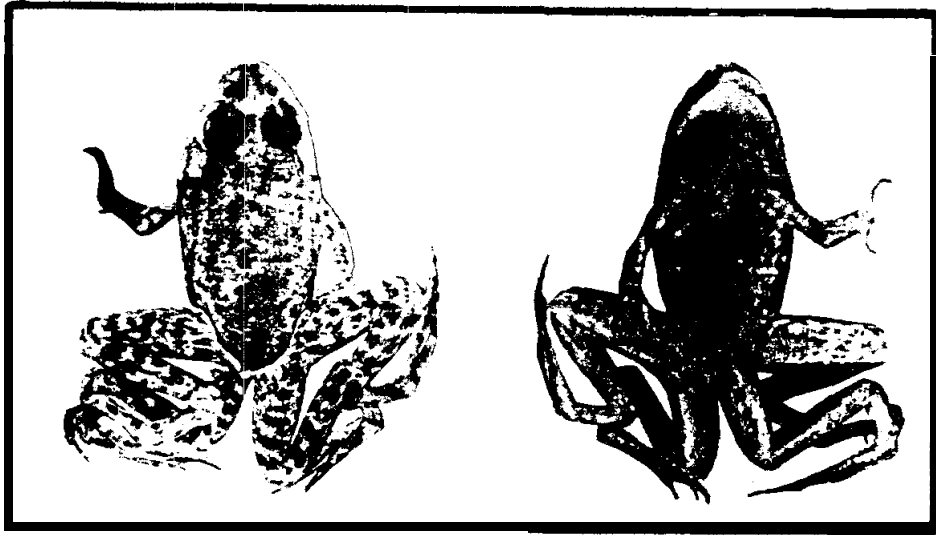


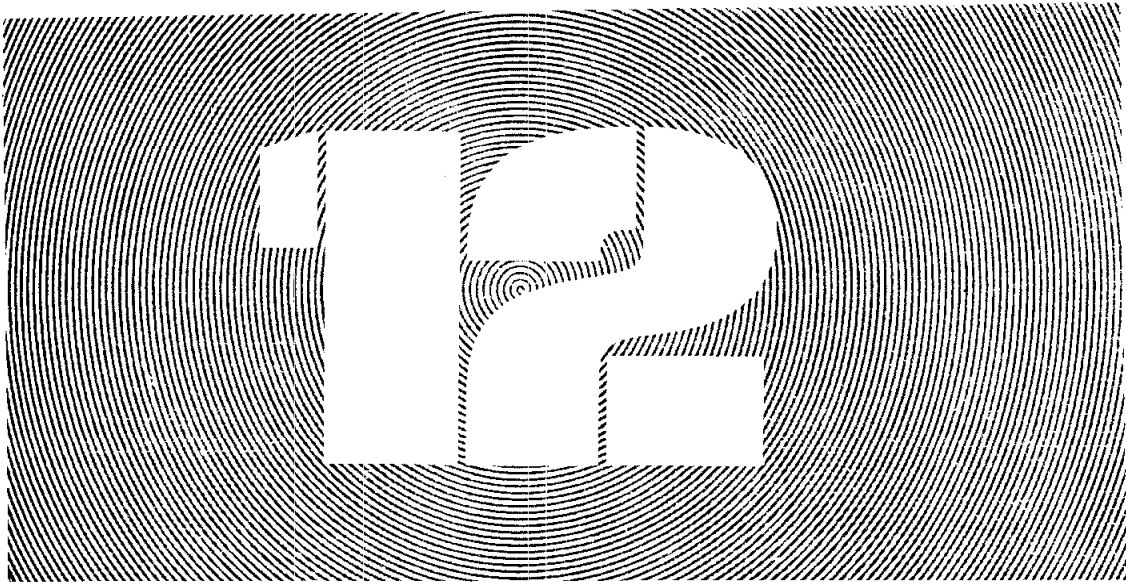
ตอนที่ 4

สาเหตุการเกิดวิวัฒนาการ



สาเหตุจากพันธุกรรม

12

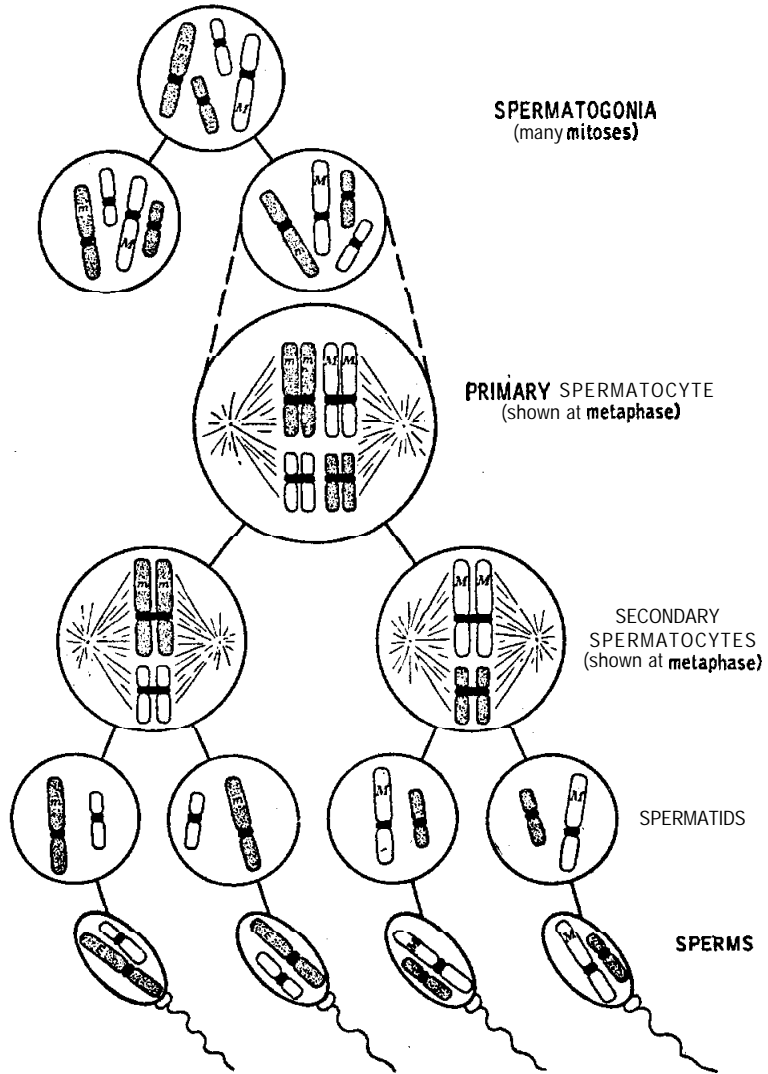


สาเหตุจากพันธุกรรม

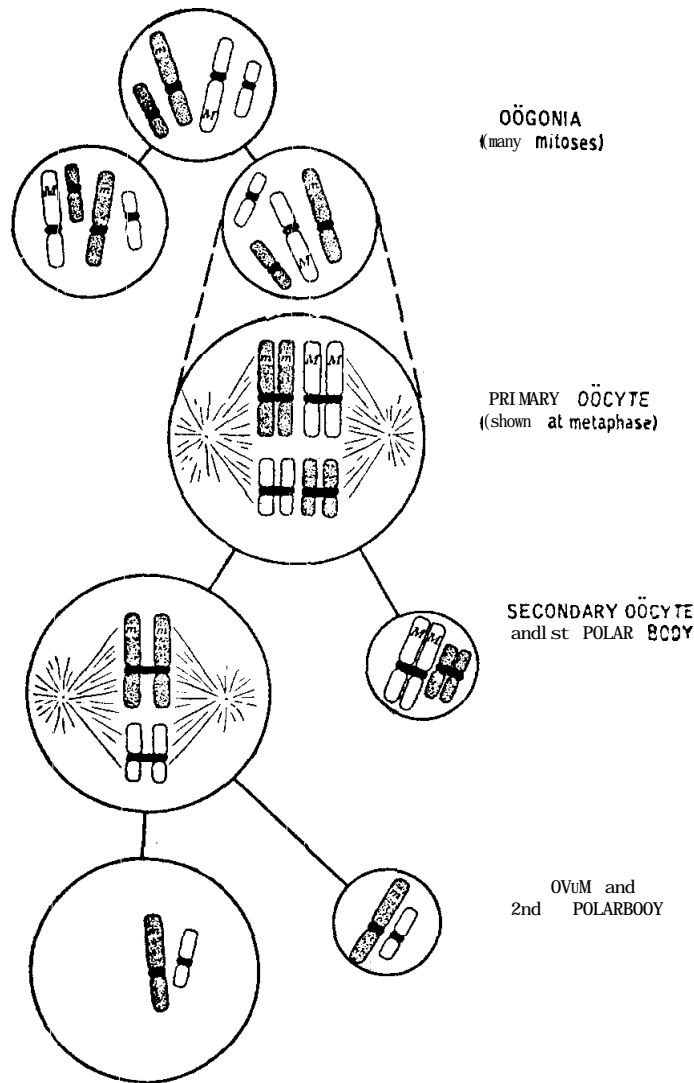
ยีนส์เป็นตัวควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม ลักษณะต่าง ๆ จากพ่อและแม่จะถูกถ่ายทอดไปยังลูกหลานโดยผ่านทางยีนส์ซึ่งยีนส์เหล่านี้อยู่บนโครโมโซม (chromosome) และอยู่ภายในเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ตามทฤษฎีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของเมนเดลเกี่ยวกับ Law of Segregation ที่ว่ายีนส์ที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ นั้นจะถ่ายทอดไปยังลูกหลานเป็นคู่ ๆ โดยเป็นยีนส์จากพ่อข้างหนึ่งและยีนส์ของแม่ข้างหนึ่ง ดังการสร้างอสุจิและไข่ (รูปที่ 12.1 และรูปที่ 12.2) โดยในขณะที่อสุจิผสมกับไข่ อสุจิอยู่ในลักษณะเป็น haploid (n) และไข่ก็อยู่ในลักษณะ haploid (n) เช่นกัน เมื่อผสมกันแล้วจึงได้เป็น fertilized egg ซึ่งเป็น diploid (2n) (ดังรูปที่ 12.3)

ส่วนทฤษฎีเกี่ยวกับ Law of Independent Assortment นั้น ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ยีนส์ต่าง ๆ ที่อยู่บนโครโมโซมจะจับคู่ถ่ายทอดลักษณะโดยอิสระ ดังรูปที่ 12.4

ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดไปยังลูกหลานนั้นมียีนส์ควบคุม ลักษณะของยีนส์ที่ควบคุม เรียกว่า genotype ส่วนลักษณะที่แสดงออกมาภายนอกเนื่องจากยีนส์เรียกว่า phenotype

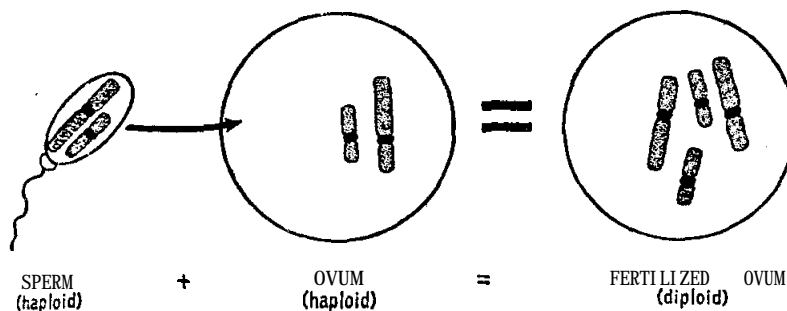


รูปที่ 12.1 แสดงการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ (meiosis) ของการสร้างอสุจิ (spermatogenesis) ในเพศชาย (19)



รูปที่ 12.2 แสดงการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ (Meiosis) ของการสร้างไข่ (Oögenesis) ของเพศหญิง (19)

เช่น หนูสีขาวพันธุ์แท้ (homozygous) มียีนส์ควบคุมคือ (w) ดังนั้นได้ genotype เป็น WW และสีขาของหนูที่เห็นเรียกว่า phenotype ตัวอย่างดังรูปที่ 12.5 เป็นการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของแฮมสเตอร์ เริ่มโดยเอาแฮมสเตอร์พันธุ์แท้ phenotype สีดำมี genotype MM ผสม



รูปที่ 12.3 การปฏิสนธิจากเซลล์สืบพันธุ์ที่เป็นhaploid ผสมแล้วได้ diploid (19)

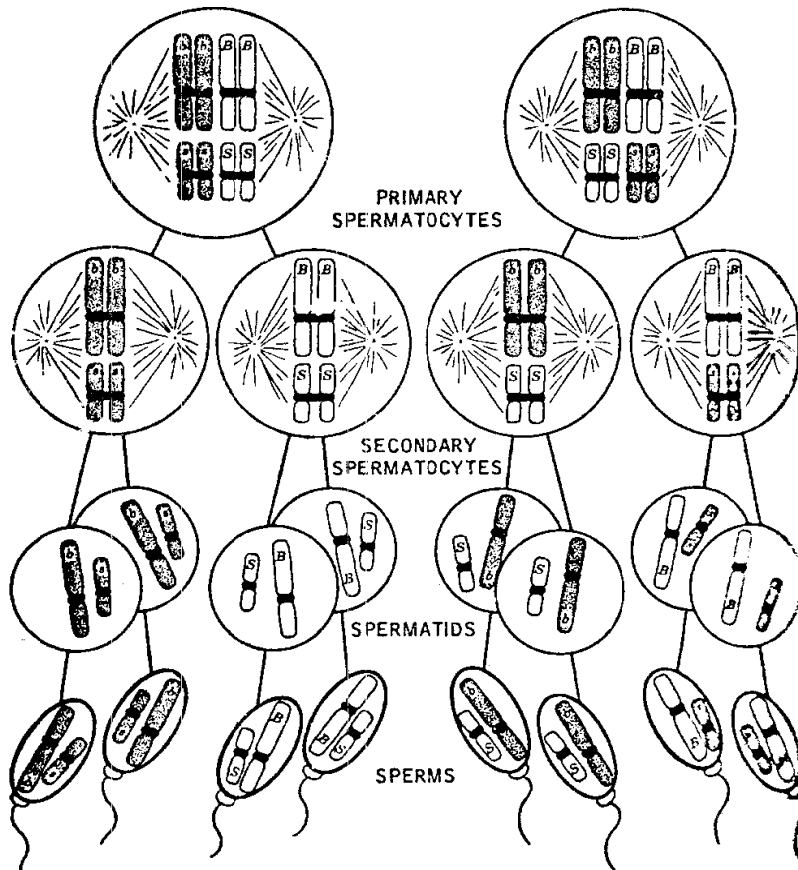
กับแอมสเตอร์ที่มี phenotype สีเทา (ลักษณะด้อยต่อสีดำ) ซึ่งมี genotype เป็น mm ผสมกัน ได้ลูกที่มี genotype เป็นลักษณะพันธุกรรมทาง (heterozygous) Mm โดยมี phenotype สีดำ (เพราะสีดำเป็นลักษณะเด่น) เมื่อเอารุ่นลูกนี้ผสมกันเอง ได้รุ่นหลานมีสีต่างๆ กันโดยมี genotype ที่มีอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ได้แก่ MM : Mm : Mm : mm ส่วน phenotype ได้สีดำ : สีเทา เป็น 3 : 1

