

วิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาอาชีพธุรกิจและบริการ

ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ครั้งที่ 1 หมวดวิชาสมรรถนะแกนกลาง กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์
ประกาศลำดับที่ 412





วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนา อาชีพธุรกิจและบริการ 20000-1303

หมวดวิชาสมรรถนะแกนกลาง

กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

ณัฐญา อัมรินทร์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

ณัฐญา อัมรินทร์.

วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพธุรกิจและบริการ. -- กรุงเทพฯ : แม็คเอดูเคชั่น, 2562.
236 หน้า.

1. วิทยาศาสตร์กับอุตสาหกรรม. 2. วิทยาศาสตร์กับชีวิตประจำวัน. I. ชื่อเรื่อง.

500

ISBN 978-616-345-035-7

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

 **MAC**EDUCATION

ผู้เขียน : ณัฐญา อัมรินทร์
ผู้ทรงคุณวุฒิ : ดร.ทิพวรรณ สายพิณ
การสั่งซื้อ : ส่งธนาคติส่งจ่าย **ไปรษณีย์ลาดพร้าว** ในนาม **บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด**
เลขที่ 9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทระเกษม
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
☎ : 0-2938-2022-7 **FAX** : 0-2938-2028
www.MACeducation.com

พิมพ์ครั้งที่ : 1
จำนวนที่พิมพ์ : 5,000 เล่ม
ราคาจำหน่าย : 112 บาท
ปีที่พิมพ์ : 2562
พิมพ์ที่ : บริษัท สุภัชณีบุค พรินติ้ง กรุ๊ป จำกัด

(สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร)

คำนำ

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 เพื่อมุ่งผลิตและพัฒนากำลังคนระดับฝีมือให้มีสมรรถนะ มีคุณธรรมจริยธรรม และจรรยาบรรณวิชาชีพ สามารถประกอบอาชีพอิสระเป็นผู้ประกอบการที่มีคุณภาพ หรือประกอบอาชีพอื่น ๆ ได้ตรงตามความต้องการของสถานประกอบการทั้งในประเทศและภูมิภาคอาเซียน

บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด ผู้ผลิตและจำหน่ายหนังสือเรียน สื่อการเรียนรู้ และวารสารทางการศึกษา ทั้งในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ระดับอาชีวศึกษา ตระหนักถึงภารกิจสำคัญในการมีส่วนร่วมในการสนับสนุนส่งเสริมการศึกษาระดับอาชีวศึกษาให้บรรลุผลสัมฤทธิ์ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จึงได้แต่งตั้งคณะทำงานซึ่งประกอบด้วยนักวิชาการและครูสอน ทั้งในระดับอาชีวศึกษาและระดับอุดมศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการวิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ในแต่ละสาขาวิชาเพื่อจัดทำสื่อการเรียนรู้ อันประกอบด้วย

1. หนังสือเรียนที่จัดทำให้ตรงกับจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ทั้งนี้โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาวิชาชีพทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ด้านสมรรถนะแกนกลาง และด้านสมรรถนะวิชาชีพ

2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้หลากหลายรูปแบบ เพื่อเป็นแนวทางให้ครูสอนนำไปปรับให้เหมาะสมกับธรรมชาติของผู้เรียนและจุดเน้นของสถานศึกษา

จุดเด่นของหนังสือเรียนชุดใหม่ มีดังนี้

1. นำเสนอในรูปแบบหน่วยการเรียนรู้ ที่เนื้อหาง่ายต่อการเรียนรู้ แต่ยังคงไว้ซึ่งความเข้มข้นและทันสมัย ทั้งนี้เนื้อหาในหนังสือเรียนมุ่งเน้นให้สัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ หลักการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning) และการประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic Assessment)

2. แทรกกิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจ กิจกรรมตามสมรรถนะรายวิชา กิจกรรมการฝึกกระบวนการคิด (Thinking Skills) และกิจกรรมบูรณาการให้แก่ผู้เรียน

3. พัฒนาสมรรถนะแกนกลางและสมรรถนะวิชาชีพผ่านกระบวนการปฏิบัติงานโดยใช้ใบช่วยสอนเป็นสื่อสำหรับการฝึกกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญ เช่น การเรียนรู้จากโครงงาน (Project-based Learning)

4. มีแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยจัดทำแบบทดสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วยเรียนนั้นๆ ทำให้นักเรียนเรียนรู้ทุกหน่วย

บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด ขอขอบคุณสถานศึกษา ครู คณาจารย์ ผู้สอน ผู้เรียน และผู้ที่สนใจทุกท่านที่ให้ความไว้วางใจในสื่อการเรียนรู้ของบริษัท บริษัทหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสื่อการเรียนรู้ชุดนี้จะมีส่วนช่วยให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพทัดเทียมระดับสากลต่อไป

บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด

รหัส 20000-1303

วิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพธุรกิจและบริการ ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติ 2 ชั่วโมง 2 หน่วยกิต

