แบรนด์ ซัมเมอร์แคมป์

BRAND'S Summer Camp ปีที่ 26

ขอขอบคุณ

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ที่เป็นหนึ่งในการผลักดันและสร้างความสำเร็จทางการศึกษาให้แก่เยาวชนไทย

เอกสารประกอบการบรรยาย

วิชา ชีววิทยา

ประสานงานอาจารย์และจัดพิมพ์โดย ชมรมบัณฑิตแนะแนว

แบรนด์ ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 26

เอกสารประกอบคำบรรยาย

วิชา O NET

ชีววิทยา

โดย **อ.อำพล ขวัญพัก (คุณครูกาแฟ)**

สถาบันพัฒนาวิชาการคอนเซ็นเทรต

ชีววิทยาสำหรับปีนี้มาในรูปแบบใหม่ กับการฝ่าด่านชีววิทยาสุดมัน การถอดเนื้อหาสุดหนัก คำศัพท์สุดเยอะ ให้การเป็นรหัส (code) และ Tricks ให้จำง่ายขึ้น เร็วขึ้น สำหรับเตรียมเข้าห้องสอบ อ่านชีววิทยาต้องมีทิศทาง เน้นหนัก จุดเน้น ตามนี้ครับเด็กๆ

เรื่อง	จุดเน้น
Lesson 1 เซลล์ (THE CELL)	- เยื่อหุ้มเซลล์ : ลักษณะ โครงสร้าง คุณสมบัติ - ออร์แกเนลล์ : ชื่อ รูปร่าง จำนวนชั้นของเยื่อหุ้ม หน้าที่ - การเปรียบเทียบประเภทของเซลล์ : พืช สัตว์ แบคทีเรีย-สังเกตและจำแนกรูปภาพการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส ว่าภาพที่กำหนดอยู่ในระยะใด
Lesson 2 การเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์ (CELL TRANSPORTATION)	- การลำเลียงแบบต่างๆ พร้อมดูรูปภาพประกอบ ทำความเข้าใจดีๆ รวมถึงพลังงาน (ATP) ที่ใช้ว่าใช้หรือไม่ใช้ - ดูการเปลี่ยนแปลงเมื่อนำเซลล์แช่ในสารละลาย Hypertonic Solution Hypotonic Solution และ Isotonic Solution
Lesson 3 ภาวะธำรงดุล (HOMEOSTASIS)	- อวัยวะในการควบคุมน้ำของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ - การทำงานของ ADH / ปัสสาวะ - ระบบบัฟเฟอร์ - เปรียบเทียบ + กราฟเปรียบเทียบสัตว์เลือดอุ่นและสัตว์เลือดเย็น
Lesson 4 ภูมิคุ้มกันร่างกาย (IMMUNITY)	- จำแนกภูมิคุ้มกันประเภทต่างๆ - แอนติเจน แอนติบอดี วัคซีน ทอกซอยด์ เซรุ่ม
Lesson 5 พันธุศาสตร์ (GENETICS)	- เรื่องนี้เด็กๆ ต้องทำความเข้าใจทุกประเด็น และดูเป็นพิเศษ คือ การคำนวณหมู่เลือด ABO (ออกเยอะมากครับ)
Lesson 6 ความหลากหลายทางชีวภาพ (DIVERSITY OF LIFE)	- ความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง 3 ประเภท - สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรต่างๆ / ลักษณะเด่น
Lesson 7 ระบบนิเวศ (ECOSYSTEM)	- พีระมิดทั้ง 3 แบบ - ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ - หลัก 5R ลดโลกร้อน

LESSON 1 เซลล์ (THE CELL)

เมื่อเด็กๆ อ่านจบแต่ละด่านให้กากบาท เพื่อแสดงว่าภารกิจสำเร็จแล้ว จะได้มีกำลังใจนะครับเด็กๆ ต้องฝ่าฟันแต่ละด่านจนสุดความสามารถนะครับ !!!

A) ทฤษฎีเซลล์

B) องค์ประกอบพื้นฐานของเซลล์

C) แผนผัง

D) ออร์แกเนลล์

E) จำแนกเซลล์

F) ตารางโครงสร้างเซลล์

G) การเปรียบเทียบเซลล์พืชกับเซลล์สัตว์

H) การแบ่งเซลล์

I) ไมโทซิส VS ไมโอซิส

A) ทฤษฎีเซลล์ (Cell Theory) คือ.....???

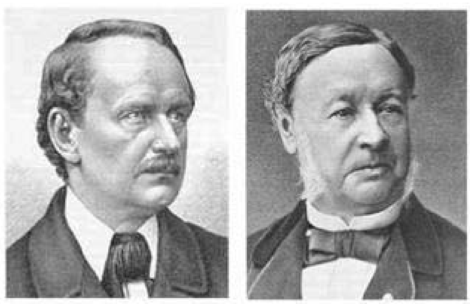
ทฤษฎีเซลล์กล่าวไว้ว่า “สิ่งมีชีวิตประกอบด้วยเซลล์ 1 เซลล์ หรือมากกว่า ซึ่งเซลล์เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต และเซลล์ที่มีอยู่เดิมจะเป็นต้นกำเนิดของเซลล์ใหม่ที่จะเกิดขึ้น”

B) องค์ประกอบพื้นฐานของเซลล์มีอะไรบ้าง

1. เยื่อหุ้มเซลล์ (Plasma Membrane)
2. ไซโทพลาซึม (Cytoplasm)
3. ไรโบโซม (Ribosome)
4. โครโมโซม (Chromosome) / ดีเอ็นเอ (DNA)

สร้าง Code

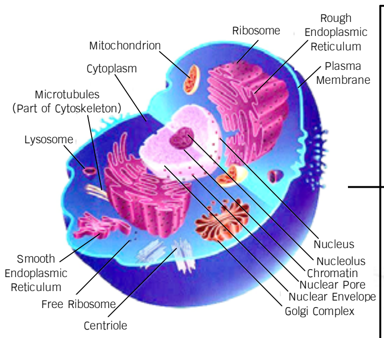
Plas	Cyt	Ri	Chro
พลาส	ไซ	ไร	โคร



M.J. Schleiden Theodor Schwann

ภาพผู้ตั้งทฤษฎีเซลล์

C) แผนผังแสดงส่วนประกอบของเซลล์



- ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์
  - เยื่อหุ้มเซลล (Plasma Membrane)
  - ผนังเซลล์ (Cell Wall)
  - สารเคลือบเซลล์
- นิวเคลียส (Nucleus)
  - เยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nuclear Membrane)
  - สารในนิวเคลียส (Nucleoplasm)
    - นิวคลีโอลัส (Nucleolus)
    - โครมาทิน (Chromatin)
- ไซโทพลาซึม (Cytoplasm)
  - ไซโทซอล (Cytosol)
  - ออร์แกเนลล์ (Organelle)
    - ร่างแหเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (ER)
    - ไรโบโซม (Ribosome)
    - กอลจิบอดี (Golgi Body)
    - ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria)
    - พลาสติด (Plastid)
    - เซนทริโอล (Centriole)
    - ไลโซโซม (Lysosome)
    - แวคิวโอล (Vacuole)
    - ไซโทสเกเลตอน (Cytoskeleton)
    - เพอร์ออกซิโซม (Peroxisome)

ออร์แกเนลล์จำแนกตามจำนวนชั้นของเยื่อหุ้มสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม	ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม
- ไรโบโซม - เซนทริโอล - ไซโทสเกเลตอน Code ลับ!! RCC *นิดนึงนะ*บางครั้งข้อสอบจะจัด<u>นิวคลีโอลัส</u>รวมในกลุ่มนี้ด้วย	1. ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว เช่น - เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (ร่างแหเอนโดพลาซึม) - กอลจิคอมเพล็กซ์ - ไลโซโซม - แวคิวโอล 2. ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ได้แก่ - นิวเคลียส - ไมโทคอนเดรีย - คลอโรพลาสต์

E) **จำแนกเซลล์ตามเยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nuclear Membrane)** สามารถแบ่งเซลล์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. **เซลล์โพรแคริโอต (Prokaryote Cell)** คือ เซลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส พบในสิ่งมีชีวิตอาณาจักรมอเนอรา (Kingdom Monera) เช่น แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
2. **เซลล์ยูแคริโอต (Eukaryote Cell)** คือ เซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส พบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เช่น สาหร่าย อะมีบา เห็ด ยีสต์ พืช สัตว์ เป็นต้น

Prokaryotic Cell Structure

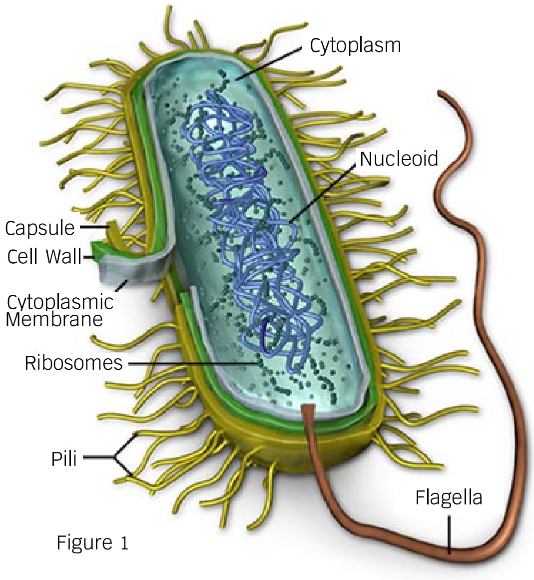
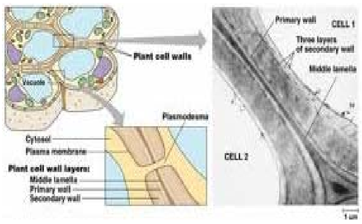
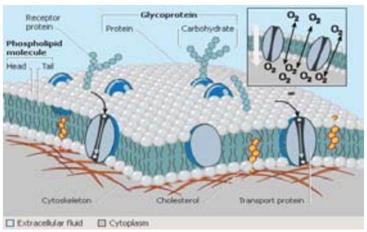
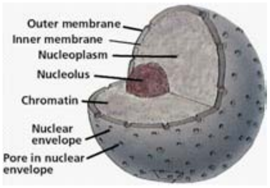
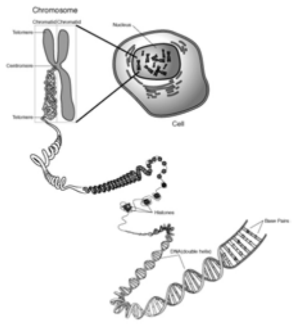
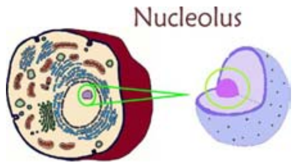
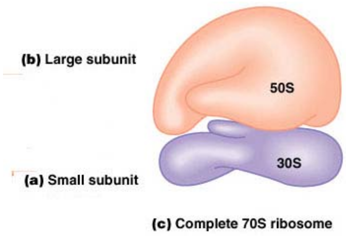
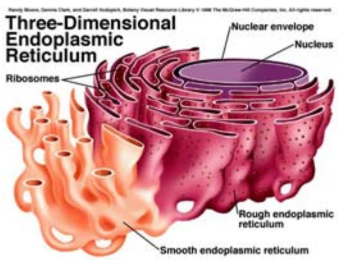
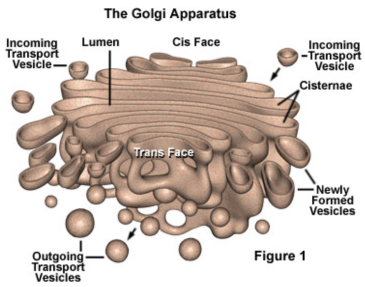
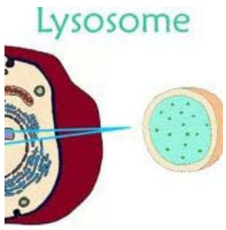
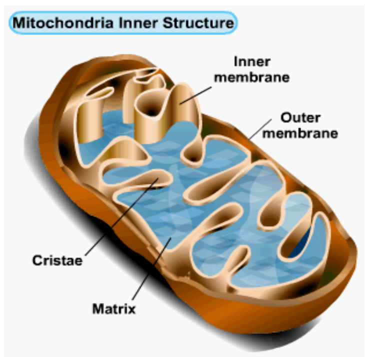
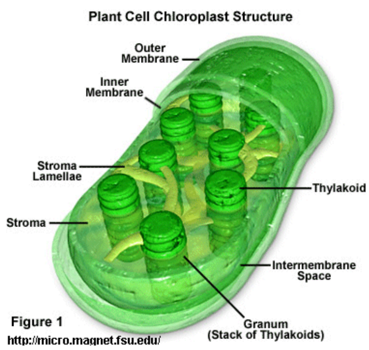


