



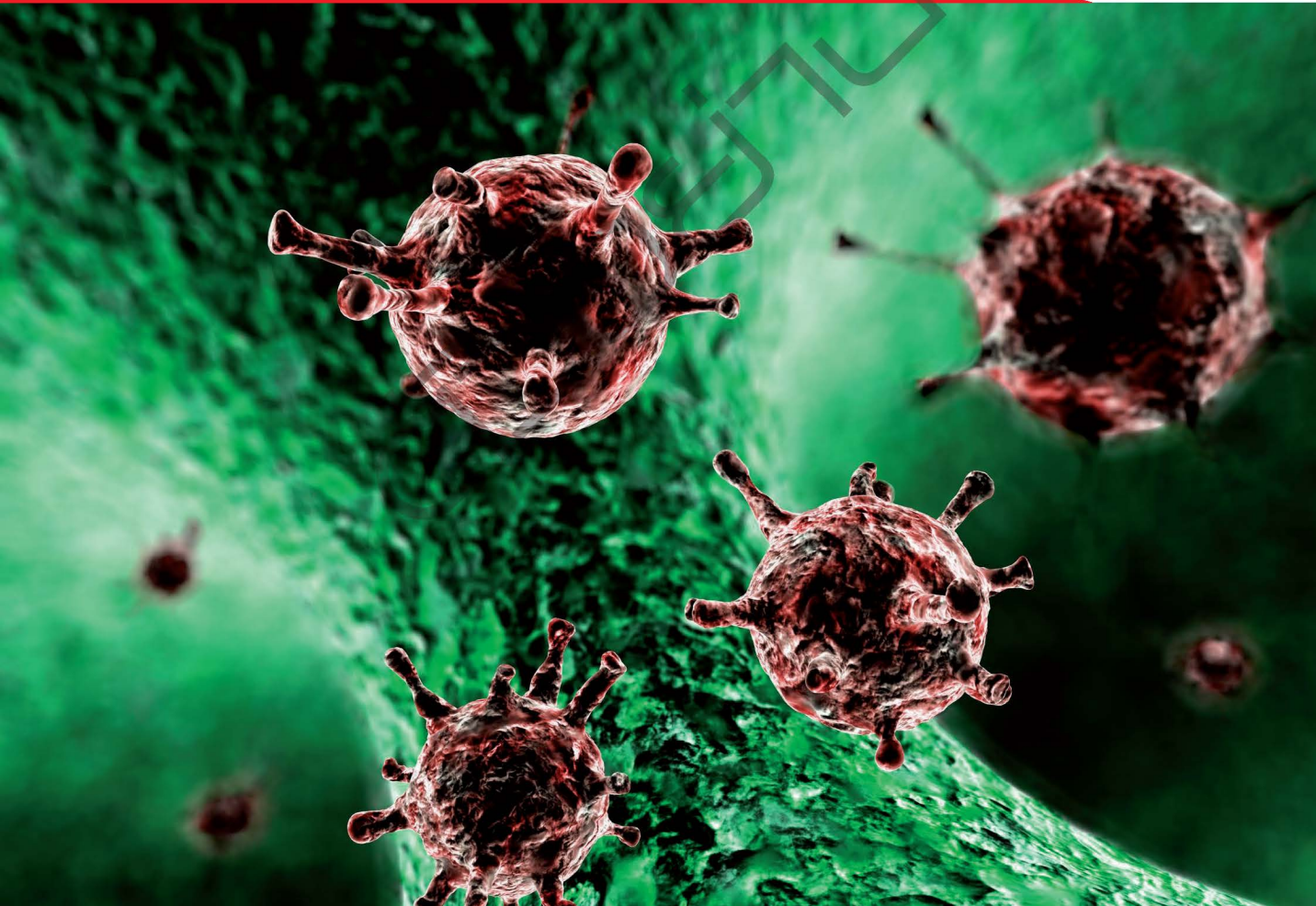
GOAL



ชีววิทยา

พื้นฐานและเพิ่มเติม

ม.6



หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษรีไซเคิล เอ
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ



- ศุทธิณี พูลทรัพย์
- ปวราร์ย์ ปาจิตร

 IMAC EDUCATION



ชีววิทยาพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.6

- เน้นเทคนิค เพื่อพิชิตโจทย์คำถามและสร้างความเข้าใจ พร้อมนำไปประยุกต์ใช้
- เหมาะสำหรับเตรียมตัวสอบเก็บคะแนน กลางภาค และปลายภาค
- เพิ่มทักษะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเตรียมพร้อมในการสอบ O-NET



ศุภชนี พูลทรัพย์ และ ปวร่าย ปาจิตร

GOAL ชีววิทยาพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.6

ศุภธินี พูลทรัพย์.

GOAL ชีวิตวิทยาทันฐานและเพิ่มเติม ม.6.--กรุงเทพฯ : เน็คเอดดูเคชั่น, 2558.
360 หน้า. --(GOAL).

1. ชีววิทยา. I. ปวรชัย ปาจิตร, ผู้แต่งร่วม. II. ชื่อเรื่อง.

ISBN 978-616-274-631-4

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



MAC EDUCATION

ผู้เขียน : ศุภินี พลทรัพย์ และ ปาราย ปาจิตร

สงวนลิขสิทธิ์ : กรกฎาคม 2558

ราคาจำหน่าย : 205 บาท

การสั่งซื้อ : ส่งมอบให้ได้ง่าย โปรเซสย์ลาดพร้าว 10310 ในนาม บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

เลขที่ 9/99 อาคารแม่คื ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทรเกษม

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

☎ : 0-2938-2022-7 FAX : 0-2938-2028

www.MACeducation.com

พิมพ์ที่ : หจก. ซี แอนด์ เอ็น บู๊ค

(สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้หรือจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร)



หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษดีบเบิล เอ
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ



คำนำ

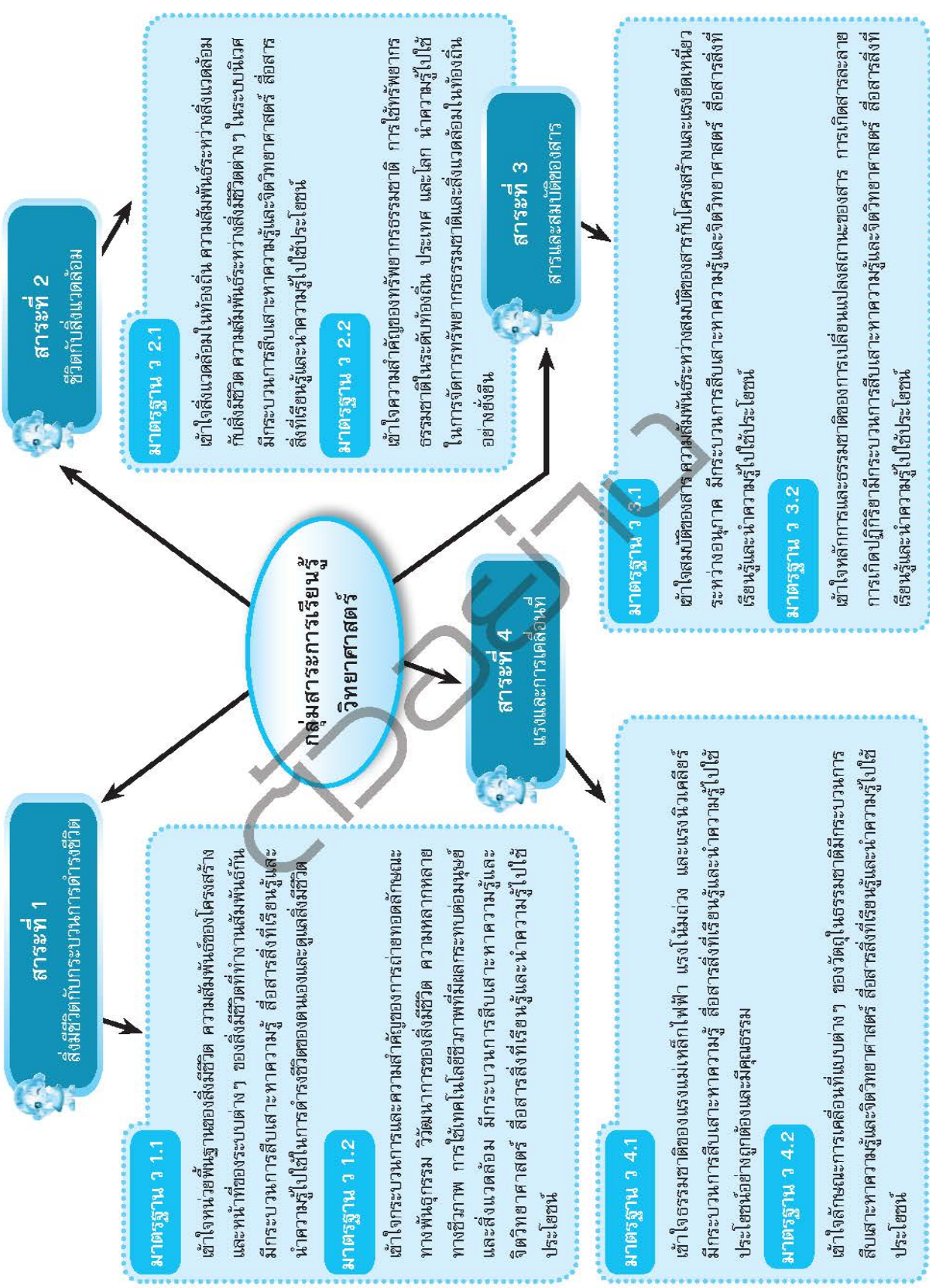
หนังสือคู่มือ ชุด GOAL ชีวิตพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.ปลาย ของบริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด มีเนื้อหาตรงตามมาตรฐานและตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ใช้เป็นคู่มือประกอบการเรียนรายวิชาฟิสิกส์นอกเวลาเรียนปกติ หนังสือคู่มือชุดนี้มีทั้งหมด 3 เล่ม ดังนี้