ดังนั้นในขณะที่มีการแบ่งตัวของเซลล์สืบพันธุ์ในกระบวนการสร้างอสุจิ (spermatogenesis) ถ้ายีนส์บนโครโมโซมเกิดการจับคู่ผิดปกติเกิด crossing over (ดังรูปที่ 12.7) ก็ทำให้ยีนส์ที่ควบคุมลักษณะดั้งเดิมเปลี่ยนแปลงไปด้วย การเกิดการผิดเพี้ยนหรือการผ่าเหล่า (mutation) ที่โครโมโซมหรือที่ยีนส์เป็นสาเหตุให้เกิดการแปรผัน (variation) ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการวิวัฒนาการ

CHROMOSOMAL MUTATION

การผิดปกติของโครโมโซม โดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนของโครโมโซม ซึ่งเกิดได้ดังนี้

1) ได้รับเพิ่มขึ้นหรือขาดหายไปบางส่วน of โครโมโซม เกิดในขณะที่มีการแบ่งตัวเมื่อแยกเป็นเซลล์สืบพันธุ์เกิด nondisjunction ขึ้นโครโมโซมแยกออกไปแล้ว แต่ไม่หลุดจากกันมีเพียงบางส่วนที่ยังติดกันอยู่

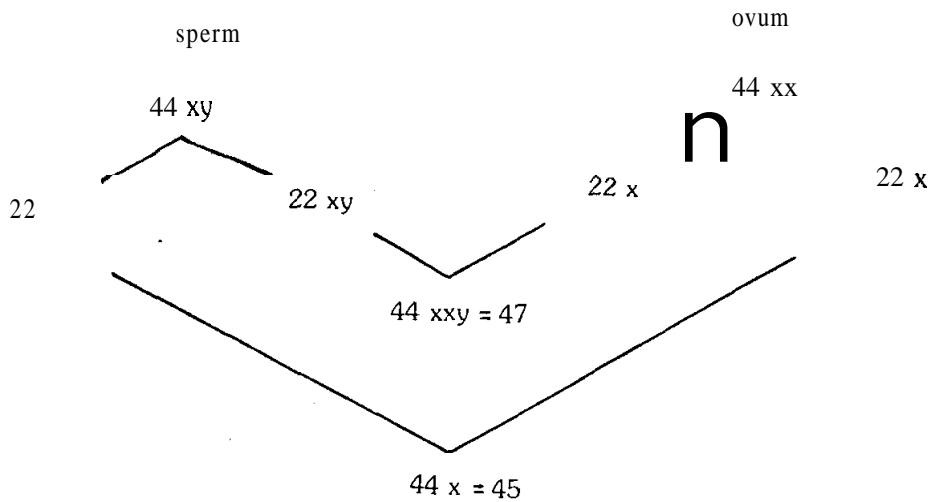


รูปที่ 12.4 แสดง Independent Assortment ของยีนส์บนโครโมโซมในการแบ่งตัวแบบ meiosis (19)

2) สูญเสียหรือมีการขาดหายไปทั้งส่วนของโครโมโซม เช่นในกรณีเกิด haploidy ในขณะแบ่งเซลล์สืบพันธุ์แบบ meiosis ครั้งแรกในระยะ anaphase เกิดข้างหนึ่งได้มาก ส่วนอีกข้างหนึ่งไม่ได้เลย

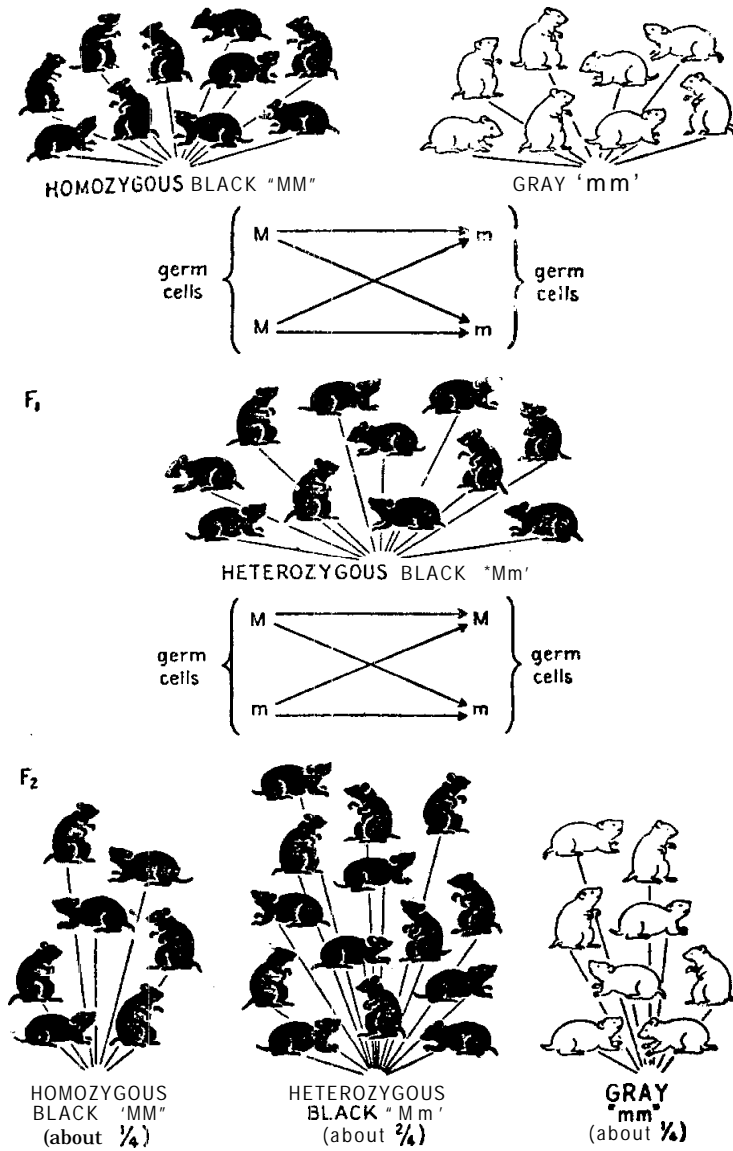
3) ได้รับโครโมโซมเพิ่มทั้งส่วนหรือมากกว่า ทำให้เกิดพันธุ์ใหม่ในพืชและสัตว์ เช่นกรณีของแตงโมเกิด polyploidy ตัวอย่างในขณะแบ่งเซลล์ในระยะ secondary oöcyte เกิดไม่แยกจากกัน เป็นสาเหตุให้ second polar body ไม่มีโครโมโซม แต่ขณะที่ ovum มีโครมาติด ยาว 1