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับพันธุกรรม สารเคมีในชีวิตประจำวัน เทคโนโลยีชีวภาพ จุลินทรีย์ในอาหาร ปิโตรเลียมและพอลิเมอร์ ไฟฟ้า และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
2. สามารถสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ผลกระทบของสารเคมี และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อมนุษย์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. สามารถทดลองทดสอบเกี่ยวกับสารเคมีในชีวิตประจำวันและในงานอาชีพ จุลินทรีย์ในอาหาร สมบัติของปิโตรเลียมและพอลิเมอร์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีต่อการศึกษาและสำรวจตรวจสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับพันธุกรรม สารเคมีในชีวิตประจำวัน เทคโนโลยีชีวภาพ จุลินทรีย์ในอาหาร ปิโตรเลียมและพอลิเมอร์ ไฟฟ้า และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
2. สำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามหลักพันธุศาสตร์
3. วิเคราะห์ผลกระทบของสารเคมีและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อมนุษย์ตามหลักการ
4. สำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับสมบัติของปิโตรเคมีและพอลิเมอร์ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. สำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับไฟฟ้าในชีวิตประจำวันและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามหลักการและกระบวนการ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารเคมีในชีวิตประจำวันและในงานอาชีพ เทคโนโลยีชีวภาพ จุลินทรีย์ในอาหาร ปิโตรเลียมและผลิตภัณฑ์ พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ตารางวิเคราะห์สมรรถนะประจำหน่วย

หน่วยการเรียนรู้ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	สมรรถนะประจำหน่วย
1	การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	แสดงความรู้เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามกฎของเมนเดล
2	สารเคมีในชีวิตประจำวันและในงานอาชีพ	1. แสดงความรู้เกี่ยวกับสารเคมีในชีวิตประจำวันและในงานอาชีพ 2. เลือกใช้ผลิตภัณฑ์สารเคมีในชีวิตประจำวันและในงานอาชีพได้อย่างถูกวิธีและปลอดภัย
3	เทคโนโลยีชีวภาพ	แสดงความรู้และสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพ
4	จุลินทรีย์ในอาหาร	1. แสดงความรู้เกี่ยวกับจุลินทรีย์ในอาหาร 2. เลือกบริโภคอาหารได้อย่างปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์
5	ปิโตรเลียมและผลิตภัณฑ์	1. แสดงความรู้เกี่ยวกับปิโตรเลียมและผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม 2. เลือกใช้ปิโตรเลียมและผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมอย่างประหยัด
6	พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์	แสดงความรู้เกี่ยวกับพอลิเมอร์และเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์อย่างประหยัด
7	ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	แสดงความรู้และเลือกใช้อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้อย่างประหยัดและปลอดภัย
8	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	แสดงความรู้เกี่ยวกับสมบัติ ประโยชน์ และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สารบัญ

	หน้า
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	1
1. ความหมายและประเภทของพันธุกรรม	2
2. การค้นพบความรู้ทางพันธุศาสตร์	4
3. โครโมโซมและยีน	13
4. โรคทางพันธุกรรม	16
5. การเกิดมิวเทชัน	24
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	30
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 สารเคมีในชีวิตประจำวันและในงานอาชีพ	34
1. ความหมายและประเภทของสารเคมี	35
2. สารปรุงแต่งอาหาร	36
3. เครื่องดื่ม	41
4. สารทำความสะอาด	46
5. สารกำจัดศัตรูพืชและสารกำจัดแมลง	52
6. เครื่องสำอาง	55
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	61
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เทคโนโลยีชีวภาพ	65
1. ความหมายและความเป็นมาของเทคโนโลยีชีวภาพ	66
2. พันธุวิศวกรรม	68
3. การโคลน	70
4. ประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพ	73
5. ผลของเทคโนโลยีชีวภาพที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	77
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	82

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 จุลินทรีย์ในอาหาร	86
1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับจุลินทรีย์	87
2. บทบาทของจุลินทรีย์ต่ออาหาร	91
3. ปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	96
4. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอาหารเป็นพิษ	99
5. แหล่งที่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สู่อาหาร	100
6. วิธีการป้องกันอันตรายจากจุลินทรีย์ในอาหาร	103
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	110
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 บีโตร์เลียมและผลิตภัณฑ์	114
1. ความหมายและประเภทของบีโตร์เลียม	115
2. การเกิดบีโตร์เลียม	116
3. การสำรวจบีโตร์เลียม	117
4. แหล่งบีโตร์เลียม	119
5. ผลิตภัณฑ์จากบีโตร์เลียม	122
6. อุตสาหกรรมบีโตร์เคมี	127
7. ผลของผลิตภัณฑ์บีโตร์เลียมต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	129
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	136
หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์	140
1. ความหมายและประเภทของพอลิเมอร์	141
2. โครงสร้างของพอลิเมอร์	143
3. ผลิตภัณฑ์ของพอลิเมอร์	145
4. ผลกระทบจากการใช้พอลิเมอร์	158
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	164
หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	168
1. กระแสไฟฟ้า	169
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า	170
3. วงจรไฟฟ้า	178
4. เครื่องใช้ไฟฟ้า	180
5. การคำนวณค่าไฟฟ้า	189
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	196

หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	200
1. คลื่นวิทยุ	202
2. คลื่นไมโครเวฟ	204
3. รังสีอินฟราเรด	207
4. แสงที่ตามองเห็น	209
5. รังสีอัลตราไวโอเล็ต	211
6. รังสีเอกซ์	214
7. รังสีแกมมา	215
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	220
บรรณานุกรม	224
ดัชนี	226

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

สาระการเรียนรู้

1. ความหมายและประเภทของพันธุกรรม
2. การค้นพบความรู้ทางพันธุศาสตร์
3. โครโมโซมและยีน
4. โรคทางพันธุกรรม
5. การเกิดมิวเทชัน