1. หนังสือคู่มือ GOAL ชีวิตพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.4
2. หนังสือคู่มือ GOAL ชีวิตพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.5
3. หนังสือคู่มือ GOAL ชีวิตพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.6

หนังสือคู่มือชุดนี้ แต่ละเล่มประกอบด้วย เนื้อหาโดยสรุปที่มุ่งให้นักเรียนสามารถเรียนรู้หรือทบทวนบทเรียนด้วยตนเองและฝึกทำแบบทดสอบ โดยเน้นสร้างความเข้าใจอย่างง่ายด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น เทคนิคการจำ เทคนิคการวิเคราะห์โจทย์ เทคนิคการสังเกตสิ่งที่โจทย์กำหนดให้เป็นต้น เพื่อช่วยให้นักเรียนตอบโจทย์คำถามได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังเป็นการประเมินผลตนเองในแต่ละเนื้อหา อันเป็นการเพิ่มพูนความเข้าใจและประสบการณ์ สร้างความมั่นใจ และพร้อมที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการสอบได้

ทั้งนี้ บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือคู่มือ ชุด GOAL ชีวิตพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.ปลาย จะอำนวยประโยชน์ให้แก่ผู้อ่านได้เป็นอย่างดี และหากมีข้อสงสัยหรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับหนังสือคู่มือชุดนี้ กรุณาติดต่อได้ที่ บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาหนังสือคู่มือเล่มต่อไปในอนาคต

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด





สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1

เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์



สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลง

มาตรฐาน ว 6.1

เข้าใจกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์



สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1

เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี และเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2

เข้าใจความสำคัญและเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรชาติ ด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

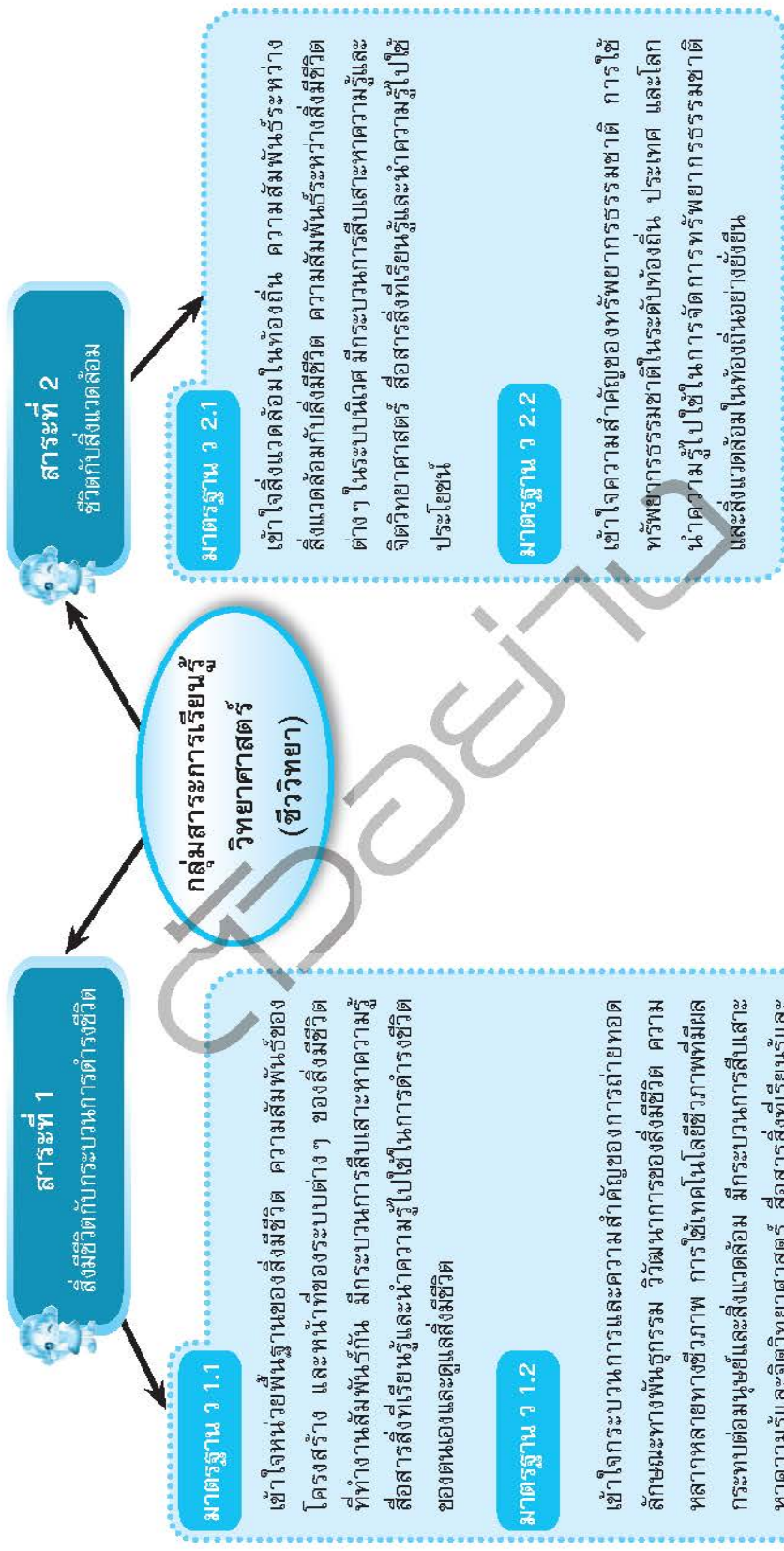
กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์



สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 8.1

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน



สารบัญ

	หน้า
● บทที่ 1 การถ่ายทอดทางพันธุกรรม	1
(ตรงตามมาตรฐาน ว 1.2)	
- การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	1
- การทดลองของเมนเดล	3
- ความน่าจะเป็นพื้นฐาน	6
- การผสมเพื่อทดสอบพันธุกรรม	12
- ลักษณะพันธุกรรมที่อยู่นอกเหนือจากกฎเมนเดล	12
- การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	14
- พงศาวลี	16
แบบทดสอบ	17
เฉลย	25
● บทที่ 2 ยีนและโครโมโซม	40
(ตรงตามมาตรฐาน ว 1.2)	
- การถ่ายทอดยีนและโครโมโซม	40
- การค้นพบสารพันธุกรรม	45
- โครโมโซม	48
- สารพันธุกรรม	51
- การกลายพันธุ์	59
- การกำหนดเพศ	61
แบบทดสอบ	63
เฉลย	70

● บทที่ 3 พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทาง DNA

77

(ตรงตามมาตรฐาน ว 1.2)

- พันธุวิศวกรรม	77
- การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทาง DNA	85
- ความปลอดภัยของเทคโนโลยีทาง DNA และมุมมองทางสังคมและจริยธรรม	87
แบบทดสอบ	89
เฉลย	96

● บทที่ 4 วิวัฒนาการ

102

(ตรงตามมาตรฐาน ว 1.2)

- หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	102
- แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	107
- พันธุศาสตร์ประชากร	109
- ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล	111
- กำเนิดของสปีชีส์	116
แบบทดสอบ	119
เฉลย	130

● บทที่ 5 ความหลากหลายทางชีวภาพ

138

(ตรงตามมาตรฐาน ว 1.2)

- ความหลากหลายทางชีวภาพ	138
- การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ	138
- กำเนิดของชีวิต	140
- โดเมนและอาณาจักรของสิ่งมีชีวิต	144
- ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย	168
- การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ	168
แบบทดสอบ	169
เฉลย	178

● บทที่ 6 ระบบนิเวศ

187

(ตรงตามมาตรฐาน ว 2.1)

- ไบโอม	187
- ความหลากหลายของระบบนิเวศ	189
- ความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ	195
- การถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ	199
- การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ	206
แบบทดสอบ	209
เฉลย	222

● บทที่ 7 ประชากร

229

(ตรงตามมาตรฐาน ว 2.1)

- ความหนาแน่นและการแพร่กระจายของประชากร	229
- ขนาดประชากร	232
- รูปแบบการเพิ่มของประชากร	233
- การรอดชีวิตของประชากร	234
- ประชากรมนุษย์	235
แบบทดสอบ	237
เฉลย	249

● บทที่ 8 มนุษย์และความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

257

(ตรงตามมาตรฐาน ว 2.2)

- ประเภทของทรัพยากรธรรมชาติ	257
- การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาและการจัดการ	257
- หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	263
- ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ	264
แบบทดสอบ	265
เฉลย	269

