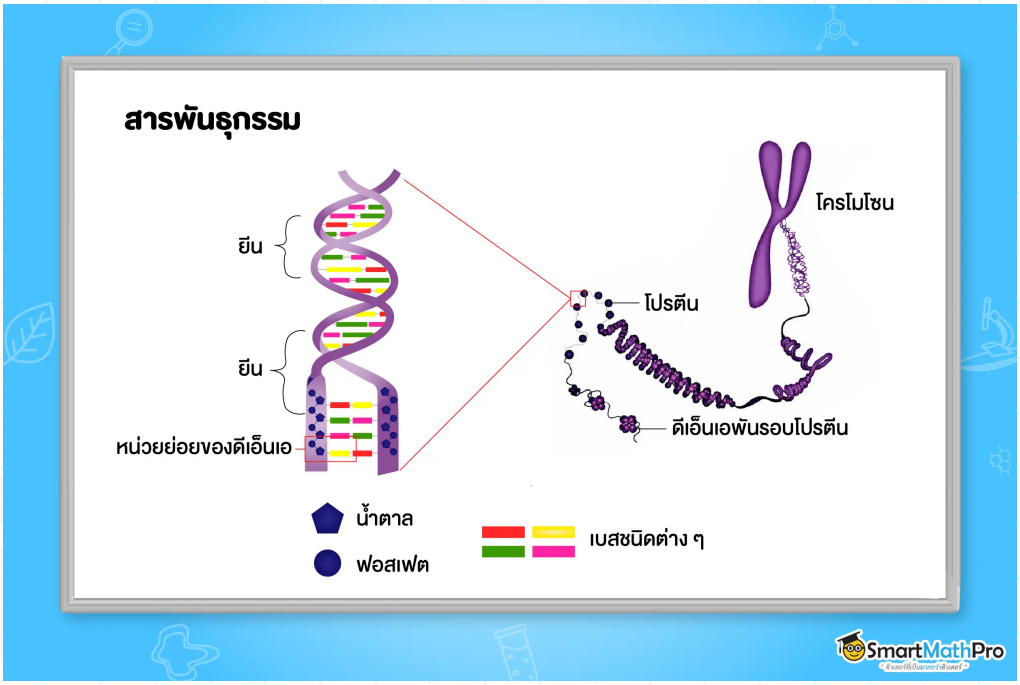
# การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ม.4

## การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมคืออะไร ?

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Heredity) หมายถึง กระบวนการที่ลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตถูกส่งผ่านจากพ่อแม่ไปยังลูกหลานผ่านทางสารพันธุกรรม หรือดีเอ็นเอ (DNA) ซึ่งอยู่บนโครโมโซมภายในนิวเคลียสของเซลล์

หน่วยพื้นฐานของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมคือ ยีน (Gene) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอที่ทำหน้าที่กำหนดลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต เช่น สีดอก สีผิว สีตา ความสูง กรุ๊ปเลือด หรือความสามารถในการสร้างโปรตีนชนิดต่าง ๆ

ในสิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ลูกจะได้รับโครโมโซมครึ่งหนึ่งจากพ่อและอีกครึ่งหนึ่งจากแม่ ทำให้ได้รับยีนจากทั้งสองฝ่าย ส่งผลให้ลูกมีลักษณะบางอย่างคล้ายพ่อ บางอย่างคล้ายแม่ และบางลักษณะแตกต่างจากทั้งสองคน




SmartMathPro

## คำศัพท์สำคัญที่ควรรู้

ได้แก่

- **ยีน (Gene)** : หน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

  **แอลลีล (Allele)** : รูปแบบที่แตกต่างกันของยีนเดียวกัน ซึ่งสามารถเข้าคู่กันได้หลายแบบ ดังนี้

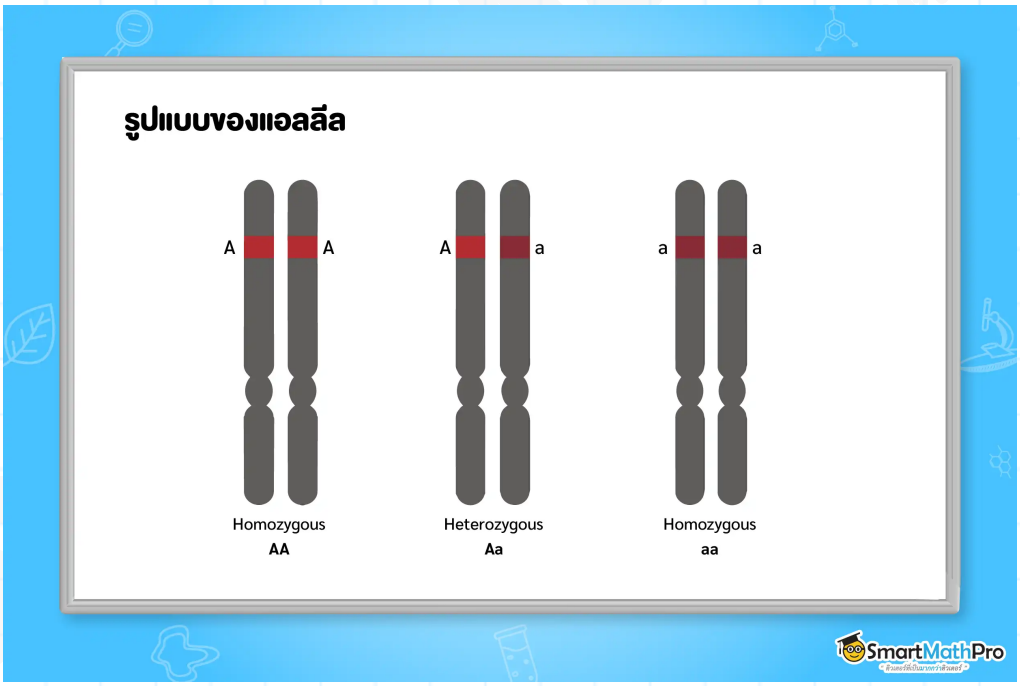
  - Homozygous alleles (ฮอโมไซกัส หรือ แอลลีลพันธุ์แท้) คือ สภาวะที่ยีนทั้งสองฝั่งจับคู่กันด้วยแอลลีลที่เหมือนกัน แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบย่อย คือ :