คู่ สั้น 1 คู่ ได้ ovum เป็น diploid เมื่อ diploid ovum นี้ไปผสมกับ haploid sperm ตามปกติก็ได้ fertilized ovum ที่มีโครโมโซม 3 คู่ เรียกว่า triploid (ดังรูปที่ 12.9) หรือบังเอิญ diploid ovum ไปผสมกับ diploid sperm เรียกว่า tetraploid หรือกรณีกลับกัน เช่น กรณีที่ มนุษย์มีโครโมโซม 45 กับ 47

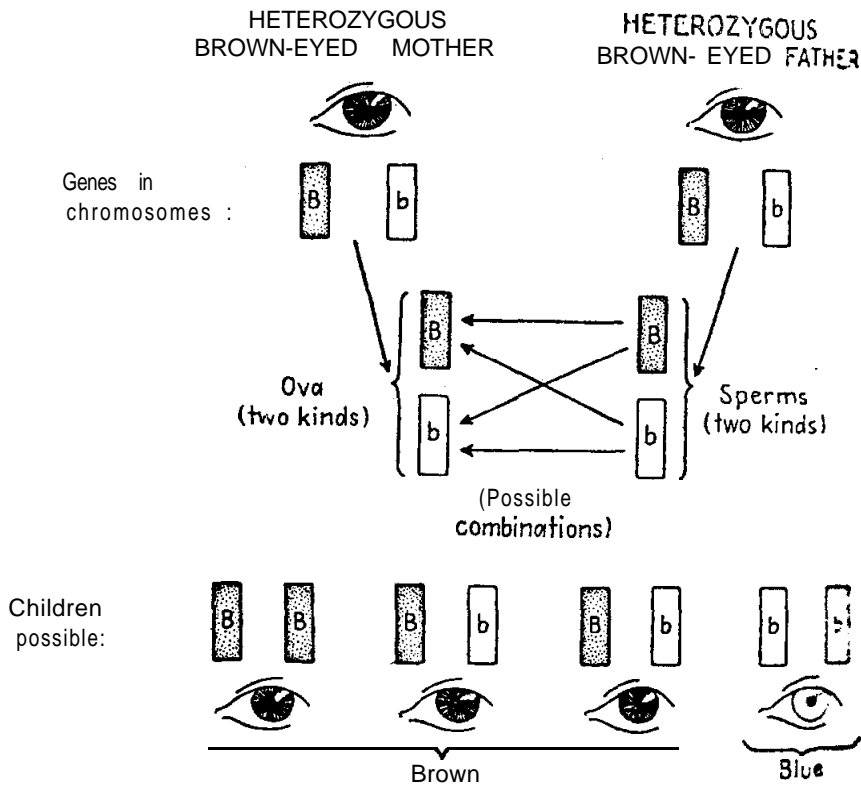


ในมนุษย์ที่มี 47 โครโมโซม โดยมี 44 xxy เรียกว่า Klinefelter's syndrome ถึงแม้โครโมโซม y จะเล็กกว่าโครโมโซม x แต่มีอิทธิพลเหนือกว่า ควรจะเป็นเพศหญิงแต่กลับเป็นเพศชายที่มีลักษณะคล้ายเพศหญิง เต้านมโต เรียกว่าเกิด gynecomastia

ส่วนในมนุษย์ที่มี 45 โครโมโซม (44x) เป็นเพศหญิง แต่มีอวัยวะเพศเล็กมาก เรียกว่า Turner's syndrome



รูปที่ 12.5 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสีขนของแฮมสเตอร์ ตามทฤษฎีของเมนเดล (19)

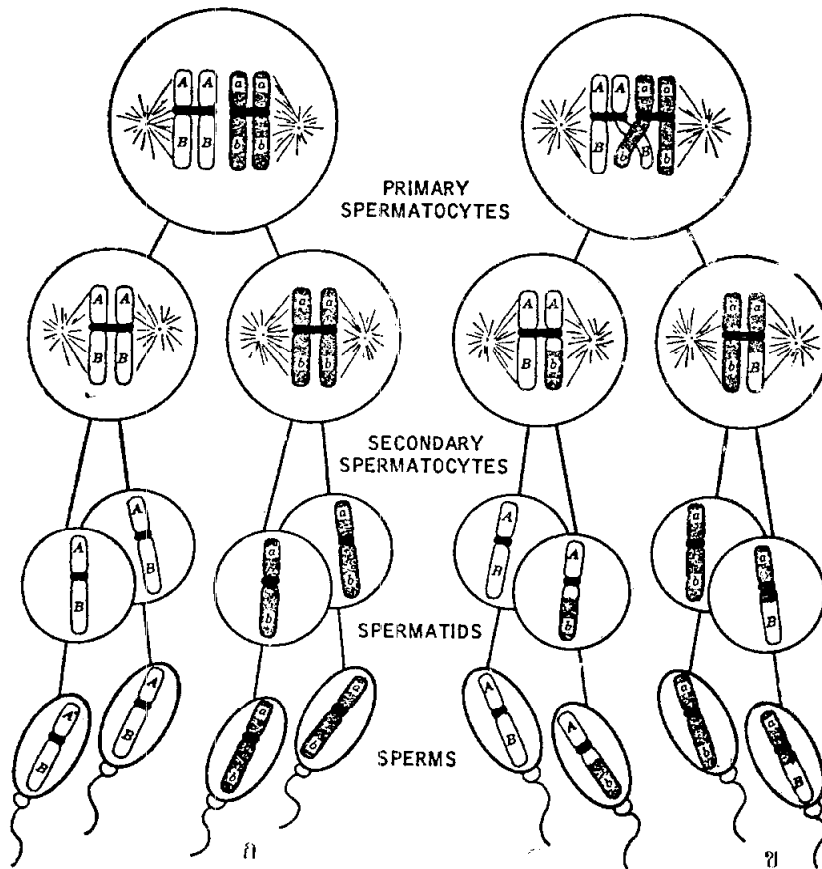


รูปที่ 12.6 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสีตา ตามหลักของเมนเดล (19)