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

สมรรถนะประจำหน่วย

แสดงความรู้เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามกฎของเมนเดล

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของพันธุกรรม และยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมได้
2. นำความรู้ตามกฎของเมนเดลไปใช้อธิบายลักษณะทางพันธุกรรมได้
3. นำความรู้ที่นอกเหนือกฎของเมนเดลไปใช้อธิบายลักษณะทางพันธุกรรมได้
4. อธิบายโครงสร้าง ลักษณะ และหน้าที่ของยีนและโครโมโซมได้
5. นำความรู้เรื่องโรคทางพันธุกรรมไปใช้อธิบายความผิดปกติของสิ่งมีชีวิตได้
6. อธิบายความผิดปกติที่เกิดจากมิวเทชันได้

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

นักเรียนอาจเคยสงสัยว่า ทำไมเราจึงมีหน้าตาคล้ายพ่อแม่ ทำไมเราจึงมีลักษณะบางอย่างเหมือนแม่ และบางอย่างเหมือนพ่อ หรือสิ่งมีชีวิตต่างๆ มีลูกหลานที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงลักษณะเดิมทุกประการ นั้นแสดงว่าลักษณะต่างๆ ของพ่อแม่สามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ เราเรียกว่า “การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม”

1. ความหมายและประเภทของพันธุกรรม

พันธุกรรม (Heredity) หมายถึง ลักษณะต่างๆ ที่ถูกถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง เพื่อดำรงเผ่าพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตนั้นไว้ ลักษณะทางพันธุกรรม มี 2 ประเภท คือ

1.1 ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันต่อเนื่อง (Continuous Variation Trait)

เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความต่อเนื่องกันหลายระดับ เป็นลักษณะที่มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และลดหลั่นกันไป เช่น ลักษณะสีตาของคนมียืนควบคุมหลายคู่ โดยยืนเด่นจะควบคุมให้มีการสร้างสารสีเมลานิน ถ้ามียืนเด่นหลายยืน ปริมาณของเมลานินก็จะมีมาก ทำให้มีน้ำตาลมีสีต่างๆ ตั้งแต่สีน้ำตาลเข้มจนถึงสีน้ำตาลอ่อน แต่ถ้ามีเฉพาะยืนด้อยก็จะเป็นการไม่มีการสร้างเมลานิน จะทำให้มีน้ำตาลมีสีเขียวหรือสีฟ้า ดังรูปที่ 1.1 นอกจากนี้ยังมีลักษณะความสูง สีผิวของคน สีส้ม การให้น้ำนมของวัว และขนาดผลไม้ เป็นต้น

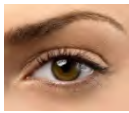


รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะม่านตาสีต่างๆ ของมนุษย์

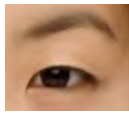
(ที่มา : <http://chikk.net/wp-content/uploads/2015/10/What-Your-Eye-Color-Says-About-Your-Health.jpg>)

1.2 ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Variation Trait)

เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่ไม่ต่อเนื่อง แยกออกจากกันได้โดยเด็ดขาด มีลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น หนังตาชั้นเดียวและหนังตาสองชั้น หูมีติ่งและหูไม่มีติ่ง มีลักยิ้มและไม่มีลักยิ้ม เป็นต้น ดังรูปที่ 1.2



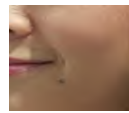
หนังตา 2 ชั้น



หนังตาสั้นเดียว



มีลักยิ้ม



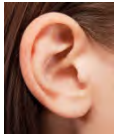
ไม่มีลักยิ้ม



ม้วนลิ้นได้



ม้วนลิ้นไม่ได้



หูมีติ่ง



หูไม่มีติ่ง



มีเชียงผมที่หน้าผาก



ไม่มีเชียงผมที่หน้าผาก



นิ้วโป้งงอได้



นิ้วโป้งงอไม่ได้

รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะแปรผันไม่ต่อเนื่องที่สังเกตได้บางลักษณะ

ในการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมในคนจะไม่ใช้วิธีการศึกษาหรือทดลองเหมือนในพืชและสัตว์ เนื่องจากคนเลือกคู่ครองเอง จึงไม่สามารถบังคับให้คนที่มีความลักษณะที่ต้องการศึกษาแต่งงานกันเองได้ และคนมีอายุยาวนาน ทำให้การศึกษาลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมใช้เวลานานมากจนเกินอายุของผู้ที่จะศึกษา นอกจากนี้คนมีลูกน้อยทำให้ยากต่อการเก็บข้อมูล เพราะการศึกษาต้องการข้อมูลจำนวนมากเพื่อความน่าเชื่อถือทางสถิติ ดังนั้นการศึกษาลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมในคนจึงทำได้โดยการศึกษาจากการสืบประวัติของครอบครัวที่มีความลักษณะตามที่เรากำลังจะศึกษาหรือศึกษาลักษณะต่างๆ จากคู่แฝด นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาได้จากผู้ที่มีความผิดปกติทางพันธุกรรม เมื่อพบว่าลักษณะที่ผิดปกตินั้นสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ ก็ให้อนุมานไว้ก่อนว่าลักษณะที่ผิดปกตินั้นถูกควบคุมทางพันธุกรรมด้วยเช่นกัน

การศึกษาเรื่องพันธุกรรมจะทำให้เรามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมจากช่วงพ่อแม่ไปสู่ลูกหลาน ความแปรผันของลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้ เป็นสาขาหนึ่งของชีววิทยา เรียกว่า **พันธุศาสตร์ (Genetics)**

กิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจที่ 1.1

จงตอบคำถามข้อต่อไปนี้

1. พันธุกรรม คืออะไร
2. จงบอกลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะที่ไม่ใช่พันธุกรรมของตัวนักเรียนเองมาอย่างละ 5 ลักษณะ
3. จงบอกลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันแบบต่อเนื่องและลักษณะพันธุกรรมที่มีความแปรผันไม่ต่อเนื่องของตัวนักเรียนเองมาอย่างละ 3 ลักษณะ
4. หมูเลื้อยและสติปัญญาเป็นลักษณะทางพันธุกรรมในลักษณะใด เพราะเหตุใด
5. มีเหตุผลใดบ้างที่ทำให้การศึกษาพันธุกรรมในมนุษย์ทำได้ยากกว่าในพืชและในสัตว์
6. การศึกษาพันธุกรรมในมนุษย์มีวิธีการอย่างไรบ้าง

2. การค้นพบความรู้ทางพันธุศาสตร์

ความรู้ทางพันธุศาสตร์มีพื้นฐานมาจากการค้นพบของนักบวชชาวออสเตรียที่ชื่อว่า เกรเกอร์ โยฮันน์ เมนเดล (Gregor Johann Mendel) ได้ทดลองกับถั่วลันเตาซึ่งนำไปสู่การค้นพบกฎการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต เขาจึงได้รับการยกย่องให้เป็น **บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์**



รูปที่ 1.3 แสดงบิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์เกรเกอร์ โยฮันน์ เมนเดล
(ที่มา : <http://upload.tarad.com/images2/14/b3/14b3a2e5b6024d17ab125b2f98a1dd07.jpg>)

2.1 การศึกษาพันธุกรรมของเมนเดล

เมนเดล เกิดใน พ.ศ. 2365 บวชเมื่ออายุได้ 25 ปี และศึกษาต่อทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยเวียนนา เมนเดลได้รวบรวมพันธุ์ถั่วลันเตา (Garden Pea) ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pisum sativum* และทำการทดลองผสมถั่วลันเตาเพื่อศึกษาการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ เป็นเวลานานถึง 7 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2399-2406



ก. ลักษณะต้นถั่วลันเตา



ข. ลักษณะดอกถั่วลันเตา

รูปที่ 1.4 แสดงถั่วลันเตา

(ที่มา : <http://www.bloggang.com/data/antivackis-family/picture/1201441080.jpg>)

เมนเดลได้ทำการศึกษาและทดลองผสมถั่วลันเตาที่มีลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจนถึง 7 ลักษณะ คือ ความสูงของลำต้น รูปร่างของฝัก รูปร่างของเมล็ด สีของเมล็ด ตำแหน่งของดอก สีของดอก และสีของฝัก โดยทำการทดลองผสมถั่วลันเตาพันธุ์แท้ที่มีลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจนมาผสมกันทีละลักษณะ เช่น ลักษณะสีของฝัก นำถั่วลันเตาที่ออกฝักสีเขียวไปผสมกับถั่วลันเตาที่ออกฝักสีเหลือง ต้นถั่วลันเตาที่นำมาผสมกันนี้เรียกว่า **รุ่นพ่อแม่** หรือ **รุ่น P (Parental Generation)** จากการผสมกันจะได้ต้นใหม่จำนวนมากเป็น **รุ่นลูก** หรือ **รุ่น F₁ (First Filial Generation)** ซึ่งออกฝักเป็นสีเขียวทั้งหมด ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงผลการผสมพันธุ์ถั่วลันเตาพันธุ์แท้ที่รุ่นพ่อแม่มีลักษณะแตกต่างกัน

ลักษณะ	รุ่นพ่อแม่ (P)		ลักษณะ ของรุ่น F ₁	ลักษณะ ของรุ่น F ₂ (ต้น)		อัตราส่วนของ ลักษณะทั้งสอง ในรุ่น F ₂
ความสูงของ ลำต้น			สูง ทั้งหมด	สูง 787	เตี้ย 277	2.84 : 1
รูปร่างของฝัก			อวบ ทั้งหมด	อวบ 882	แฟบ 299	2.95 : 1
รูปร่างของเมล็ด			กลม ทั้งหมด	กลม 5,474	ขรุขระ 1,850	2.96 : 1
สีของเมล็ด			เหลือง ทั้งหมด	เหลือง 6,022	เขียว 2,001	3.01 : 1
ตำแหน่งของดอก			ดอกที่กึ่ง ทั้งหมด	ดอกที่กึ่ง 651	ดอกที่ยอด 207	3.14 : 1
สีของดอก			ม่วง ทั้งหมด	ม่วง 705	ขาว 224	3.15 : 1
สีของฝัก			เหลือง ทั้งหมด	เขียว 428	เหลือง 152	2.82 : 1

ต่อมาเมนเดลจึงนำเมล็ดที่เกิดจากการผสมพันธุ์ภายในดอกเดียวกันของรุ่น F_1 ไปปลูกได้รุ่นหลาน หรือรุ่น F_2 (Second Filial Generation) พบว่ารุ่น F_2 ที่ได้ทั้งหมด 580 ต้น มีต้นออกฝักสีเขียว 428 ต้น ออกฝักสีเหลือง 152 ต้น คิดเป็นอัตราส่วน ฝักสีเขียว : ฝักสีเหลือง เป็น 2.82 : 1 จากนั้น จึงศึกษาในทำนองเดียวกันนี้กับถั่วลันเตาอีก 6 ลักษณะ แล้วบันทึกผลที่ได้ทั้ง 7 ลักษณะ ซึ่งเมนเดลพบว่าลูกผสม F_1 ที่เกิดขึ้นจะมีเพียงลักษณะเดียว จึงเรียกว่า **ลักษณะเด่น (Dominance)** ส่วนลักษณะที่หายไปจากรุ่น F_1 จะแสดงออกมาอีกครั้งในรุ่น F_2 จึงเรียกว่า **ลักษณะด้อย (Recessive)**