● แบบทดสอบชุดที่ 1	273
เฉลย	286
● แบบทดสอบชุดที่ 2	297
เฉลย	311
● แบบทดสอบชุดที่ 3	320
เฉลย	336

ตัวอย่าง

บทที่ 1 การถ่ายทอดทางพันธุกรรม



การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

โยฮันน์ เกรกอร์ เมนเดล (Johann Gregor Mendel) พ.ศ. 2365 – 2427 บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์ ได้ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะของถั่วลันเตา (*Pisum sativum*) จนสามารถสรุปเป็นทฤษฎีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยเลือกศึกษา 7 ลักษณะ ดังนี้

ตารางแสดงลักษณะของถั่วลันเตาที่เมนเดลเลือกศึกษา

character	dominant trait	×	recessive trait	F ₂ generation dominant : recessive	ratio
flower color	purple 	×	white 	705:224	3.15:1
flower position	axial 	×	terminal 	651:207	3.14:1
seed color	yellow 	×	green 	6022:2001	3.01:1
seed shape	round 	×	wrinkled 	5474:1850	2.96:1
pod shape	inflated 	×	constricted 	882:299	2.95:1

GOAL ชีวิตวิทยาทันฐานและเพิ่มเติม ม.6

character	dominant trait	×	recessive trait	F ₂ generation dominant : recessive	ratio
pod color	green 	×	yellow 	428 : 152	2.82 : 1
stem length	tall 	×	dwarf 	787 : 277	2.84 : 1

ข้อดีของถั่วลันเตาและลักษณะที่เมนเดลเลือกศึกษา

- ทั้ง 7 ลักษณะเป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนตำแหน่งเดียวกันทำให้ง่ายต่อการคาดการณ์การแสดงออก
- ทั้ง 7 ลักษณะมีการแสดงออกแบบซ่มสมบูรณ์ เมื่อลักษณะเด่น (dominant) จับคู่กับลักษณะด้อย (recessive) จะแสดงลักษณะเด่นออกมา
- ใน 1 ลักษณะมีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน
- ปลูกง่าย วงจรชีวิตสั้น (3 เดือน) และให้เมล็ดเยอะ
- เป็นพืชผสมตัวเอง (self-fertilization) ทำให้สร้างพ่อแม่พันธุ์แท้ได้ง่าย ป้องกันการผสมข้ามได้ และสามารถผสมข้ามโดยมนุษย์ได้ (hand pollination)

ข้อควรรู้

จีโนไทป์ (genotype) หมายถึง การเขียนแทนลักษณะของยีนด้วยตัวอักษร โดยมักแทนลักษณะเด่น (แสดงลักษณะได้แม้จับคู่กับลักษณะด้อย) ด้วยตัวพิมพ์ใหญ่และแทนลักษณะด้อย (แสดงออกได้เมื่อจับคู่กับลักษณะด้อยด้วยกันเท่านั้น) ด้วยตัวพิมพ์เล็ก

ฟีโนไทป์ (phenotype) หมายถึง ลักษณะที่แสดงออกให้เห็นภายนอก

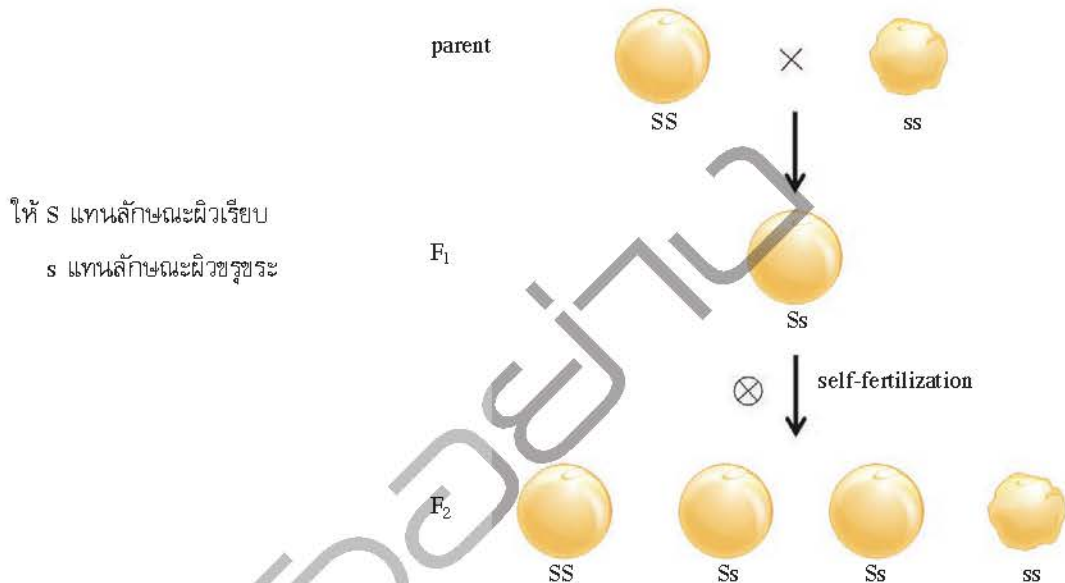
โฮโมไซกัส (homozygous) หมายถึง การรวมกันของสิ่งที่เหมือนกัน

เฮเทอโรไซกัส (heterozygous) หมายถึง การรวมกันของสิ่งที่ต่างกัน



การทดลองของเมนเดล

เมนเดลทำการทดลองด้วยการผสมต้นพุ่มที่มีลักษณะเด่นพันธุ์แท้ (homozygous dominant) กับต้นพุ่มที่มีลักษณะด้อยพันธุ์แท้ (homozygous recessive) ได้ลูกรุ่นแรก (F_1) จากนั้นผสมลูกรุ่นที่ 1 ด้วยกันเองได้ลูกรุ่นที่สอง (F_2) ดังรูป

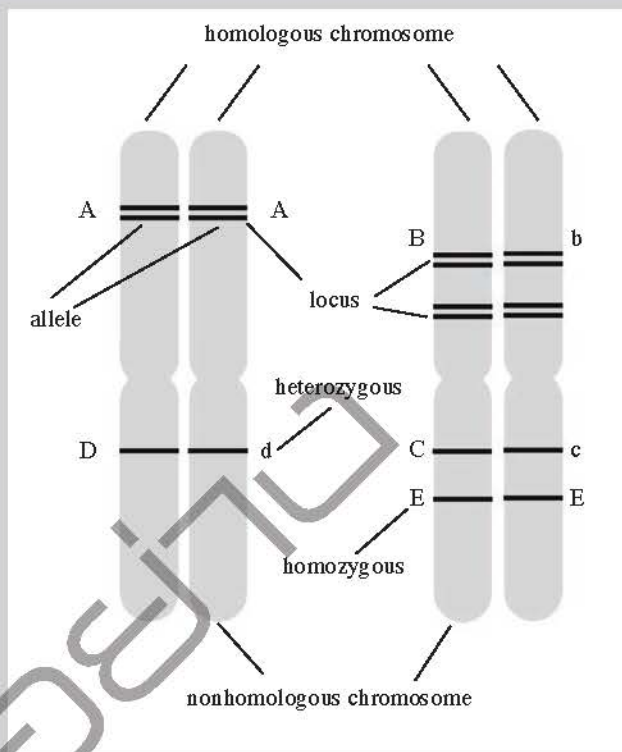


เมนเดลค้นพบการถ่ายทอดลักษณะของสิ่งมีชีวิตซึ่งถูกควบคุมด้วยปัจจัย (factor) หนึ่ง และต่อมาเรียกปัจจัยนี้ว่า ยีน (gene) ซึ่งปัจจัยที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ จะอยู่เป็นคู่และสามารถถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่นได้ ลักษณะที่อยู่เป็นคู่เรียกว่า แอลลีล (allele) โดยแอลลีล 1 คู่ของรุ่นลูกจะได้มาจากพ่อและแม่ฝั่งละ 1 แอลลีล โดยเมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ คู่แอลลีลจะแยกออกจากกันตามกฎข้อที่ 1 ของเมนเดล และเกิดการจับคู่กันอีกครั้งเมื่อเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อแม่ผสมกัน (1 แอลลีลจากพ่อและ 1 แอลลีลจากแม่) ซึ่งลักษณะที่ไม่ปรากฏในรุ่น F_1 ไม่ได้หายไปเพียงแต่ไม่สามารถแสดงออกมา (ลักษณะด้อยถูกลักษณะเด่นข่มอย่างสมบูรณ์ (complete dominant) เมื่ออยู่ในสภาพเฮเทอโรไซกัส) และจากการศึกษาการผสมยีนสองตำแหน่งทำให้รู้ว่าแอลลีลของยีนที่ควบคุมคนละลักษณะกันจะจับคู่กันเข้าสู่เซลล์สืบพันธุ์อย่างอิสระตามกฎข้อที่ 2 ของเมนเดล

GOAL ชีวิตวิทยาทันฐานและเพิ่มเติม ม.6

ข้อควรรู้

ปกติแล้วในสิ่งมีชีวิตโครโมโซมแต่ละแท่งจะมีคู่เหมือนที่เรียกว่าโฮมอโลกัสโครโมโซม (homologous chromosome) ซึ่งหมายถึงมียีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกันอยู่ในตำแหน่ง (locus) เดียวกันบนโครโมโซมคู่หนึ่งๆ รูปแบบของยีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกันและอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน เรียกว่า แอลลีล โดยรูปแบบของยีนอาจมีมากกว่า 1 แบบ แต่ในสิ่งมีชีวิตจะพบได้ไม่เกิน 2 แบบเท่านั้น เพราะในสิ่งมีชีวิตโครโมโซมแต่ละแท่งจะมีคู่เหมือนเพียง 1 คู่



