

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.เศรษฐวัชร ฉ่ำศาสตร์ วท.บ., วท.ม., M.Sc., Ph.D.

ชนิกานต์ นุ่มมีชัย กศ.บ., กศ.ม.

นริสรา ศรีเคลือบ วท.บ., วท.ม.

รินฤดี ต่อชีวัน วท.บ.

ผู้ตรวจ

ดร.สมพิศ เพือกสอดต กศ.บ., กศ.ม., ศษ.ด.

ศศิพันธ์ุ นรเศรษฐพันธุ์ วท.บ., กศ.ม.

พรนภา ขาวประเสริฐ วท.บ.

บรรณาธิการ

วารี ไตพันธ์ วท.บ.

พรจิรา ประสิทธิ์สัตย์ ค.บ.

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย บริษัท สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด

วัฒนาพานิช  สารานุกรม

216-220 ถนนบำรุงเมือง แขวงสำราญราษฎร์ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200

โทร. 02 222 9394 • 02 222 5371-2 FAX 02 225 6556 • 02 225 6557

email: info@wpp.co.th

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551



สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

ห้ามละเมิด ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่

ส่วนหนึ่งส่วนใด เว้นแต่จะได้รับอนุญาต

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.เศรษฐวัชร จำรัสตร์

ชนิกานต์ นุ่มมีชัย

นริสรา ศรีเคลือบ

รินฤดี ต่อชีวัน

ผู้ตรวจ

ดร.สมพิศ เพือกอสอาด

ศศิพินท์ นรเศรษฐ์พันธุ์

พรนภา ขาวประเสริฐ

บรรณาธิการ

วาริ โตพันธ์

พรจิรา ประสิทธิ์สัตย์

ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2563

พิมพ์ครั้งที่ 2

จำนวน 20,000 เล่ม

ISBN 978-974-18-7424-8

พิมพ์ที่ บริษัท โรงพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด นายเรียงชัย จงพิพัฒนสุข กรรมการผู้จัดการ

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 นี้ จัดทำขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดช่วงชั้น และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีเป้าหมายให้นักเรียนและครูใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่หลักสูตรกำหนด พัฒนานักเรียนให้มีความสามารถตามที่ต้องการทั้งด้านการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี ตลอดจนพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมไทยและสังคมโลกได้อย่างมีความสุข

ในการจัดทำหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ชุดนี้ คณะผู้จัดทำซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาและการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ได้ศึกษาหลักสูตรอย่างลึกซึ้ง ทั้งด้านวิสัยทัศน์ หลักการ จุดหมาย สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดช่วงชั้น สาระการเรียนรู้แกนกลาง แนวทางการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ รวมทั้งเอกสารหลักสูตรอื่น ๆ แล้วจึงออกแบบหน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วยคำถามสำคัญ ตัวชี้วัดช่วงชั้น คัพทที่ควรรู้ นำนรู้ กิจกรรม ค้นหาคำตอบ ฝึกเพิ่มพูนทักษะ แหล่งสืบค้นความรู้ ทบทวนความเข้าใจ ผังมโนทัศน์ สาระสำคัญประจำหน่วย และกิจกรรมประจำหน่วย และท้ายเล่มยังมีบรรณานุกรมและอภิธานศัพท์ ซึ่งองค์ประกอบของหนังสือเรียนเหล่านี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างครบถ้วนตามหลักสูตร

การเสนอเนื้อหา กิจกรรม และองค์ประกอบอื่น ๆ ในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเล่มนี้ มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยคำนึงถึงศักยภาพของนักเรียน เน้นการเรียนรู้แบบองค์รวมบนพื้นฐานของการบูรณาการแนวคิดทางการเรียนรู้อย่างหลากหลาย จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ เน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มุ่งพัฒนาการคิด และพัฒนาการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพัฒนาการทางสมองของนักเรียน อันจะช่วยให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสมบูรณ์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 นี้ จะช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนตามหลักสูตรได้เป็นอย่างดี

คณะผู้จัดทำ

คำชี้แจง

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 ได้ออกแบบหน่วยการเรียนรู้ให้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

องค์ประกอบที่สำคัญของหน่วยการเรียนรู้

Unเรียนนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับ

เป้าหมายของการพัฒนานักเรียนแต่ละชั้นปี ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้

ศัพท์ความรู้

คำศัพท์วิทยาศาสตร์ที่ควรจดจำ โดยเป็นคำหลักในสาระที่เรียนรู้ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจที่คงทนของนักเรียน



ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับความคิดรวบยอดและสาระที่นักเรียนเรียนรู้ในบทเรียน

กิจกรรม

ภาระงานที่นักเรียนฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่ความเข้าใจที่คงทนของนักเรียน



ค้นหาคำตอบ

คำถามหลักท้ายกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้เพื่อช่วยสร้างเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ฝึกทักษะทักษะ

คำถามหรือกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้เพื่อสร้างเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการคิดที่สำคัญ

แหล่งสืบค้นความรู้

แหล่งการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยเว็บไซต์ หนังสือ สถานที่ บุคคล ที่นักเรียนสามารถค้นคว้าเนื้อหาที่สอดคล้องกับเรื่องที่เรียนรู้

ทบทวนความเข้าใจ

คำถามหลักท้ายหัวเรื่องหลัก เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจในสาระที่นักเรียนได้เรียนรู้

ผังมโนทัศน์ (Concept Map)

บทสรุปความคิดหลักของแต่ละตอน/หน่วยการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน และช่วยในการจดจำสิ่งที่เรียนรู้



สาระสำคัญประจำหน่วย

สรุปแนวคิด หลักการ และความคิดรวบยอดของสาระที่นำไปสู่ความเข้าใจที่คงทนของนักเรียนในแต่ละตอนที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดช่วงชั้น



กิจกรรมประจำหน่วย

กิจกรรมสรุปความรู้ หลักการ ความคิดรวบยอด คำศัพท์ที่ได้เรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ รวมทั้งการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

สัญลักษณ์กระบวนการเรียนรู้

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ที่กิจกรรมนั้นมีจุดมุ่งหมายและจุดเน้นที่แตกต่างกันตามลักษณะของกระบวนการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับธรรมชาติของกลุ่มสาระการเรียนรู้และจุดเน้นของหลักสูตร ดังนั้นสัญลักษณ์จึงเป็นแนวทางที่เอื้อประโยชน์ต่อนักเรียนที่จะศึกษาหาความรู้ตามรายละเอียดของกิจกรรม ในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 ซึ่งได้กำหนดสัญลักษณ์ไว้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

สัญลักษณ์หลักของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



การสังเกต



การสำรวจ



การทดลอง



การสืบค้นข้อมูล

การสังเกต เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามความคิดรวบยอดของแต่ละหัวเรื่อง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การจำแนก การลงสรุปข้อมูล

การสำรวจ เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสำรวจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามความคิดรวบยอดของแต่ละหัวเรื่อง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงสรุปข้อมูล

การทดลอง เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์ความคิดรวบยอดที่เรียนรู้ โดยการออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และสรุปผลการทดลอง แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การพยากรณ์ การจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล การลงสรุปข้อมูล

การสืบค้นข้อมูล เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การลงสรุปข้อมูล

สัญลักษณ์เสริมของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



การพัฒนากระบวนการคิด



การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน



โครงงาน



การทำประโยชน์ให้สังคม



ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์



วิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนากระบวนการคิด เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดเพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดของตนเอง

การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนต้องนำหลักการ แนวคิดของความคิดรวบยอดในหัวเรื่องที่เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงของชีวิตประจำวัน

โครงงาน เป็นกิจกรรมโครงงานคัดสรรที่นำหลักการ แนวคิดของความคิดรวบยอดในหัวเรื่องที่เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหา

การทำประโยชน์ให้สังคม เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปปฏิบัติเพื่อให้ตระหนักในการทำประโยชน์ให้สังคม

ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์สร้างภาระงานเพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดของตนเอง

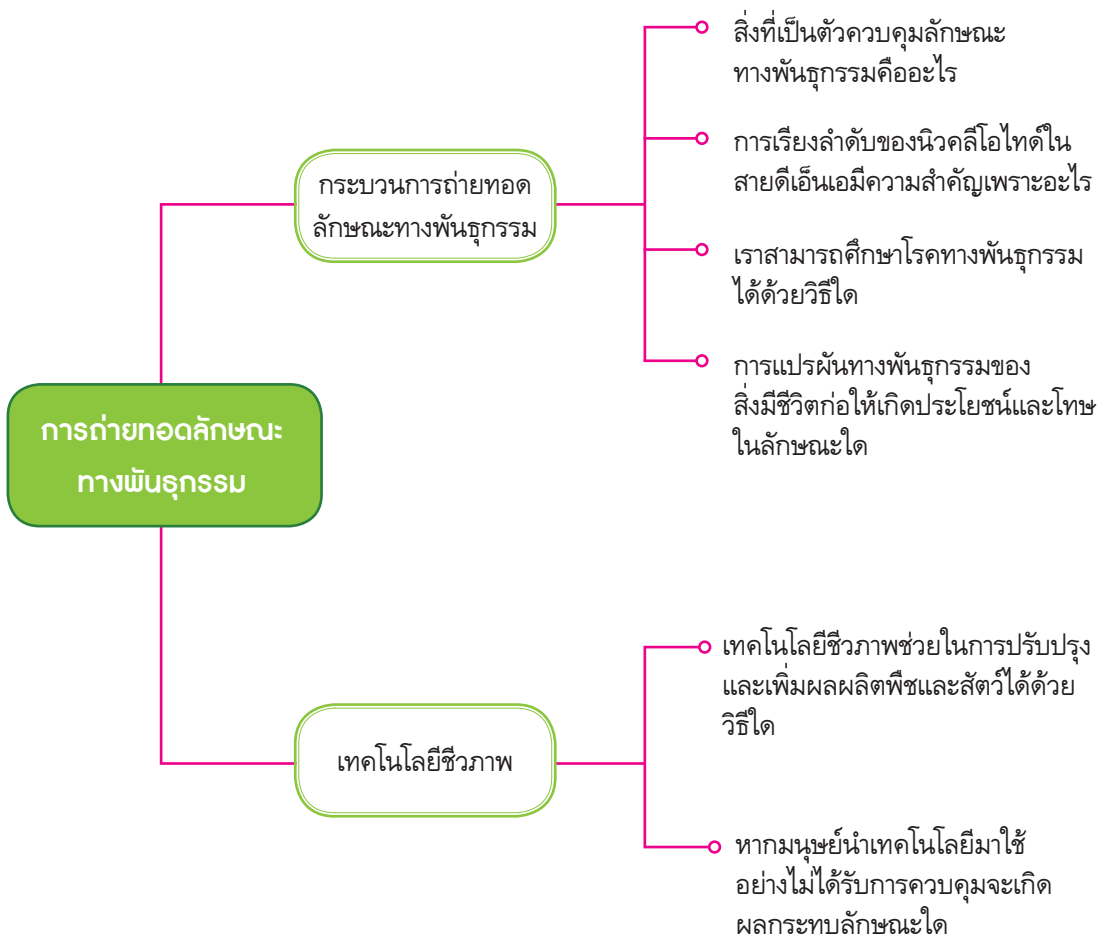
การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นกิจกรรมที่กำหนดให้นักเรียนได้แยกแยะ หาความสัมพันธ์หรือความเป็นเหตุเป็นผลของข้อมูลจากปรากฏการณ์ที่สนใจ

สารบัญ

คำนำ.....	ค
คำชี้แจง	ง
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	1
ตอนที่ 1 กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม.....	2
โครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรม	2
ความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรม.....	3
โครงสร้างของดีเอ็นเอ.....	5
ดีเอ็นเอกับลักษณะทางพันธุกรรม	8
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในมนุษย์	10
การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมทางโครโมโซมร่างกาย.....	12
มัลติเพิลแอลลีล	15
การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมทางโครโมโซมเพศ.....	18
การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม	22
การกลายหรือมิวเทชัน.....	22
ผังมโนทัศน์.....	26
ตอนที่ 2 เทคโนโลยีชีวภาพ.....	27
เทคโนโลยีชีวภาพ	27
พันธุวิศวกรรม	27
การโคลน.....	30
ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ	32
ชีวสารสนเทศศาสตร์.....	33
ความก้าวหน้าทางพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ	33
ผลของเทคโนโลยีชีวภาพ	34
ประโยชน์และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากเทคโนโลยีชีวภาพ	35
ผังมโนทัศน์.....	38
สาระสำคัญประจำหน่วย	39
กิจกรรมประจำหน่วย.....	41
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	45
วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	46
การแปรผันทางพันธุกรรม	47
การกลาย.....	47
การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ.....	47
การคัดเลือกโดยธรรมชาติ.....	48
การคัดเลือกพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์โดยมนุษย์.....	53
ผังมโนทัศน์.....	56

สาระสำคัญประจำหน่วย	57
กิจกรรมประจำหน่วย	58
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม	61
ตอนที่ 1 ระบบนิเวศ	62
ชีวนิเวศ	63
ชีวนิเวศบนบก	63
ชีวนิเวศแหล่งน้ำ	78
ผังมโนทัศน์	86
ตอนที่ 2 ประชากรและการเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศ	87
ประชากรและการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร	87
กระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่	94
การเปลี่ยนแปลงแทนที่ขั้นปฐมภูมิ	94
การเปลี่ยนแปลงแทนที่ขั้นทุติยภูมิ	95
ผังมโนทัศน์	97
สาระสำคัญประจำหน่วย	98
กิจกรรมประจำหน่วย	99
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ปัญหาสิ่งแวดล้อม	101
ปัญหาสิ่งแวดล้อม	102
ปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติระดับท้องถิ่น	103
ปัญหามลพิษทางน้ำ	103
ปัญหามลพิษทางดิน	106
ปัญหามลพิษจากขยะมูลฝอย	109
ปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติระดับประเทศ	112
ปัญหามลพิษทางอากาศ	112
ปัญหาการทำลายป่าไม้	115
ปัญหาจากการใช้พลังงาน	118
ปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติระดับโลก	121
การทำลายชั้นโอโซนของบรรยากาศ	121
ปรากฏการณ์เรือนกระจก	123
การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	130
ความหมายของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	130
แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	130
การพัฒนาที่ยั่งยืน	131
ความหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน	132
หลักการและแนวทางปฏิบัติที่นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน	133
ผังมโนทัศน์	139
สาระสำคัญประจำหน่วย	140
กิจกรรมประจำหน่วย	141
บรรณานุกรม	145
ภาคผนวก	146
อภิธานศัพท์	150

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม



กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ตอนที่

1

Unเรียนนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างยีน การสังเคราะห์โปรตีนและลักษณะทางพันธุกรรม
2. หลักการถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศและมัลติเพิลแอลลีล
3. ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอไทด์ในดีเอ็นเอต่อการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต
4. ตัวอย่างการนำการกลาย (mutation) ไปใช้ประโยชน์

นักเรียนคงเคยสังเกตสุนัข แมว หรือนกที่เลี้ยงไว้ว่าลูก ๆ ของสัตว์เหล่านี้มีลักษณะคล้ายคลึงหรือเกือบจะเหมือนกับพ่อแม่ของมัน หรือแม้แต่คนในรุ่นลูกรุ่นหลานบางคน เราเห็นหน้าตาก็ทราบได้ว่าเป็นลูกหรือหลานของใคร อย่างไรก็ตาม สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันหรือที่เกิดจากพ่อแม่เดียวกันก็ยังมีลักษณะบางอย่างที่แตกต่างกัน ความคล้ายคลึงและความแตกต่างกันในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันนี้มีสาเหตุมาจากอะไร

โครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรม

เกรกอร์ โยฮันน์ เมนเดล (Gregor Johann Mendel) นักบวชชาวออสเตรีย เริ่มต้นงานค้นคว้าทดลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการผสมพันธุ์ถั่วลันเตา เขาพบว่าถั่วลันเตาที่เกิดจากการผสมพันธุ์กันในแต่ละครั้งมักจะมีลักษณะบางอย่างปรากฏอยู่เสมอ เช่น เมื่อนำถั่วลันเตาที่มีลักษณะต้นสูงและต้นเตี้ยมาผสมพันธุ์กัน มักจะมีลักษณะต้นสูงปรากฏอยู่ในรุ่นต่อ ๆ มาเสมอ ในที่สุดประมาณ พ.ศ. 2408 เมนเดลก็ค้นพบกฎเกณฑ์การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมซึ่งเป็นกฎเกณฑ์ที่สำคัญอย่างยิ่งทางพันธุศาสตร์ ซึ่งเรียกว่า **กฎของเมนเดล** ได้แก่

- 1) **กฎแห่งการแยก (law of segregation)** โดยมีสาระสำคัญ คือ “สิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมีสิ่งที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม (แอลลีลของยีน) อยู่กันเป็นคู่ ๆ แต่ละคู่แยกออกจากกันเมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์มีสิ่งควบคุมอยู่เพียง 1 หน่วย และเมื่อเซลล์สืบพันธุ์ผสมกัน สิ่งที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมนี้ก็กลับเข้ามาคู่กันอีก” และ 2) **กฎแห่งการแยกคู่ยีนอย่างอิสระ (law of independent assortment)** มีสาระสำคัญว่า “ในเซลล์สืบพันธุ์มีการรวมกลุ่มของแอลลีลของยีนในลักษณะต่าง ๆ การรวมกลุ่มแอลลีลของยีนเหล่านี้จะเป็นไปอย่างอิสระ”