    Homozygous Dominant (พันธุ์แท้ลักษณะเด่น) : มีแอลลีลเด่นทั้งคู่ เช่น AA

    Homozygous Recessive (พันธุ์แท้ลักษณะด้อย) : มีแอลลีลด้อยทั้งคู่ เช่น aa

  - Heterozygous Alleles (เฮเทอโรไซกัส หรือ แอลลีลพันทาง) คือสภาวะที่ยีนทั้งสองฝั่งจับคู่กันด้วย **แอลลีลที่แตกต่างกัน** โดยมียีนเด่นและยีนด้อยอยู่คู่กัน เช่น Aa

- **จีโนไทป์ (Genotype)** : ชุดของแอลลีลที่สิ่งมีชีวิตมี
- **ฟีโนไทป์ (Phenotype)** : ลักษณะที่แสดงออกให้สังเกตได้
- **ลักษณะเด่น (Dominant trait)** : ลักษณะที่แสดงออก เมื่อมีแอลลีลเด่นอย่างน้อยหนึ่งตัว
- **ลักษณะด้อย (Recessive trait)** : ลักษณะที่จะแสดงออก เมื่อมีแอลลีลด้อยทั้งสองตัว




SmartMathPro

# การศึกษาพันธุกรรมของเมนเดล

เกรเกอร์ โยฮันน์ เมนเดล (Gregor Johann Mendel) เป็นนักบวชชาวออสเตรียผู้ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยใช้ต้นถั่วลันเตาเป็นสิ่งทดลอง เนื่องจากปลูกง่าย ให้ลูกหลานจำนวนมาก และมีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ถึง 7 ลักษณะ ได้แก่ สีดอก สีเมล็ด รูปร่างเมล็ด สีฝัก รูปร่างฝัก ตำแหน่งของการออกดอก และความสูงของลำต้น

เมนเดลใช้วิธีผสมพันธุ์ถั่วลันเตาที่มีสายพันธุ์แท้ แล้วติดตามลักษณะที่ปรากฏในรุ่นลูก ($F_1$ และ $F_2$) จากผลการทดลองทำให้ค้นพบกฎพื้นฐานของพันธุศาสตร์ ได้แก่

## 2.1 กฎการแยก (Law of Segregation)

การทำ Monohybrid Cross (การผสมพิจารณาเพียง 1 ลักษณะ) เป็นการทดลองที่เมนเดลใช้พิสูจน์ กฎข้อที่ 1 หรือ กฎการแยก (Law of Segregation) โดยศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมทีละลักษณะ เช่น ความสูงของต้นถั่ว โดยพบว่า แอลลีลที่ควบคุมลักษณะเดียวกันจะแยกออกจากกันระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์ได้รับแอลลีลเพียงหนึ่งตัว เมื่อเกิดการปฏิสนธิ แอลลีลจากพ่อและแม่จะรวมกันอีกครั้ง

**ตัวอย่างการผสมทีละหนึ่งลักษณะ (Monohybrid Cross)**

ต้นสูง (TT) × ต้นเตี้ย (tt)
รุ่นพ่อแม่ (P) TT × tt
เซลล์สืบพันธุ์ T × t
รุ่นลูก ($F_1$) Tt ทั้งหมด → ต้นสูง 100%
เมื่อนำรุ่น $F_1$ มาผสมกัน Tt × Tt
จะได้รุ่น $F_2$ อัตราส่วนจีโนไทป์ คือ TT : Tt : tt = 1 : 2 : 1

อัตราส่วนฟีโนไทป์ คือ ต้นสูง : ต้นเตี้ย = 3 : 1
และเมื่อทดลองในทุก ๆ ลักษณะของถั่วลันเตา พบว่าจะเจอการแสดงออกของลูกรุ่น $F_2$ ในอัตราส่วน 3 : 1 นี้เสมอ และทำให้กลายเป็นผลการทดลองที่ทำให้เมนเดลค้นพบกฎการแยก

SmartMathPro
" ติวเตอร์ที่เป็นมากกว่าติวเตอร์ "