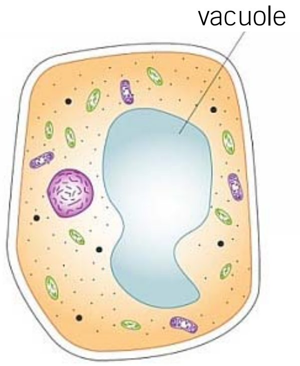
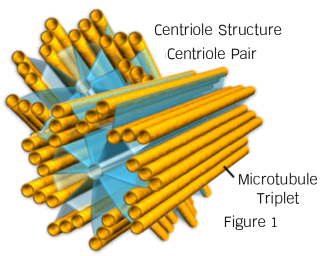
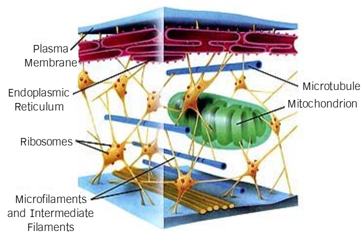
Figure 1

F) **ตารางโครงสร้างเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจำพวกยูแคริโอตและหน้าที่ อันนี้ต้องแม่น!!**

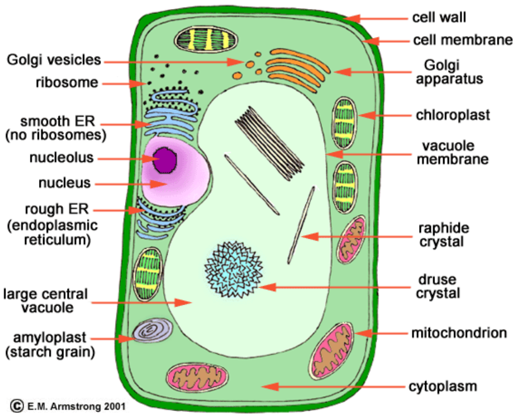
ชื่อโครงสร้าง	รูปร่าง	ข้อมูลที่ควรทราบ	หน้าที่
1. ผนังเซลล์ (Cell Wall)		- อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มเซลล์ออกไป (ผนังเซลล์พบที่เซลล์ของสิ่งมีชีวิตบางประเภท เช่น พืช สาหร่าย เห็ด รา และแบคทีเรีย) - ยอมให้สารผ่านได้หมด (ซึ่งจะแตกต่างจากเยื่อหุ้มเซลล์)	- ปกป้องและค้ำจุนเซลล์
2. เยื่อหุ้มเซลล์ (Plasma Membrane)		- ประกอบด้วยฟอสโฟลิพิด (Phospholipid) เรียงตัวกัน 2 ชั้น และมีโปรตีนแทรกตัวอยู่ - มีคุณสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน (Semipermeable Membrane) - ลักษณะโครงสร้างเป็น Fuidmosaic Model	- ควบคุมการผ่านเข้า-ออกของสารระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก - จดจำโครงสร้างของเซลล์บางชนิด - สื่อสารระหว่างเซลล์

ชื่อโครงสร้าง	รูปร่าง	ข้อมูลที่ควรทราบ	หน้าที่
3. นิวเคลียส (Nucleus)		- เป็นโครงสร้างที่มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น และมีโครโมโซมอยู่ภายใน	- ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนและการสืบพันธุ์ของเซลล์ - เป็นแหล่งเก็บโครโมโซม
4. โครโมโซม (Chromosome)		- ประกอบด้วยดีเอ็นเอ (DNA) และโปรตีนฮีสโตน (Histone Protein)	- เป็นแหล่งเก็บข้อมูลทางพันธุกรรมที่ใช้เป็นรหัสในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน
5. นิวคลีโอลัส (Nucleolus)		- ควบคุมการสังเคราะห์ rRNA	- เป็นแหล่งสังเคราะห์ rRNA และไรโบโซม
6. ไรโบโซม (Ribosome)		- มีขนาดเล็กประกอบด้วยโปรตีนและ RNA - มีทั้งไรโบโซมอิสระ (ลอยอยู่ในไซโทพลาซึม) และไรโบโซมยึดเกาะ เช่น เกาะอยู่ที่เอนโด-พลาสมิกเรติคูลัม (ER) - โครงสร้างประกอบไปด้วยหน่วยใหญ่ (Large Subunit) และหน่วยเล็ก (Small Subunit) - เซลล์โพรแคริโอตมีไรโบโซมขนาด 70S เซลล์ยูแคริโอตมีไรโบโซม ขนาด 80S	- สร้างสารประเภทโปรตีนสำหรับใช้ภายในเซลล์
7. เอนโดพลาส-มิกเรติคูลัม (ER) (Endoplasmic Reticulum)		- เป็นระบบเยื่อหุ้มภายในเซลล์มองดูคล้ายร่างแห - แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้ 1) เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดผิวขรุขระ (RER) เป็น ER ที่มีไรโบโซมมาเกาะ 2) เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดผิวเรียบ (SER) เป็น ER ที่ไม่มีไรโบโซมเกาะ	- RER สร้างสารประเภทโปรตีนสำหรับส่งออกไปใช้ภายนอกเซลล์ - SER สร้างสารประเภทลิพิด (Lipid) : สเตียรอยด์ (Steriod) และกำจัดสารพิษ

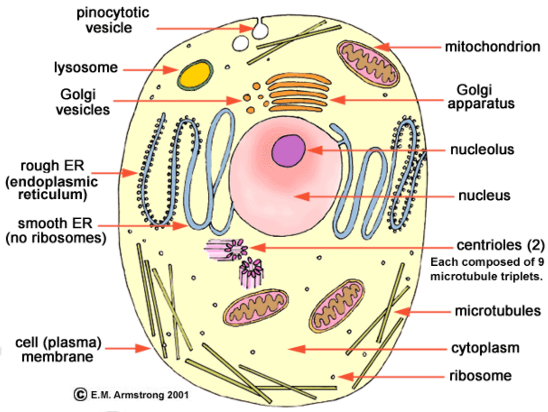
ชื่อโครงสร้าง	รูปร่าง	ข้อมูลที่ควรทราบ	หน้าที่
8. กอลจิคอม-เพล็กซ์ (Golgi Complex)		- มีลักษณะคล้ายถุงแบนๆ เรียงซ้อนกันเป็นชั้น	- สร้างเวสิเคิลหุ้มโปรตีนที่ RER สร้างขึ้นแล้วลำเลียงไปยังเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อส่งโปรตีนออกไปนอกเซลล์
9. ไลโซโซม (Lysosome)		- มีลักษณะเป็นถุงกลมๆ เรียกว่าเวสิเคิล ซึ่งภายในมีเอนไซม์ที่ใช้สำหรับย่อยสารต่างๆ บรรจุอยู่	- ย่อยสลายออร์แกเนลล์และเซลล์ที่เสื่อมสภาพ - ย่อยสารต่างๆ ที่เซลล์นำเข้ามาด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส (Endocytosis)
10. ไมโทคอน-เดรีย (Mitochondria)		- มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น - มีของเหลวอยู่ภายใน เรียกว่าเมทริกซ์ (Matrix) ซึ่งมีไรโบโซมและ DNA ลอยอยู่ในเมทริกซ์ - นักชีววิทยาตั้งสมมติฐานว่า "ไมโทคอนเดรียน่าจะเป็นแบคทีเรียที่เข้ามาอาศัยอยู่ภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในอดีตกาลแล้วมีวิวัฒนาการร่วมกันมาจนถึงปัจจุบัน"	- เป็นแหล่งสร้างพลังงานให้แก่เซลล์ (ไมโทคอนเดรียสร้างพลังงานจากกระบวนการสลายสารอาหารภายในเซลล์แบบใช้ออกซิเจนหรือที่เรียกกันว่า การหายใจระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน)
11. คลอโร-พลาสต์ (Chloroplast)		- มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น - มีของเหลวอยู่ภายใน เรียกว่าสโตรมา (Stroma) ซึ่งมีไรโบโซมและ DNA ลอยอยู่ในสโตรมา - นักชีววิทยาตั้งสมมติฐานว่า "คลอโรพลาสต์น่าจะเป็นแบคทีเรียที่เข้ามาอาศัยอยู่ภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในอดีตกาลแล้วมีวิวัฒนาการร่วมกันมาจนถึงปัจจุบัน"	- เป็นแหล่งสร้างอาหารกลูโคสให้แก่เซลล์ (คลอโรพลาสต์สร้างอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง)

