกิดโรคกลุ่มอาการดาวน์ กลุ่มอาการเทอร์เนอร์ซินโดรม ฯลฯ นอกจากนี้จำนวนโครโมโซมขาดหรือเกินเป็นชุด เรียกว่าพอลิพลอยด์ มักพบในพืชจะมีประโยชน์มาก แต่ถ้าเกิดกับสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมมักจะเกิดผลเสียมากกว่าผลดี

7. ครูและนักเรียนร่วมกันตอบคำถาม ดังนี้

- จากภาพที่ 16 - 23 การเปลี่ยนแปลงของเบสใน DNA เป็นอย่างไร (ในการจำลอง DNA ครั้งแรกมีการจับคู่ของเบสผิดคู่ เบส G ควรจะจับคู่กับเบส C แต่ไปจับคู่กับเบส T แทน และเมื่อสายพอลินิวคลีโอไทด์ที่มีเบส T นี้ไปสร้างพอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่ เบส T ก็จะไปจับกับเบส A ดังนั้นลำดับของเบสในสาย DNA จะเปลี่ยนแปลงไป)

- การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับ DNA อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของรหัสพันธุกรรมและการสังเคราะห์โปรตีนอย่างไร (ถ้า DNA สายที่เกิดมิวเทชันไปเป็นแม่พิมพ์ในการสร้าง mRNA ก็จะมีรหัสบนสาย mRNA ในตำแหน่งที่เกิดมิวเทชันเปลี่ยนแปลง การแปลรหัสในการสังเคราะห์โปรตีนก็จะผิดปกติทำให้ได้โปรตีนแตกต่างไปจากเดิม)

- ถ้า mRNA ที่มีลำดับเบสเป็น CUU UCU ACA AAA เกิดมิวเทชันเฉพาะที่เป็น UUU UCU ACA AAA จะมีผลอย่างไรในระดับของพอลิเพปไทด์และลักษณะของสิ่งมีชีวิต (จะมีผลทำให้กรดอะมิโนในบริเวณมิวเทชัน คือ CUU ที่เป็นรหัสพันธุกรรมของกรดอะมิโนลิวซีนเปลี่ยนเป็น UUU ซึ่งเป็นรหัสพันธุกรรมของกรดอะมิโนฟีนิลอะลามีนทำให้ลำดับของกรดอะมิโนเปลี่ยนแปลงไปอาจมีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต)

- นักเรียนคิดว่าการเกิดมิวเทชันแบบการแทนที่ของคู่เบสทำให้เกิดผลเสียเสมอไปหรือไม่ เพราะเหตุใด (ไม่เสมอไป ถ้าการแทนที่คู่เบสนั้นเป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิดเดียวกัน)

- ถ้าเกิดการเพิ่มขึ้น หรือขาดหายไปของบริเวณที่เป็นโคดอน 3 นิวคลีโอไทด์ จะเกิดความผิดปกติอย่างไร (ชนิดของกรดอะมิโนในบริเวณดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป ถ้าเกิดลักษณะเช่นนี้ 2 - 3 นิวคลีโอไทด์ มักจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในการทำงานของพอลิเพปไทป์)

- เราสามารถสังเกตมิวเทชันที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ได้หรือไม่ (ไม่ได้)

จากภาพที่ 16 - 26

- จากคาร์ไฮโอไทป์ของกลุ่มอาการครีดูชาต์ โรคนี้เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซม คู่ใดและจำนวนโครโมโซมเปลี่ยนแปลงหรือไม่ (คู่ที่ 5 ขนขาวสั้น ขาดหายไปทั้งสองแขน จำนวนโครโมโซมไม่เปลี่ยนแปลง)

- การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมมีผลต่อจำนวนของยีนอย่างไร (อาจทำให้จำนวนของยีนเปลี่ยนไป คือ ถ้าชิ้นโครโมโซมขาดหาย จำนวนยีนจะลดลง โครโมโซมมีชิ้นเกินมา จะทำให้จำนวนยีนเพิ่มขึ้น)

จากภาพที่ 16 - 27

- กลุ่มอาการครีดูชาต์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมเป็นแบบใด(บางส่วนของโครโมโซมขาดหายไป)

- ความผิดปกติของโครงสร้างโครโมโซม จะมีผลต่อยีนที่อยู่บนโครโมโซมอย่างไรบ้าง (ยีนอยู่บนโครโมโซม เมื่อชิ้นส่วนโครโมโซมขาดหาย ยีนก็จะหายไปด้วย)

จากภาพที่ 16 - 28

- จากคาร์ิโอไทป์ของกลุ่มอาการดาวน์ โรคนี้เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมคู่ใด เกิดกับโครโมโซมชนิดใด และโครโมโซมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (เกิดกับโครโมโซมร่างกายคู่ที่ 21 โครโมโซมเกินมา 1 โครโมโซม)

จากภาพที่ 16 – 29

- จากภาพที่ 16 – 29 จำนวนโครโมโซมเพศชายหรือเกินจากปกติได้อย่างไร (เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสผิดปกติ อาจเกิดจากการแบ่งเซลล์ในระยะไมโอซิส I หรือไมโอซิส II)

- ถ้าพ่อสร้างสเปิร์มที่มีโครโมโซม XY ผสมกับเซลล์ไข่ที่มีโครโมโซม X ลูกจะมีโครโมโซมเพศเป็นอย่างไรและเกิดเป็นเพศใด (โครโมโซมของลูกเป็น XXY เป็นเพศชาย)

- เพราะเหตุใดพืชที่เป็นพอลิพลอยด์เลขคี่จึงมักเป็นหมัน (ในกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ในระยะเมทาเฟส I จะมีโครโมโซมบางโครโมโซมไม่มีฮอมอโลกัสโครโมโซมมาเข้าคู่กัน จึงมีปัญหาในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์)

- การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับยีนและโครโมโซมเกี่ยวข้องกับการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตอย่างไร (บางลักษณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวน ลำดับของยีน หรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม อาจจะทำให้สิ่งมีชีวิตอยู่รอด ลักษณะที่เกิดมิวเทชันถ้ามีการถ่ายทอดและถูกคัดเลือกไว้ในธรรมชาติ และสะสมไว้ในยีนพูล อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ได้)

8. ครูตั้งประเด็น เพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ถ้าชิ้นส่วนของโครโมโซมที่ขาดหายไปมีขนาดยาวหรือขนาดสั้นจะส่งผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ อย่างไร เพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของยีนที่อยู่บนโครโมโซม นักเรียนควรนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาเรื่องมิวเทชันมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ว่าถ้าชิ้นส่วนโครโมโซมที่ขาดหาย มีขนาดยาวและมียีนไม่สำคัญก็จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตไม่รุนแรงมาก ถ้าชิ้นส่วนโครโมโซมที่ขาดหายมีขนาดสั้น แต่มียีนที่สำคัญก็จะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างรุนแรงจนไม่สามารถอยู่รอดได้

9. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง มิวเทชัน ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้

2. ครูให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ในบทที่ 17 เรื่อง ยีนและโครโมโซม ที่เรียนผ่านมาแล้ว เพื่อเตรียมตัวสอบเก็บคะแนน ซึ่งครูจะแจ้งให้ทราบต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 2 ของ สสวท.

2. ใบความรู้ที่ 6 เรื่อง มิวเทชัน

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม/ทักษะวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้
ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินซุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ใบความรู้ที่ 6

เรื่อง มิวเทชัน

มิวเทชัน (Mutation)

เมื่อสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งๆ จะพบว่าลูกหลานมีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน มีบางลักษณะที่แตกต่างกันไปบ้าง ดังลักษณะต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ลักษณะผิวเผือกของคนและสัตว์

จากภาพที่ 1 ลักษณะผิวเผือกของคนและสัตว์ แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของ DNA และโครโมโซม เรียกลักษณะนี้ว่า มิวเทชัน (mutation) หรือการกลาย

มิวเทชัน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมอย่างฉับพลันและลักษณะที่เปลี่ยนแปลงนี้สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้ ถ้าเป็นการมิวเทชันที่เกิดกับเซลล์สืบพันธุ์ แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

1. มิวเทชันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครโมโซม อาจจะเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือจำนวนของโครโมโซม

2. การเปลี่ยนแปลงจากยีนหนึ่งไปยังอีกยีนหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของนิวคลีโอไทด์ของ DNA เช่น โลหิตจาง ชนิดที่เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างเป็นเคียว (sickle cell anemia) สิ่งที่ทำให้เกิดมิวเทชันเรียกว่ามิวทาเจน (mutagen) ได้แก่ รังสีต่างๆ สารเคมี ไวรัสบางชนิด เป็นต้น

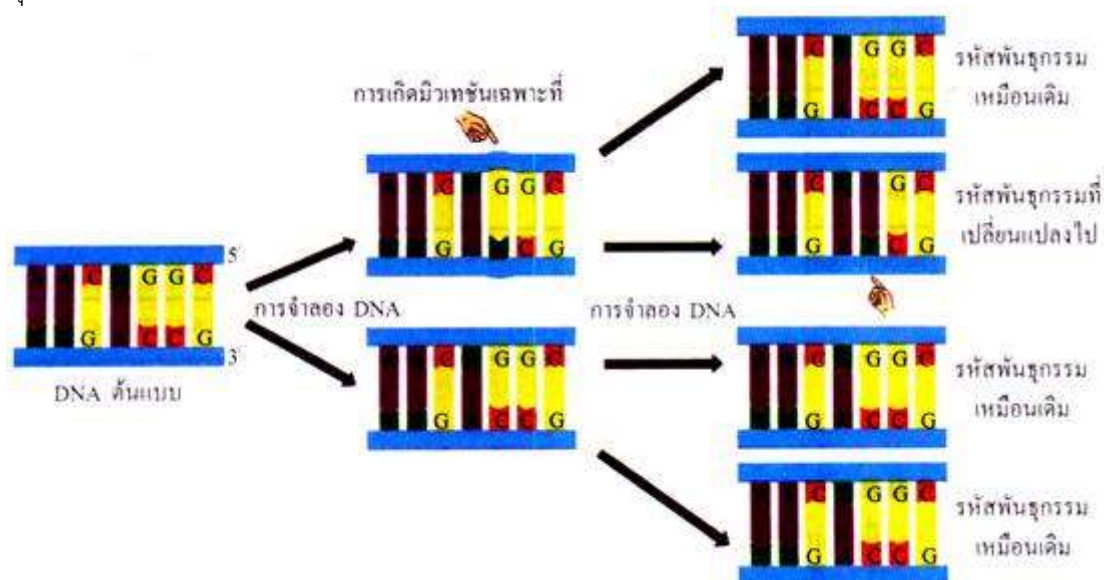
มิวเทชันอาจเกิดขึ้นได้กับเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ ถ้าเกิดขึ้นกับเซลล์ร่างกาย การแปรผันของลักษณะต่างๆ จะเป็นแต่เฉพาะตัว เช่น การเกิดมะเร็งที่ผิวหนังจะไม่ถ่ายทอดไปยังรุ่นหลาน แต่ถ้าเกิดขึ้นที่เซลล์สืบพันธุ์จะมีการถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไป

การเกิดมิวเทชันในพืชและสัตว์ บางครั้งอาจทำให้ได้ลูกที่มีลักษณะทางพันธุกรรมดีกว่าเดิมจึงการคัดพันธุ์ต่างๆ ในการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ เช่น ใช้รังสีแกมมา มาอาบข้าวให้เป็นข้าวพันธุ์ใหม่

จากการศึกษาเรื่องการสังเคราะห์ DNA โดยอาศัย DNA สายเดียวเป็นแม่พิมพ์ หากเบสไม่เข้าคู่กันก็จะประกอบกันได้ยาก อย่างไรก็ตามโอกาสผิดพลาดย่อมเกิดขึ้นได้บ้าง แม้จะเป็นส่วนน้อยก็ตาม ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับลำดับเบสของ DNA เรียกว่า มิวเทชัน (mutation) ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะสืบทอดต่อไปได้ มิวเทชันเกิดขึ้นได้หลายลักษณะ เช่น เบสขาดหายไป เบสมีจำนวนเกินมาหรือเบสเปลี่ยนจากตัวเดิมไปเป็นเบสตัวอื่น ๆ เป็นต้น เมื่อลำดับเบสเปลี่ยนไปการอ่านรหัสพันธุกรรมจะเปลี่ยนไปด้วย อาจยังผลให้พอลิเพปไทด์เปลี่ยนไปจากเดิม ทำให้

คุณสมบัติของโปรตีนแตกต่างไปจากเดิมได้ ความผิดปกติจะมีผลดีหรือผลร้ายหรือไม่เพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับตำแหน่งของกรดอะมิโนที่เปลี่ยนไป เมื่อย้อนกลับไปพิจารณากรณีโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ จะพบว่าสาเหตุของโรคนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงเบสเพียง 1 ตัวเท่านั้น ทำให้กรดอะมิโนเปลี่ยนไป 1 ตัว คือ กรดอะมิโนลำดับที่ 6 ของสายเบตาของฮีโมโกลบินเปลี่ยนจากกรดกลูตามิก เป็นวาเลอีน และในปัจจุบันเราทราบว่ารังสีต่าง ๆ เช่น รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีอัลตราไวโอเล็ตและสารเคมีจำนวนมาก เช่น สารอะฟลาทอกซิน (aflatoxins) จากเชื้อราบางชนิด กรดไนตริก สีสอะคริติน เป็นต้น

โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ เป็นตัวอย่างของโรคพันธุกรรมที่เป็นมาจากการเกิดมิวเทชัน โดยปกติ DNA โมเลกุลใหม่ที่มีลำดับการเรียงตัวของเบสและจำนวนเบสเหมือน DNA โมเลกุลเดิมทุกประการ แต่ในบางครั้งในการจำลองตัวเองของ DNA อาจมีความผิดพลาดทำให้เกิดผลต่อสิ่งมีชีวิต ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของเบสมีการเปลี่ยนแปลงได้หลายลักษณะ เช่น เบสเปลี่ยนจากชนิดเดิมเป็นชนิดอื่น นิวคลีโอไทด์ขาดหายไป นิวคลีโอไทด์เพิ่มขึ้น หรือลำดับของนิวคลีโอไทด์เปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็น มิวเทชันเฉพาะที่ (point mutation) ดังภาพ มีผลทำให้รหัสพันธุกรรมเปลี่ยนไป สมบัติของโปรตีนหรือพอลิเพปไทด์ที่สังเคราะห์ขึ้นจึงแตกต่างไปจากเดิม



ภาพที่ 2 การเกิดมิวเทชันเฉพาะที่

จากภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของเบสใน DNA เป็นอย่างไร คำตอบ ในการจำลอง DNA ครั้งแรก มีการจับคู่ของเบสผิดคู่ เบส G ควรจะจับคู่กับเบส C แต่ไปจับคู่กับเบส T แทน และเมื่อสายพอลินิวคลีโอไทด์ที่มีเบส T นี้ไปสร้างพอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่ เบส T ก็จะไปจับกับเบส A ดังนั้นลำดับเบสในสาย DNA จะเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับ DNA อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของรหัสพันธุกรรมและการสังเคราะห์โปรตีนอย่างไร

คำตอบ ถ้า DNA สายที่เกิดมิวเทชันไปเป็นแม่พิมพ์ในการสร้าง mRNA ก็จะมีรหัสบนสาย mRNA ในตำแหน่งที่เกิดมิวเทชันเปลี่ยนแปลง การแปลรหัสในการสังเคราะห์โปรตีนก็จะผิดปกติทำให้ได้โปรตีนแตกต่างไปจากเดิม

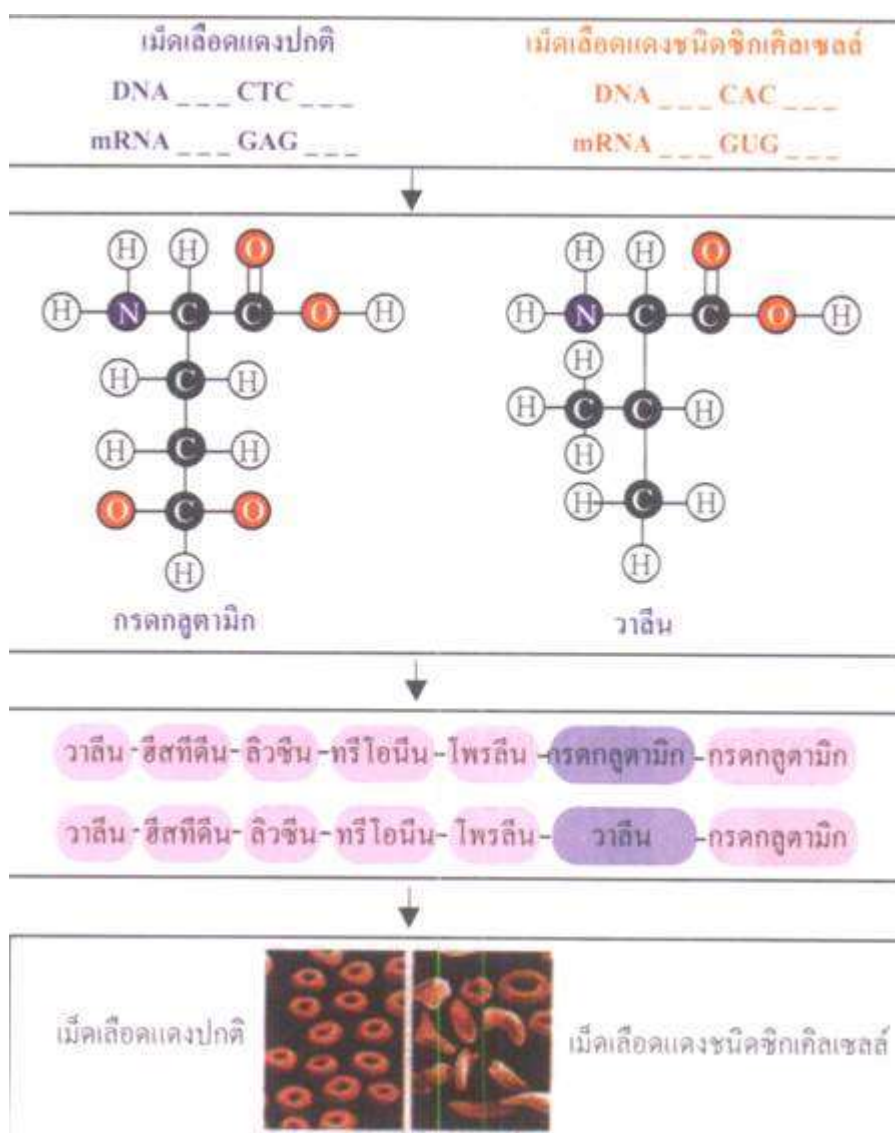
การเกิดมิวเทชันเฉพาะที่ในบริเวณ DNA ที่เป็นตำแหน่งของยีน สามารถจัดได้ 2 ประเภท คือ

1. การแทนที่คู่เบส (base-pair substitution) การเกิดมิวเทชันในลักษณะนี้อาจมีผลต่อการแสดงของลักษณะพันธุกรรมหรือไม่ก็ได้ เนื่องจากโคดอนหลายชนิดเป็นรหัสของกรดอะมิโนชนิดเดียวกันได้ เช่น CUU CUC CUA และ CUG หากมีการเกิดมิวเทชันเฉพาะที่ที่มีการเปลี่ยน รหัส CUC ซึ่งเป็นรหัสของลิวซีนให้กลายเป็น CUG การเกิดมิวเทชันดังกล่าวย่อมไม่มีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต เพราะยังมีการสร้างสายพอลิเพปไทด์ที่มีลำดับกรดอะมิโนเช่นเดิม

การเกิดมิวเทชันเฉพาะที่แบบการแทนที่คู่เบส เมื่อเกิดการแทนที่ของคู่เบสแล้ว มีผลทำให้รหัสพันธุกรรมเปลี่ยนไปเป็นรหัสพันธุกรรมของกรดอะมิโนต่างชนิดกัน ก็จะทำให้สายพอลิเพปไทด์ที่มีลำดับของกรดอะมิโนต่าง

ออกไป การเปลี่ยนแปลงลำดับกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นนี้ หากบริเวณดังกล่าวมีความสำคัญต่อการเกิดรูปร่างของโปรตีน หรือมีความจำเพาะต่อการทำงานของโปรตีนชนิดนั้นย่อมมีผลมากต่อฟิโนไทป์ของสิ่งมีชีวิต ดังการเกิดโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ มีการเกิดมิวเทชันเฉพาะที่ที่โคดอนที่เป็นรหัสพันธุกรรมของกรดอะมิโนตำแหน่งที่ 6 ของสายปิตา สายหนึ่งของฮีโมโกลบินดังภาพที่ 3

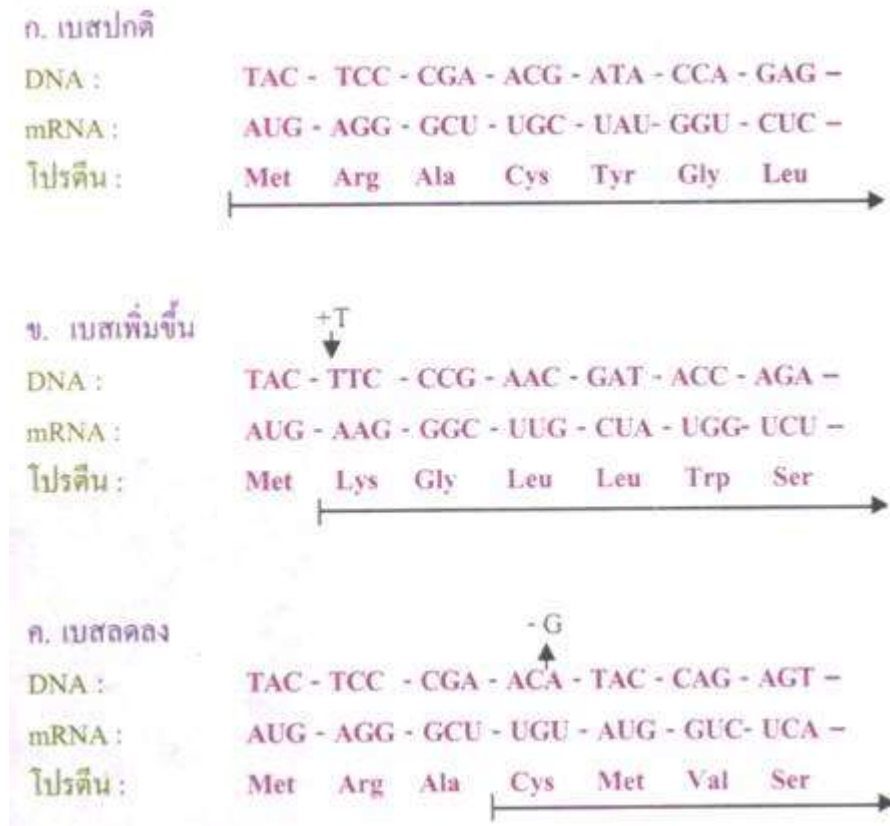
อย่างไรก็ตามการเกิดการแทนที่ของคู่เบส ในบริเวณโคดอนที่ไม่เกี่ยวข้องกับบริเวณที่จำเพาะต่อโปรตีนชนิดนั้น หรือเมื่อมีการแทนที่กรดอะมิโนชนิดใหม่ มีสมบัติใกล้เคียงกับชนิดเดิมก็อาจไม่มีผลต่อการทำงานของโปรตีนชนิดนั้น การเกิดมิวเทชันแบบการแทนที่ของคู่เบสอาจจะเกิดการทำให้การสร้างสายพอลิเพปไทด์สั้นลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นการแทนที่คู่เบส แล้วได้เป็นรหัสหยุดของการแปลรหัส ซึ่งการเกิดมิวเทชันในกรณีนี้แทบทุกกรณีจะได้โปรตีนที่ไม่สามารถทำงานได้



ภาพที่ 3 การเกิดมิวเทชันเฉพาะที่แบบการแทนที่ของคู่เบส

2. การเพิ่มของนิวคลีโอไทด์ (insertion) หรือการขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์ (deletion) การเกิดมิวเทชันนี้เป็นการที่มีการเพิ่มขึ้นของคู่นิวคลีโอไทด์ หรือการขาดหายไปของคู่นิวคลีโอไทด์ในบางตำแหน่งของยีน การเกิดมิวเทชันในลักษณะนี้ 1-2 นิวคลีโอไทด์ มักมีการเปลี่ยนแปลงในการทำงานของพอลิเพปไทด์อย่างชัดเจนเนื่องจากการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของนิวคลีโอไทด์ ในบริเวณที่เป็นโคดอน 1-2 นิวคลีโอไทด์ จะมีผลทำให้ลำดับกรดอะมิโน

ตั้งแต่ตำแหน่งที่มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของโคดอนเปลี่ยนไปทั้งหมด เรียกการเกิดมิเวทชันแบบนี้ว่า เฟรมชิฟท์ มิเวทชัน (frameshift mutation) ดังภาพ



ภาพที่ 4 การเกิดเฟรมชิฟท์ มิเวทชัน

จากการศึกษาพบว่าการเกิดมิเวทชันเกิดขึ้นได้ทั้งในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ ถ้าเกิดกับเซลล์สืบพันธุ์ ยีนที่เกิดมิเวทชันจะสามารถถ่ายทอดต่อไปได้ ถ้าเกิดกับเซลล์ร่างกายก็ขึ้นอยู่กับว่าเซลล์ร่างกายนั้นจะมีการพัฒนา ให้เกิดการสืบพันธุ์ได้หรือไม่ เช่น ในกรณีของพืช หากเกิดมิเวทชันที่เซลล์เนื้อเยื่อบริเวณตาข้าง ถ้านำกิ่งไปชำหรือ ขยายพันธุ์ก็ได้พืชที่มีลักษณะพันธุ์กรรมต่างไปจากเดิม และหากมีการสร้างดอกและติดผลได้ ลักษณะดังกล่าวก็สามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการเกิดมิเวทชันแบบการแทนที่คู่เบสและเฟรมชิฟท์ มิเวทชัน

การแทนที่คู่เบส	เฟรมชิฟท์มิเวทชัน
1. มีการเปลี่ยนแปลงแทนที่คู่เบสในสายพอลินิวคลีโอไทด์ของ DNA เช่น A-T ถูกแทนที่ด้วย G-C	1. มีการเพิ่มหรือการขาดหายของนิวคลีโอไทด์ 1 หรือมากกว่าในสายพอลินิวคลีโอไทด์ของ DNA
2. มีผลทำให้เปลี่ยนแปลงเฉพาะบริเวณรหัส พันธุกรรม ไม่ทำให้รหัสพันธุกรรมอื่น ๆ เปลี่ยนแปลง	2. มีผลทำให้รหัสพันธุกรรมเปลี่ยนไปจากเดิม ลำดับ และชนิดของกรดอะมิโนหลังจากตำแหน่งนี้ไปจะเปลี่ยนแปลงด้วย

การแทนที่คู่เบส	เฟรมชิฟท์มิวเทชัน
3. อาจมีหรือไม่มีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต คือ ถ้าเกิดการแทนที่คู่เบสในรหัสพันธุกรรมรหัสเดียวกัน มีการเปลี่ยนแปลงเบส แต่อาจไม่เปลี่ยนแปลงกรดอะมิโน จึงไม่มีผลต่อลักษณะพันธุกรรม แต่ถ้าทำให้เปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนโปรตีนจะเปลี่ยนไปก็จะมีผลต่อการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต เช่น โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์	3. สมบัติของพอลินิวคลีโอไทด์หรือโปรตีนที่ได้จากการสังเคราะห์โปรตีนจะแตกต่างไปจากปกติ จะมีผลต่อลักษณะของสิ่งมีชีวิต

การเกิดมิวเทชันในธรรมชาติจะเกิดในอัตราต่ำมาก แต่ส่วนใหญ่เกิดจากการชักนำของมนุษย์ทำให้เกิดมิวเทชันในอัตราสูง สิ่งที่เป็นตัวกระตุ้นหรือชักนำให้เกิดมิวเทชันขึ้นกับ DNA เรียกว่า สิ่งก่อกลายพันธุ์ หรือ มิวทาเจน (mutagen)

ปัจจัยที่ทำให้เกิดมิวเทชัน

ตัวกระตุ้นหรือตัวชักนำให้เกิดมิวเทชัน เรียกว่า สิ่งก่อกลายพันธุ์ (mutagen) เช่น

1. รังสี (radiation) เช่น รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ รังสีอัลตราไวโอเลต
2. สารเคมี (chemical substance) เช่น สารคลอซิซิน (colchicine) มีผลทำให้จำนวนชุดโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็น tetraploid (4n) เนื่องจากสารนี้ไปทำลายไมโทติก สปินเดิล ในระยะเมทาเฟส
3. ไวรัส (virus) ทำให้เกิดเนื้องอกและมะเร็ง

สิ่งก่อกลายพันธุ์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดรวมทั้งมนุษย์ด้วย มิวทาเจนหลายอย่างเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของเซลล์ร่างกาย เซลล์สืบพันธุ์ ความรู้เรื่องมิวเทชันในระดับ DNA จะช่วยให้เราเข้าใจและหาทางแก้ไขโรคทางพันธุกรรมได้ อย่างไรก็ตามการเกิดมิวเทชันบางอย่างทำให้เกิดพันธุ์ใหม่ ๆ เป็นผลดีแก่มนุษย์ ก่อให้เกิดวิวัฒนาการตามธรรมชาติ

ปัจจุบันการชักนำให้เกิดมิวเทชันเฉพาะที่ ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาการพัฒนาของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น ยีสต์ แมลงหวี่ หนอนตัวกลม และอะราบิโดพซิส (*Arabidopsis sp.*) ซึ่งเป็นพืชชนิดหนึ่งในวงศ์ผักกาด ที่นักวิทยาศาสตร์จากสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น ตกลงกันให้เป็นพืชต้นแบบในการจัดทำแผนที่พันธุกรรมและลำดับเบสสำเร็จเป็นครั้งแรกเนื่องจากเป็นพืชขนาดเล็กเจริญเติบโตเร็ว วัฏจักรชีวิตสั้น มีขนาดจีโนมประมาณ 120 ล้านคู่เบส ซึ่งการศึกษาดูตรวจสอบหน้าที่ของโปรตีนแต่ละชนิดเพื่อนำข้อมูลไปเป็นพื้นฐานในการศึกษาและปรับปรุงพันธุ์พืชชนิดอื่น ๆ ที่มีลักษณะตามที่ต้องการ การทำให้เกิดมิวเทชันเฉพาะที่เป็นการยับยั้งการทำงานของโปรตีนชนิดนั้น ๆ จะทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงบทบาทหน้าที่ของโปรตีนชนิดนั้น ๆ

สรุปการเกิดมิวเทชันระดับโครโมโซม

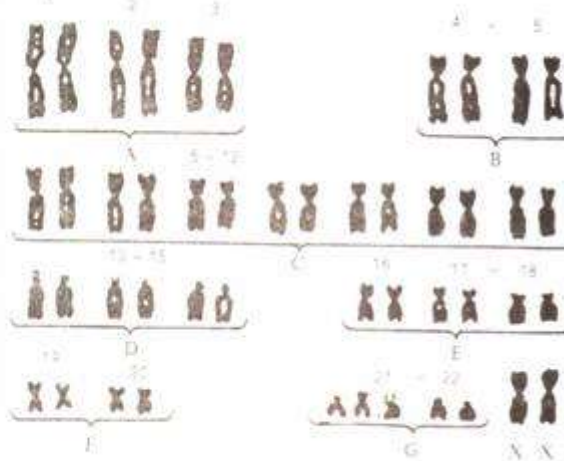
1. การเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างของโครโมโซม มีสาเหตุจากความผิดปกติในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส รังสีต่าง ๆ หรือสารเคมี จึงทำให้เซลล์สืบพันธุ์ผิดปกติ เกิดขึ้นได้หลายแบบ เช่น บางส่วนของโครโมโซมขาดหายไป บางส่วนของโครโมโซมเกินมาจากปกติ บางส่วนของโครโมโซมขาดหายไปกลับมาต่อใหม่แต่ต่อกลับด้าน การแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนโครโมโซมต่างคู่กัน การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม ทำให้จำนวนคู่เบสและลำดับของเบสเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งทำให้รหัสพันธุกรรมและการสังเคราะห์โปรตีนเปลี่ยนไป มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฟีโนไทป์ เกิดโรค ต่าง ๆ เช่น กลุ่มอาการครีดูชาต์

2. การเปลี่ยนแปลงด้านจำนวนโครโมโซม มีสาเหตุมาจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสผิดปกติ คือ เกิดปรากฏการณ์นอนดิสจังก์ชัน ซึ่งฮอโมโลกัสโครโมโซมไม่แยกจากกันขณะแบ่งเซลล์ มีผลทำให้เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนโครโมโซมขาดหรือเกินเป็นแท่ง ซึ่งเกิดได้ทั้งอโอโทโซมและโครโมโซมเพศ เช่น กลุ่มอาการดาวน์ กลุ่มอาการ