**ผลการทดลองจากการทำ Monohybrid Cross ในรุ่น F2**

The Results of Mendal's $F_1$ Crosses for Seven Characters in Pea Plant

| Characters | Dominant Trait | × | Recessive Trait | $F_2$ Generation Dominant Recessive | Ratio |
|---|---|---|---|---|---|
| Flower color | Purple  | × | White  | 705:224 | 3.15:1 |
| Flower color | Axial  | × | Terminal  | 651:207 | 3.14:1 |
| Seed color | Yellow  | × | Green  | 6,022:2,001 | 3.01:1 |
| Seed color | Yellow  | × | Wrinkled  | 5,474:1,850 | 2.96:1 |
| Pod shape | Inflated  | × | Constricted  | 882:299 | 2.95:1 |
| Pod shape | Green  | × | Yellow  | 428:152 | 2.82:1 |
| Pod shape | Tall  | × | Dwarf  | 787:277 | 2.84:1 |

SmartMathPro

## 2.2 กฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ (Law of Independent Assortment)

การผสมแบบ Dihybrid Cross (การผสมพิจารณา 2 ลักษณะพร้อมกัน) เป็นการทดลองที่เมนเดล นำมาใช้ตั้ง กฎข้อที่ 2 หรือ กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ (Law of Independent Assortment) โดยสรุปได้ว่า ในระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แอลลีลของยีนแต่ละลักษณะจะแยกออกจากกันและไปรวมกลุ่มกันในเซลล์สืบพันธุ์ได้อย่างอิสระ ทำให้เกิดการจับคู่กันของลักษณะใหม่ ๆ ในรุ่นลูก

SmartMathPro

## ตัวอย่างการผสมทีละ 2 ลักษณะ (Dihybrid Cross)

เมนเดลศึกษาลักษณะ **รูปร่างของเมล็ด** (เมล็ดกลม (*R*), เมล็ดขรุขระ (*r*)) ร่วมกับ สีของเมล็ด (เมล็ดสีเหลือง (*Y*), เมล็ดสีเขียว (*y*))

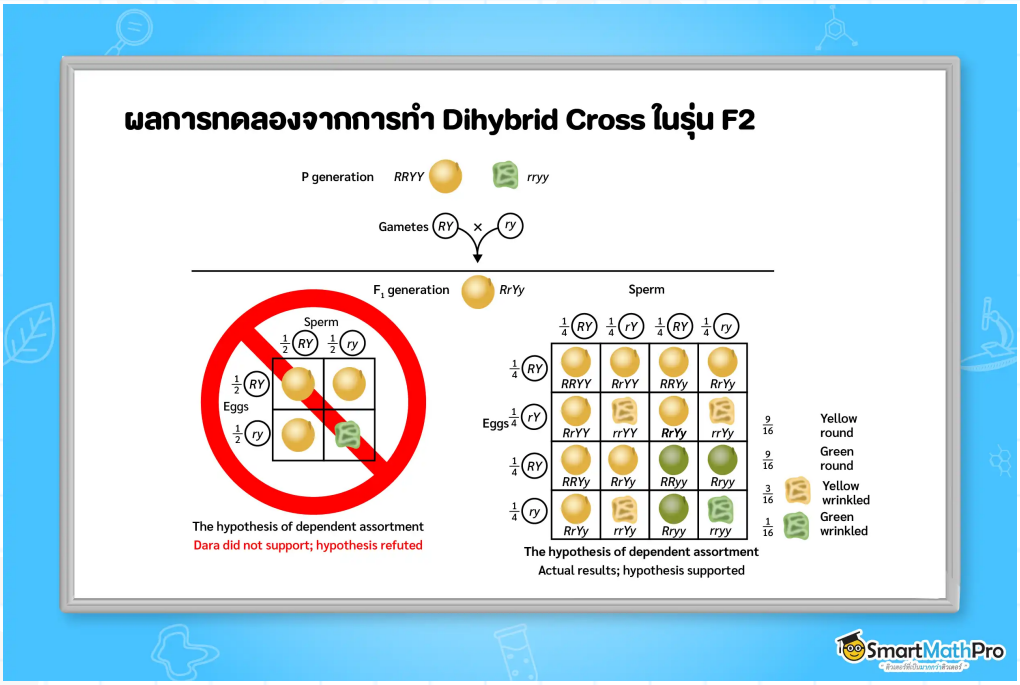
1. รุ่นพ่อแม่ (P) : นำพันธุ์แท้เมล็ดกลมสีเหลือง (*RRYY*) ผสมกับพันธุ์แท้เมล็ดขรุขระสีเขียว (*rryy*)
2. รุ่นลูกที่ 1 ($F_1$) : ได้รุ่นลูกที่มีลักษณะเด่นทั้งหมด คือ เมล็ดกลมสีเหลือง แต่มีจีโนไทป์เป็น heterozygous คือ *RrYy*
3. รุ่นลูกที่ 2 ($F_2$) : เมื่อนำลูก F1 *RrYy* และ *RrYy* มาผสมกันเอง เซลล์สืบพันธุ์ที่ได้จะมี 4 แบบ คือ *RY, Ry, rY, ry* เมื่อนำมาไขว้กันในตารางพันเนตต์ (Punnett square) จะได้อัตราส่วนของฟีโนไทป์ ลักษณะภายนอก เป็น 9 : 3 : 3 : 1 มีรายละเอียดดังนี้

   9 : เมล็ดกลม-สีเหลือง (ลักษณะเด่น-เด่น)

   3 : เมล็ดกลม-สีเขียว (ลักษณะเด่น-ด้อย)

   3 : เมล็ดขรุขระ-สีเหลือง (ลักษณะด้อย-เด่น)