ชื่อโครงสร้าง	รูปร่าง	ข้อมูลที่ควรทราบ	หน้าที่
12. แวคิวโอล (Vacuole)		- มีหลายชนิด หลายขนาด หลายรูปร่างและมีหน้าที่แตกต่างกันออกไป เช่น ฟูดแวคิวโอล เซนทรัลแวคิวโอล และคอนแทร็กไทล์แวคิวโอล เป็นต้น - แวคิวโอลแต่ละชนิดพบได้ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่จำเพาะเจาะจง	1) ฟูดแวคิวโอล ทำหน้าที่บรรจุอาหาร และทำงานร่วมกับไลโซโซมเพื่อย่อยอาหาร 2) เซนทรัลแวคิวโอล ทำหน้าที่เก็บสะสมสารต่างๆ เช่น สารอาหาร สารสี สารพิษ เป็นต้น 3) คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล ทำหน้าที่กำจัดน้ำส่วนเกินออกจากเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่อาศัยอยู่ในน้ำ เช่น ยูกลีนา อะมีบา และพารามีเซียม
13. เซนทริโอล (Centriole)		- ประกอบด้วยไมโครทูบูลเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ มองดูคล้ายทรงกระบอก 2 อัน	- สร้างเส้นใยสปินเดิลในกระบวนการแบ่งเซลล์
14. ไซโทส-เกเลตอน (Cytoskeleton)		- มีลักษณะเป็นร่างแหของเส้นใยโปรตีน	- ช่วยค้ำจุนเซลล์ - ช่วยในการเคลื่อนที่ของเซลล์ - ช่วยในการเคลื่อนที่ของเวสิเคิลภายในเซลล์

G) การเปรียบเทียบระหว่างเซลล์พืชกับเซลล์สัตว์ (Comparison Of Plant & Animal Cells)



ภาพโครงสร้างและส่วนประกอบของเซลล์พืช



ภาพโครงสร้างและส่วนประกอบของเซลล์สัตว์

ตารางเปรียบเทียบโครงสร้างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

	เซลล์พืช (Plant Cell)	เซลล์สัตว์ (Animal Cell)
โครงสร้างภายนอก		
1. ผนังเซลล์	มี	ไม่มี
2. เยื่อหุ้มเซลล์	มี	มี
3. แฟลกเจลลัมหรือซิเลีย	ไม่มี (ยกเว้นสเปิร์มของพืชบางชนิด)	มี (ในบางเซลล์)
โครงสร้างภายใน		
1. นิวเคลียส	มี	มี
2. ไรโบโซม	มี	มี
3. ไลโซโซม	ไม่มี	มี
4. เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม	มี	มี
5. กอลจิคอมเพล็กซ์	มี	มี
6. แวคิวโอล	มี	มี
7. เซนทริโอล	ไม่มี	มี
8. ไซโทสเกเลตอน	มี	มี
9. ไมโทคอนเดรีย	มี	มี
10. คลอโรพลาสต์	มี	ไม่มี

H) การแบ่งเซลล์ (CELL DIVISION)

การเพิ่มจำนวนเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ผลของการแบ่งเซลล์ทำให้เซลล์มีขนาดเล็กลง ทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดนั้นเจริญเติบโตหรือสร้างเซลล์สืบพันธุ์

วัฏจักรของเซลล์ (Cell Cycle) คืออะไร

วัฏจักรของเซลล์ คือ วงจรการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์รุ่นใหม่ขึ้นมาทดแทนเซลล์รุ่นเก่าที่หมดอายุขัยหรือเสียหายไป ซึ่งพบในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเท่านั้น

วัฏจักรของเซลล์ประกอบด้วย 3 ระยะหลัก

1. **ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase)** มี 3 ระยะย่อยตามลำดับ ดังนี้

   1.1 ระยะ G_1 (First gap) เป็นระยะก่อนการสร้าง DNA ซึ่งเซลล์มีการเจริญเติบโตเต็มที่ ระยะนี้จะมีการสร้างสารบางอย่าง เพื่อใช้สร้าง DNA ในระยะต่อไป

   1.2 ระยะ S (Synthesis) เป็นระยะที่มีการสังเคราะห์ DNA หรือมีการจำลองโครโมโซม อีก 1 เท่าตัว

   1.3 ระยะ G_2 (Second gap) เป็นระยะหลังสร้าง DNA ซึ่งเซลล์มีการเจริญเติบโต และเตรียมพร้อมที่จะแบ่งโครโมโซม และไซโทพลาซึมต่อไป

2. **ระยะไมโทซิส (Mitosis)** มี 4 ระยะย่อยตามลำดับ ดังนี้

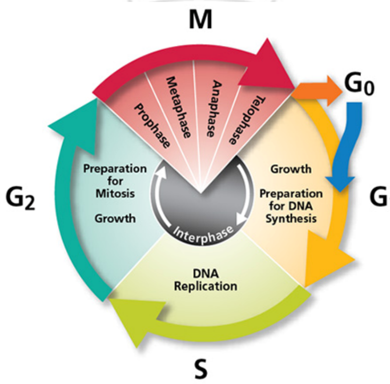
   2.1 โพรเฟส (Prophase)

   2.2 เมทาเฟส (Metaphase)

   2.3 แอนาเฟส (Anaphase)

   2.4 เทโลเฟส (Telophase)

3. **ระยะแบ่งไซโทพลาซึม (Cytokinesis)**

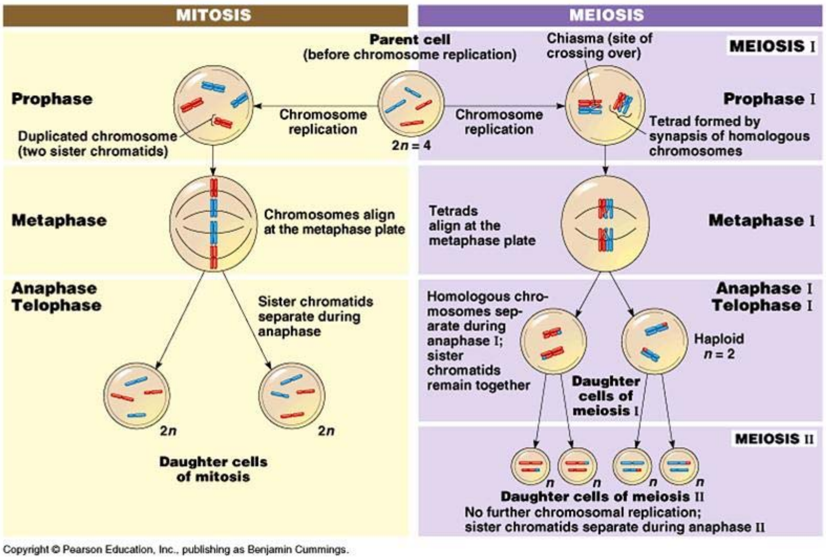


แผนภาพแสดงวัฏจักรเซลล์

G_0 คืออะไรเอ่ย

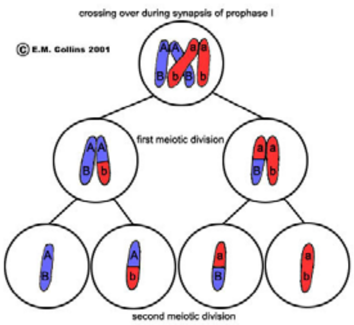
ในเซลล์บางชนิดจะมีการแบ่งตัวอยู่ตลอดเวลา เช่น เซลล์เนื้อเยื่อของพืช เซลล์ไขกระดูกเพื่อสร้างเม็ดเลือดแดง เซลล์เยื่อบุผิว ดังนั้นเซลล์พวกนี้จะอยู่ในวัฏจักรของเซลล์ตลอดเวลา แต่เซลล์อีกบางชนิดเมื่อมีการแบ่งตัวเสร็จแล้วจะไม่มีการแบ่งตัวอีกต่อไป ได้แก่ เซลล์ประสาท โดยจะเข้าสู่ระยะ G_0 อย่างถาวร จนกระทั่งเซลล์ชราภาพ (Cell Aging) และตายไป (Cell Death) ในที่สุดหรืออาจกลับมาแบ่งตัวได้หากมีการกระตุ้น เช่น Parenchyma ของพืช

I) MITOSIS VS MEIOSIS



ลักษณะเปรียบเทียบ	ไมโทซิส	ไมโอซิส
1. วัตถุประสงค์ของการแบ่ง	เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์	เพื่อลดจำนวนโครโมโซม
2. จำนวนครั้งในการแบ่งนิวเคลียส	1 ครั้ง	2 ครั้ง
3. จำนวนเซลล์ลูกที่ได้ต่อ 1 เซลล์แม่	2 เซลล์	4 เซลล์
4. จำนวนโครโมโซมในนิวเคลียสของเซลล์ลูก	เท่าเซลล์แม่	เป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์แม่
5. ปริมาณดีเอ็นเอ (สารพันธุกรรม)	เท่าเซลล์แม่	เป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์แม่
6. ข้อมูลทางพันธุกรรมของเซลล์ลูก	เหมือนกับเซลล์แม่ทุกประการ	แตกต่างจากเซลล์แม่
7. ตัวอย่างแหล่งที่พบ	ผิวหนัง กระเพาะอาหาร ไขกระดูก บริเวณเนื้อเยื่อเจริญของพืช (ปลายยอด ปลายราก)	อัณฑะ รังไข่ของคน อับเรณู และรังไข่ของพืชดอก

ครอสซิงโอเวอร์ (Crossing Over) เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนยีน (สารพันธุกรรม) ระหว่างโฮโมโลกัสโครโมโซม (Homologous Chromosome) ซึ่งจะเกิดขึ้นในระยะโพรเฟส I ของไมโอซิส ส่งผลต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตด้วยนะครับ



LESSON 2 การเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์ (CELL TRANSPORTATION)

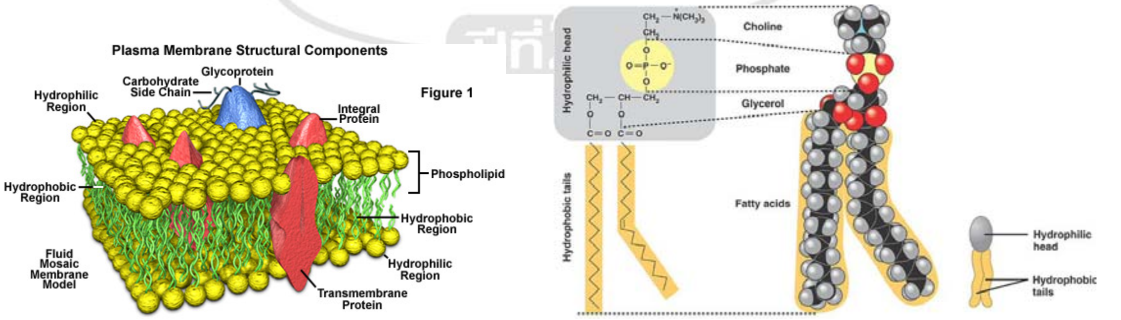
Lesson 2 แล้วนะครับ อย่าลืม!! เมื่อเด็กๆ อ่านจบแต่ละด่านให้กากบาทเรื่องนี้ ดูการลำเลียงแบบต่างๆ พร้อมดูรูปภาพประกอบ ทำความเข้าใจดีๆ รวมถึงพลังงาน (ATP) ที่ใช้ว่าใช้หรือไม่ใช้