เทอร์เนอร์ นอกจากนี้นี้จำนวนโครโมโซมขาดหรือเกินเป็นชุด เรียกว่า พอลิพลอยด์ มักพบในพืชจะมีประโยชน์มาก แต่ถ้าเกิดกับสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจะมีผลเสียมากกว่าผลดี

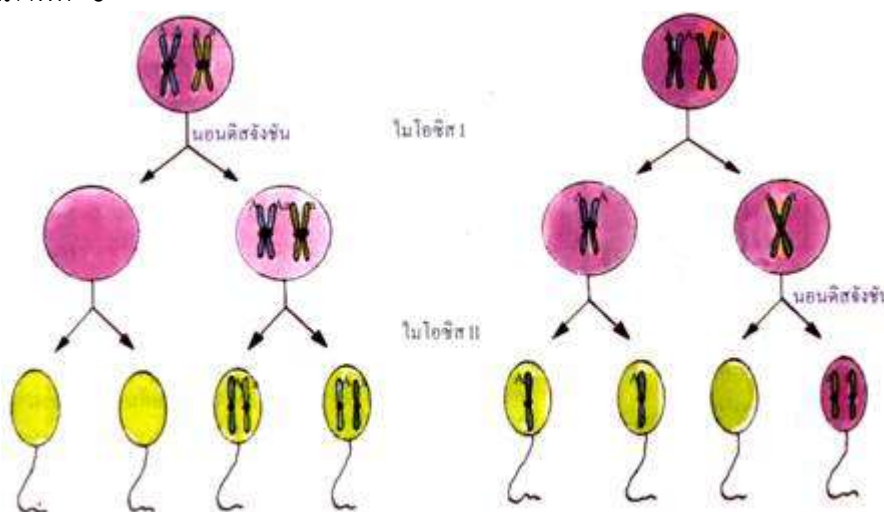
ตัวอย่างสิ่งก่อกลายพันธุ์ทั้งที่เป็นรังสีและสารเคมี รวมทั้งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นขณะมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ทำให้เกิดมิวเทชันในระดับโครโมโซมได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

กลุ่มอาการดาวน์ (Down's syndrome)



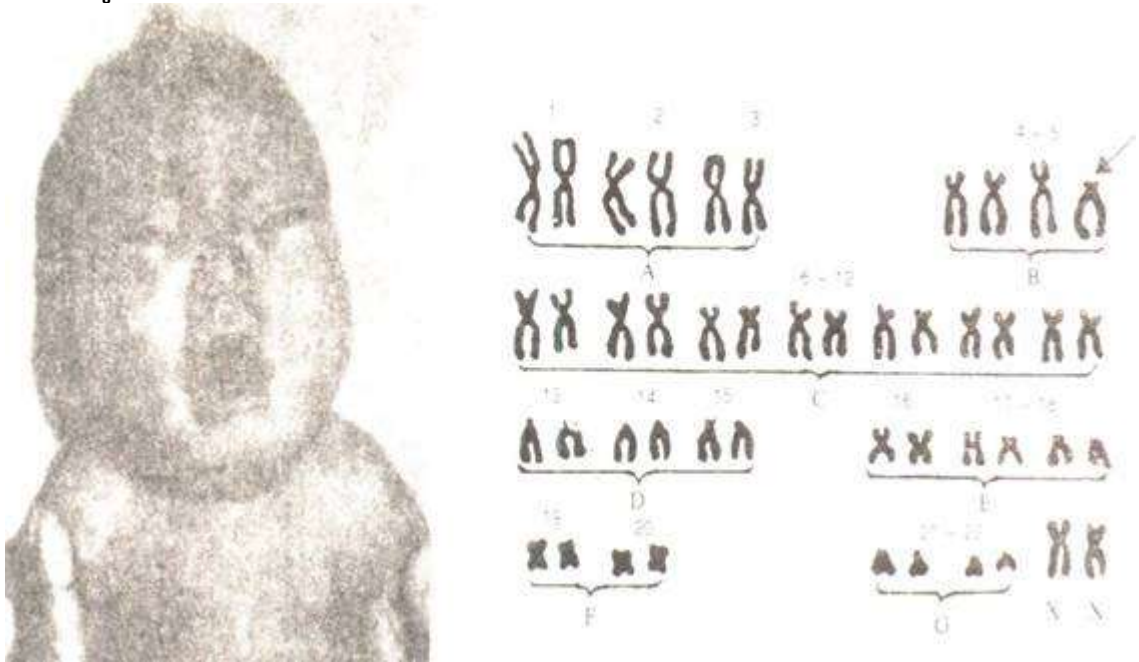
ภาพที่ 5 ผู้ป่วยกลุ่มอาการดาวน์และคาริโอไทป์

พบประมาณ 1 ใน 660 คน เกิดจากโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 เส้น อาการของกลุ่มนี้จะมีลักษณะคือ แรกเกิดตัวอ่อน ใบหน้าจะมีดั้งจมูกแฟบ นัยน์ตาห่าง หาดำซี ใหูผิดปกติ ปากปิดไม่สนิท ลิ้นใหญ่จุกปาก นิ้วมือสั้นป้อม ระหว่างนิ้วหัวแม่เท้าและนิ้วชี้มีช่วงกว้าง เส้นลายมือขาด ปัญญาอ่อน มี IQ ประมาณ 20 – 50 บางรายมีความพิการของหัวใจและทางเดินอาหารทำให้เสียชีวิตได้ พบบ่อยเมื่อมารดามีอายุมากขึ้น สำหรับกลุ่มมารดาที่มีอายุ 45 ปีขึ้นไป ลูกจะมีอาการผิดปกติแบบนี้สูงถึง 1 ต่อ 50 คน การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมมักจะเกิดขึ้นเมื่อมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสผิดปกติ โดยอ้อมอโลก์โครโมโซมจะไม่แยกออกจากกันในระยะแอนาเฟสของไมโอซิส I หรือ ไมโอซิส II โครโมโซมจึงเคลื่อนย้ายไปยังขั้วเดียวกันของเซลล์ เรียกกระบวนการนี้ว่า นอนดิสจังก์ชัน (non-disjunction) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 นอนดิสจังก์ชัน (non-disjunction)

กลุ่มอาการคริดูชาต(Cri - du - chat syndromeหรือ Cat-cry syndrome)



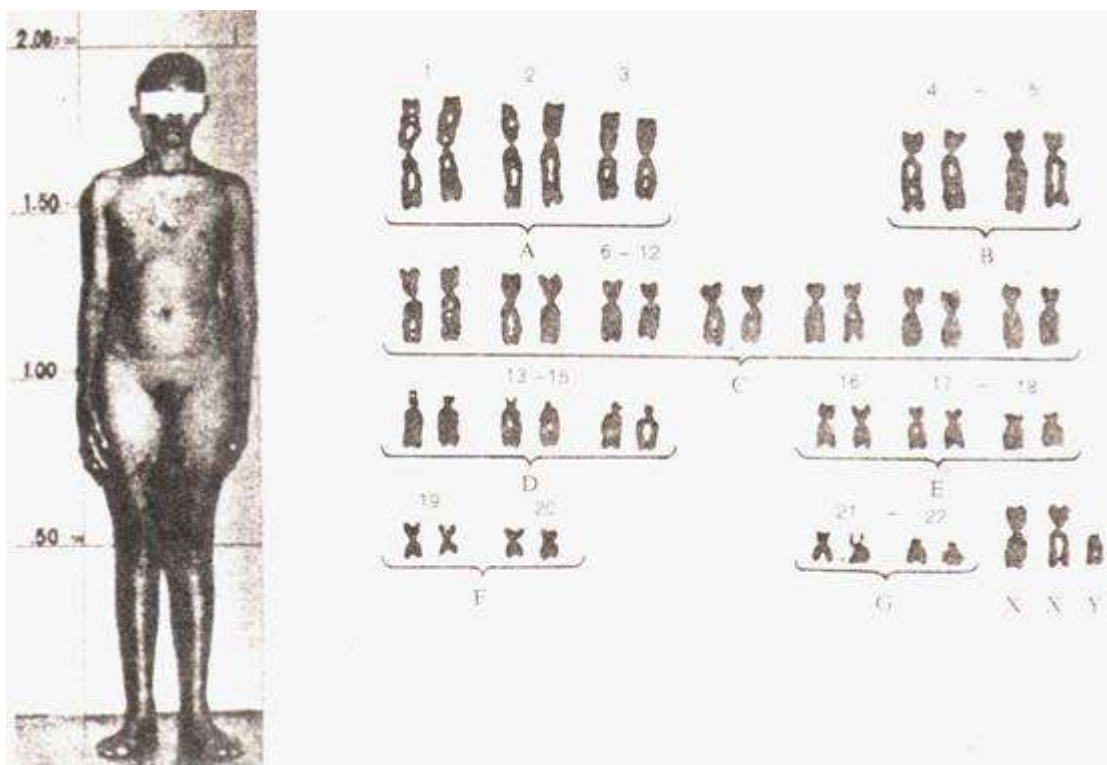
ภาพที่ 7 ผู้ป่วยกลุ่มอาการคริดูชาตและคาริโอไทป์

กลุ่มอาการคริดูชาต เกิดจากโครโมโซมมีรูปร่างผิดปกติ ทำให้ลักษณะของสิ่งมีชีวิตผิดปกติได้ โดยโครโมโซมคู่ที่ 5 มีบางส่วนขาดหายไปทำให้มีแชนข้างสั้นของโครโมโซม สั้นกว่าปกติ อาการนี้ทำให้เด็กไม่เจริญเติบโต ศีรษะมีขนาดเล็ก หน้ากลม ใบหูต่ำ หาดาซี่ และอยู่ห่างกัน ตั้งจมูกแบน ปัญญาอ่อน และมีเสียงร้องเหมือนแมว



ภาพที่ 8 ลักษณะของคนกลุ่มอาการคริดูชาต

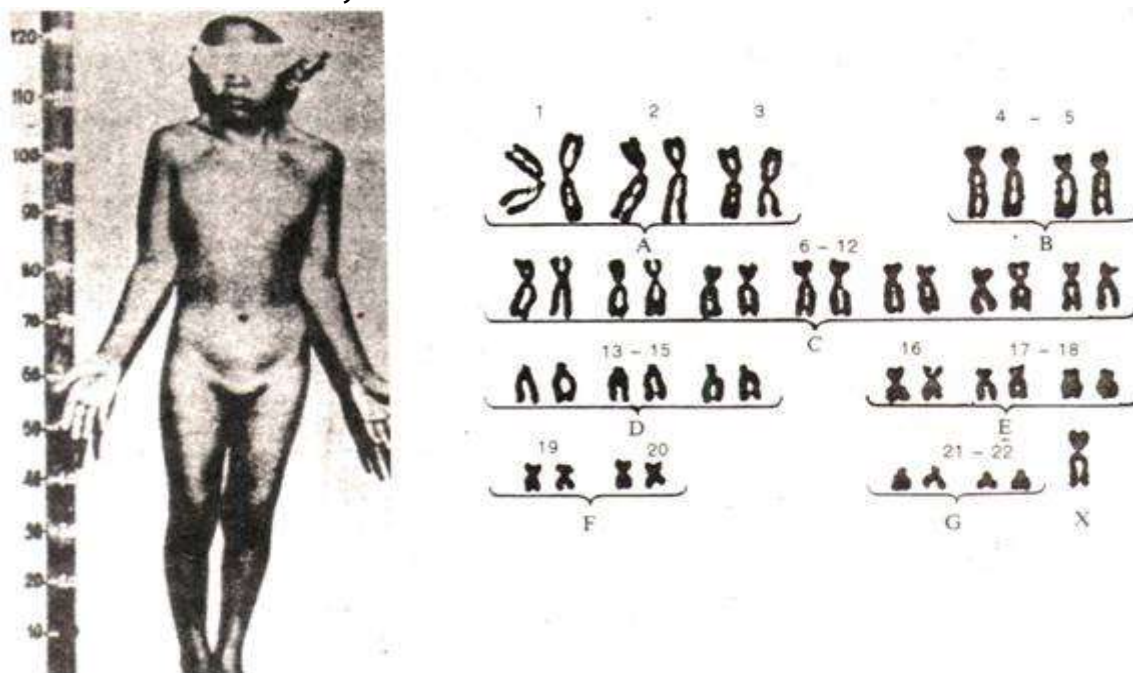
กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์ (Klinefelter's syndrome)



ภาพที่ 9 ผู้ป่วยกลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์และคาริโอไทป์

กลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์ เป็นกลุ่มของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติอีกแบบหนึ่งที่เกิดจากโครโมโซมผิดปกติ ความผิดปกติแบบนี้ พบในผู้ป่วยเพศชายมีรูปร่างสูง หน้าอกโต เป็นหมัน และอาจมีปัญหาอ่อนด้วย พบประมาณ 1.3 คน ต่อผู้ชาย 1,000 คน สาเหตุเนื่องจากมีโครโมโซมผิดปกติ คือ โครโมโซมเพศแบบ XXY ทำให้มีจำนวนโครโมโซม 47 โครโมโซม ซึ่งเกินกว่าคนปกติ 1 โครโมโซม (ในบางกรณีผู้ป่วยที่เป็นโรคนี้ อาจจะมีโครโมโซมถึง 48 โครโมโซม เพราะมีโครโมโซมเพศแบบ XXXY)

กลุ่มอาการเทอร์เนอร์ (Turner's syndrome)



ภาพที่ 10 ผู้ป่วยกลุ่มอาการเทอร์เนอร์และคาริโอไทป์

กลุ่มอาการเทอร์เนอร์พบในผู้ป่วยเพศหญิง มีลักษณะตัวเตี้ย กระดูกหน้าอกกว้าง หัวนมห่าง ที่บริเวณคอ เป็นพังผืดกางเป็นปีก ไม่มีประจำเดือน เป็นหมัน และอาจมีปัญญาอ่อน ผู้ป่วยในกลุ่มนี้มีจำนวนโครโมโซม 45 โครโมโซม เนื่องจากมีโครโมโซมเพศ คือ โครโมโซม X เพียงโครโมโซมเดียว พบในผู้หญิง 1 ต่อ 2,500 คน

โรคเกิดที่โครโมโซมธรรมดา

ลักษณะเด่น ได้แก่ นิ้วเกิน เท้าแบน ปมประสาทเสื่อม (สันกระดูก)

ลักษณะด้อย ได้แก่ ทาลัสซีเมีย โลหิตจาง (ซิกเคิลเซลล์) ผิวเผือก เอนไซม์ดับบกพร่อง (P K U)

โรคเกิดที่โครโมโซมเพศ ได้แก่ ตาบอดสี กล้ามเนื้อแขน – ขาลีบ โลหิตไหลไม่หยุด

ระดับการเกิดมิวเทชัน

1. มิวเทชันของยีน (gene mutation หรือ point mutation) มิวเทชันของยีนจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเบส (A, T, C, G) โดยอาจเปลี่ยนที่ชนิดของเบส โครงสร้างหรือลำดับของเบส ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์ที่สร้างขึ้น ทำให้โปรตีนที่สร้างขึ้นมานั้นเปลี่ยนสมบัติทางเคมีไปจากเดิม หรือหมดสภาพไป เช่น โรคโลหิตจางชนิดเม็ดเลือดแดงมีรูปร่างเหมือนเคียวเกี่ยวข้าว (sickle cell anemia) โดยเกิดจากการที่กรดอะมิโนในลำดับที่ 6 ของพอลิเพปไทด์สายบีตาของฮีโมโกลบิน เปลี่ยนจาก กรดกลูตามิก (ในคนปกติ) ไปเป็น วาลีน (คนเป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์) เนื่องจากรหัสพันธุกรรมใน เปลี่ยนจาก CTC ไปเป็น CAC

2. มิวเทชันของโครโมโซม (chromosomal mutation) มิวเทชันของโครโมโซม มี 2 ประเภท คือ

2.1 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครงสร้างภายในของโครโมโซม โดยโครโมโซมอาจขาดหายไป (deletion) ทำให้ยีนขาดหายไปด้วย เช่น กรณีการเกิดโรคกลุ่มอาการครีดูชาต์ โดยโครโมโซมคู่ที่ 5 เส้นหนึ่งมีบางส่วนขาดหายไป หรืออาจเพิ่มขึ้นมา (duplication) หรือเปลี่ยนสลับที่ (translocation)

2.2 การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม จำนวนโครโมโซมอาจเพิ่มขึ้น/ลดลง 2 ลักษณะ คือ

1) แอนูพลอยดี (aneuploidy) จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากปกติ 1-2 ท่อน ($2n + 1$ หรือ $2n - 1$) เช่น ผู้ป่วยกลุ่มอาการดาวน์ ซึ่งมีโครโมโซม 47 ท่อน ($2n = 47$) ซึ่งเกิดจากโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 เส้น (trisomic-21)

2) ยูพลอยดี (euploidy) จำนวนโครโมโซมเพิ่มหรือลดเป็นจำนวนชุด ($2n + n$ หรือ $2n - n$) ส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดเท่าที่พบเกิดในพืช ซึ่งช่วยเพิ่มผลผลิตและเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการของพืช แต่ในสัตว์เมื่อเกิดแล้วมักทำให้เป็นหมัน

จากตัวอย่างความผิดปกติโครโมโซมของคนทีกล่าวนำมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าโครโมโซมเป็นแหล่งของพันธุกรรม ความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับโครโมโซมย่อมส่งผลกระทบต่อความผิดปกติทางพันธุกรรมด้วย จากตัวอย่างทีกล่าวนำมาแล้วนั้นจัดเป็นโรคร้ายแรงที่ผู้ป่วยไม่สามารถสืบทอดลูกหลานได้ ความบกพร่องของโครโมโซมส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นเฉพาะตัวบุคคลเท่านั้น ไม่สืบทอดไปยังลูกหลาน แต่อย่างไรก็ตามยังมีความบกพร่องบางประการที่สืบทอดไปยังลูกหลานได้ นอกจากนี้จำนวนโครโมโซมที่ผิดปกติบางประเภท เช่น มีจำนวนโครโมโซม 4 ชุด หรือ $4n$ หากเกิดขึ้นในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ส่วนใหญ่จะตายเสียตั้งแต่ยังเป็นตัวอ่อน มีเพียงส่วนน้อยมากที่รอดมาได้แต่ก็จะเสียชีวิตตั้งแต่วัยเด็ก แต่หาก $4n$ เกิดขึ้นในพืช บางชนิดทำให้ผลผลิตที่มีขนาดใหญ่ เช่น ใบใหญ่ หรือผลใหญ่กว่าปกติ ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์พืช การทำให้โครโมโซมผิดปกติอาจก่อให้เกิดผลผลิตที่มนุษย์พอใจและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจได้ นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซมยังเป็นกลไกสำคัญในวิวัฒนาการของพืชชั้นสูงอีกด้วย

การเกิดมิวเทชันมีผลต่อนุชนอย่างไร

การเกิดมิวเทชันจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตต่างกันไป เช่น ถ้าบังเอิญ ยีนที่แสดงสีตาเปลี่ยนไปจากสีดำเป็นสีฟ้า ตั้งแต่ยังเป็นไซโกต จำทำให้เติบโตขึ้นมามีตาสีฟ้าแทนที่จะเป็นตาสีดำ การที่มีตาสีฟ้าย่อมไม่ทำให้การดำรงชีวิต

แตกต่างไปจากคนที่มียีนเป็นสีดำ แต่ถ้าบังเอิญ เป็นยีนที่ควบคุมสีของหัวใจ เช่น ขนาดของลิ้นหัวใจผิดปกติ ย่อมมีสุขภาพไม่สมบูรณ์ (ความผิดปกติจะมีผลดี หรือผลร้ายขึ้นอยู่กับตำแหน่งและชนิดของกรดอะมิโนที่เปลี่ยนไป) ถ้าเราพบต้นพุทราต้นหนึ่งออกผลแต่ไม่มีเมล็ด ซึ่งอาจเป็นผลจากการเปลี่ยนของยีน เราคงจะพอเข้าใจเพราะกินพุทราได้สะดวก เราอาจขยายพันธุ์โดยการตอนกิ่ง หรือต่อกิ่งแต่ถ้าบังเอิญ ต้นพุทราต้นนี้อยู่ในป่าลึก ไม่มีใครเข้าไปถึง พุทราต้นนี้คงจะตายไปโดยไม่ได้ทิ้งลูกหลานไว้ให้สืบพันธุ์ มิฉะนั้นในกรณีนี้อาจมีประโยชน์ต่อมนุษย์ แต่อาจเป็นอันตรายต่อการขยายพันธุ์ของพืช แต่อย่างไรก็ตามยีนที่เกิดมิวเทชัน มักจะเป็นยีนด้อยและเมื่อเป็นเฮเทอโรไซกัส ส่วนใหญ่ก็จะไม่แสดงฟีโนไทป์ให้เห็น ดังนั้นการแต่งงานในระหว่างพี่น้องน้องจะมีผลต่อการแสดงออกของยีนที่เป็นอันตราย

สรุปได้ว่า มิวเทชันเกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ

1. **มิวเทชันของเซลล์ร่างกาย** เมื่อเกิดแล้วจะไม่ขยายไปสู่เซลล์อื่น(อาจมีผลต่อลูกหลานเล็กน้อย) โดยที่ mutant gene อาจทำให้เซลล์ตายหรือเป็นมะเร็งได้ แต่เมื่อเจ้าของเซลล์ตายยีนก็จะตายไปด้วย
2. **มิวเทชันของเซลล์สืบพันธุ์** เมื่อเกิดแล้วมีผลต่อเนื่องสืบต่อกันไปได้ทำให้มีการเปลี่ยนแปลง species ด้วย (เป็น recessive gene ที่เป็นอันตราย)

สาเหตุการเกิดมิวเทชัน

การเกิดมิวเทชันอาจเกิดระหว่างการเจริญเติบโต ส่วนมากเกิดจากเบสพิวรีนและไพริมิดีน เปลี่ยนสภาพไปจากปกติ ทำให้มี code ผิดไปเกิด mutant ขึ้นในเซลล์ลูก เรียกการเกิดมิวเทชันนี้ว่าเป็น มิวเทชันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ นอกจากนี้ยังใช้รังสีมักทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะผิดไปจากปกติ ที่สำคัญ คือทำให้โครโมโซมขนาดเป็นท่อน ๆ หรือทำให้ยีนเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลทำให้เกิดมิวเทชันขึ้นกับเซลล์ร่างกาย ได้แก่ X-Ray Ultraviolet ซึ่งเป็นปัจจัยทางกายภาพ (Physical agent) และยังพบว่า สารเคมีบางชนิด อาจทำให้ยีนเปลี่ยนแปลงได้ มีผู้ทดลองใช้สารโคลชิซินกับต้นกล้าของทานตะวัน พบว่ากลีบเลี้ยงและกลีบดอกหลอมหลวมกันเป็นแผ่นยับเรณูหายไป และมีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้น ลำต้นแข็งแรง ใบกว้าง หนา ดอกใหญ่ แต่ช่อดอกมักผิดปกติเมล็ดไม่มีเอมบริโอ สารโคลชิซินนี้สามารถชักนำ ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนโครโมโซมในแดงโมบางพันธุ์และกระตุ้นให้รังไข่เจริญกลายเป็นผลไม่มีเมล็ด ทั้งปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางเคมี เป็นมิวเทชันที่เกิดขึ้นโดยได้รับการกระตุ้นตัวกระตุ้นหรือตัวชักนำทำให้เกิด มิวเทชันกับ DNA เรียกว่า สิ่งก่อกลายพันธุ์ หรือ มิวทาเจนมิวทาเจนหลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็งซึ่งอันตราย

แบบฝึกหัด
เรื่อง มิวเทชัน

ชื่อ - สกุล ชั้น เลขที่
ให้นักเรียนเขียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. มิวเทชัน หมายถึงอะไร

.....

.....

.....

2. อยากทราบว่าคนที่เป็โรคลีโหิตจางชนิดริกเกิลเซลล์ เบสตัวใดของ mRNA ที่เปลี่ยนแปลงไป

.....

.....

.....

3. ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับลำดับเบสของ DNA เกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

.....

4. สาเหตุการเกิดมิวเทชันระดับยีนมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

5. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับยีนและโครโมโซมเกี่ยวข้องกับการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

.....

.....

.....

.....

เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง มิวเทชัน

1. มิวเทชันหมายถึงอะไร

คำตอบ มิวเทชัน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมอย่างฉับพลันและลักษณะที่เปลี่ยนแปลงนี้สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้ ถ้าเป็นการมิวเทชันที่เกิดกับเซลล์สืบพันธุ์

2. อยากทราบว่าคนที่ เป็นโรคโลหิตจางชนิดรีดิกเกิลเซลล์ เบสตัวใดของ mRNA ที่เปลี่ยนแปลงไป

คำตอบ คนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์มีเบสบน mRNA เปลี่ยนแปลงจาก GAA หรือ GAG เป็น GUA หรือ GUG แสดงว่าเบสที่เปลี่ยนแปลงคือ A เป็น U

3. ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับลำดับเบสของ DNA เกิดขึ้นได้อย่างไร

คำตอบ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับลำดับเบสของ DNA เปลี่ยนแปลงได้หลายลักษณะ เช่น เบสเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม หรือลำดับนิวคลีโอไทด์เปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นมิวเทชันเฉพาะที่

4. สาเหตุการเกิดมิวเทชันระดับยีนมีอะไรบ้าง

คำตอบ สาเหตุการเกิดมิวเทชันระดับยีน ได้แก่ รังสีอัลตราไวโอเลต สารเคมีบางอย่าง เช่น สารอะฟลาทอกซิน มีผลทำให้ DNA หรือยีนเปลี่ยนแปลงไป เช่น เบสขาดหายไป เบสมีจำนวนเพิ่มขึ้น เบสเปลี่ยนเป็นชนิดอื่น

5. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับยีนและโครโมโซมเกี่ยวข้องกับการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

คำตอบ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในลำดับของยีน หรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม อาจทำให้สิ่งมีชีวิตอยู่รอด ลักษณะที่เกิดมิวเทชันถ้ามีการถ่ายทอดและถูกคัดเลือกไว้ในธรรมชาติ และสะสมไว้ในยีนพูล อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ

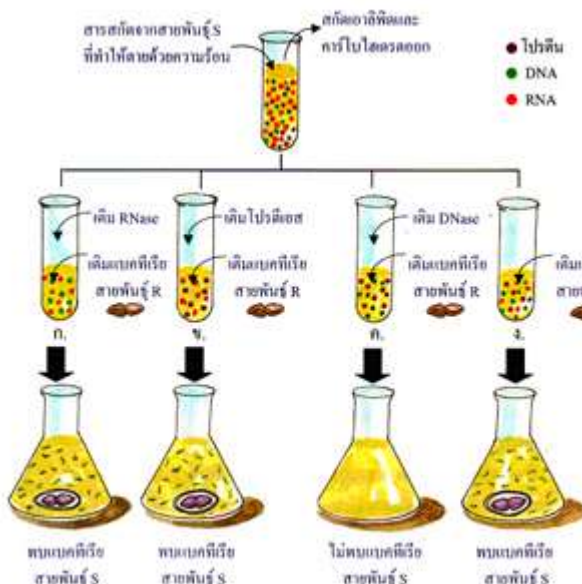
แบบทดสอบรายวิชาชีววิทยา 2

เรื่อง ยีนและโครโมโซม

- จากกระบวนการต่อไปนี้ คือ 1.reproduction 2. metabolism 3. cell division 4. respiration กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม คือข้อใด ?
 - 1 และ 2
 - 1 และ 3
 - 3 และ 4
 - 2 และ 4
- จาก chromosome theory of inheritance กล่าวว่า ยีนน่าจะอยู่บนโครโมโซม เพราะยีนและโครโมโซมมีความสอดคล้องกันดังข้อต่อไปนี้ ยกเว้นข้อใดไม่ใช่ ?
 - ยีนมี 2 ชุด และโครโมโซมมี 2 ชุด
 - ยีนและโครโมโซมสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลาน
 - ยีนและโครโมโซมมีการแยกตัวไปยังเซลล์สืบพันธุ์
 - ขณะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสยีนและโครโมโซมเข้าคู่กันและรวมตัวกัน
- ข้อใดเป็นข้อสรุปที่ถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับการพัฒนาของเซลล์ลูกที่ได้รับโครโมโซมมาจากพ่อและแม่ ?
 - ลูกเกิดมามีลักษณะเหมือนพ่อ หรือเหมือนแม่
 - ลูกที่เกิดมามีลักษณะแปรผันไปจากพ่อและแม่
 - ลูกเกิดมามีลักษณะเหมือนพ่อและแม่ทุกประการ
 - ลูกเกิดมามีลักษณะเหมือนพ่อครึ่งหนึ่ง เหมือนแม่ครึ่งหนึ่ง
- การรวมของเซลล์ไข่และสเปิร์มเกิดเป็นไซโกต จะเหมือนกับการรวมกันของแอลลีลในข้อใด ?
 - รวมกันเป็นแบบสุ่ม
 - รวมกันแบบไม่เจาะจง
 - รวมกันแบบเจาะจง
 - รวมกันเป็นแบบคู่เหมือน
- การตั้งชื่อสารพันธุกรรม ว่า นิวคลีอิน (nuclein) ด้วยเหตุผลในข้อใด ?
 - เป็นสารที่พบอยู่ในนิวเคลียส (Nucleus)
 - เป็นสารที่มีไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบ
 - เป็นสารสกัดได้จากเซลล์ที่มีคุณสมบัติเป็นกรด
 - เป็นสารที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ
- จากข้อสรุปว่า "DNA อยู่ที่โครโมโซม" อาศัยหลักฐานในข้อใดอ้างอิง ?
 - เอนไซม์เพปซินไม่สามารถย่อยสลายที่อยู่ภายในนิวเคลียสได้
 - นำสีฟuchsinyl ย้อมเซลล์ติดที่นิวเคลียสและหนาแน่นที่โครโมโซม
 - นำสารที่อยู่ในนิวเคลียสมาวิเคราะห์พบว่ามีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส
 - นำสารสกัดได้จากโครโมโซมที่นิวเคลียสมาวิเคราะห์พบว่ามีสมบัติเป็นกรด
- หลักฐานในข้อใดที่นำมาสู่การพิสูจน์ว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม คือ ?
 - แบคทีเรียสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคทำให้ตายด้วยความร้อน
 - แบคทีเรียสายพันธุ์ที่เป็นโรคสามารถถ่ายทอดสู่ลูกหลานได้
 - แบคทีเรียสายพันธุ์ที่ไม่เป็นโรคสามารถถ่ายทอดสู่ลูกหลานได้
 - มีสารบางอย่างทำให้สายพันธุ์ไม่เป็นโรคลายเป็นสายพันธุ์ที่เป็นโรค

8. จากการทดลองของแอเวอร์รี แมคคลอยด์ และแมคคาร์ทีที่เพราะเหตุใดจึงเติมเอนไซม์ RNase DNase และโปรตีเอส ลงไปในสารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ?
- เพื่อให้แน่ใจว่า RNA เปลี่ยนแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S
 - เพื่อให้แน่ใจว่า DNA เปลี่ยนแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S
 - เพื่อให้แน่ใจว่า RNA ถูกย่อยสลายแล้วก็ไม่เป็น RNA ไปเปลี่ยนแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S
 - เพื่อให้แน่ใจว่า DNA ถูกย่อยสลายแล้วก็ไม่เป็น DNA ไปเปลี่ยนแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S
9. หลักฐานในข้อใดที่แสดงว่ายีนน่าจะอยู่บนโครโมโซม ?
- พบยีนและโครโมโซมอยู่ในนิวเคลียส
 - การพบคุณสมบัติของยีนและโครโมโซมเหมือนกัน
 - ยีนและโครโมโซมมีจำนวนชุดที่คล้ายคลึงกัน
 - การเข้าคู่กันและการแยกกันของยีนและโครโมโซม
10. ถ้านักเรียน มีความประสงค์จะศึกษาการการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม นักเรียนจะเลือกศึกษาจากกระบวนการใด และโดยวิธีการในข้อใด ?
- การแบ่งเซลล์โดยการย้อมสีโครโมโซม
 - การสืบพันธุ์โดยวิธีการผสมพันธุ์แบบอาศัยเพศ
 - การเจริญเติบโตโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
 - การปฏิสนธิโดยการย้อมสีโครโมโซม
11. โครโมโซมประกอบด้วยสารต่อไปนี้ ยกเว้นข้อใด ?
- DNA
 - RNA
 - โปรตีน histone
 - โปรตีน non-histone
12. ถ้านักเรียนต้องการแสดงให้เห็นว่า DNA อยู่ในนิวเคลียส นักเรียนจะนำข้อมูลของใครมาใช้อธิบาย ?
- ฟอลด์เกน พบว่า กรดนิวคลีอิก ชนิด DNA อยู่ที่โครโมโซม
 - เอฟ มิเชอร์ พบในนิวเคลียสมีธาตุ N และ P เป็นองค์ประกอบ
 - เอฟ ริฟฟิท พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนผสมกับสายพันธุ์ R ที่มีชีวิต ฉีดให้หนูพบว่าหนูตาย
 - โอ ที แอเวอร์รีและคณะพบว่า DNA เป็นสารที่เปลี่ยนแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S
13. หลักฐานในข้อใดที่แสดงให้เห็นว่า DNA เป็นสาร พันธุกรรม ?
- ฟอลด์เกน พบว่า กรดนิวคลีอิก ชนิด DNA อยู่ที่โครโมโซม
 - เอฟ มิเชอร์ พบในนิวเคลียสมีธาตุ N และ P เป็นองค์ประกอบ
 - เอฟ ริฟฟิท พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนผสมกับสายพันธุ์ R ที่มีชีวิต ฉีดให้หนูพบว่าหนูตาย
 - โอ ที แอเวอร์รีและคณะพบว่า DNA เป็นสารที่เปลี่ยนแบคทีเรียสายพันธุ์ R ให้เป็นสายพันธุ์ S
14. แบคทีเรีย Streptococcus sp. สายพันธุ์ ที่ทำให้เกิดโรคปอดบวมแตกต่างจากสายพันธุ์ที่ไม่ทำให้เกิดโรคปอดบวมอย่างไร ?
- ผิวหยาบเพราะมีแคปซูล
 - ผิวหยาบเพราะไม่มีแคปซูล
 - ผิวเรียบเพราะมีแคปซูล
 - ผิวเรียบเพราะไม่มีแคปซูล

15. ข้อต่อไปนี้เป็นคุณสมบัติของโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของ DNA ยกเว้น ข้อใด ?
- ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิด ไลซีน
 - ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิด อาร์จินีน
 - ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีประจุบวก
 - ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีประจุลบทำให้เกิดสมดุลของประจุ
16. จากภาพการทดลองของ โอ ทิ แอเวอร์รี และคณะที่เติม RNase ในหลอด ก. เป็นการพิสูจน์เหตุผลในข้อใด ?