กฎของเมนเดล

กฎของเมนเดล (Mendel's law) เป็นกฎที่กล่าวถึงการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่ไปสู่รุ่นลูกหลาน มี 2 ข้อ ดังนี้

- **กฎของการแยก (law of segregation)** กล่าวถึงรูปแบบยีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกัน (allele) จะแยกเข้าสู่เซลล์สืบพันธุ์คนละเซลล์ ซึ่งเกิดในช่วงต้นของระยะ anaphase I ของ meiosis I โดยการอธิบายกฎข้อนี้สามารถใช้ยีน 1 ตำแหน่งในการอธิบายได้

กำหนดให้ Y เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะหนึ่ง มีแอลลีล Y และ y สามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ดังนี้

	homozygous		heterozygous
ลักษณะจีโนไทป์รุ่นพ่อแม่	YY	yy	Yy
เซลล์สืบพันธุ์ที่สร้างได้	Y	y	Y และ y

ข้อควรรู้

ถ้าเป็นการศึกษายีน 1 ตำแหน่ง (1 ลักษณะ) จำนวนชนิดของเซลล์สืบพันธุ์จะมีแค่ 1 หรือ 2 แบบเท่านั้น

ถ้าพ่อแม่เป็นฮอมอไซกัส (homozygous) จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้แบบเดียว

ถ้าพ่อแม่เป็นเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้สองแบบ

ที่เป็นเช่นนั้นเพราะสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีโครโมโซมเพียง 2 ชุด

● **กฎการรวมตัวอย่างอิสระ (law of independent assortment)** กล่าวถึงแอลลีลของยีนที่ควบคุมคนละลักษณะกันสามารถเข้าสู่เซลล์สืบพันธุ์ได้อย่างอิสระ (แอลลีลจะไปกับแอลลีลของอีกยีนก็ได้) เกิดในช่วงปลายของระยะ anaphase I ของ meiosis I โดยสามารถใช้ยีน 2 ตำแหน่งในการอธิบายกฎนี้ได้ กำหนดให้ M (มีแอลลีล M และ m) และ N (มีแอลลีล N และ n) เป็นยีนที่ควบคุมคนละลักษณะกัน

จีโนไทป์รุ่นพ่อแม่

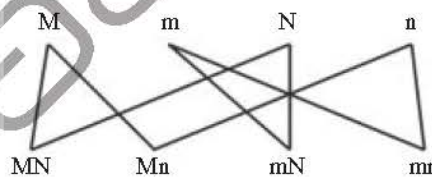
MmNn

เกิดการแยกตามกฎข้อ 1

โอกาสที่จะเกิดการรวมกัน

อย่างอิสระตามกฎข้อ 2

รูปแบบของเซลล์สืบพันธุ์ที่จะได้



ข้อควรรู้

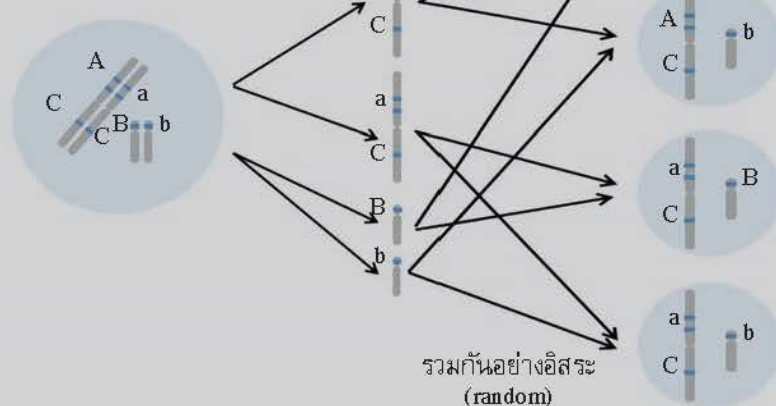
กฎข้อ 1

ช่วงต้นระยะ anaphase I

กฎข้อ 2

ช่วงปลายระยะ anaphase I

คู่ homologous chromosome 2 คู่



รูปแบบทั้งหมด
ของเซลล์สืบพันธุ์
ที่มีโอกาสเกิดขึ้น

รวมกันอย่างอิสระ
(random)

GOAL ชีวิตวิทยาสู่พื้นฐานและเพิ่มเติม ม.6



ความน่าจะเป็นพื้นฐาน

โอกาสหรือความถี่ที่จะเกิดเหตุการณ์หนึ่ง ๆ

โอกาสหรือความถี่ที่จะเกิดเหตุการณ์หนึ่ง ๆ ($P(X)$) สามารถคำนวณได้จากจำนวนเหตุการณ์ที่สนใจหารด้วยจำนวนเหตุการณ์ทั้งหมดที่สามารถเกิดขึ้นได้ (ใช้หาโอกาสในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในกรณียีน 1 ตำแหน่งหรือลักษณะ 1 ลักษณะ) เช่น โอกาสในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์แต่ละแบบของพ่อแม่ Mm คือ $\frac{1}{2}M$ และ $\frac{1}{2}m$

วิธีคิด: พ่อแม่ Mm สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้สองแบบ คือ M และ m

จำนวนเหตุการณ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นได้ คือ 2 เหตุการณ์

โอกาสที่จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ M หรือ m คือ 1 (M 1 เหตุการณ์ และ m 1 เหตุการณ์)

$$\text{ดังนั้น } \frac{\text{โอกาสที่จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ } M \text{ หรือ } m}{\text{จำนวนเหตุการณ์ทั้งหมดที่สามารถเกิดขึ้นได้}} = \frac{1}{2}$$

กฎการคูณ

กฎการคูณ (multiplication law) ($P(X) \times P(Y)$) ใช้หาความน่าจะเป็นกับเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกันหรือเกิดขึ้นพร้อมกัน (ไม่เป็นอิสระต่อกัน) มากกว่าสองเหตุการณ์ เช่น โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ในการทอยลูกเต๋าสองลูกพร้อมกัน โอกาสที่จะสุ่มได้เพศชายจากนักเรียน ม.6 หรือโอกาสที่จะได้เซลล์สืบพันธุ์รูปแบบหนึ่งๆ

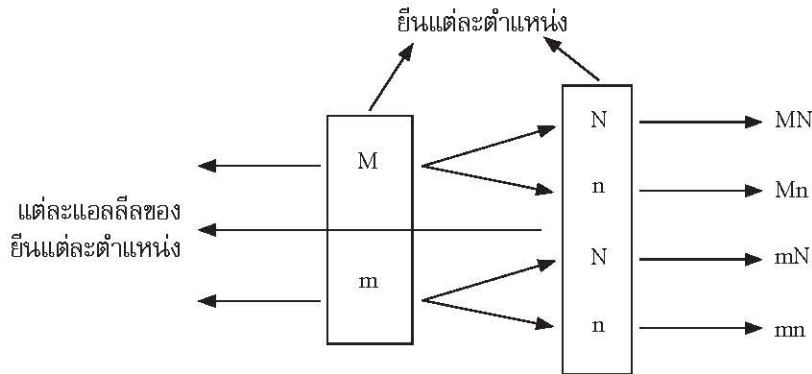
กฎการบวก

กฎการบวก (addition law) ($P(X) + P(Y)$) ใช้หาความน่าจะเป็นกับเหตุการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกันมากกว่าสองเหตุการณ์ เช่น การหาจำนวนและรูปแบบของเซลล์สืบพันธุ์ของยีนหรือลักษณะที่มากกว่า 1 ตำแหน่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

● **การแตกแขนง** โดยการเขียนโยงแต่ละแอสลีสจากแต่ละยีนเข้าด้วยกัน ซึ่งจะต้องโยงทั้งหมดเนื่องจากเป็นการรวมกันอย่างอิสระ (เกิดขึ้นได้ทุกกรณี) ตามกฎข้อ 2

ตัวอย่าง (ยีน 2 ตำแหน่ง)

กำหนดให้ M (มีแอสลีส M และ m) และ N (มีแอสลีส N และ n) เป็นยีนที่ควบคุมคนละลักษณะกัน



แอลลีล M และ m ของยีน M มีโอกาสเท่าๆ กันที่จะเข้าสู่คู่กับทั้งแอลลีล N และ n ของยีน N (สุ่มแบบแจกกันหมด) ทำให้ได้เซลล์สืบพันธุ์ที่มีจีโนไทป์ทั้งหมด 4 แบบ

ข้อควรรู้

การหาความน่าจะเป็นในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์แต่ละชนิด

1. หาความน่าจะเป็น (ความถี่) ในการสร้างแอลลีลของยีนแต่ละตำแหน่ง

ข้อสังเกต ถ้าพ่อแม่เป็นฮอมอไซกัสความน่าจะเป็นจะเท่ากับ 1 (สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้แบบเดียว) แต่ถ้าพ่อแม่เป็นเฮเทอโรไซกัสความน่าจะเป็นของแต่ละแอลลีลจะเท่ากับ $\frac{1}{2}$ (สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้สองแบบ) เสมอ