รูปที่ 1.1 เกรกอร์ โยฮันน์ เมนเดล



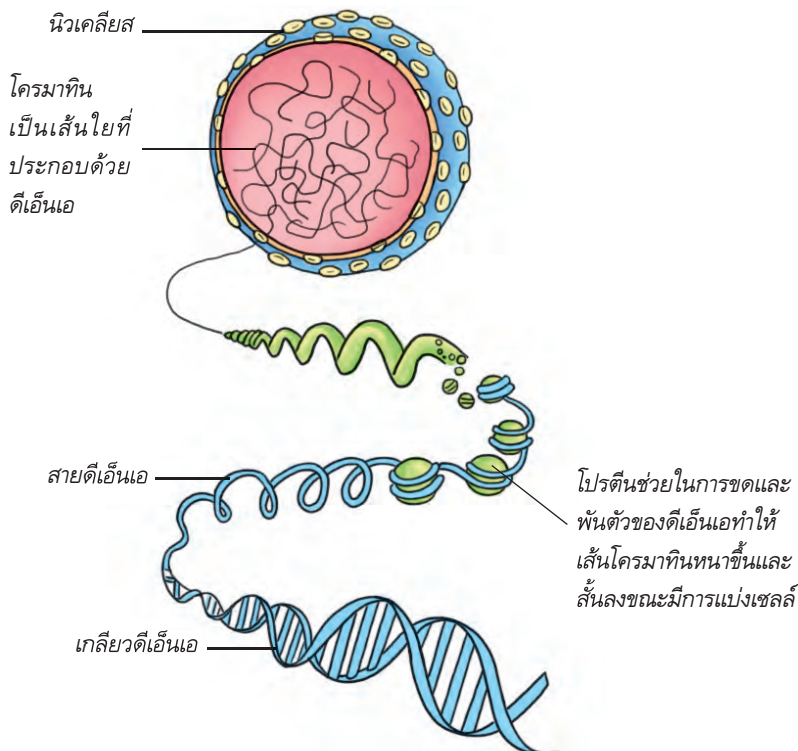
ต่อมาได้มีผลงานของนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ ประกอบกับการปรับปรุงกล้องจุลทรรศน์ และเทคนิคต่าง ๆ ที่ช่วยให้สามารถศึกษาส่วนประกอบภายในเซลล์ดียิ่งขึ้น ทำให้พบว่าภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีสารพันธุกรรมที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรมคืออะไร และเกิดขึ้นได้อย่างไร นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้จากหัวข้อต่อไป

○ ความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรม

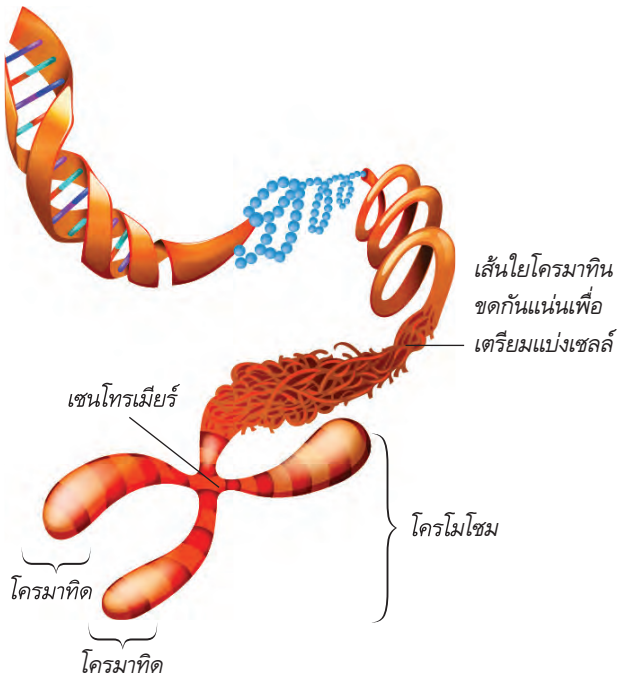
เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต เซลล์ทั่วไปประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ไซโทพลาซึม (cytoplasm) และนิวเคลียส (nucleus) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเซลล์ ภายในนิวเคลียสมีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นเส้นใยเล็กๆ ขดพันกันเต็มไปหมด เราเรียกโครงสร้างนี้ว่า **โครมาทิน (chromatin)** โครมาทินประกอบด้วย **สายดีเอ็นเอ (DNA: deoxyribonucleic acid)** ขดจับตัวกับโปรตีน ดังรูปที่ 1.2

ศัพท์ที่ควรรู้

ดีเอ็นเอ



รูปที่ 1.2 โครงสร้างของโครมาทินในนิวเคลียส

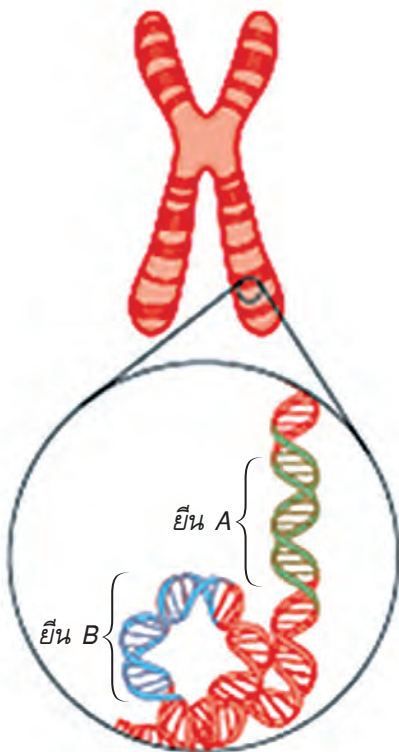


รูปที่ 1.3 โครงสร้างของโครโมโซม

เมื่อมีการแบ่งเซลล์ โครมาตินจะหดแน่นมากขึ้นและหดสั้นเข้าจนมีลักษณะเป็นแท่งเรียกว่า **โครโมโซม (chromosome)** มีลักษณะคล้ายตัวเอกซ์ (X) ในขณะแบ่งเซลล์ โครโมโซมประกอบด้วย 2 โครมาทิด (chromatid) ยึดติดกันตรงตำแหน่งที่เรียกว่า **เซนโทรเมียร์ (centromere)** ดังรูปที่ 1.3

ศัพท์ที่ควรรู้

โครโมโซม



สายดีเอ็นเอ

รูปที่ 1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและดีเอ็นเอ

นักเรียนได้เรียนรู้แล้วว่า โครโมโซมเกิดจากการหดแน่นของเส้นใยโครมาตินที่มีดีเอ็นเอเป็นส่วนประกอบ ซึ่งดีเอ็นเอเป็นส่วนประกอบหนึ่งของสารพันธุกรรมที่ทำหน้าที่เก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม เมื่อนักวิทยาศาสตร์ศึกษาต่อก็คพบว่า บางช่วงของดีเอ็นเอนั้นมีความสามารถในการกำหนดและถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้ นักวิทยาศาสตร์เรียกช่วงของดีเอ็นเอที่มีสมบัติลักษณะนี้ว่า **ยีน (gene)** นักเรียนคิดว่า ดีเอ็นเอมีโครงสร้างเป็นอย่างไร

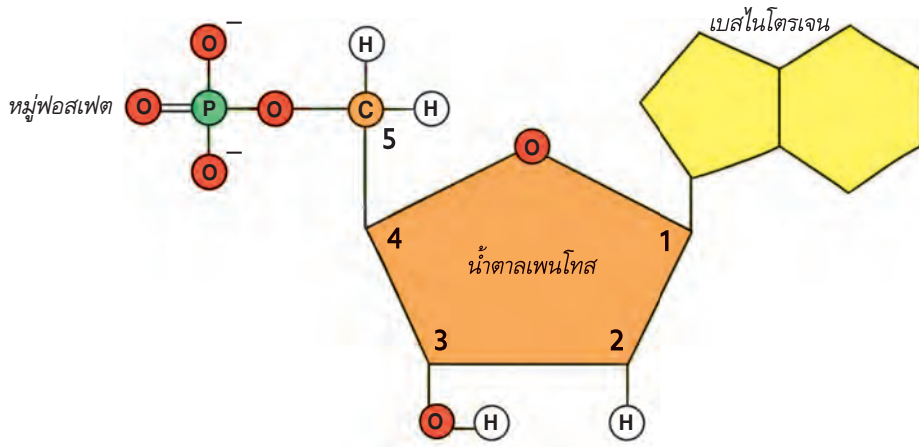
ยีน A เป็นลำดับดีเอ็นเอที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม 1

ยีน B เป็นลำดับดีเอ็นเอที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม 2



โครงสร้างของดีเอ็นเอ

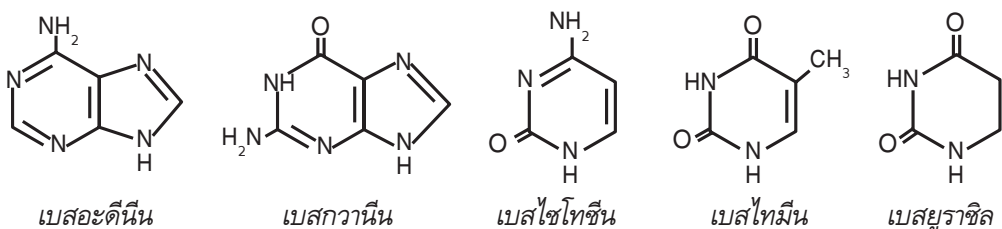
สารพันธุกรรมเป็นสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ (macromolecule) เรียกว่า กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ดีเอ็นเอ (DNA: deoxyribonucleic acid) และ อาร์เอ็นเอ (RNA: ribonucleic acid) กรดนิวคลีอิกประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ต่อกันเป็นสายยาว โดยแต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 องค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์ในดีเอ็นเอ

1. น้ำตาลเพนโทส (pentose sugar) เป็นน้ำตาลที่ประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม โดยในดีเอ็นเอจะเป็นน้ำตาลเพนโทสชนิดดีออกซีไรโบส ส่วนในอาร์เอ็นเอจะเป็นน้ำตาลเพนโทสชนิดไรโบส

2. เบสไนโตรเจน (nitrogenous base) มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ มีสมบัติเป็นเบส เรียกสั้น ๆ ว่า เบส (base) แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ พิวรีน (purine) ได้แก่ อะดีนีน (Adenine, A) และกวานีน (Guanine, G) และไพริมิดีน (pyrimidine) ได้แก่ ไซโทซีน (Cytosine, C) ไทมีน (Thymine, T) และยูราซิล (Uracil, U) โดยในดีเอ็นเอพบเบส A เบส G เบส C และ เบส T ส่วนในอาร์เอ็นเอพบเบส A เบส G เบส C และ เบส U



รูปที่ 1.6 โครงสร้างเบสไนโตรเจน

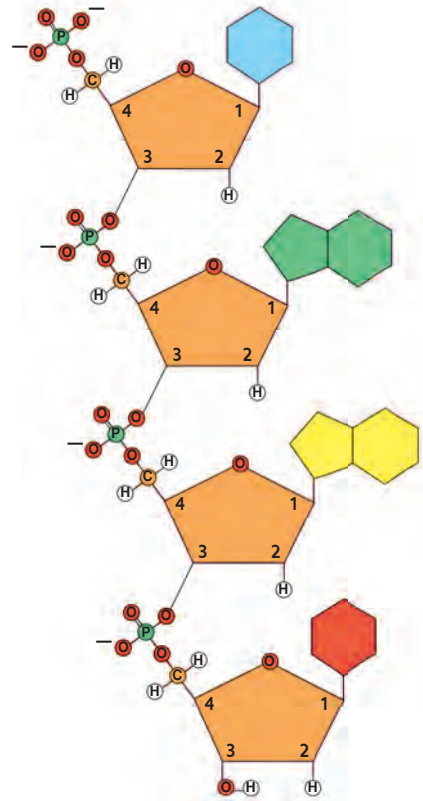


3. หมู่ฟอสเฟต (phosphate group) ประกอบด้วยฟอสฟอรัส 1 อะตอม และออกซิเจน

4 อะตอม

เมื่อหน่วยย่อยของนิวคลีโอไทด์หลาย ๆ หน่วยมาเรียงตัวเชื่อมต่อกัน ทำให้โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ยาวขึ้น การจับกันของนิวคลีโอไทด์แต่ละหน่วยจะมีการสร้างพันธะระหว่างหมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งกับน้ำตาลเพนโทสของนิวคลีโอไทด์ถัดไปเรื่อย ๆ เรียกพันธะนี้ว่า **พันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ (phosphodiester bond)** และเรียกสายนิวคลีโอไทด์หลาย ๆ หน่วยที่เรียงต่อกันเป็นสายยาวนี้ว่า **พอลินิวคลีโอไทด์ (polynucleotide)** ดังรูปที่ 1.7

พอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย สร้างพันธะระหว่างเบสกับเบสของนิวคลีโอไทด์แต่ละหน่วย คือ เบส A สร้างพันธะกับเบส T และเบส C สร้างพันธะกับเบส G เกิดโครงสร้างเป็นเกลียวคู่ (helix) ดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.7 พอลินิวคลีโอไทด์



รูปที่ 1.8 พอลินิวคลีโอไทด์ที่มีการเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์แต่ละหน่วย

การจับคู่สร้างพันธะของเบสระหว่างสายพอลินิวคลีโอไทด์มีความจำเพาะจริงหรือไม่

กิจกรรมที่ 1



สร้าง

แบบจำลองสายดีเอ็นเอ

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. วิเคราะห์และสรุปโครงสร้างของนิวคลีโอไทด์และพอลินิวคลีโอไทด์ (ดีเอ็นเอ) ได้
2. สร้างแบบจำลองของดีเอ็นเอและบอกคู่เบสของนิวคลีโอไทด์ที่จับคู่สร้างพันธะกันในสายนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอได้

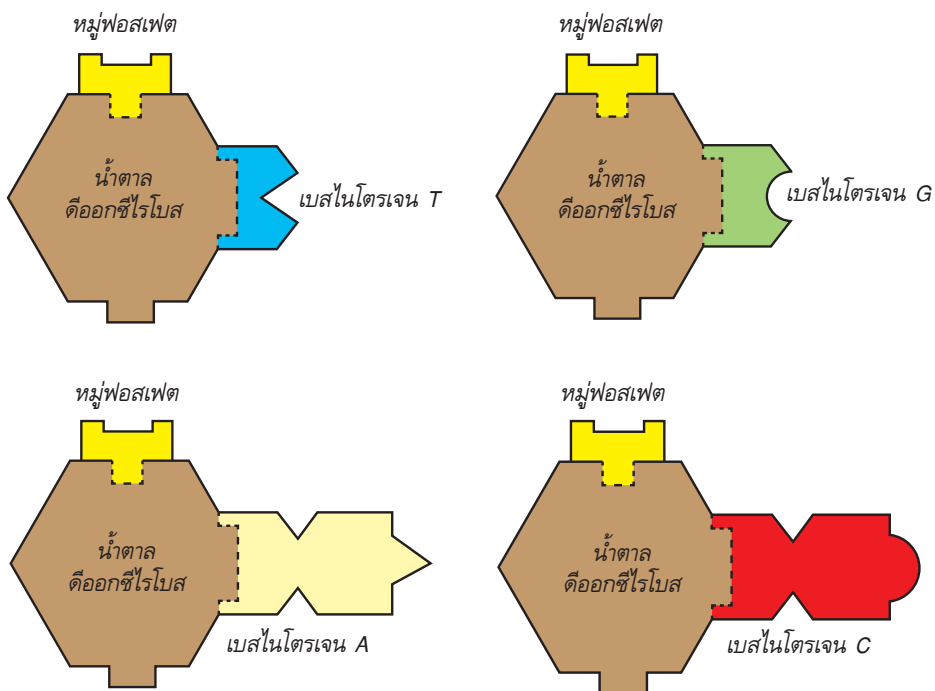
ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา เบสในพอลินิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอมีการจับคู่สร้างพันธะในลักษณะใด

ขั้นตอน

1. แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มศึกษารูปแบบของนิวคลีโอไทด์ชนิดต่าง ๆ ดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 รูปแบบของนิวคลีโอไทด์ชนิดต่าง ๆ



2. แต่ละกลุ่มแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม ให้กลุ่มย่อยที่ 1 ออกแบบพอลินิวคลีโอไทด์ โดยกำหนดให้ใช้นิวคลีโอไทด์ 10 หน่วย

3. กลุ่มย่อยกลุ่มที่ 2 ออกแบบพอลินิวคลีโอไทด์ที่สามารถเชื่อมกับพอลินิวคลีโอไทด์ของกลุ่มย่อยกลุ่มที่ 1 ได้

4. แต่ละกลุ่มย่อยนำนิวคลีโอไทด์มาต่อกันเพื่อสร้างเป็นพอลินิวคลีโอไทด์สายเดี่ยว โดยเชื่อมระหว่างนิวคลีโอไทด์ด้วยหมู่ฟอสเฟตและใช้เทปกาวยึดติดบริเวณดังกล่าว

5. ให้ทั้ง 2 กลุ่มย่อยนำพอลินิวคลีโอไทด์ทั้ง 2 สาย มาเข้าคู่กันให้เป็นดีเอ็นเอสายคู่

6. นำสายคู่ของดีเอ็นเอที่สร้างขึ้นมานำเสนอหน้าห้องเรียน และอภิปรายร่วมกันในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- ระหว่างพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย มีการจับกันระหว่างเบสกับเบสที่เป็นคู่สมกัน เบสที่เป็นคู่สมกันมีอะไรบ้าง

- การที่เบสในดีเอ็นเอจับคู่กันอย่างจำเพาะมีความสำคัญในเรื่องใด

- แต่ละกลุ่มได้สายดีเอ็นเอเหมือนหรือแตกต่างกัน เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

- การเรียงลำดับของนิวคลีโอไทด์ในสายดีเอ็นเอสำคัญหรือไม่ เพราะเหตุใด

หมายเหตุ การสร้างพอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสาย นักเรียนควรคำนึงถึงการจับคู่ที่จำเพาะระหว่างคู่เบสแต่ละคู่ด้วย



ค้นหาคำตอบ

1. เบสคู่ใดที่สามารถเชื่อมต่อกันได้อย่างเหมาะสม สังเกตจากอะไร
2. หลักเกณฑ์ในการจับคู่นิวคลีโอไทด์ชนิดต่าง ๆ พิจารณาจากอะไร

จะเห็นได้ว่า พอลินิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอมีการจับคู่กันของเบสที่จำเพาะ ซึ่งลำดับเบสนี้เองเป็นคุณสมบัติสำคัญที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิต นักเรียนคิดว่าลำดับเบสเกี่ยวข้องกับลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไร

○ ดีเอ็นเอกับลักษณะทางพันธุกรรม

จากการศึกษาโครงสร้างของดีเอ็นเอพบว่า แตกต่างกันหลายแบบจากเบสเพียง 4 ชนิด คือ A, T, C และ G ทำให้ดีเอ็นเอแต่ละโมเลกุลแตกต่างกัน ดังนั้นความแตกต่างระหว่างสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจึงน่าจะเกิดจากการเรียงลำดับของเบสทั้ง 4 ชนิดและจำนวนคู่เบสในโมเลกุลของดีเอ็นเอนั้นเอง