GENE MUTATION

ความผิดปกติของยีนส์ โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของยีนส์บนโครโมโซม (ดังรูปที่ 12.10 - 12.14) ซึ่งเกิดได้ 2 วิธี ได้แก่

- 1) เปลี่ยนแปลงจำนวนของยีนส์
 - 1.1) สูญเสียหรือยีนส์ขาดหายไป - Deletion
 - 1.2) ได้รับยีนส์เพิ่มมา - Duplication



รูปที่ 12.7 แสดงการเกิด crossing over ในขณะที่มีการแบ่งตัวแบบ meiosis

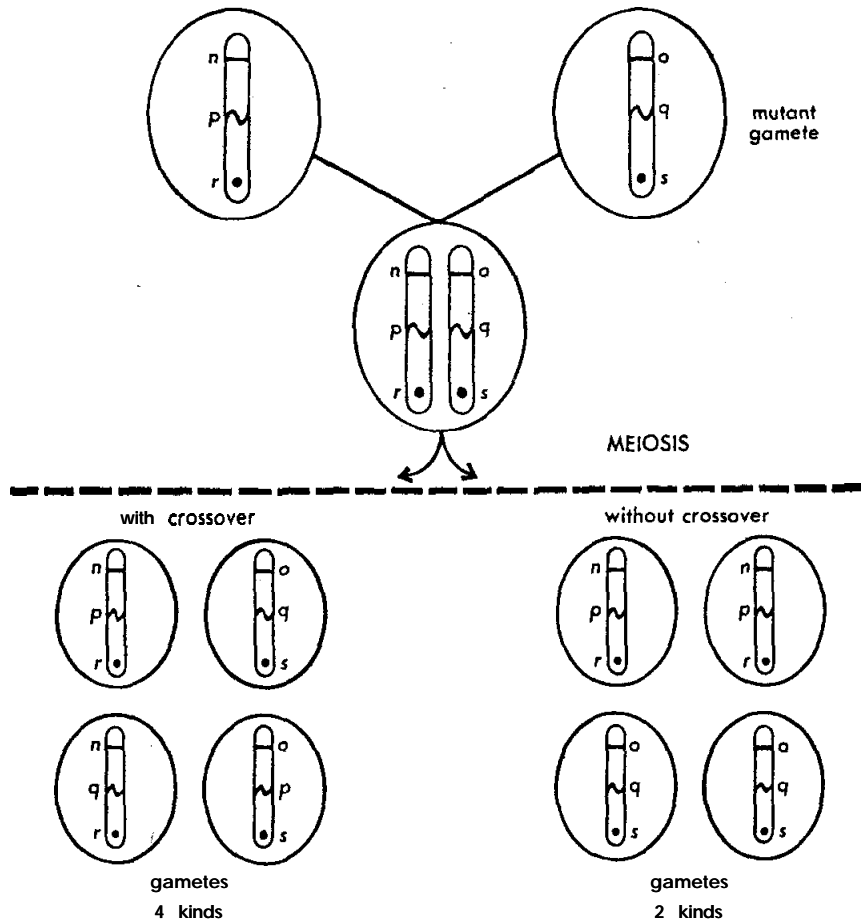
- (ก) ไม่มี crossing over
- (ข) มี crossing over (19)

2) เปลี่ยนแปลงการเรียงตัวของยีนส์

2.1) เปลี่ยนแปลงบางส่วนของยีนส์และกันระหว่างยีนส์ที่แตกต่างกัน - Translocation

2.2) โครโมโซมเกิดหมุนกลับ ทำให้บางกลุ่มของยีนส์บนโครโมโซมเปลี่ยนตำแหน่งไป -

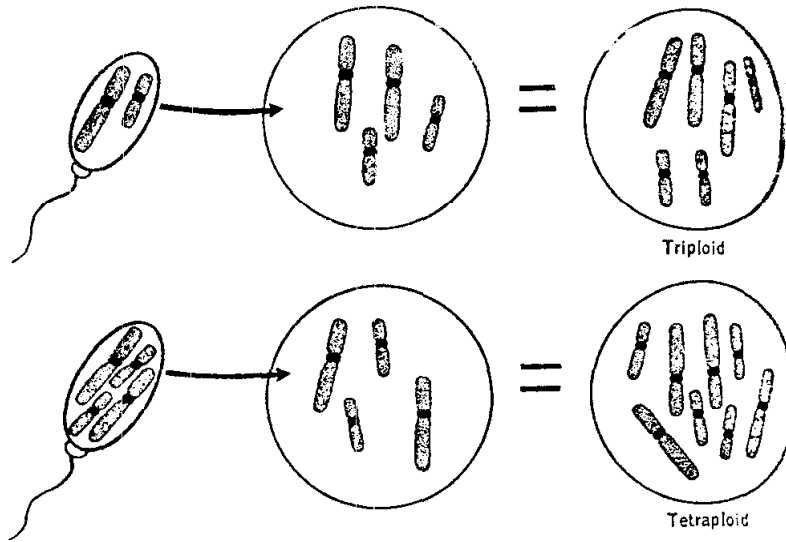
Inversion



รูปที่ 12.8 แสดง gametes 2 แบบที่ได้จากการมี crossing over และไม่มี crossing over (27)

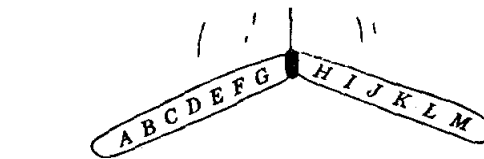
สาเหตุการเกิด mutation

- 1) เกิดจาก High energy radiation เช่น x - ray, gamma rays, cosmic rays, ultraviolet rays หรือผลของระเบิดปรมาณู
 - 2) เกิดจาก Radioactive chemicals เช่นยูเรเนียม
 - 3) เกิดจาก Non - radioactive chemicals เช่น formaldehyde, nitrous acid, colchicine
- ห้ามการแบ่งเซลล์

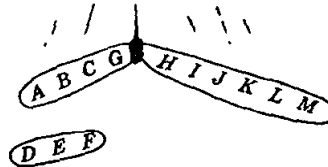


รูปที่ 12.9 แสดง polyploidy แบบ triploid และ tetraploid (19)

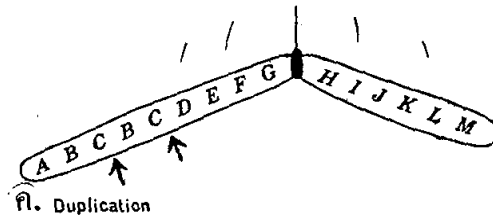
สาเหตุที่ทำให้เกิด mutation นั้นเนื่องจาก radiation หรือสาร mutagens เหล่านี้ไปตัด bond ของสารประกอบต่าง ๆ ภายในร่างกาย หรือไป interfere ในขณะที่แบ่งเซลล์ radiation ไปมีผลต่อกรดอะมิโนโดยทำให้โมเลกุลเปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนตำแหน่งไปเป็นเหตุให้โปรตีนหรือเอ็นไซม์ต่าง ๆ ที่ควบคุมการทำงานในร่างกายเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้มีผลต่อ RNA ทำให้เอ็นไซม์ผิดไปจากเดิม และมีผลไปถึงโปรตีนที่อยู่ในโครโมโซม ทำให้การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้