จากตารางที่ 1.1 จะเห็นได้ว่า ลักษณะที่ปรากฏในลูกรุ่น F_1 จะเป็นลักษณะเด่นทั้งหมด แต่ลูกรุ่น F_2 จะมีอัตราส่วน ลักษณะเด่น : ลักษณะด้อย เท่ากับ 3 : 1 ซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้ เมนเดลอธิบายว่า เกิดจากหน่วยพันธุกรรมที่เรียกว่า **ยีน (Gene)** ควบคุมลักษณะดังกล่าวอยู่ด้วยกันเป็นคู่ๆ และแยกออกจากกันในช่วงการสืบพันธุ์และมารวมกันอีกครั้งในช่วงการปฏิสนธิ จึงเป็นที่มาของกฎทั้ง 2 ข้อของเมนเดล (Mendel's Law)

2.2 กฎของเมนเดล

จากการทดลอง เมนเดลอธิบายด้วยทฤษฎีความน่าจะเป็นทางคณิตศาสตร์ และต่อมาได้ตั้งเป็นกฎขึ้นมา 2 ข้อ ดังนี้

2.2.1 กฎการแยกตัวของยีน (Law of Segregation) หมายถึง ยีนที่จับตัวกันอยู่เป็นคู่ๆ เมื่อมีเซลล์สืบพันธุ์เกิดขึ้น ยีนคู่นี้จะแยกจากกันไปอยู่คนละเซลล์

2.2.2 กฎการเลือกกลุ่มอย่างอิสระ (Law of Independent Assortment) หมายถึง ยีนที่แยกจากกันจะไปจับคู่กับยีนอื่นได้อย่างอิสระ โดยไม่มีข้อกำหนดว่ายีนใดจะจับคู่กับยีนใด

ในทางพันธุศาสตร์นิยมใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แทนลักษณะเด่น และอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแทนลักษณะด้อย เช่น ใช้ G แทนยีนที่ควบคุมลักษณะฝักสีเขียว และใช้ g แทนยีนที่ควบคุมลักษณะฝักสีเหลือง หรือ R แทนยีนที่ควบคุมลักษณะเมล็ดกลม และ r แทนยีนที่ควบคุมลักษณะเมล็ดขรุขระ เป็นต้น

จากกฎข้อที่ 1 ของเมนเดล ลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตจะถูกควบคุมโดยยีนซึ่งอยู่เป็นคู่ๆ เรียกว่า **แอลลีล (Allele)** และยีนดังกล่าวจะแยกออกจากกันไปสู่เซลล์สืบพันธุ์ (Gamete) เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ เช่น ยีนที่ควบคุมลักษณะของฝักถั่วมี 2 แอลลีล คือ G และ g โดยกำหนดให้

G เป็นสัญลักษณ์ของแอลลีลที่ควบคุมลักษณะฝักสีเขียวของถั่ว ซึ่งเป็นลักษณะเด่น

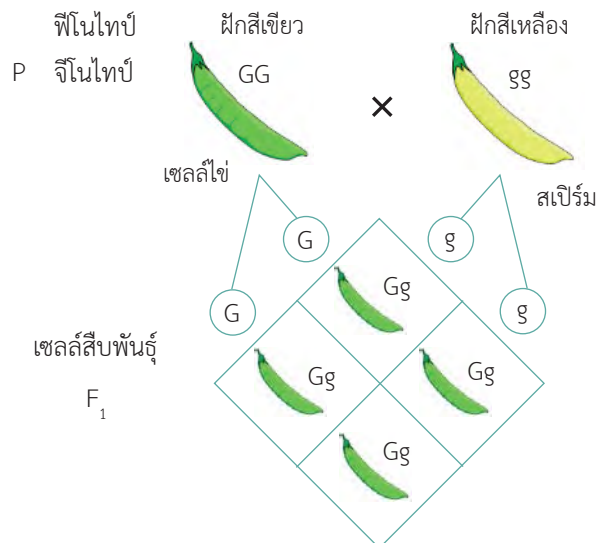
g เป็นสัญลักษณ์ของแอลลีลที่ควบคุมลักษณะฝักสีเหลืองของถั่ว ซึ่งเป็นลักษณะด้อย

รูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะนี้เรียกว่า **จีโนไทป์ (Genotype)** ซึ่งเกิดจากแอลลีลทั้งสองจะเป็นไปได้ 3 แบบ และจะปรากฏลักษณะที่เรามองเห็น หรือเรียกว่า **ฟีโนไทป์ (Phenotype)** ได้ 2 แบบ ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 แสดงจีโนไทป์ ฟีโนไทป์ และลักษณะพันธุ์

