



ชีววิทยา ม.4

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

เล่ม 2



ผู้เรียบเรียง

อนิรุทธ์ พรหมเจริญ

70.-

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ยีนและโครโมโซม เทคโนโลยี DNA และวิวัฒนาการ โดยจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันควบคู่ไปกับคุณธรรม และจริยธรรม และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ได้แก่ การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ พร้อมทั้งตระหนักว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปผลการทดลองของเมนเดล
2. อธิบายและสรุปกฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ และนำกฎของเมนเดลนี้ไปอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและใช้ในการคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ของรุ่น F₁ และ F₂
3. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล
4. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง
5. อธิบายการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมและยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ
6. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลอง DNA
7. อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน
8. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรม และเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล
9. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชัน รวมทั้งยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน
10. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์
11. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม
12. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
13. อธิบายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของฌอง ลามาร์ก และทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาร์ลส์ ดาร์วิน
14. ระบุสาระสำคัญและอธิบายเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร พร้อมทั้งคำนวณหาความถี่ของแอลลีลและจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก
15. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต

รวมทั้งหมด 15 ผลการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

อHIRุฑ พรหมเจริญ

ผู้ตรวจ

รศ. ดร.นพรัตน์ พุทธกาล

เจียมจิต กุลมาลา

รศ. ดร.ประนอม แก้วระคน

บรรณาธิการ

รศ. ดร.วิชัย เชิดชูศาสตร์

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2

ตามผลการเรียนรู้
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง อนิรุธ พรหมเจริญ
ผู้ตรวจ รศ. ดร.นพรัตน์ พุทธกาล
เจียมจิต กุลมาลา
รศ. ดร.ประนอม แก้วระคน
บรรณาธิการ รศ. ดร.วิชัย เซิตชีวะศาสตร์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

อนิรุธ พรหมเจริญ.

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2.--กรุงเทพฯ : แม็คเอ็ดดูเคชั่น,
2562.

152 หน้า.

1. ชีววิทยา--การศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา).

I. อนิรุธ พรหมเจริญ, ผู้แปล. II. ชื่อเรื่อง.

570.7

ISBN 978-616-345-144-6

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 30,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ : มกราคม 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียนไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใด
ของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดทำโดย

MAC EDUCATION

ส่งชื่อนัดตีสั่งจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว

ในนาม บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว

แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0-2512-0661, 0-2938-2022-7 แฟกซ์ 0-2938-2028

www.MACEducation.com



พิมพ์ที่ : บริษัท กรีนแอปเปิ้ล พรินติ้ง จำกัด

คำชี้แจง

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยในระยะแรกให้ปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สำหรับใช้ในปีการศึกษา 2561 ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 4 ปีการศึกษา 2562 ให้ใช้ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และตั้งแต่ปีการศึกษา 2563 เป็นต้นไปให้ใช้ในทุกชั้นเรียน ซึ่งการปรับหลักสูตรครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบสามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบูรณาการกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์หรือสร้างสรรค์นวัตกรรม นอกจากนี้ยังให้เกิดการเรียนรู้เรื่องภูมิศาสตร์ (Geo-literacy) ทั้งด้านความสามารถทางภูมิศาสตร์ กระบวนการทางภูมิศาสตร์ และทักษะทางภูมิศาสตร์ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจได้อย่างถูกต้องและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต

ด้วยตระหนักถึงความสำคัญของการปรับเปลี่ยนหลักสูตรข้างต้น บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด จึงได้มอบหมายให้ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ได้ปรับปรุงพัฒนาหนังสือเรียน ให้สอดคล้องมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ของหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีการเปลี่ยนแปลง และให้สอดคล้องกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 และยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี

โดยหนังสือเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะให้ผู้ใช้หนังสือเรียนได้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ในตอนต้นหน่วยการเรียนรู้ จากสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี และทุกหัวข้อหลักจะนำเสนอแนวคิดสำคัญเพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่เป็นความรู้ ความคิดที่เป็นแก่นสำคัญที่ต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง และการเรียนรู้ที่ดี ผู้เรียนควรได้ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเป็นระยะ ๆ ก่อนเรียนเรื่องใหม่ ดังนั้น ในหนังสือเรียนจะมีการสอดแทรกกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับเรื่องที่ได้เรียนผ่านมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ

ตนเอง หรือบางหัวข้ออาจเป็นการฝึกทักษะให้ชำนาญก่อน สิ่งที่เพิ่มเติมในหนังสือเรียนเล่มนี้ คือ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา นำไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรม ซึ่งผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์หรือดัดแปลง ให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสาร และสารสนเทศ (ICT) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นในหนังสือเรียนเล่มนี้จึงได้มีการเสริม เนื้อหาเพิ่มเติมที่ได้ผ่านการคัดกรองมาแล้วว่าเหมาะสมกับการเรียนรู้ แทรกไว้ในเนื้อหาบางหน่วย โดยใช้สัญลักษณ์   ผู้เรียนสามารถใช้สมาร์ทโฟนสแกน QR Code หรือเปิดในเว็บไซต์ MACiSMART.com ทำขบวนการเรียนรู้ทุกหน่วยจะมีการสรุปบทเรียนสำหรับผู้เรียนได้ใช้เป็น ข้อมูลสำคัญในการตรวจสอบองค์ความรู้ที่ควรได้รับการพัฒนาหลังจากเสร็จสิ้นการเรียน หรือเป็นสาระ สำคัญที่ควรจดจำและทำความเข้าใจให้ถ่องแท้ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการปรับปรุง หนังสือเรียนครั้งนี้ที่ได้พัฒนาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะมีคุณค่า มีประโยชน์ และช่วยส่งเสริมการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยทำให้ประเทศไทยก้าวสู่ประเทศ ที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน ด้วยการมีพลเมืองที่มีคุณภาพ มีความคิดสร้างสรรค์ ตามเจตนารมณ์ของการ ปรับปรุงหลักสูตรครั้งนี้ และนโยบายประเทศไทย 4.0

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 ได้พัฒนาและปรับทั้งเนื้อหา กิจกรรมการทดลอง ภาพประกอบ กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ให้ตรงตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียงได้ศึกษาผลการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการวัดและประเมินผล นำมาจัดทำโครงสร้างสำหรับหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเลือกเนื้อหา กระบวนการเรียนการสอน การทำกิจกรรม ทักษะการคิด การวัดผลและประเมินผล ผ่านการนำเสนอด้วยการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการสำรวจตรวจสอบข้อมูล การคิดแก้ปัญหา ตลอดจนการเสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญ ด้วยกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นคำตอบของการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

หนังสือเรียนเล่มนี้ประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้สรุปสาระการเรียนรู้ ระบุผลการเรียนรู้ มีภาพและคำถามนำเข้าสู่บทเรียน แนวคิดหลักของหน่วยการเรียนรู้ แนวคิดสำคัญของแต่ละเรื่อง กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ บทสรุปเนื้อหา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เพื่อเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา และมีคุณภาพตรงตามผลการเรียนรู้ หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขออภัยรับคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	1
1. การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	2
2. กฎของเมนเดล	8
2.1 กฎแห่งการแยก	10
2.2 กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ	11
2.3 การหาอัตราส่วนทางพันธุศาสตร์	12
3. ลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล	18
3.1 การข้ามไม่สมบูรณ์	19
3.2 การข้ามร่วมกัน	20
3.3 มัลติเปิลแอลลีล	21
3.4 พอลิยีน	22
3.5 ยีนบนโครโมโซมเพศ	24
3.6 ยีนบนโครโมโซมเดียวกัน	24
3.7 พันธุกรรมที่ขึ้นกับอิทธิพลของเพศ	25
3.8 พันธุกรรมจำกัดเพศ	26
4. การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม	27
4.1 ตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดโดยยีนด้อยบนออโตโซม	29
4.2 ตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดโดยยีนเด่นบนออโตโซม	31
4.3 ตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X	33
4.4 ตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดโดยยีนเด่นบนโครโมโซม X	37
4.5 ตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดโดยยีนบนโครโมโซม Y	38
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	43