การเปลี่ยนแปลงเมื่อนำเซลล์แช่ในสารละลาย Hypertonic Solution Hypotonic Solution และ Isotonic Solution

A) ความรู้พื้นฐานเรื่องเยื่อหุ้มเซลล์ : เยื่อหุ้มเซลล์ (Plasma Membrane) เป็นโครงสร้างของเซลล์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ผ่านเข้า-ออกของสารระหว่างภายในเซลล์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก

B) โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ มีลักษณะดังนี้

- ประกอบด้วยสารหลัก 2 ชนิด คือ ฟอสโฟลิพิด และโปรตีนโดยฟอสโฟลิพิด
- จัดเรียงตัวเป็น 2 ชั้น ซึ่งจะหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (ส่วนหาง) เข้าหากัน และหันส่วนที่ชอบน้ำ (ส่วนหัว) ออกจากกัน โดยมีโมเลกุลของโปรตีนกระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลของฟอสโฟลิพิด
- เยื่อหุ้มเซลล์จึงมีคุณสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน (Semipermeable Membrane)



ภาพแสดงโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์

C) แผนผังนี้จะช่วยในการมองภาพรวมในเรื่องนี้ครับ

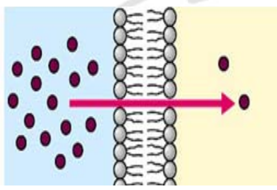
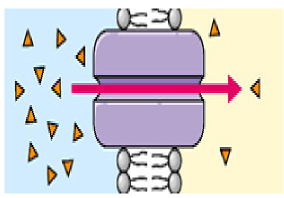
แผนผังแสดงรูปแบบการเคลื่อนที่ของสารเข้า-ออกเซลล์

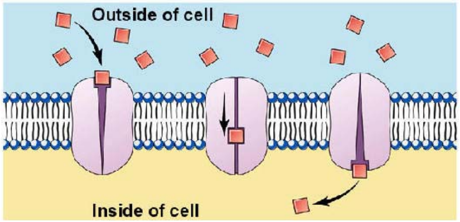
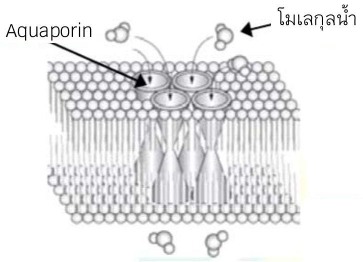
- การเคลื่อนที่ของสารเข้า-ออกเซลล์
  - การเคลื่อนที่แบบ<u>ผ่าน</u>เยื่อหุ้มเซลล์
    - การเคลื่อนที่แบบพาสซีฟ (Passive Transport)
      1. การแพร่ (Diffusion)
      2. การแพร่แบบฟาซิลิเทต (Facilitated Diffusion)
      3. ออสโมซิส (Osmosis)
    - การเคลื่อนที่แบบแอกทีฟ (Active Transport)
  - การเคลื่อนที่แบบ<u>ไม่ผ่าน</u>เยื่อหุ้มเซลล์
    - เอนโดไซโทซิส (Endocytosis)
      1. ฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis)
      2. พิโนไซโทซิส (Pinocytosis)
      3. การนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ (Receptor-Mediated Endocytosis)
    - เอกโซไซโทซิส (Exocytosis)

D) การเคลื่อนที่ของสารเข้า-ออกเซลล์มี 2 รูปแบบ ได้แก่

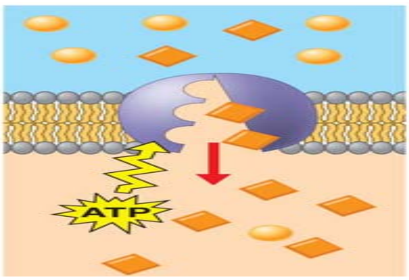
1. **การเคลื่อนที่แบบผ่านเยื่อหุ้มเซลล์** เป็นการเคลื่อนที่ของสารผ่านฟอสโฟลิพิดหรือโปรตีนของเยื่อหุ้มเซลล์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1.1 **การเคลื่อนที่แบบพาสซีฟ (Passive Transport)** หมายถึง การเคลื่อนที่ของสารเข้า-ออกเซลล์ โดย**ไม่ต้องใช้พลังงาน**ซึ่งไอออน (Ion) และโมเลกุลของสารบางชนิดสามารถเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์จากบริเวณที่มี<u>*ความเข้มข้นมากไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อย*</u>

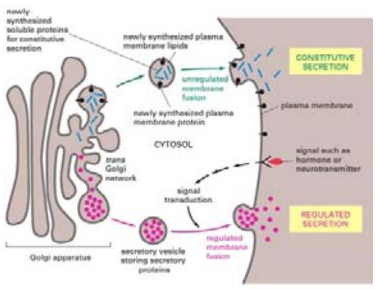
รูปแบบ	ภาพประกอบ	ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของสาร
1. การแพร่ (Diffusion)		- การเคลื่อนที่ของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ - การเคลื่อนที่ของแอลกอฮอล์
		- การเคลื่อนที่ของไอออนบางชนิด เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) คลอไรด์ไอออน (Cl^-), โซเดียมไอออน (Na^+) และโพแทสเซียมไอออน (K^+)

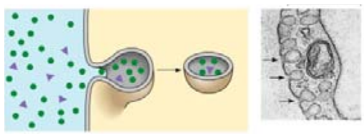
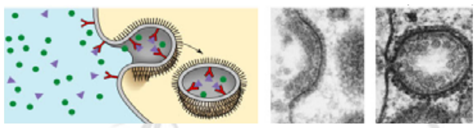
รูปแบบ	ภาพประกอบ	ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของสาร
2. การแพร่แบบฟาซิลิเทต (Facilitated Diffusion)		- การเคลื่อนที่ของกลูโคสเข้าสู่เซลล์
3. ออสโมซิส (การเคลื่อนที่ของน้ำโดยอาศัยโปรตีนเฉพาะที่ชื่อว่า Aquaporins)		- การเคลื่อนที่ของน้ำ

1.2 **การเคลื่อนที่แบบแอกทีฟ (Active Transport)** หมายถึง การเคลื่อนที่ของสารเข้า-ออกเซลล์จาก***<u>บริเวณที่มีความเข้มข้นน้อยไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นมาก</u>*** **ซึ่งต้องใช้พลังงานในการเคลื่อนที่**

รูปแบบ	ภาพประกอบ	ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของสาร
แอกทีฟทรานสปอร์ต (Active Transport)		- กระบวนการโซเดียมโพแทสเซียมปั๊มของเซลล์ประสาท

2. **การเคลื่อนที่แบบไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์** เป็นกระบวนการลำเลียงสารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ เข้า-ออกเซลล์ โดยอาศัยโครงสร้างที่เรียกว่า “เวสิเคิล (Vesicle)”

รูปแบบ	ภาพประกอบ	ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของสาร
เอกโซไซโทซิส (Exocytosis)		- การหลั่งเอนไซม์ของเซลล์ต่างๆ - การหลั่งเมือก - การหลั่งฮอร์โมน - การหลั่งสารสื่อประสาทของเซลล์ประสาท

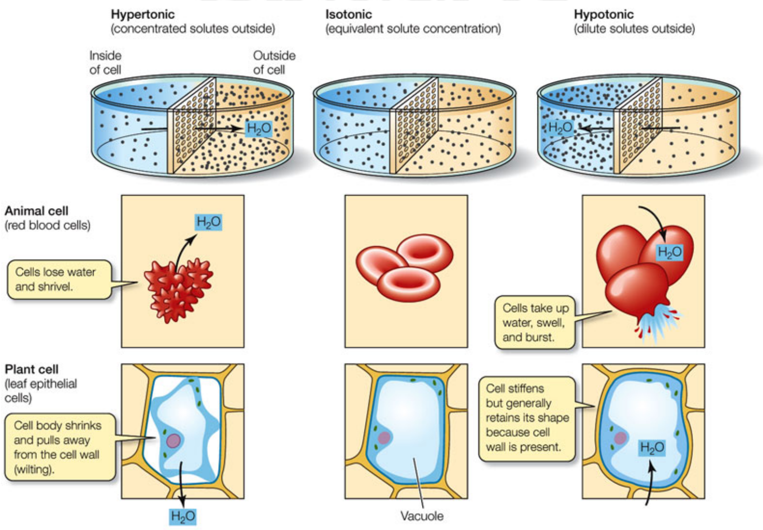
รูปแบบ		ภาพประกอบ	ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของสาร
เอนโดไซโทซิส (Endocytosis)	ฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis)		- การกินแบคทีเรียของเซลล์เม็ดเลือดขาวบางชนิด - การกินอาหารของอะมีบา
	พิโนไซโทซิส (Pinocytosis)		- การนำสารอาหารเข้าสู่เซลล์ไข่ของมนุษย์
	การนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ (Receptor Mediated Endocytosis)		- การนำคอเลสเทอรอลเข้าสู่เซลล์

E) ความเข้มข้นของตัวละลาย (Solute) ทั้งหมดในสารละลาย เรียกว่า ความเข้มข้นออสโมติก (Osmotic Concentration) ของสารละลาย ดังนั้นเราจึงแบ่งสารละลายออกเป็น 3 ประเภท ตามความเข้มข้นของตัวละลาย

1. สารละลายไฮเพอร์โทนิก (Hypertonic Solution) หมายถึง สารละลายที่มีความเข้มข้นของตัวละลายมากกว่าความเข้มข้นของสารละลายบริเวณข้างเคียง

2. สารละลายไฮโพโทนิก (Hypotonic Solution) หมายถึง สารละลายที่มีความเข้มข้นของตัวละลายน้อยกว่าความเข้มข้นของสารละลายบริเวณข้างเคียง

3. สารละลายไอโซโทนิก (Isotonic Solution) หมายถึง สารละลายที่มีความเข้มข้นของตัวละลายเท่ากับความเข้มข้นของสารละลายบริเวณข้างเคียง



ภาพการเปลี่ยนแปลงของเซลล์สัตว์และเซลล์พืชเมื่ออยู่ในสารละลายแต่ละประเภท

F) แรงดันออสโมติก (Osmotic Pressure) คือ แรงดันน้ำสูงสุดของสารละลายใดๆ ณ จุดสมดุลของการออสโมซิส โดยแรงดันออสโมติกจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย กล่าวคือ สารละลายที่มีความเข้มข้นมากจะมีแรงดันออสโมติกสูง และสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยจะมีแรงดันออสโมติกต่ำ

NOTE

LESSON 3 ภาวะธำรงดุล (HOMEOSTASIS)