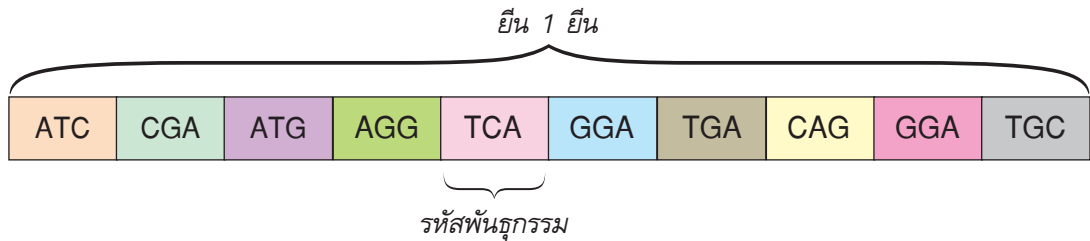


นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่า การเรียงลำดับของนิวคลีโอไทด์เป็นตัวกำหนดชนิดของกรดอะมิโน (amino acid) ที่ใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนและเอนไซม์ต่าง ๆ ลำดับของนิวคลีโอไทด์นี้ เรียกว่า **รหัสพันธุกรรม (genetic code)** หรือโคดอน (codon) โดยกรดอะมิโนแต่ละโมเลกุลถูกควบคุมด้วยรหัสพันธุกรรมที่ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 3 หน่วยเรียงต่อกัน หรือเรียกว่า **รหัสสามตัว (triplet code)**

ศัพท์ที่ควรรู้

รหัสพันธุกรรม

รหัสพันธุกรรมมีผลต่อการสร้างโปรตีนชนิดต่าง ๆ เมื่อรหัสพันธุกรรมที่แตกต่างกันมาเรียงกันเป็นสายยาวจึงทำให้ชนิดของโปรตีนที่ถูกสร้างขึ้นแตกต่างกัน และจากที่นักเรียนได้เรียนรู้อยู่แล้วว่า ยีน คือ ช่วงหนึ่งของดีเอ็นเอที่มีความสามารถในการกำหนดและถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้ ดังนั้นการที่ยีนแต่ละยีนควบคุมโครงสร้างของโปรตีนที่แตกต่างกันได้ จึงเกิดจากการที่ยีนมีจำนวนและลำดับการเรียงของรหัสพันธุกรรมที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 ตัวอย่างรหัสพันธุกรรมของยีน 1 ยีน

ดีเอ็นเอเป็นส่วนประกอบของโครโมโซมที่อยู่ในนิวเคลียสหรืออยู่ภายในเซลล์และการสังเคราะห์โปรตีนเกิดขึ้นในบริเวณไรโบโซมที่อยู่ในไซโทพลาซึม ดังนั้นการควบคุมของยีนที่มีต่อการสังเคราะห์โปรตีนจึงไม่น่าจะเกิดขึ้นโดยตรง จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์หลายคนพบว่า ดีเอ็นเอไม่ได้เป็นแม่แบบในการสังเคราะห์โปรตีนโดยตรง แต่จะมีสารประกอบที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงระหว่างดีเอ็นเอกับโปรตีน เรียกว่า อาร์เอ็นเอ เรียกกระบวนการนี้ว่า **การถอดรหัส (transcription)**

จากการศึกษาพบว่า อาร์เอ็นเอที่นำข้อมูลทางพันธุกรรมจากดีเอ็นเอที่อยู่ในนิวเคลียสไปยังไซโทพลาซึม ซึ่งมีไรโบโซมทำหน้าที่ในการสังเคราะห์โปรตีน คือ **อาร์เอ็นเอขนส่ง หรือ เอ็มอาร์เอ็นเอ (messenger RNA: m-RNA)** ซึ่งการสังเคราะห์โปรตีนจะใช้ดีเอ็นเอเพียงสายเดียวเป็นแม่แบบ และในอาร์เอ็นเอมีเบส U แทนเบส T ดังนั้น เมื่อเอ็มอาร์เอ็นเอถอดรหัสได้แล้ว อาร์เอ็นเอถ่ายโอนหรือที่อาร์เอ็นเอ (transfer RNA: t-RNA) จะทำหน้าที่นำกรดอะมิโน (amino acid) ที่สอดคล้องกับรหัสการสร้างโปรตีนบนสายเอ็มอาร์เอ็นเอมาต่อกันเป็นสายพอลิเพปไทด์ที่อาร์เอ็นเอไรโบโซม หรืออาร์อาร์เอ็นเอ (ribosomal RNA: r-RNA) เรียกกระบวนการนี้ว่า **การแปลรหัส (translation)**



โครงสร้างของโปรตีนประกอบด้วยหน่วยย่อย (monomer) ที่เรียกว่า กรดแอมิโน เรียงต่อกันเป็นสายยาว โปรตีนแต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่ลำดับการเรียงตัวและจำนวนของ กรดแอมิโน ถ้าโครงสร้างหลักของโปรตีนเปลี่ยนไป การทำงานของโปรตีนก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งมีผลกระทบต่อลักษณะทางพันธุกรรมให้เปลี่ยนแปลงไป

ทบทวนความเข้าใจ

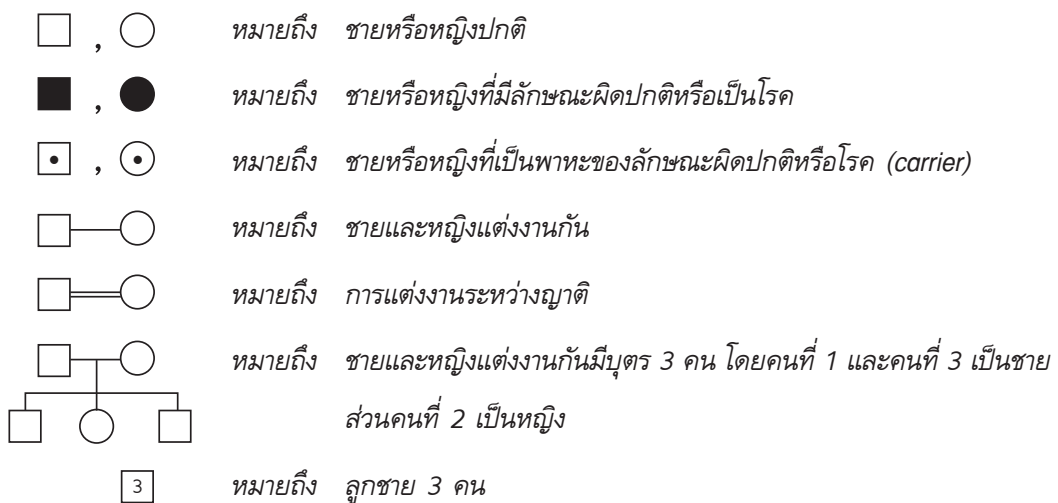
1. โครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรมมีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด
2. โครงสร้างพื้นฐานของดีเอ็นเอประกอบด้วยสารใด
3. รหัสพันธุกรรมคืออะไร มีส่วนประกอบอะไรบ้าง
4. ยีนแต่ละยีนแสดงลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกันได้เพราะอะไร

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในมนุษย์

การศึกษาแบบแผนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในมนุษย์ ช่วยให้เรารู้ถึงลักษณะที่ผิดปกติหรือโรคที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม ของคนในครอบครัว ทำได้โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะทาง พันธุกรรมในครอบครัวหลาย ๆ ชั่วรุ่นแล้วนำมาเขียนเป็นแผนภาพแสดง ลำดับเครือญาติที่เรียกว่า **พงศาวลี (pedigree; family tree; genealogical tree)** ซึ่งสัญลักษณ์ ต่าง ๆ ที่ใช้ในการเขียนพงศาวลีมีดังรูปที่ 1.11

ศัพท์ที่ควรรู้

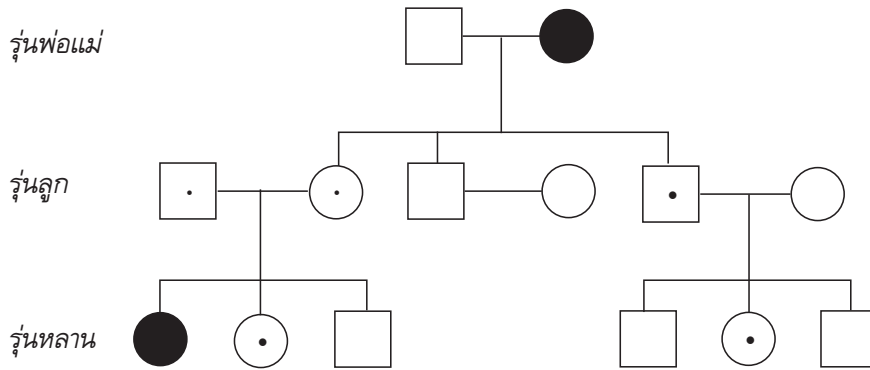
พงศาวลี



รูปที่ 1.11 สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการเขียนพงศาวลี



รูปที่ 1.12 เป็นตัวอย่างพงศาวลีของครอบครัวหนึ่ง ซึ่งแสดงการถ่ายทอดลักษณะผิดปกติหรือโรคพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกหลาน



สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนพงศาวลี

- , ○ หมายถึง ชายหรือหญิงปกติ
- , ● หมายถึง ชายหรือหญิงที่มีลักษณะผิดปกติหรือเป็นโรค
- ◻ , ◐ หมายถึง ชายหรือหญิงที่เป็นพาหะของลักษณะผิดปกติหรือโรค

รูปที่ 1.12 ตัวอย่างพงศาวลีแสดงการถ่ายทอดลักษณะผิดปกติของครอบครัวหนึ่ง

จากพงศาวลีในรูปที่ 1.12 จะเห็นได้ว่า ลักษณะผิดปกติทางพันธุกรรมในมนุษย์นั้น สามารถถ่ายทอดในครอบครัวได้ ทำให้เกิดความผิดปกติไปยังรุ่นลูกหลานและรุ่นต่อ ๆ ไป

การพิจารณาว่า ลักษณะใดถูกควบคุมโดยแอลลีลเด่นและลักษณะใดถูกควบคุมโดยแอลลีลด้อยให้พิจารณาจากพงศาวลี ถ้าปรากฏว่าลักษณะใดก็ตามมีปรากฏอยู่ในทุกรุ่น ลักษณะดังกล่าวนั้นถูกควบคุมโดยแอลลีลเด่น แต่ถ้าปรากฏเฉพาะในบางรุ่น ลักษณะนั้นถูกควบคุมโดยแอลลีลด้อย

การแสดงออกของยีนในสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะสูง-เตี้ยหรือลักษณะการมีติ่งหู-ไม่มีติ่งหู เรียกว่า **ฟีโนไทป์ (phenotype)** ส่วนการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม โดยยีนเรียกว่า **จีโนไทป์ (genotype)** หรือลักษณะพันธุกรรม

ลักษณะสูง-เตี้ยหรือลักษณะการมีติ่งหู-ไม่มีติ่งหูเป็นฟีโนไทป์ที่เกิดจากการเข้าคู่กันของแอลลีล 2 แบบ แต่ยีนบางชนิดมีแอลลีลควบคุมมากกว่า 2 แบบ เช่น หมู่เลือดของมนุษย์ ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้รายละเอียดต่อไป



จีโนไทป์ที่มีแอลลีลทั้งคู่เหมือนกัน ซึ่งอาจจะเป็นแอลลีลเด่น หรือแอลลีลด้อยทั้งคู่ก็ได้ เราเรียกว่า **ฮอมอไซกัส (homozygous)** หรือ **พันธุ์แท้** แต่ถ้าจีโนไทป์มีแอลลีลทั้งคู่ต่างกัน เราเรียกว่า **เฮเทอโรไซกัส (heterozygous)** หรือ **พันธุ์ผสม**



นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษารูปร่างและจำนวนโครโมโซมของมนุษย์พบว่า มนุษย์ปกติมีโครโมโซมจำนวน 46 โครโมโซมหรือ 23 คู่ จัดเป็นโครโมโซมที่ไม่เกี่ยวข้องกับการกำหนดเพศ 22 คู่ ซึ่งเหมือนกันทั้งในเพศชายและเพศหญิง เรียกว่า **โครโมโซมร่างกาย (autosome)** ส่วนโครโมโซมคู่ ที่ 23 ที่เหลืออีก 1 คู่เป็น **โครโมโซมเพศ (sex chromosome)** ซึ่งเป็นตัวกำหนดเพศในมนุษย์ โครโมโซมเพศมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละเพศ เพศหญิงจะมีโครโมโซมเหมือนกันทั้งคู่ ใช้สัญลักษณ์เป็น XX ส่วนเพศชายมีโครโมโซมต่างกัน ใช้สัญลักษณ์เป็น XY การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมทางโครโมโซมร่างกายและโครโมโซมเพศมีตัวอย่าง ดังนี้

○ การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมทางโครโมโซมร่างกาย

เพศหญิงและเพศชายจะมีโครโมโซมร่างกายจำนวนเท่ากัน คือ 22 คู่ (44 แท่ง) ลักษณะผิดปกติหรือโรคพันธุกรรมสามารถถ่ายทอดได้ทั้งในแอลลีลเด่นและแอลลีลด้อย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

การถ่ายทอดความผิดปกติของโครโมโซมร่างกายที่เป็นแอลลีลเด่น

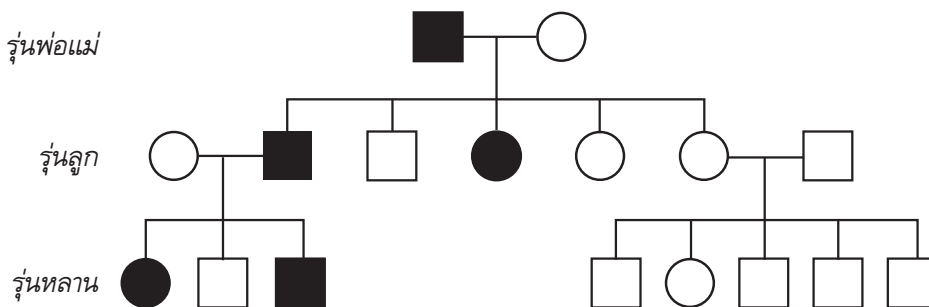
การถ่ายทอดความผิดปกติของแอลลีลที่ควบคุมลักษณะเด่นทำให้เกิดลักษณะผิดปกติหรือโรคพันธุกรรมหลายโรคด้วยกัน เช่น ลักษณะนิ้วเกิน



รูปที่ 1.13
ลักษณะนิ้วเกิน

ความผิดปกติที่พบในผู้ที่มีลักษณะนิ้วเกิน คือ มีนิ้วมือและ/หรือนิ้วเท้ามากกว่าคนปกติ เช่น มีนิ้วมือข้างละ 6 นิ้ว หรือมีนิ้วเท้าข้างละ 6 นิ้ว

การถ่ายทอดลักษณะนิ้วเกินของครอบครัวหนึ่งนำมาเขียนเป็นพงศาวลีได้ ดังนี้



สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนพงศาวลี



หมายถึง ชายหรือหญิงปกติ



หมายถึง ชายหรือหญิงที่มีลักษณะผิดปกติหรือเป็นโรค

รูปที่ 1.14 พงศาวลีการถ่ายทอดพันธุกรรมลักษณะนิ้วมือหรือนิ้วเท้าเกิน



จากพงศาวลีในรูปที่ 1.14 จะเห็นได้ว่า การถ่ายทอดลักษณะนิ้วเกินของครอบครัวนี้เกิดขึ้นใน 2 รุ่น คือ รุ่นลูกและรุ่นหลาน โดยรุ่นลูกมีลูกชายและลูกสาวนิ้วเกินอย่างละ 1 คน ในอัตราส่วนระหว่างลูกที่มีนิ้วปกติกับลูกที่มีนิ้วเกินเท่ากับ 3:2 ส่วนในรุ่นหลานมีหลานชายและหลานสาวนิ้วเกินอย่างละ 1 คนเช่นกัน ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างผู้ที่มีนิ้วปกติกับผู้ที่มีนิ้วเกินเท่ากับ 1:2

ด้วยเหตุที่รุ่นพ่อแม่มีแอลลีลที่แสดงลักษณะนิ้วเกิน และรุ่นลูกรุ่นหลานก็ได้รับการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวนี้มาทุกรุ่น แสดงว่าลักษณะนิ้วเกินที่ถ่ายทอดในครอบครัวนี้เป็นลักษณะเด่น นอกจากนี้ยังมีลักษณะผิดปกติหรือโรคอื่น ๆ ที่เป็นลักษณะเด่นอีก เช่น ลักษณะนิ้วเป็นก้ามปู การมีขนตามตัวมากผิดปกติ โรคผิวหนังหนาและแตกกระแหง (เกล็ดขรุขระ) โรคท้าวแสนปม ซึ่งมีตุ่มที่ผิวหนังและปานจำนวนมาก และตัวเตี้ยแคระขนิคอะคอนไดรพลาเซีย (achondroplasia) ซึ่งมีลักษณะศีรษะโต นิ้วมือและแขนขาสั้น ซึ่งการถ่ายทอดความผิดปกติของแอลลีลที่ควบคุมลักษณะเด่นซึ่งอยู่บนโครโมโซมร่างกาย มีอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคของลูกหรือพี่น้องของผู้ป่วยเท่ากับ 1 ใน 2 ไม่ว่าจะเป็นเพศชายหรือเพศหญิงก็ตาม



ลักษณะตัวเตี้ยแคระขนิคอะคอนไดรพลาเซีย



โรคท้าวแสนปม

รูปที่ 1.15 ตัวอย่างลักษณะผิดปกติของโครโมโซมร่างกายที่เป็นแอลลีลเด่น

เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะผิดปกติทางพันธุกรรม นักเรียนสามารถเรียนรู้พงศาวลีแสดงการถ่ายทอดลักษณะผิดปกติของครอบครัวหนึ่งได้จากการปฏิบัติกิจกรรมต่อไปนี้



พงศาวลีช่วยให้ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างไร

กิจกรรมที่ 2



วิเคราะห์ข้อมูล

การเขียนพงศาวลี

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. บอกสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนพงศาวลีได้
2. เขียนพงศาวลีแสดงการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางชนิดได้
3. อธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นลักษณะเด่นได้

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา สัญลักษณ์ในพงศาวลีสามารถอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของคนในครอบครัวได้ในลักษณะใด