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ยีนและโครโมโซม 45

1. โครโมโซม DNA และ RNA 49
 - 1.1 โครโมโซม 49
 - 1.2 DNA 52
 - 1.3 RNA 56
 2. สมบัติของสารพันธุกรรม 60
 - 2.1 การจำลองตัวเองของ DNA 61
 - 2.2 การสังเคราะห์โปรตีน 64
 3. มิวเทชัน 71
 - 3.1 ชนิดของมิวเทชัน 71
 - 3.2 สาเหตุการเกิดมิวเทชัน 80
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ 86

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เทคโนโลยี DNA 91

1. พันธุวิศวกรรม 92
 - 1.1 การโคลนยีน 94
 - 1.2 การวิเคราะห์ DNA และการศึกษาจีโนม 97
 2. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของ DNA 100
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ 108

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 วิวัฒนาการ 109

1. หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต 110
2. แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต 115
 - 2.1 แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของลามาร์ก 116
 - 2.2 แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วิน 117

3. พันธุศาสตร์ประชากร	123
3.1 ความถี่แอลลีลและความถี่จีโนไทป์ในประชากร	124
3.2 ทฤษฎีฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก	125
4. การกำเนิดสปีชีส์	131
4.1 ความหมายของสปีชีส์	131
4.2 การเกิดสปีชีส์	135
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	140
บรรณานุกรม	141
ดัชนี	142

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม



ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปผลการทดลองของเมนเดล
2. อธิบายและสรุปกฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ และนำกฎของเมนเดลนี้ไปอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและใช้ในการคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ของรุ่น F_1 และ F_2
3. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล
4. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง
5. อธิบายการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม และยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ

เหตุใดสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันจึงมีลักษณะเหมือนกัน
แต่กลับมีลักษณะแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น



แนวคิดหลัก

เมนเดลทำการทดลองผสมพันธุั่วลันเตาทำให้ทราบว่าลักษณะต่าง ๆ มีหน่วยที่ควบคุมอยู่ ซึ่งเมนเดลเรียกหน่วยนี้ว่า แพลเตอร์ หรือที่ปัจจุบันเรียกว่า ยีน ทำให้เขาได้ตั้งกฎเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ 2 ข้อ คือ กฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ ต่อมาได้มีการศึกษาพบลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมที่มีอัตราส่วนของผลการศึกษาคือแตกต่างจากของเมนเดล เรียกว่า การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล ได้แก่ การข้ามไม่สมบูรณ์ การข้ามร่วมกัน มัลติเปิลแอลลีล พอลิยีน ยีนบนโครโมโซมเพศ ยีนบนโครโมโซมเดียวกัน พันธุกรรมที่ขึ้นกับอิทธิพลของเพศ และพันธุกรรมจำกัดเพศ

1. การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล



แนวคิดสำคัญ

เมนเดลทำการทดลองผสมพันธุั่วลันเตาทำให้ทราบว่าลักษณะต่าง ๆ มีหน่วยที่ควบคุมอยู่ ซึ่งเมนเดลเรียกหน่วยนี้ว่า แพลเตอร์ หรือที่ปัจจุบันเรียกว่า ยีน สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมียีนที่แตกต่างกันออกไปทำให้สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีลักษณะแตกต่างกันไป หรือแม้แต่สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันก็มีบางลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลจากความแปรผันทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