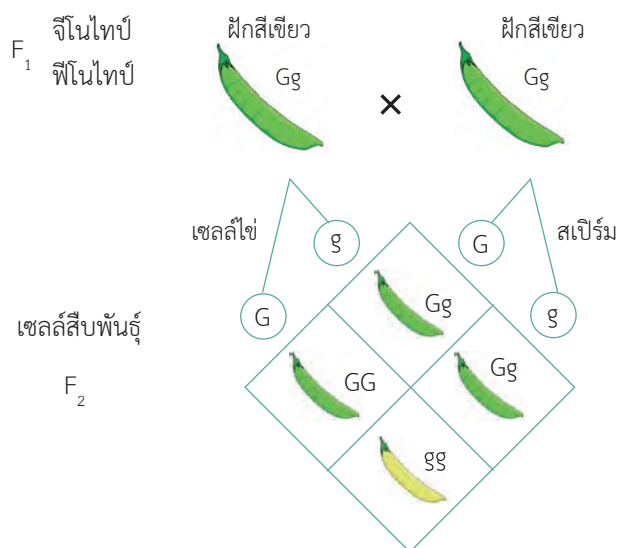
จีโนไทป์	ฟีโนไทป์	ลักษณะพันธุ์
GG	ฝักสีเขียว 	พันธุ์แท้ลักษณะเด่น (Homozygous Dominant)
Gg	ฝักสีเขียว 	พันธุ์แท้ลักษณะด้อย (Homozygous Recessive)
gg	ฝักสีเหลือง 	พันธุ์แท้ (Heterozygous)

และจากกฎข้อที่ 2 ของเมนเดล ลักษณะต่างๆ ที่ถ่ายทอดไปนี้จะแยกออกจากกัน เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และจะไปรวมกับยีนอื่นๆ อย่างอิสระ ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงกฎของเมนเดลข้อที่ 2

จะเห็นได้ว่า ลูกรุ่น F₁ มีจีโนไทป์แบบเดียว คือ Gg แสดงฟีโนไทป์ คือ ฝักสีเขียว เนื่องจากแอลลีล G เป็นลักษณะเด่นที่ข่มลักษณะของแอลลีล g ซึ่งเป็นลักษณะด้อยเอาไว้ และเมื่อนำลูกรุ่น F₁ มาผสมกัน ตามการทดลองของเมนเดล จะได้ผลดังนี้



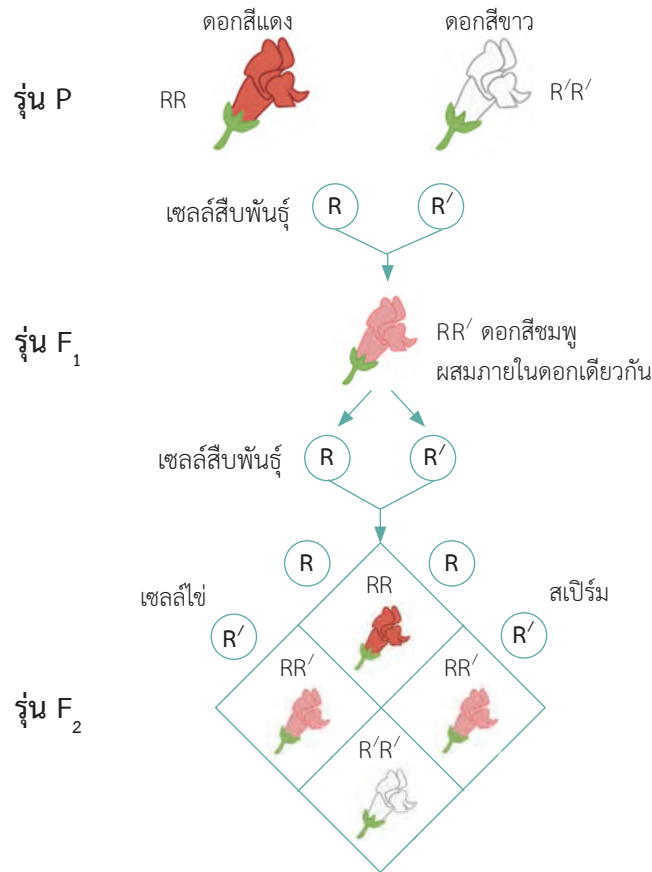
รูปที่ 1.6 แสดงผลการผสมพันธุ์กันเองของลูกรุ่น F1

จากรูปที่ 1.6 จะพบว่า ลูกรุ่น F1 มีอัตราส่วนของจีโนไทป์ 3 แบบ คือ $GG : Gg : gg$ เท่ากับ $1 : 2 : 1$ และอัตราส่วนของฟีโนไทป์ 2 แบบ คือ ฝักสีเขียว : ฝักสีเหลือง เท่ากับ $3 : 1$

ลูกผสมที่เกิดขึ้นจากการทดลองของเมนเดล เป็นการข้ามของแอลลีลเด่นต่อแอลลีลด้อยเป็นไปอย่างสมบูรณ์ เรียกว่า **การถ่ายทอดลักษณะเด่นอย่างสมบูรณ์ (Complete Dominant)** แต่มีปรากฏการณ์อื่นๆ ที่กฎทั้ง 2 ข้อของเมนเดลไม่สามารถใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้

2.3 ลักษณะพันธุกรรมที่นอกเหนือกฎของเมนเดล

ในการผสมพันธุ์กันบางลักษณะ แอลลีลที่ควบคุมลักษณะต่างๆ ไม่สามารถข้ามกันได้เต็มที่ ทำให้ลักษณะของลูกผสมที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ โดยแสดงลักษณะก้ำกึ่งระหว่างลักษณะทั้ง 2 ลักษณะ ซึ่งเรียกว่า **การถ่ายทอดลักษณะเด่นแบบไม่สมบูรณ์ (Incomplete Dominant)** ตัวอย่างเช่น การผสมดอกลิ้นมังกรสีแดงกับสีขาว ได้ลูกผสมรุ่น F1 เป็นสีชมพูทั้งหมด และเมื่อนำลูกผสมรุ่น F1 มาผสมกันจะได้ ลูกรุ่น F2 เป็นดอกสีแดง : สีชมพู : สีขาว ในอัตราส่วน $1 : 2 : 1$ ดังรูปที่ 1.7