   1 : เมล็ดขรุขระ-สีเขียว (ลักษณะด้อย-ด้อย)



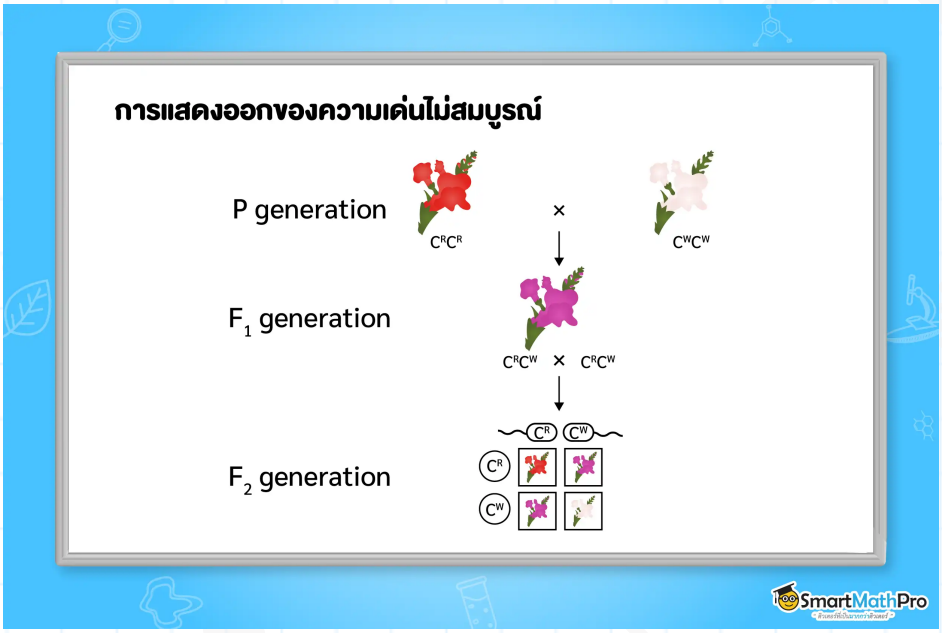

กฎของเมนเดลสามารถอธิบายการถ่ายทอดลักษณะเด่นและลักษณะด้อยในสิ่งมีชีวิตจำนวนมากและเป็นรากฐานสำคัญของวิชาพันธุศาสตร์ในปัจจุบัน

SmartMathPro

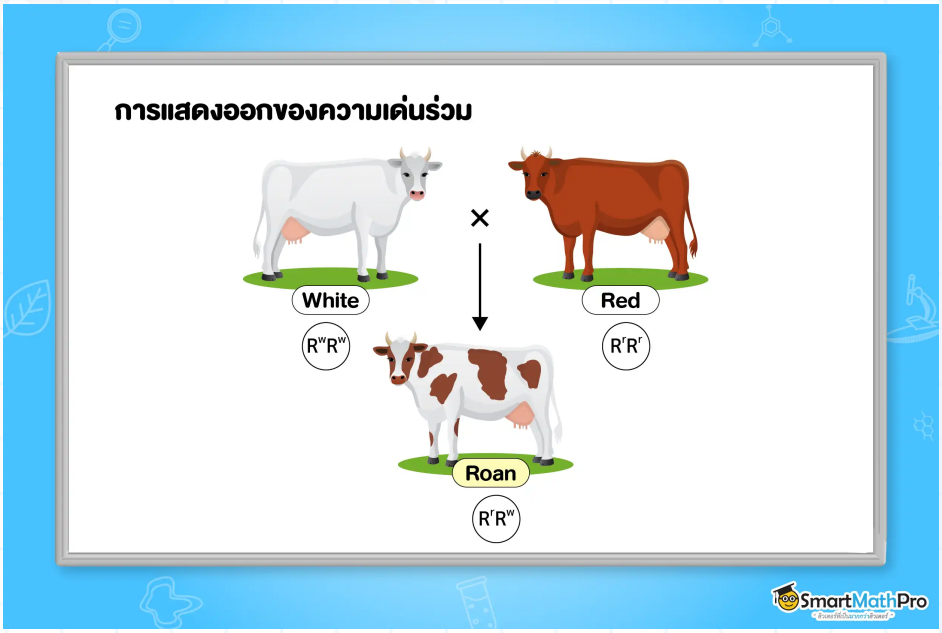
# การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

ภายหลังการค้นพบของเมนเดล นักวิทยาศาสตร์พบว่าการถ่ายทอดลักษณะบางชนิดไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดลทั้งหมด เราจะเรียกว่า ส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบคือ

- **ความเด่นไม่สมบูรณ์ (Incomplete Dominance)** : แอลลีลเด่นไม่สามารถข่มแอลลีลด้อยได้ทั้งหมด ทำให้ลูกที่เป็นเฮเทอโรไซกัสมีลักษณะกึ่งกลางระหว่างพ่อแม่ เช่น ดอกไม้สีแดงผสมกับดอกสีขาว ได้ลูกเป็นดอกสีชมพู