ไหนลอง Check กันหน่อย

A) การรักษาดุลยภาพ ของน้ำและสารต่างๆ ในร่างกายมนุษย์

B) การรักษาดุลยภาพ ของกรด-เบส ในร่างกายมนุษย์

C) การรักษาดุลยภาพ ของน้ำและแร่ธาตุ ในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

D) การรักษาดุลยภาพ ของอุณหภูมิ ร่างกายของสัตว์

E) การรักษาดุลยภาพ ของอุณหภูมิ ร่างกายของมนุษย์

LESSON นี้มี TRICK

นักเรียนครับเรื่องการรักษาดุลยภาพ จะสังเกตได้ว่าเป็น**คู่ตรงกันข้าม** ดังนั้นวิธีการจำเวลาสอบนะครับ แนะนำให้จำและทำความเข้าใจอย่างใดอย่างหนึ่งให้แม่นๆ แล้วจำไว้ว่าอีกเหตุการณ์ตรงกันข้ามเพื่อป้องกันการสับสน

A) การรักษาดุลยภาพของน้ำและสารต่างๆ ในร่างกายมนุษย์

รายละเอียดของการทำงานของไตและหน่วยไตเด็กๆ ไปตามในแบบเรียนนะครับ ครูขอเสนอเรื่องยอดฮิต คือ การปัสสาวะและการดูดน้ำกลับนะครับ

ฮอร์โมน (Antidiuretic Hormone : ADH) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า วาโซเพรสซิน (Vasopressin) เป็นฮอร์โมนสำคัญที่ทำหน้าที่กระตุ้นการดูดน้ำกลับเข้าสู่ร่างกายบริเวณท่อรวมของหน่วยไต

ตารางนี้น่าสนใจ

ครูกาแฟดื่มน้ำมาก	ฉี่เยอะ	เข้มข้นน้อย	ADH มีปริมาณน้อย ดูดน้ำกลับปริมาณน้อย
ครูกาแฟดื่มน้ำน้อย	ฉี่นิดเดียว	เข้มข้นมาก	ADH มีปริมาณมาก ดูดน้ำกลับปริมาณมาก

B) การรักษาดุลยภาพของกรด-เบสในร่างกายมนุษย์

การเพิ่มหรือลดอัตราการหายใจ

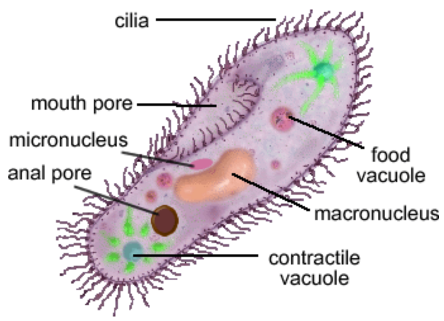
ถ้า CO_2 ในเลือดมีปริมาณมากจะส่งผลให้ศูนย์ควบคุมการหายใจ ซึ่งคือ สมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา (Medulla Oblongata) ส่งกระแสประสาทไปควบคุมให้กล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครงทำงานมากขึ้นเพื่อจะได้หายใจออกถี่ขึ้น

ระบบบัฟเฟอร์ (Buffer) คือ ระบบที่ทำให้เลือดมีค่า pH คงที่แม้ว่าจะมีการเพิ่มของสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดหรือเบส

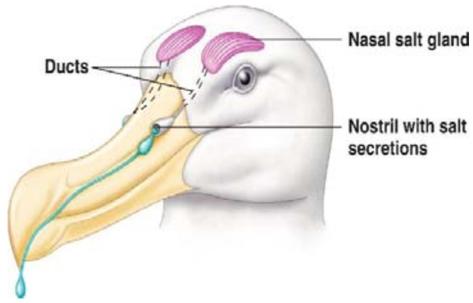
การควบคุมกรดและเบสของไต

ไต (Kidneys) สามารถปรับระดับกรดหรือเบสออกทางปัสสาวะได้มาก สามารถแก้ไขค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไปมากให้เข้าสู่ภาวะสมดุล

C) การรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

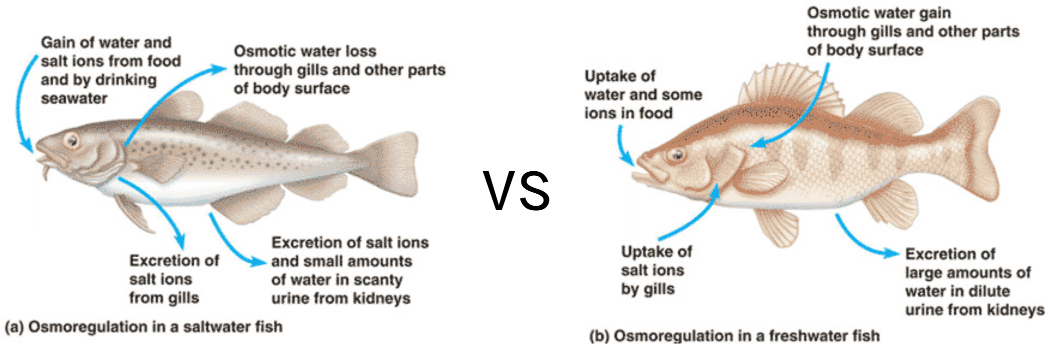


พารามีเซียม (Paramecium) ใช้ Contractile Vacuole รักษาสมดุลของน้ำในเซลล์



นกทะเล ใช้ต่อมนาสิก หรือต่อมเกลือ (Nasal Salt Glands) รักษาสมดุลของเกลือในร่างกาย

ปลาน้ำเค็ม **ปลาน้ำจืด**



ปลาน้ำเค็ม VS ปลาน้ำจืด รักษาสมดุลอย่างไร

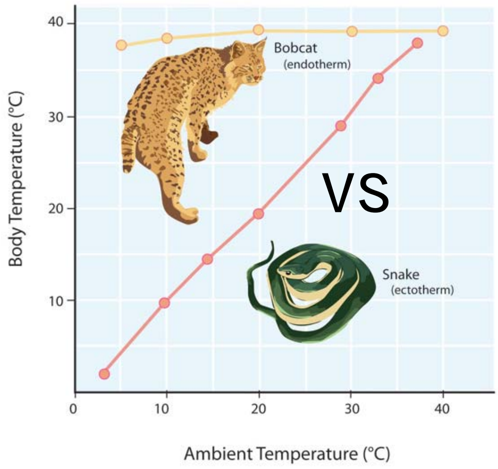
ปลาน้ำเค็ม (Osmotic Pressure ของของเหลวในร่างกายน้อยกว่าน้ำทะเล) : กลไกการรักษาสมดุล คือ มีผิวหนังและเกล็ดป้องกันน้ำซึมออก ขับปัสสาวะน้อยและปัสสาวะมีความเข้มข้นสูง มีเซลล์ซึ่งอยู่บริเวณเหงือกทำหน้าที่ขับแร่ธาตุส่วนเกินออกโดยวิธีแอกทีฟทรานสปอร์ต ขับแร่ธาตุส่วนเกินออกทางทวารหนัก

ปลาน้ำจืด (Osmotic Pressure ของของเหลวในร่างกายมากกว่าน้ำจืด) : กลไกการรักษาสมดุล คือ มีผิวหนังและเกล็ดป้องกันน้ำซึมเข้า ขับปัสสาวะมากและปัสสาวะเจือจาง มีโครงสร้างพิเศษที่เหงือกทำหน้าที่ดูดแร่ธาตุกลับคืนสู่ร่างกาย

D) การรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิร่างกายของสัตว์

1. **สัตว์เลือดเย็น (Poikilothermic Animal / Ectotherm)** หมายถึง สัตว์ที่มีอุณหภูมิร่างกายไม่คงที่ เพราะจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอก ตัวอย่างเช่น ไส้เดือนดิน หอย แมลง ปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และสัตว์เลื้อยคลาน

2. **สัตว์เลือดอุ่น (Homeothermic Animal / Endotherm)** หมายถึง สัตว์ที่มีกลไกรักษาอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สัตว์ปีกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมกับอุณหภูมิของร่างกาย
ในสัตว์เลือดอุ่นและสัตว์เลือดเย็น

E) การรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิร่างกายของมนุษย์

ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม

อุณหภูมิของเลือด สูงกว่า 37°C	อุณหภูมิของเลือด ต่ำกว่า 37°C

กระตุ้นศูนย์ควบคุม
ที่ไฮโพทาลามัส

• ลดอัตรา เมแทบอลิซึม	• เพิ่มอัตรา เมแทบอลิซึม
• หลอดเลือดขยายตัว	• หลอดเลือดหดตัว
• ต่อมเหงื่อสร้างเหงื่อ	• ต่อมเหงื่อไม่สร้างเหงื่อ
• ขนเอนราบ	• ขนลุก ร่างกายหนาวสั่น
• เพิ่มการระเหย และการแผ่รังสี	• ลดการระเหย และการแผ่รังสี
อุณหภูมิของเลือด ลดลง	อุณหภูมิของเลือด เพิ่มขึ้น

อุณหภูมิของเลือด
ปกติ 37°C

LESSON 4 ภูมิคุ้มกันร่างกาย (IMMUNITY)

LESSON นี้พักผ่อน LESSON หน้า CHECK กัน

1) **ภูมิคุ้มกัน (Immunity)** คือ ความสามารถของร่างกายในการต่อต้านและกำจัดจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ที่เข้าสู่ร่างกาย

2) **ภูมิคุ้มกันร่างกายแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้**

1. **ภูมิคุ้มกันที่มีมาแต่กำเนิด (Innate Immunity)** ซึ่งประกอบด้วยกลไกภูมิคุ้มกันร่างกาย 2 ด่าน ตามลำดับ ดังนี้

1.1 ระบบปกคลุมร่างกาย (ผิวหนัง) จัดเป็นภูมิคุ้มกันด่านแรกสุดของร่างกาย

1.2 ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (Nonspecific Immunity) เป็นภูมิคุ้มกันด่านที่สองของร่างกาย

2. **ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นหลังกำเนิด (Acquired Immunity)** ซึ่งเป็นภูมิคุ้มกันด่านที่สาม (ด่านสุดท้าย) ของร่างกายและจัดเป็นภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (Specific Immunity)

3) **เพิ่มเติมขยายความกันหน่อย**

1. ภูมิคุ้มกันที่มีมาแต่กำเนิด (Innate Immunity)

1.1 ระบบปกคลุมร่างกาย (ผิวหนัง)