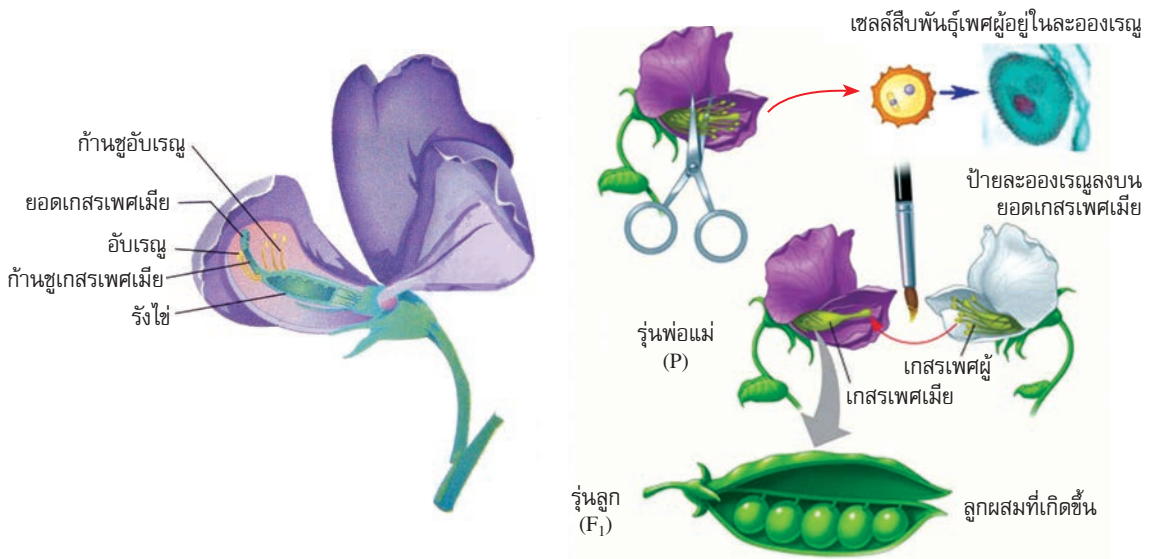
เกรเกอร์ โยฮันน์ เมนเดล (Gregor Johann Mendel) เกิดใน พ.ศ. 2365 เป็นบาทหลวงชาวออสเตรีย ในขณะเดียวกันเขาก็เป็นอาจารย์สอนหนังสือให้แก่นักเรียน และสอนนักเรียนถึงเรื่องพันธุกรรม เมนเดลเริ่มทดลองครั้งแรกใน พ.ศ. 2399 เรื่องที่เขาทำการทดลอง คือ การรวบรวมถั่วลันเตาหลาย ๆ พันธุ์นำมาผสมกันด้วยหลาย ๆ วิธี ใน พ.ศ. 2408 เมนเดลได้รายงานผลการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการผสมพันธุั่วลันเตาให้แก่ที่ประชุม The Brunn Natural History Society ในกรุงบรุนน์ (Brunn) ผลงานของเขาได้รับการตีพิมพ์ พ.ศ. 2443 หลังจากนั้นมีนักชีววิทยา 3 ท่าน คือ ฮูโก เดอ ฟรีส์ (Hugo de Vries) ชาวเนเธอร์แลนด์ คาร์ล คอร์เรนส์ (Karl Correns) ชาวเยอรมัน และเอริช ฟอน แชร์มาค (Erich von Tschermak) ชาวออสเตรียได้ทดลองผสมพันธุพืชชนิดอื่น ๆ และได้ผลการทดลองตรงตามที่เมนเดลเคยรายงานไว้ ทำให้เมนเดลเป็นที่รู้จักในวงการพันธุศาสตร์นับแต่นั้นเป็นต้นมา และเมนเดลยังได้รับยกย่องว่าเป็น **บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์** อีกด้วย