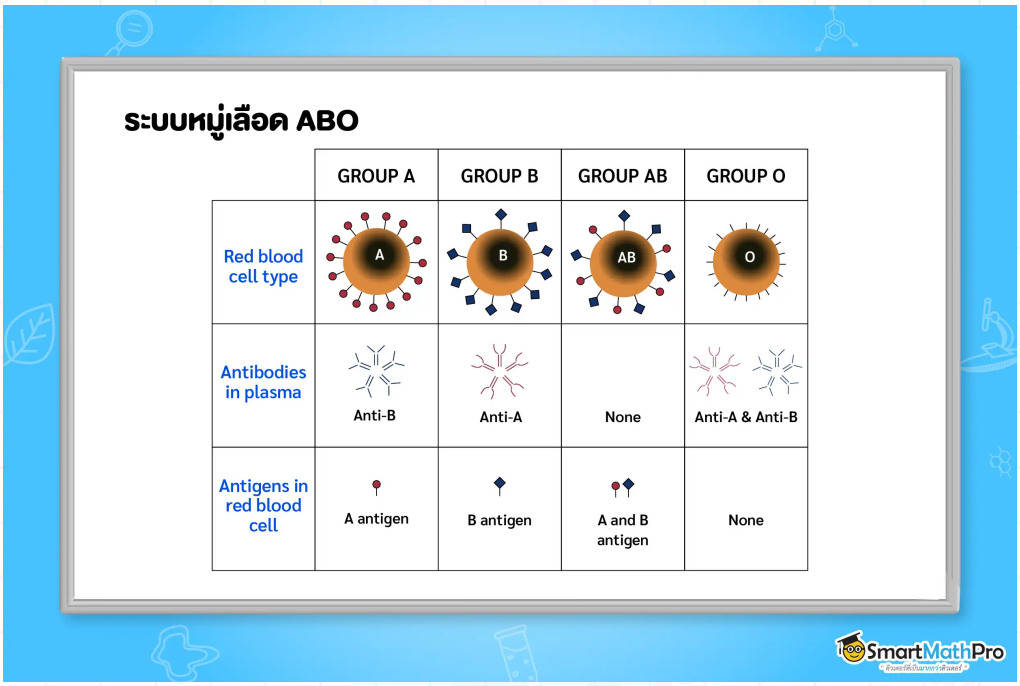


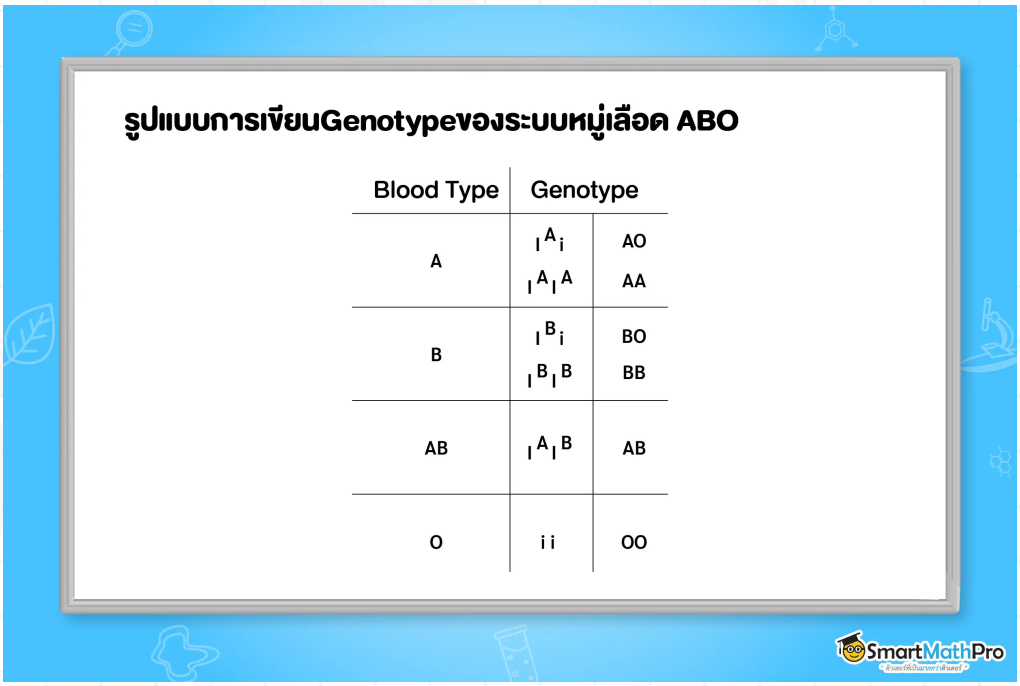

- **ความเด่นร่วม (Codominance)** : แอลลีลทั้งสองแสดงออกพร้อมกันโดยไม่มีแอลลีลใดข่มอีกฝ่าย ตัวอย่างที่สำคัญคือ กรุ๊ปเลือดระบบ ABO ซึ่งแอลลีล $I^A$ และ $I^B$ แสดงออกพร้อมกัน ทำให้เกิดกรุ๊ปเลือด AB หรือสีขนของวัวสีโรนที่เห็นได้ชัดเจน