ขั้นตอน

1. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างการถ่ายทอดลักษณะนิ้วเกินของครอบครัวหนึ่ง จากข้อความต่อไปนี้ “ชายคนหนึ่งมีลักษณะนิ้วเกินแต่งงานกับหญิงปกติคนหนึ่ง ได้ลูก 3 คน โดยรุ่นลูกคนที่ 1 เป็นลูกสาวมีนิ้วเกิน ลูกคนที่ 2 เป็นลูกขายนี้อปกติ และลูกคนที่ 3 เป็นลูกขายนี้นวเกิน ต่อมาลูกชายทั้ง 2 คนแต่งงานและมีลูก โดยลูกชายคนที่ 2 แต่งงานกับหญิงปกติ มีลูกสาวและลูกชาย ซึ่งต่างก็มีนิ้วปกติ ส่วนลูกชายคนเล็กแต่งงานกับหญิงปกติได้ลูกสาว 1 คน ซึ่งมีลักษณะนิ้วเกิน”
2. เขียนพงศาวลีแสดงการถ่ายทอดลักษณะนิ้วเกินของครอบครัวนี้ พร้อมทั้งแสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนพงศาวลีลงในสมุด
3. นำพงศาวลีที่เขียนขึ้นมานำเสนอหน้าห้องเรียนและอภิปรายร่วมกันในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้
 - สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนพงศาวลีบอกลักษณะเด่นและลักษณะด้อยได้อย่างไร
 - ลักษณะนิ้วเกินเป็นลักษณะเด่นหรือลักษณะด้อย เพราะอะไร
 - นักเรียนสามารถระบุจีโนไทป์ของแต่ละคนในพงศาวลีได้หรือไม่ เพราะอะไร



ค้นหาคำตอบ

1. จากพงศาวลีแสดงการถ่ายทอดลักษณะผิดปกติของครอบครัวในกิจกรรม ใครเป็นคนถ่ายทอดลักษณะผิดปกติมาสู่รุ่นลูกหลาน
2. จากพงศาวลี มีการถ่ายทอดลักษณะผิดปกติเกิดขึ้นกี่ชั่วรุ่น
3. โรคที่ถ่ายทอดมาสู่รุ่นลูกและรุ่นหลานเกิดจากแอลลีลที่ควบคุมลักษณะเด่นหรือลักษณะด้อย นักเรียนมีวิธีพิจารณาอย่างไร



การถ่ายทอดความผิดปกติของโครโมโซมร่างกายที่เป็นแอลลีลด้อย

โรคพันธุกรรมที่พบในคนไม่ได้เกิดจากการถ่ายทอดความผิดปกติของแอลลีลที่ควบคุมลักษณะเด่นอย่างเดียวนั้น แอลลีลที่ควบคุมลักษณะด้อยก็สามารถทำให้เกิดโรคพันธุกรรมได้เช่นกัน แต่จะไม่แสดงอาการของโรคหรือลักษณะผิดปกติออกมาในผู้ที่เป็นเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) เพราะถูกแอลลีลปกติที่ควบคุมลักษณะเด่นข่มเอาไว้ (Tt) แต่ก็เป็นพาหะ (carrier) สืบทอดโรค และอาจจะถ่ายทอดมายังสมาชิกในครอบครัวหลายชั่วรุ่น การถ่ายทอดความผิดปกติของแอลลีลด้อยที่พบได้บ่อย เช่น โรคธาลัสซีเมีย (โรคโลหิตจางชนิดหนึ่ง) ผิวเผือกเม็ดเลือดแดงเป็นรูปเคียว และโรคขาดเอนไซม์แล็กเทส



เม็ดเลือดแดงเป็นรูปเคียว

เม็ดเลือดแดงปกติ

รูปที่ 1.16 เม็ดเลือดแดงเป็นรูปเคียวไม่สามารถลำเลียงแก๊สออกซิเจนได้เหมือนเม็ดเลือดแดงปกติ

○ มัลติเพิลแอลลีล

การศึกษาของเมนเดลนั้น เขาได้อธิบายเฉพาะลักษณะทางพันธุกรรมที่มียีนเพียง 2 แอลลีลควบคุม เช่น ลักษณะสีของดอกหรือรูปร่างของเมล็ดถั่วลันเตา แต่ในการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ในสมัยต่อมาพบว่ามียีนบางชนิดที่มีแอลลีลควบคุมมากกว่า 2 แบบ เรียกว่า **มัลติเพิลแอลลีล (multiple alleles)** การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมลักษณะนี้จัดเป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล โดยยีนที่มีแอลลีลควบคุมมากกว่า 2 แบบที่เรารู้จักดี คือ หมู่เลือดของมนุษย์

ฟิวก์ที่ควรรู้

มัลติเพิลแอลลีล

หมู่เลือดเป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิต นักวิทยาศาสตร์พบว่าหมู่เลือด ABO ในมนุษย์มีแอลลีลควบคุมอยู่ 3 แบบ คือ แอลลีล A หรือ I^A แอลลีล B หรือ I^B และแอลลีล O หรือ i แต่เนื่องจากแอลลีลในยีนอยู่กันเป็นคู่ ๆ ตามกฎของเมนเดล ดังนั้น หมู่เลือดของแต่ละคนจึงมีแอลลีลที่ควบคุมเพียง 2 แบบเท่านั้น นักเรียนคิดว่าเมื่อแอลลีลที่ควบคุมชนิดของหมู่เลือดมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ จีโนไทป์ที่สามารถเกิดขึ้นได้จะมีอยู่ที่แบบ และฟีโนไทป์ของหมู่เลือดที่แสดงออกจากจีโนไทป์แต่ละรูปแบบมีลักษณะใด



แอลลีลทั้ง 3 ชนิดของหมู่เลือด

		I^A	I^B	i
แอลลีลทั้ง 3 ชนิดของหมู่เลือด	I^A	$I^A I^A$	$I^A I^B$	$I^A i$
	I^B	$I^A I^B$	$I^B I^B$	$I^B i$
	i	$I^A i$	$I^B i$	ii

รูปที่ 1.17 รูปแบบของจีโนไทป์ที่เกิดจากมัลติเพิลแอลลีลที่ควบคุมหมู่เลือด ABO

จากรูปที่ 1.17 แอลลีล I^A และ I^B เป็นแอลลีลเด่น ส่วนแอลลีล i เป็นแอลลีลด้อย นักเรียนจึงสามารถสรุปจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของหมู่เลือด ABO ได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 จีโนไทป์และฟีโนไทป์ของหมู่เลือด ABO

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

การทราบแอลลีลหรือจีโนไทป์ที่ควบคุมชนิดหมู่เลือดของพ่อแม่ ทำให้เราสามารถประเมินได้ว่าลูกที่เกิดมามีโอกาสที่จะมีหมู่เลือดใดได้บ้าง เช่น พ่อมีหมู่เลือด AB แต่งงานกับแม่ที่มีหมู่เลือด A ลูกที่เกิดมาจะมีหมู่เลือดใดบ้าง

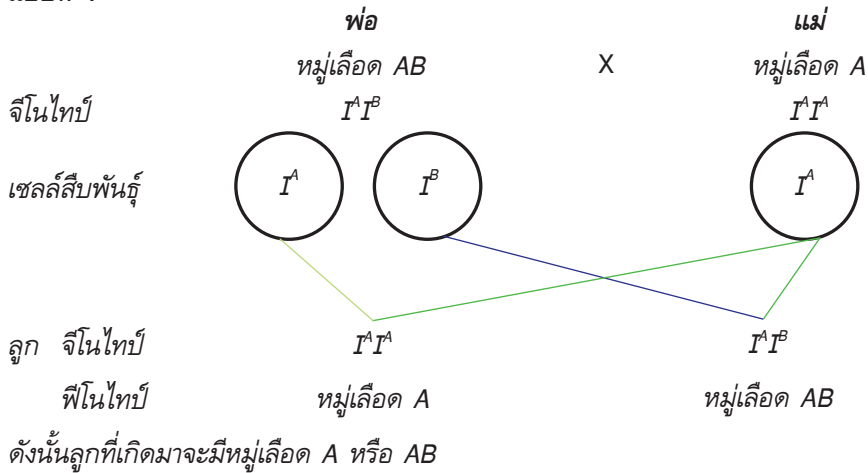
พ่อมีหมู่เลือด AB มีแอลลีลเป็น AB มีจีโนไทป์ $I^A I^B$

แม่มีหมู่เลือด A มีแอลลีลเป็น AA หรือ AO มีจีโนไทป์ $I^A I^A$ หรือ $I^A i$ ตามลำดับ

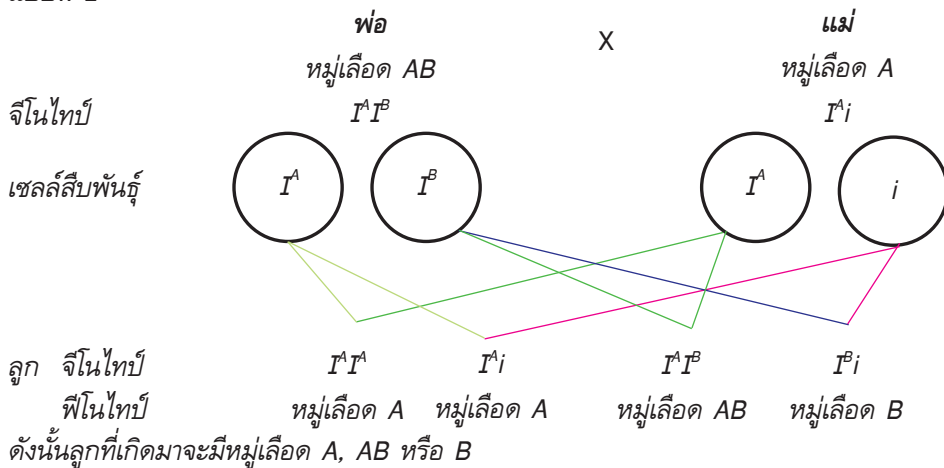
ดังนั้นหมู่เลือดของลูกที่เกิดมามีโอกาสเกิดดังแผนภาพในรูปที่ 1.18



แบบที่ 1



แบบที่ 2



รูปที่ 1.18 หมู่เลือดของลูกที่เกิดจากพ่อแม่ที่มีหมู่เลือด AB และ A ทั้ง 2 แบบ

นอกจากการทราบหมู่เลือดของตนเองว่าเป็นหมู่เลือดใดจะสามารถประเมินหาหมู่เลือดของพ่อและแม่ของตนเองได้ นักเรียนนำความรู้เรื่องหมู่เลือดระบบ ABO ไปใช้ประโยชน์ได้บ้าง

ฝึกเพิ่มทุนทักษะ

สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความเข้ากันของหมู่เลือดของผู้ให้และผู้รับในการบริจาคเลือด แล้วให้นักเรียนออกแบบการนำเสนอข้อมูลโดยสรุปเป็นแผนภาพ (infographic) แล้วนำเสนอหน้าห้องเรียน



○ การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมทางโครโมโซมเพศ

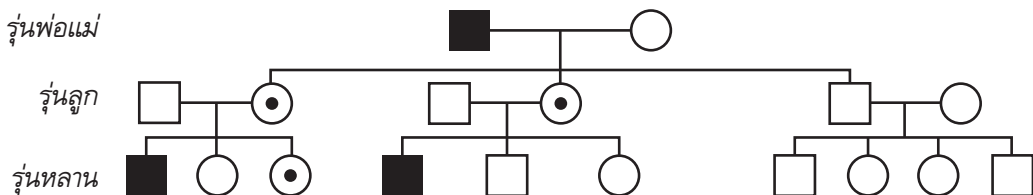
การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในมนุษย์ นอกจากจะศึกษาจากลักษณะที่ถ่ายทอดทางโครโมโซมร่างกายแล้ว ยังสามารถศึกษาจากลักษณะที่ถ่ายทอดทางโครโมโซมเพศได้อีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากมีแอลลีลที่ควบคุมลักษณะอยู่บนโครโมโซมเพศ คือ บนโครโมโซม X และ Y

ปกติโครโมโซม X จะมีขนาดใหญ่กว่าโครโมโซม Y ทำให้บนโครโมโซม X มียีนอยู่จำนวนมาก ซึ่งมีทั้งยีนที่ควบคุมลักษณะของเพศ และยีนที่ควบคุมลักษณะอื่น ๆ เช่น ยีนที่ควบคุมลักษณะตาบอดสีและยีนที่ควบคุมการสร้างลิมของเลือด

จากการศึกษาพบว่า โรคพันธุกรรมหลายโรคที่เกิดขึ้นเนื่องจากการถ่ายทอดความผิดปกติของแอลลีลที่อยู่บนโครโมโซม X เช่น ลักษณะตาบอดสีเขียว-แดง และฮีโมฟีเลีย (โรคเลือดไหลไม่หยุด)

ตาบอดสี

ตาบอดสี (color blindness) เป็นความผิดปกติทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม X ตัวอย่างพงศาวลีของครอบครัวหนึ่งที่มีการถ่ายทอดลักษณะตาบอดสีแสดงได้ดังรูปที่ 1.19



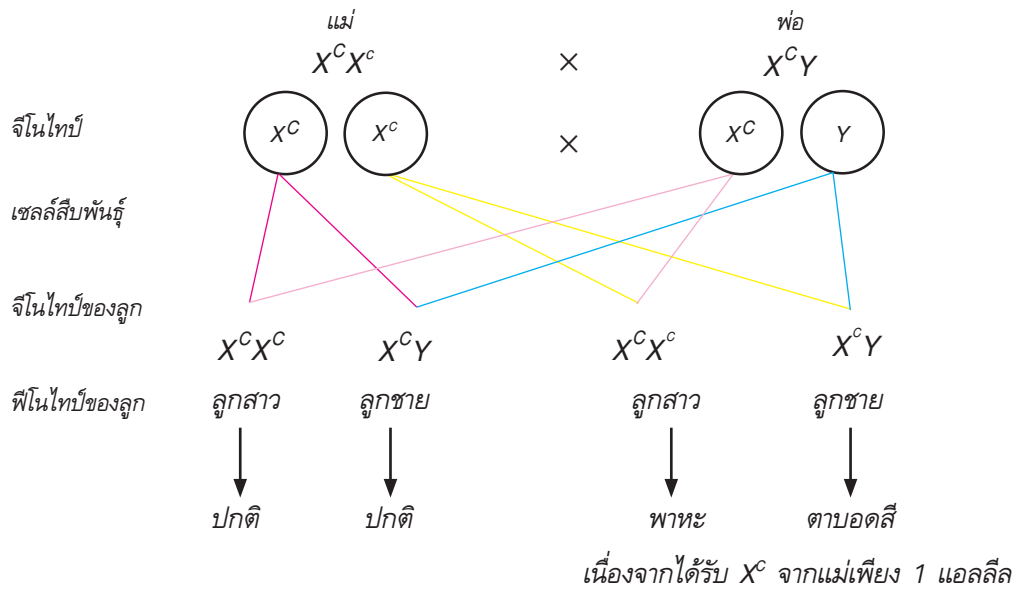
□ , ○ หมายถึง ชายหรือหญิงปกติ

■ , ● หมายถึง ชายหรือหญิงตาบอดสี

◻ , ◯ หมายถึง ชายหรือหญิงที่เป็นพาหะของลักษณะตาบอดสี

รูปที่ 1.19 พงศาวลีแสดงการถ่ายทอดลักษณะตาบอดสีในครอบครัวหนึ่ง

จากพงศาวลีในรูปที่ 1.19 ของครอบครัวนี้แสดงให้เห็นว่าลักษณะตาบอดสีมักปรากฏในเพศชาย แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของยีนที่เกี่ยวข้องกับโครโมโซม X ถ้าการเห็นสีตามปกติเป็นลักษณะเด่น (C) ส่วนการบอดสีเป็นลักษณะด้อย (c) ซึ่งยีนที่ควบคุมการมองเห็นสีนี้ไม่มีอยู่บนโครโมโซม Y ถ้าโครโมโซม X ทั้งคู่ของแม่มีแอลลีลที่ควบคุมลักษณะเด่นและลักษณะด้อยอยู่ด้วยกัน ($X^C X^c$) ส่วนโครโมโซม X ของพ่อมียีนที่ควบคุมการมองเห็นสีตามปกติ ($X^C Y$) ลูกที่เกิดมาเป็นชายเท่านั้นที่มีโอกาสตาบอดสี ส่วนลูกสาวไม่มีโอกาสเลย แต่ลูกสาวอาจเกิดภาวะที่เป็นพาหะเหมือนแม่ ($X^C X^c$) ดังรูปที่ 1.20

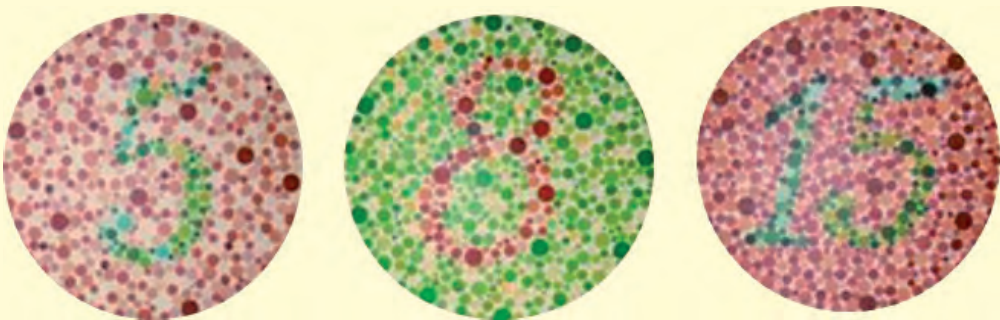


รูปที่ 1.20 การถ่ายทอดลักษณะตาบอดสี

กรณีเช่นนี้จะเห็นได้ว่า ถ้าแม่มีลักษณะด้อยของตาบอดสีแฝงอยู่ (เป็นพาหะของตาบอดสี) แต่งานกับพ่อที่มีการมองเห็นสีเป็นปกติ (ซึ่งเป็นแอลลีลเด่น) ลูกชายที่เกิดมาจะมีโอกาสตาบอดสีเท่ากับ 1 ใน 2 ส่วนลูกสาวทุกคนจะไม่มีโอกาสเป็นตาบอดสี แต่จะเป็นพาหะเท่ากับ 1 ใน 2 เช่นกัน แต่ถ้าพ่อตาบอดสีแต่งงานกับแม่ตาปกติ ลูกชายที่เกิดมาจะไม่มีโอกาสเป็นตาบอดสีเลย แต่ลูกสาวทุกคนจะมีโอกาสเป็นพาหะ

ฝึกเพิ่มพูนทักษะ

สังเกตภาพทดสอบตาบอดสีแล้วบอกเพื่อนถึงสิ่งที่สังเกตเห็น จากนั้นสลับกันสังเกตกับเพื่อน