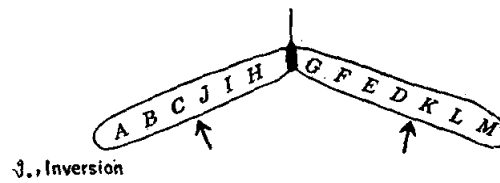
ก. Normal chromosome



ข. Deletion or deficiency



ค. Duplication



ง. Inversion

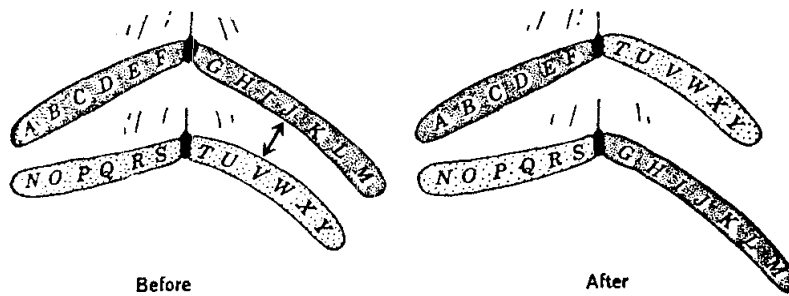
รูปที่ 12.10 การเกิด chromosomal aberration (19)

(n) โครโมโซมปกติ

(91) เกิด Deletion

(ค) เกิด Duplication

(9) เกิด Inversion



รูปที่ 12.11. แสดงการเกิด Reciprocal translocation (19)

ในโมเลกุลของฮีโมโกลบิน (haemoglobin) นั้นเพียงแต่กรดอะมิโนเปลี่ยนไปเพียงตัวเดียว ก็ทำให้คนนั้นเป็นโรคโลหิตจางโดยเกิด sickle cell haemoglobin ลักษณะเม็ดเลือดผิดจากปกติ (รูปที่ 12.15) การเรียงตัวของกรดอะมิโนผิดไปจากปกติ

กรดอะมิโนใน haemoglobin ในมนุษย์

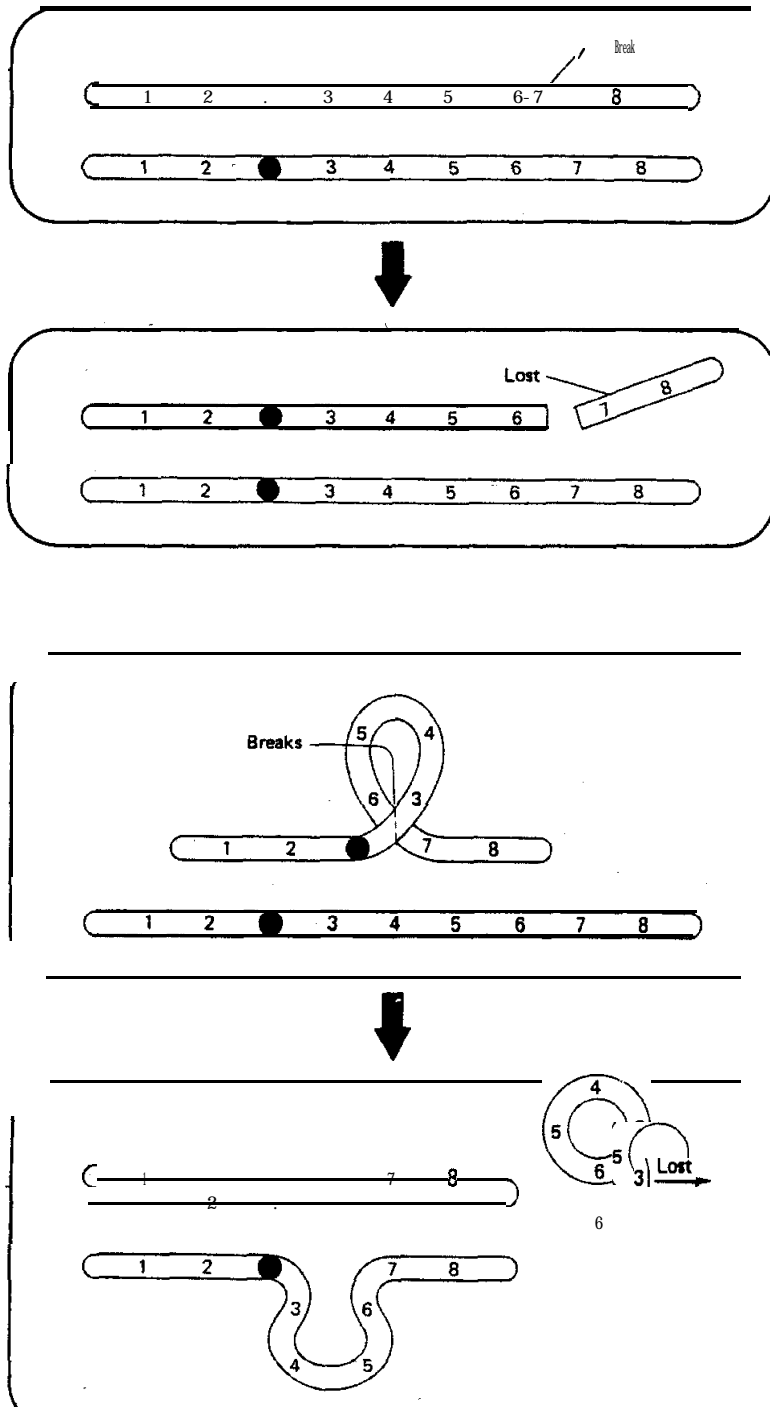
ปกติ

- Valine
- Histidine
- Leucine
- Threonine
- Glutamic acid
- Glutamic acid
- Lysine