SmartMathPro
ติวเตอร์ที่เป็นมากกว่าติวเตอร์

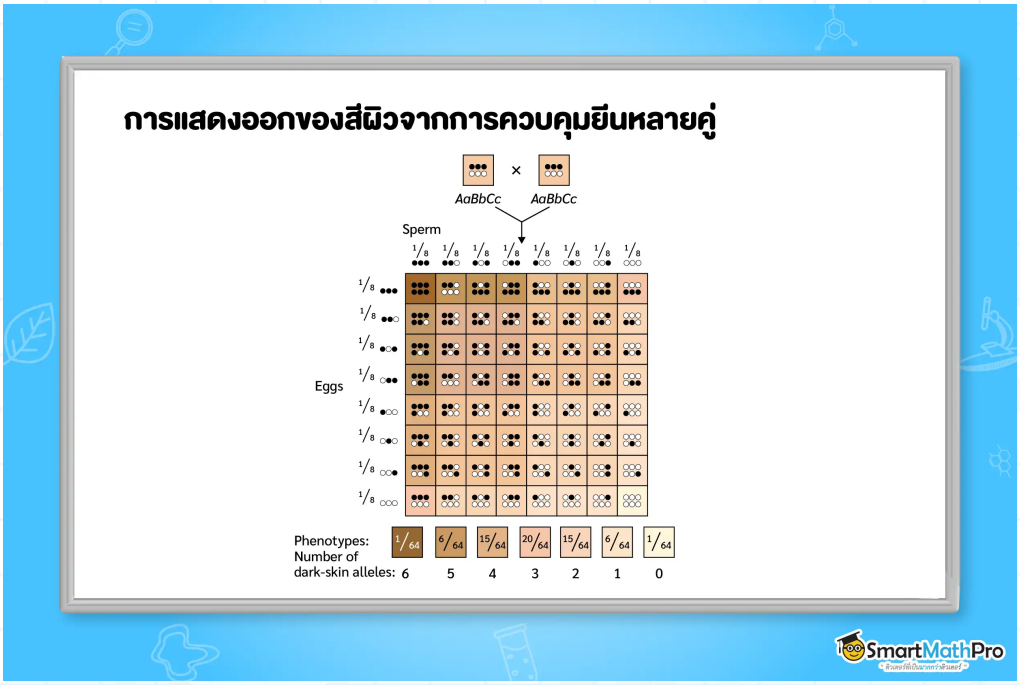
- **มัลติเพิลแอลลีล (Multiple Alleles)** : ยีนบางตำแหน่งมีแอลลีลมากกว่าสองชนิดในประชากร แม้ว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวจะมีได้เพียงสองแอลลีล ตัวอย่างคือ ระบบหมู่เลือด ABO ที่ประกอบด้วย $I^A$, $I^B$ และ i



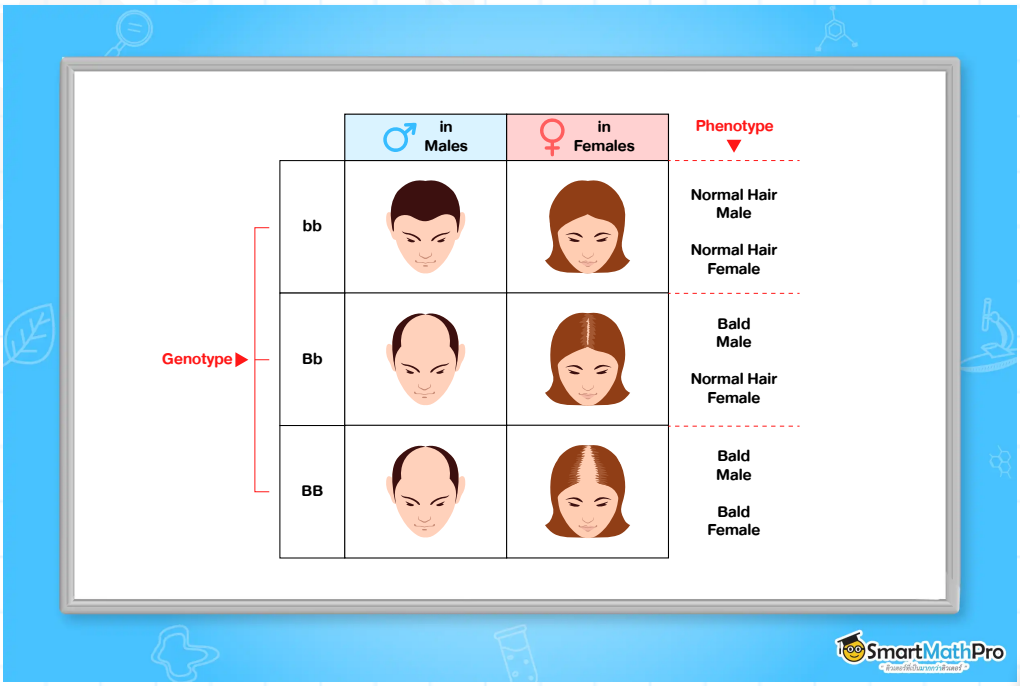

SmartMathPro

- **ลักษณะควบคุมโดยยีนหลายคู่ (Polygenic Inheritance)** : ลักษณะบางอย่างถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ร่วมกัน ทำให้เกิดความแปรผันอย่างต่อเนื่อง เช่น สีผิว ความสูง น้ำหนัก และสีของเมล็ดข้าวสาลี




**ยีนที่เพศมีผลต่อการแสดงออก (Sex influenced gene)** คือ ยีนที่อยู่บนออโตโซม (โครโมโซมร่างกาย) แต่การแสดงออกของยีนนั้นถูกควบคุมหรือได้รับอิทธิพลจากฮอร์โมนเพศ ทำให้เพศชายและเพศหญิงแสดงลักษณะทางพันธุกรรมนี้ออกมาต่างกัน ตัวอย่างที่ชัดเจนที่สุดคือ ลักษณะศีรษะล้าน (Pattern baldness) ซึ่งถูกควบคุมโดยยีนบนออโตโซม โดยมียีนศีรษะล้านเป็นยีนเด่น (B) และยีนผมปกติเป็นยีนด้อย (b)