- แบคทีเรียสายพันธุ์ S เกิดจาก RNase
 - แบคทีเรียสายพันธุ์ S เกิดจากสายพันธุ์ R
 - แบคทีเรียสายพันธุ์ S เกิดขึ้นได้แม้มี RNase
 - แบคทีเรียสายพันธุ์ R เกิดขึ้นได้แม้มี RNase
17. ขณะที่มีการแบ่งเซลล์ จะเห็นโครโมโซมได้ชัดเจนในระยะใด ?
- อินเทอร์เฟส
 - โพรเฟส
 - เมทาเฟส
 - แอนาเฟส
18. ข้อต่อไปนี้เป็นส่วนประกอบของโครโมโซม ข้อใดไม่ถูกต้อง ?
- โครโมโซมของยูคาริโอตประกอบด้วย DNA
 - โครโมโซมของยูคาริโอตประกอบด้วยโปรตีน 1 ใน 3 ส่วน
 - โครโมโซมของยูคาริโอตประกอบด้วยโปรตีนและ DNA
 - โครโมโซมของยูคาริโอตประกอบด้วยโปรตีนฮิสโตน และนอนฮิสโตน
19. โปรตีนฮิสโตนมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนชนิดใดและมีสมบัติอย่างไร ?
- กรดอะมิโนที่มีประจุลบ มีสมบัติในการเกาะจับกับสาย DNA ที่มีประจุบวก
 - กรดอะมิโนที่มีประจุบวก มีสมบัติในการเกาะจับกับสาย DNA ที่มีประจุลบ
 - กรดอะมิโนที่มีประจุลบ มีสมบัติในการสร้างคัลยสมดุลของโครโมโซม
 - กรดอะมิโนที่มีประจุบวก มีสมบัติในการสร้างลักษณะทางพันธุกรรม
20. นิวคลีโอโซม (nucleosome) คือ ส่วนใดของโครโมโซม ?
- ส่วนของ DNA ที่พันรอบโปรตีน
 - ส่วนของ DNA ที่ยืดยาวออกเป็นเส้น
 - ส่วนของ DNA ที่เป็นเส้นคู่ประกบกัน
 - ส่วนของ DNA ที่คลายเกลียวออกจากกัน

21. การศึกษาโครโมโซมของคน มีการเลือกเซลล์ชนิดต่าง ๆ เพื่อทำการศึกษา ทั้งนี้เพราะเซลล์แต่ละชนิดมีความเหมาะสมตามวัตถุประสงค์แตกต่างกัน การเลือกเซลล์ศึกษาในข้อใดที่ไม่ถูกต้อง ?
- ก. ตรวจมะเร็งในเซลล์เม็ดเลือดขาวจะใช้เซลล์ไขกระดูก
 - ข. ศึกษาลักษณะ ขนาด จำนวนโครโมโซมเพื่อทำคาริโอไทป์ใช้ลิ้มโฟสต์
 - ค. ศึกษาความผิดปกติทางพันธุกรรมใช้เซลล์กล้ามเนื้อ
 - ง. วินิจฉัยความผิดปกติหรือโรคบางอย่างทางทารกใช้ชิ้นเนื้อรก
22. คำว่า "จีโนม" มีความหมายสอดคล้องกับข้อใด ?
- ก. สารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต
 - ข. โครโมโซมในเซลล์ร่างกาย
 - ค. ลักษณะทางพันธุกรรมทั้งหมดของสิ่งมีชีวิต
 - ง. ข้อมูลพันธุกรรมทั้งหมดของสิ่งมีชีวิต
23. ถ้านักเรียนนำ DNA มาวิเคราะห์หาลำดับเบสของ DNA จะไม่พบสารชนิดใด?
- ก. น้ำตาลชนิดไรโบส
 - ข. ไนโตรจีนัสเบสประเภทพิวรีน
 - ค. ไนโตรจีนัสเบสประเภทไพริมิดีน
 - ง. หมู่ฟอสเฟต
24. ลักษณะโครงสร้างของ อะดีนีนและกวานีน ที่เป็นองค์ประกอบของ DNA คือ ?
- ก. โครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนหนึ่งวง
 - ข. โครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนสองวง
 - ค. ประกอบด้วยคาร์บอนอะตอม 5 อะตอม
 - ง. สร้างพันธะไฮโดรเจนได้สองพันธะ
25. การประกอบขึ้นเป็นนิวคลีโอไทด์นั้นสารชนิดใดเป็นแกนกลาง ?
- ก. หมู่ฟอสเฟต
 - ข. น้ำตาล
 - ค. เบสพิวรีน
 - ง. เบสไพริมิดีน
26. ไนโตรจีนัสเบสยึดเกาะกับน้ำตาลที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งใด ?
- ก. คาร์บอนตำแหน่งที่ 1
 - ข. คาร์บอนตำแหน่งที่ 3
 - ค. คาร์บอนตำแหน่งที่ 4
 - ง. คาร์บอนตำแหน่งที่ 5
27. จากกฎของชาร์กาฟฟ์ (Chargaff's Rule) มีสาระสำคัญอย่างไร ?
- ก. สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีปริมาณเบส 4 ชนิด
 - ข. เบสที่เป็นส่วนประกอบของ DNA คือ A C G T
 - ค. ปริมาณเบส A ไกล่เคียงกับ T และเบส C ไกล่เคียงกับ G
 - ง. เบสพิวรีนประกอบด้วย A กับ G และเบสไพริมิดีนประกอบด้วย T กับ C
28. โมเลกุลของ DNA เป็นเกลียวคู่ มีลักษณะคล้ายบันไดเวียน โดยมีสารใดที่ทำหน้าที่เป็นราวบันได ?
- ก. เบส
 - ข. น้ำตาล
 - ค. หมู่ฟอสเฟต
 - ง. น้ำตาลกับหมู่ฟอสเฟต
29. ใน 1 เกลียวของ DNA ประกอบด้วยคู่เบสกี่คู่ ?
- ก. 10 คู่
 - ข. 12 คู่
 - ค. 24 คู่
 - ง. 64 คู่
30. การยึดเกาะระหว่างเบส A กับเบส T สามารถเกิดพันธะได้กี่พันธะ ?
- ก. 1 พันธะ
 - ข. 2 พันธะ
 - ค. 3 พันธะ
 - ง. 4 พันธะ
31. ถ้า DNA สายหนึ่งมีลำดับเบสเป็น 5' A C G T C A G 3' พอลินิวคลีโอไทด์สายหนึ่งมีลำดับเบสเป็นอย่างไร ?
- ก. 3' U G C A G U C 5'
 - ข. 5' U G C A G U C 3'
 - ค. 3' T G C A G T C 5'
 - ง. 5' T G C A G T C 3'

32. DNA ที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 โมเลกุล เมื่อนำมาเรียงต่อกันโดยไม่ซ้ำกันจะได้นิวคลีโอไทด์กี่แบบ ?
 ก. 16 แบบ ข. 20 แบบ ค. 32 แบบ ง. 64 แบบ
33. ถ้านักเรียนมีความต้องการที่จะสังเคราะห์ DNA ข้อต่อไปนี้เป็นสิ่งจำเป็นในการสังเคราะห์ DNA ยกเว้นข้อใด ไม่ใช่ ?
 ก. DNA แม่พิมพ์
 ข. Nucleotide A C T G
 ค. DNA polymerase
 ง. DNA และ RNA polymerase
34. ลีดดิ้งสเตรนส์ มีความหมายตรงกับข้อใด ?
 ก. DNA เกลียวคู่คลายเกลียวแยกออกจากกัน
 ข. DNA แม่พิมพ์ 2 สายที่แยกออกจากกันมีทิศทางจาก 5' ไป 3'
 ค. เมื่อเบสของ DNA เปลี่ยนไป การสังเคราะห์โปรตีนและลักษณะพันธุกรรมก็ผิดปกติ
 ง. เมื่อการสังเคราะห์โปรตีนผิดปกติ เบสของ DNA ก็เปลี่ยนไป และลักษณะพันธุกรรมก็ผิดปกติ
35. ลักษณะทางพันธุกรรมของโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ เกี่ยวข้องกับโปรตีน และ DNA อย่างไร ?
 ก. เมื่อกรดอะมิโนเปลี่ยนไปเบสของ DNA ก็ผิดปกติ
 ข. เมื่อการสังเคราะห์โปรตีนเปลี่ยนไปลักษณะทางพันธุกรรมก็ผิดปกติ
 ค. เมื่อเบสของ DNA เปลี่ยนไป การสังเคราะห์โปรตีนและลักษณะพันธุกรรมก็ผิดปกติ
 ง. เมื่อการสังเคราะห์โปรตีนผิดปกติ เบสของ DNA ก็เปลี่ยนไป และลักษณะพันธุกรรมก็ผิดปกติ
36. สารที่ DNA ส่งตัวแทนมาควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน คือสารใด ?
 ก. mRNA ข. rRNA ค. tRNA ง. RNA polymerase
37. การสังเคราะห์โปรตีนพบยูคาริโอตประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 2 กระบวนการ คือ translation และ transcription ข้อใดอธิบายได้ถูกต้อง ?
 ก. translation เกิดในนิวเคลียส transcription เกิดในไซโทพลาซึม
 ข. translation เกิดในไซโทพลาซึม transcription เกิดในนิวเคลียส
 ค. ทั้ง translation และ transcription เกิดในไซโทพลาซึม
 ง. ทั้ง translation และ transcription เกิดในนิวเคลียส
38. กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนประกอบด้วย 1. การแปลรหัสจาก RNA เป็นกรดอะมิโน 2. DNA เป็นแหล่งเก็บข้อมูลทางพันธุกรรม 3. DNA ถ่ายทอดข้อมูลให้ RNA 4. สังเคราะห์โปรตีนเป็นโปรตีนโครงสร้าง เอนไซม์และสารอื่นๆ ข้อใดเรียงลำดับการสังเคราะห์โปรตีนได้ถูกต้อง ?
 ก. 1 2 3 4 ข. 2 3 1 4 ค. 2 3 4 1 ง. 3 2 1 4
39. การเกิดมิวเทชันในระดับใดจึงจะสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน ?
 ก. การเกิดระดับโมเลกุล ข. การเกิดเฉพาะที่
 ค. การแทนที่คู่เบส ง. การเกิดที่โครโมโซม
40. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดมิวเทชัน ?
 ก. อาการครีดูชาต์ เกิดจากส่วนแขนโครโมโซมคู่ที่ 5 ขาดหาย
 ข. อาการดาวน์ เกิดจากโครโมโซมคู่ที่ 27 เกินมา 1 แท่ง
 ค. อาการเทอร์เนอร์ซินโดรม เกิดจากโครโมโซมเพศเป็น X
 ง. อาการไคลน์เฟเทอร์ซินโดรม เกิดจากโครโมโซมเพศเป็น XXY

เฉลยแบบทดสอบเก็บคะแนนวิชาชีววิทยา 2
บทที่ 4 ยีนและโครโมโซม (ชุดที่ 2)

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. ค | 2. ง | 3. ข | 4. ก | 5. ก |
| 6. ข | 7. ง | 8. ง | 9. ง | 10. ก |
| 11. ข | 12. ก | 13. ง | 14. ค | 15. ง |
| 16. ค | 17. ค | 18. ข | 19. ข | 20. ก |
| 21. ค | 22. ก | 23. ก | 24. ข | 25. ข |
| 26. ก | 27. ค | 28. ง | 29. ก | 30. ข |
| 31. ก | 32. ง | 33. ง | 34. ค | 35. ค |
| 36. ก | 37. ข | 38. ข | 39. ง | 40. ข |
-

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

รายวิชาชีววิทยา 2

รหัสวิชา ว30241

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนสตรีศึกษา

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....

สาระที่ 1 บทที่ 5

เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมิวเทชัน (ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปฐมภรณ์ นทีศิริกุล

สาระสำคัญ (บทที่ 5 การถ่ายทอดทางพันธุกรรม)

เมนเดลศึกษาการผสมพันธุ์ถั่วลันเตา ทำให้พบหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและต่อมาได้มีการสรุปเป็นกฎแห่งการแยก และกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ

ยีนเป็นหน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมมีทั้งยีนเด่นและยีนด้อย แต่ละลักษณะจะมียีนควบคุมเป็นคู่ยีนที่เหมือนกันเข้าคู่กัน เรียกว่า ฮอมอไซกัสจีโนไทป์ ส่วนยีนที่ต่างกันเข้าคู่กัน เรียกว่า เฮเทอโรไซกัสจีโนไทป์ จีโนไทป์ที่เป็นลักษณะเด่นสามารถตรวจสอบว่ามีสภาพฮอมอไซกัส หรือ เฮเทอโรไซกัส โดยการผสมเพื่อทดสอบ

กฎของเมนเดลสามารถอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศได้อย่างกว้างขวาง แต่การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล เช่น การถ่ายทอดลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกัน มัลติเปิลแอลลีล และมัลติเปิลยีน และการแปรผันทางพันธุกรรมยีนในโครโมโซมเพศ ยีนในโครโมโซมเดียวกัน พันธุกรรมที่เกิดขึ้นกับอวัยวะของเพศ พันธุกรรมจำกัดเพศ

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปราย วิเคราะห์และอธิบายสรุปการค้นพบกฎการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายการทดลองและผลการทดลองของเมนเดล
 2. อธิบายความหมายและยกตัวอย่างของคำต่อไปนี้ ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย ยีนเด่น ยีนด้อย แอลลีลฟีโนไทป์ จีโนไทป์ ฮอมอไซกัสจีโนไทป์ เฮเทอโรไซกัสจีโนไทป์ ฮอมอไซกัสโดมิแนนท์ และฮอมอไซกัสรีเซสซีฟ
- เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 7)

- การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูให้นักเรียนศึกษาภาพนำบท และให้นักเรียนตั้งคำถามที่นักเรียนอยากรับ โดยคำถามอาจเป็นดังนี้

- ลักษณะความเป็นค่างแว่นถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูกได้อย่างไร
- กระบวนการถ่ายทอดลักษณะเป็นอย่างไร
- สารใดเป็นสารที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

2. ครูให้นักเรียนอภิปรายแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ โดยชี้แจงว่านักเรียนจะทราบว่าความคิดเห็นของนักเรียนถูกต้องหรือไม่ จากการเรียนรู้ เรื่อง “การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล”

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูนำอภิปรายทบทวนลักษณะของสิ่งมีชีวิต จากที่ได้เรียนมาในหนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 1 ว่า ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิต คือ สามารถสืบพันธุ์เพื่อดำรงเผ่าพันธุ์ไว้โดยการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง จากนั้นให้นักเรียนยกตัวอย่างลักษณะของนักเรียนว่ามีลักษณะใดที่คล้ายพ่อหรือแม่ หรือครู อาจใช้ภาพสัตว์ซึ่งประกอบด้วย พ่อ แม่ ลูก ที่ลูกมีลักษณะเหมือนพ่อ และแม่ โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อแสดงให้เห็นว่าลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตสามารถถ่ายทอดได้

2. ครูตั้งคำถาม เพื่อนำไปสู่การสืบค้นและการอภิปรายว่า “เมนเดลมีวิธีการอย่างไรจึงทำให้เขาค้นพบหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม”

3. จากการสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย นักเรียนควรสรุปประเด็นสำคัญที่ทำให้เมนเดลค้นพบหลักการถ่ายทอดทางพันธุกรรม ได้ดังนี้

- 1) การเลือกพืชที่มีความเหมาะสมมาใช้ในการทดลองผสมพันธุ์ ก็คือ ถั่วลันเตา
- 2) การเลือกลักษณะของถั่วลันเตาที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนมาผสมกัน โดยเลือกมา 7 ลักษณะ เช่น ลักษณะความสูงของต้นถั่ว มีถั่วต้นสูงและต้นเตี้ย
- 3) การเลือกวิธีการผสมพันธุ์ โดยพิจารณาลักษณะของต้นพ่อและต้นแม่ที่เป็นพันธุ์แท้ให้ผสมกันที่ละลักษณะ เพื่อจะได้วิเคราะห์ผลการทดลองได้ง่าย

4) วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้หลักคณิตศาสตร์

4. ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวการตอบ ดังนี้

- นักเรียนคิดว่ามีเหตุผลอะไรบ้างที่ทำให้เมนเดลเลือกถั่วลันเตาเป็นพืชทดลอง

(ถั่วลันเตามีลักษณะที่เหมาะสมที่จะเป็นพืชทดลอง ดังนี้

- เป็นพืชฤดูเดียว อายุสั้น ปรากฏผลการทดลองได้ในระยะเวลาไม่นาน

- ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว ทำให้ผลการทดลองประสบความสำเร็จ ไม่ต้องทำการทดลองซ้ำ

หลาย ๆ ครั้ง

- มีหลายลักษณะในพันธุ์เดียว แต่ละลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจน

- เป็นดอกสมบูรณ์เพศ ผสมในดอกเดียวกัน กลีบดอกปกปิดมิดชิด จึงควบคุมการปฏิสนธิข้าม

(cross fertilization) ได้ง่าย)

5. ครูให้นักเรียนตั้งคำถามที่นักเรียนอยากทราบเกี่ยวกับลักษณะของถั่วลันเตา และวิธีการทดลองของเมนเดล โดยคำถามอาจเป็นดังนี้

- เมนเดลเลือกลักษณะของถั่วลันเตาอย่างไรมาผสมกัน เพราะเหตุใด

- ลักษณะของถั่วลันเตาที่เมนเดลเลือกมาศึกษามีอะไรบ้าง

- เมนเดลมีวิธีการผสมถั่วลันเตาอย่างไร

6. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากหนังสือเรียน ร่วมกันอภิปราย และตอบคำถามได้ว่าเมนเดล เลือกถั่วลันเตาที่มีลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจนมาผสมพันธุ์ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ผลที่ปรากฏในรุ่นลูกหลาน ลักษณะที่เมนเดลเลือกมี 7 ลักษณะได้แก่ ความสูงของต้น รูปร่างของฝัก รูปร่างของเมล็ด สีของเมล็ด ตำแหน่งของดอก สีของดอก สีของฝัก โดยผสมในดอกเดียวกันหลาย ๆ ช่วงจนได้พันธุ์แท้ นำลักษณะพันธุ์แท้ของพ่อและแม่ผสมกันที่ละลักษณะ แล้วสังเกตลักษณะที่ปรากฏในรุ่นลูกเปรียบเทียบกับลักษณะในรุ่นพ่อแม่

7. ครูให้นักเรียนสืบค้น การผสมถั่วลันเตาจากภาพที่ 15-3 แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ในประเด็น ดังนี้

- รุ่น F_1 ที่เกิดจากพ่อฝักสีเขียวและแม่ฝักสีเหลืองจะมีฝักสีอะไร ถ้าสลับลักษณะของต้นพ่อและต้น

แม่ลักษณะของรุ่น F_1 จะเป็นอย่างไร

- เหตุใดลักษณะของฝักสีเหลืองจึงไม่ปรากฏในรุ่น F_1

- ถ้าลักษณะของพ่อและแม่ไม่เป็นพันธุ์แท้ ลักษณะสีฝักของรุ่นลูกจะเป็นดังภาพนี้หรือไม่

8. จากการสืบค้นและการวิเคราะห์ นักเรียนควรสรุปได้ว่ารุ่น F_1 มีฝักสีเขียว แม้ว่าสลับลักษณะของต้นพ่อและต้นแม่ก็ตาม ลักษณะของฝักสีเขียวจะไม่ปรากฏในรุ่น F_1 เป็นเพราะลักษณะฝักสีเขียวเป็นลักษณะด้อย แต่ถ้าลักษณะฝักสีเขียวของพ่อหรือแม่ไม่เป็นพันธุ์แท้ ลูกจะมีทั้งลักษณะฝักสีเขียวและฝักสีเหลือง

9. ครูให้นักเรียนพิจารณาผลงานและข้อมูลส่วนหนึ่งที่ได้จากการทดลองของเมนเดล ตามตารางที่ 15.1 ร่วมกันอภิปราย จากนั้นตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

- ลักษณะฝักสีเหลืองในรุ่น F_1 หายไปจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด (ในรุ่น F_1 แสดงลักษณะฝักสีเขียว ส่วนลักษณะฝักสีเหลืองไม่หายไปแต่ไม่แสดงออกเพราะแฟกเตอร์ที่ควบคุมฝักสีเขียวจะข่มแฟกเตอร์ที่ควบคุมฝักสีเหลือง ลักษณะฝักสีเหลืองที่แฝงอยู่ในรุ่น F_1 จะปรากฏในรุ่น F_2)

- ลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F_2 แตกต่างจากลักษณะที่ในรุ่น F_1 อย่างไร (ลักษณะที่ปรากฏในรุ่น F_1 จะปรากฏลักษณะ ของรุ่นพ่อแม่เพียงลักษณะเดียว เช่น พ่อหรือแม่มีลักษณะต้นสูงผสมกับต้นเตี้ย ในรุ่น F_1 จะปรากฏลักษณะของต้นสูงเพียงลักษณะเดียว แต่ในรุ่น F_2 จะปรากฏลักษณะทั้งต้นสูงและเตี้ย)

- จากข้อมูลในตาราง นักเรียนจะสรุปการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของแต่ละลักษณะทางพันธุกรรมของแต่ละลักษณะได้อย่างไร (จากข้อมูลในตารางสรุปได้ว่า ลักษณะในรุ่นพ่อแม่จะถ่ายทอดไปยังรุ่น F_1 และ F_2 ลักษณะที่ถ่ายทอดไปยังรุ่น F_1 จะแสดงออกเฉพาะลักษณะของพ่อหรือแม่ ส่วนลักษณะที่ถ่ายทอดไปยังรุ่น F_2 จะแสดงออกทั้งลักษณะของพ่อและแม่ แต่มีอัตราส่วนไม่เท่ากัน คือลักษณะเด่น : ลักษณะด้อย ประมาณ 3 : 1)

10. ครูตั้งคำถามและใช้คำถามในหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนสืบค้นและนำไปสู่การอภิปราย ดังนี้

- คำว่าแฟกเตอร์ของเมนเดล ปัจจุบันคืออะไร

- จากตารางที่ 15.1 นักเรียนบอกได้หรือไม่ว่า ลักษณะใดของถั่วลันเตาเป็นลักษณะเด่น และลักษณะใดเป็นลักษณะด้อย

11. จากการสืบค้นและการอภิปราย ควรสรุปได้ว่า แฟกเตอร์จากการศึกษาของเมนเดล ปัจจุบันเปลี่ยนมาใช้คำว่ายีน และจากการผสมพันธุ์ถั่วลันเตาพันธุ์แท้ ลักษณะฝักสีเขียวกับฝักสีเหลือง รุ่น F_1 จะมีฝักสีเขียว ปรากฏออกมาเพียงอย่างเดียว ลักษณะที่ปรากฏออกมา จึงเป็นลักษณะเด่น ได้แก่ ลักษณะต้นสูง ฝักอวบ เมล็ดกลม เมล็ดสีเหลือง ดอกที่กิ่งใบ ดอกสีม่วง และฝักสีเขียว และลักษณะที่ไม่ปรากฏในรุ่น F_1 แต่ปรากฏออกมาในรุ่น F_2 เรียกว่าลักษณะด้อย ต้นเตี้ย ฝักแฟบ เมล็ดขรุขระ เมล็ดสีเขียว ดอกที่ยอด ดอกสีขาว และฝักสีเหลือง

12. ครูชี้แนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำถามต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในทางพันธุศาสตร์ โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสามารถสรุปความหมายของคำว่า ยีนเด่น ยีนด้อย แอลลีล จีโนไทป์และฟีโนไทป์ ฮอมอไซกัสจีโนไทป์ ได้แก่ ฮอมอไซกัสโดมิแนนท์ เช่น GG ฮอมอไซกัสรีเซสซีฟ เช่น gg และเฮเทอโรไซกัสจีโนไทป์ เช่น Gg โดยครูอาจยกตัวอย่างลักษณะของถั่วลันเตา 7 ลักษณะ หรือตัวอย่างของสัตว์หรือคนประกอบ เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับคำถามต่าง ๆ เหล่านี้ได้

13. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้

2. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก

ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 2 ของ สสวท.

2. ใบความรู้ที่ 7 เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม/ทักษะวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้ ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด..... จำนวน
..... ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ
..... ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่า มีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้
ในระดับดีขึ้น

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนด
ไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....
.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

ตำแหน่ง ครู คศ.3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินซุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ใบความรู้ที่ 7

เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

พันธุศาสตร์เบื้องต้น (Basic Genetics)

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีการเกิด การเจริญ การเติบโต การสืบพันธุ์ และตายไปในที่สุดแต่การสืบทอดของเผ่าพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ยังคงดำรงอยู่ติดต่อกันมาหลายชั่วอายุและจะเกิดผลตลอดไปเป็นเวลายาวนาน อะไรเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดชีวิตตัวใหม่ ต้นใหม่ขึ้นมาทดแทนตัวแก่ ต้นแก่ เพื่อสืบเผ่าพันธุ์ต่อไป ปัญหานี้มนุษย์ได้พยายามค้นหาคำตอบมานานแล้ว

1. แนวความคิดเริ่มแรกเกี่ยวกับการถ่ายทอดพันธุกรรม

ประมาณศตวรรษที่ 18 เชื่อกันว่าสิ่งมีชีวิตสามารถเกิดขึ้นได้จากสิ่งไม่มีชีวิตโดยวิธีสปอนเทเนียส เจเนเรชัน (spontaneous generation) เช่น เชื่อว่าหนอนเกิดขึ้นได้จากเนื้อเน่า ความเชื่อนี้มีต่อเนื่องกันมานานจนกระทั่ง ฟรานซิสโก เรดี (Francisco Redi) ลาซซาลันซานิ (Lazzaro Spallanzani) และ หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur) ได้ทดลองพิสูจน์และล้มล้างความเชื่อนี้ให้หมดไป แนวความคิดที่เกี่ยวกับการเกิดสิ่งมีชีวิตจึงเปลี่ยนแปลงไป นักชีววิทยายอมรับว่าสิ่งมีชีวิตต้องมาจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น

นักปราชญ์ชาวกรีก คือ อริสโตเติล (Aristotle) ซึ่งมีชีวิตอยู่ระหว่าง 322-384 ปีก่อนคริสตกาล ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับกำเนิดของสิ่งมีชีวิตขึ้นมาใหม่ไว้ว่า ในน้ำอสุจิของเพศชายหรือตัวผู้มีส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตตัวใหม่อยู่ และเมื่อเข้าไปอยู่ในส่วนที่จะตั้งครรภ์ของเพศเมียก็จะประกอบกันเป็นรูปร่างที่สมบูรณ์ขึ้น สมัยนั้นยังไม่มีใครยอมรับความคิดนี้ จนกระทั่งเมื่อ เลเวนฮุค (Leeuwenhoek) ได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ที่มีกำลังขยายสูง คล้ายกล้องจุลทรรศน์ขึ้นมาสำเร็จ มนุษย์จึงเริ่มรู้จักสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กซึ่งมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เลเวนฮุคได้สำรวจดูน้ำเชื้อของคน และรายงานว่าสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเคลื่อนไหวอยู่ในน้ำเชื้อของเพศชายจึงให้ชื่อว่า แอนิแมลคิวเลส (animalcules) จากการพบของเลเวนฮุค ทำให้นักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่ง เชื่อว่าสิ่งมีชีวิตตัวใหม่ถูกสร้างไว้เรียบร้อยแล้วบรรจุอยู่ใน แอนิแมลคิวเลส จึงเรียกสิ่งมีชีวิตสำเร็จรูปนี้ว่า ฮิวมุนคิวลัส (humunculus) และเมื่อ เดอ กราฟ (de Graaf ค.ศ.1641-1673) ได้ค้นพบกราฟิแอนฟอลลิเคิล โดยเข้าว่าเป็นไข่ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ก็มีผู้เชื่อว่าได้เห็นสิ่งมีชีวิตสำเร็จรูปบรรจุอยู่ในไข่เช่นเดียวกัน ความเชื่อที่ว่าสิ่งมีชีวิตตัวใหม่ถูกสร้างไว้เรียบร้อยแล้วบรรจุอยู่ในแอนิแมลคิวเลสและในไข่เป็นแนวความคิดที่เรียกว่าพรีฟอร์เมชัน (preformation) ถึงแม้ว่าเป็นการยากที่จะเชื่อความคิดนี้เพราะไม่มีการค้นพบรูปร่างที่แท้จริงของฮิวมุนคิวลัสเลยก็ตาม แต่นับว่าเป็นแนวความคิดที่มีเหตุผลดีกว่าสปอนเทเนียส-เจเนเรชันมาก เมื่อมีการปรับปรุงกล้องจุลทรรศน์ให้มีกำลังขยายดีขึ้น มนุษย์จึงรู้ว่าฮิวมุนคิวลัสนั้นเป็นเพียงจินตนาการเท่านั้น และเมื่อทฤษฎีเซลล์เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปก็เริ่มรู้และเข้าใจว่า แอนิแมลคิวเลส และไข่เป็นเซลล์ชนิดหนึ่งเท่านั้น ความเชื่อเกี่ยวกับพรีฟอร์เมชันจึงล้มเลิกไปในที่สุด จากนั้นนักชีววิทยาจึงหันมาสนใจและสังเกตดูลูกผสมที่ได้จากการผสมเทียมและได้พบว่าลูกผสมมักมีลักษณะของพ่อแม่รวมกันอยู่ ดังนั้นความสำคัญของพ่อแม่ในการถ่ายทอดลักษณะควรจะเท่าเทียมกัน

ชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin) นักธรรมชาติวิทยาชาวอังกฤษผู้มีชื่อเสียงตอนศตวรรษที่ 19 ได้สังเกตพบว่า ลักษณะที่ปรากฏในพ่อแม่จะปรากฏในลูกเสมอ ดาร์วิน พยายามอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ โดยตั้งสมมุติฐานที่เรียกว่า แพนจีนีซิส (pangenesis) ซึ่งมีใจความสำคัญว่า อวัยวะในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจะถูกจำลองแบบให้มีขนาดเล็ก จนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เรียกว่า เจมมูล จะไหลไปตามกระแสเลือดแล้วสะสมที่อวัยวะสืบพันธุ์ จากนั้นอวัยวะสืบพันธุ์จะนำเจมมูลเหล่านี้ ไปรวมกันไว้ในเซลล์สืบพันธุ์เพื่อถ่ายทอดไปยังลูก เมื่อมีการรวมของเซลล์สืบพันธุ์แล้ว เจมมูลจะแยกไปประกอบเป็นส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และเจริญเป็นสิ่งมีชีวิตตัวใหม่ขึ้น โดยที่ส่วนผสมของเนื้อเยื่อและอวัยวะที่มาจากพ่อแม่และแม่รวมกัน