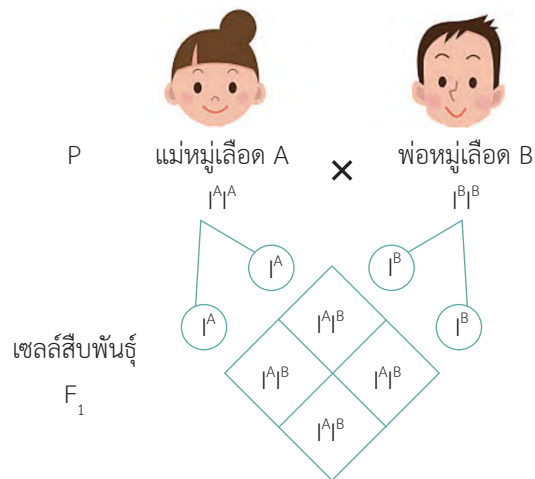
รูปที่ 1.7 แสดงการผสมพันธุ์ของดอกถั่วลิสง

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะเป็นการแสดงออกของลักษณะที่เกิดขึ้นจากยีน ในตำแหน่งที่มีแอลลีลมากกว่า 2 แบบ ที่เรียกว่า **มัลติเปิลแอลลีล (Multiple Allele)** เราเรียกว่า **การข่มร่วมกัน (Codominant)** เช่น ยีนที่ควบคุมลักษณะหมู่เลือดของคนมีแอลลีล 3 แบบ คือ I^A , I^B และ i ซึ่ง I^A และ I^B แสดงลักษณะเด่นได้เท่าๆ กัน ข่มกันไม่ลง จึงเป็นการข่มร่วมกัน ส่วน i แสดงลักษณะด้อย ซึ่งมีจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของหมู่เลือดในระบบ ABO ดังแสดงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 แสดงจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของหมู่เลือดระบบ ABO

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

การข่มร่วมกันของแอลลีล I^A และ I^B เช่น แม่หมู่เลือด A และพ่อหมู่เลือด B จะมีการถ่ายทอดเฉพาะหมู่เลือด AB ให้ลูกเท่านั้น ดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 การถ่ายทอดหมู่เลือด AB ที่เกิดจากแม่หมู่เลือด A และพ่อหมู่เลือด B

หมู่เลือด (Blood Group) ตามระบบ ABO จำแนกตามแอนติเจน (Antigen) บนเม็ดเลือดแดงที่มีอยู่ได้ดังตารางการให้เลือดและรับเลือด โดยทั่วไปจะให้เลือดกับคนที่หมู่เดียวกันจะปลอดภัยที่สุด แต่ถ้าหาไม่ได้จริง ๆ จะต้องไม่ให้แอนติเจนของผู้ให้ตรงกับแอนติบอดี (Antibody) ของผู้รับเด็ดขาด มิฉะนั้นเลือดจะตกตะกอน ทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้รับได้

ตารางที่ 1.4 แสดงการจำแนกหมู่เลือดตามระบบ ABO

	หมู่เลือด A	หมู่เลือด B	หมู่เลือด AB	หมู่เลือด O
เซลล์เม็ดเลือดแดง				
แอนติบอดี	 แอนติ-B	 แอนติ-A	ไม่มี	 แอนติ-A และแอนติ-B
แอนติเจน	 A แอนติเจน	 B แอนติเจน	 A และ B แอนติเจน	ไม่มี

(ที่มา : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/32/ABO_blood_type.svg/410px-ABO_blood_type.svg.png)

ดังนั้นคนหมู่เลือด O จะรับเลือดได้จากหมู่เลือด O เท่านั้น แต่ให้เลือดกับหมู่อื่นได้ทุกหมู่ คนหมู่เลือด AB รับเลือดได้จากทุกหมู่ แต่ให้เลือดได้เฉพาะหมู่เลือด AB คนหมู่เลือด A รับได้จากหมู่เลือด A และ O ให้ได้กับหมู่เลือด A และ AB และคนหมู่เลือด B รับเลือดได้จากหมู่เลือด B และ O ให้ได้กับหมู่เลือด B และ AB

กิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจที่ 1.2

จงตอบคำถามข้อต่อไปนี้

1. เพราะเหตุใด เกรเกอร์ โยฮันน์ เมนเดลจึงได้รับการยกย่องให้เป็นบิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์
2. จงเติมลักษณะของถั่วลันเตาต่อไปนี้เป็นภาษาอังกฤษให้สัมพันธ์กับภาพที่กำหนดให้

yellow	tall	constricted	axial	dwarf	terminal
white	inflated	wrinkled	round	green	purple

2.1 Seed Shape		2.2 Flower Color	
 1)	 2)	 1)	 2)
2.3 Pod Color		2.4 Pod Shape	
 1)	 2)	 1)	 2)
2.5 Stem Length		2.6 Flower Position	
 1)	 2)	 1)	 2)