รูปที่ 1.1 เกรเกอร์ โยฮันน์ เมนเดล

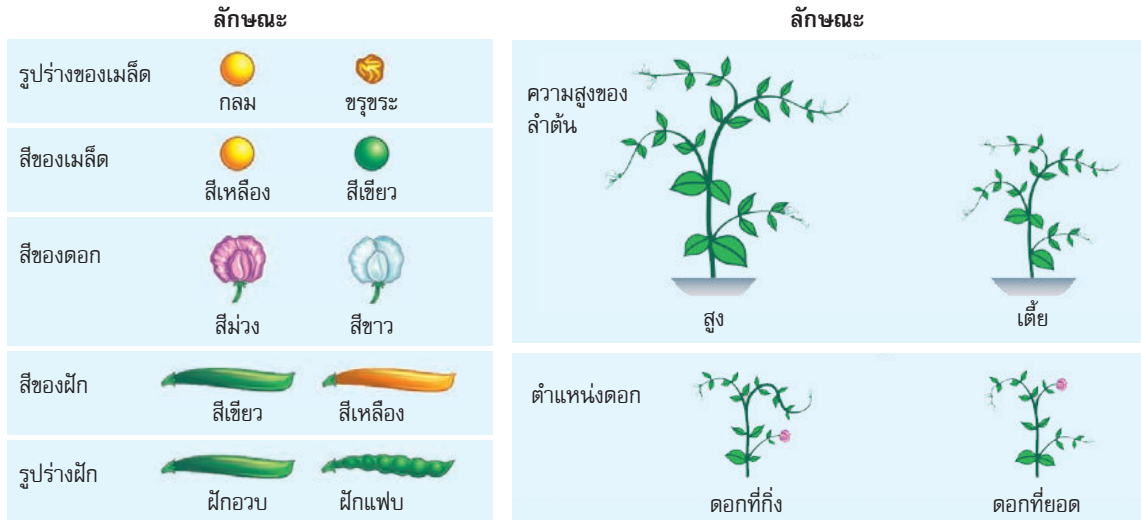
การศึกษาทางพันธุศาสตร์ของเมนเดลนั้น เมนเดลได้เลือกถั่วลันเตา (*Pisum sativum*) เป็นพืชในการศึกษา โดยมีเหตุผลดังนี้

1. เป็นพืชที่ปลูกง่าย ช่วงอายุแต่ละรุ่น (ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต) ใช้ระยะเวลาสั้นเพียงฤดูเดียวหรือประมาณ 3 เดือน และยังให้เมล็ดในปริมาณมาก
2. ถั่วลันเตามีดอกเป็นดอกสมบูรณ์ (perfect flower) จึงมีการผสมภายในดอกเดียวกัน (self fertilization) หรือจะผสมข้ามดอก (cross fertilization) เพื่อให้เกิดลูกผสมก็ทำได้ด้วยวิธีการใช้มือช่วย (hand pollination) ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ส่วนประกอบของดอกถั่วลันเตาและการผสมข้ามดอกโดยการใช้มือช่วย

3. มีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนหลายลักษณะ ในการทดลองของเมนเดลเลือกใช้ 7 ลักษณะ ได้แก่ รูปร่างของเมล็ด สีของเมล็ด สีดอก สีของฝัก รูปร่างของฝัก ความสูงของลำต้น และตำแหน่งของดอก ดังรูปที่ 1.3

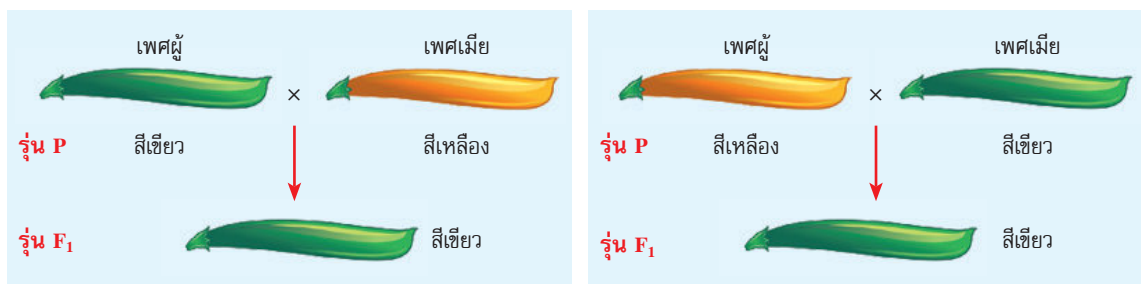


รูปที่ 1.3 ลักษณะของถั่วลันเตา 7 ประการ ที่เมนเดลใช้ในการศึกษา

เมนเดลทำการศึกษาทีละลักษณะโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เมนเดลทำการทดลองผสมถั่วลันเตาหลายรุ่นจนแน่ใจว่าได้ถั่วลันเตาลักษณะพันธุ์แท้ (pure line)