ผู้ที่คัดค้านความเชื่อเกี่ยวกับการถ่ายทอดเจมมูล คือ เอากุสต์ ไวส์มันน์ (August Weismann) ไวส์มันน์ได้ทดลองและพิสูจน์ว่า สมมุติฐานของดาร์วินนั้นไม่สามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงได้ ไวส์มันน์ จึง

เสนอทฤษฎีความต่อเนื่องของเจิร์มพลาซึม (The continuity of germplasm) ขึ้นอธิบายการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมว่า ลักษณะจากพ่อแม่ถูกถ่ายทอดไปยังลูกทางเจิร์มพลาซึม (germplasm) ซึ่งตามความคิดของไวส์มันน์ นั้นเป็นสารประกอบที่มีสมบัติเฉพาะตัว และมีโครงสร้างซับซ้อน เจิร์มพลาซึมนี้จะถูกเก็บรักษาไว้ในร่างกายและส่งต่อไปสู่รุ่นถัดไปโดยทางเซลล์สืบพันธุ์ โดยสมบัติและโครงสร้างไม่เปลี่ยนแปลง เจิร์มพลาซึมที่ส่งผ่านไปยังลูกนี้จะเป็นตัวก่อให้เกิดสิ่งมีชีวิตตัวใหม่ขึ้นมา ทฤษฎีของไวส์มันน์เป็นที่ยอมรับทั่วไปและมีประโยชน์มาก ทำให้เข้าใจถึงการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมในระยะต่อมา

ปลายศตวรรษที่ 19 มีการค้นพบหลายประการ ที่ช่วยให้มนุษย์มีความรู้ความเข้าใจกระบวนการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมเพิ่มขึ้น เช่น เมื่อปี พ.ศ. 2418 ออสการ์ เฮร์ตวิก (Oscar Hertwig) ได้พบว่ามีกระบวนการระหว่างนิวเคลียสของอสุจิ และไข่ วัลเทอร์ เฟลมมิง (Walter Flemming) รายงานถึงการค้นพบ โครโมโซมในนิวเคลียส และกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) ปี พ.ศ. 2432 แวนเบนเนเดน (van Beneden) ได้ค้นพบวิธีการแบ่งตัวของเซลล์สืบพันธุ์แบบไมโอซิส (meiosis) การค้นพบเหล่านี้นับเป็นก้าวสำคัญที่ทำให้มนุษย์เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดลักษณะกรรมพันธุ์เพิ่มขึ้น แต่การค้นพบที่นับว่าเป็นก้าวสำคัญในการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะกรรมพันธุ์ คือ การทดลองผสมถั่วลันเตา (garden pea) ของเกรกอร์ เมนเดล (Gregor Mendel)

2. ประวัติของเมนเดล

เมนเดล, เกรกอร์ โยฮันน์ (Mendel, Gregor Johann) เกิดเมื่อปี ค.ศ. 1822 ที่ตำบล Heinzendorf ใน Silesia พ่อแม่เป็นชาวเยอรมัน ในปี ค.ศ. 1843 ขณะที่เมนเดลอายุได้ 21 ปี ได้มาอาศัยอยู่ที่วัดในที่สุดที่บวชที่ Augustinian Monastery ในกรุงบรุนน์ (Brunn) ประเทศออสเตรีย ในปี ค.ศ. 1851 ได้ศึกษาวิชาธรรมชาติวิทยาที่มหาวิทยาลัย ในปี ค.ศ. 1857 เมนเดลได้รวบรวมพันธุ์ถั่วลันเตา (*Pisum sativum*) และได้ศึกษาถึงความแตกต่างของลักษณะของพันธุ์ถั่วที่เขาเลี้ยง จากนั้นเขาได้ทำการทดลองภายในบริเวณของวัด อยู่เป็นเวลานานถึง 7 ปี จึงได้เสนอผลงานทดลอง พร้อมด้วยกฎของการถ่ายทอดลักษณะ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในปัจจุบันว่า กฎของเมนเดล (Mendel's law) ต่อที่ประชุม Natural History Society ในกรุงบรุนน์ ในปี ค.ศ. 1865 และทางสมาคมได้พิมพ์ผลงานไว้ในรายงานประจำปี และส่งไปตามห้องสมุดต่าง ๆ ในปี ค.ศ. 1866 แต่ไม่มีนักชีววิทยาผู้ใดสนใจผลงานของเมนเดลเลย จนกระทั่งปี ค.ศ. 1900 ได้มีนักชีววิทยาหลายท่านสนใจเกี่ยวกับเรื่องพันธุกรรม อาทิ เช่น ฮิวโก เด ฟรีส์ (Hugo, De Vries) ค.ศ. 1848-1935 ชาวฮอลันดา คาร์ล เอริช ฟอน แชร์แมค ไชเซเนก (Erich von Tschermak Seysenegg) ค.ศ. 1871-1962 ชาวออสเตรีย นักชีววิทยา ทั้ง 3 คนนี้ ได้ค้นพบหลักการถ่ายทอดกรรมพันธุ์เช่นเดียวกันโดยเอกเทศ ซึ่งต่อมาเรียกว่ากฎของเมนเดล จากนั้นเป็นต้นมาชื่อของเมนเดล จึงเป็นที่รู้จักกันในนามของบิดาแห่งพันธุศาสตร์ หลังจากนั้นการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการถ่ายทอดลักษณะก็ได้รับความสนใจและแพร่หลายอย่างรวดเร็ว ความสำเร็จของเมนเดล ขึ้นอยู่กับความจริงที่ว่าเมนเดลมีความสามารถพิเศษ ซึ่งคนอื่นไม่มีในเวลานั้น คือ

1. เมนเดลได้ศึกษาคณิตศาสตร์ ชีววิทยา เป็นพื้นฐานอย่างดี
2. ด้วยความรู้พื้นฐาน เมนเดลได้วางแผนการทดลอง ซึ่งแตกต่างไปจากคนอื่น ๆ ได้ทำมาแล้วในลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ

2.1 เมนเดลศึกษาลูกผสมจำนวนมากจากพ่อแม่หลายคู่ซึ่งแต่ละคู่ก็มีลักษณะที่เขากำหนดไว้แน่นอน

2.2 เมื่อศึกษาลูกผสมจำนวนมาก เมนเดลสามารถใช้คณิตศาสตร์เข้าช่วย 2 ทาง คือ

2.2.1 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง

2.2.2 ใช้สัญลักษณ์ในวิชาพีชคณิตเข้าช่วยอธิบายผลการทดลอง

2.3 เมนเดลเลือกศึกษาลักษณะแต่ละลักษณะแยกกันไป ยกตัวอย่าง สูง-เตี้ย ดำ-ขาว , เมล็ดกลม-เมล็ดขรุขระ , ดอกสีแดง-ดอกสีขาว ฯ

เมนเดลใช้ถั่วลันเตาเป็นพืชทดลอง ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ในรุ่นต่อมาต่างก็ลงความเห็นว่า เป็นการเลือกวัสดุที่

ใช้ในการทดลอง ที่ฉลาดด้วยเหตุผลหลายประการด้วยกัน

1. ถั่วมีอยู่หลายพันธุ์ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันหลายลักษณะ เห็นได้ชัด หาได้ง่าย
2. ลูกผสมระหว่างพันธุ์ก็สมบูรณ์ไม่เป็นหมัน
3. ปลูกง่าย ออกลูกมาก(มีเมล็ดมาก) และอายุแต่ละรุ่นก็สั้น
4. ลักษณะโครงสร้างของถั่ว ไม่เปิดโอกาสให้ผสมข้ามต้นได้โดยธรรมชาติ การควบคุมการทดลองจึงทำได้

ง่ายและการผสมเทียมก็ทำได้ง่ายเช่นเดียวกันเมนเดลเสียชีวิตเมื่อปี ค.ศ. 1884 โดยมีได้รู้ตัวว่าตนเองได้รับการยกย่องให้เป็นบิดาของวิชาพันธุศาสตร์

3. การทดลองของเมนเดล

ขั้นแรกก่อนที่จะเมนเดลจะเริ่มทำการทดลอง เมนเดลได้นำเมล็ดถั่วพันธุ์ต่าง ๆ ที่รวบรวมไว้ปลูกให้ผสมตัวเอง (self fertilization) แล้วเก็บเมล็ดมาปลูกใหม่ ทำอย่างนี้หลายรุ่น (generation) เพื่อให้แน่ใจว่าลักษณะต่างๆของถั่วแต่ละพันธุ์ที่คัดเลือกมาเป็นพันธุ์แท้ หรือให้มีคู่ของยีน (gene) ที่เหมือนกัน เช่น TT หรือ tt ลักษณะพันธุ์แท้ คือ พันธุ์ที่ออกลูกมาที่รุ่นถัดมา ลูกที่ออกมาจะมีลักษณะ เหมือนกับต้นที่เป็นพ่อแม่เสมอ เช่นถั่วพันธุ์เตี้ยเมื่อปลูกดูลูกหลานหลายๆรุ่น ถั่วลูกที่ออกมาจะมีลักษณะเตี้ยหมดเหมือนพ่อแม่ แสดงว่าเป็นพันธุ์แท้ เมื่อเมนเดลเห็นว่าลักษณะของถั่วที่ เมนเดลได้คัดเลือกพันธุ์ถั่ว ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันเด่นชัด สังเกตได้ง่าย 7 คู่ด้วยกัน คือ

คู่ที่ 1 ลักษณะรูปทรงของเมล็ด	เมล็ดกลม-ขรุขระ
คู่ที่ 2 ลักษณะสีของใบเลี้ยง	สีเหลือง-สีเขียว
คู่ที่ 3 ลักษณะสีของดอก	สีแดง-สีขาว
คู่ที่ 4 ลักษณะรูปทรงของฝัก	ฝักอวบ-ฝักคอด
คู่ที่ 5 ลักษณะสีของฝัก	สีเขียว-สีเหลือง
คู่ที่ 6 ตำแหน่งของดอก	ดอกออกข้างลำต้น-ดอกออกที่ยอด
คู่ที่ 7 ความสูงของลำต้น	สูง-เตี้ย

3.1 มอโนไฮบริดครอสส์ (monohybrid cross)

การผสมพิจารณาลักษณะเดียว หมายถึง การผสมพืชและสัตว์ ที่พิจารณาลักษณะที่แตกต่างกันลักษณะเดียว เช่น ลักษณะความสูงของลำต้น (สูงกับเตี้ย) ลักษณะรูปทรงของเมล็ด (กลมกับขรุขระ)

ในการทดลองครั้งแรกของเมนเดล ได้ทำการทดลองการผสมพิจารณาลักษณะเดียว เมนเดลได้ปลูกถั่วต่างๆ ที่มีลักษณะต่างๆกันเป็นคู่ๆ เช่น คู่ของถั่วมีรูปร่างของเมล็ดกลมกับเมล็ดขรุขระ ขนาดของลำต้นสูง กับลำต้นเตี้ย ลักษณะสีของฝักสีเขียวกับสีเหลือง เป็นต้น ในการผสมพันธุ์ที่เมนเดลทำการทดลองทั้ง 7 คู่ นั้น เมนเดลได้ทำการผสมเป็นจำนวนมากพอในการทดลอง เพื่อให้เป็นที่เชื่อถือได้ และในแต่ละลักษณะที่ทำการทดลองได้ใช้พันธุ์พ่อแม่พันธุ์แท้ (parents หรือ P.generation) เช่น การผสมลักษณะของเมล็ดกลมและขรุขระ ได้แยกการผสมเป็น 2 พวก พวกหนึ่งเอาเมล็ดกลม เป็นพันธุ์แม่ กับเมล็ดขรุขระเป็นพันธุ์พ่อ และอีกพวกหนึ่งเอาเมล็ดกลมเป็นพันธุ์พ่อ เมล็ดขรุขระเป็นพันธุ์แม่ การผสมในทุกลักษณะ เมนเดลได้ช่วยทำหน้าที่โดยการนำเอากอสรตัวผู้ (stamen) ไปผสมกับเกสรตัวเมีย (pistil) ของต้นที่ต้องการ

จากผลการทดลองที่เมนเดลได้ทำการทดลอง โดยพิจารณาลักษณะเดียวเป็นจำนวนมาก พบว่าแต่ละคู่ นั้น จะแสดงลักษณะหนึ่งลักษณะใดของแต่ละคู่ออกมาเพียงลักษณะเดียว ไม่ว่าจะเป็นลักษณะที่ได้จากพันธุ์พ่อ หรือพันธุ์แม่ ส่วนอีกลักษณะหนึ่งไม่ปรากฏออกมาเลยเพื่อความสะดวกในการอ้างอิง เมนเดลได้เรียกพันธุ์พ่อ-แม่ว่า P.parents หรือ P.generation เรียกลูกผสมครั้งแรกว่า F₁(first filial generation)เรียกลูกของ F₁ ว่า F₂ ลูกของ F₂ ก็เรียก F₃ ต่อไปตามลำดับ ลูกผสมที่เกิดจากพ่อแม่คนละจีโนไทป์ (genotype) ซึ่งจีโนไทป์เป็นลักษณะของยีน

หรือหน่วยลักษณะทางพันธุกรรมภายในเซลล์ เป็นตัวที่ใช้พิจารณาการแสดงออกของลักษณะของสิ่งมีชีวิต เช่น TT หรือ Tt หรือ tt

หลังจากการทดลองปลูกถั่วครั้งแรกแล้ว เมินเดลก็เอา F_1 ที่ได้มาปลูกใหม่อีกแล้วปล่อยให้เกิดการผสมตัวเองโดยธรรมชาติ ลูกที่เกิดมาเรียก F_2 เมินเดลก็ได้ศึกษาถึงลักษณะของรุ่น F_2 หรือรุ่นหลาน หลังจากเมินเดลได้พบมาแล้วในรุ่นลูก (F_1) ว่าถ้าเอาพันธุ์พ่อหรือพันธุ์แม่ที่มีลักษณะต้นสูงผสมกับพันธุ์พ่อหรือแม่ที่มีต้นเตี้ย F_1 ที่ได้ต้นสูงทั้งหมดเมื่อมาสังเกตใน F_2 พบว่ามีทั้งสองลักษณะที่เป็นคู่กัน เมินเดลจึงให้เรียกลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออกมาได้แม้จันที่ควบคุมลักษณะนั้นเป็นคู่ของจันที่ต่างกันว่าลักษณะเด่น (dominant) และเรียกลักษณะที่ไม่ปรากฏใน F_1 ซึ่งเป็นสภาพด้อยของคู่จัน (allele) ที่ไม่มีโอกาสแสดงออกได้เลยถ้าถูกข่มอย่างสมบูรณ์ แต่จะแสดงออกได้ถ้าเป็นคู่ของจันที่เหมือนกันว่าลักษณะด้อย (recessive)

คู่ของจันที่ต่างกัน เช่น Tt, Rr เรียกว่า เฮเทอโรไซกัสจัน (heterozygous gene) และเรียกสิ่งมีชีวิตที่มีตำแหน่งจันบนโครโมโซมเป็นคู่จันคนละชนิดว่าเฮเทอโรไซโกต (heterozygote)

คู่ของจันที่เหมือนกัน เช่น TT, RR, rr เรียกว่า ฮอโมโรไซกัสจัน (homozygous gene) และเรียกสิ่งมีชีวิตที่มีจีโนไทป์เป็นแบบฮอโมไซกัส ซึ่งอาจจะเด่นทั้งคู่ หรือด้อยทั้งคู่ก็ได้ เช่น TT, tt, RR หรือ rr ฮอโมไซโกต (homozygote)

หลังจากเมินเดลตรวจนับ F_2 แล้ว พบว่า F_2 จะมีจำนวนลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อย เป็นอัตราส่วน 3:1 ยกตัวอย่าง เช่น ลักษณะพันธุ์พ่อแม่ สูง-เตี้ย (เป็นพันธุ์แท้ทั้งคู่) F_1 ที่ได้มีลักษณะต้นสูงทั้งหมด เมื่อปล่อยให้ F_1 ผสมตัวเอง F_2 ที่ได้มีทั้งสูงและเตี้ยในอัตราส่วนสูง 3 ส่วน เตี้ย 1 ส่วน ซึ่งเมินเดลเรียกลักษณะสูงว่าเป็นลักษณะเด่นเรียกลักษณะเตี้ย ว่าลักษณะด้อย

จากนั้นเมินเดลก็ปล่อยให้ F_2 ผสมตัวเองอีกได้ลูก คือ F_3 หลังจากตรวจลักษณะของ F_3 แล้ว ได้ผลดังนี้ ลูกของ F_2 ที่มีลักษณะด้อย จะได้ลูก F_3 เป็นลักษณะด้อยทั้งหมด ตัวอย่าง เช่น F_2 เตี้ย ให้ลูก F_3 เตี้ยทั้งหมด

ลูกของ F_2 ที่ลักษณะเด่นนั้นแบ่งเป็น สองพวก คือ

- 1 ใน 3 จะให้ลูก F_3 ที่มีลักษณะเด่นทั้งหมด
- 2 ใน 3 จะให้ลูก F_3 ทั้งสองลักษณะเป็นเด่น 3 ส่วนด้อย 1 ส่วน

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะต้นถั่วและข้อมูลลูกผสมรุ่นที่ 2 ที่เมินเดลได้ทดลองไว้

ลักษณะที่ศึกษา	ลักษณะเด่น	ลักษณะด้อย	ลูกรุ่นที่ 2		
			จำนวน ลักษณะเด่น	จำนวน ลักษณะด้อย	อัตราส่วน
รูปร่างเมล็ด	เรียบ	ขรุขระ	5,474	1,850	2.96 : 1
สีของเนื้อเมล็ด	เหลือง	เขียว	6,022	2,001	3.01 : 1
สีของดอก	แดง	ขาว	705	224	3.15 : 1
รูปร่างฝัก	อวบ	คอด	882	299	2.95 : 1
สีของฝัก	เขียว	เหลือง	428	152	2.82 : 1
ตำแหน่งดอก	ที่ลำต้น	ที่ปลายยอด	651	207	3.14 : 1
ความยาวของต้น	สูง	เตี้ย	787	277	2.84 : 1

(ที่มา: วิสุทธิ ไบไม้ และคนอื่นๆ. 2530:600)

ฟีโนไทป์ (phenotype) คือลักษณะต่างๆที่ปรากฏให้เห็นภายนอก เช่น สูง เตี้ย เมล็ดกลม เมล็ดขรุขระ ดอกสีแดง และดอกสีขาว เป็นต้น ส่วนลักษณะของจีน หรือลักษณะทางพันธุกรรมภายในเซลล์ เป็นตัวที่จะใช้พิจารณาการแสดงออกของลักษณะของสิ่งมีชีวิต เช่น TT, Tt, tt, WW, Ww, และww เรียกว่า จีโนไทป์

จากตัวอย่างการผสมถั่วพันธุ์แท้ต้นสูงและต้นเตี้ยได้ F_1 มีลักษณะสูงทั้งหมด และให้ F_1 ผสมกันเอง ได้ F_2 ที่ปรากฏทั้งสองลักษณะ

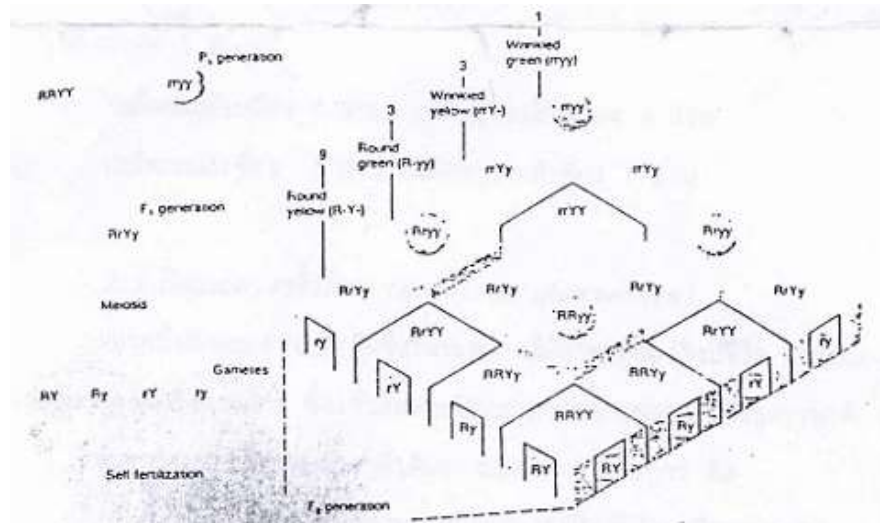
โดยที่ลักษณะรูปร่างสูงเป็นลักษณะเด่น จึงกำหนดให้ T เป็นสัญลักษณ์แทนหน่วยที่ควบคุมลักษณะสูง และ t เป็นสัญลักษณ์ที่ควบคุมลักษณะเตี้ย หน่วยกรรมพันธุ์ต่างควบคุมลักษณะเดียวกันนี้ เรียกว่า คู่จีน หรือเรียกว่า allilomorph ก็ได้เพราะฉะนั้นอาจกล่าวได้ว่า ต้นพันธุ์แท้ลักษณะสูง มีจีโนไทป์ คือ TT และต้นพันธุ์แท้ลักษณะเตี้ย มีจีโนไทป์คือ tt เมื่อนำมาผสมกันได้ลูกผสม F_1 จะมีจีโนไทป์ Tt เนื่องจากได้รับเซลล์สืบพันธุ์ T มาจากต้นสูง และ t มาจากต้นเตี้ย

รุ่นพ่อแม่ (P)	ต้นสูง		ต้นเตี้ย
	TT	X	tt
เซลล์สืบพันธุ์	(T)		(t)
ลูกรุ่นที่ 1 (F_1)		Tt (ต้นสูง)	
$F_1 \times F_1$ (ผสมกันเอง)	Tt	X	Tt
เซลล์สืบพันธุ์	T, t		T, t
ลูกรุ่นที่ 2 (F_2)		TT (ต้นสูง)	
		Tt (ต้นสูง)	
		Tt (ต้นสูง)	
		tt (ต้นเตี้ย)	

สรุป ต้นสูง 3 ส่วน : ต้นเตี้ย 1 ส่วน
(ที่มา : ไพศาล เหล่าสุวรรณ.2523:52)

3.2 ไดไฮบริดครอสส์ (dihybrid cross)

ไดไฮบริดครอสส์ เป็นการผสมที่พิจารณาลักษณะที่แตกต่างกันสองลักษณะซึ่งควบคุมโดยจีนที่เป็นอิสระต่อกัน ลักษณะละจีน เช่น เมนเดลได้ทำการผสมระหว่างต้นถั่วที่มีลักษณะเมล็ดกลมและมีสีเหลือง กับเมล็ดขรุขระที่มีลักษณะสีเขียว ผลปรากฏว่า ลูกในรุ่น F_1 ทั้งหมดจะมีลักษณะเมล็ดกลมสีเหลืองและเมื่อให้ F_1 ผสมกันเอง ลูกของ F_2 ที่ได้มีลักษณะต่างๆที่ปรากฏเพิ่มขึ้นจาก F_1 คือพบว่ามียอตราส่วนของเมล็ดกลมสีเหลือง : เมล็ดกลมสีเขียว : เมล็ดขรุขระสีเหลือง : เมล็ดขรุขระสีเขียว จะเป็น 9 :3:3:1 จากอัตราส่วนข้างบนนี้แสดงว่าลักษณะเมล็ดกลมสีเหลืองเป็นลักษณะเด่น และเมล็ดขรุขระสีเขียวเป็นลักษณะด้อย (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงการทดลองแบบไดไฮบริดครอสส์ของเมนเดล

(ที่มา : Brum and Mckane .1989:429)

กำหนดให้ R แทนลักษณะเมล็ดกลมเป็นลักษณะเด่น
r แทนลักษณะเมล็ดขรุขระเป็นลักษณะด้อย
Y แทนลักษณะเมล็ดสีเหลืองเป็นลักษณะเด่น
y แทนลักษณะเมล็ดสีเขียวเป็นลักษณะด้อย

รุ่นพ่อแม่	เมล็ดกลมสีเหลือง	X	เมล็ดขรุขระสีเขียว
	RRYY		rryy
เซลล์สืบพันธุ์	RY		ry
ลูกรุ่นที่ 1 (F ₁)		RrYy	(เมล็ดกลมสีเหลือง)
F ₁ X F ₁	RrYy	X	RrYy
เซลล์สืบพันธุ์ :-	RY, Ry, rY, ry		RY, Ry, rY, ry

ฟีโนไทป์ที่ได้คือ

เมล็ดกลมสีเหลือง 9 ส่วน เมล็ดขรุขระสีเหลือง 3 ส่วน

เมล็ดกลมสีเขียว 3 ส่วน เมล็ดขรุขระสีเขียว 1 ส่วน

3.3 ลักษณะต่างๆที่ได้ขึ้นมา (acquired characters)

หมายถึงลักษณะต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างที่มีชีวิตอยู่ของสิ่งมีชีวิต อันเนื่องมาจากการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเห็นลักษณะที่ไม่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ พันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ที่ได้มาจำแนกได้ 2 ประการ คือ

3.3.1 อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่ทำให้สิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงได้ เช่น การเกิดอุบัติเหตุทำให้แขนด้วน ลักษณะแขนด้วนไม่สามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้

3.3.2 ลูกที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับพ่อแม่

ความเชื่อในเรื่องพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ที่ได้มาได้สิ้นสุดลงเมื่อ ไวส์มันน์, เอาคุสต์ (Weismann, August ค.ศ. 1834-1914) ชาวเยอรมัน ได้ทดลองตัดหางหนูอยู่หลายรุ่นและพบว่าหนูที่เกิดจากพ่อแม่ที่ถูกตัดหางแล้วยังมีหางยาวปกติ การทดลองนี้ถึงแม้จะดูง่ายแต่สามารถที่จะยุติในความเชื่อถือในเรื่องพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ที่ได้มา นอกจากนี้ไวส์มันน์ยังเป็นผู้ตั้งทฤษฎีเจิร์มพลาซึม อันนับเป็นขั้นสำคัญ ที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในหลักของพันธุกรรม

3.4 สรุปผลการทดลองของเมนเดล

3.4.1 การถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ นั้น มีจีน เป็นตัวถ่ายทอดและนำลักษณะทางกรรมพันธุ์

3.4.2 จีนที่ควบคุมลักษณะแต่ละลักษณะมีอยู่เป็นคู่ ๆ จีนแต่ละคู่อาจเหมือนกันหรือต่างกันได้ เช่น TT, Tt, และ tt เป็นต้น

3.4.3 จีนแต่ละคู่ที่ควบคุมลักษณะหนึ่งๆ จะแสดงออกให้เห็นเพียงลักษณะเดียว อีกลักษณะหนึ่งจะไม่แสดงออกมาให้เห็น ลักษณะที่แสดงออกมาให้เห็น เรียกว่าลักษณะ เด่น และ ลักษณะที่ไม่แสดงออกมาเรียกว่า ลักษณะด้อย เรียกว่า กฎแห่งลักษณะเด่น (law of dominant)

3.4.4 คู่ของจีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆจะแยกออกจากกันในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ได้ไปเซลล์สืบพันธุ์ละตัว ฉะนั้นเซลล์สืบพันธุ์ตัวหนึ่งจะมีจีนเพียงอันเดียว เมนเดลเรียกกฎข้อนี้ว่ากฎการแยกตัวของหน่วยกรรมพันธุ์ (law of segregation)

3.4.5 การแยกตัวของจีนแต่ละคู่ไปสู่เซลล์สืบพันธุ์นั้น จะเป็นอิสระจากคู่อื่นๆ เมนเดลเรียกกฎข้อนี้ว่า กฎการแยกจับคู่อย่างอิสระของหน่วยกรรมพันธุ์ (law of independent assortment)

3.4.6 ในการผสมกันของเซลล์สืบพันธุ์นั้นเป็นไปตามแต่โอกาส อัตราส่วนของลูกที่เกิดขึ้นจึงเป็นไปตามโอกาสเรียกกฎข้อนี้ว่า กฎแห่งโอกาส (law of chance)

3.5 ในปัจจุบันนี้ ได้ยอมรับว่า สมมุติฐานของเมนเดลนั้นเป็นปรากฏการณ์การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตทั่วไป ประกอบด้วยหลักการใหญ่ 2 ข้อ คือ

3.5.1 กฎการแยกตัว(Law of Segregation) (รายละเอียดในใบความรู้ที่ 2)

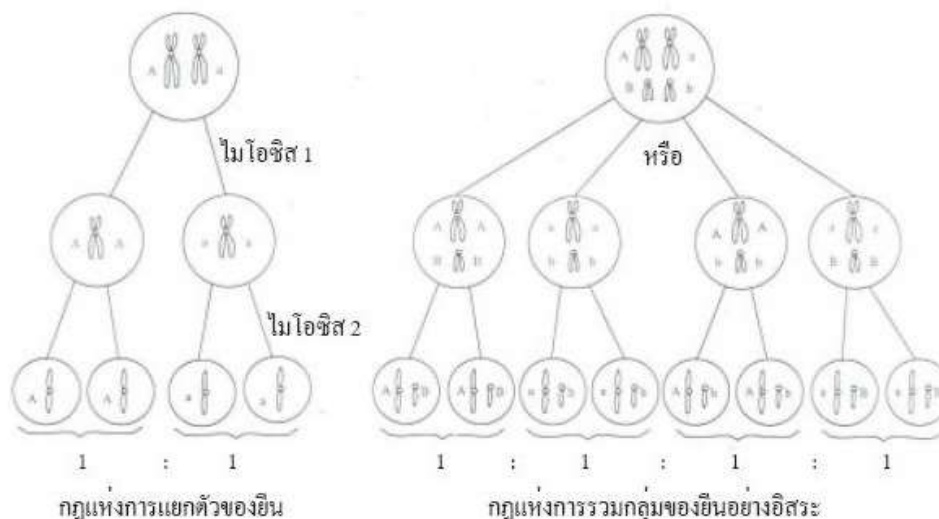
3.5.2 กฎการแยกจับคู่อย่างอิสระของหน่วยกรรมพันธุ์ (รายละเอียดในใบความรู้ที่ 2)

แบบฝึกเสริมประสบการณ์

เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสสัมพันธ์กับกฎแห่งการแยก และกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระได้อย่างไร

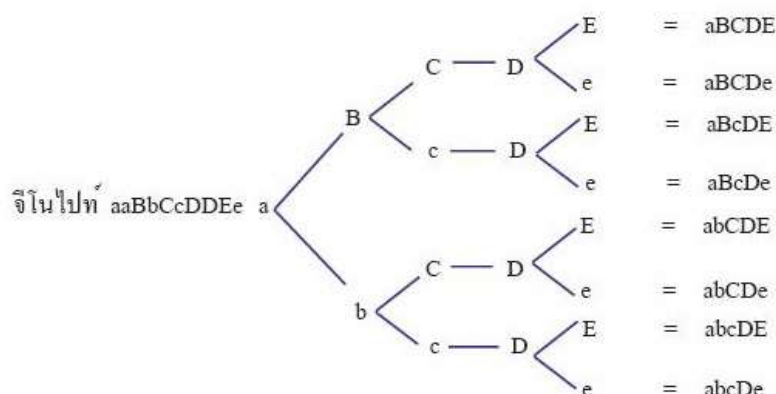
แนวคำตอบ ในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แอลลีลที่เป็นคู่กันในเซลล์ร่างกายจะแยกจากกันไปสู่เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์ นำไปสู่การตั้งกฎแห่งการแยก และยีนแต่ละคู่จะแยกออกจากกันและมีการรวมกลุ่มกันในเซลล์สืบพันธุ์อย่างอิสระ นำไปสู่การตั้งกฎแห่งการเลือกกลุ่มอย่างอิสระ ดังภาพ



กฎของเมนเดลในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

2. หนูตัวหนึ่งสร้างสเปิร์มชนิด aBCDE เมื่อผสมกับหนูตัวเมียที่มีเซลล์ไข่ชนิด abcDe จงหาจีโนไทป์ของลูกที่เกิดจากการปฏิสนธิและลูกมีโอกาสสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้กี่ชนิด อะไรบ้าง