2. หาความน่าจะเป็นในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์แต่ละแบบโดยใช้กฎการคูณ โดยนำความน่าจะเป็นของแอลลีลจากยีนตำแหน่งแรกคูณกับความน่าจะเป็นของแอลลีลจากยีนในตำแหน่งถัดไป

จากโจทย์ยีน M และ N

ยีน M ความน่าจะเป็นที่จะสร้างแต่ละแอลลีล (M หรือ m) คือ $\frac{1}{2}$ ($P(M) = \frac{1}{2}$ และ $P(m) = \frac{1}{2}$)

ยีน N ความน่าจะเป็นที่จะสร้างแต่ละแอลลีล (N หรือ n) คือ $\frac{1}{2}$ ($P(N) = \frac{1}{2}$ และ $P(n) = \frac{1}{2}$)

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเซลล์สืบพันธุ์แบบ MN คือ $P(M) \times P(N) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเซลล์สืบพันธุ์แบบ Mn คือ $P(M) \times P(n) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

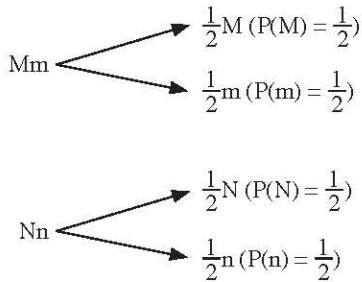
ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเซลล์สืบพันธุ์แบบ mN คือ $P(m) \times P(N) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเซลล์สืบพันธุ์แบบ mn คือ $P(m) \times P(n) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

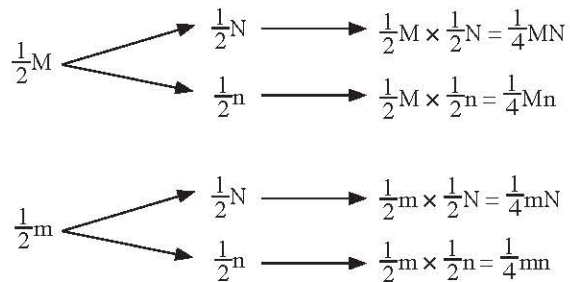
หรือเขียนแผนภาพได้ดังนี้

GOAL ชีวิตวิทยาทันฐานและเพิ่มเติม ม.6

1) หาความน่าจะเป็นของแต่ละแอลลีล



2) หาความน่าจะเป็นของเซลล์สืบพันธุ์ด้วยการคูณ



● การใช้สูตร 2ⁿ

การใช้สูตร 2ⁿ เมื่อ n หมายถึง จำนวนยีนหรือลักษณะที่เป็นเฮเทอโรไซกัส

ข้อควรรู้

สูตร 2ⁿ มีที่มาจากการหาความเป็นไปได้ในยีน 1 ตำแหน่งมีโอกาสเป็นไปได้กี่แบบ (แอลลีล) จากนั้นใช้กฎการคูณเพื่อหาจำนวนรวมทั้งหมดจากทุกตำแหน่งหรือทุกลักษณะ ยีน (ลักษณะ) MNOPQRS

จำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้ $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$

จำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้จะเป็น 1 หรือ 2 เท่านั้น เพราะ 1 ยีน ประกอบด้วย 2 แอลลีล

การใช้สูตร 2ⁿ หาจำนวนรูปแบบของเซลล์สืบพันธุ์

ตัวอย่าง จำนวนเซลล์สืบพันธุ์ที่สามารถสร้างได้จากสิ่งมีชีวิต MmNn เท่ากับเท่าไร

ยีน (ลักษณะ) MN

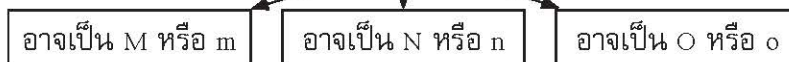
จำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้ $2 \times 2 = 2^2 = 4$ แบบ (ตรงกับวิธีแตกแขนง)



ตัวอย่าง จำนวนเซลล์สืบพันธุ์ที่สามารถสร้างได้จากสิ่งมีชีวิต MmNnOo เท่ากับเท่าไร

ยีน (ลักษณะ) MNO

จำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้ $2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8$ แบบ



ตัวอย่าง จำนวนเซลล์สืบพันธุ์ที่สามารถสร้างได้จากสิ่งมีชีวิต $MmNnOo$ เท่ากับเท่าไร

ยีน (ลักษณะ) MNO

จำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้

$$2 \times 2 \times 1 = 2^2 \times 1 = 4 \text{ แบบ}$$

อาจเป็น M หรือ m

อาจเป็น N หรือ n

เป็น O เท่านั้น

ข้อควรรู้

จากสองตัวอย่างหลังจะเห็นว่าแม้เป็นยีน 3 ตำแหน่งเหมือนกัน แต่ตำแหน่งที่เป็นฮอมอไซกัส (ที่มีจำนวน 1 รูปแบบ) จะไม่มีผลต่อจำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้เลย ดังนั้น n (จำนวนยีนหรือลักษณะ) ในสูตร 2^n จึงนับเฉพาะยีนหรือลักษณะที่อยู่ในสภาพเฮเทอโรไซกัสเท่านั้น

การหาจำนวน รูปแบบ และความน่าจะเป็นของลูกผสม

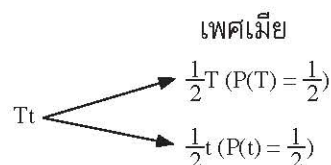
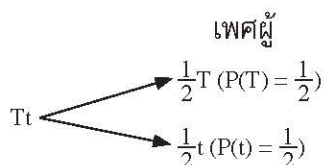
การหาจำนวน รูปแบบ และความน่าจะเป็นของลูกผสม มีขั้นตอนคือ

1. หารูปแบบทั้งหมดและคำนวณความน่าจะเป็นของเซลล์สืบพันธุ์จากทั้งเพศผู้และเพศเมีย
2. เขียนตารางพันเนตต์ (punnett square) เพื่อจับคู่เซลล์สืบพันธุ์สำหรับหารูปแบบของลูกผสม
3. นับจำนวนรูปแบบของลูกผสมเพื่อหาอัตราส่วนจีโนไทป์และฟีโนไทป์
4. คำนวณความน่าจะเป็นของลูกผสมแต่ละแบบด้วยกฎการคูณ

ตัวอย่าง (กรณียีน 1 ตำแหน่ง)

สมมติให้ T เป็นยีนที่ควบคุมความสูง แอลลีล T ทำให้ได้ต้นสูง แอลลีล t ทำให้ได้ต้นเตี้ย โดยให้ T ซ่ม t สมบูรณ์ ถ้าผสมกันที่มีจีโนไทป์ Tt เข้าด้วยกันสามารถคิดได้ดังนี้

1. หารูปแบบและความน่าจะเป็นของเซลล์สืบพันธุ์



GOAL ชีวิตวิทยาทันฐานและเพิ่มเติม ม.6

2. เขียนตารางพันเนตต์

เพศผู้ เพศเมีย	$\frac{1}{2} T$	$\frac{1}{2} t$
$\frac{1}{2} T$	$P(T) \times P(T) = \frac{1}{4} TT$	$P(T) \times P(t) = \frac{1}{4} Tt$
$\frac{1}{2} t$	$P(T) \times P(t) = \frac{1}{4} Tt$	$P(t) \times P(t) = \frac{1}{4} tt$

3. สรุปอัตราส่วนจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูกผสม

อัตราส่วนจีโนไทป์ที่ได้ คือ $TT : Tt : tt = 1 : 2 : 1$

อัตราส่วนฟีโนไทป์ที่ได้ คือ $T_ : tt =$ ต้นสูง (TT และ Tt) : ต้นเตี้ย (tt)
 $= 3 : 1$

(เนื่องจากการผสมสมบูร์ณจีโนไทป์ TT และ Tt จึงให้ฟีโนไทป์เหมือนกัน)

4. สรุปความน่าจะเป็นของลูกผสม

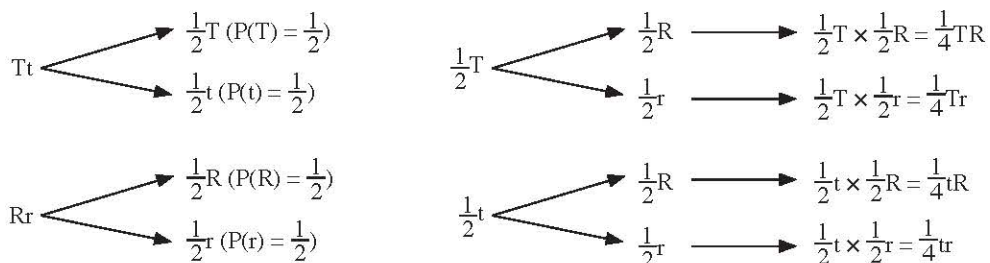
ความน่าจะเป็นของแต่ละจีโนไทป์ที่ได้ คือ $\frac{1}{4}TT : (\frac{1}{4} + \frac{1}{4})Tt : \frac{1}{4}tt = \frac{1}{4}TT : \frac{1}{2}Tt : \frac{1}{4}tt$