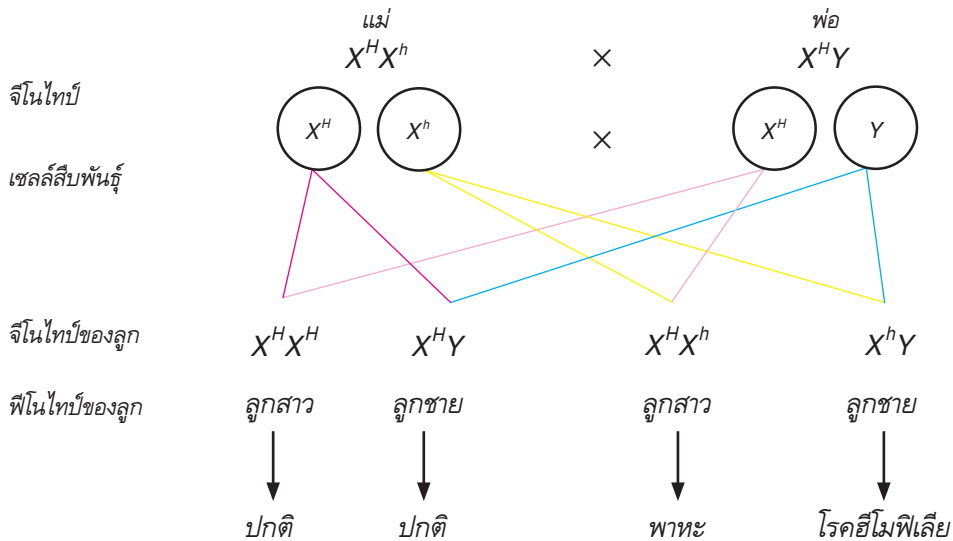


รูปที่ 1.21 ภาพทดสอบตาบอดสี



ฮีโมฟีเลีย

ฮีโมฟีเลีย (hemophilia) หรือโรคเลือดไหลไม่หยุดเป็นโรคที่เกิดจากการถ่ายทอดความผิดปกติของยีนที่ควบคุมลักษณะเลือดไหลไม่หยุด ซึ่งอยู่บนโครโมโซม X ความผิดปกติที่พบในโรคนี้ คือ เมื่อเกิดบาดแผล เลือดจะไหลออกง่ายแต่หยุดยากหรือแข็งตัวช้า ทั้งนี้เนื่องจากขาดสารที่ช่วยให้เลือดแข็งตัว ถ้าเลือดออกในอวัยวะที่สำคัญและให้การรักษาล่าช้า อาจทำให้เสียชีวิตได้ ฮีโมฟีเลียมีแบบแผนการถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้เหมือนกับลักษณะตาบอดสี ดังนั้นจึงมักจะพบโรคนี้ในเพศชายมากกว่าเพศหญิง โดยในประเทศไทยพบผู้ป่วยโรคนี้ประมาณ 1 คน ต่อประชากร 10,000 คน ปัจจุบันสามารถผลิตโปรตีนที่ทำให้เลือดแข็งตัวเพื่อช่วยให้ผู้ป่วยมีชีวิตยืนยาวและมีสุขภาพที่ดีขึ้น ถ้าลักษณะแข็งตัวของเลือดตามปกติเป็นแอลลีลลักษณะเด่น (H) ส่วนลักษณะเลือดไหลไม่หยุดเป็นแอลลีลลักษณะด้อย (h) เมื่อหญิงที่เป็นพาหะ ($X^H X^h$) แต่งงานกับชายที่เป็นปกติ ($X^H Y$) จะมีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมดังรูปที่ 1.22



รูปที่ 1.22 แผนภาพแสดงการถ่ายทอดความผิดปกติของยีนที่ควบคุมลักษณะโรคเลือดไหลไม่หยุด (โรคฮีโมฟีเลีย)

โรคพันธุกรรมที่ถ่ายทอดทางโครโมโซมร่างกายและโครโมโซมเพศที่ยกตัวอย่างมาส่วนใหญ่ ยังไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ เพียงแค่บำบัดให้ทุเลาลง วิธีการป้องกันและแก้ไขการเป็นโรคที่ดีที่สุดคือ เมื่อมีผู้เป็นโรคพันธุกรรมในครอบครัวควรไปพบแพทย์เพื่อตรวจรักษาและขอคำปรึกษา แนะนำเพื่อให้ผู้ป่วยและสมาชิกในครอบครัวปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้อง

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมเพศ
ส่งผลต่อรุ่นลูกรุ่นหลานลักษณะใด



กิจกรรมที่ 3



วิเคราะห์ข้อมูล

ลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมเพศ

จุดประสงค์ของกิจกรรม

- อธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของยีนบนโครโมโซมเพศได้
- หาโอกาสในการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูก

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

- การสังเกต
- การจัดกระทำและสื่อสารข้อมูล
- การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมเพศมีลักษณะใด
ขั้นตอน

ให้นักเรียนศึกษาและแก้โจทย์ปัญหาตัวอย่างสถานการณ์ต่อไปนี้

- หญิงคนหนึ่งตาปกติมีพ่อตาบอดสีแต่งงานกับชายตาปกติซึ่งมีพ่อตาบอดสี จงหาโอกาสที่ลูกจะตาบอดสี
- โรคฮีโมฟีเลียควบคุมด้วยแอลลีลด้อยบนโครโมโซม X หญิงปกติคนหนึ่งแต่งงานกับชายที่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย มีลูกสาวคนหนึ่งเป็นโรคฮีโมฟีเลีย จงหา
 - จีโนไทป์ของหญิงและชายคู่นี้
 - จีโนไทป์ของลูกชายและลูกสาวทุกคน
 - ลูกสาวที่เป็นโรคฮีโมฟีเลียคิดเป็นร้อยละเท่าใดของลูกสาวทั้งหมด
- หมู่เลือดระบบ ABO ในคนควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมร่างกาย ส่วนตาบอดสีควบคุมด้วยแอลลีลด้อยบนโครโมโซมเพศ พ่อและแม่มีหมู่เลือด A และตาปกติทั้งคู่ มีลูกชายคนหนึ่งมีหมู่เลือด O และตาบอดสี จงหาอัตราส่วนของฟีโนไทป์ดังต่อไปนี้
 - ถ้าลูกสาวของพ่อแม่คู่นี้มีหมู่เลือด O และตาปกติ
 - ถ้าลูกชายของพ่อแม่คู่นี้มีหมู่เลือด A และตาบอดสี



ค้นหาคำตอบ

- ถ้าชายปกติคนหนึ่งแต่งงานกับหญิงที่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย โอกาสที่ลูกจะเป็นโรคฮีโมฟีเลียมีร้อยละเท่าใด
- ลูกชายจะมีโอกาสเป็นโรคเกี่ยวกับยีนที่เกี่ยวข้องกับโครโมโซม X ในกรณีใดบ้าง
- ลูกสาวจะมีโอกาสเป็นพาหะเกี่ยวกับยีนที่เกี่ยวข้องกับโครโมโซม X ในกรณีใดบ้าง



บททวนความเข้าใจ

1. พงศาวลีคืออะไร มีความสำคัญต่อการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมในมนุษย์เพราะเหตุใด
2. โรคทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดผ่านโครโมโซมร่างกายแตกต่างจากการถ่ายทอดผ่านโครโมโซมเพศลักษณะใด
3. พ่อแม่ที่มีหมู่เลือด A ทั้งคู่จะให้กำเนิดลูกที่มีหมู่เลือดใดได้บ้าง
4. โรคทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดทางแอลลีลด้อยจะปรากฏลักษณะของโรคให้เห็นในกรณีใด



การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

กระบวนการในธรรมชาติการผสมพันธุ์อย่างต่อเนื่องกันในหลาย ๆชั่วรุ่นอาจทำให้ยีนมีการเปลี่ยนแปลงได้ ทำให้สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกรุ่นหลานมีลักษณะไม่เหมือนพ่อแม่ หรืออาจเกิดสิ่งมีชีวิตพันธุ์ใหม่ขึ้น (new species) การเปลี่ยนแปลงในระดับยีนดังกล่าวมีกระบวนการถ่ายทอดลักษณะไปสู่ลูกหลานได้อย่างไร นักเรียนจะได้ศึกษาในหัวข้อต่อไปนี้



การกลายหรือมิวเทชัน

การกลาย (mutation) หรือ **มิวเทชัน** คือ การแปรผันของหน่วยพันธุกรรมที่ทำให้สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกรุ่นหลานมีลักษณะผิดแผกไปจากพ่อแม่ การเกิดการแปรผันของหน่วยพันธุกรรมจะเรียกว่า **การกลาย** หรือ **การผ่าเหล่า** ก็ได้ การกลายเกิดขึ้นได้กับเซลล์สืบพันธุ์ที่เป็นอสุจิหรือไข่ หรือเซลล์ร่างกาย ถ้าการกลายเกิดขึ้นกับเซลล์สืบพันธุ์ (gametic mutation) ลักษณะต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปจะสามารถถ่ายทอดต่อไปยังรุ่นลูกรุ่นหลานได้ และทำให้เกิดลักษณะใหม่ในสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อ ๆ ไป เช่น ลักษณะผิวเผือกในครอบครัวปกติ แมลงหวี่ตาสีขาวในกลุ่มแมลงหวี่ตาสีแดง และแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะ แต่ถ้าการกลายเกิดขึ้นกับเซลล์ร่างกาย (somatic mutation) ลักษณะต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปจะไม่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกรุ่นหลานได้ เช่น มะเร็งผิวหนังที่พบในคน ลักษณะสีต่างปะปนเป็นจุด ๆ ในใบและดอกของพืชบางชนิด

ศัพท์ที่ควรรู้

การกลาย

การกลายเกิดขึ้นได้จาก 2 สาเหตุใหญ่ ๆ คือ

1. การกลายที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ การกลายลักษณะนี้พบได้ทั้งในคน สัตว์ พืช และจุลินทรีย์มักจะมีอัตราการเกิดต่ำมาก และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ค่อยเป็นค่อยไป ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ลักษณะที่ปรากฏให้เห็นในปัจจุบันเกิดจากยีนที่ผ่านการเกิดการกลายในอดีต โดยลักษณะใดที่เกิดการกลายแล้วมีความเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมก็就会被ธรรมชาติคัดเลือกไว้



2. การกลายที่เกิดขึ้นโดยวิธีการชักนำ ใน พ.ศ. 2470 เอช.เจ. มัลเลอร์ (H.J. Muller) นักพันธุศาสตร์ชาวอเมริกันได้ทดลองใช้รังสีเอกซ์ชักนำให้ยีนของแมลงหวี่เกิดการกลาย และพบว่ารังสีเอกซ์ทำให้แมลงหวี่เกิดการกลายสูงกว่าที่เกิดตามธรรมชาติถึง 150 เท่า ในปีต่อมา แอล.เจ. สแตดเลอร์ (L.J. Stadler) ได้ใช้รังสีเอกซ์ชักนำให้ยีนของข้าวสาลีเกิดการกลาย จากการค้นพบของนักพันธุศาสตร์ชาวอเมริกันทั้งสองนี้ เป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษากระบวนการกลายของยีน และเป็นแนวทางที่ทำให้นักพันธุศาสตร์ค้นพบสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ใหม่อีกมากมาย

ในปัจจุบันการกลายที่เกิดขึ้นกับพืชหรือสัตว์นอกจากจะเกิดจากการชักนำโดยใช้รังสีเอกซ์แล้วยังเกิดจากการชักนำได้โดยใช้รังสีชนิดอื่น ๆ อีก เช่น รังสีแกมมาและรังสีอัลตราไวโอเล็ต นอกจากนี้การกลายเกิดจากการชักนำโดยสารเคมีบางชนิดได้เช่นกัน เรียกว่าสิ่งที่ชักนำให้เกิดการกลายว่า **สิ่งก่อการกลาย (mutagen)**

รังสีที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช เช่น รังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ทำให้เกิดโอกาสที่ดีเอ็นเอของพืชเปลี่ยนแปลงและเมื่อนำพืชไปขยายพันธุ์ประกอบกับการคัดเลือกพืชต่าง ๆ จึงทำให้ได้พืชพันธุ์ใหม่ สำหรับประเทศไทย กรมวิชาการเกษตรได้นำเมล็ดข้าวมาฉายรังสีแกมมา ร่วมกับการคัดเลือกพันธุ์ได้เป็นข้าวพันธุ์ กข6 กข10 และ กข15 ซึ่งต้านทานโรคเพิ่มขึ้นและให้ผลผลิตสูง

การใช้รังสีปรับปรุงพันธุ์พืชช่วยในเรื่องผลผลิต การต้านทานโรค ทนต่อสภาพภูมิอากาศ และทนต่อแมลง เช่น กระเจี๊ยบเขียวที่ถูกปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสีร่วมกับการคัดเลือกพันธุ์เพื่อให้ต้านทานโรคเส้นใบเหลือง ดังรูปที่ 1.23



รูปที่ 1.23 กระเจี๊ยบเขียวผ่านการฉายรังสีเพื่อปรับปรุงพันธุ์

แหล่งสืบค้นความรู้

<http://www0.tint.or.th/application/apply-plant.html>



การกลายนอกจากจะเป็นสาเหตุของความแตกต่างกันในสิ่งมีชีวิตแล้ว ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการแปรผัน (genetic variation) และความหลากหลาย (genetic diversity) ของลักษณะต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิต ถ้าเช่นนั้นนักเรียนคิดว่า การกลายในสิ่งมีชีวิตมีประโยชน์และโทษต่อสิ่งมีชีวิตหรือไม่ อย่างไร นักเรียนสามารถหาคำตอบได้จากการปฏิบัติกิจกรรมต่อไปนี้

การกลายมีผลต่อสิ่งมีชีวิตลักษณะใด

กิจกรรมที่ 4



สืบค้นข้อมูล

ประโยชน์และโทษของการกลาย

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. สืบค้นข้อมูลลักษณะการกลายที่พบในสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากการกลายได้
2. ระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดการกลายได้
3. บอกประโยชน์และโทษของการกลายได้

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา การกลายเกิดจากสาเหตุใด มีประโยชน์และโทษต่อสิ่งมีชีวิตหรือไม่

ขั้นตอน

1. แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม แล้วให้นักเรียนช่วยกันยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะต่างไปจากลักษณะปกติของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ เช่น ควายเผือกและช้างเผือก
2. ร่วมกันวิเคราะห์ว่าลักษณะสิ่งมีชีวิตที่ยกตัวอย่างนั้น ลักษณะใดเป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่เกิดการกลาย
3. ให้แต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวกับประโยชน์และโทษของการกลายจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น หนังสือเรียน วารสารวิทยาศาสตร์ หรือเว็บไซต์ทางอินเทอร์เน็ตที่เกี่ยวกับหัวข้อเรื่องต่อไปนี้
 - การกลาย
 - ประโยชน์และโทษของการกลาย
4. นำข้อมูลที่ได้ในแต่ละกลุ่มมาสรุปและอภิปรายร่วมกันในห้องเรียน



บันทึกผลการสืบค้นข้อมูล

รายการบันทึกผลการสืบค้นข้อมูล

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

ควรบันทึกผลการสืบค้นข้อมูลในสมุด



ค้นหาคำตอบ

1. การกลายคืออะไร และเกิดจากสาเหตุใด
2. ประโยชน์และโทษของการกลายที่เกิดขึ้นในมนุษย์มีอะไรบ้าง
3. การกลายในพืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในลักษณะใด

สำหรับการเกิดการกลายในมนุษย์ส่วนใหญ่ทำให้เกิดลักษณะไม่ดีหรือลักษณะผิดปกติ และก่อให้เกิดโรคพันธุกรรม เช่น ลักษณะผิวเผือกเป็นการกลายที่ไม่ดี เพราะคนผิวเผือกไม่มีสารเมลานิน ซึ่งเป็นเม็ดสีที่จะช่วยป้องกันอันตรายจากแสงแดด จึงทำให้มีโอกาสเป็นมะเร็งผิวหนังได้ง่ายกว่าผิวปกติ และจากการศึกษาทางพันธุศาสตร์พบว่า การเกิดมะเร็งหลายชนิดเกิดจากการกลายนั้นเอง

จากที่กล่าวมาทั้งหมดพอจะสรุปได้ว่า การกลายเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดการแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม สิ่งมีชีวิตใหม่ที่ได้จะต้องปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม จึงจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ต่อไป และลักษณะทางพันธุกรรมเหล่านี้ถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ นั่นคือกฎธรรมชาติคัดเลือกให้มีชีวิตรอด ดังนั้น การกลายที่ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงเผ่าพันธุ์ต่อไปได้ จะเป็นรากฐานของวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตและวิวัฒนาการกระบวนการ ทำให้ได้สิ่งมีชีวิตชนิดหรือสายพันธุ์ใหม่ ๆ ที่มีลักษณะแตกต่างจากเดิม

ทบทวนความเข้าใจ

1. การกลายหรือมิวเทชันคืออะไร และมีผลต่อการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมหรือไม่
2. การกลายมีความสัมพันธ์กับการแปรผันทางพันธุกรรมในลักษณะใด
3. การกลายนำมาใช้ประโยชน์ในด้านใด



พจนานุกรม (Concept Map)



เทคโนโลยีชีวภาพ

นักเรียนนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับ

ผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์
และสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้นำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้และนำไปพัฒนาเทคนิควิธีการต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์ในหลายด้าน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ

การนำความรู้ด้านชีววิทยาในสาขาพันธุศาสตร์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้จากบทเรียนนี้



เทคโนโลยีชีวภาพ

เทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology) คือ การใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตหรือระบบของสิ่งมีชีวิต เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ โดยกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นและมีการใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ พันธุวิศวกรรม (genetic engineering) การโคลน (cloning) ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint) และชีวสารสนเทศศาสตร์ (bioinformatics) รวมไปถึงเทคโนโลยีชีวภาพด้านกระบวนการผลิตเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความคุ้มค่าทางการค้า