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



3. หญิงคนหนึ่งเป็นโรคตาบอดสี เมื่อแต่งงานกับชายตาปกติ

3.1 ลูกชายจะมีโอกาสเป็นโรคตาบอดสีหรือไม่

ลูกชายจะได้รับยีนควบคุมลักษณะตาบอดสีมาจากแม่ จึงมีโอกาสเป็นโรคตาบอดสี

3.2 ลูกสาวจะเป็นตาบอดสีหรือเป็นพาหะ

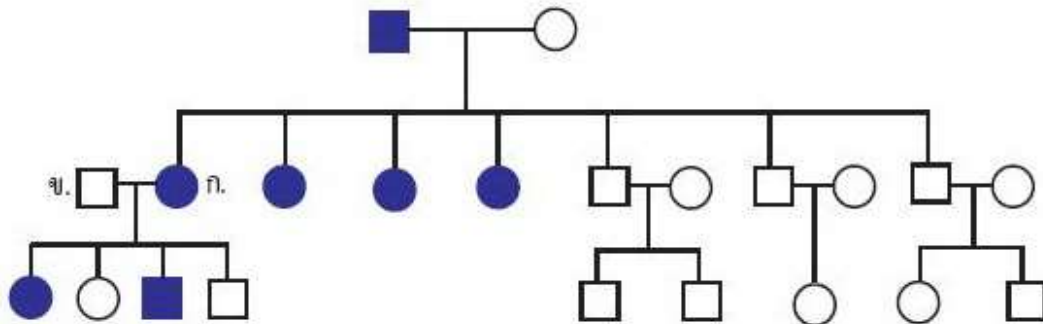
ลูกสาวได้รับยีนควบคุมลักษณะตาบอดสีมาจากแม่ฝ่ายเดียว จึงเป็นพาหะทุกคน

4. ในการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของมนุษย์ทำได้ยากกว่าในพืช จึงให้เหตุผลว่าเป็นเพราะเหตุใด
แนวคำตอบ เป็นเพราะว่าคนมีช่วงชีวิตแต่ละชั่วรุ่นยาวนาน และจำนวนของลูกหลานที่เกิดขึ้นมีจำนวนไม่มากพอ ทำให้การควบคุมการทดลองเป็นไปได้ยาก จึงทำนายการเปลี่ยนแปลงของลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ไม่ดี

5. ชายคนหนึ่งมีฟันเป็นสีน้ำตาลแต่งงานกับหญิงที่มีฟันสีขาวมีลูกสาว 4 คน ทุกคนมีฟันสีน้ำตาลและมีลูกชาย 3 คน ทุกคนมีฟันสีขาว ต่อมาลูกชายทุกคนไปแต่งงานกับหญิงฟันสีขาว ลูกทุกคนมีฟันสีขาวส่วนลูกสาวคนหนึ่ง (ก) ในจำนวน 4 คน แต่งงานกับชาย (ข) ที่มีฟันสีขาว มีลูกทั้งหมด 4 คน เป็นลูกสาว 2 คน คนหนึ่งมีฟันสีน้ำตาล อีกคนหนึ่งมีฟันสีขาว และลูกชาย 2 คน คนหนึ่งมีฟันสีน้ำตาลและอีกคนมีฟันสีขาว

5.1 จงเขียนสายพันธุ์ประวัติของครอบครัวนี้

สายพันธุ์ประวัติของครอบครัวนี้อาจเป็นดังนี้



5.2 การถ่ายทอดลักษณะฟันสีน้ำตาลของคนในครอบครัวถูกควบคุมด้วยยีนเด่นหรือยีนด้อย และยีนมีตำแหน่งอยู่ที่โครโมโซมชนิดใด

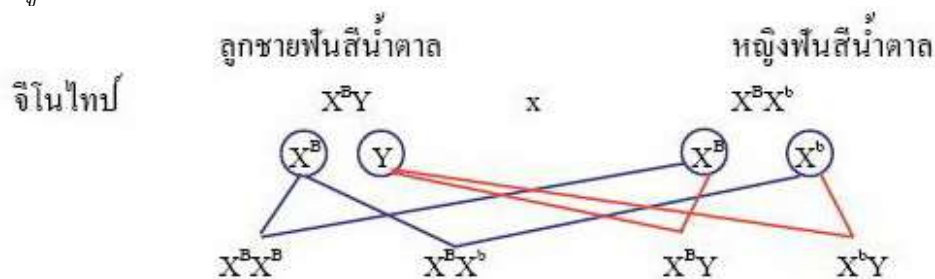
ลักษณะฟันเป็นสีน้ำตาลควบคุมด้วยยีนเด่น และยีนมีตำแหน่งอยู่ที่โครโมโซม X

5.3 ถ้าลูกชายมีฟันสีน้ำตาลที่เกิดจาก ก และ ข ไปแต่งงานกับหญิงฟันสีน้ำตาล ซึ่งพ่อมีฟันสีขาว โอกาสที่จะมีลูกชายเป็นฟันสีขาวในอัตราส่วนเท่าใด

กำหนดให้ B แทนยีนที่ควบคุมลักษณะฟันสีน้ำตาล และ b แทนยีนที่ควบคุมลักษณะฟันสีขาว ดังนั้น ลูกชายของก. และ ข. มีฟันสีน้ำตาล จะมีจีโนไทป์เป็น X^BY แต่งานกับหญิงฟันสีน้ำตาล ซึ่งมีพ่อฟันสีขาว จึงมีจีโนไทป์เป็น X^BX^b เนื่องจากได้รับยีน X^b มาจากพ่อ ลูกที่เกิดขึ้นมีลักษณะสีของฟันดังนี้

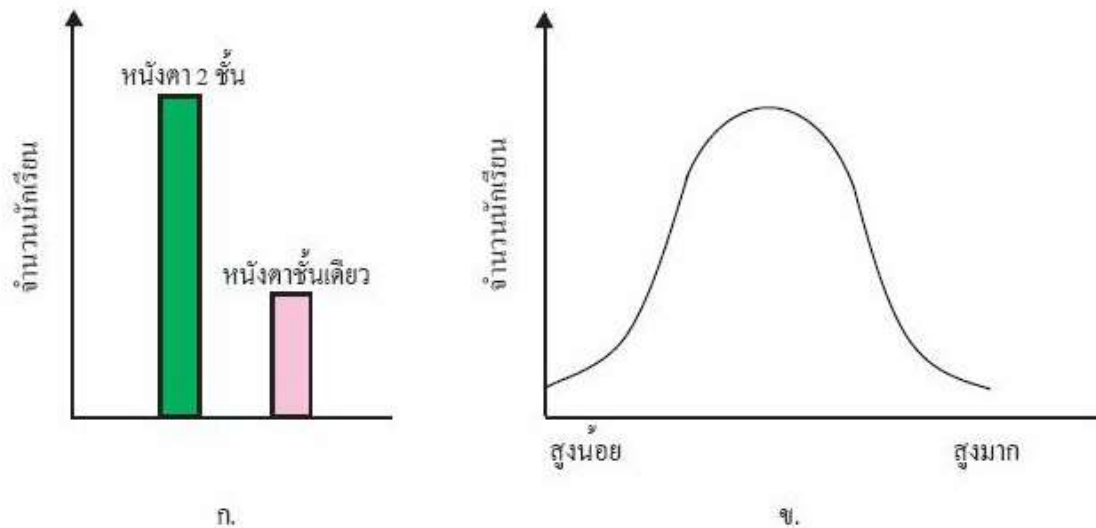
- ลูกสาวมีฟันสีน้ำตาลร้อยละ 100

- ลูกชายมีฟันสีน้ำตาล : ฟันสีขาว เท่ากับ 1: 1 หรือร้อยละ 50 ดังนี้



ดังนั้นโอกาสที่จะมีลูกชายเป็นฟันสีขาวในอัตราส่วน 1/4

6. จากการสำรวจ ลักษณะหนังตา และความสูงของนักเรียนทั้งชั้นในโรงเรียนแห่งหนึ่ง แล้วนำข้อมูลมาเขียนเป็นกราฟ จะได้กราฟดังภาพ ก. และภาพ ข. จากข้อมูลนี้บอกอะไรแก่เราได้บ้าง



แนวคำตอบ กราฟ ก. แสดงลักษณะหน้าตาชั้นเดียว และหน้าตาสองชั้น เป็นลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากควบคุมด้วยยีน 1 คู่ เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่อง กราฟ ข. แสดงลักษณะความสูงของคน ซึ่งลักษณะความสูงจะแตกต่างกันไป จึงเป็นลักษณะที่มีการแปรผันต่อเนื่อง

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

นาย ก. จะมีทางเลือกอย่างไรบ้างที่จะไม่ให้ลูกที่เกิดมาเป็นโรคธาลัสซีเมีย

ทางเลือกที่	ลำดับความสำคัญของทางเลือก
1. สืบประวัติเกี่ยวกับการถ่ายทอดโรคธาลัสซีเมียของครอบครัวแลเครือญาติของนางสาว ข.	2
2. นางสาว ข. ได้รับการตรวจการเป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมียในระดับพื้นฐาน	3
3. ปรีกษาแพทย์หากพบว่า นางสาว ข. เป็นพาหะของโรคธาลัสซีเมีย กรณีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคนี้ในลูก	1

การตัดสินใจครั้งสุดท้าย
ให้นางสาว ข. ได้รับการตรวจกรองพาหะของโรค ถ้าหากพบว่า นางสาว ข. ไม่เป็นพาหะของโรคก็ตัดสินใจแต่งงานกับนางสาว ข. ลูกที่เกิดขึ้นจะไม่มีโอกาสเป็นโรคธาลัสซีเมีย แต่ถ้าตรวจพบว่านางสาว ข. เป็นพาหะของโรคก็ควรปรึกษาขอคำแนะนำจากแพทย์ เพื่อดูความเสี่ยงของการเกิดโรคธาลัสซีเมียในลูก เพื่อตัดสินใจว่าควรจะมีลูกหรือไม่ หากมีอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคสูง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

รายวิชาชีววิทยา 2

รหัสวิชา ว30241

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนสตรีศึกษา

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....

สาระที่ 1 บทที่ 5

เรื่อง ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมีวาทะ (ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปฐมภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปราย วิเคราะห์และอธิบายสรุปการค้นพบกฎการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และอธิบายกฎของความน่าจะเป็นกับการค้นพบกฎแห่งการแยก
2. นำกฎแห่งการแยกไปใช้ทำนายอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์รุ่น F_1 และรุ่น F_2

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 2)

- กฎการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของเมนเดล
- กฎของความน่าจะเป็น, กฎแห่งการแยก

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูนำอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้ เรื่อง “การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล” ที่เรียนในคาบที่ผ่านมา และสรุปความหมายของคำว่า ยีนเด่น ยีนด้อย แอลลีล จีโนไทป์และฟีโนไทป์

2. ครูแจ้งให้นักเรียนทราบว่าในวันนี้ จะศึกษาเนื้อหาเรื่อง กฎของความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก และนำกฎแห่งการแยกไปใช้ทำนายอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์รุ่น F_1 และรุ่น F_2 ต่อไป

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูให้นักเรียน แต่ละกลุ่มซึ่งได้ทำกิจกรรม (โยนเหรียญ 1 อัน, โยนเหรียญ 2 อันพร้อมกัน, ทอดลูกเต๋า) นอกเวลาเรียน นำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองโดยอาศัยกฎของความน่าจะเป็นได้ว่า เมื่อมีการทดลองโดยสุ่ม จะมีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งจะเท่ากับ “หนึ่งส่วนของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด”

- กรณีโยนเหรียญ 1 อัน จะมีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น 2 แบบ คือ ออกหัวและออกก้อย ดังนั้น ความน่าจะเป็นของการออกหัวจึงเท่ากับ $1/2$ และความน่าจะเป็นของการออกก้อยจึงเท่ากับ $1/2$

- กรณีทอดลูกเต๋า 1 ครั้ง จะมีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ได้แก่ ออกแต้มเป็น 1,2,3,4,5 และ 6 ดังนั้น ความน่าจะเป็นของการออกแต้ม 1 จึงเท่ากับ $1/6$ เป็นต้น

- กรณีการโยนเหรียญ 2 อันพร้อมกัน โอกาสของการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ พร้อมกัน จะเท่ากับผลคูณของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นแต่ละเหตุการณ์ เช่น เหรียญแต่ละอันมีโอกาสของการออกหัวเท่ากับ $1/2$ และโอกาสของการออกก้อยเท่ากับ $1/2$ ดังนั้นโอกาสของการออกหัวพร้อมกันจึงมีค่าเท่ากับ $1/2 \times 1/2 = 1/4$ โอกาสของการออกก้อยพร้อมกันจะเท่ากับ $1/2 \times 1/2 = 1/4$ และโอกาสของการออกหัวและก้อยและออกก้อยและหัวจะเท่ากับ $2/4$

- กรณีเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ไม่สามารถเกิดขึ้นพร้อมกันได้ โอกาสของการเกิดเหตุการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งจะเท่ากับผลบวกของโอกาสที่จะเกิดแต่ละเหตุการณ์ เช่น การโยนลูกเต๋า 1 ครั้ง มีโอกาสของการออกแต้ม 1,2,3,4,5, และ 6 อย่างละ $1/6$ ดังนั้นโอกาสของการโยนลูกเต๋า 1 ครั้ง แล้วออกแต้มเป็นเลขคู่ มีค่าเท่ากับ $1/6 + 1/6 + 1/6 = 3/6$ หรือ $1/2$ ซึ่งได้จากผลบวกของโอกาส ที่จะเกิดแต้มเป็น 2, 4 และ 6

3. ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมว่า ในการผสมพันธุ์โดยพิจารณาหนึ่งลักษณะ เหตุใดอัตราส่วนของรุ่น F_1 จึงมีลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อยเท่ากับ $3 : 1$ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และอภิปรายประเด็นที่ว่าอัตราส่วน $3 : 1$

4. ครูให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 16-5 การโยนเหรียญ 2 เหรียญพร้อมกัน แล้วร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า โอกาสที่จะเป็นไปได้อาจมี 3 แบบ คือ ออกหัว 2 เหรียญ ออกหัวและออกก้อย และออกก้อยทั้ง 2 เหรียญ ในอัตราส่วน $1 : 2 : 1$

5. ครูให้นักเรียนสืบค้นการผสมถั่วลิสงเตาฝักสีเขียวกับฝักสีเหลืองจากภาพที่ 15-6 เพื่อเชื่อมโยงกฎของความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยกของเมนเดล จนสรุปได้ว่า ถั่วลิสงเตาฝักสีเขียวมีจีโนไทป์ Gg โดยยีน G และ g จะแยกจากกันเมื่อมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โอกาสที่ยีน G จะแยกจาก g ไปสู่เซลล์ไข่จะมีโอกาสเท่าๆ กับที่ยีน G จะแยกจาก g ไปสู่สเปิร์ม คือ $1/2$ เมื่อมีการปฏิสนธิโอกาสที่สเปิร์มจะรวมกับไข่ มีโอกาสเป็นไปได้อีก 3 แบบ คือ GG Gg และ gg ในอัตราส่วน $1 : 2 : 1$ และมีฟีโนไทป์ 2 แบบ คือ ลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อย อัตราส่วน $3 : 1$

6. ครูให้นักเรียนอภิปรายและตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบ ดังนี้

- ในรุ่น F_1 มีโอกาสสร้างสเปิร์มหรือเซลล์ไข่กี่ชนิด อะไรบ้าง (รุ่น F_1 มีโอกาสสร้างสเปิร์ม 2 ชนิด คือ G และ g หรือสร้างเซลล์ไข่ 2 ชนิด คือ G และ g ซึ่งเป็นไปตามกฎแห่งการแยกของเมนเดล)

- ในรุ่น F_2 มีจีโนไทป์และฟีโนไทป์กี่ชนิด อะไรบ้าง และมีอัตราส่วนเท่าใด (รุ่น F_2 มีจีโนไทป์ 3 แบบ คือ GG Gg และ gg อัตราส่วน $1 : 2 : 1$ และมีฟีโนไทป์ 2 แบบคือ ลักษณะฝักสีเขียวและฝักสีเหลือง อัตราส่วน $3 : 1$)

- การเข้าคู่กันของยีนเป็นไปตามกฎของความน่าจะเป็นอย่างไร

(ยีนของสเปิร์ม G มีโอกาสไปรวมกับยีนของเซลล์ไข่ G ในอัตราส่วนเท่ากับ $1/4$

ยีนของสเปิร์ม G มีโอกาสไปรวมกับยีนของเซลล์ไข่ g ในอัตราส่วนเท่ากับ $2/4$

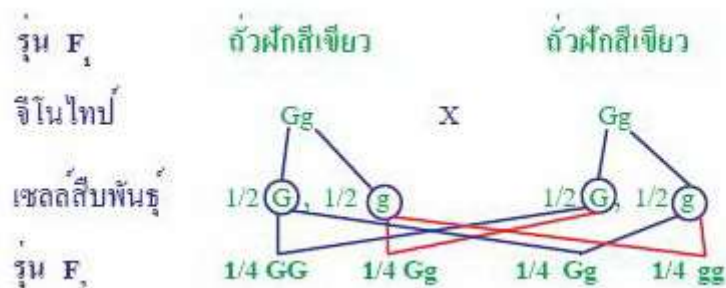
ยีนของสเปิร์ม g มีโอกาสไปรวมกับยีนของเซลล์ไข่ G ในอัตราส่วนเท่ากับ $2/4$

ยีนของสเปิร์ม g มีโอกาสไปรวมกับยีนของเซลล์ไข่ g ในอัตราส่วนเท่ากับ $1/4$)

7. จากประเด็นการแยกคู่ของยีน ครูอาจชี้ให้นักเรียนเห็นว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของเมนเดล รุ่น F_1 จะมีฟีโนไทป์ 2 ลักษณะ อัตราส่วน $3:1$ นั้น เมนเดลไม่ทราบมาก่อนว่ายีนที่เป็นคู่กันจะแยกออกจากกันในระหว่างที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และระหว่างที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะมีการ แบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เมนเดลนำคณิตศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองและจากกฎ ของความน่าจะเป็นนี้เอง จึงทำให้เมนเดลค้นพบกฎแห่งการแยก เนื่องจากการแยกของยีนซึ่งอยู่ด้วยกัน เป็นคู่ ๆ นั้น ยีนที่เข้าคู่กันเมื่อแยกออกจากกันไปยังเซลล์สืบพันธุ์ จึงมีโอกาสปรากฏใน เซลล์สืบพันธุ์ ได้เท่า ๆ กัน กรณีที่ยีนอยู่ในสภาพ ฮอมอไซกัส (ภาพ ก) เซลล์สืบพันธุ์ทั้งหมดจึงมีแบบเดียว แต่ถ้ายีนนั้น อยู่ในสภาพเฮเทอโรไซกัส (ภาพ ข) เซลล์สืบพันธุ์นั้นจึงมียีน 2 แบบ แต่ละแบบคิดเป็น $1/2$



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



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

8. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยกว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้
2. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 15.1 แก้โจทย์ปัญหา โดยการนำกฎแห่งการแยกไปใช้ทำนายอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูกผสม แล้วนำเสนอครูและหาโอกาสร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุป ที่ถูกต้องต่อไป
3. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 4 ของ สสวท.
2. ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง กฎการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของเมนเดล
3. กิจกรรมที่ 15.1 การแก้โจทย์ปัญหา

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม/ทักษะวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้ ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด.....

จำนวน.....ข้อ พบว่านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่า มีนักเรียนร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ในระดับดีขึ้น

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์ พบว่ามีนักเรียนร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนดไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

ตำแหน่ง ครู คศ.3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

ลงชื่อ

(นายจักราช หินซุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

กิจกรรมที่ 15.1 การแก้โจทย์ปัญหา

จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถ

- เขียนจีโนไทป์และฟีโนไทป์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
- หาอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่น F_1 และ F_2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

1. จงเติมจีโนไทป์ของเซลล์ร่างกาย สภาพของจีโนไทป์ แบบของยีนในเซลล์สืบพันธุ์และโอกาสของการเกิดเซลล์สืบพันธุ์แต่ละแบบ ลงในตารางต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

แนวคำตอบ

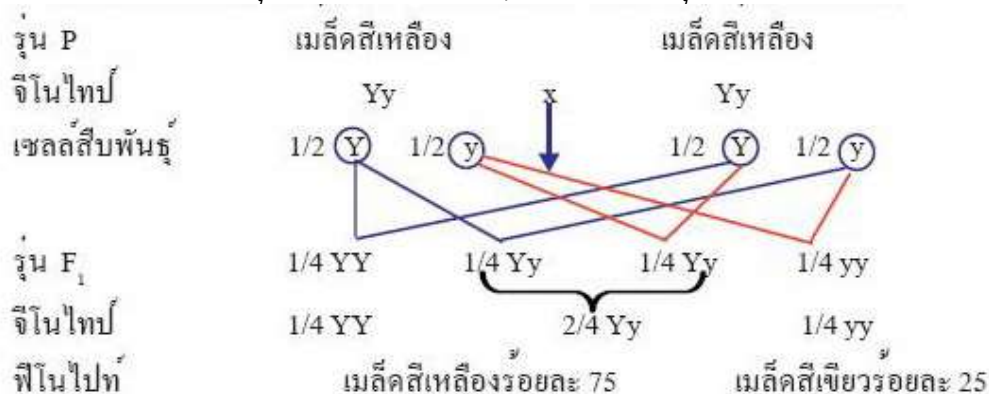
จีโนไทป์ของเซลล์ร่างกาย	สภาพของจีโนไทป์	แบบของยีนในเซลล์สืบพันธุ์และโอกาสการเกิด
WW	ฮอมอไซกัส	W
Ww	เฮเทอโรไซกัส	$1/2W$, $1/2w$
Tt	เฮเทอโรไซกัส	$1/2T$, $1/2t$
aa	ฮอมอไซกัส	a

2. ถั่วลันเตาลักษณะเมล็ดสีเหลืองเป็นลักษณะเด่นต่อลักษณะเมล็ดสีเขียว ในการผสมตัวเองของต้นที่มีลักษณะเมล็ดสีเหลืองที่เป็นเฮเทอโรไซกัสทั้งคู่ จงหาร้อยละของลูกที่ให้เมล็ดสีเขียว

แนวคำตอบ

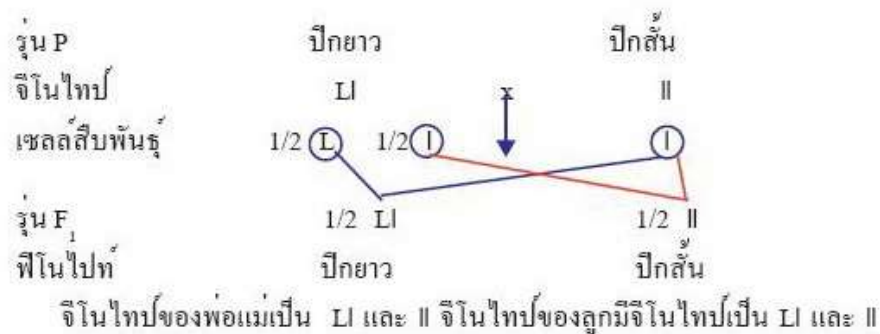
ลูกที่ให้เมล็ดสีเขียว คิดเป็นร้อยละ 25 ดังนี้

กำหนดให้ Y แทนยีนควบคุมเมล็ดสีเหลือง และ y แทนยีนควบคุมเมล็ดสีเขียว



3. ในแมลงหวี่ กำหนดให้ L เป็นยีนควบคุมลักษณะปีกยาวและ l เป็นยีนควบคุมลักษณะปีกสั้น เมื่อผสมแมลงหวี่ปีกยาวและปีกสั้นจะได้ลูกที่มีปีกยาวและลูกที่มีปีกสั้น ในอัตราส่วน 1 : 1 จงหาจีโนไทป์ของพ่อแม่และลูก

แนวคำตอบ เมื่อได้ลูกลักษณะปีกยาวต่อปีกสั้น อัตราส่วน 1:1 ดังนั้นแมลงหวี่ปีกยาวในรุ่น P จะเป็นเฮเทอโรไซกัส มีจีโนไทป์ Ll เมื่อผสมกับแมลงหวี่ปีกสั้น จะเป็นดังนี้



4. เมื่อนำกระต่ายขนสีดำที่เป็นโฮโมไซกัสผสมกับกระต่ายขนสีน้ำตาล ปรากฏว่าลูกที่เกิดมีขนสีดำทั้งหมด (สมมติให้ B และ b แทนแอลลีลคู่หนึ่งที่ควบคุมลักษณะสีขน)

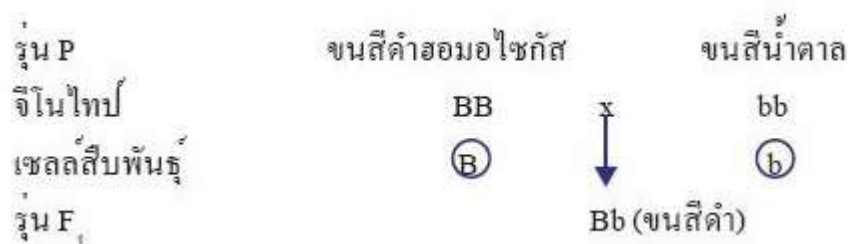
แนวคำตอบ

4.1 ข้อมูลนี้บอกอะไรแก่เราบ้าง

- ข้อมูลนี้บอกให้ทราบว่าขนสีดำเป็นลักษณะเด่น ขนสีน้ำตาลเป็นลักษณะด้อย เพราะลูกที่เกิดมามีขนสีดำ

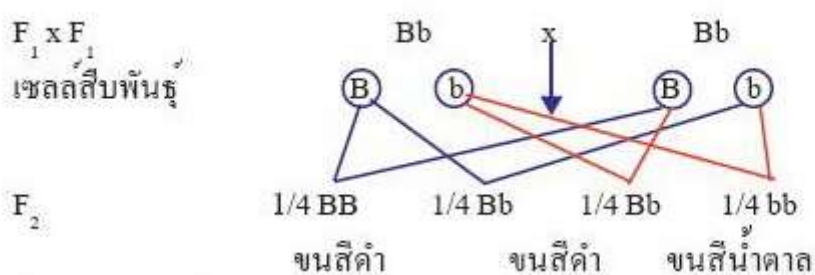
4.2 จีโนไทป์ของรุ่น F₁ มีสภาพเป็นโฮโมไซกัสหรือเฮเทอโรไซกัส

- เฮเทอโรไซกัส ดังแผนภาพ



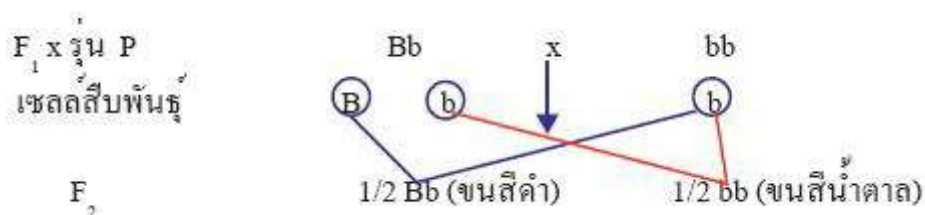
4.3 ถ้านำรุ่น F₁ ผสมตัวเอง รุ่น F₂ จะมีจีโนไทป์ได้กี่แบบ อะไรบ้าง และมีอัตราส่วนเท่าใด

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



4.4 ถ้านำรุ่น F₁ ผสมกับรุ่นพ่อแม่ที่มีขนสีน้ำตาล ลูกที่ได้จะมีขนสีอะไรบ้าง ในอัตราส่วนเท่าใด

ลูกจะมีขนสีดำและขนสีน้ำตาลในอัตราส่วน 1:1 ดังแผนภาพ



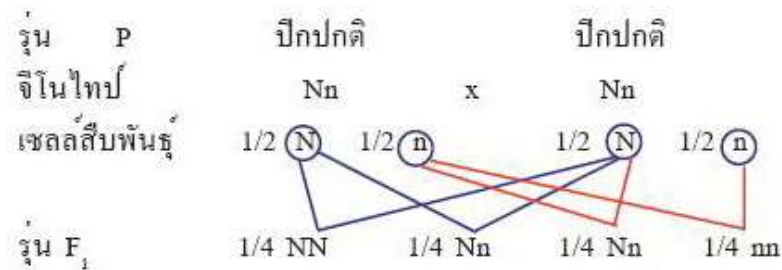
5. ถ้า N แทนยีนที่ควบคุมลักษณะปีกปกติของแมลงหวี่ และ n แทนยีนควบคุมลักษณะปีกสั้นในการผสมพันธุ์แมลงหวี่ที่มีปีกปกติคู่หนึ่ง ปรากฏว่ารุ่นลูกจำนวน 123 ตัว มีปีกปกติ 88 ตัวและปีกสั้น 35 ตัว

5.1 ข้อมูลนี้บอกอะไรแก่เราบ้าง

- เนื่องจากแมลงหวี่รุ่นลูกมีลักษณะปีกปกติ 88 ตัว และปีกสั้น 35 ตัว คิดเป็นอัตราส่วนจะได้ประมาณ 3:1 ดังนั้นปีกปกติจะเป็นลักษณะเด่น และปีกสั้นเป็นลักษณะด้อย

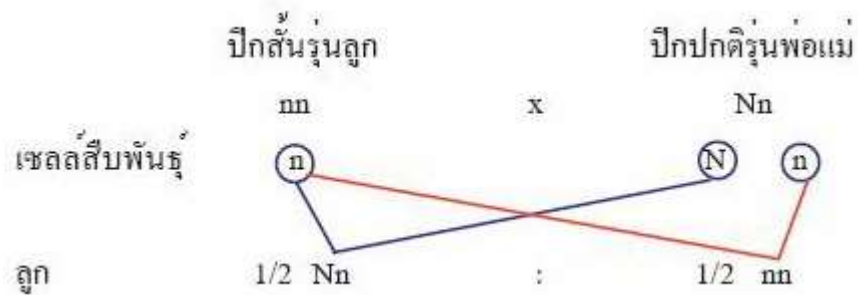
5.2 จงเขียนจีโนไทป์ของแมลงหวี่ในรุ่นพ่อแม่

- จีโนไทป์ของแมลงหวี่ในรุ่นพ่อแม่มี จีโนไทป์เป็น Nn ดังแผนภาพ



5.3 เมื่อนำแมลงหวี่ปีกสั้นในรุ่นลูก ผสมกับแมลงหวี่ปีกปกติในรุ่นพ่อแม่ จะได้ลูกมีลักษณะปีกเป็นอย่างไร คิดเป็นอัตราส่วนเท่าใด

- จะได้ลูกที่มีลักษณะปีกปกติ : ปีกสั้น ในอัตราส่วน 1:1 ดังแผนภาพ



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

รายวิชาชีววิทยา 2
โรงเรียนสตรีศึกษา
สาระที่ 1 บทที่ 5

รหัสวิชา ว30241
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง กฎการรวมกลุ่ม เวลา 2.00 ชั่วโมง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมีวิเทศน์ (ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปราย วิเคราะห์และอธิบายสรุปการค้นพบกฎการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. สืบค้นและอธิบายกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ
2. นำกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ มาทำนายอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์ในรุ่น F_1 และ F_2

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 2)

- กฎการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของเมนเดล
- กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการผสมพันธุ์โดยพิจารณาลักษณะเดียวเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่หัวข้อการผสมพันธุ์โดยพิจารณาสองลักษณะ โดยตั้งคำถามว่าในการผสมพันธุ์ของพ่อแม่ที่มีลักษณะแตกต่างกัน 2 ลักษณะพร้อมกัน “การแยกคู่ของยีนไปยังเซลล์สืบพันธุ์จะเหมือนหรือแตกต่างจากการแยกคู่ของยีนที่พิจารณาลักษณะเดียวอย่างไร” เพื่อให้นักเรียนสนใจอยากจะทำคำตอบ

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและศึกษาภาพที่ 15-7 การผสมพันธุ์ถั่วลิสงลักษณะเมล็ดกลมสีเหลืองพันธุ์แท้กับลักษณะเมล็ดขรุขระสีเขียว ร่วมกันอภิปราย แล้วตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

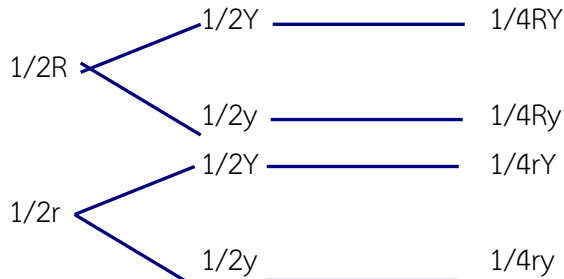
- รุ่น F_1 มีโอกาสสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้กี่แบบ อะไรบ้าง และรูปแบบยีนในเซลล์สืบพันธุ์เป็นไปตามกฎแห่งการแยกหรือไม่ (รุ่น F_1 สร้างสเปิร์มหรือเซลล์ไข่ มีจีโนไทป์ 4 แบบ คือ RY Ry rY ry ยีนแต่ละคู่ของ $RrYy$ จะแยกจากกันไปเลือกจับกับยีนใดยีนหนึ่งของยีนอีกคู่หนึ่งได้ ซึ่งเป็นไปตามกฎแห่งการแยก)