อัตราส่วนฟีโนไทป์ที่ได้ คือ $T_ : tt = (\frac{1}{4}TT + \frac{1}{2}Tt)T_ : \frac{1}{4}tt$
 $= \frac{3}{4}T_ : \frac{1}{4}tt$

ตัวอย่าง (กรณียีน 2 ตำแหน่ง)

สมมติให้ T เป็นยีนที่ควบคุมความสูง แอลลีล T ทำให้ได้ต้นสูง แอลลีล t ทำให้ได้ต้นเตี้ย โดยให้ T ซ่ม t สมบูร์ณ และสมมติให้ R เป็นยีนที่ควบคุมสีดอก แอลลีล R ทำให้ดอกสีแดง แอลลีล r ทำให้ดอกสีขาว โดยให้ R ซ่ม r สมบูร์ณ ถ้าผสมต้นที่มีจีโนไทป์ $TtRr$ เข้าด้วยกันสามารถคิดได้ดังนี้

1. หารูปแบบและความน่าจะเป็นของเซลล์สืบพันธุ์ (จากโจทย์เพศผู้และเพศเมียจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้เหมือนกันจึงแสดงแผนภาพเดียว)



2. เขียนตารางพันเนตต์

เพศผู้ \ เพศเมีย	$\frac{1}{2}TR$	$\frac{1}{2}Tr$	$\frac{1}{2}tR$	$\frac{1}{2}tr$
$\frac{1}{2}TR$	$\frac{1}{4}TTRR$	$\frac{1}{4}TTRr$	$\frac{1}{4}TtRR$	$\frac{1}{4}TtRr$
$\frac{1}{2}Tr$	$\frac{1}{4}TTRr$	$\frac{1}{4}TTrr$	$\frac{1}{4}TtRr$	$\frac{1}{4}Ttrr$
$\frac{1}{2}tR$	$\frac{1}{4}TtRR$	$\frac{1}{4}TtRr$	$\frac{1}{4}ttRR$	$\frac{1}{4}ttRr$
$\frac{1}{2}tr$	$\frac{1}{4}TtRr$	$\frac{1}{4}Ttrr$	$\frac{1}{4}ttRr$	$\frac{1}{4}ttrr$

3. สรุปอัตราส่วนจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูกผสม

อัตราส่วนจีโนไทป์ที่ได้ คือ $TTRR : TTRr : TTrr : TtRR : TtRr : Ttrr : ttRR : ttRr : ttrr = 1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1$

อัตราส่วนฟีโนไทป์ที่ได้ คือ $T_R_ : T_rr : ttR_ : ttrr = 9 : 3 : 3 : 1$ (T ช่ม t สมบูรณ์ ดังนั้น TT กับ Tt จึงมีฟีโนไทป์เหมือนกันและในทางเดียวกัน R ช่ม r สมบูรณ์ ดังนั้น RR กับ Rr จึงมีฟีโนไทป์เหมือนกัน)

$T_R_$ (ต้นสูงดอกแดง) ประกอบด้วย $TTRR$ (1) + $TTRr$ (2) + $TtRR$ (2) + $TtRr$ (4) = 9

T_rr (ต้นสูงดอกขาว) ประกอบด้วย $TTrr$ (1) + $Ttrr$ (2) = 3

$ttR_$ (ต้นเตี้ยดอกแดง) ประกอบด้วย $ttRR$ (1) + $ttRr$ (2) = 3

$ttrr$ (ต้นเตี้ยดอกขาว) = 1

4. สรุปความน่าจะเป็นของลูกผสม

ความน่าจะเป็นของแต่ละจีโนไทป์ที่ได้ คือ $\frac{1}{16} TTRR : \frac{2}{16} TTRr : \frac{1}{16} TTrr : \frac{2}{16} TtRR : \frac{4}{16} TtRr : \frac{2}{16} Ttrr : \frac{1}{16} ttRR : \frac{2}{16} ttRr : \frac{1}{16} ttrr = 1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1$

อัตราส่วนฟีโนไทป์ที่ได้ คือ $\frac{9}{16} T_R_ : \frac{3}{16} T_rr : \frac{3}{16} ttR_ : \frac{1}{16} ttrr$

ข้อควรรู้

ในการศึกษาการถ่ายทอดพันธุกรรมของเมนเดล (มีการแสดงออกแบบซ่มสมบูรณ์และผสมพ่อแม่ที่เป็น homozygous dominant และ homozygous recessive) มีข้อสังเกตดังนี้

1. การผสมแบบพิจารณาลักษณะเดียว (monohybrid cross) ผสมโดยสังเกตยีน 1 ตำแหน่ง หรือ 1 ลักษณะจะได้อัตราส่วนฟีโนไทป์แบบลักษณะเด่น ($A_$) : ลักษณะด้อย (aa) คือ 3:1

GOAL ชีวิตวิทยาทันพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.6

2. ในการผสมแบบพิจารณาสองลักษณะ (dihybrid cross) ผสมยีนโดยสังเกต 2 ตำแหน่งหรือ 2 ลักษณะจะได้อัตราส่วนฟีโนไทป์แบบปรากฏลักษณะเด่นทั้งสองตำแหน่ง ($A_B_$) : ปรากฏลักษณะเด่นเฉพาะตำแหน่งที่หนึ่ง (A_bb) : ปรากฏลักษณะเด่นเฉพาะตำแหน่งที่สอง ($aaB_$) : ปรากฏลักษณะด้อยทั้งสองตำแหน่ง ($aabb$) คือ 9 : 3 : 3 : 1



การผสมเพื่อทดสอบพันธุ์กรรม

การผสมเพื่อทดสอบพันธุ์กรรม (test cross) เป็นการนำต้นที่ต้องการทราบลักษณะจีโนไทป์ (unknown) ผสมกับต้นที่มีลักษณะจีโนไทป์ด้อยพันธุ์แท้หรือฮอมอไซกัสรีเซสซีฟซึ่งเป็นต้นทดสอบ (tester) แล้วดูอัตราส่วนโดยถ้าลูกผสมมีลักษณะเด่นหมดแสดงว่าต้นที่นำมาทดสอบเป็นเด่นพันธุ์แท้หรือฮอมอไซกัสโดมิแนนท์ แต่ถ้าลูกผสมแสดงลักษณะเด่นและด้อยอย่างละครึ่งแสดงว่าต้นทดสอบเป็นเฮเทอโรไซกัสหรือพันทางดังแผนภาพ

unknown		
tester	T	?
t	Tt	?t
t	Tt	?t
genotypic ratio		
phenotypic ratio		

homozygous dominant		
tester	T	T
t	Tt	Tt
t	Tt	Tt
genotypic ratio	Tt = 1	
phenotypic ratio	T_ = 1	

heterozygous		
tester	T	t
t	Tt	tt
t	Tt	tt
genotypic ratio	Tt : tt = 1 : 1	
phenotypic ratio	T_ : tt = 1 : 1	



ลักษณะพันธุ์กรรมที่อยู่นอกเหนือจากกฎเมนเดล

จากการศึกษาของเมนเดลพบว่าเมื่อยีนในตำแหน่งหนึ่งๆ อยู่ในสภาพเฮเทอโรไซกัส ลักษณะเด่นจะแสดงออกมาเสมอ เรียกการแสดงออกแบบนี้ว่า **การข่มสมบูรณ์ (complete dominant)** การที่แอลลีลหนึ่งข่มอีกแอลลีลหนึ่งสมบูรณ์แบบทำให้ลักษณะของฮอมอไซกัสโดมิแนนท์และเฮเทอโรไซกัสแสดงออกเหมือนกัน เช่น สมมติให้ R เป็นยีนที่ควบคุมสีดอก แอลลีล R ทำให้ดอกสีแดง แอลลีล r ทำให้ดอกสีขาว โดยให้ R ข่ม r สมบูรณ์ จีโนไทป์ RR และ Rr จะให้สีดอกสีแดงเหมือนกัน ส่วนจีโนไทป์ rr จะให้สีดอกสีขาว แต่ยังมีอีกหลายลักษณะที่ไม่เป็นไปตามกฎเมนเดล คือ ฟีโนไทป์ที่แสดงออกไม่เป็นไปตามอัตราส่วนฟีโนไทป์ เช่น การทดลองของคาร์ล คอร์เรนส์ (Karl Correns) นักพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมันเป็นคนแรกที่พบว่า เมื่อทดลองผสมต้นบานเย็นดอกสีแดงกับดอกสีขาวได้ต้นลูกที่มีดอกสีชมพู ซึ่งถ้าเป็นไปตามกฎของเมนเดลจะไม่มีโอกาสเกิดดอกสีชมพู โดยลักษณะพันธุ์กรรมนอกเหนือกฎเมนเดลมีดังนี้

● **การข่มไม่สมบูรณ์ (incomplete dominant)** คือ การที่แอลลีลหนึ่งไม่สามารถข่มอีกแอลลีลหนึ่งสมบูรณ์ทำให้ลักษณะของเฮเทอโรไซกัสเป็นลักษณะกึ่งกลางระหว่างลักษณะของโฮโมไซกัสโดมิแนนท์และโฮโมไซกัสรีเซสซีฟ เช่น สมมติให้ R เป็นยีนที่ควบคุมสีดอก แอลลีล R ทำให้ดอกสีแดง แอลลีล r ทำให้ดอกสีขาว โดยให้ R ข่ม r ไม่สมบูรณ์ จีโนไทป์ RR จะให้สีดอกสีแดง จีโนไทป์ rr จะให้สีดอกสีขาว ส่วนจีโนไทป์ Rr จะให้ดอกสีชมพู