ศัพท์ที่ควรรู้

เทคโนโลยีชีวภาพ
พันธุวิศวกรรม



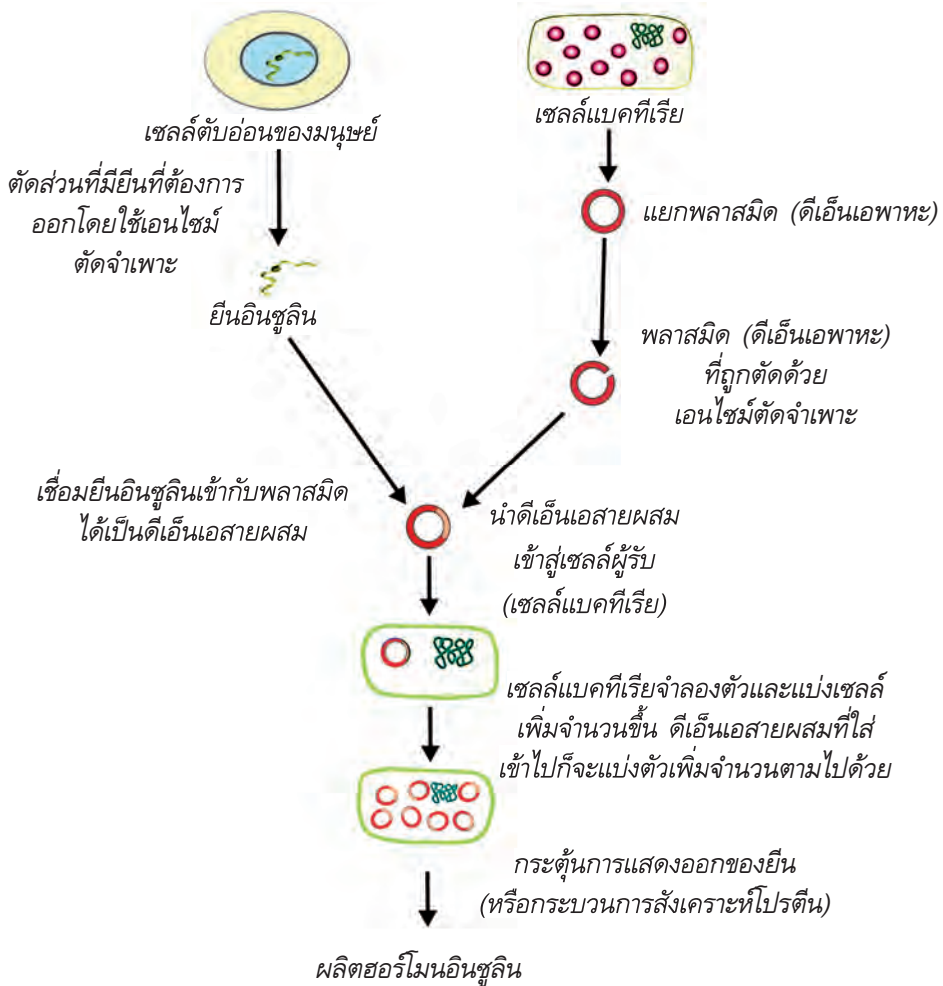
พันธุวิศวกรรม

ในอดีตวิธีการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ ทำได้โดยการผสมพันธุ์ก่อนแล้วคัดเลือกลูกผสมที่มีลักษณะตามต้องการภายหลัง ซึ่งเป็นวิธีที่ต้องใช้เวลานาน ปัจจุบันความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มีความก้าวหน้ามากขึ้น นักวิทยาศาสตร์ได้นำเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้พันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น ให้ผลผลิตต้านทานโรคและแมลง โดยพัฒนาวิธีการเพื่อลดความยุ่งยากลงด้วยวิธีที่เรียกว่า พันธุวิศวกรรม (genetic engineering)

หลักการโดยทั่วไปของพันธุวิศวกรรม คือ การตัดต่อยีนโดยมนุษย์ด้วยวิธีที่นอกเหนือไปจากกระบวนการตามธรรมชาติ ทำได้โดยการตัดดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มียีนที่มนุษย์ต้องการแล้วนำไปเชื่อมต่อกับดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง เกิดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีดีเอ็นเอลูกผสมที่มีคุณสมบัติตรงตามต้องการ เรียกสิ่งมีชีวิตที่ได้จากกระบวนการทางพันธุวิศวกรรมนี้ว่า สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม หรือ จีเอ็มโอ (GMO: genetically modified organism)



ในทางการแพทย์ได้นำวิธีการทางพันธุวิศวกรรมมาใช้ประโยชน์ในการผลิตฮอร์โมนที่สำคัญซึ่งพบได้น้อยในธรรมชาติ เช่น ฮอร์โมนอินซูลินสำหรับใช้รักษาโรคเบาหวาน โดยมีขั้นตอนหลัก ๆ ดังรูปที่ 1.24



รูปที่ 1.24 ขั้นตอนทางพันธุวิศวกรรมในการผลิตฮอร์โมนอินซูลิน

1. นำเซลล์จากแหล่งที่มียีนที่ต้องการ (เซลล์ตับอ่อนของมนุษย์) มาแยกโครโมโซมออกจากเซลล์
2. คัดเลือกยีนอินซูลินออกจากโครโมโซม โดยการตัดส่วนที่มียีนที่ต้องการออกด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme)



3. นำชิ้นส่วนของยีนที่ได้มาเชื่อมต่อกับดีเอ็นเอพาหะ เช่น **พลาสมิด (plasmid)** ซึ่งเป็นดีเอ็นเอที่แยกได้จากแบคทีเรียที่ตัดด้วย เอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกับเอนไซม์ที่ใช้ตัดยีนอินซูลิน

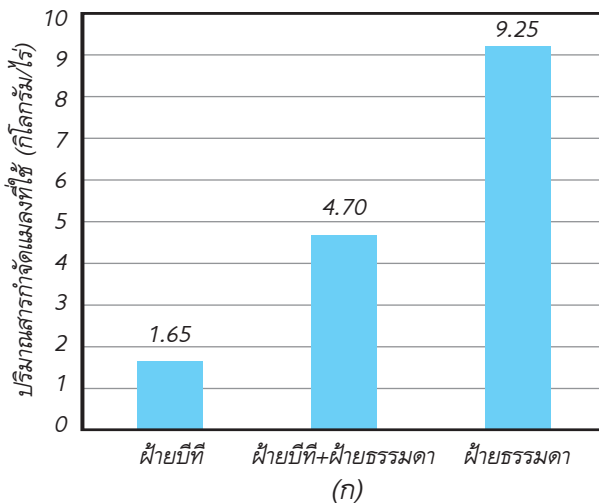
ฟิวก์ที่ควรรู้

พลาสมิด

4. เชื่อมพลาสมิดให้ติดเข้ากับยีนอินซูลินด้วยเอนไซม์อีกชนิดหนึ่ง ได้เป็นดีเอ็นเอสายผสม (recombinant DNA)

5. นำดีเอ็นเอสายผสมที่ได้ใส่เข้าไปในเซลล์แบคทีเรียซึ่งเป็นเซลล์ผู้รับ (host) และนำไปขยายพันธุ์เพิ่มจำนวน เพื่อให้ยีนที่ต้องการมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งเป็นการโคลน (gene cloning) อย่างหนึ่ง

ความรู้ทางพันธุวิศวกรรมถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย โดยเฉพาะในทางการเกษตร เพื่อให้ได้พันธุ์พืชที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ เช่น ต้านทานสารเคมี ต้านทานแมลง และสูงอมข้าว โดยพืชที่นิยมนำมาตัดแต่งยีนในปัจจุบัน ได้แก่ ฝ้ายที่มีคุณสมบัติต้านทานแมลง ที่เรียกว่า ฝ้ายบีที เกิดขึ้นโดยการถ่ายฝากยีนจากแบคทีเรียบาซิลลัส ทุรินจिएนซิส (*Bacillus thuringiensis*) เข้าไปในฝ้าย โปรตีนจากยีนนี้จะเป็นพิษต่อแมลงกลุ่มหนึ่ง จึงทำให้ฝ้ายมีความต้านทานต่อแมลงกลุ่มนี้ด้วย



(ข)
รูปที่ 1.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้สารกำจัดแมลงศัตรูพืชของฝ้ายบีทีกับฝ้ายธรรมชาติ (ก) และฝ้ายบีที (ข)

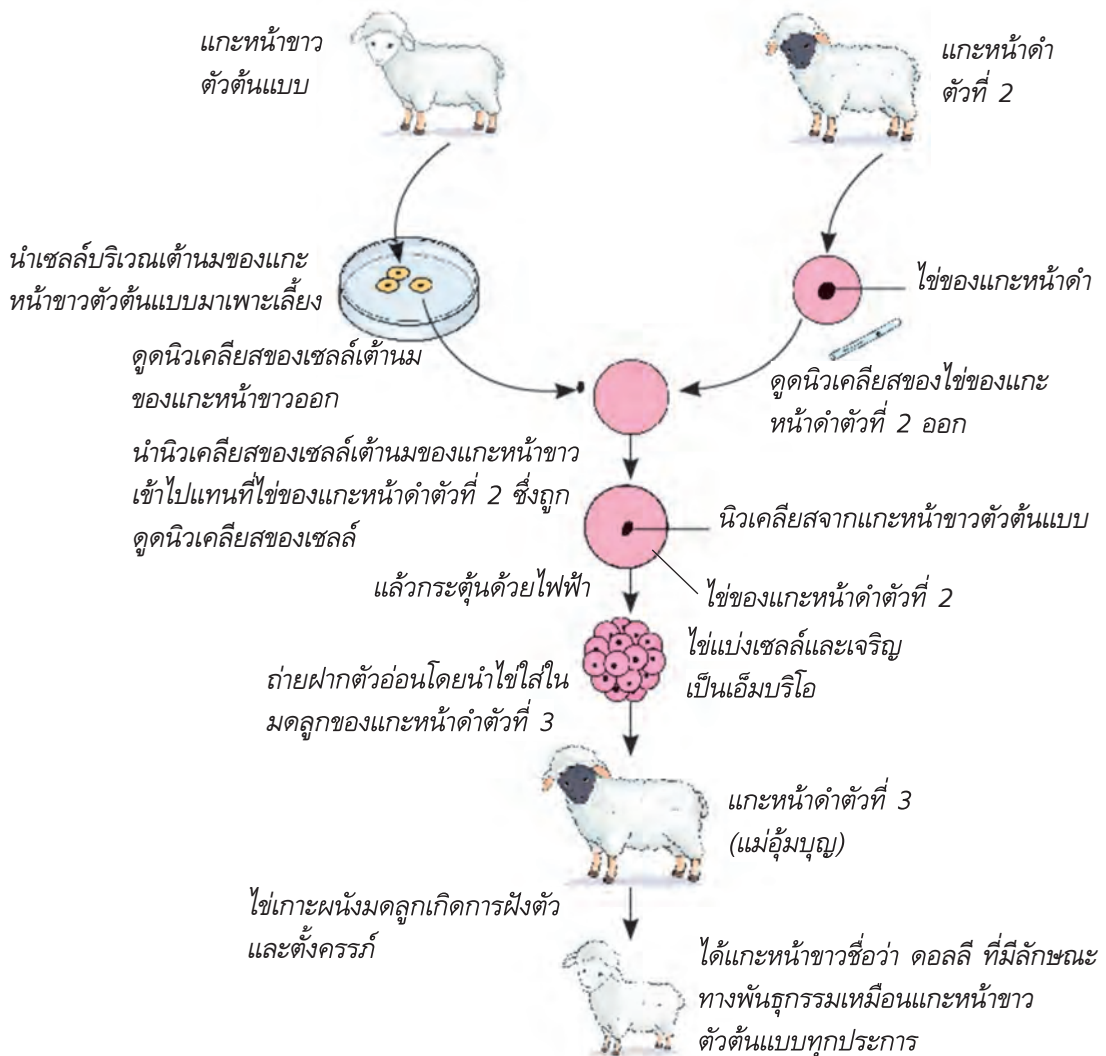
ยังมีพืชชนิดอื่นอีกที่ได้รับการดัดแปรพันธุกรรมเพื่อให้ได้ลักษณะของพืชตามต้องการ เช่น มะละกอ มะเขือเทศ ข้าวโพด ถั่วเหลือง และมันฝรั่ง ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนอาหารในอนาคตได้

ส่วนการใช้พันธุวิศวกรรมกับสัตว์ในทางการเกษตรยังอยู่ในช่วงศึกษาและทดลองเพื่อให้ได้ลักษณะของสัตว์ตามความต้องการ โดยสัตว์ที่ได้รับการรับรองความปลอดภัยจากคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ว คือ ปลาแซลมอน ที่โตเร็วเป็น 2 เท่าของปลาแซลมอนแอตแลนติกทั่วไป แต่มีคุณค่าทางอาหารไม่แตกต่างกัน ซึ่งความสำเร็จในครั้งนี้จะนำไปสู่การดัดแปรพันธุกรรมของสัตว์ชนิดอื่นต่อไป



○ การโคลน

การโคลนสัตว์ (animal cloning) คือ การสร้างสัตว์ตัวใหม่ขึ้นมาโดยไม่ใช้แหล่งของสารพันธุกรรมจากเซลล์สืบพันธุ์ (sex cell) แต่ใช้แหล่งของสารพันธุกรรมจากเซลล์ร่างกาย (somatic cell) แทน ทำให้ได้สัตว์ตัวใหม่ที่มีรูปร่าง หน้าตา และลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับสัตว์ที่เป็นเจ้าของเซลล์ที่เป็นแหล่งของสารพันธุกรรม สัตว์ตัวแรกของโลกที่เกิดจากการรวมวิธีการโคลน คือ แกะดอลลี่ในสกอตแลนด์มีขั้นตอนการโคลน ดังรูปที่ 1.26



รูปที่ 1.26 ขั้นตอนการโคลนแกะดอลลี่



การโคลนแกะดอลลีเกิดจากการนำนิวเคลียสที่มีดีเอ็นเอจากเซลล์เนื้อเยื่อบริเวณเต้านมของแกะตัวต้นแบบออกมา แล้วใส่ลงในไข่ที่ยังไม่ได้รับการผสมที่ดึงเอานิวเคลียสออกแล้วจากแกะหน้าดำตัวที่ 2 ทำให้ไข่แบ่งเซลล์และเจริญเป็นตัวอ่อน จากนั้นจึงนำไปถ่ายฝากไว้ในมดลูกของแกะหน้าดำตัวที่ 3 (แม่อุ้มบุญ) เพื่อให้เจริญเติบโตต่อไป

สำหรับในประเทศไทยได้มีการโคลนวัวเนื้อตัวแรกของโลก ชื่อ นิโคล และวัวนมตัวแรกของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ชื่อ อิง ซึ่งเป็นตัวที่ 6 ของโลก อิงเกิดจากการโคลนโดยใช้เซลล์ใบหูเป็นเซลล์ต้นแบบ นอกจากนี้ยังมีการโคลนโคขาวลำพูนจากเซลล์ใบหูตัวที่ 2 ชื่อ เสวต ซึ่งเป็นผลงานการโคลนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ที่มา : <http://ird.sut.ac.th/irdnew>

รูปที่ 1.27 วัวโคลนพันธุ์โคขาวลำพูนตัวที่ 2 ชื่อ เสวต

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (tissue culture) เป็นวิธีการโคลนอย่างหนึ่ง ทำได้โดยนำเอาเนื้อเยื่อของพืชส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญ (meristem) เช่น ที่ปลายยอดอ่อน มาเลี้ยงในขวดเพาะเลี้ยงที่มีวุ้นและอาหารเลี้ยง ซึ่งมีธาตุอาหาร วิตามิน และฮอร์โมนพืชในสภาพที่ปลอดเชื้อจุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ปนเปื้อน โดยมีการควบคุมแสงสว่าง อุณหภูมิ และความชื้นขณะเลี้ยงอย่างเหมาะสม ทำให้ได้ต้นอ่อนของพืชที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนพืชต้นแบบทุกประการ แล้วจึงนำไปแยกเลี้ยงเพื่อให้เจริญเติบโตต่อไป



รูปที่ 1.28 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อขยายพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์

แหล่งสืบค้นความรู้

<http://www.thaibiotech.info/>

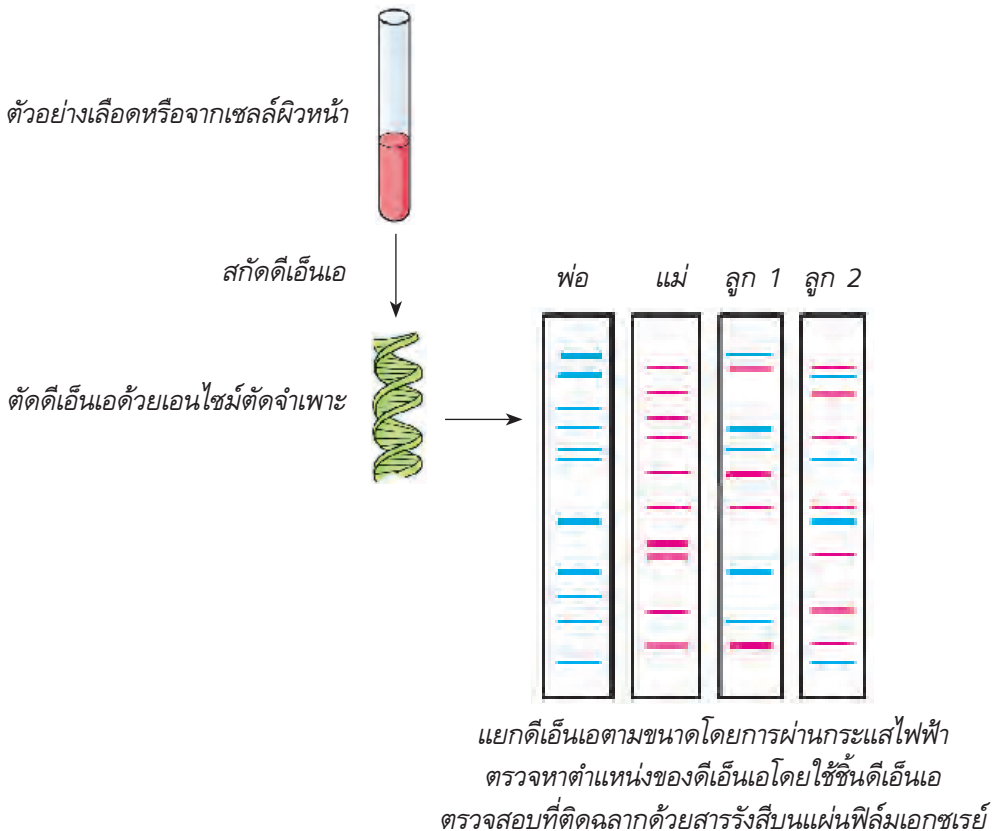


○ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint) คือ รูปแบบของแถบดีเอ็นเอ ซึ่งมีลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล

นักวิทยาศาสตร์ใช้การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอในการพิสูจน์บุคคลผู้ต้องสงสัยในคดีต่าง ๆ ทางกฎหมาย โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับการจัดลำดับเบสของดีเอ็นเอ เช่น CACACACA ซึ่งพบว่าแต่ละบุคคลมีจำนวนและตำแหน่งของลำดับเบสที่ไม่เหมือนกัน จึงใช้คุณสมบัตินี้ในการพิสูจน์บุคคลในคดีความต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอวิธีดั้งเดิมทำได้โดยการเก็บตัวอย่างเลือดหรือชิ้นเนื้อมาสกัดดีเอ็นเอ แล้วตัดดีเอ็นเอเป็นท่อนโดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ แยกดีเอ็นเอตามขนาดโดยการเคลื่อนที่ผ่านเจลด้วยกระแสไฟฟ้าจากนั้นนำมาตรวจหาตำแหน่งของดีเอ็นเอโดยการย้อมดีเอ็นเอตรวจสอบหรือโพรบ (probe) ที่ติดฉลากด้วยสารรังสีและฟิล์มเอกซเรย์ ซึ่งผลปรากฏออกมาจะมีลักษณะเป็นแถบเหมือนบาร์โค้ด (bar code) ดังรูปที่ 1.29 ต่อมาจึงได้มีการตรวจโดยใช้ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสหรือพีซีอาร์ (PCR: polymerase chain reaction) ควบคู่กับสารเรืองแสง แล้วอ่านจากเครื่องตรวจอัตโนมัติ ผลที่ได้จะเป็นเส้นกราฟตามตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งได้ผลแม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 1.29 ขั้นตอนการสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของครอบครัวหนึ่ง