2. เมนเดลเลือกถั่วลันเตาฝักสีเขียวผสมกับถั่วลันเตาฝักสีเหลือง โดยเรียกถั่วลันเตาที่ผสมรุ่นนี้ว่า **รุ่นพ่อแม่ หรือ P (parental generation)** ซึ่งจะได้ **รุ่นลูกหรือ F₁ (first filial generation)** ปรากฏว่าได้รุ่น F₁ ออกมาเป็นถั่วลันเตาฝักสีเขียวทั้งหมด แม้ทดลองผสมรุ่น P สลับระหว่างถั่วลันเตาฝักสีเขียวและถั่วลันเตาฝักสีเหลืองต้นถั่วลันเตารุ่น F₁ ที่ปรากฏออกมายังเป็นฝักสีเขียวทั้งหมด ดังรูปที่ 1.4



ผสมถั่วลันเตาเพศผู้ฝักสีเขียวกับเพศเมียฝักสีเหลือง

รุ่น F₁ ได้ฝักสีเขียวทั้งหมด

ผสมถั่วลันเตาเพศผู้ฝักสีเหลืองกับเพศเมียฝักสีเขียว















รุ่น F₁ ได้ฝักสีเขียวทั้งหมด

รูปที่ 1.4 การทดลองผสมสลับของถั่วลันเตา

3. เมนเดลนำรุ่น F₁ ที่มีฝักสีเขียวมาผสมภายในดอกเดียวกัน พบว่า **รุ่นหลานหรือรุ่น F₂ (second filial generation)** ทั้งหมด 580 ต้น ปรากฏถั่วลันเตาฝักสีเขียว 428 ต้น และถั่วลันเตาฝักสีเหลือง 152 ต้น คิดเป็นอัตราส่วนอย่างต่ำคือ 2.82 : 1

4. ทำการผสมดังเช่นข้อ 1-3 ในอีก 6 ลักษณะที่เหลือ ปรากฏผลดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การผสมพันธุ์ของถั่วลันเตาทั้ง 7 ลักษณะ และอัตราส่วนของรุ่น F₂

ลักษณะ	ลักษณะเด่น	×	ลักษณะด้อย	รุ่น F ₁	รุ่น F ₂ ลักษณะเด่น : ลักษณะด้อย	อัตราส่วน
รูปร่างของเมล็ด	กลม 	×	ขรุขระ 	กลม 6,547	กลม : ขรุขระ 5,474 : 1,850	2.96 : 1
สีของเมล็ด	สีเหลือง 	×	สีเขียว 	สีเหลือง 7,258	สีเหลือง : สีเขียว 6,022 : 2,001	3.01 : 1
รูปร่างฝัก	ฝักอวบ 	×	ฝักแฟบ 	ฝักอวบ 1,021	ฝักอวบ : ฝักแฟบ 882 : 299	2.95 : 1
สีของฝัก	สีเขียว 	×	สีเหลือง 	สีเขียว 952	สีเขียว : สีเหลือง 428 : 152	2.82 : 1
สีดอก	สีม่วง 	×	สีขาว 	สีม่วง 843	สีม่วง : สีขาว 705 : 224	3.15 : 1
ตำแหน่งดอก	ดอกที่กึ่ง 	×	ดอกที่ยอด 	ดอกที่กึ่ง 875	ดอกที่กึ่ง : ดอกที่ยอด 651 : 207	3.14 : 1
ความสูงของลำต้น	สูง 	×	เตี้ย 	สูง 1,274	สูง : เตี้ย 787 : 277	2.84 : 1

จากตารางที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนของรุ่น F₂ ในทุกลักษณะมีอัตราส่วนใกล้เคียง 3 : 1 อัตราส่วนของการถ่ายทอดนี้ปรากฏในทุกลักษณะที่ทำการผสมพันธุ์ เช่น ความสูง สีดอก สีฝัก เมนเดลได้สรุปไว้ดังนี้