● **การข่มร่วมกันหรือเด่นร่วมกัน (codominant)** คือ แอลลีลควบคุมลักษณะจะไม่ข่มซึ่งกันและกัน แต่สามารถแสดงความเด่นได้เท่าๆ กันจึงปรากฏลักษณะออกมาข่มร่วมกัน เช่น การแสดงออกของหมู่เลือด ABO โดยยีนที่ควบคุมหมู่เลือดในระบบ ABO ประกอบด้วย 3 แอลลีล คือ I^A , I^B และ i โดย I^A และ I^B เป็นแอลลีลที่ข่มร่วมกัน (co-dominant allele) จะมีการแสดงออกเท่าๆ กัน ส่วน i เป็นแอลลีลด้อย (recessive allele) ถูกข่มจากทั้ง I^A และ I^B เนื่องจากแอลลีล I^A และ I^B สร้างแอนติเจน A และ B ส่วนแอลลีล i ไม่สร้างแอนติเจน ดังนั้น สามารถสรุปการแสดงออกของระบบเลือด ABO ได้ดังนี้

ผู้ที่มีจีโนไทป์ $I^A I^A$ หรือ $I^A i$	จะมีหมู่เลือด	A
ผู้ที่มีจีโนไทป์ $I^B I^B$ หรือ $I^B i$	จะมีหมู่เลือด	B
ผู้ที่มีจีโนไทป์ $I^A I^B$	จะมีหมู่เลือด	AB
ผู้ที่มีจีโนไทป์ ii	จะมีหมู่เลือด	O

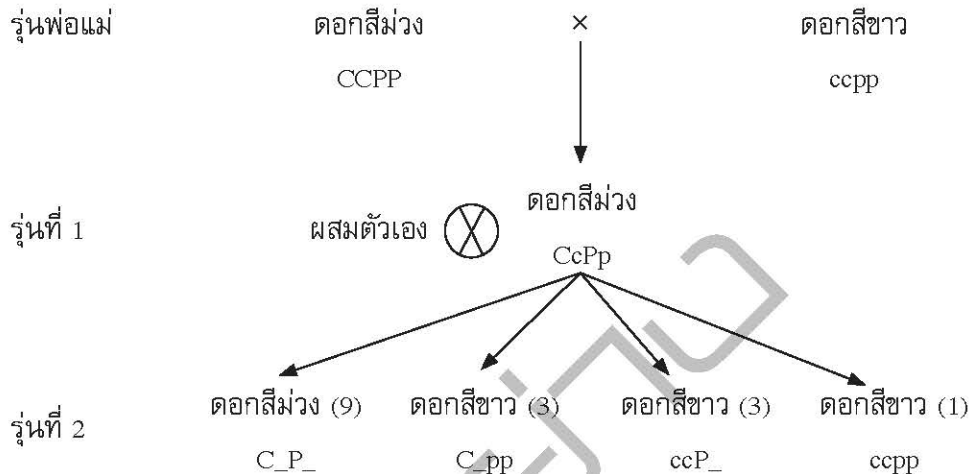
● **การข่มเกิน (over dominant)** คือ ลักษณะที่เป็นเฮเทอโรไซกัสแสดงลักษณะที่ดีกว่าลักษณะโฮโมไซกัส เช่น สมมติให้ T เป็นยีนที่ควบคุมความสูง โดยแอลลีล T ทำให้ต้นสูง 2 เมตร แอลลีล t ทำให้ต้นสูง 1 เมตร จีโนไทป์พันทางให้ลักษณะต้นที่สูง 5 เมตร

● **มัลติเปิลแอลลีล (multiple allele)** คือ การที่ยีนหรือลักษณะหนึ่งมีรูปแบบ (แอลลีล) มากกว่าสองรูปแบบ โดยสามารถหาจำนวนรูปแบบของจีโนไทป์ได้จากสูตร $\frac{n(n+1)}{2}$ เมื่อ n คือ จำนวนแอลลีลของยีนนั้นๆ เช่น ระบบเลือด ABO มี 3 แอลลีล จะมีจำนวนรูปแบบจีโนไทป์ทั้งหมด $\frac{3(3+1)}{2} = 6$ แบบ

● **มัลติเปิลยีน (multiple gene) หรือพอลิยีน (polygene)** คือ การที่ลักษณะหนึ่งถูกควบคุมด้วยยีนมากกว่า 1 ยีน และแสดงออกเป็นอิสระจากกัน เช่น สมมติให้ลักษณะดอกสีแดงถูกควบคุมด้วยยีน R_1 , R_2 , R_3 และ R_4 โดยแอลลีล R_1 , R_2 , R_3 และ R_4 ควบคุมการสร้างเม็ดสีแดง ส่วนแอลลีล r_1 , r_2 , r_3 และ r_4 ไม่สร้างเม็ดสี ดังนั้นจีโนไทป์ $R_1 R_1 R_2 R_2 R_3 R_3 R_4 R_4$ จะมีดอกสีแดงเข้มที่สุด ส่วนจีโนไทป์ $r_1 r_1 r_2 r_2 r_3 r_3 r_4 r_4$ จะมีดอกสีขาว ส่วนจีโนไทป์พันทางจะมีดอกสีแดงที่เข้มแตกต่างกันขึ้นอยู่กับจำนวนยีนเด่นที่ปรากฏ เช่น จีโนไทป์ $R_1 R_1 R_2 r_2 R_3 R_3 R_4 r_4$ จะมีสีแดงเข้มกว่าจีโนไทป์ $R_1 R_1 R_2 r_2 R_3 r_3 R_4 r_4$

GOAL ชีวิตยาพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.6

● **complementary gene** เป็นยีนที่ทำงานส่งเสริมซึ่งกันและกัน เช่น ลักษณะสีของดอกถั่วชนิดหนึ่งถูกควบคุมด้วยยีน 2 คู่ ถ้ามีคู่อินสำหรับลักษณะเด่นของยีนทั้งสองคู่ปรากฏอยู่ในจีโนไทป์ลักษณะที่ปรากฏทางฟีโนไทป์ คือ ดอกสีม่วง แต่ถ้าขาดคู่อินเด่นตัวใดตัวหนึ่งไปลักษณะที่ปรากฏทางฟีโนไทป์ จะเป็นดอกสีขาว ดังแผนภาพ



● **การข่มข้ามตำแหน่ง** คือ การเกิดปฏิกริยาร่วมระหว่างยีนที่อยู่คนละตำแหน่ง (locus) ซึ่งมีผลให้ยีนจากตำแหน่งหนึ่งไปเปลี่ยนแปลงอิทธิพลของยีน ณ อีกตำแหน่งหนึ่งได้ ซึ่งอาจเกิดขึ้นระหว่างยีน 2 ตำแหน่งหรือมากกว่าก็ได้ที่ควบคุมลักษณะที่ปรากฏ (phenotype) เดียวกัน ยีนที่ข่มตัวอื่นเรียกว่า **epistatic gene** ส่วนยีนที่ถูกข่มเรียกว่า **hypostatic gene**



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (inheritance) แบ่งได้เป็น

● **การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมร่างกาย (autosomal inheritance)**

- **autosomal dominant inheritance** การถ่ายทอดผ่านยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย ทำให้เพศหญิงและเพศชายมีโอกาสถ่ายทอดได้เท่ากัน โดยจะพบการแสดงลักษณะทุกรุ่นโดยไม่มีการข้ามรุ่น ผู้ที่แสดงลักษณะมักมีพ่อแม่ที่แสดงลักษณะเสมอ เช่น โรคท้าวแสนปม (neurofibromatosis) ที่ทำให้ผิวหนังมีปุ่มปม โรคอะคอนโดพลาเซีย (achondroplasia) ที่ทำให้รูปร่างเตี้ย แคระแกร็น และลักษณะหมู่เลือด Rh

- **autosomal recessive inheritance** การถ่ายทอดผ่านยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย ทำให้เพศหญิงและเพศชายมีโอกาสถ่ายทอดได้เท่ากัน โดยสามารถพบการแสดงลักษณะข้ามรุ่นได้ เช่น โรคทาลัสซีเมีย โรคผิวหนัง (Albinism)

● **ยีนบนโครโมโซมเพศ** ยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศจะทำให้มีการแสดงออกที่ต่างกันในเพศชาย และเพศหญิงตามลักษณะจีโนไทป์ สามารถแบ่งได้ดังนี้

- **X-link recessive inheritance** กลุ่มของยีนที่ควบคุมลักษณะดังกล่าวเป็นยีนด้อยอยู่บนโครโมโซม X ทำให้เพศหญิงที่เป็นฮอมอไซกัสโดมิแนนท์และเฮเทอโรไซกัสไม่เป็นโรค แต่เพศชายที่ได้รับแอลลีลด้อยจะเป็นโรคและมีโอกาสเป็นได้มากกว่าเพศหญิง โดยจะไม่ถ่ายทอดจากพ่อไปสู่ลูกชาย แต่สามารถถ่ายทอดไปยังลูกสาวได้ เช่น