3. จงเติมตัวอักษรและรูปภาพลงในตารางให้ถูกต้อง

3.1  × 

yy
 y
 y

Y	Y
 Yy	

3.2  × 

Yy

yy

3.3  × 

Yy

Yy

4. ถ้านำดอกกล้วยไม้ผสมกัน 2 กรณีน ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร จงเขียนแผนภาพและตอบคำถาม

4.1 ดอกสีม่วงพันธุ์แท้ ดอกสีม่วงพันธุ์แท้



4.2 ดอกสีม่วงพันธุ์แท้ ดอกสีขาวพันธุ์แท้





- 1) มีจีโนไทป์อะไรบ้าง คิดเป็นอัตราส่วนเท่าไร

2) มีฟีโนไทป์อะไรบ้าง คิดเป็นอัตราส่วนเท่าไร

1) มีจีโนไทป์อะไรบ้าง คิดเป็นอัตราส่วนเท่าไร

2) มีฟีโนไทป์อะไรบ้าง คิดเป็นอัตราส่วนเท่าไร

5. ถ้าแม่และพ่อมีหมู่เลือดดังต่อไปนี้ ลูกที่เกิดมาจะมีจีโนไทป์และฟีโนไทป์อย่างไรบ้าง

5.1  

แม่หมู่เลือด A

 $I^A i$

พ่อหมู่เลือด B

 $I^B i$

5.2  

แม่หมู่เลือด A

 $I^A i$

พ่อหมู่เลือด O

 ii

- 1) มีจีโนไทป์อะไรบ้าง คิดเป็นร้อยละเท่าไร

2) มีฟีโนไทป์อะไรบ้าง คิดเป็นร้อยละเท่าไร

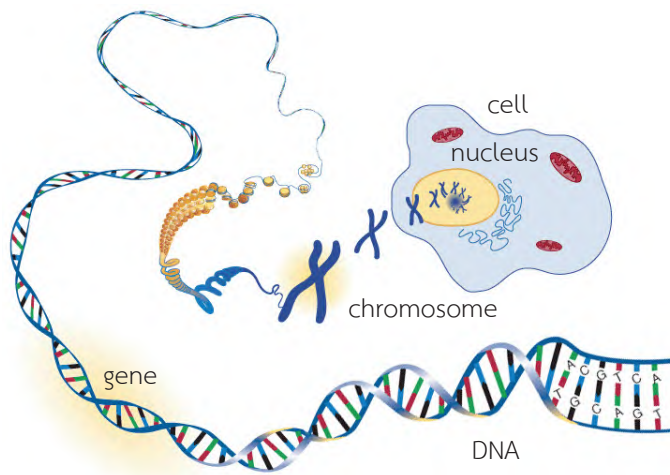
1) มีจีโนไทป์อะไรบ้าง คิดเป็นร้อยละเท่าไร

2) มีฟีโนไทป์อะไรบ้าง คิดเป็นร้อยละเท่าไร

3. โครโมโซมและยีน

สิ่งมีชีวิตประกอบไปด้วยเซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่ห่อหุ้มนิวเคลียส ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส ซึ่งภายในนิวเคลียสจะมีโครโมโซม (Chromosome) ที่ประกอบด้วยสารจำพวก DNA (Deoxyribonucleic Acid) ซึ่งเป็นสารพันธุกรรม และภายใน DNA จะประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส (Deoxyribose) หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส (Nitrogenous Base) ซึ่งเบสมีทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ อะดีนีน (Adenine) ไซโทซีน (Cytosine) กวานีน (Guanine) และไทมีน (Thymine)

ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมไม่เท่ากัน ซึ่งในมนุษย์จะมีอยู่ 46 โครโมโซม หรือ 23 คู่ โครโมโซมที่อยู่ในนิวเคลียสแต่ละโครโมโซม ประกอบด้วย 2 โครมาทิด (Chromatid) ที่เหมือนกันและติดกันที่เซนโทรเมียร์ (Centromere) แต่ละโครโมโซมมียีนอยู่เป็นพันเรียงกันเหมือนสร้อยลูกปัด ถ้าคลายโครโมโซมออกจะมีลักษณะคล้ายกับเส้นด้ายที่ยาวมาก ดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 แสดงโครงสร้างของโครโมโซมที่ประกอบด้วย DNA

(ที่มา : <https://d2gne97vdumgn3.cloudfront.net/api/file/8wChD3WNR2SNqtEbQ38u>)

เบส น้ำตาล และหมู่ฟอสเฟตจะประกอบกันเป็นโมเลกุลที่เรียกว่า **นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide)** ซึ่งจะต่อกันเป็นสายยาวเรียกว่า **พอลินิวคลีโอไทด์ (Polynucleotide)** DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย เรียงสลับทิศทางกัน มีลักษณะเป็นเกลียวคล้ายบันไดเวียน แต่ละสายสามารถแยกออกจากกันได้ และสร้าง DNA สายใหม่ได้ โดยมียีนเป็นตัวที่กำหนดลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏในสิ่งมีชีวิต เช่น สีมม สีตา ลักษณะผมตรง ผมหยิก หมู่เลือด รูปร่างหน้า เป็นต้น ยีนจะอยู่บนโครโมโซม โดยโครโมโซมแท่งหนึ่งจะมียีนกำหนดลักษณะต่างๆ นับเป็นพันๆ ลักษณะ และลักษณะหนึ่งจะต้องมียีนคุมอย่างน้อย 2 ยีน แต่ละยีนอยู่บนโครโมโซมแต่ละข้าง เช่น เราจะมียีนคุมสีผม 2 ยีน มียีนคุมสีตา 2 ยีน เป็นต้น