**เพศชาย** : หากมีจีโนไทป์เป็น Bb จะแสดงลักษณะศีรษะล้าน (เนื่องจากมีฮอร์โมนเพศชายเทสโทสเตอโรนสูง)
**เพศหญิง** : จะแสดงลักษณะศีรษะล้านก็ต่อเมื่อมีจีโนไทป์เป็น BB เท่านั้น




SmartMathPro

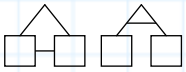
**ลักษณะที่ปรากฏจำเพาะเพศ (Sex-limited traits)** คือ ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมร่างกายปกติ (Autosome) ซึ่งมีอยู่ในทั้งเพศชายและเพศหญิง แต่ลักษณะนั้นจะปรากฏหรือแสดงออกเพียงเพศใดเพศหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากต้องอาศัยสภาพแวดล้อมภายในร่างกายหรือฮอร์โมนเพศเป็นตัวกระตุ้น เช่น ขนหางของไก่ในเพศผู้

**ตัวอย่างการแสดงออกของขนหางของไก่**

| ฟีโนไทป์ของไก่เพศเมีย | จีโนไทป์ | ฟีโนไทป์ของไก่เพศผู้ |
|---|---|---|
| ขนหางสั้น  | LL | ขนหางสั้น  |
| ขนหางสั้น  | Ll | ขนหางสั้น  |
| ขนหางสั้น  | ll | ขนหางยาว  |

**แผนผังพันธุประวัติ พงศาวลี หรือเพดดีกรี (Pedigree Chart)** คือ แผนภาพที่ใช้แสดงลำดับเครือญาติและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสมาชิกในครอบครัวหลายชั่วอายุคน โดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐานแทนเพศ ความสัมพันธ์ และลักษณะที่ปรากฏ (ฟีโนไทป์) ของแต่ละบุคคล เพื่อศึกษารูปแบบการถ่ายทอดลักษณะหรือโรคทางพันธุกรรมได้อย่างเป็นระบบ

สัญลักษณ์ใน **พงศาวลี (Pedigree Chart)** เป็นสัญลักษณ์มาตรฐานที่ใช้ในการศึกษาพันธุศาสตร์ เพื่อแสดงเพศ ความสัมพันธ์ และการแสดงลักษณะทางพันธุกรรมของบุคคลในครอบครัว ดังนี้

| สัญลักษณ์ | ความหมาย |
| --- | --- |
| □ | เพศชาย |
| ○ | เพศหญิง |
| ◇ | ไม่ระบุเพศ หรือไม่ทราบเพศ |
| ■ หรือ ● | บุคคลที่แสดงลักษณะหรือเป็นโรคที่กำลังศึกษา |
| □ หรือ ○ | บุคคลที่ไม่แสดงลักษณะหรือไม่เป็นโรค |
| ◐ หรือ ⊙ | พาหะ (Carrier) ของลักษณะด้อย<br>โดยเฉพาะโรคที่ถ่ายทอดแบบยีนด้อย |
| ⊘ | บุคคลเสียชีวิต |
| □—○ | การสมรสหรือการมีคู่ |
|  | แสดงการมีบุตร |
| □=○ | การสมรสระหว่างเครือญาติ<br>(Consanguineous marriage) |
|  | แสดงลูกแฝด (Twin) โดยถ้ามีเส้นเชื่อมระหว่าง<br>แฝดแสดงว่าเป็นแฝดแท้ (Monozygotic) |




SmartMathPro

**ยีนที่เกี่ยวข้องกับเพศ (Sex-linked gene)** ยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ (X หรือ Y) รูปแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมนี้จะแตกต่างจากยีนบนโครโมโซมร่างกายทั่วไป ทำให้บางโรคหรือลักษณะปรากฏเกิดขึ้นในเพศชายและเพศหญิงด้วยความถี่ไม่เท่ากัน การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของ Sex-linked gene แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบหลัก ๆ ดังนี้

**1. ยีนบนโครโมโซม X (X-linked genes)** สามารถแบ่งแยกย่อยได้เป็น

1.1 ยีนเด่นบนโครโมโซม X (X-linked Dominant) ลักษณะหรือโรคที่ถูกควบคุมด้วยยีนเด่น เพียงแค่ได้รับยีนจากพ่อหรือแม่มาแค่ 1 แอลลีล ก็จะแสดงอาการทันที พบได้ทั้งในเพศชายและเพศหญิง

ตัวอย่าง : โรคกลุ่มอาการเร็ตต์ (Rett Syndrome) และ โรคกระดูกอ่อนจากการขาดฟอสเฟต (X-linked Hypophosphatemia)

1.2 ยีนด้อยบนโครโมโซม X (X-linked Recessive) ลักษณะหรือโรคที่ถูกควบคุมด้วยยีนด้อย ผู้หญิง (XX) จะแสดงอาการก็ต่อเมื่อต้องได้รับยีนด้อยจากทั้งพ่อและแม่ แต่หากได้รับยีนด้อยมาเพียงตัวเดียว จะเป็นเพียง "พาหะ" และไม่แสดงอาการ สำหรับผู้ชาย (XY) หากได้รับยีนด้อยเพียงตัวเดียวบนโครโมโซม X จะแสดงอาการทันที