ลักษณะตาบอดสีโดยยีนที่ควบคุมลักษณะตาบอดสีเป็นยีนด้อยอยู่บนโครโมโซม X โดยแอลลีล X^C ไม่ทำให้ตาบอดสี แต่แอลลีล X^c ทำให้ตาบอดสี ดังนั้นในเพศชายแม้ได้รับแอลลีล X^c เพียงแอลลีลเดียวก็ทำให้เกิดลักษณะตาบอดสีได้ โดยสรุปได้ดังนี้

ผู้ชายตาปกติจะมีโครโมโซม	$X^C Y$
ผู้ชายตาบอดสีจะมีโครโมโซม	$X^c Y$
ผู้หญิงตาปกติจะมีโครโมโซม	$X^C X^C$
ผู้หญิงตาปกติแต่เป็นพาหะจะมีโครโมโซม	$X^C X^c$
ผู้หญิงตาบอดสีจะมีโครโมโซม	$X^c X^c$

โรคฮีโมฟีเลีย (hemophilia) เป็นโรคที่เมื่อเกิดบาดแผลแล้วเลือดจะหยุดได้ยาก เนื่องจากขาดสาร antihemophilic globulin ทำให้เลือดไม่แข็งตัว

โรคการพร่องเอนไซม์ glucose-6-phosphate dehydrogenase (G-6-PD) โดยปกติแล้วร่างกายจะใช้เอนไซม์ G-6-PD ในการเปลี่ยนสาร glucose-6-phosphate (G-6-P) เป็นสารกลูตาไทโอน (glutathione) ซึ่งเป็นสารช่วยในการทำหน้าที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดง เมื่อขาดเอนไซม์ G-6-PD ปริมาณสารกลูตาไทโอนในเซลล์เม็ดเลือดแดงน้อยลงทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงอ่อนแอและถูกทำลายได้ง่าย ร่างกายอ่อนแอ มีอาการโลหิตจาง ตัวเหลืองซีด อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ ปวดท้อง และคลื่นไส้

โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ (muscular dystrophy) โดยชนิดที่เกิดจากยีนด้อยบนโครโมโซม X เรียกว่า โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบบางดุเชน (Duchenne muscular dystrophy) โดยจะเกิดจากความผิดปกติของยีน dystrophin ซึ่งผลิตโปรตีนที่ทำหน้าที่ในการเสริมสร้างความแข็งแรงของเส้นใยกล้ามเนื้อ ดังนั้นเมื่อยีนมีความผิดปกติจึงทำให้กล้ามเนื้อเจริญผิดปกติ ลีบ และอ่อนแรง มักจะเริ่มแสดงอาการในกล้ามเนื้อสะโพกและขาเมื่ออายุ 3-4 ปี ส่วนอีก 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่เกิดจากยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย คือ โรค limb girdle type II จะเริ่มแสดงอาการในหัวไหล่และเชิงกราน และชนิดที่เกิดจากยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย ได้แก่ myotonic dystrophies เป็นโรคภาวะบกพร่องในกล้ามเนื้อเกิดจากความผิดปกติของยีน huntingtin บนโครโมโซมแท่งที่ 19 facio scapulo humeral muscular dystrophy (FSHD) แบบใบหน้า ไหล่ แขน และ oculo pharyngeal muscular dystrophy (OPMD) มักพบในผู้ใหญ่ที่อายุมากกว่า 40 ปีขึ้นไป โดยจะเริ่มพบอาการเปลือกตาหย่อนและกลืนอาหารได้ลำบาก

GOAL ชีวิตยาพื้นฐานและเพิ่มเติม ม.6

- *X-link dominant inheritance* เป็นลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนเด่นบนโครโมโซม X มักพบในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ไม่ถ่ายทอดจากพ่อไปสู่ลูกชาย แต่สามารถถ่ายทอดไปยังลูกสาวได้ เช่น โรค werewolf syndrome ที่ทำให้มีขนตามใบหน้าและลำตัวยาวกว่าปกติ

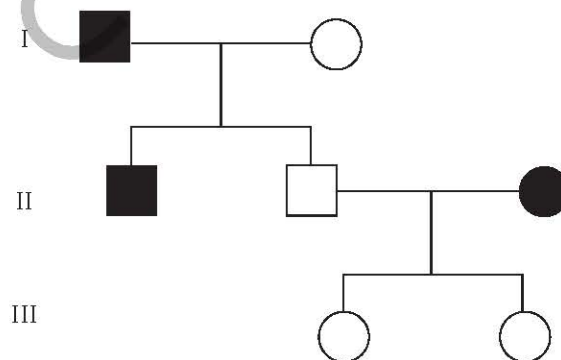
- *Y-link gene หรือ holandric gene* ถ่ายทอดผ่านทางโครโมโซม Y ลักษณะนี้จะไม่ถ่ายทอดจากพ่อไปสู่ลูกสาว แต่จะถ่ายทอดให้ลูกชายทุกคน ได้แก่ ลักษณะใบหูมีขน (hair earpinnae) ที่พบในชายอินเดีย

● **mitochondrial inheritance** เป็นการถ่ายทอดลักษณะผ่านยีนที่อยู่บนไมโทคอนเดรีย โดยถ่ายทอดผ่านทางไซโทพลาซึม การถ่ายทอดจะผ่านจากไข่เท่านั้น ลักษณะลูกจะเหมือนแม่ทุกประการ เช่น โรค leber optic atrophy มีอาการตามัวอย่างเฉียบพลัน มองภาพตรงกลางไม่ชัดเนื่องจากเส้นประสาทตาเสื่อม



พงศาวลี

พงศาวลีหรือแผนภาพการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม (pedigree) เป็นแผนภาพที่ใช้บ่งบอกการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นสู่รุ่น โดยใช้สัญลักษณ์วงกลมแทนสิ่งมีชีวิตเพศเมีย และสี่เหลี่ยมแทนสิ่งมีชีวิตเพศผู้ ถ้ารูปทรงทั้งสองแบบมีลักษณะทึบ หมายถึง ปรากฏลักษณะนั้นๆ ในคน หรือสิ่งมีชีวิตนั้น แต่ถ้ารูปทรงมีลักษณะโปร่งแสดงว่าไม่ปรากฏลักษณะดังกล่าว นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแถวเดียวกันจะถือว่าเป็นรุ่นเดียวกัน และจะใช้เส้นโยงเพื่อบอกว่าเป็นคู่พ่อแม่หรือมีลูกกี่คน เช่น



จากพงศาวลี ครอบครัวนี้เริ่มจากรุ่น I พ่อมีลักษณะ A แต่งงานกับแม่ที่ไม่มีลักษณะ A มีลูกชายสองคน (รุ่น II) มีและไม่มีลักษณะ A อย่างละคน ลูกชายคนที่ไม่มีลักษณะ A แต่งงานกับหญิงที่มีลักษณะ A ได้ลูกผู้หญิง (รุ่น III) ที่ไม่มีลักษณะ A ทั้งสองคน

แบบทดสอบ

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดไม่ใช่ข้อดีที่เมนเดลเลือกศึกษาลักษณะของต้นถั่วลันเตา
 1. ลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนตำแหน่งเดียว
 2. ลักษณะที่มีการผสมสมบูรณ
 3. พืชวงจรชีวิตสั้น
 4. พืชที่ผสมในตัวเอง (self-pollination)
 5. มีหลายลักษณะให้เลือกศึกษา
2. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการทดลองของเมนเดล
 1. เมนเดลเริ่มผสมต้นพ่อแม่ที่เป็นฮอมอไซกัส
 2. หลังจากได้ลูกรุ่น F_1 แล้วทำการทดลองต่อด้วยการผสมรุ่น F_1 กับต้นแม่
 3. เมนเดลใช้ต้นพ่อแม่ที่เป็นพันธุ์แท้ทั้งสองแบบในแต่ละลักษณะ
 4. เมนเดลใช้พ่อแม่ที่เป็นพันธุ์แท้
 5. รุ่นลูก F_1 จะถูกนำไปทดลองต่อโดยทำการผสมตัวเอง
3. ข้อใดสามารถเกิดขึ้นได้ถ้าทำการทดลองโดยเลือกลักษณะตามเมนเดล
 1. ลูกรุ่น F_1 ปรากฏฟีโนไทป์ 3 แบบ
 2. ลูกรุ่น F_2 ปรากฏฟีโนไทป์ 3 แบบ
 3. ลักษณะด้อยปรากฏในลูกรุ่น F_1
 4. ลักษณะด้อยปรากฏในรุ่นพ่อแม่
 5. ไม่พบลักษณะด้อยในรุ่น F_2 เลย
4. ข้อใดไม่ใช่การค้นพบของเมนเดล
 1. ลักษณะของสิ่งมีชีวิตถูกควบคุมด้วยปัจจัย (factor)
 2. ปัจจัย (factor) จะอยู่เป็นคู่
 3. ปัจจัยด้อยจะหายไปรุ่น F_1
 4. ปัจจัยของลูกจะได้มาจากพ่อและแม่อย่างละครึ่ง
 5. ปัจจัยหนึ่งมิได้หลายรูปแบบแต่ใน 1 สิ่งมีชีวิตมีไม่เกิน 2 รูปแบบเท่านั้น

แนะนำหนังสือดี



GOAL ชีววิทยา
พื้นฐานและเพิ่มเติม ม.6



1912603100

MAC EDUCATION

www.MACeducation.com



9 786162 746314

ราคา 205 บาท