○ ชีวสารสนเทศศาสตร์

ชีวสารสนเทศศาสตร์ (bioinformatics) เป็นวิทยาศาสตร์ชีวภาพว่าด้วยการใช้ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (information technology) มาจัดเก็บข้อมูลของสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนมากอย่างเป็นระบบแทนที่การจัดเก็บข้อมูลโดยการบันทึกที่ไม่สะดวกต่อการสืบค้นและนำมาใช้ ชีวสารสนเทศศาสตร์อาศัยวิทยาการคอมพิวเตอร์มาช่วยในการจัดการวิเคราะห์ แปลผลข้อมูลทางชีวภาพเพื่อตอบคำถามทางชีววิทยาให้มีประสิทธิภาพและคาดคะเนผลที่อาจเกิดขึ้นได้จากข้อมูลที่มีอยู่

ความสำคัญของชีวสารสนเทศศาสตร์ต่อนักวิจัยมีหลายประการ เช่น เป็นฐานข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของโมเลกุลที่มีความซับซ้อนโดยใช้โปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ ศึกษาการทำงานของยีนก่อให้เกิดโรคในโมเดลสัตว์ทดลอง และทำนายโครงสร้าง 3 มิติของโปรตีนที่เกิดจากการกระบวนการผลิตลำดับดีเอ็นเอโดยใช้แบบจำลองโมเลกุลแทนการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีเอกซเรย์

○ ความก้าวหน้าทางพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ

จากผลการศึกษาและพัฒนาทางพันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพดังกล่าว ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้ให้ความสนใจที่จะศึกษาในระดับยีนของสิ่งมีชีวิตที่เรียกว่า **การทำแผนที่ยีน (gene mapping)** หรือ **แผนที่จีโนม (genome mapping)** ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับตำแหน่งของยีนบนโครโมโซม รวมถึงหน้าที่และความสำคัญ เพราะถ้าหากเรามีความเข้าใจในระดับยีนโดยใช้แผนที่ยีนในการวินิจฉัยโรคแล้ว ในอนาคตมนุษย์อาจนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการวินิจฉัยและให้การรักษาโรคทางพันธุกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการใช้วิธีการทางพันธุวิศวกรรมในการรักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคทางพันธุกรรมที่มีความผิดปกติของยีน เช่น โรคธาลัสซีเมีย และโรคอื่น ๆ โดยการเปลี่ยนสลับใส่ยีนปกติเข้าไปทำงานแทนยีนที่ผิดปกติ เรียกว่าวิธีการรักษาแบบนี้ว่า **ยีนบำบัด (gene therapy)** ซึ่งปัจจุบันมีการศึกษาค้นคว้ากันอย่างกว้างขวาง

นักเรียนจะเห็นว่าเทคโนโลยีชีวภาพได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์เป็นจำนวนมาก นอกจากประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว นักเรียนคิดว่าเทคโนโลยีชีวภาพยังถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านใดได้อีกบ้าง และนักเรียนคิดว่าเทคโนโลยีชีวภาพมีผลกระทบต่อนุ่ขยและสิ่งแวดล้อมหรือไม่ อย่างไร นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมต่อไปนี้

ประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพมีอะไรบ้าง



กิจกรรมที่ 5



สืบค้นข้อมูล

ประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพ

จุดประสงค์ของกิจกรรม

บอกประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพในด้านต่าง ๆ ได้

ทักษะสร้างเสริมความเข้าใจที่คงทน

1. การสังเกต
2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
3. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ปัญหา เทคโนโลยีชีวภาพถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ในลักษณะใด
ขั้นตอน

1. แบ่งกลุ่มนักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพในด้านต่าง ๆ จากเอกสาร วารสารวิทยาศาสตร์ และอินเทอร์เน็ต
2. นำข้อมูลที่ได้อาอภิปรายร่วมกัน แล้วนำเสนอผลการทำกิจกรรม



ค้นหาคำตอบ

1. การนำเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันคืออะไร
2. นักเรียนมีวิธีการอย่างไรในการนำเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้ประโยชน์ควบคู่ไปกับการรักษาสังแวดล้อมในท้องถิ่น
3. นักเรียนคิดว่าในอนาคตแนวโน้มการนำเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้ประโยชน์จะมากขึ้นหรือน้อยลง เพราะเหตุใด

ทบทวนความเข้าใจ

1. วิธีการทางพันธุวิศวกรรมหมายถึงอะไร
2. พันธุวิศวกรรมแตกต่างจากการโคลนในลักษณะใด
3. เทคโนโลยีชีวภาพที่นำมาใช้พิสูจน์หาหลักฐานคดีอาชญากรรมที่ซับซ้อน เพื่อให้สามารถตรวจสอบบุคคลผู้ต้องสงสัยได้คือวิธีการใด และมีหลักการอย่างไร



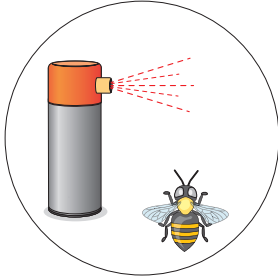
ผลของเทคโนโลยีชีวภาพ

มนุษย์ได้รับประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพในหลาย ๆ ด้าน ทำให้นักวิทยาศาสตร์ตื่นตัวทั้งด้านอุตสาหกรรม การแพทย์ และทำการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ และนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะด้านการเกษตรซึ่งจะเน้นในเรื่องการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์เพื่อให้ได้คุณลักษณะตามที่ต้องการ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเทคโนโลยีชีวภาพจะสามารถตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากเทคโนโลยีทุกประเภทเมื่อมีประโยชน์ก็มักจะมีโทษควบคู่กันไปด้วยเสมอ หากการนำไปใช้และการพัฒนาไม่ได้รับการควบคุมอย่างระมัดระวังก็อาจจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ พืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อมได้

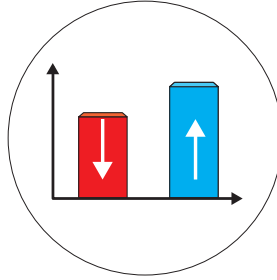


○ ประโยชน์และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากเทคโนโลยีชีวภาพ

ด้านพันธุวิศวกรรม การนำความรู้ด้านพันธุวิศวกรรมมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช ทำให้เราสามารถกำหนดคุณสมบัติของพืชได้ตามที่ต้องการ จึงก่อให้เกิดประโยชน์มากมาย ดังรูปที่ 1.30



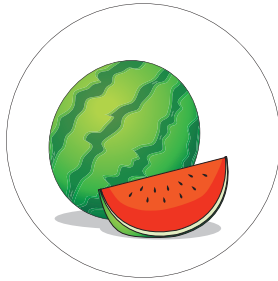
ต้านสารเคมีและแมลงบางชนิด



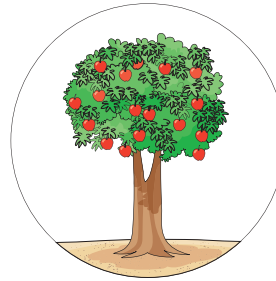
ลดการใช้สารเคมี ประหยัด
ต้นทุน และรักษาสีแวดล้อม



ผลผลิตเก็บได้นาน
จึงขนส่งได้ไกลไม่เน่าเสียง่าย



ต้านทานโรค
ผลผลิตจึงมีคุณภาพดี



ผลผลิตเจริญเติบโตได้ดี
แม้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

รูปที่ 1.30 ประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพด้านพันธุวิศวกรรม

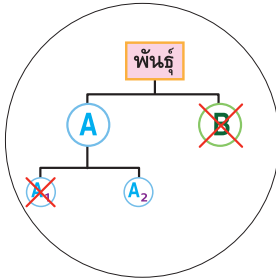
การนำเทคนิคทางพันธุวิศวกรรมมาใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืช จำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคตด้วย เช่น การแพร่กระจายของพืชที่มีการตัดแต่งยีนให้มีความทนทานต่อสารกำจัดวัชพืชไปสู่สภาพแวดล้อมอื่นและยีนนี้แพร่กระจายไปสู่พืชสายพันธุ์ดั้งเดิมหรือจุลินทรีย์อื่น ทำให้เกิดการดื้อต่อสารกำจัดวัชพืชนั้นไปด้วย หรือการใช้พืชพันธุ์ใหม่ที่ตัดแต่งยีนที่มีความสามารถในการแข่งขันได้ดี ทำให้พันธุ์ดั้งเดิมสูญพันธุ์ไป ดังนั้นการนำเทคนิคทางพันธุวิศวกรรมมาใช้ประโยชน์จึงต้องนำมาใช้อย่างรอบคอบและระมัดระวัง เพื่อป้องกันผลเสียและปัญหาที่จะตามมาในอนาคต

แหล่งสืบค้นความรู้

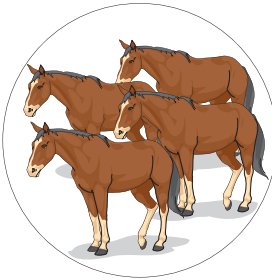
<http://www.safetybio.agri.kps.ku.ac.th/>



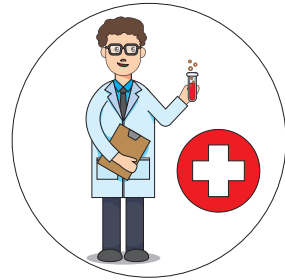
ด้านการโคลนสัตว์ การนำความรู้ด้านการโคลนมาใช้มีผลดีและผลกระทบ ดังนี้



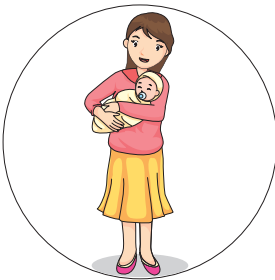
วิธีการคัดเลือกพันธุ์สัตว์ที่มีอยู่
ในปัจจุบันจะสูญหายไป



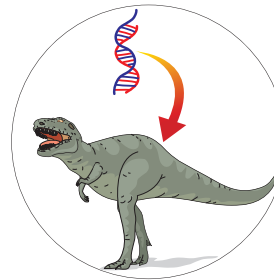
ความหลากหลายทางชีวภาพ
อาจหมดสิ้นไป



ใช้ความรู้ด้านการโคลนในการค้นคว้า
ทางการแพทย์ได้อย่างกว้างขวาง



ปัญหาเรื่องการมีบุตรยาก
จะหมดสิ้นไป



โคลนสัตว์ที่สูญพันธุ์ โดยอาศัยดีเอ็นเอจากซากสิ่งมีชีวิตที่มี
ส่วนกำหนดพันธุกรรมครบถ้วนและสามารถหาแม่อุ้มบุญได้

รูปที่ 1.31 ผลดีและผลกระทบของเทคโนโลยีชีวภาพด้านการโคลน

นอกจากผลดีและผลกระทบที่กล่าวมา ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นกับการโคลน คือ ปัญหาด้านจริยธรรมและผลกระทบต่อสังคมที่อาจเกิดขึ้นได้ เนื่องจากในขณะที่กรรมวิธีดังกล่าวช่วยลดขั้นตอนวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้ แต่ก็อาจถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในด้านลบได้เช่นกัน เช่น การโคลนมนุษย์แล้วขังเลี้ยงไว้เพื่อเอาอวัยวะ ดังนั้นในหลายประเทศจึงมีกฎหมายห้ามการศึกษาวิจัยในเรื่องการโคลนมนุษย์

การนำเทคโนโลยีชีวภาพด้านพันธุวิศวกรรมและการโคลนมาใช้ จึงต้องมีการควบคุมดูแลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิด และจำเป็นต้องมีข้อกำหนดร่วมกันเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพของโลกอีกด้วย ซึ่งขณะนี้ทั่วโลกได้มีความพยายามที่จะหามาตรการดูแลความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น เพื่อให้ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยในระดับนานาชาติได้มีการจัดทำข้อกำหนดและแนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพ ภายใต้อนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ (Convention on Biological Diversity: CBD) ซึ่งมีสาระสำคัญว่าผู้ส่งออกสินค้าประเภทที่ได้จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ผลิตภัณฑ์จีเอ็ม (GM products)



ต้องให้ข้อมูลอย่างละเอียดต่อประเทศผู้นำเข้า รวมทั้งจัดทำการประเมินความเสี่ยงเพื่อขออนุญาตการนำเข้า และประเทศผู้นำเข้าก็ต้องมีมาตรการในการตรวจสอบด้วยเช่นกัน เนื่องจากความปลอดภัยในการใช้ประโยชน์จากพืชและสัตว์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ผลิตภัณฑ์จีเอ็ม รวมถึงอาหารที่ผลิตจากพืชดัดแปรพันธุกรรมและผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปทางด้านการเกษตร ประมง และเนื้อสัตว์ อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ได้

ฝึกทักษะ

นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ ถ้ารัฐบาลไทยสนับสนุนให้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพืชและสัตว์ที่มีการดัดแปรพันธุกรรม

สำหรับประเทศไทย หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในเรื่องนี้ได้ให้ความสำคัญในการนำเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้ในประเทศเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการนำพืชดัดแปลงยีนเข้ามาในประเทศซึ่งต้องมีแนวทางและมาตรการควบคุมเพื่อความปลอดภัยกันอย่างจริงจัง โดยรัฐบาลได้ออกกฎหมายควบคุมให้พืชดัดแปลงยีน 40 ชนิดเป็นสิ่งต้องห้าม หากต้องการนำเข้าพืชดัดแปลงยีนเพื่อทำการทดลองในประเทศ จะต้องได้รับอนุญาตจากอธิบดีกรมวิชาการเกษตร โดยผ่านขั้นตอนการขออนุญาตตามที่กฎหมายกำหนด แต่ในเรื่องวัตถุดิบที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมของไทย ซึ่งยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ถั่วเหลือง ข้าวโพด และฝ้าย รัฐบาลจะอนุญาตให้นำเข้าเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ นอกจากนี้ยังมีมาตรการในการกำหนดการติดฉลาก (label) บนผลิตภัณฑ์อาหาร GMO อีกด้วย โดยกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดให้แสดงข้อความ “ดัดแปรพันธุกรรม” ไว้ที่ฉลากของผลิตภัณฑ์ GMO ที่นำเข้าและขายภายในประเทศ

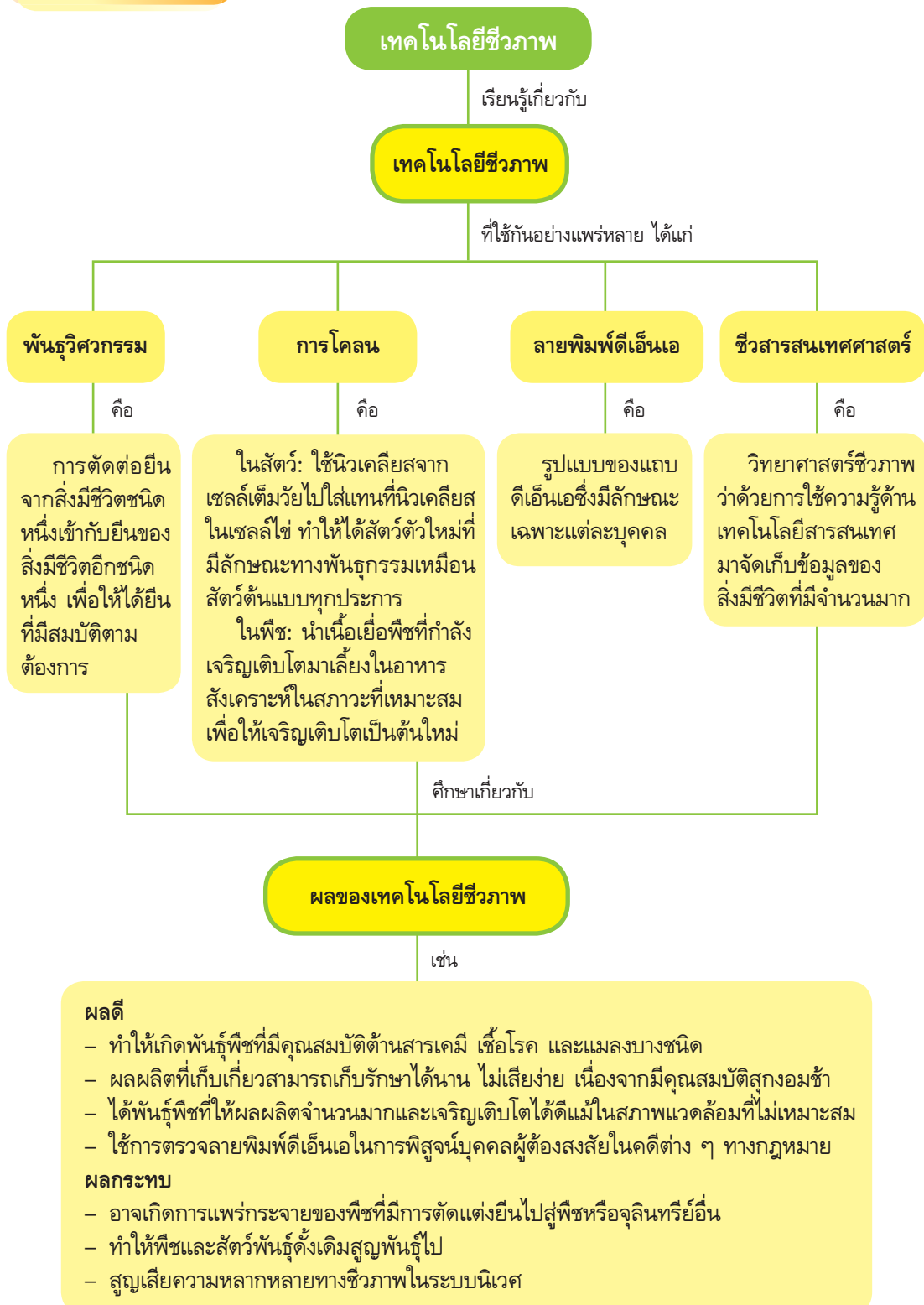
การควบคุมการนำวัตถุดิบที่ได้จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมมาใช้ประโยชน์นี้ เป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญ เนื่องจากเป็นประเด็นปัญหาในระดับนานาชาติ และเกี่ยวโยงไปถึงเศรษฐกิจ สังคม และการแข่งขันทางการค้าของประเทศ อย่างไรก็ตาม รัฐบาลได้เล็งเห็นความสำคัญและประโยชน์ของการนำเทคโนโลยีชีวภาพใช้ในการพัฒนาประเทศในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านการเกษตร สิ่งแวดล้อม และสาธารณสุข จึงได้มีการจัดตั้งศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC) ขึ้น เพื่อเป็นแกนนำในการวิจัย พัฒนา และส่งเสริมเทคโนโลยีชีวภาพไปสู่เอกชนและประชาชนโดยทั่วไป