ตัวอย่าง : โรคตาบอดสี โรคฮีโมฟีเลีย (เลือดออกไม่หยุด) และ โรคภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD

**2. ยีนบนโครโมโซม Y (Y-linked genes)** เป็นยีนที่อยู่บนโครโมโซม Y ซึ่งมีขนาดเล็กและมียีนอยู่น้อย ยีนส่วนใหญ่ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะเฉพาะของเพศชาย
รูปแบบการถ่ายทอด : จะถ่ายทอดจากพ่อไปสู่ลูกชายโดยตรง ไม่ถ่ายทอดไปสู่ลูกสาว
ตัวอย่าง : ยีน SRY ที่ควบคุมการพัฒนาอวัยวะเพศชาย และ ลักษณะมีขนยาวที่ใบหู (Hairy pinna)

**<u>การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมเดียวกัน</u>**

แม้ว่ากฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระของเมนเดลจะอธิบายการถ่ายทอดยีนได้ในหลายกรณี แต่พบว่ายีนบางยีนอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน จึงมีแนวโน้มถูกถ่ายทอดไปพร้อมกัน เรียกว่า ยีนบนโครโมโซมเดียวกัน (Linkage genes)

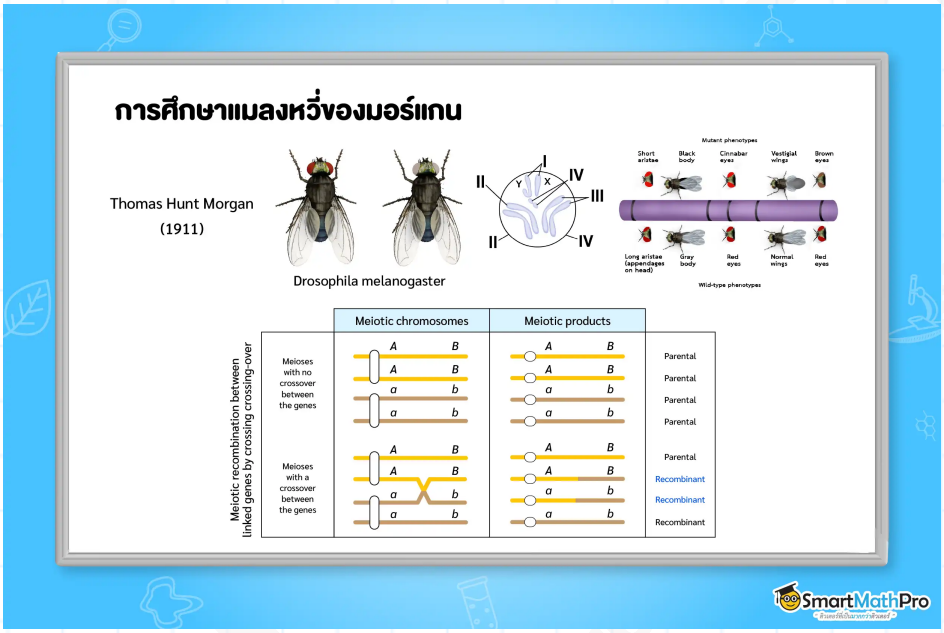
อย่างไรก็ตาม ในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสอาจเกิดกระบวนการ การแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครโมโซม (Crossing over) ระหว่างโครโมโซมคู่เหมือน ส่งผลให้เกิดการจัดเรียงยีนใหม่และเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรม

SmartMathPro
" ติวเตอร์ที่เป็นมากกว่าติวเตอร์ "

ความถี่ของการเกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนขึ้นอยู่กับระยะห่างของยีนบนโครโมโซม กล่าวคือ

ยีนที่อยู่ใกล้กัน มีโอกาสถูกถ่ายทอดร่วมกันสูง
ยีนที่อยู่ห่างกัน มีโอกาสเกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนมากขึ้น ทำให้แยกจากกันได้ง่าย

**ตัวอย่าง** โทมัส ฮันต์ มอร์แกน ศึกษาแมลงหวี่ (*Drosophila melanogaster*) พบว่า ยีนที่ควบคุมสีลำตัวและลักษณะปีกบางคู่มักถ่ายทอดไปด้วยกัน เพราะอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน อย่างไรก็ตาม หากเกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครโมโซม (Crossing over) จะทำให้เกิดลูกที่มีลักษณะใหม่ เช่น ลำตัวสีดำแต่ปีกยาว หรือ ลำตัวสีเทาแต่ปีกสั้น ซึ่งพบได้น้อยกว่าลักษณะเดิม




ความรู้เรื่องยีนบนโครโมโซมเดียวกันมีประโยชน์ในการต่อยอดการสร้างแผนที่ยีน การศึกษาวิวัฒนาการ การปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ รวมถึงการวินิจฉัยโรคทางพันธุกรรมอีกด้วย

"แม้เหลือเวลาเพียงเสี้ยวนาที
ก็ถือว่า ยังมีโอกาส"
**- พี่หนุ่ม -**

สนใจติวชีววิทยาเพิ่มเติม online.smartmathpro.com

SmartMathPro
" ติวเตอร์ที่เป็นมากกว่าติวเตอร์ "