- รุ่น F_2 มีจีโนไทป์และฟีโนไทป์กี่แบบ อะไรบ้าง และมีอัตราส่วนเท่าใด (รุ่น F_2

มีจีโนไทป์ 9 แบบ ได้แก่ $RRYY$ $RRyy$ $RrYY$ $RrYy$ $Rryy$ $RrYY$ $rryy$ $rrYy$ $rryy$ และมีฟีโนไทป์ 4 แบบ คือ กลมเหลือง กลมเขียว ขรุขระเหลือง ขรุขระเขียว ในอัตราส่วน 9 : 3 : 3 : 1)

- นักเรียนคิดว่าฟีโนไทป์ในรุ่น F_2 ที่มีลักษณะเหมือนพ่อและแม่มีอัตราส่วนเท่าใด (รุ่น F_2 ที่มีฟีโนไทป์เหมือนพ่อขรุขระเขียวเท่ากับ $1/6$ และเหมือนแม่กลมเหลืองเท่ากับ $9/16$)

2. ครูแสดงให้นักเรียนเข้าใจถึงการแยกของยีนที่ควบคุมลักษณะแต่ละคู่ว่า เมื่อแยกจากกันแล้วจะมีการเลือกจับกลุ่มอย่างอิสระกับยีนที่ควบคุมลักษณะอื่น ๆ เช่น R กับ r เมื่อแยกจากกันแล้วอาจเลือกจับกับ Y หรือ y ก็ได้ จึงทำให้โอกาสที่จะเกิดเซลล์สืบพันธุ์เป็นดังนี้



เมื่อนักเรียนเข้าใจการแยกของยีนและยีนเลือกจับกลุ่มอย่างอิสระดีแล้ว ครูอาจให้ตัวอย่างเพิ่มเติม แล้วให้หาโอกาสของการเกิดเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งมีจีโนไทป์ เช่น AaBb AaBBcc aabbCcDd

3. ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปราย ว่าในรุ่น F_2 มีฟีโนไทป์อัตราส่วน 9:3:3:1 เกิดขึ้น ได้อย่างไร ถ้านักเรียนเข้าใจก็ให้แสดงวิธีคิดและนำเสนอหน้าชั้น หรือครูชี้แนะเพิ่มเติมเพื่อให้ นักเรียนเข้าใจวิธีคิดได้ว่า เมื่อนำแต่ละลักษณะคือ ลักษณะรูปร่างของเมล็ด และลักษณะสีของเมล็ด มาแยกศึกษาจะได้อัตราส่วนเป็นเท่าใด เมื่อนำอัตราส่วนของฟีโนไทป์ที่ได้จากทั้งสองลักษณะมาคูณกัน จะได้อัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็น 9:3:3:1 หรือไม่ ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า อัตราส่วนของลักษณะ เมล็ดกลมกับเมล็ดขรุขระเท่ากับ 3:1 และอัตราส่วนของลักษณะ เมล็ดสีเหลืองกับเมล็ดสีเขียวเท่ากับ 3:1 เมื่อนำอัตราส่วนของสองลักษณะมาคูณกันจะได้รุ่น F_2 มีฟีโนไทป์ 4 ลักษณะ อัตราส่วนเป็น 9:3:3:1 2 ซึ่งเป็นไปตามกฎผลคูณของความน่าจะเป็น

4. ครูนำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงให้นักเรียนเห็นว่า การแยกคู่ของยีนทั้ง 2 คู่ไปยังเซลล์สืบพันธุ์ และรวมกัน อย่างอิสระ ทำให้ค้นพบกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อสรุปใจความของ กฎการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอีกครั้งหนึ่ง เพื่อชี้ให้เห็นความสำคัญว่า ยีนทั้ง 2 คู่ มีความเป็นอิสระที่จะเข้าไปรวมกันในเซลล์สืบพันธุ์ แสดงว่ายีนทั้ง 2 คู่ อยู่บนโครโมโซม ต่างคู่กัน จึงสามารถทำนายอัตราส่วนของเซลล์สืบพันธุ์ที่มีกลุ่มยีนต่าง ๆ ได้

5. ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

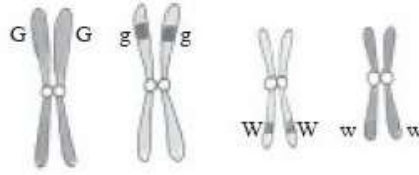
- นักเรียนทราบหรือไม่ว่า โอกาสที่ R จะรวมกับ Y จะเท่ากับโอกาสที่ R จะรวมกับ y และโอกาสที่ r จะรวมกับ Y จะเท่ากับโอกาสที่ r จะผสมกับ y หรือไม่ อย่างไร (เท่ากัน คือ ร้อยละ 25)

- นักเรียนได้ข้อคิดอะไรบ้างจากการที่ได้ศึกษาวิธีการทดลองและการทำงานของเมนเดล (ทำให้เข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การวางแผนการทดลองที่ต้องละเอียดรอบคอบ การออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้หลักคณิตศาสตร์ มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และมีความอดทน เป็นต้น)

6. ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงกฎของเมนเดลกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โดยตั้งคำถามเพิ่มเติม เพื่อให้ นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้ กฎของเมนเดลทั้ง 2 ข้อมีความสอดคล้องกับกระบวนการ แบ่งเซลล์แบบไมโอซิสที่ นักเรียนได้เคยเรียนมาแล้วอย่างไร ครูอาจใช้ภาพการเข้าคู่กันของโครโมโซม ขณะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จากแผ่น ภาพโปร่งใสประกอบการอภิปราย ดังภาพ

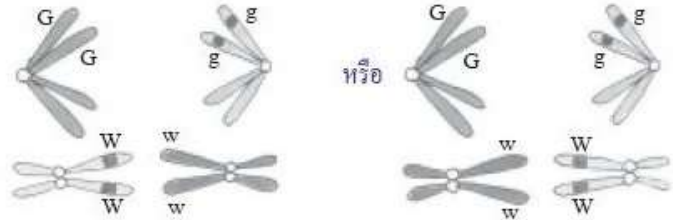
ระยะโพรเฟส I

ซอมอโลกัสโครโมโซมมาเข้าคู่กัน
ยีนที่เป็นคู่กันจะอยู่บนซอมอโลกัส
โครโมโซมในตำแหน่งเดียวกัน



ระยะแอนาเฟส I

โครโมโซมที่เป็นคู่กันจะแยกออกจากกัน และเป็นอิสระที่จะแยกไปโครโมโซมต่างคู่กัน ทำให้ยีนที่เป็นแอลลีลกันแยกจากกันอย่างอิสระเช่นเดียวกัน



ระยะแอนาเฟส II

โครมาทิด (โครโมโซม) จะแยกออกจากกันไปสู่เซลล์สืบพันธุ์อย่างอิสระ ยีนที่อยู่บนโครโมโซมก็จะแยกไปสู่เซลล์สืบพันธุ์เช่นเดียวกัน



7. จากการอภิปรายนักเรียนควรตอบได้ว่ากฎแห่งการแยก และกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ มีความสอดคล้องกับกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสคือ ซอมอโลกัสโครโมโซมจะแยกออกจากกัน อย่างอิสระในขณะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เซลล์สืบพันธุ์ แต่ละเซลล์จะได้รับโครโมโซม 1 แท่ง จากซอมอโลกัสโครโมโซมแต่ละคู่ ดังนั้นในเซลล์สืบพันธุ์แต่ละ เซลล์จึงมีโครโมโซมที่ไม่ใช่คู่กัน

ถ้ามียีน 2 คู่ สภาพเฮเทอโรไซกัส เช่น RrYy เมื่อมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จะสร้าง เซลล์สืบพันธุ์ได้ 4 ชนิด ในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน จะเห็นได้ว่าความเป็นอิสระของแฟกเตอร์ของเมนเดล เกิดจากการที่แฟกเตอร์เหล่านั้นอยู่บนซอมอโลกัสโครโมโซมต่างคู่กัน

8. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้
2. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง การผสมเพื่อทดสอบ ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 4 ของ สสวท.
2. ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง กฎการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของเมนเดล

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผล ด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความ เข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบ ยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ กระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติ กิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการ ทำกิจกรรม/ทักษะ วิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่ พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความ สนใจ และตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม ความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้ ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด.....

จำนวน ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียน
ร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้
ในระดับดีขึ้น

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาาสตร์ พบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนด
ไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

ตำแหน่ง ครู คศ.3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินซุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10

รายวิชาชีววิทยา 2

รหัสวิชา ว30241

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนสตรีศึกษา

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....

สาระที่ 1 บทที่ 5

เรื่อง การผสมเพื่อทดสอบ

เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมีวาทะ (ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปัญมาภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปราย วิเคราะห์และอธิบายสรุปการค้นพบกฎการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผล และวิธีการผสมเพื่อทดสอบ

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 3)

- การผสมเพื่อทดสอบ

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับ กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ ที่เรียนในคาบที่ผ่านมา และตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปราย ดังนี้

- นักเรียนจะใช้เวลาที่เรียนมาแล้วพิสูจน์ว่า สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะดังต่อไปนี้ มีจีโนไทป์อย่างไร “กระต่ายขนสีดำ และกระต่ายขนสีน้ำตาล ถ้ามีลักษณะขนสีดำเป็นลักษณะเด่น แมลงหวี่ปีกปกติ และแมลงหวี่ปีกสั้น ถ้าลักษณะปีกปกติเป็นลักษณะเด่น”

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยใช้ความรู้ที่เรียนมาแล้ว กำหนดจีโนไทป์และอธิบายได้ดังนี้

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

- กระต่ายขนสีดำเป็นลักษณะเด่นจะแสดงลักษณะสีดำ ถึงแม้จะมีแอลลีล B เพียงแอลลีลเดียว ดังนั้นจีโนไทป์ของกระต่ายสีดำ เป็นไปได้ทั้ง 2 แบบ คือ BB หรือ Bb นั่นก็คือมีสภาพทั้งเป็น เฮเทอโรไซกัส และโฮโมไซกัส

- ในกรณีของลักษณะปีกของแมลงหวี่ ก็สามารถอธิบายโดยใช้หลักการเช่นเดียวกับลักษณะ ขนสีดำ และขนสีน้ำตาลของกระต่าย

2. ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การสืบค้นต่อไปว่า “นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่ากระต่ายขนสีดำหรือแมลงหวี่ปีกปกติ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เป็นโฮโมไซกัสจีโนไทป์หรือเฮเทอโรไซกัส

จีโนไทป์” โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้คิดหาวิธีการตรวจสอบ และนำเสนอวิธีที่จะตรวจสอบต่อ ชั้นเรียน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงเหตุผลประกอบการนำเสนอ และเปิดอภิปรายแสดงความคิดเห็น

3. จากการอภิปราย และจากการสืบค้น นักเรียนควรจะสรุปได้ว่า ควรนำไปผสมสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ที่มีลักษณะด้อย เพราะสิ่งมีชีวิตที่มี ลักษณะด้อยทราบแล้วว่าแอลลีจะเป็นลักษณะด้อยทั้งคู่ แล้วพิจารณาจากรุ่นลูกว่ามีลักษณะเด่นหรือ ลักษณะด้อยในอัตราส่วนเท่าใด ก็จะสามารถบอกได้ว่าลักษณะเด่นที่ต้องการตรวจสอบ เป็น เฮเทโรไซกัสหรือโฮโมไซกัส ดังภาพที่ 15-8

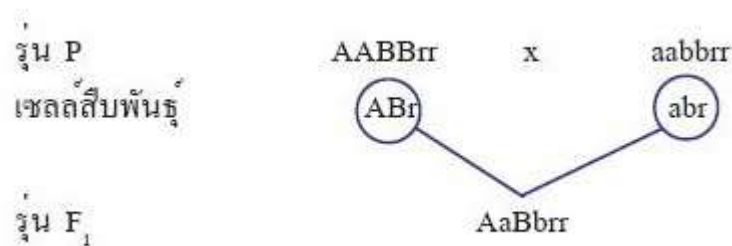
4. ครูและนักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมที่ 15.2 การแก้โจทย์ปัญหา ดังนี้
กิจกรรมที่ 15.2 การแก้โจทย์ปัญหา

จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถเขียนจีโนไทป์ของลักษณะต่างๆ และทำนายอัตราส่วน ของ พีโนไทป์และจีโนไทป์ของลูกรุ่น F1 และ F2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

1) จากการผสมระหว่างพืชที่มีจีโนไทป์ AABbrr x aabbrr ถ้าการจับคู่กันของยีนเป็นไปอย่าง อิสระจงหา

1.1 รุ่น F1 มีจีโนไทป์อย่างไร

- รุ่น F1 มีจีโนไทป์เป็น AaBbrr ดังแผนภาพ



1.2 โอกาสที่จะได้รุ่น F2 ที่มีจีโนไทป์ aabbrr เป็นเท่าใด

- โอกาสที่จะได้รุ่น F2 ที่มีจีโนไทป์ aabbrr เท่ากับ 1/16 ในที่นี้จะเสนอวิธีคิด 2 วิธี

ดังนี้

วิธีที่ 1 การเข้าตาราง

F1 x F1

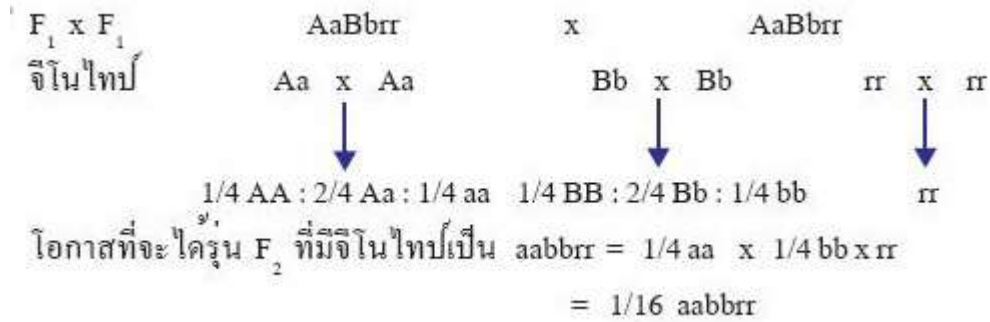
AaBbrr x AaBbrr

เซลล์สืบพันธุ์

ABr ABr aBr abr ABr ABr aBr abr

	ABr	ABr	aBr	abr
ABr	AABbrr	AABbrr	AaBbrr	AaBbrr
ABr	AABbrr	AABbrr	AaBbrr	AaBbrr
aBr	AaBbrr	AaBbrr	aaBbrr	aaBbrr
abr	AaBbrr	AaBbrr	aaBbrr	aabbrr

วิธีที่ 2 วิธีคิดลัด โดยนำมาแยกศึกษาทีละลักษณะ แล้วนำผลที่คำนวณได้จากแต่ละลักษณะมาคูณอีกครั้ง เนื่องจากต่างก็เป็นอิสระต่อกัน จึงเป็นไปตามกฎของผลคูณ ดังแผนภาพ

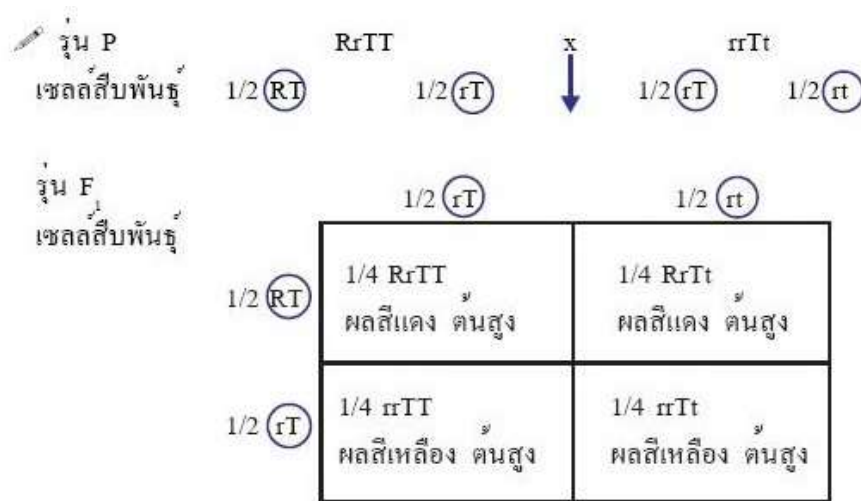


1.3 โอกาสที่รุ่น F_2 จะมีจีโนไทป์เหมือนพ่อแม่เป็นเท่าใด

- ถ้านำวิธีคิดวิธีที่ 2 ในข้อ 1.2 มาใช้ โอกาสที่จะได้รุ่น F_2 ที่มีจีโนไทป์เหมือนพ่อแม่

คือ $AaBbrr = 2/4 Aa \times 2/4 Bb \times rr = 4/16 AaBbrr$

2) มะเขือเทศผลสีแดงเป็นลักษณะเด่น (R) ผลสีเหลืองเป็นลักษณะด้อย (r) และต้นสูง เป็นลักษณะเด่น (T) ต้นเตี้ยเป็นลักษณะด้อย (t) เมื่อผสมมะเขือเทศต้นหนึ่งมีจีโนไทป์ $RrTT$ กับต้นที่มีจีโนไทป์ $rrTt$ จงหาอัตราส่วนของฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของลูก

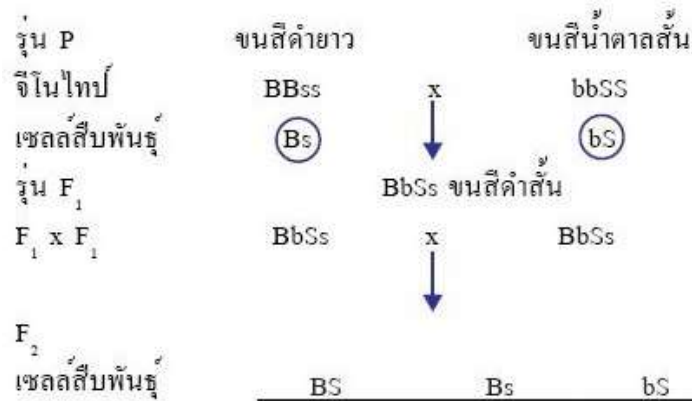


ดังนั้น จะได้ลูกที่มีลักษณะผลสีแดง ต้นสูง : ผลสีเหลือง ต้นสูง ในอัตราส่วน 1:1 ได้ลูกที่มีจีโนไทป์ $RrTT : RrTt : rrTT : rrTt$ ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1

3) กระต่ายขนสีดำเป็นลักษณะเด่น (B) ขนสีน้ำตาลเป็นลักษณะด้อย (b) และขนสั้นเป็น ลักษณะเด่น (S) ขนยาวเป็นลักษณะด้อย (s) ในการผสมระหว่างกระต่ายฮอมอไซกัส ขนยาวสีดำ และฮอมอไซกัสขนสั้นสีน้ำตาล

3.1 จงหาอัตราส่วนของฟีโนไทป์ต่างๆ ในรุ่น F_1 และอัตราส่วนของฟีโนไทป์ต่างๆ ในรุ่น F_2

- ในรุ่นพ่อแม่เป็นกระต่ายที่มีลักษณะฮอมอไซกัสดำและขนยาว ดังนั้นจึงเขียนจีโนไทป์ได้เป็น $BBss$ ส่วนกระต่ายมีลักษณะฮอมอไซกัสน้ำตาลขนสั้น เขียนจีโนไทป์ ได้เป็น $bbSS$ เมื่อผสมกันจะได้รุ่น F_1 และ F_2 ดังนี้



อัตราส่วนฟีโนไทป์ในรุ่น F₂

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

ขนสีดำสั้น : ขนสีดำยาว : ขนสีน้ำตาลสั้น : ขนสีน้ำตาลยาว = 9 : 3 : 3 : 1

3.2 ลูกที่เกิดจากการผสมระหว่างรุ่น F₁ กับกระต่ายขนยาวสีน้ำตาล มีฟีโนไทป์อะไรบ้าง และมีสัดส่วนเท่าใด

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

จีโนไทป์ BbSs x bbss

เซลล์สืบพันธุ์ BS Bs bS bs bs

รุ่น F₂ BbSs : Bbss : bbSs : bbss

ขนสีดำสั้น : ขนสีดำยาว : ขนสีน้ำตาลสั้น : ขนสีน้ำตาลยาว

1 : 1 : 1 : 1

4) แมลงหวี่ปีกยาวเป็นลักษณะเด่น (L) ปีกสั้นเป็นลักษณะด้อย (l) และลำตัวสีเทาเป็นลักษณะเด่น (G) ลำตัวสีดำเป็นลักษณะด้อย (g) ในการผสมระหว่างแมลงหวี่ปีกยาวลำตัวสีเทา และ แมลงหวี่ปีกสั้นลำตัวสีดำ จงหาจีโนไทป์ ของรุ่นพ่อแม่ ในกรณีต่อไปนี้

4.1 ลูกมีอัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็น 1:1:1:1

แมลงหวี่รุ่นพ่อแม่ลักษณะปีกยาวลำตัวสีเทา เมื่อผสมกับลักษณะปีกสั้นลำตัวสีดำ ซึ่งเป็นลักษณะด้อย มีจีโนไทป์ llgg จะได้ลูกที่มีฟีโนไทป์ 4 ลักษณะ ดังนั้นลักษณะ ปีกยาวลำตัวสีเทา จึงมีจีโนไทป์เป็น LlGg ดังการผสมต่อไปนี้

รุ่น P ปีกยาวลำตัวสีเทา LlGg x ปีกสั้นลำตัวสีดำ llgg

เซลล์สืบพันธุ์ LG Lg LG lg lg
 รุ่น F1 LLGg : LlGg : llGg : llgg

ปีกยาวลำตัวสีเทา : ปีกยาวลำตัวสีดำ : ปีกสั้นลำตัวสีเทา : ปีกสั้นลำตัวสีดำ

4.2 ลูกมีอัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็น 9:3:3:1 (การที่ลูกจะมีอัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็น 4 แบบ อัตราส่วน 9:3:3:1 ได้นั้น พบว่าเมื่อ พ่อและแม่จะมีจีโนไทป์เป็นเฮเทอโรไซกัส ดังนี้ $LLGg \times LlGg$ (วิธีคิดเหมือนข้อ 3.1))

5) ในคนลักษณะนิ้วมือสั้น และเชิงผมที่หน้าผากแหลมเป็นลักษณะเด่นและลักษณะ นิ้วมียาว และเชิงผมที่หน้าผากไม่แหลมเป็นลักษณะด้อย ถ้าพ่อและแม่มีจีโนไทป์เป็น เฮเทอโรไซกัส จงหาอัตราส่วนของลูกที่มีฟีโนไทป์เหมือนพ่อแม่

- กำหนดให้ A เป็นแอลลีลควบคุมลักษณะนิ้วมือสั้น a เป็นแอลลีลควบคุมลักษณะนิ้วมียาว
 B เป็นแอลลีลควบคุมลักษณะเชิงผมที่หน้าผากแหลม b เป็นแอลลีลควบคุมลักษณะเชิงผมที่หน้าผากไม่แหลม

ดังนั้น พ่อและแม่จึงมีจีโนไทป์เป็น $AaBb \times AaBb$ คือมีนิ้วมือสั้นเชิงผมที่หน้าผากแหลม
 จากการผสมลูกจะมีอัตราส่วนของฟีโนไทป์ ดังนี้

รุ่น P $AaBb \times AaBb$

วิธีหาจีโนไทป์ของลูกโดยวิธีนำยีนแต่ละคู่ของจีโนไทป์มาผสมกัน

$Aa \times Aa$ $Bb \times Bb$

$1/4 Aa : 2/4 Aa : 1/4 aa$ $1/4 BB : 2/4 Bb : 1/4 bb$

$3/4$ นิ้วมือสั้น : $1/4$ นิ้วมียาว $3/4$ เชิงผมที่หน้าผากแหลม : $1/4$ เชิงผมที่หน้าผากไม่แหลม

ดังนั้น รุ่น F1 มีลักษณะเหมือนพ่อแม่

ลูกมีนิ้วมือสั้นเชิงผมที่หน้าผากแหลมเหมือนพ่อแม่ = $3/4$ นิ้วมือสั้น $\times$ $3/4$ เชิงผมที่หน้าผากแหลม
 = $9/16$

5. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง การผสมเพื่อทดสอบ ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้
2. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง ลักษณะพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 4 ของ สสวท.
2. ใบความรู้ที่ 3 เรื่อง การผสมเพื่อทดสอบ

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผล ด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความ เข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบ ยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ กระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติ กิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการ ทำกิจกรรม/ทักษะ วิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่ พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความ สนใจ และตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม ความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้ ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด.....

จำนวน ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียน
ร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้
ในระดับดีขึ้น

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาาสตร์ พบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนด
ไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....
.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

ตำแหน่ง ครู คศ.3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินชุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11

รายวิชาชีววิทยา 2

รหัสวิชา ว30241

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนสตรีศึกษา

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....

สาระที่ 1 บทที่ 5

เรื่อง นอกเหนือจากของเมนเดล เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมีวาทะ (ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปฐมภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปรายและวิเคราะห์การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่นอกเหนือจากของเมนเดลและความแปรผันทางพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. สืบค้น และอธิบายได้ว่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมลักษณะใดที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล
2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์และการข่มร่วมกัน
3. สืบค้นข้อมูล และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมของมัลติเปิลแอลลีลและพอลิยีน
4. เขียนจีโนไทป์ของลักษณะทางพันธุกรรมตามที่ข้อมูลกำหนดให้
5. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปการถ่ายทอดยีนที่อยู่ในโครโมโซมเดียวกัน

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 4)

- ลักษณะทางพันธุกรรมที่นอกเหนือจากของเมนเดล
- ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์และการข่มร่วมกัน
- มัลติเปิลแอลลีลและพอลิยีน

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า การถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรมเป็นไปตามกฎของเมนเดล (กฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ) ทุกลักษณะหรือไม่ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจรวมถึงอภิปรายเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมต่างๆ ของถั่วลันเตาที่เป็นไปตามกฎของเมนเดลที่ได้เรียนมาแล้ว และจะได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมที่ นอกเหนือจากของเมนเดลและความแปรผันทางพันธุกรรมต่อไป

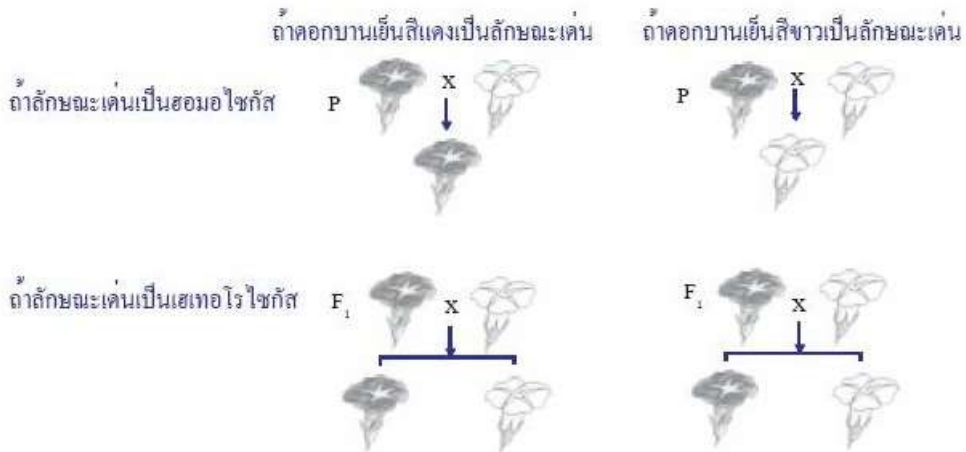
2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูนำเข้าสู่การเรียนรู้เรื่อง “ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์” โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการผสมต้นบานเย็นพันธุ์ดอกสีแดงกับพันธุ์ดอก สีขาวตามกฎของเมนเดล

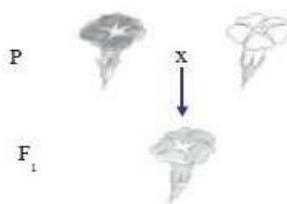
- ถ้าดอกสีแดงเป็นลักษณะเด่น ลูก F_1 จะมีดอกสีอะไร
- ถ้าดอกสีขาวเป็นลักษณะเด่น รุ่น F_1 จะมีดอกสีอะไร
- ถ้าดอกสีแดงหรือดอกสีขาวที่เป็นลักษณะเด่นมีจีโนไทป์ เป็นโฮโมไซกัสหรือเฮเทอโรไซกัส จะได้รุ่น F_1 ดอกสีอะไร ในอัตราส่วนเท่าใด

จากการอภิปราย นักเรียนควรสรุปได้ว่าดอกบานเย็นที่มีดอกสีแดงหรือสีขาว ที่เป็นลักษณะเด่น สภาพโฮโมไซกัสหรือเฮเทอโรไซกัส หรือจะเป็นลักษณะด้อยก็ตาม ถ้าการถ่ายทอดลักษณะเป็นไป ตามกฎของเมนเดล ลูกจะไม่มีดอกสีชมพูเกิดขึ้น อาจเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้

ตามกฎของเมนเดล



แต่จากการทดลองของคาร์ล คอเวนส์



2. จากการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะสีของดอกลินมังกรพันธุ์ดอกสีแดง กับพันธุ์ดอกสีขาว ดังภาพที่ 15-9 ได้รุ่น F_1 ดอกสีชมพู รุ่น F_2 มีอัตราส่วนของดอกสีแดง : ชมพู : ขาว เท่ากับ 1 : 2 : 1

3. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและศึกษาภาพที่ 15-10 ร่วมกันอภิปรายและสรุปได้ว่าลักษณะสีของดอกลินมังกรถูกควบคุมด้วยยีน 2 แอลลีล โดยแอลลีลหนึ่งข่มแอลลีลที่เป็นคู่กันได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้ลูก มีฟีโนไทป์อยู่ระหว่างรุ่นพ่อแม่ คือ ดอกสีชมพู ลักษณะนี้เรียกว่า ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ จากนั้นให้ตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

- รุ่น F_2 มีอัตราส่วนของ ฟีโนไทป์และจีโนไทป์เป็นอย่างไร และจะแตกต่างจากผลการ ทดลองของเมนเดลอย่างไร (รุ่น F_2 มีอัตราส่วนของจีโนไทป์ $RR : RR' : R/R'$ เท่ากับ 1:2:1 และ มีอัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็นดอกสีแดง:ชมพู:ขาว เท่ากับ 1:2:1 แต่ผลการทดลองของเมนเดล ลูก F_2 มี 2 ลักษณะ คือ ลักษณะเด่น:ด้อย เท่ากับ 3:1)

4. ครูให้นักเรียนสืบค้นการถ่ายทอดลักษณะผมหยิกผมเหยียดตรงและผมหยักศก และ วิเคราะห์จากภาพที่ 15-11 จากการสืบค้นและการวิเคราะห์ นักเรียนควรสรุปได้ว่าลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะเด่น ไม่สมบูรณ์ จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

- จากภาพที่ 15-11 ลูกที่เกิดจากพ่อและแม่ผมหยักศกจะมีลักษณะเส้นผมแตกต่างกันกี่แบบ คิดเป็นอัตราส่วนเท่าใด (ลูกที่เกิดมาจะมีลักษณะเส้นผม 3 แบบ คือ ผมหยิก : ผมหยักศก : ผมเหยียดตรง 1 : 2 : 1)

- ถ้าพ่อผมเหยียดตรงและแม่ผมหยิก ลูกที่เกิดมาจะมีลักษณะเส้นผมอย่างไร (ลูกที่เกิดมาจะมีเส้นผมหยิกคก)

- เหตุใดการถ่ายทอดลักษณะของเส้นผมในคนจึงเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ (เพราะแอลลีล ของผมเหยียดตรงข่มแอลลีล ของผมหยิกไม่สมบูรณ์ ทำให้ฟีโนไทป์ของลูกที่เกิดมาอยู่ระหว่างฟีโนไทป์ของพ่อแม่ที่เป็นฮอมอไซกัส)

5. ครุณาเข้าสู่การเรียนรู้เรื่อง “การข่มร่วมกัน” โดยตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจว่า หมู่เลือด AB ในคนถ่ายทอดมาได้อย่างไร โดยนำอภิปรายเกี่ยวกับชนิดของหมู่เลือดที่นักเรียน ได้เรียนมาแล้ว จากนั้นให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 15-12 ครุณาอภิปรายการเกิดหมู่เลือด AB ของลูกที่เกิดจากพ่อและแม่ที่มีหมู่เลือด A และ B ที่เป็นฮอมอไซกัส-โดมิแนนท์

หมู่เลือด AB ของลูกเกิดจากแอลลีล I^A ในเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อมาเข้าคู่กับแอลลีล I^B ในเซลล์สืบพันธุ์ของแม่ แอลลีลทั้งสองต่างก็เป็นแอลลีลเด่นจึงแสดงออกพร้อมกัน ซึ่งลักษณะพันธุกรรม ลักษณะนี้เรียกว่า การข่มร่วมกัน หรือโคโดมิแนนท์ แล้วตอบคำถามดังนี้