ทบทวนความเข้าใจ

1. มนุษย์จะได้รับผลกระทบจากสิ่งมีชีวิตที่ได้จากวิธีการทางพันธุวิศวกรรมหรือไม่ ในลักษณะใด
2. ถ้าไม่มีการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพให้เจริญก้าวหน้าต่อไป จะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์หรือไม่ อธิบาย
3. ถ้าในอนาคตการโคลนมนุษย์ประสบผลสำเร็จจะก่อให้เกิดผลดีหรือผลเสียต่อสังคมในลักษณะใดบ้าง



พจนานุกรม (Concept Map)





สาระสำคัญประจำหน่วย



ตอนที่ 1 ลักษณะทางพันธุกรรมและกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1. ภายในนิวเคลียสของเซลล์ประกอบด้วยโครมาตินที่มีลักษณะเป็นสายยาวและขดพันกันอยู่เหมือนสปริงของสารพันธุกรรมที่เรียกว่า ดีเอ็นเอ (DNA)
2. สารพันธุกรรมแบ่งเป็นดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ ซึ่งหนึ่งนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ น้ำตาลเพนโทส เบสไนโตรเจน และหมู่ฟอสเฟตที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างนิวคลีโอไทด์ของแต่ละหน่วย
3. เบสไนโตรเจนแบ่งเป็น 5 ชนิด ได้แก่ เบสอะดีนีน (Adenine เรียกว่า A) เบสไทมีน (Thymine เรียกว่า T) เบสกวานีน (Guanine เรียกว่า G) เบสไซโทซีน (Cytosine เรียกว่า C) และเบสยูราซิล (Uracil เรียกว่า U)
4. พอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสายจะเชื่อมต่อระหว่างเบสกับเบสของนิวคลีโอไทด์แต่ละหน่วย ซึ่งเบส A จับคู่กับเบส T และเบส U และเบส C จับคู่เบส G
5. รหัสพันธุกรรมเป็นลำดับของนิวคลีโอไทด์ 3 หน่วยที่ใช้กำหนดชนิดของกรดแอมิโน เพื่อสังเคราะห์โปรตีนที่มีผลต่อการแสดงลักษณะทางพันธุกรรม
6. ยีนแต่ละยีนประกอบด้วยสารพันธุกรรมที่มีจำนวนและลำดับการเรียงของรหัสพันธุกรรมที่แตกต่างกัน จึงสังเคราะห์โปรตีนที่มีผลต่อการแสดงลักษณะทางพันธุกรรมได้แตกต่างกัน
7. การเปลี่ยนแปลงของลำดับนิวคลีโอไทด์ของสารพันธุกรรมส่งผลต่อลักษณะของยีนและการแสดงออกของลักษณะทางพันธุกรรม
8. พงศาวลีใช้ในการศึกษาแบบแผนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของคนในครอบครัว โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะทางพันธุกรรมในครอบครัวหลาย ๆ ชั่วรุ่นแล้วนำมาเขียนเป็นแผนภาพแสดงลำดับเครือญาติ
9. โรคพันธุกรรมที่ถ่ายทอดทางโครโมโซมร่างกายของแอลลีลเด่น เช่น ลักษณะนิ้วเกิน และโรคท้าวแสนปม ซึ่งจะแสดงอาการของโรคได้เมื่อโครโมโซมมีแอลลีลเด่นปรากฏอยู่
10. โรคพันธุกรรมที่ถ่ายทอดทางโครโมโซมร่างกายของแอลลีลด้อย เช่น โรคธาลัสซีเมียและผิวเผือกซึ่งจะแสดงอาการของโรคได้เมื่อโครโมโซมมีคู่ของแอลลีลด้อยปรากฏอยู่ แต่ถ้าแอลลีลด้อยจับคู่กับแอลลีลเด่นจะเป็นพาหะของโรค
11. หมู่เลือดมีรูปแบบของยีนที่ถูกควบคุมด้วยแอลลีล 3 แอลลีล คือ แอลลีล I^A และ I^B เป็นแอลลีลเด่น และแอลลีล i เป็นแอลลีลด้อย แอลลีลที่ควบคุมลักษณะยีนด้วยแอลลีลมากกว่า 2 แอลลีล เรียกว่า มัลติเพิลแอลลีล
12. โรคพันธุกรรมที่ถ่ายทอดทางโครโมโซม X เช่น ตาบอดสีเขียว-แดงและฮีโมฟีเลีย โดยในเพศหญิงจะแสดงอาการของโรคเมื่อแอลลีลทั้งคู่เป็นแอลลีลที่ควบคุมลักษณะด้อย ส่วนในเพศชายถ้าปรากฏแอลลีลด้อยก็จะแสดงอาการของโรคทันที



13. การกลายหรือมิวเทชัน คือ การแปรผันของหน่วยพันธุกรรมซึ่งเกิดจากการมีจำนวนและลำดับของรหัสพันธุกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกรุ่นหลานมีลักษณะผิดไปจากรุ่นพ่อแม่
14. การแปรผันทางพันธุกรรมทำให้สิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นใหม่มีลักษณะที่แตกต่างกันหลากหลายชนิด ก่อให้เกิดเป็นความหลากหลายทางชีวภาพ



ตอนที่ 2 เทคโนโลยีชีวภาพ

1. เทคโนโลยีชีวภาพ คือ การใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตหรือระบบของสิ่งมีชีวิต เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ โดยกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นและมีการใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ พันธุวิศวกรรม การโคลน ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ และชีวสารสนเทศศาสตร์ รวมไปถึงเทคโนโลยีชีวภาพด้านกระบวนการผลิต เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความคุ้มค่าทางการค้า
2. หลักการของพันธุวิศวกรรม คือ การตัดต่อยีนโดยการตัดดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งแล้วนำไปเชื่อมต่อกับดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง เกิดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีดีเอ็นเอลูกผสมที่มีคุณสมบัติตรงตามต้องการ เรียกสิ่งมีชีวิตที่ได้จากกระบวนการทางพันธุวิศวกรรมนี้ว่า สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม หรือจีเอ็มโอ (GMO)
3. การโคลนสัตว์ คือ การสร้างสัตว์ตัวใหม่ขึ้นมาโดยไม่ใช้แหล่งของสารพันธุกรรมจากเซลล์สืบพันธุ์ แต่ใช้แหล่งของสารพันธุกรรมจากเซลล์ร่างกายแทน ทำให้ได้สัตว์ตัวใหม่ที่มีรูปร่างหน้าตา และลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับสัตว์ที่เป็นเจ้าของเซลล์ที่เป็นแหล่งของสารพันธุกรรม
4. การโคลนพืช คือ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยนำเอาเนื้อเยื่อของพืชส่วนที่มีสภาพปลอดเชื้อที่เหมาะสมมาเลี้ยงในขวดเพาะเลี้ยง เพื่อให้เกิดการเจริญเติบโต
5. ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ คือ รูปแบบของแถบดีเอ็นเอ ซึ่งมีลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ใช้ในการพิสูจน์บุคคลได้โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับการจัดลำดับเบสซ้ำของดีเอ็นเอ
6. ชีวสารสนเทศศาสตร์ เป็นวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ว่าด้วยการใช้ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมาจัดเก็บข้อมูลของสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนมากอย่างเป็นระบบ
7. เทคโนโลยีชีวภาพมีประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ทำให้เกิดพันธุ์พืชที่เจริญเติบโตได้ดี มีคุณสมบัติต้านทานสารเคมี และต้านทานแมลงบางชนิด ตลอดจนการสร้างอวัยวะในหลอดทดลองและสามารถปลูกถ่ายอวัยวะของคนหรือสัตว์ที่ขาดแคลนได้ แต่การนำเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้โดยขาดการควบคุมอย่างระมัดระวังจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ พืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อมได้ เช่น เกิดการแพร่กระจายของพืชที่มีการตัดแต่งยีนไปสู่สภาพแวดล้อม และยีนนี้แพร่กระจายไปสู่พืชหรือจุลินทรีย์อื่น หรือการใช้พืชพันธุ์ใหม่ที่ตัดแต่งยีนที่มีความสามารถในการแข่งขันได้ดี ทำให้พันธุ์ดั้งเดิมสูญพันธุ์ไปได้



กิจกรรมประจำหน่วย



หาคำศัพท์และหลักการทางวิทยาศาสตร์



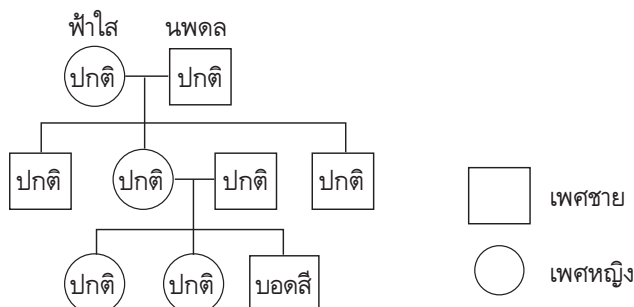
1. โครโมโซมมีลักษณะใด และส่วนประกอบแต่ละส่วนเรียกว่าอะไร
2. โครงสร้างพื้นฐานของดีเอ็นเอประกอบด้วยอะไรบ้าง
3. การสร้างพันธะระหว่างพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย มีหลักเกณฑ์ใด
4. สมบัติของดีเอ็นเอที่ทำให้สามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้คืออะไร
5. รหัสพันธุกรรมเกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนลักษณะใด
6. ยีนแต่ละยีนแสดงลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกันเพราะอะไร
7. พงศาวลีมีข้อได้เปรียบกว่าการอ่านข้อความบรรยายลักษณะทางพันธุกรรมเพราะอะไร
8. คนที่มีหมู่เลือด AB จะมีจีโนไทป์กี่แบบ อะไรบ้าง
9. แม่ที่เป็นพาหะของโรคฮีโมฟีเลียมีโอกาสให้กำเนิดลูกชายและหญิงเป็นโรคฮีโมฟีเลียมีค่าเท่ากับเท่าไร ถ้าพ่อมีลักษณะปกติ
10. การกลายมีสาเหตุมาจากอะไร และก่อให้เกิดประโยชน์และโทษลักษณะใด
11. เทคโนโลยีชีวภาพหมายถึงอะไร
12. หลักการของพันธุวิศวกรรมคืออะไร
13. การโคลนสัตว์มีวิธีการอย่างไร
14. ลายพิมพ์ดีเอ็นเอสามารถพิสูจน์ลักษณะของแต่ละบุคคลได้เพราะเหตุใด
15. มนุษย์นำเทคโนโลยีชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในด้านใด



ทักษะสร้างความเข้าใจที่คงทน

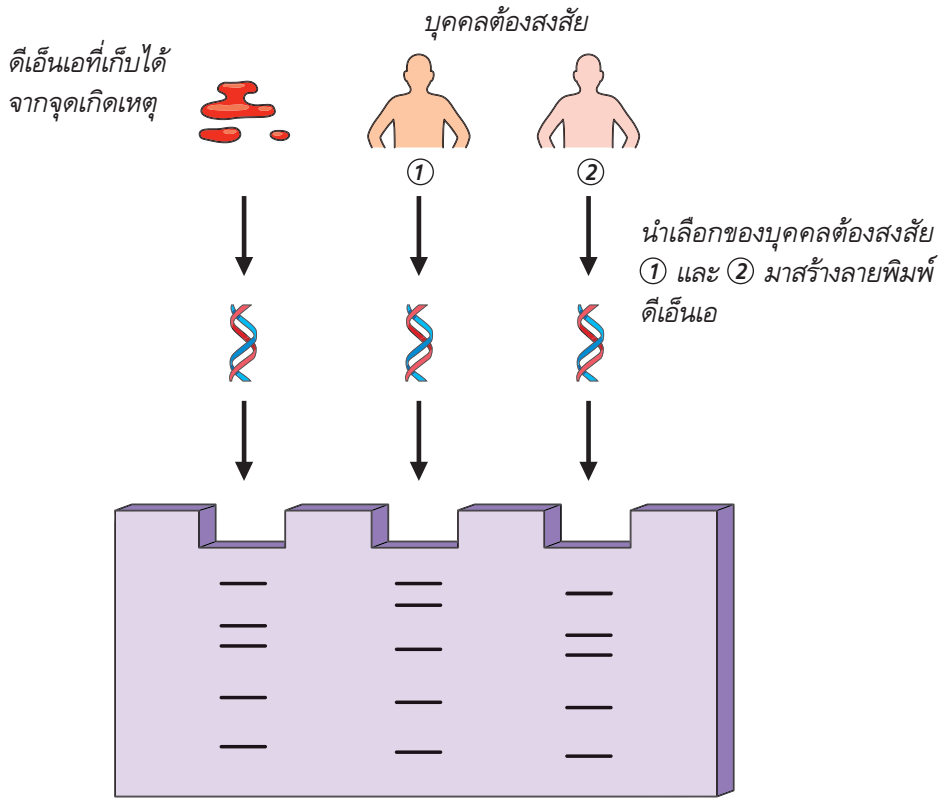


1. ออกแบบสายดีเอ็นเอของยีนที่มีรหัสพันธุกรรมในการสร้างกรดแอมิโน 5 ชนิด
2. ลักษณะตาบอดสีถูกกำหนดโดยยีนด้อยที่อยู่บนโครโมโซม X จากแผนภาพข้างล่าง ให้นักเรียนลงความคิดเห็นข้อมูลและอธิบายว่า จีโนไทป์ของฟ้าใสควรเป็นแบบใด





3. ให้นักเรียนลงความคิดเห็นข้อมูลว่า คนร้ายจากเหตุการณ์คือใคร เพราะอะไร โดยพิจารณาจากผลการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยวิธี PCR



4. ลงความคิดเห็นว่าปัจจัยที่ส่งเสริมให้เทคโนโลยีชีวภาพเข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์คืออะไร



การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน



1. ถ้านักเรียนเป็นโรคที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม หลังจากแต่งงานแล้วนักเรียนตัดสินใจจะมีบุตร จะต้องพิจารณาสิ่งใดบ้างเพื่อให้ลูกที่เกิดมามีโอกาสเป็นโรคพันธุกรรมน้อยที่สุด
2. การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอช่วยให้มนุษย์ได้รับประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ในลักษณะใด
3. การกลายนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ในลักษณะใด
4. เทคโนโลยีชีวภาพช่วยให้ชีวิตมีคุณภาพดีขึ้นในลักษณะใด



บทความชวนคิด



คำชี้แจง อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม



การใช้รังสีในการเกษตร



การใช้รังสีในการเกษตรเป็นการใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตและป้องกันศัตรูพืช เพื่อตอบสนองต่อความต้องการปริมาณอาหารของมนุษย์โลกที่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างการใช้รังสีในการเกษตร เช่น การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยรังสี โดยรังสีที่นิยมใช้ คือ รังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ ซึ่งสามารถฉายผ่านทะลุเข้าไปถึงเนื้อเยื่อภายในได้ดี และเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับยีน นักวิทยาศาสตร์ได้นำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาปรับปรุงพันธุ์โดยการใช้รังสีแกมมาชักนำให้ยีนของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เกิดการกลาย จากนั้นนำมาปลูกเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์จนได้สายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงที่สุด คือ ข้าวพันธุ์ กข6 และข้าวพันธุ์ กข15 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะดีกว่าเดิม

การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยการฉายรังสีเพื่อให้แมลงศัตรูพืชที่เลี้ยงไว้ในห้องทดลองเป็นหมัน แล้วจึงปล่อยให้ออกไปผสมพันธุ์กับแมลงภายนอก ทำให้ไข่ที่เกิดขึ้นจากแมลงศัตรูพืชเพศเมียไม่สามารถฟักออกเป็นตัวหนอนได้ วิธีนี้ช่วยลดประชากรแมลงศัตรูพืชในธรรมชาติได้อย่างรวดเร็ว

คำถามที่ 1: การใช้รังสีในการเกษตร

รังสีแกมมาทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เกิดการกลายได้เพราะอะไร จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ในแต่ละข้อ

รังสีแกมมาทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เกิดการกลายได้ เพราะเหตุผลต่อไปนี้หรือไม่	ใช่ หรือ ไม่ใช่
รังสีแกมมาทำให้ยีนเกิดการเปลี่ยนแปลง	ใช่/ไม่ใช่
รังสีแกมมาทำให้ลำดับการแบ่งเซลล์ผิดปกติ	ใช่/ไม่ใช่
รังสีแกมมาทำให้จำนวนโครโมโซมเปลี่ยนแปลง	ใช่/ไม่ใช่



คำถามที่ 2: การใช้รังสีในการเกษตร

ไข่ที่เกิดจากแมลงศัตรูพืชเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์ไม่สามารถฟักออกเป็นตัวหนอนได้ เพราะอะไร

1. รังสีแกมมามีผลต่ออวัยวะของแมลงศัตรูพืช
2. รังสีแกมมามีผลต่อจำนวนยีนของแมลงศัตรูพืช
3. รังสีแกมมามีผลต่อโครโมโซมเพศของแมลงศัตรูพืช
4. รังสีแกมมามีผลต่อลักษณะการวางไข่ของแมลงศัตรูพืชเพศเมีย

คำถามที่ 3: การใช้รังสีในการเกษตร

การศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงผลผลิตทางการเกษตรด้วยการฉายรังสีในหัวข้อใดที่ต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ในแต่ละข้อ

การศึกษาในหัวข้อต่อไปนี้ต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่	ใช่ หรือ ไม่ใช่
ผลของการกลายต่อสิ่งแวดล้อม	ใช่/ไม่ใช่
ผลของรังสีแกมมาในผลผลิตทางการเกษตรต่อผู้บริโภค	ใช่/ไม่ใช่
ความนิยมในการรับประทานผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ฉายรังสี	ใช่/ไม่ใช่