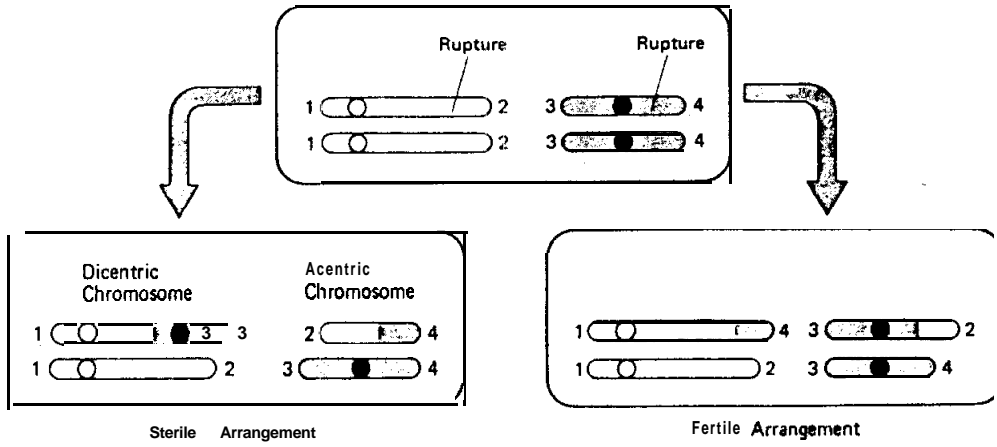
sickle cell anemia

- Valine
- Histidine
- Leucine
- Threonine
- Proline**
- Glutamic acid
- Lysine

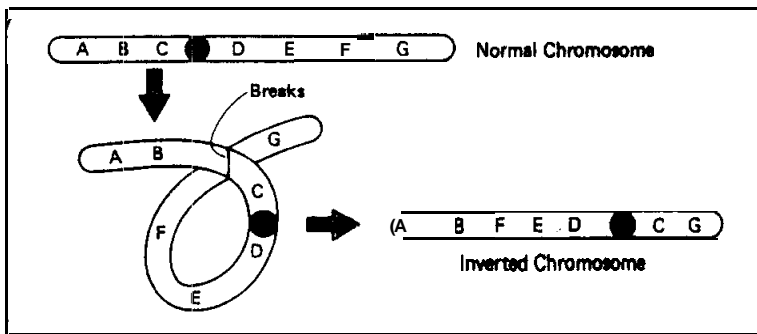
มี Proline แทน Glutamic acid



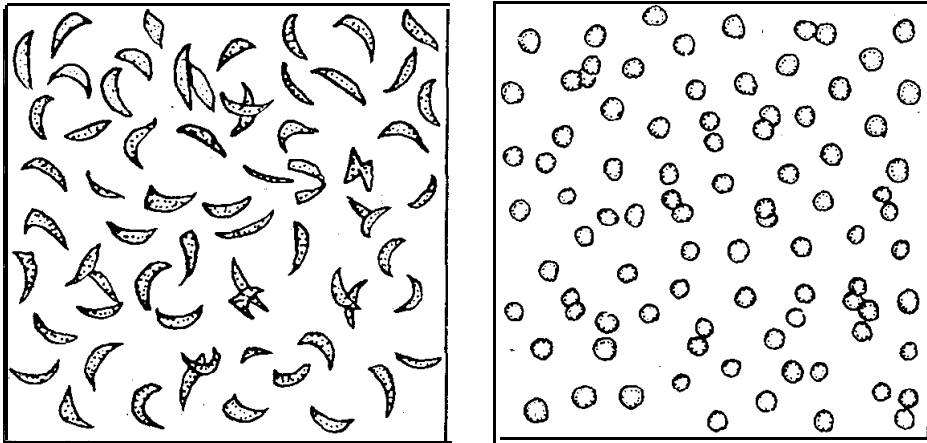
รูปที่ 12.12 แสดงการเกิด deletion ในส่วนปลายและส่วนกลางของโครโมโซม (29)



รูปที่ 12.13 แสดงการเกิด reciprocal translocation (29)



รูปที่ 12.14 แสดงการเกิด inversion (29)



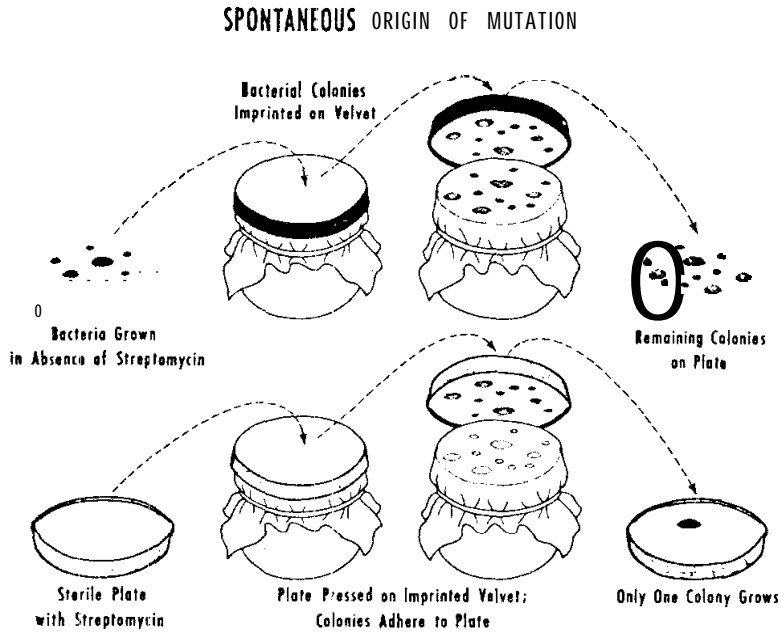
รูปที่ 12.15 (ซ้าย) เซลเม็ดเลือดแดงของมนุษย์ปกติ
(ขวา) เซลเม็ดเลือดแดงของมนุษย์ที่มี homozygous sickle cell genotype (30)

RADIATION SICKNESS

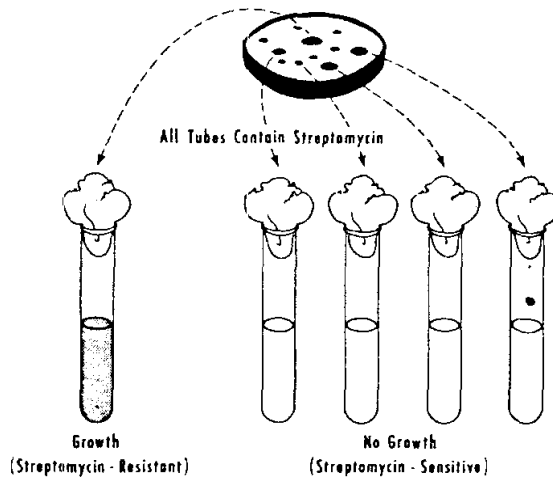
เกิดจาก radiation ต่าง ๆ มีผลให้มีอาการคลื่นเหียน อาเจียน ผิวหนังเป็นผื่นแดง อ่อนเพลีย เลือดออกทางเหงือก หายใจขัด เป็นแผลในลำไส้ เสียน้ำในร่างกาย แห้งซิด ความต้านทานลดลง เป็นโรคโลหิตจาง และเซลล์ที่ถูก radiation จะแบ่งตัวรวดเร็ว มีโอกาสเป็นมะเร็งในเลือด เป็นหมัน ประสาทเสื่อม

ตามธรรมชาติเกิด mutation ได้เสมอ เช่น cosmic rays จากดวงอาทิตย์ ส่วนตัวอย่างอีกอันได้จากการทดลองของ **Joshua Lederberg** ทำการทดลองการเกิด mutation ในเซลล์แบคทีเรียที่สามารถต้านทานยาปฏิชีวนะพวกสเตรปโตมัยซินได้เอง มิใช่ช่วยยาทำให้แบคทีเรียเกิดการดื้อยา แต่แบคทีเรียบางกลุ่มเกิด mutation ไปจึงดื้อยาได้เอง (ดังรูปที่ 12.16)