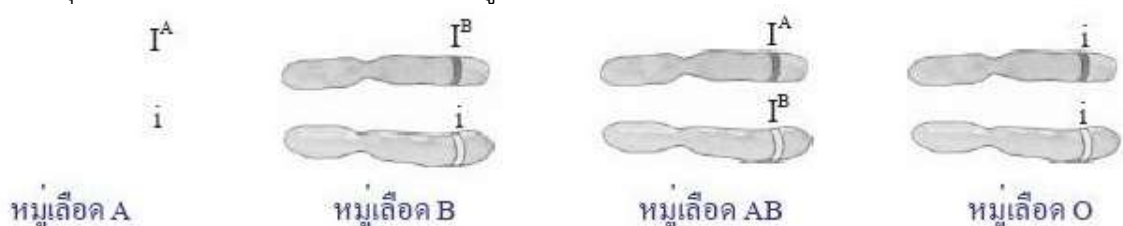
- การแยกกันและการรวมกันของยีน เป็นไปตามกฎของเมนเดลหรือไม่ เพราะเหตุใด (ไม่เป็นเนื่องจากตามกฎของเมนเดล ลักษณะหนึ่งควบคุมด้วยยีนที่มีแอลลีลหนึ่งข่มแอลลีล ที่เป็นคู่กันได้อย่างสมบูรณ์ แต่การถ่ายทอดหมู่เลือด AB จะควบคุมด้วยยีนที่มีแอลลีลหนึ่งซึ่งไม่สามารถข่มแอลลีลที่เป็นคู่กันได้ เนื่องจากทั้งสองแอลลีลแสดงลักษณะเด่นได้เท่ากัน จึงแสดงออกพร้อมกัน)

6. ครุณาเข้าสู่การเรียนรู้เรื่อง “มัลติเปิลแอลลีล” โดยทบทวนความหมายของแอลลีล และแอลลีล ที่ควบคุม ลักษณะหมู่เลือด คือ I^A , I^B และ i ที่นักเรียนเรียนมาแล้ว ครุณาตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่หัวข้อว่า “ลักษณะทุกลักษณะของสิ่งมีชีวิตมียีนควบคุมเพียง 2 แอลลีลเท่านั้นหรือไม่”

7. ครูให้นักเรียนสืบค้น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของหมู่เลือด ABO จากตารางที่ 15.2 แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์และสรุปเกี่ยวกับหมู่เลือดระบบ ABO ควบคุมด้วยแอลลีลอะไรบ้าง ตำแหน่งของยีนบนโครโมโซมเป็นอย่างไร หมู่เลือดชนิดหนึ่งควบคุมด้วยกี่แอลลีล และมีจีโนไทป์ได้กี่แบบ จากการวิเคราะห์นักเรียนควรสรุปว่า หมู่เลือดระบบ ABO ควบคุมด้วยยีน 3 ยีน คือ แอลลีล I^A , I^B และ i ซึ่งอยู่ในโลคัสเดียวกันบนฮอมอโลกัสโครโมโซมคู่เดียวกัน และหมู่เลือด A และ B ต่างก็มีจีโนไทป์ได้ 2 แบบ คือ $I^A I^A$ $I^A i$ และ $I^B I^B$ $I^B i$ ส่วนหมู่เลือด AB และ O มีจีโนไทป์ได้แบบเดียว คือ $I^A I^B$ และ ii ตามลำดับ และตอบคำถามเพิ่มเติมในหนังสือเรียน ดังนี้

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

8. ครูชี้แนะเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของหมู่เลือดระบบ ABO เพื่อให้นักเรียน เห็นว่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมควบคุมด้วยยีนมากกว่า 2 แอลลีล แต่ในรายบุคคลมียีนที่เป็น แอลลีลกันเพียง 1 คู่ (2 แอลลีล) พันธุกรรมลักษณะนี้เรียกว่า มัลติเปิลแอลลีล ดังแผนภาพ ซึ่งจากภาพจะเห็นว่าหมู่เลือดระบบ ABO ควบคุมด้วยยีน 3 แอลลีล และมีเฉพาะหมู่เลือด AB เท่านั้น ที่เป็นลักษณะข่มร่วมกัน



9. ครูให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 15-13 เพื่อให้นักเรียนสรุปการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของหมู่เลือดได้ ครูให้นักเรียนทำนายชนิดของหมู่เลือดของลูกที่เกิดจากพ่อและแม่ ที่มีหมู่เลือดต่างกันจากภาพในแผนภาพโปร่งใส เช่น พ่อหมู่เลือด A แม่หมู่เลือด B ลูกจะมีหมู่เลือดใดบ้าง หรือให้นักเรียนกำหนดปัญหาเอง เช่น

กำหนดหมู่เลือดของพ่อและแม่ แล้วให้หาหมู่เลือดของลูก หรือให้หาหมู่เลือดของพ่อและแม่ เพื่อส่งเสริมความแม่นยำเกี่ยวกับ การถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือดระบบ ABO

10. ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่าการถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือด ABO เป็นไปตามกฎของ เมนเดลหรือไม่ อย่างไร จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า การถ่ายทอดลักษณะหมู่เลือด ABO ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล เนื่องจากเป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีน 3 แอลลีล ใน 1 ตำแหน่งบน ฮอมอโลกส์โครโมโซม ซึ่งถ้าเป็นไปตามกฎของเมนเดลลักษณะหนึ่งลักษณะใดจะควบคุมด้วยยีนเพียง 1 คู่ หรือ 2 แอลลีลเท่านั้น

11. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง ลักษณะพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล (ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ / การข่มร่วมกัน / มัลติเปิลแอลลีล) ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้
2. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง ลักษณะพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล (พอลิยีน) ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 4 ของ สสวท.
2. ใบความรู้ที่ 4 เรื่อง ลักษณะพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล (ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ / การข่มร่วมกัน / มัลติเปิลแอลลีล)

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผล ด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความ เข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบ ยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ กระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติ กิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม/ทักษะ วิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่ พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความ สนใจ และตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม ความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้
ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้ ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด.....

จำนวน ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียน
ร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่า มีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้
ในระดับดีขึ้น

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาาสตร์ พบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนด
ไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....
.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

ตำแหน่ง ครู คศ.3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....
.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินซุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

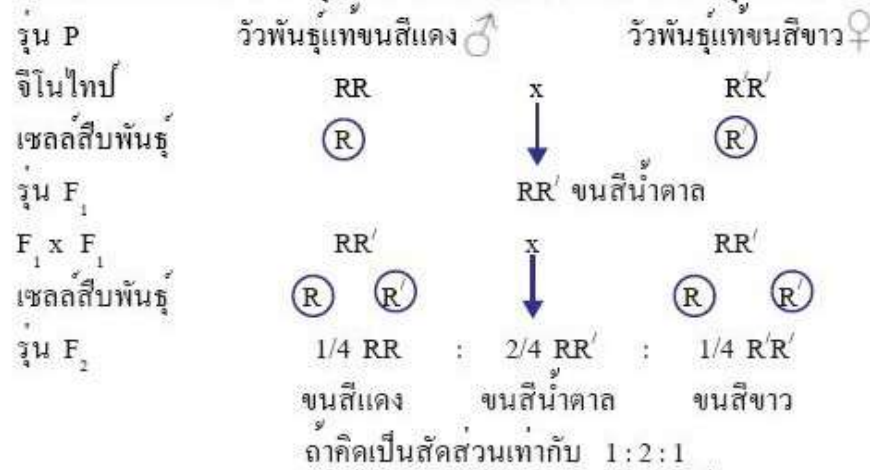
กิจกรรมที่ 15.3 การแก้โจทย์ปัญหา

จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถ

- อธิบายการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ การข่มร่วมกันและ มัลติเปิล แอลลีลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
- เขียนจีโนไทป์ของลักษณะต่างๆและคำนวณหาโอกาสของการแสดงออกของยีนที่ควบคุม ลักษณะต่าง ๆ ในรุ่น F_1 และ F_2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
- นำหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของหมู่เลือดไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

1) ในการผสมพันธุ์ระหว่างวัวพันธุ์แท้ที่มีขนสีแดงเพศผู้กับวัวพันธุ์แท้ขนสีขาวเพศเมีย จะได้รุ่น F_1 มีขนสีน้ำตาลทั้งหมด

- เมื่อให้รุ่น F_1 ผสมกันเอง จงหาอัตราส่วนของรุ่น F_2 ที่มีสีขนเหมือนพ่อและเหมือนแม่ จากโจทย์นี้แสดงว่าลักษณะสีขนเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ ดังนั้น วัวรุ่น F_2 มีลักษณะขนสีแดงเหมือนพ่อ $1/4$ และขนสีขาวเหมือนแม่ $1/4$ ดังนี้ กำหนดให้ R แทนยีนควบคุมลักษณะขนสีแดง R' แทนยีนควบคุมลักษณะขนสีขาว

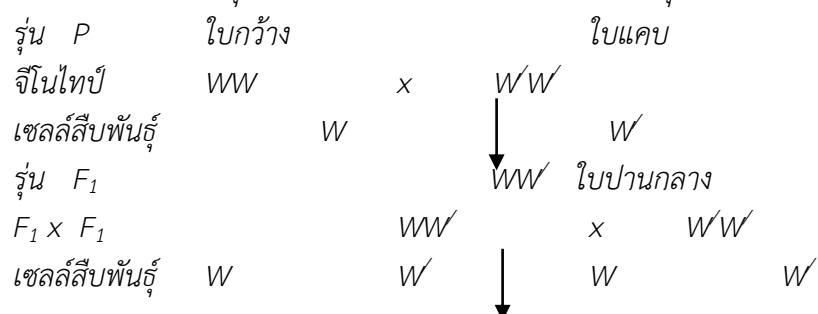


- นักเรียนจะอธิบายการแสดงออกของยีนที่ควบคุมสีขนในวัวได้อย่างไร

- ลักษณะสีขนของลูกวัวเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ ควบคุมด้วยยีน 2 แอลลีล โดย แอลลีล หนึ่งคุมแอลลีลที่เป็นคู่กันได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้ลูกที่มีจีโนไทป์ RR' มีขนสีน้ำตาลเป็น ลักษณะที่อยู่ระหว่าง พ่อและแม่

2) ในการผสมพันธุ์ต้นลิ้นมังกรพันธุ์แท้ลักษณะใบกว้างกับพันธุ์แท้ลักษณะใบแคบ ถ้าการ ถ่ายทอดขนาดของใบลิ้นมังกรเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ จงหาอัตราส่วนของฟีโนไทป์ ในรุ่น F_2

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



รุ่น F_2	$1/4 WW$	:	$2/4 W W'$	:	$1/4 W' W'$
	ใบกว้าง		ใบปานกลาง		ใบแคบ

3) ครอบครัวหนึ่งมีบุตร 4 คน ซึ่งมีหมู่เลือด A B AB และ O ตามลำดับ จงหาว่าพ่อและแม่ มีหมู่เลือดชนิดใด

- เนื่องจากลูกที่มีหมู่เลือด A มีจีโนไทป์เป็น $I^A i$ หรือ $I^A I^A$
- ลูกที่มีหมู่เลือด B มีจีโนไทป์เป็น $I^B i$ หรือ $I^B I^B$
- ลูกที่มีหมู่เลือด AB มีจีโนไทป์เป็น $I^A I^B$
- ลูกที่มีหมู่เลือด O มีจีโนไทป์เป็น ii

พ่อและแม่ควรมีหมู่เลือด	$I^A i$	x	$I^B i$	
	I^A	i	I^B	i
จะได้ลูกที่มีหมู่เลือด	$I^A I^B$	$I^A i$	$I^B i$	ii
ดังนั้น พ่อแม่จะมีหมู่เลือด	A และ B หรือ B และ A			

4) หมู่เลือดระบบ ABO ถูกควบคุมโดยแอลลีล I^A I^B และ i จงหาชนิดและอัตราส่วนของ หมู่เลือดของลูกที่เกิดจากพ่อและแม่ที่มีจีโนไทป์ ดังต่อไปนี้

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

- จะได้ลูกหมู่เลือด AB : หมู่เลือด B ในอัตราส่วน 1 : 1 ดังนี้

รุ่น P	$I^A i$	x	$I^B i$
เซลล์สืบพันธุ์	I^A	i	I^B
รุ่น F1	$1/2 I^A I^B$		$1/2 I^B i$
	หมู่เลือด AB		หมู่เลือด B

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

- จะได้ลูกหมู่เลือด A : หมู่เลือด B ในอัตราส่วน 1 : 1 ดังนี้

รุ่น P	$I^A I^B$	x	ii
เซลล์สืบพันธุ์	I^A	I^B	i
รุ่น F1	$1/2 I^A i$		$1/2 I^B i$
	หมู่เลือด A		หมู่เลือด B

5) หญิง 2 คนเป็นแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน แฝดคนหนึ่งแต่งงานกับสามีหมู่เลือด A มีลูก หมู่เลือด O ส่วนแฝดคนน้องแต่งงานกับสามีหมู่เลือด B มีลูกเป็นหมู่เลือด AB จงหา จีโนไทป์ และหมู่เลือดของหญิงแฝดคู่นี้

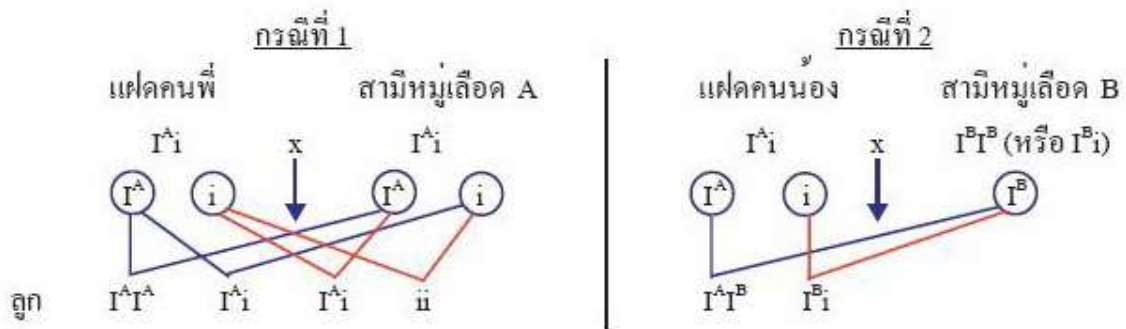
- ตามหลักพันธุศาสตร์แฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน จะมีจีโนไทป์เหมือนกัน

กรณีที่ 1 แฝดคนหนึ่งแต่งงานกับสามีหมู่เลือด A ลูกจะมีหมู่เลือด O แสดงว่าพ่อและแม่ต้องมีแอลลีล i

กรณีที่ 2 แฝดคนน้องแต่งงานกับสามีหมู่เลือด B และลูกมีหมู่เลือด AB แสดงว่าแม่ต้องมี

แอลลีล I^A และสามีมีแอลลีล I^B

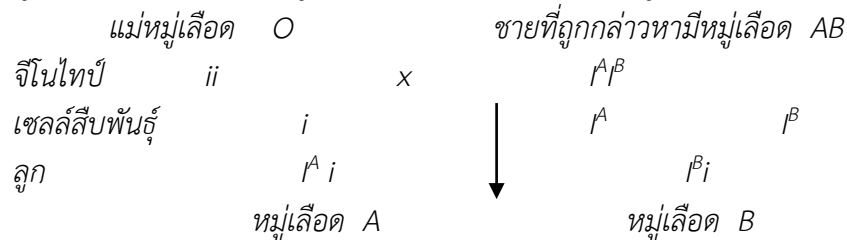
ดังนั้น หญิงแฝดคู่นี้มีหมู่เลือด A จีโนไทป์ $I^A i$ ดังนี้



6) จงใช้เหตุผลตามหลักทางพันธุศาสตร์มาอธิบายความเป็นไปได้ ในกรณีศึกษาต่อไปนี้

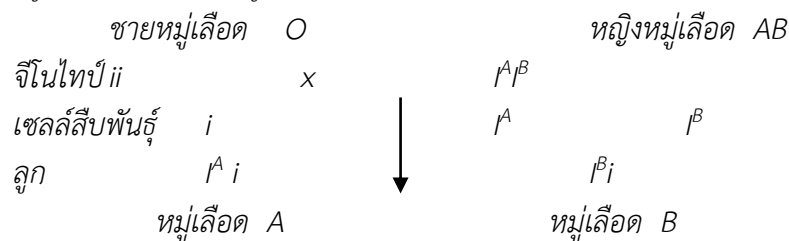
6.1 แม่และลูกมีหมู่เลือด O ชายที่ถูกกล่าวหาว่าเป็นพ่อ มีหมู่เลือด AB

- จะเห็นได้ว่าแม่มีหมู่เลือด O ชายที่ถูกกล่าวหาว่าเป็นพ่อมีหมู่เลือด AB ถ้าเป็นพ่อจริง จะได้ลูกที่มีหมู่เลือด A หรือหมู่เลือด B เท่านั้น ชายที่ถูกกล่าวหาจึงไม่ใช่พ่อของเด็กหมู่เลือด O ดังนี้



6.2 หญิงคนหนึ่งมีหมู่เลือด AB ยืนยันว่าลูกที่มีหมู่เลือด A เป็นบุตรที่แท้จริงของชายที่มีหมู่เลือด O

- กรณีนี้การที่ลูกมีหมู่เลือด A อาจจะมีจีโนไทป์เป็น $I^A I^A$ หรือ $I^A i$ และเมื่อแม่มีหมู่เลือด AB นั้น ดังนั้นลูกที่มีหมู่เลือด A อาจเป็นลูกชายคนนี้ได้ตามที่กล่าวอ้าง ดังแผนภาพ



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12

รายวิชาชีววิทยา 2

รหัสวิชา ว30241

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนสตรีศึกษา

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....

สาระที่ 1 บทที่ 5

เรื่อง พอลิอิน

เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมีวาทะ (ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปฐมภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปรายและวิเคราะห์การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่นอกเหนือจากกฎของเมนเดลและความแปรผันทางพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. สืบค้น และอธิบายได้ว่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมลักษณะใดที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล
2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์และการข่มร่วมกัน
3. สืบค้นข้อมูล และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมของมัลติเปิลแอลลีลและพอลิอิน
4. เขียนจีโนไทป์ของลักษณะทางพันธุกรรมตามที่ข้อมูลกำหนดให้
5. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปการถ่ายทอดยีนที่อยู่ในโครโมโซมเดียวกัน

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 4)

- ลักษณะทางพันธุกรรมที่นอกเหนือจากกฎของเมนเดล
- พอลิอิน

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูทบทวนความรู้ เรื่อง ลักษณะพันธุกรรมที่นอกเหนือจากกฎของเมนเดล (ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ / การข่มร่วมกัน / มัลติเปิลแอลลีล) ที่เรียนในคาบที่ผ่านมา
2. ครูทบทวนลักษณะพันธุกรรมของถั่วลิสงเตา แต่ละลักษณะที่เมนเดลศึกษาว่าถูกควบคุม ด้วยยีน 1 คู่ และ ตั้ง ประเด็น เพื่อ นำ ไป สู่ การ อภิปราย ว่า ลักษณะ หนึ่ง ๆ ของสิ่งมีชีวิต ควบคุม ด้วยยีนเพียงคู่เดียวเสมอไปหรือไม่และมีลักษณะทางพันธุกรรมลักษณะใดบ้างที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากรู้

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 15-14 และสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะสี ของเมล็ด ข้าวสาลีที่เกิดจากการผสมของเมล็ดสีแดงเข้มพันธุ์แท้กับเมล็ดสีขาวพันธุ์แท้ ครูอาจตั้งคำถาม ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้

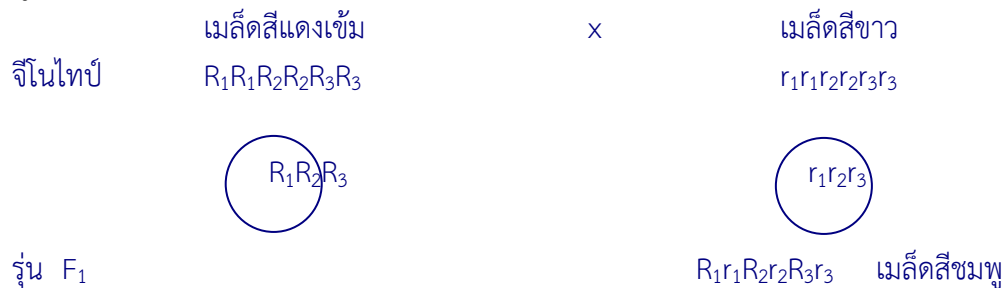
- ลักษณะสีของเมล็ดข้าวสาลีควบคุมด้วยยีนกี่คู่ มีลักษณะใดเป็นลักษณะเด่น และลักษณะใด เป็นลักษณะด้อย

- รุ่น F_1 มีเมล็ดสีอะไร

- รุ่น F_1 ผสมกันเองจะได้รุ่น F_2 ที่มีสีของเมล็ดข้าวสาลีแตกต่างกันอย่างไรบ้าง

2. จากการสืบค้นและการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า สีของเมล็ดข้าวสาลีควบคุมด้วยยีน 3 คู่ โดยมี เมล็ดสีแดงเป็นลักษณะเด่น เมล็ดสีขาวเป็นลักษณะด้อย รุ่น F_1 เมล็ดสีชมพู รุ่น F_2 เมล็ดมีสีต่าง ๆ กัน ตั้งแต่สี แดงเข้ม และมีสีแดงจางลดหลั่นกันลงมาจนถึงเมล็ดสีขาว

3. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า รุ่น F_1 มีเมล็ดเป็นสีชมพู และ รุ่น F_2 เมล็ดสีแดงเข้มไปจนถึงสี ขาวได้อย่างไร โดยอาจชี้แนะโดยให้พิจารณาจากจำนวนของยีนเด่น จีโนไทป์ของแต่ละรุ่นและการแสดงออกของ ยีนแต่ละคู่ จากการวิเคราะห์นักเรียนควรสรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้



จะเห็นได้ว่า รุ่น F_1 มีเมล็ดสีชมพู เนื่องจากจีโนไทป์มีแอลลีลเด่นและแอลลีลด้อยจำนวนเท่ากันคือ 3 แอลลีล ฟีนไทป์มีลักษณะกึ่งกลาง เมื่อให้ F_1 ผสมกันเองจะได้รุ่น F_2 ที่มีฟีนไทป์แตกต่างกันเป็นกลุ่ม ตั้งแต่มี สีแดงเข้ม สีแดงจางลง สีชมพู จนถึงสีขาว ขึ้นกับว่าจำนวนของแอลลีล เด่น ถ้ามีแอลลีลเด่นมากเมล็ดจะเป็นสี แดง ทำนองเดียวกันถ้าแอลลีลเด่นมีจำนวนน้อยเมล็ดจะเป็นสีแดงจางลงมา ถ้ามีจำนวนแอลลีลเด่นเท่ากับแอลลี ลด้อยเมล็ดจะเป็นสีชมพู ถ้าไม่มีแอลลีลเด่นเมล็ดจะเป็นสีขาว

4. ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

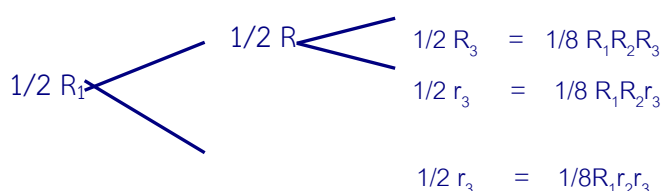
- เมล็ดข้าวสาลีในรุ่น F_2 มีฟีนไทป์กี่แบบ คิดเป็นอัตราส่วนเท่าใด และมีฟีนไทป์เหมือนพ่อและแม่ เป็นอัตราส่วนเท่าใด (รุ่น F_2 มีฟีนไทป์ 7 แบบ แดงเข้ม แดง แดงอ่อน ชมพูเข้ม ชมพู ชมพูอ่อน ขาว ใน อัตราส่วน $1 : 16 : 15 : 20 : 15 : 6 : 1$ มีฟีนไทป์เหมือนพ่อ (สีแดงเข้ม) $1/64$ และเหมือนแม่ (สีขาว) $1/64$)

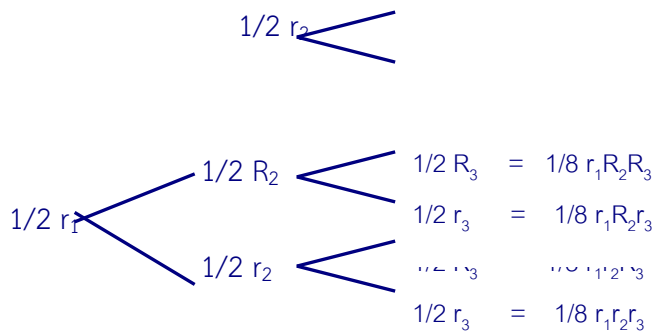
- นักเรียนคิดว่าความเข้มของสีเมล็ดข้าวสาลีขึ้นอยู่กับอะไร (สีของเมล็ดข้าวสาลีขึ้นอยู่กับจำนวนของ แอลลีลเด่น)

5. ครูตั้งคำถามเพิ่มเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้

เมล็ดที่มีจีโนไทป์ $R_1r_1R_2r_2R_3r_3$ เมื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โอกาสที่จะสร้างเซลล์ไข่ชนิด $r_1r_2r_3$ และ $R_1r_2r_3$ มีโอกาสเท่าใด ถ้า $r_1r_2r_3R_3$ เป็นสเปิร์ม เมื่อผสมกับเซลล์ไข่ชนิด $r_1r_2r_3$ จะได้ลูกที่มีจีโนไทป์และฟีนไทป์ เป็นอย่างไร

ครูชี้แนะการหาชนิดของเซลล์สืบพันธุ์ของจีโนไทป์ $R_1r_1R_2r_2R_3r_3$ โดยวิธีแตกแขนงและร่วมกันอภิปราย ดังนี้





จากการอธิบาย นักเรียนสรุปได้ว่า โอกาสที่จะเกิดเซลล์สืบพันธุ์ชนิด $r_1r_2r_3$ เป็น 1/8 และโอกาสที่จะเกิดเซลล์สืบพันธุ์ $R_1R_2R_3$ เป็น 1/8 ถ้า $r_1r_2r_3$ เป็นสเปิร์มผสมกับเซลล์ไข่ชนิด $r_1r_2r_3$ จะได้ลูกที่มีจีโนไทป์และฟีโนไทป์ ดังนี้

เซลล์สืบพันธุ์ $r_1r_2r_3$ × $r_1r_2r_3$

ลูก $r_1r_1r_2r_2r_3r_3$

ลูกจะมีจีโนไทป์ $r_1r_1r_2r_2r_3r_3$ ซึ่งมีแอลลีเด่น 1 แอลลีล แอลลีลด้อย 5 แอลลีล ฟีโนไทป์จึงเป็นเมล็ดสีชมพูอ่อนมาก

6. จากการตอบคำถามและการอธิบาย นักเรียนควรตอบความหมายของพอลิยีนได้ว่า ลักษณะทางพันธุกรรมลักษณะหนึ่งควบคุมด้วยยีนมากกว่า 2 คู่ ในหลายตำแหน่ง ยีนเด่นแต่ละคู่แสดงผลต่อลักษณะเท่า ๆ กัน เช่น R_1R_1 แสดงลักษณะเด่นเท่า ๆ กับ R_2R_2 หรือ R_3R_3 ครูอาจชี้แจงเพิ่มเติมเกี่ยวกับการถ่ายทอดสีของเมล็ดข้าวสาลี ซึ่งนิลสตัน - เอิล ได้เสนอสมมติฐานยีนหลายคู่เพื่ออธิบายลักษณะที่เป็นพอลิยีนจะควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ยีนเด่นแต่ละคู่แสดงผลต่อลักษณะนั้นเท่า ๆ กัน และมีการแสดง ออกแบบสะสม (additive effect) คือ ถ้ามียีนเด่นมากก็แสดงผลเป็นสีแดงมาก ถ้ามียีนเด่นน้อยก็แสดงผลสีแดงน้อย คำว่า พอลิยีน (polygene) เดิมใช้คำว่า มัลติเปิลยีน (multiple gene)

7. ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายเปรียบเทียบลักษณะที่ควบคุมด้วยมัลติเปิลแอลลีลและลักษณะที่ควบคุมด้วยพอลิยีน ดังนี้

ลักษณะควบคุมด้วยมัลติเปิลแอลลีล	ลักษณะที่ควบคุมด้วยพอลิยีน
1. เป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีน 1 คู่	1. เป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนหลายคู่
2. ควบคุมด้วยยีนหลายแอลลีลในตำแหน่งเดียวกันบนฮอโมโลกัสโครโมโซม	2. ควบคุมด้วยยีนหลายแอลลีลในหลายตำแหน่งกันของฮอโมโลกัสโครโมโซมต่างคู่กัน
3. ลักษณะที่แสดงออกมีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัดทำให้มีการกระจายของลักษณะไม่ต่อเนื่อง(discontinuous variation)	3. ลักษณะที่แสดงออกจะแตกต่างกันเล็กน้อยทำให้การกระจายของลักษณะเป็นแบบต่อเนื่อง (continous variation)
4. สิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแสดงลักษณะน้อยมากหรือไม่มีเลย	4. สิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแสดงลักษณะ
5. เป็นลักษณะเชิงคุณภาพ (qualitative trait)	5. เป็นลักษณะเชิงปริมาณ (quatitative trait)

8. ครูให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 15-15 และตั้งคำถามเพื่อนำอธิบายเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะสีตาของคนและสีของเมล็ดข้าวสาลีว่ามีลักษณะใดเหมือนกัน ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่าลักษณะทางพันธุกรรมทั้งสองลักษณะควบคุมด้วยยีนหลายคู่ในหลายตำแหน่ง ทำให้ฟีโนไทป์แตกต่างกันเล็กน้อยลดหลั่นตามจำนวนของยีนเด่น

ลักษณะที่มีการแปรผันเช่นนี้ เรียกว่า “ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง” หรือ “ลักษณะเชิงปริมาณ” เช่น ความสูง สติปัญญา เป็นต้น ลักษณะใดที่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนจะถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ ใน 1 ตำแหน่ง ลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า “ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่อง” เช่น ลักยิ้ม ห่อลิ้น เป็นต้น

9. ครูให้นักเรียนสังเกตลักษณะของนักเรียนในห้องว่ามีลักษณะใดเป็นลักษณะแปรผันไม่ต่อเนื่อง และลักษณะใดที่เป็นลักษณะแปรผันต่อเนื่อง

10. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง ลักษณะพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล (พอลิยีน) ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้
2. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง ยีนในโครโมโซมเพศ และการศึกษาพันธุประวัติ ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 4 ของ สสวท.
2. ใบความรู้ที่ 4 เรื่อง ลักษณะพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล (พอลิยีน)

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผล ด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความ เข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบ ยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ กระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติ กิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม/ทักษะ วิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่ พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความ สนใจ และตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม ความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้
ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้ ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด.....

จำนวน ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียน
ร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่า มีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้
ในระดับดีขึ้น

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาาสตร์ พบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนด
ไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....
.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

ตำแหน่ง ครู คศ.3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....
.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินซุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13

รายวิชาชีววิทยา 2

รหัสวิชา ว30241

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนสตรีศึกษา

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....