- ต่อมผลิตน้ำมันและต่อมเหงื่อจะหลั่งสารช่วยทำให้ผิวหนังมีค่า pH 3-5 ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หลายชนิดได้
- เหงื่อน้ำตาและน้ำลายมีไลโซไซม์ (Lysozyme) ซึ่งสามารถทำลายแบคทีเรียบางชนิดได้
- ผิวหนังเป็นแหล่งที่อยู่ของแบคทีเรียและเชื้อราที่ไม่ก่อให้เกิดโรค ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเข้าไปในร่างกายได้ง่าย
- ผนังด้านในของอวัยวะทางเดินอาหาร อวัยวะหายใจ และอวัยวะขับถ่าย (ปัสสาวะ) ประกอบด้วยเซลล์ที่สามารถสร้างเมือก (Mucus) เพื่อดักจับจุลินทรีย์ได้รวมถึงกรดไฮโดรคลอริกในกระเพาะอาหารก็สามารถทำลายแบคทีเรียบางชนิดได้

1.2 ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (Nonspecific Immunity)

- เม็ดเลือดขาว 3 ชนิดที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ มีดังนี้
  1. นิวโทรฟิล (Neutrophil)
  2. แมโครฟาจ (Macrophage)
  3. Natural Killer Cell (NK Cell)
- การอักเสบเกิดโดยการหลั่งสารฮิสตามีน (Histamine) ซึ่งจะทำให้เลือดไหลไปยังบริเวณที่อักเสบมากขึ้น รวมทั้งหลอดเลือดฝอยบริเวณดังกล่าวจะยอมให้สารต่างๆ ผ่านเข้าออกได้มากขึ้น
- การเป็นไข้ (Fever) จะไปกระตุ้นการทำงานของเม็ดเลือดขาวกลุ่มฟาโกไซต์ (Phagocyte) เพื่อไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นั้นๆ
- อินเทอร์เฟอรอน (Interferon) จะป้องกันการติดเชื้อจากไวรัส โดยการทำลาย RNA ของไวรัสชนิดนั้นๆ

2. **ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นหลังกำเนิด (Acquired Immunity)**

ภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (Specific Immunity)

- เป็นการทำงานของเม็ดเลือดขาวกลุ่มลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) โดยการสร้างแอนติบอดี (Antibody) ซึ่งเป็นสารประเภทโปรตีนขึ้นมาต่อต้านเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอม (Antigen) ที่เข้าสู่ร่างกาย
- เม็ดเลือดขาวกลุ่มลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) มีตัวรับอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งสามารถจดจำชนิดของแอนติเจนได้และทำให้เกิดภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ
- อวัยวะที่ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ ประกอบด้วยอวัยวะน้ำเหลืองปฐมภูมิและอวัยวะน้ำเหลืองทุติยภูมิ อวัยวะน้ำเหลืองปฐมภูมิทำหน้าที่สร้างเซลล์เม็ดเลือดขาว ได้แก่ ไขกระดูก (Bone Marrow) ต่อมไทมัส (Thymus) อวัยวะน้ำเหลืองทุติยภูมิทำหน้าที่กรองแอนติเจน (จุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย) ได้แก่ ม้าม (Spleen) ต่อมน้ำเหลือง (Lymph Node) เนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเมือก (Mucosal-Associated Lymphoid Tissue : MALT) ได้แก่ ต่อมทอนซิล ไส้ติ่ง และกลุ่มเซลล์ฟอลลิเคิลในชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ด้านใต้ของชั้นเนื้อเยื่อสร้างเมือก

4) **ตรงนี้ต้องดูดีๆ นะครับ**

ภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามแหล่งที่มาของแอนติบอดี ได้แก่

1. **ภูมิคุ้มกันก่อเอง (Active Immunity)** หมายถึง ภูมิคุ้มกันที่เกิดจาก**ร่างกายสร้างแอนติบอดี (Antibody) ขึ้นมาเอง** โดยเป็นภูมิคุ้มกันระยะยาวซึ่งถูกกระตุ้นจากปัจจัยต่อไปนี้
   - การฉีดวัคซีนป้องกันโรคต่างๆ
   - การฉีดทอกซอยด์ (Toxoid) ป้องกันโรคบางชนิด
   - การคลุกคลีหรือใกล้ชิดกับบุคคลที่เป็นโรคนั้นๆ

   ประเภทของวัคซีน

   วัคซีนแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามวัตถุดิบ ดังนี้

   1) เชื้อโรคที่ตายแล้ว
   2) เชื้อโรคที่ถูกทำให้อ่อนฤทธิ์ลง
   3) สารพิษจากเชื้อโรค (Toxoid) ซึ่งถูกทำให้หมดสภาพความเป็นพิษแล้ว

2. **ภูมิคุ้มกันรับมา (Passive Immunity)** หมายถึง ภูมิคุ้มกันที่เกิดจากร่างกายรับแอนติบอดี (Antibody) จากภายนอกเข้ามาเพื่อต่อต้านเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกายได้ทันที และเป็นภูมิคุ้มกันในระยะสั้น ตัวอย่างภูมิคุ้มกันรับมา เช่น
   - การฉีดเซรุ่มเพื่อรักษาโรคบางชนิด เช่น เซรุ่มป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า
   - การดื่มน้ำนมแม่ของทารก
   - การได้รับภูมิคุ้มกันจากแม่ของทารกที่อยู่ในครรภ์

5) **ระบบน้ำเหลือง (Lymphatic System)**

หน้าที่ของระบบน้ำเหลือง

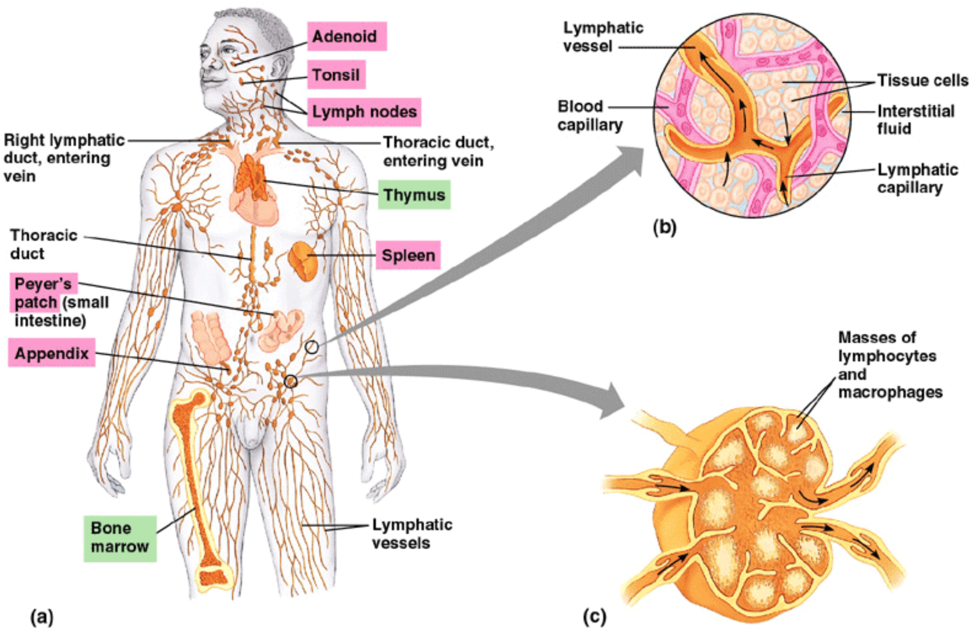
1. นำของเหลวที่อยู่ระหว่างเซลล์กลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด
2. ดูดซึมสารอาหารประเภทไขมันบริเวณลำไส้เล็ก
3. เป็นส่วนหนึ่งของระบบภูมิคุ้มกันร่างกาย

ส่วนประกอบของระบบน้ำเหลือง ได้แก่

1. น้ำเหลือง
2. หลอดน้ำเหลือง
3. อวัยวะน้ำเหลืองแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้
    3.1 อวัยวะน้ำเหลืองปฐมภูมิ ได้แก่ ไขกระดูก และต่อมไทมัส
    3.2 อวัยวะน้ำเหลืองทุติยภูมิ ได้แก่ ม้าม ต่อมน้ำเหลือง และต่อมทอนซิล

1. น้ำเหลือง (Lymph) คือ ของเหลวไม่มีสีที่ซึมผ่านผนังหลอดเลือดฝอยออกมาอยู่บริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์ ซึ่งของเหลวดังกล่าวจะเคลื่อนที่เข้าสู่หลอดน้ำเหลืองต่อไป น้ำเหลืองมีส่วนประกอบคล้ายคลึงกับเลือด แต่มีจำนวนและปริมาณโปรตีนน้อยกว่า รวมทั้ง***ไม่มีเม็ดเลือดแดงและเกล็ดเลือด***

น้ำเหลืองจะไหลเข้าสู่หัวใจห้องบนขวาร่วมกับเลือดเสียจากส่วนต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งการไหลเวียนของน้ำเหลืองภายในหลอดน้ำเหลืองจะอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อที่อยู่รอบๆ โดย***ภายในหลอดน้ำเหลืองจะมีลิ้นกั้น*** เพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำเหลืองให้ไปในทิศทางเดียวกัน



ภาพแสดงระบบน้ำเหลืองของมนุษย์ (Lymphatic System of Human)

2. **หลอดน้ำเหลือง (Lymphatic Vessels)**

หลอดน้ำเหลืองมีหลายขนาด เป็นหลอดที่มีปลายด้านหนึ่งตัน หลอดน้ำเหลืองบริเวณอก (Thoracic Duct) จะมีขนาดใหญ่ที่สุด ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำเหลืองไปยังหลอดเลือดดำบริเวณไหปลาร้า (Subclavian Vein) เพื่อส่งเข้าสู่หลอดเลือดดำใหญ่ (Vena Cava) ต่อไป

3. **อวัยวะน้ำเหลือง (Lymphoid Organs)** แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1 **อวัยวะน้ำเหลืองปฐมภูมิ** ได้แก่ ไขกระดูก และต่อมไทมัส

1. **ไขกระดูก (Bone Marrow)** เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ในโพรงกระดูก ทำหน้าที่สร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวและเม็ดเลือดแดงรวมทั้งเกล็ดเลือดด้วย

2. **ต่อมไทมัส (Thymus)** เป็นอวัยวะน้ำเหลืองที่เป็นต่อมไร้ท่อ (สร้างฮอร์โมนได้) อยู่ตรงทรวงอกรอบหลอดเลือดเอออร์ตา (Aorta) โดยหน้าที่ของต่อมไทมัสสร้างและพัฒนาเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) ลิมโฟไซต์ที่ไทมัสไม่สามารถต่อสู้กับเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกายได้ แต่เมื่อโตเต็มที่จะเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อไปยังอวัยวะน้ำเหลืองอื่นๆ และสามารถต่อสู้กับเชื้อโรคได้

3.2 **อวัยวะน้ำเหลืองทุติยภูมิ** ได้แก่ ม้าม ต่อมน้ำเหลือง และต่อมทอนซิล

1. **ม้าม (Spleen)** เป็นอวัยวะน้ำเหลืองที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีลักษณะนุ่มสีม่วงอยู่ในช่องท้องด้านซ้ายใต้กะบังลมติดกับด้านหลังของกระเพาะอาหาร ภายในม้ามมีแมโครฟาจ (Macrophage) และเม็ดเลือดแดงอยู่เป็นจำนวนมาก