การผิยพันหรือการผ่าเหล่า (mutation) ของยีนส์ที่เกิดขึ้น ทำให้ phenotype ผิดไปด้วย ถ้าเกิดในกลุ่มประชากร (population) ถือว่าเป็นวิวัฒนาการ แต่ถ้ามี mutation เพียงหนึ่งหน่วยก็ไม่ถือว่าเป็นวิวัฒนาการ



Isolation and Test of Colonies in Original Plate



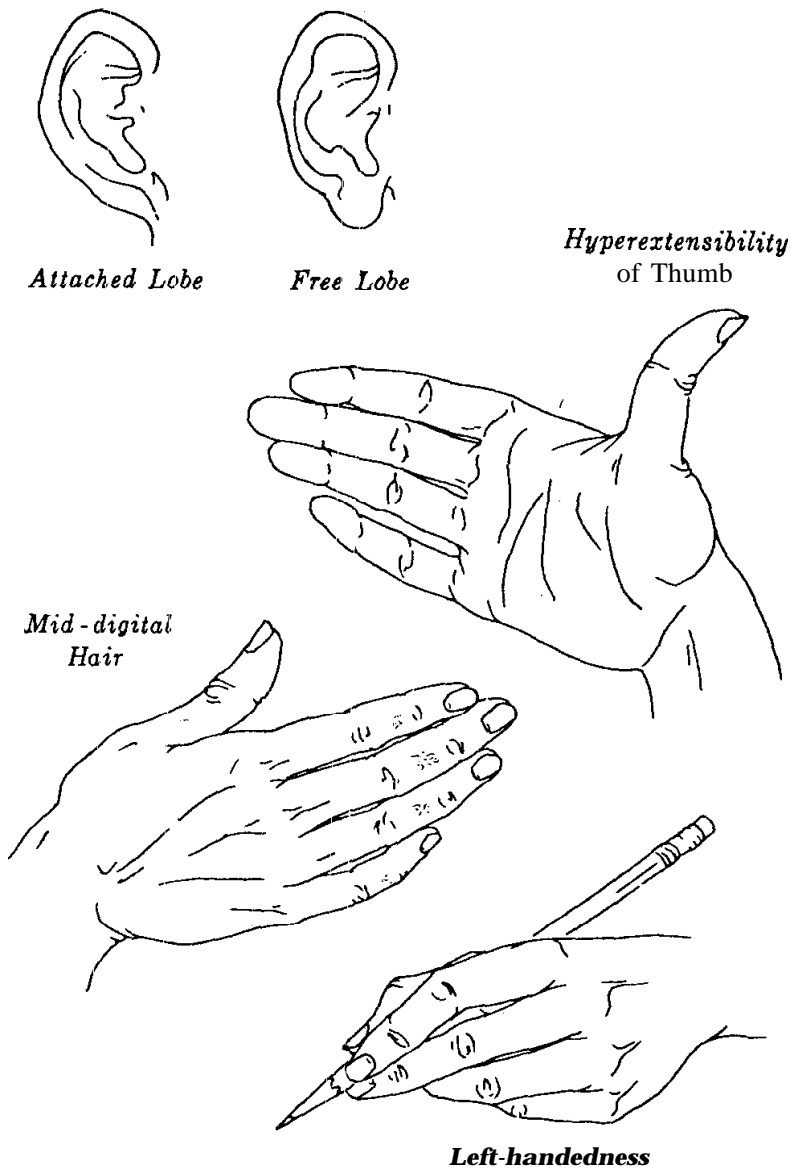
รูปที่ 12.10 การทดลองของ Joshua Lederberg เกี่ยวกับ drug resistant mutation ในแบคทีเรีย

GENETIC EQUILIBRIUM

เป็นการเกิดในกลุ่มประชากรใดประชากรหนึ่งที่มีขนาดใหญ่ ลักษณะยังคงรักษาไว้ไม่มีการ mutation ไม่เกิด natural selection หรือโอกาสใด ๆ ก็ตามที่ทำให้ได้ลักษณะที่เหมือนเดิมตลอดทุก ๆ generation ไม่มีลักษณะใหม่เกิดขึ้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของยีนส์เลย เรียกว่า genetic equilibrium ยกตัวอย่างเช่น มนุษย์ที่มีนัยน์ตาสีน้ำตาล และมนุษย์ที่มีนัยน์ตาสีฟ้าที่มีในประชากรทั่วโลก

GENETIC DRIFT

เป็นการเกิดในกลุ่มประชากรเล็ก ๆ ที่แยกไปอยู่ต่างหาก เช่น ตามเกาะ บนภูเขา สระน้ำเล็ก ๆ เมื่อมีการผสมพันธุ์กันเองภายในกลุ่มหลาย ๆ generation อาจทำให้ยีนส์ลักษณะด้อย (recessive genes) ซึ่งอยู่ใน genotype แบบพันธุ์ทาง (heterozygous) แต่ลักษณะ phenotype ไม่เคยแสดงออกมาเลย เมื่อผสมกันเองทำให้ยีนส์ลักษณะด้อยมีโอกาสปรากฏออกมาใน phenotype ได้เพราะยีนส์ลักษณะด้อยอยู่ในรูปพันธุ์แท้ (homozygous) ในที่สุดเมื่อมีหลาย generation อาจเป็นสาเหตุให้ยีนส์ลักษณะเด่น (dominant genes) นั้นหายไปเลย พบแต่ยีนส์ลักษณะด้อย ทำให้ได้ประชากรที่มีลักษณะใหม่เกิดขึ้น



รูปที่ 12.17 แสดง genetic drift ของลักษณะต่างๆ ของกลุ่ม Dunker population ใน Pennsylvania ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรเล็ก ๆ (33)

บทบทวน

Chromosomal Mutation

- ได้รับเพิ่มขึ้นหรือขาดหายไปบางส่วนของโครโมโซม เช่นกรณีของ nondisjunction
- สูญหายหรือมีการขาดหายไปทั้งหมดของโครโมโซม เช่นกรณีเกิด haploidy
- ได้รับโครโมโซมทั้งหมดหรือมากกว่า เช่นกรณีเกิด polyploidy

Gene Mutation

- Deletion
- Duplication
- Translocation
- Inversion

สาเหตุการเกิด Mutation

- High Energy Radiation
- Radioactive Chemicals
- Non - radioactive chemicals

Genetic Equilibrium

- เกิดในกลุ่มประชากรใดประชากรหนึ่งที่มีขนาดใหญ่ ที่ยังคงมีลักษณะเดิมไว้ ไม่มี mutation

Genetic Drift

- เกิดในกลุ่มประชากรเล็ก ๆ ที่แยกไปอยู่ต่างหาก เช่น ตามเกาะ ภูเขา สระน้ำ เมื่อมีการผสมกันเองภายในกลุ่มหลายๆ generation ทำให้ได้กลุ่มใหม่ที่มียีนส์ลักษณะด้อยแสดงออกมา

คำถามท้ายบท

1. จงอธิบาย Law of Independent Assortment
2. จงอธิบายการเกิด crossing over พร้อมยกตัวอย่างประกอบ
3. จงอธิบายคำต่อไปนี้
 - Deletion
 - Duplication
 - Translocation
 - Inversion
 - Sickle cell haemoglobin