สาระที่ 1 บทที่ 5

เรื่อง ยีนในโครโมโซมเพศ

เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมีวิเทศน์ (ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปฐมภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปรายและวิเคราะห์การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดลและความแปรผันทางพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายและเปรียบเทียบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ขึ้นกับอิทธิพลของเพศ และลักษณะทางพันธุกรรมจำกัดเพศ
2. ยกตัวอย่างและเขียนจีโนไทป์ของยีนบนออโทโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ
3. นำความรู้ไปใช้ในการหาลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมของเส้นผมและหมู่เลือดได้

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 5 และใบความรู้ที่ 6)

- ยีนในโครโมโซมเพศ

- การศึกษาพันธุประวัติ

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับออโทโซม และโครโมโซมเพศ โดยตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่า “การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศแตกต่างจากการถ่ายทอดยีนที่อยู่บนออโทโซมอย่างไร”
2. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างการถ่ายทอดยีนที่อยู่บนออโทโซมทั้งลักษณะที่ถ่ายทอดตามกฎของเมนเดล เช่น ลักษณะของถั่วลิสงเตาที่เมนเดลศึกษาและลักษณะที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล เช่น หมู่เลือดระบบ ABO สีตา ลักษณะเส้นผม พร้อมทั้งเขียนจีโนไทป์
3. ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมว่าบนโครโมโซมเพศมียีนหรือไม่ ถ้ามีการถ่ายทอดยีนจะเหมือนกับการถ่ายทอดยีนในออโทโซมหรือไม่ อย่างไร

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูให้นักเรียนศึกษาโครโมโซมของแมลงหวี่จากการทดลองของที เอช มอร์แกน ดังภาพที่ 15-18 ครูให้นักเรียนตั้งคำถามที่นักเรียนอยากทราบ โดยใช้แนวคำถามว่า “แมลงหวี่เพศเมียและเพศผู้มีโครโมโซมเป็นอย่างไร” นักเรียนควรสรุปได้ว่า แมลงหวี่เพศผู้และเพศเมียมีจำนวนโครโมโซม 8 แท่ง เท่ากัน ต่างกันที่โครโมโซมเพศ คือ เพศเมียมีจำนวนโครโมโซมเป็น $6 \times x$ เพศผู้มีจำนวนโครโมโซมเป็น $6 + xy$
2. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากการทดลองการผสมพันธุ์ของแมลงหวี่จากภาพที่ 15-19 แล้วให้วิเคราะห์การทดลอง ซึ่งอาจสรุปเป็นลำดับได้ดังนี้

- ในธรรมชาติแมลงหวี่เพศผู้และเพศเมียมีตาสีแดง
- แมลงหวี่เพศผู้ตาสีขาวผสมกับแมลงหวี่เพศเมียตาสีแดง ได้ลูกรุ่น F_1 ทุกตัวตาสีแดง
- รุ่น F_2 เพศเมียทุกตัวตาสีแดง และรุ่น F_2 เพศผู้ตาสีแดง : ตาสีขาวเท่ากับ 1 : 1

3. ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

- จากผลการทดลอง การถ่ายทอดลักษณะสีตาของแมลงหวี่ นักเรียนทราบหรือไม่ว่าลักษณะใดเป็นลักษณะเด่น และลักษณะใดเป็นลักษณะด้อย (ตาสีแดงเป็นลักษณะเด่น ตาสีขาวเป็นลักษณะด้อย)

4. ครูตั้งคำถามจากภาพที่ 15-19 แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าเหตุใดแมลงหวี่ตาสีขาวในรุ่น F_2 จึงปรากฏในเพศผู้ และแมลงหวี่เพศเมียมีโอกาสเป็นตาสีขาวได้หรือไม่ โดยให้อภิปรายอย่างอิสระ

ครูให้นักเรียนศึกษาภาพที่ 15-19 แล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการแสดงออกของยีนควบคุมสีตาแมลงหวี่ในเพศผู้และเพศเมีย จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่ายีนด้อยบนโครโมโซม X จะมีโอกาสแสดงออกในเพศผู้มากกว่าเพศเมีย เนื่องจากเพศผู้มีโครโมโซม X เพียง 1 แท่ง ดังนั้นแมลงหวี่เพศผู้ที่ได้รับโครโมโซม X ซึ่งมียีนด้อยมาจากแม่จะแสดงผลได้ทันที ส่วนเพศเมียจะต้องได้รับโครโมโซม X ที่มียีนด้อยมาจากพ่อและแม่จึงจะแสดงลักษณะนั้นได้ และตอบคำถาม ดังนี้

- ยีนควบคุมลักษณะสีตาของแมลงหวี่มีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมชนิดใด (โครโมโซม X)

- แมลงหวี่เพศเมียมีโอกาสเป็นตาสีขาวได้หรือไม่ อย่างไร (เพศเมียมีโอกาสเป็นตาสีขาวได้ก็ต่อเมื่อมียีนควบคุมตาสีขาวบนโครโมโซม X ที่ได้รับมาจากพ่อและแม่)

5. ครูขยายความรู้ให้กับนักเรียนว่า การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ เรียกว่ายีนที่เกี่ยวข้องกับเพศ ถ้ายีนมีตำแหน่งบนโครโมโซม X ก็เรียกว่ายีนที่เกี่ยวข้องกับ X (X-linked gene) ถ้ายีนมีตำแหน่งบนโครโมโซม Y เรียกว่ายีนเกี่ยวข้องกับ Y (Y-linked gene) ครูชี้แนะว่ายีนบนโครโมโซม X มีทั้งยีนเด่นและยีนด้อย

6. ครูให้นักเรียนสืบค้นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซม X ในหนังสือเรียนและหนังสือพันธุศาสตร์ทั่วไป และเน้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญว่ายีนบางยีนก่อให้เกิดโรค หรือลักษณะผิดปกติ เช่น โรคตาบอดสี ฮีโมฟีเลีย เป็นต้น

7. ครูให้นักเรียนศึกษาการถ่ายทอดลักษณะตาบอดสีของคน ในหนังสือเรียน ภาพที่ 15-21 แล้วตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

- ชายคนที่ 1 และ 4 ในรุ่นที่ III ได้รับการถ่ายทอดยีนตาบอดสีมาได้อย่างไร (ชายคนที่ 1 ได้รับยีนตาบอดสีมาจากแม่หมายเลข 1 รุ่นที่ II และชายคนที่ 4 ได้รับยีนตาบอดสีมาจากแม่หมายเลข 2 รุ่นที่ II)

- ลักษณะตาบอดสีส่วนใหญ่ปรากฏในเพศใด และลูกสาวจะมีโอกาสเป็นตาบอดสีได้เมื่อพ่อแม่มีจีโนไทป์เป็นอย่างไร (ลักษณะตาบอดสีส่วนใหญ่พบในเพศชาย ลูกสาวจะมีโอกาสเป็นตาบอดสี เมื่อได้รับยีนตาบอดสีมาจากพ่อ ซึ่งมีจีโนไทป์เป็น X^cY และจากแม่ซึ่งอาจมีจีโนไทป์เป็น X^cX^c หรือ X^cX^c)

8. ครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบการถ่ายทอดยีนที่อยู่บนออโทโซมและยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ โดยมีแนวคำถามดังนี้

- การถ่ายทอดยีนบนออโทโซม จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศชายและเพศหญิงได้เท่ากันหรือไม่

- การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม X จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศหญิงและเพศชายอย่างไร

- ถ้ายีนบนโครโมโซม เป็นยีนด้อยหรือเป็นยีนเด่น จะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศใดมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

9. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากหนังสือเรียน ร่วมกันอภิปรายและวิเคราะห์การถ่ายทอดยีนบนออโทโซมและบนโครโมโซมเพศ จากการอภิปรายและการวิเคราะห์ นักเรียนควรตอบได้ว่าการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนออโทโซม จะปรากฏทั้งสองเพศได้เท่า ๆ กัน ส่วนการถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซม X จะปรากฏลักษณะในเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่ง แล้วแต่ว่ายีนบนโครโมโซม X เป็นยีนเด่นหรือเป็นยีนด้อย

ถ้าเป็นยีนเด่นจะปรากฏลักษณะในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย เช่น ลักษณะฟันเป็นสีน้ำตาล ถ้าเป็นยีนด้อย จะปรากฏลักษณะในเพศชายมากกว่าเพศหญิง เช่น ลักษณะตาบอดสี โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ เป็นต้น

10. ครูอาจขยายความรู้เพิ่มเติมให้นักเรียน โดยให้นักเรียนศึกษาและวิเคราะห์จากพันธุ์ประวัติของลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนออโทโซม และตัวอย่างพันธุ์ประวัติของลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมเพศ จากใบความรู้ จากการอภิปรายเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนบนออโทโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ นักเรียนควรสรุปหลักเกณฑ์การถ่ายทอดลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนออโทโซม และยีนบนโครโมโซมเพศที่ได้จากการวิเคราะห์พันธุ์ประวัติ ดังนี้

- หลักเกณฑ์การวิเคราะห์พันธุ์ประวัติ ให้พิจารณา

1. ลักษณะที่ต้องการศึกษา เกิดทั้งในเพศหญิงและเพศชายในอัตราส่วนใกล้เคียงกัน อาจสรุปได้ว่าลักษณะนี้ควบคุมด้วยยีนบนออโทโซม ถ้าลักษณะนี้เกิดในเพศใดเพศหนึ่ง หรือเกิดในเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่ง อาจสรุปว่ายีนที่ควบคุมลักษณะนี้อยู่บนโครโมโซมเพศ

2. ลักษณะที่ต้องการศึกษา ถ้าเกิดในรุ่นพ่อแม่ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง หรือทั้ง 2 ฝ่าย และลักษณะนี้จะเกิดขึ้นในลูกทุกชั่วรุ่น แสดงว่ายีนที่ควบคุมลักษณะดังกล่าวอาจเป็นยีนเด่น ถ้าไม่พบลักษณะนี้ในรุ่นพ่อแม่แต่เกิดในรุ่นลูกบางชั่วรุ่น แสดงว่ายีนที่ควบคุมลักษณะนี้อาจเป็นยีนด้อย

3. ลักษณะที่ต้องการศึกษาเกิดเฉพาะในเพศชาย มีการถ่ายทอดยีนจากพ่อไปยังลูกชายทุกคน แสดงว่ายีนที่ควบคุมลักษณะนี้อยู่บนโครโมโซม Y

11. ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

- การถ่ายทอดที่อยู่นบนโครโมโซม X เป็นไปตามกฎของเมนเดลหรือไม่ อย่างไร (ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล เนื่องจากการถ่ายทอดยีนตามกฎของเมนเดล เป็นการถ่ายทอดยีนบนออโทโซมจะปรากฏลักษณะทั้งเพศชายและเพศหญิงได้เท่า ๆ กัน แต่การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม X จะปรากฏลักษณะในเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่ง)

- ถ้าแม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย พ่อปกติ ลูกชายและลูกสาวจะมีโอกาสเป็นโรคฮีโมฟีเลียทุกคนหรือไม่ อย่างไร (ลูกชายเป็นโรคฮีโมฟีเลียทุกคน ส่วนลูกสาวทุกคนเป็นพาหะ)

- นักเรียนจะสรุปได้อย่างไรว่าลักษณะใดถูกควบคุมด้วยยีนเด่นหรือยีนด้อยบนโครโมโซม X (ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่นจะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ส่วนลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนด้อยจะมีโอกาสปรากฏลักษณะในเพศชายมากกว่าเพศหญิง)

- ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนที่อยู่นบนโครโมโซม Y จะปรากฏลักษณะในลูกสาวได้หรือไม่(ไม่ได้เพราะลูกสาวไม่มีโครโมโซม Y)

12. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง ยีนในโครโมโซมเพศ และการศึกษาพันธุ์ประวัติ ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้

2. ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้ เรื่อง ยีนในโครโมโซมเดียวกัน / พันธุกรรมที่ขึ้นกับโครโมโซมของเพศ/ พันธุกรรมจำกัดเพศ ซึ่งจะเรียนในคาบต่อไปมาล่วงหน้า

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 4 ของ สสวท.

2. ใบความรู้ที่ 5 เรื่อง ยีนในโครโมโซมเพศ และการศึกษาพันธุ์ประวัติ

3. ใบความรู้ที่ 6 เรื่อง การศึกษาพันธุ์ประวัติ

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผล ด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความ เข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบ ยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ กระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติ กิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการ ทำกิจกรรม/ทักษะ วิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่ พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความ สนใจ และตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม ความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้ ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด.....

จำนวน ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียน
ร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้
ในระดับดีขึ้น

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาาสตร์ พบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนด
ไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....
.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

ตำแหน่ง ครู คศ.3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....
.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินซุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

กิจกรรมที่ 15.4 การแก้โจทย์ปัญหา

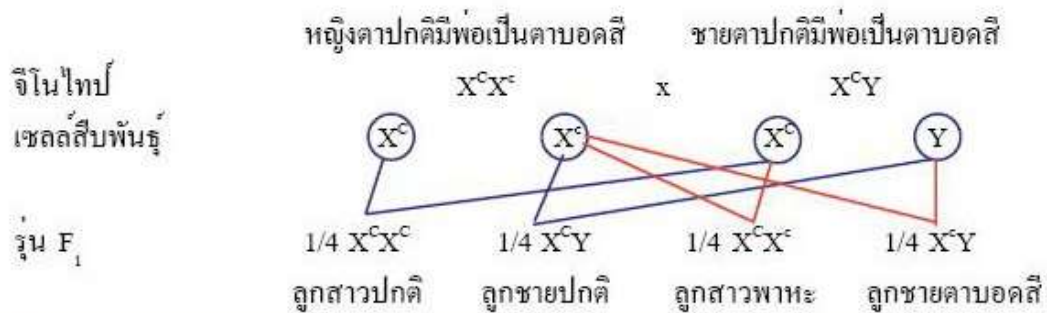
จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. เขียนจีโนไทป์ของลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมเพศตามสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. คำนวณหาโอกาสของการแสดงออกของลักษณะทางพันธุกรรมจากข้อมูลที่กำหนด

1) หญิงคนหนึ่งตาปกติมีพ่อเป็นโรคตาบอดสี แต่งงานกับชายตาปกติ ซึ่งมีพ่อเป็นตาบอดสี จงหาร้อยละของลูกที่เป็นโรคตาบอดสี

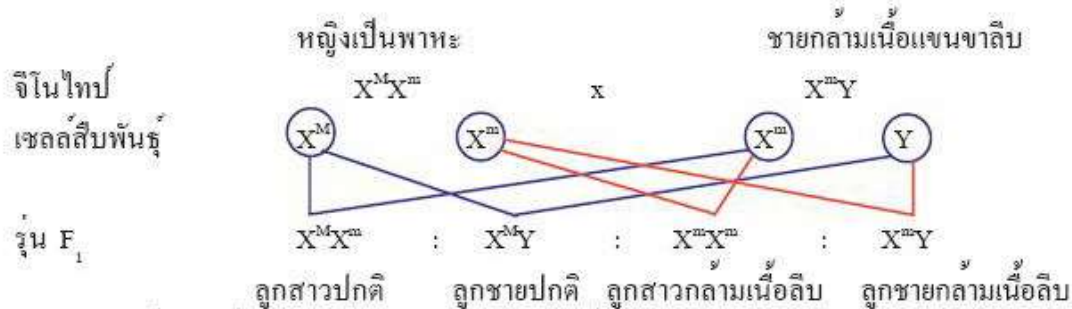
- หญิงตาปกติแต่มีพ่อตาบอดสี หญิงคนนี้เป็นพาหะของโรคตาบอดสี โดยมีจีโนไทป์เป็น $X^C X^c$ โดยแอลลีล X^c ได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อซึ่งเป็นตาบอดสี ส่วนชายตาปกติมีพ่อตาบอดสี จะไม่ได้รับการถ่ายทอดยีนตาบอดสีจากพ่อ จึงมีจีโนไทป์เป็น $X^C Y$ ดังนั้นจะได้ลูกที่เป็นตาบอดสีร้อยละ 25 ดังนี้

กำหนดให้ C แทนยีนควบคุมลักษณะตาปกติ c แทนยีนควบคุมลักษณะตาบอดสี



2) โรคกล้ามเนื้อแขนขาเป็นลักษณะด้อยบนโครโมโซม X ถ้าชายเป็นโรคกล้ามเนื้อแขนขาแต่งงานกับหญิงที่เป็นพาหะ ลูกจะมีจีโนไทป์และฟีโนไทป์เป็นอย่างไร อัตราส่วนเท่าใด

- กำหนดให้ M แทนยีนควบคุมลักษณะปกติ m แทนยีนควบคุมโรคกล้ามเนื้อแขนขา



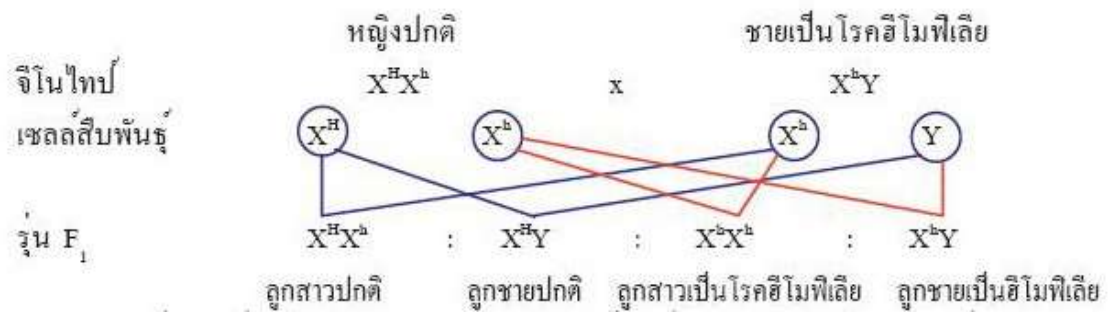
ดังนั้น จะได้ลูกที่มีลักษณะปกติ : ลักษณะกล้ามเนื้อลีบ ในอัตราส่วน 1 : 1 ทั้งเพศหญิงและเพศชาย

3. โรคฮีโมฟีเลียควบคุมด้วยยีนด้อยบนโครโมโซม X หญิงคนหนึ่งปกติแต่งงานกับชายที่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย มีลูกสาวคนหนึ่งเป็นโรคฮีโมฟีเลีย จงหา

3.1 จีโนไทป์ของหญิงชายคู่นี้

- จากข้อมูลที่ว่าเมื่อหญิงคนหนึ่งแต่งงานกับชายเป็นฮีโมฟีเลีย ซึ่งมีจีโนไทป์ $X^H Y$ และมีลูกสาวคนหนึ่งเป็นฮีโมฟีเลีย แสดงว่าลูกสาวได้รับ X^h มาจากพ่อและแม่ ดังนั้นแม่จึงเป็นพาหะมีจีโนไทป์เป็น $X^H X^h$ ดังนี้

กำหนดให้ H แทนยีนควบคุมลักษณะปกติ h แทนยีนควบคุมโรคฮีโมฟีเลีย



ดังนั้น จะได้ลูกที่มีลักษณะปกติ : ลักษณะกล้ามเนื้อลีบ ในอัตราส่วน 1 : 1 ทั้งเพศหญิงและเพศชาย

3.2 จีโนไทป์ของลูกชายและลูกสาวทุกคน

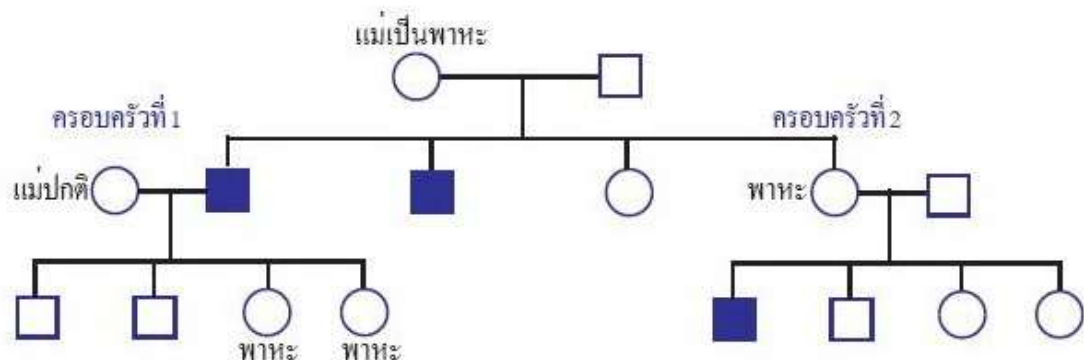
- ลูกชายมีจีโนไทป์เป็น X^HY และ X^hY ส่วนลูกสาวมีจีโนไทป์ X^HX^h และ X^hX^h

3.3 ร้อยละของลูกสาวที่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย

- ลูกสาวเป็นโรคฮีโมฟีเลียร้อยละ 50

4. จากพันธุประวัติของครอบครัวหนึ่งที่มีประวัติเกี่ยวกับโรคฮีโมฟีเลีย

- กำหนดให้ H แทนยีนควบคุมลักษณะปกติ h แทนยีนควบคุมฮีโมฟีเลีย



4.1 เหตุใดครอบครัวที่ 1 จึงมีลูกชายที่ไม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย

- ครอบครัวที่ 1 มีพ่อเป็นโรคฮีโมฟีเลีย จึงจะถ่ายทอดยีนให้กับลูกสาวเท่านั้น ดังนั้นลูกชายจึงไม่เป็นโรคนี้

4.2 เหตุใดครอบครัวที่ 2 จึงมีลูกชายคนหนึ่งเป็นโรคฮีโมฟีเลีย

- ลูกชายคนหนึ่งในครอบครัวที่ 2 เป็นโรคฮีโมฟีเลีย แสดงว่าแม่เป็นพาหะมีจีโนไทป์ X^HX^h และถ่ายทอดยีน X^h ให้กับลูกชายคนหนึ่ง

4.3 ลูกสาวของครอบครัวใดที่เป็นพาหะทุกคน เป็นเพราะเหตุใด

- ลูกสาวของครอบครัวที่ 1 เป็นพาหะของโรคฮีโมฟีเลียทุกคน เพราะพ่อเป็นโรคฮีโมฟีเลีย และถ่ายทอดยีน X^h ให้กับลูกสาวทุกคน

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

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

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

5.1 ถ้าลูกสาวของพ่อแม่คู่นี้มีหมู่เลือด O และตาปกติ

- ลูกสาวของพ่อแม่คู่นี้มีหมู่เลือด O และตาปกติในอัตราส่วน 2/16

5.2 ถ้าลูกสาวของพ่อแม่คู่นี้มีหมู่เลือด A และตาปกติ

- ลูกชายของพ่อแม่คู่นี้มีหมู่เลือด A และตาบอดสีในอัตราส่วน 3/16

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14

รายวิชาชีววิทยา 2

รหัสวิชา ว30241

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนสตรีศึกษา

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา.....

สาระที่ 1 บทที่ 5

เรื่อง ยีนในโครโมโซมเดียวกัน

เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนและโครโมโซม การค้นพบสารพันธุกรรม โครโมโซม องค์ประกอบทางเคมีของ DNA โครงสร้างของ DNA สมบัติของสารพันธุกรรม และมีวิเทศ (ว 1.2-1)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ผู้เขียน ครูปัญมาภรณ์ นทีศิริกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ (ปลายทาง)

สืบค้นข้อมูล อภิปรายและวิเคราะห์การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดลและความแปรผันทางพันธุกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ (นำทาง)

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปการถ่ายทอดยีนที่อยู่ในโครโมโซมเดียวกัน
2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายและเปรียบเทียบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ขึ้นกับอิทธิพลของเพศ และลักษณะทางพันธุกรรมจำกัดเพศ

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในใบความรู้ที่ 7)

- ยีนในโครโมโซมเดียวกัน
- พันธุกรรมจำกัดเพศ
- พันธุกรรมที่ขึ้นกับโครโมโซมของเพศ

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

ครูตั้งคำถามว่า “ยีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต แต่ละชนิดมีจำนวนมาก ถ้ายีนต่าง ๆ อยู่บนโครโมโซมแท่งเดียวกัน เมื่อมีการถ่ายทอดยีนไปสู่เซลล์สืบพันธุ์ยีนเหล่านี้จะถูกถ่ายทอดไปด้วยกันหรือไม่” ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายอย่างอิสระโดยใช้ความรู้เดิมที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วเกี่ยวกับการถ่ายทอดยีนที่อยู่บนโครโมโซมต่างคู่กันประกอบการอภิปราย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

1. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและศึกษาการผสมพันธุ์ของแมลงหวี่ลักษณะตัวสีน้ำตาลปีกตรงที่เป็นเฮเทอโรไซกัสกับลักษณะตัวสีดำปีกโค้ง จากภาพที่ 15-23 แล้วร่วมกันอภิปรายและวิเคราะห์ถึงการถ่ายทอดยีนในโครโมโซมเดียวกันในประเด็นต่อไปนี้

- แมลงหวี่ตัวสีน้ำตาลปีกตรงรุ่นพ่อแม่ที่เป็นเฮเทอโรไซกัสสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้กี่ชนิด อะไรบ้าง
- รุ่น F_1 มีอัตราส่วนของฟีโนไทป์เป็นเท่าใด

- การถ่ายทอดยีนควบคุมลักษณะสีตัวและยีนควบคุมลักษณะปีกของแมลงหวี่เป็นไปตามกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระของเมนเดลหรือไม่ เพราะเหตุใด

2. ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับข้อเสนอของดับเบิลยู เอส ฮัตตัน และการถ่ายทอดยีนในโครโมโซมเดียวกัน ร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายการถ่ายทอดยีนในโครโมโซมเดียวกัน โดยจากการสืบค้นและการอภิปราย นักเรียนควรตอบได้ว่า โครโมโซมเป็นแหล่งรวมของยีน ดังนั้นแต่ละโครโมโซมซึ่งมียีนจำนวนมาก และจากการผสมพันธุ์ แมลงหวี่ตัวสีน้ำตาลปีกตรงที่มีจีโนไทป์เป็นเฮเทอโรไซกัสในรุ่นพ่อแม่จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ 2 ชนิด คือ BC และ bc เมื่อผสมกับแมลงหวี่ตัวสีดำปีกโค้ง ซึ่งสร้างเซลล์สืบพันธุ์ชนิดเดียว จะได้รุ่น F_1 มีฟีโนไทป์ 2 ลักษณะ ตัวสีน้ำตาลปีกตรงและตัวสีดำปีกโค้งในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งการถ่ายทอดยีนจะไม่เป็นไปตามกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระของเมนเดล (ถ้าเป็นไปตามกฎของเมนเดล ลูกจะมีฟีโนไทป์ 4 ลักษณะอัตราส่วนเป็น 1: 1 : 1 : 1)

3. ครูนำอภิปรายต่อไปว่า จะเป็นไปได้หรือไม่ว่าการที่ลูกมีฟีโนไทป์ 2 ลักษณะ อัตราส่วน 1 : 1 เป็นเพราะยีนควบคุมสีตัวและยีนควบคุมลักษณะปีกอยู่ในโครโมโซมเดียวกันเมื่อมีการถ่ายทอดยีนทั้งสองจะไปปรากฏในเซลล์สืบพันธุ์เพศเดียวกัน แล้วศึกษาการผสมพันธุ์แมลงหวี่ตามภาพที่ 15-24

4. ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมว่า “ลักษณะของลูกตัวสีดำปีกตรงและตัวสีน้ำตาลปีกโค้งเกิดขึ้นได้อย่างไร” แล้วให้นักเรียนศึกษาการเกิดครอสซิงโอเวอร์ตามภาพที่ 15-25 ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า ยีนในโครโมโซมเดียวกันจะถ่ายทอดไปด้วยกัน แต่การเกิดครอสซิงโอเวอร์ที่มีการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครมาทิดจะมีผลทำให้ยีนในโครโมโซมเดียวกันที่เคยถ่ายทอดไปด้วยกันบางส่วนจะต้องแยกออกจากกันและเกิดการรวมกลุ่มของยีนใหม่ (gene recombination) จึงก่อให้เกิดลักษณะที่มีความแปรผันทางพันธุกรรมซึ่งมีความสำคัญต่อวิวัฒนาการ

5. ครูนำอภิปรายเรื่อง พันธุกรรมที่ขึ้นกับอทธิพลของเพศ โดยตั้งประเด็น ดังนี้

- “ลักษณะบางลักษณะในคนที่สัมพันธ์กับเพศจำเป็นต้องถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่ในโครโมโซมเพศหรือไม่” ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างของการถ่ายทอดยีนที่ควบคุมลักษณะที่ขึ้นกับอทธิพลของเพศ และยีนที่ควบคุมลักษณะบนโครโมโซม X

6. ครูให้นักเรียนศึกษาจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของยีนที่ควบคุมลักษณะสีรیشะล้านในเพศชายและเพศหญิงตามภาพที่ 15-26 แล้วร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

- ถ้าหญิงสีรیشะล้านแต่งงานกับชายสีรیشะไม่ล้าน ลูกสาวและลูกชายที่เกิดจากชายหญิงคู่นี้จะมีลักษณะของสีรیشะเป็นอย่างไร (ลูกสาวสีรیشะไม่ล้านแต่เป็นพาหะ ส่วนลูกชายจะมีสีรیشะล้าน)

7. ครูเน้นให้นักเรียนเห็นว่าจีโนไทป์ Bb ทำให้แสดงฟีโนไทป์ต่างกัน คือในเพศหญิงสีรیشะไม่ล้าน แต่ในเพศชายสีรیشะล้าน ลักษณะสีรیشะล้านควบคุมด้วยยีนเด่นบนออโทโซม แต่มีการแสดงออกสัมพันธ์กับเพศ ซึ่งขึ้นอยู่กับเพศหรืออทธิพลของฮอโมนเพศชาย ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเพศ

8. ครูนำอภิปราย เรื่อง “พันธุกรรมจำกัดเพศ” โดยให้นักเรียนศึกษาจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของไก่เพศผู้และเพศเมียตามภาพที่ 15-27 แล้วร่วมกันอภิปรายถึงลักษณะขนหางของไก่ที่ควบคุมด้วยยีนที่มีจีโนไทป์แบบเดียวกัน แต่แสดงออกต่างกันในไก่เพศผู้และเพศเมีย คือจีโนไทป์ hh ทำให้ขนหางสั้นในไก่เพศเมีย แต่ในไก่เพศผู้ทำให้ขนหางยาว จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ดังนี้

- นักเรียนจะสรุปได้อย่างไรเกี่ยวกับการแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะขนหางในไก่ (ลักษณะขนหางยาวในไก่ถูกจำกัดให้แสดงออกเฉพาะในไก่เพศผู้)

- ในการผสมพันธุ์ไก่เพศเมียขนหางสั้นกับไก่เพศผู้ขนหางยาว ลูกไก่ทั้งเพศผู้และเพศเมียที่เกิดขึ้นมีลักษณะหางสั้นทุกตัว จงหาจีโนไทป์ของพ่อแม่คู่นี้ (พ่อและแม่มีจีโนไทป์เป็น HH และ hh)

12. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง ยีนในโครโมโซมเดียวกัน / พันธุกรรมที่ขึ้นกับโครโมโซมของเพศ/ พันธุกรรมจำกัดเพศ ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ขั้นลงข้อสรุป

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้
2. ครูให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ในบทที่ 15 เรื่อง การถ่ายทอดทางพันธุกรรม ที่เรียนผ่านมาแล้ว เพื่อเตรียมตัวสอบเก็บคะแนน ซึ่งครูจะแจ้งให้ทราบต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 4 ของ สสวท.
2. ใบความรู้ที่ 7 เรื่อง ยีนในโครโมโซมเดียวกัน / พันธุกรรมที่ขึ้นกับโครโมโซมของเพศ/ พันธุกรรมจำกัดเพศ

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผล ด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความ เข้าใจ	1.การสรุปความคิดรวบยอด	1.การสรุปความคิดรวบ ยอด	1. ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ กระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติ กิจกรรมที่ 12.1 ในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม/ทักษะ วิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่ พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความ สนใจ และตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม ความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังสอน

1. จำนวนนักเรียนที่ใช้สอน นักเรียนชั้น จำนวน.....คน

2. ผลการสอน

2.1) ความเหมาะสมของระยะเวลา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.2) ความเหมาะสมของเนื้อหา () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.3) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.4) ความเหมาะสมของสื่อการสอนที่ใช้ () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.5) พฤติกรรม/การมีส่วนร่วมของนักเรียน () ดีมาก () ดี () พอใช้ () ต้องปรับปรุง

2.6) ผลการปฏิบัติกิจกรรม/ใบกิจกรรม การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1) การประเมินด้านความรู้ ผลการทดสอบหลังการเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิด.....

จำนวน ข้อ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย.....จากคะแนนเต็ม..... มีนักเรียน
ร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

2.) การประเมินด้านทักษะกระบวนการ ผลการประเมินโดยการสังเกตพฤติกรรมพบว่า มีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมินและมีนักเรียนร้อยละ ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้
ในระดับดีขึ้น

3.) การประเมินด้านเจตคติ ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินจิตวิทยาาสตร์ พบว่ามีนักเรียน
ร้อยละ ผ่านเกณฑ์การประเมิน และมีนักเรียนร้อยละไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำที่กำหนด
ไว้ระดับ 3 ขึ้นไป

3. ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....

4. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....
.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวปฐมาภรณ์ นทีศิริกุล)

ตำแหน่ง ครู คศ.3

บันทึกความคิดเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

- ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- ☐ มีการใช้สื่อ/นวัตกรรม/เทคโนโลยีในกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ จัดกิจกรรมเหมาะสมกับผู้เรียน
- ☐ มีการจำแนกผู้เรียนตามความเหมาะสม/คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
- ☐ มีการบูรณาการ
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผลตรงตามตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้/กิจกรรม
- ☐ มีการวัดผล ประเมินผล ตามสภาพจริง
- ☐ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ.....

(นางอรนุช สุวรรณโท)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

- ☐ อนุญาตให้ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้
- ☐ ไม่อนุญาตให้ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ☐ ข้อเสนอแนะ

.....
.....

ลงชื่อ

(นายจักราช หินซุย)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....