ม้ามมีหน้าที่ ดังนี้

- กรองจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย) และสิ่งแปลกปลอมออกจาก**เลือด**
- สร้างและทำลายเซลล์เม็ดเลือดขาว
- ทำลายเซลล์เม็ดเลือดแดงที่หมดอายุแล้ว
- เป็นอวัยวะเก็บสำรองเลือดไว้ใช้ในยามฉุกเฉิน เช่น ภาวะที่ร่างกายสูญเสียเลือดมาก

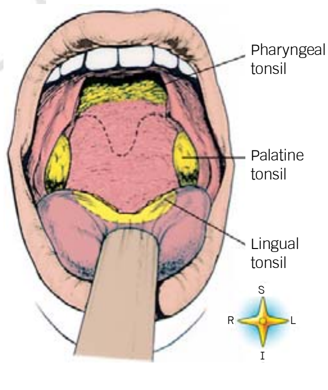
2. **ต่อมน้ำเหลือง (Lymph Node)** มีลักษณะค่อนข้างกลมมีหลากหลายขนาดกระจายตัวอยู่ภายในหลอดน้ำเหลืองทั่วร่างกาย พบมากตามบริเวณคอ รักแร้ และขาหนีบ เป็นต้น ซึ่งภายในต่อมน้ำเหลืองจะพบเซลล์เม็ดเลือดขาวอยู่รวมกันเป็นกระจุกมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ

ต่อมน้ำเหลืองมีหน้าที่ ดังนี้

- กรองเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมออกจาก**น้ำเหลือง**
- ทำลายแบคทีเรียและไวรัส

3. **ต่อมทอนซิล (Tonsils)** มีหน้าที่ปกป้องไม่ให้เชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่หลอดอาหารและกล่องเสียงซึ่งมีอยู่ 3 บริเวณ ดังนี้

- บริเวณเพดานปาก
- บริเวณคอหอย
- บริเวณลิ้น



ภาพแสดงตำแหน่งของต่อมทอนซิลในมนุษย์

LESSON 5 พันธุศาสตร์ (GENETICS)

เรื่องนี้เรื่องใหญ่ ต้องให้ตั้งใจหน่อยนะครับ คำศัพท์เยอะแถมมีคำนวณด้วย สู้ๆ ครับ

CHECK IN กันหน่อย

A) เรียนคำศัพท์กันก่อน
B) ยีน โครโมโซม ดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ คืออะไร
C) การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม : จากรุ่นสู่รุ่น
D) ความแปรผันทางพันธุกรรม (Genetic Variation)
E) กฎของเมนเดล
F) การผสมโดยพิจารณาหนึ่งลักษณะ / การผสมโดยพิจารณาสองลักษณะ
G) ลักษณะเด่นแต่ละระดับ
H) มัลติเปิลแอลลีล (Multiple Alleles)
I) การให้เลือด
J) พอลิยีน (Polygene)
K) การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมโดยยีนด้อยบนออโตโซม และโครโมโซมเพศ
L) ความผิดปกติของคนจากจำนวน และรูปร่างโครโมโซม
M) เพดิกรีหรือพันธุประวัติหรือพงศาวลี (Pedigree)
N) มิวเทชัน (Mutation)
O) พันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering)

A) **เรียนคำศัพท์กันก่อน** : คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1. **ยีน (Gene)** หมายถึง หน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอยู่เป็นคู่และจะถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูก โดยในทางพันธุศาสตร์ได้มีการกำหนดสัญลักษณ์แทนยีนไว้หลายแบบ
2. **แอลลีล (Allele)** หมายถึง แบบของยีนแต่ละยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม
3. **โฮโมไซกัสยีน (Homozygous Gene)** หมายถึง คู่ของยีนที่เหมือนกันอยู่ในตำแหน่งเดียวกันบนโฮโมโลกัสโครโมโซม เพื่อควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต เช่น TT, tt, I^AI^A เป็นต้น โฮโมไซกัสยีนเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าพันธุ์แท้ โฮโมไซกัสยีนแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

3.1 **โฮโมไซกัสโดมิแนนท์ (Homozygous Dominance)** หมายถึง คู่ของยีนเด่นที่เหมือนกันอยู่ด้วยกันหรือเรียกว่า เป็นพันธุ์แท้ของลักษณะเด่น เช่น AA, TT เป็นต้น

3.2 **โฮโมไซกัสรีเซสซีฟ (Homozygous Recessive)** หมายถึง คู่ของยีนด้อยที่เหมือนกันอยู่ด้วยกันหรือเรียกว่า เป็นพันธุ์แท้ของลักษณะด้อย เช่น aa, tt เป็นต้น

4. **เฮเทอโรไซกัสยีน (Heterozygous Gene)** หมายถึง คู่ของยีนที่ต่างกันอยู่ในตำแหน่งเดียวกันบนโฮโมโลกัสโครโมโซม เพื่อควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต เช่น Tt, Rr เป็นต้น เฮเทอโรไซกัสยีน เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า พันทาง

5. **ลักษณะเด่น (Dominance หรือ Dominant Trait)** หมายถึง ลักษณะที่แสดงออกมาเมื่อมีแอลลีลเด่นเพียง 1 แอลลีล ซึ่งจะพบในเฮเทอโรไซกัส หรือเมื่อมีแอลลีลเด่น 2 แอลลีล ซึ่งจะพบในโฮโมไซกัส-โดมิแนนท์ (Homozygous Dominance)

6. **ลักษณะด้อย (Recessive Trait) หมายถึง** ลักษณะที่ถูกข่มเมื่ออยู่ในรูปของเฮเทอโรไซกัส แต่จะแสดงออกเมื่ออยู่ในรูปของโฮโมไซกัสรีเซสซีฟ (Homozygous Recessive)

7. **ฟีโนไทป์ (Phenotype)** หมายถึง ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัส (ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง) เช่น สีผิวของคน จำนวนชั้นของหนังตา ลักษณะของเส้นผม หมู่เลือด เป็นต้น

8. **จีโนไทป์ (Genotype)** หมายถึง รูปแบบของคู่ยีน (คู่แอลลีล) หรือกลุ่มยีนที่ควบคุมฟีโนไทป์ต่างๆ เช่น จีโนไทป์ที่ควบคุมความยาวของลำต้นถั่ว มีได้ 3 แบบ ได้แก่ TT, Tt และ tt

9. **เซลล์ร่างกาย (Somatic Cells)** หมายถึง เซลล์ที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกาย (**ยกเว้น**เซลล์สืบพันธุ์) เช่น เซลล์หัวใจ เซลล์ตับ เซลล์เม็ดเลือดขาว เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปเป็นเซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมภายในนิวเคลียสเท่ากับ 2n (2 ชุดโครโมโซม)

10. **เซลล์สืบพันธุ์ (Sex Cells)** หมายถึง เซลล์ที่จะเกิดการปฏิสนธิในกระบวนการสืบพันธุ์ เช่น อสุจิ (Sperm) ไข่ (Egg Cell) เป็นต้น มีโครโมโซมเท่ากับ n (1 ชุดโครโมโซม)

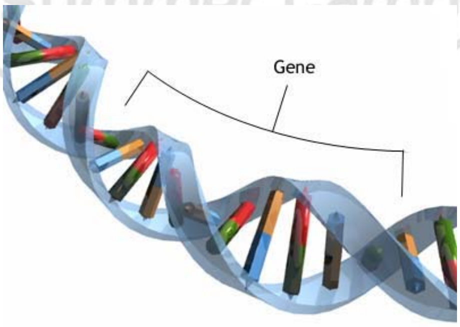
11. **โครโมโซมร่างกายหรือออโตโซม (Autosome)** เป็นโครโมโซมที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมลักษณะทั่วไปของร่างกายซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับเพศ

12. **โครโมโซมเพศ (Sex Chromosome)** เป็นโครโมโซมที่กำหนดเพศและเกี่ยวข้องกับการควบคุมลักษณะที่เกี่ยวเนื่องกับเพศ

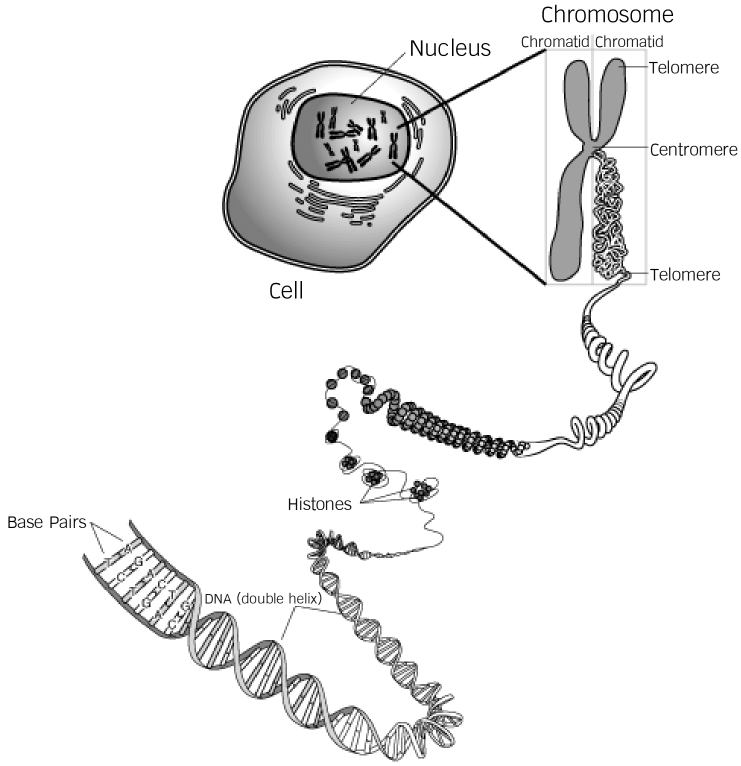
B) ยีน โครโมโซม ดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ คืออะไร

ยีน (Gene) คือ ส่วนหนึ่งของสายดีเอ็นเอ (DNA Segment) ที่ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต

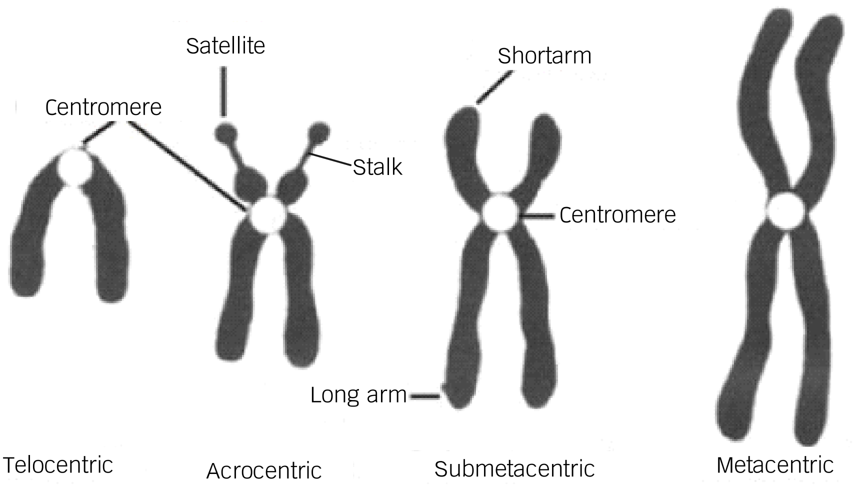
โครโมโซม (Chromosome) คือ โครงสร้างที่อยู่ภายในนิวเคลียส ประกอบด้วย DNA และโปรตีน



ภาพแสดงตำแหน่งของยีนในสายดีเอ็นเอ

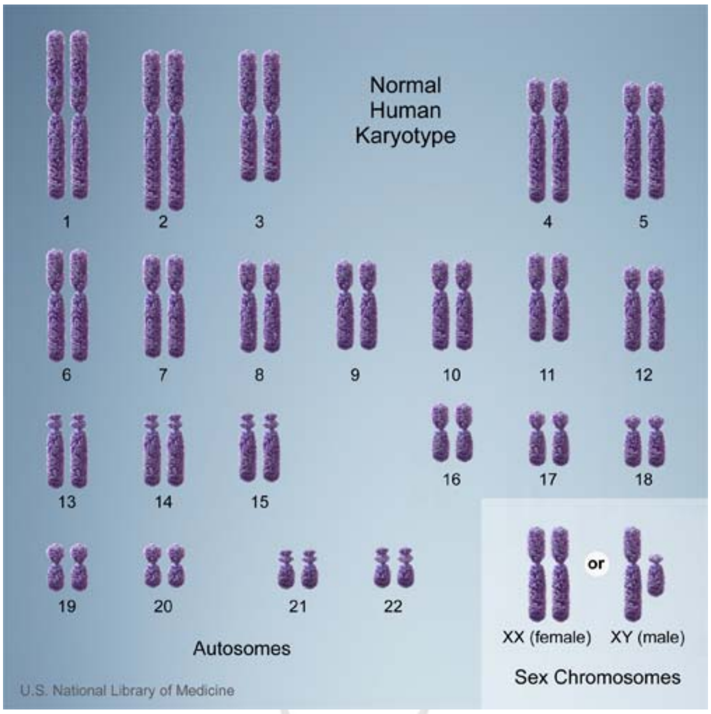


ภาพแสดงองค์ประกอบของโครโมโซม



ภาพแสดงรูปร่างของโครโมโซม

คารีโอไทป์ (Karyotype) คือ การศึกษาโครโมโซมโดยใช้ภาพของโครโมโซมในระยะเมตาเฟสของไมโตซิส มาเรียงกันตามความยาวและตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ โดยจะเรียงจากใหญ่สุดไปจนถึงเล็กสุด

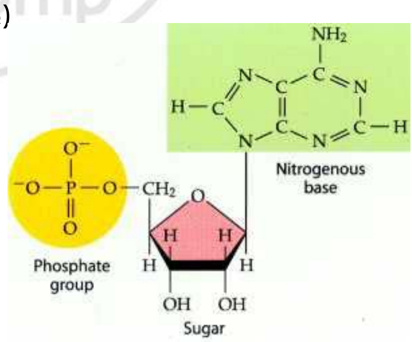


ภาพแสดงคารีโอไทป์ของมนุษย์ปกติ

ดีเอ็นเอ (DNA) หมายถึง สารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตและบางส่วนของ DNA แต่ละโมเลกุลทำหน้าที่เป็นยีน (Gene) คือ สามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้

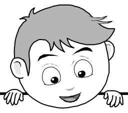
DNA เป็นกรดนิวคลีอิกชนิดหนึ่งมีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ (Polymer) สายยาวประกอบด้วยมอนอเมอร์ (Monomer) ที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ ซึ่งแต่ละนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอประกอบด้วยสาร 3 ชนิด ดังต่อไปนี้

1. **น้ำตาลเพนโทส (Pentose)** ที่มีชื่อว่า น้ำตาลดีออกซีไรโบส (Deoxyribose)
2. **ไนโตรจีนัสเบส (Nitrogenous Base หรือ N-Base)**
   มีโครงสร้างเป็นวงแหวน (Ring)
   แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้
   2.1 เบสเพียวรีน (Purine) มี 2 ชนิด คือ
       กวานีน (Guanine) และอะดีนีน (Adenine)
   2.2 เบสไพริมิดีน (Pyrimidine) มี 2 ชนิด คือ
       ไซโทซีน (Cytosine) และไทมีน (Thymine)



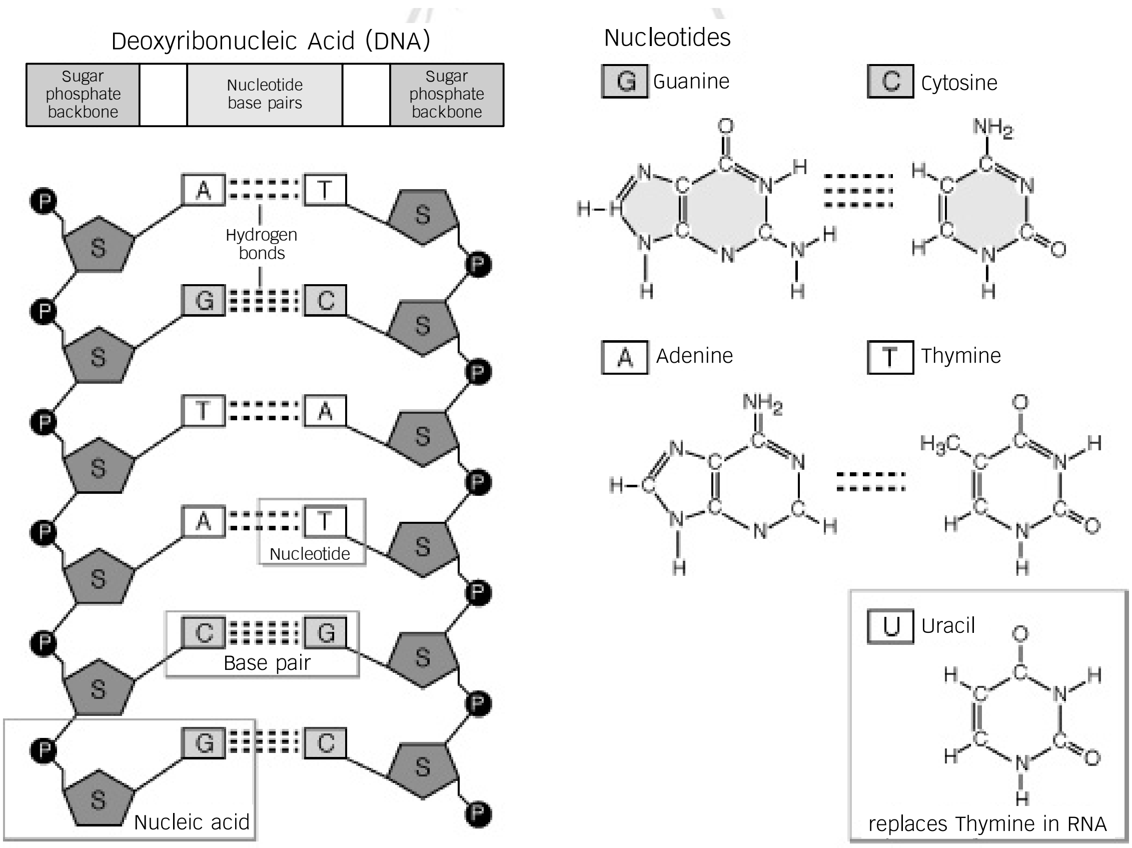
ภาพแสดงสารที่เป็นองค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์

3. หมู่ฟอสเฟต (Phosphate Group)



อย่าเข้าใจผิดนะครับ

เบสทั้ง 4 ชนิด ที่พบในสายเกลียวคู่ DNA จะอยู่กันเป็นคู่ๆ
โดยมีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวกันไว้ดังนี้
A คู่ T ยึดกันด้วย 2 พันธะไฮโดรเจน (ไม่ใช่ พันธะคู่ (Double Bond))
C คู่ G ยึดกันด้วย 3 พันธะไฮโดรเจน (ไม่ใช่ พันธะสาม (Triple Bond))

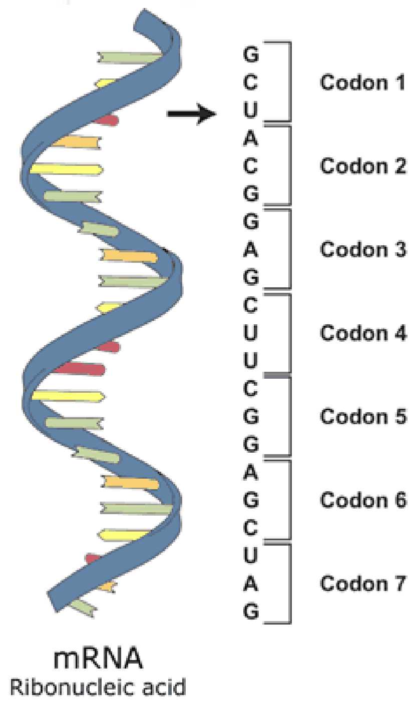


ภาพซ้ายแสดงสายดีเอ็นเอ ภาพขวาแสดงเบสชนิดต่างๆ

รู้จัก RNA กันสักหน่อย!!!

สายพอลิเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) สายเดี่ยว (Single Strand) ทำหน้าที่เหมือนแม่แบบ (Template) สำหรับแปลข้อมูลจากยีนไปเป็นข้อมูลในโปรตีน แล้วขนย้ายกรดอะมิโนเข้าไปในออร์แกเนลล์ไรโบโซม (Ribosome) ของเซลล์ เพื่อผลิตโปรตีน และแปลรหัส (Translation) เป็นข้อมูลในโปรตีน ชนิดของ**อาร์เอ็นเอ (RNA)** มีทั้งหมด 3 ชนิด คือ

1. เอ็มอาร์เอ็นเอ หรือเมสเซนเจอร์อาร์เอ็นเอ (Messenger RNA, mRNA)
2. ทีอาร์เอ็นเอ หรือทรานสเฟอร์อาร์เอ็นเอ (Transfer RNA, tRNA)
3. อาร์อาร์เอ็นเอ หรือไรโบโซมอลอาร์เอ็นเอ (Ribosomal RNA, rRNA)

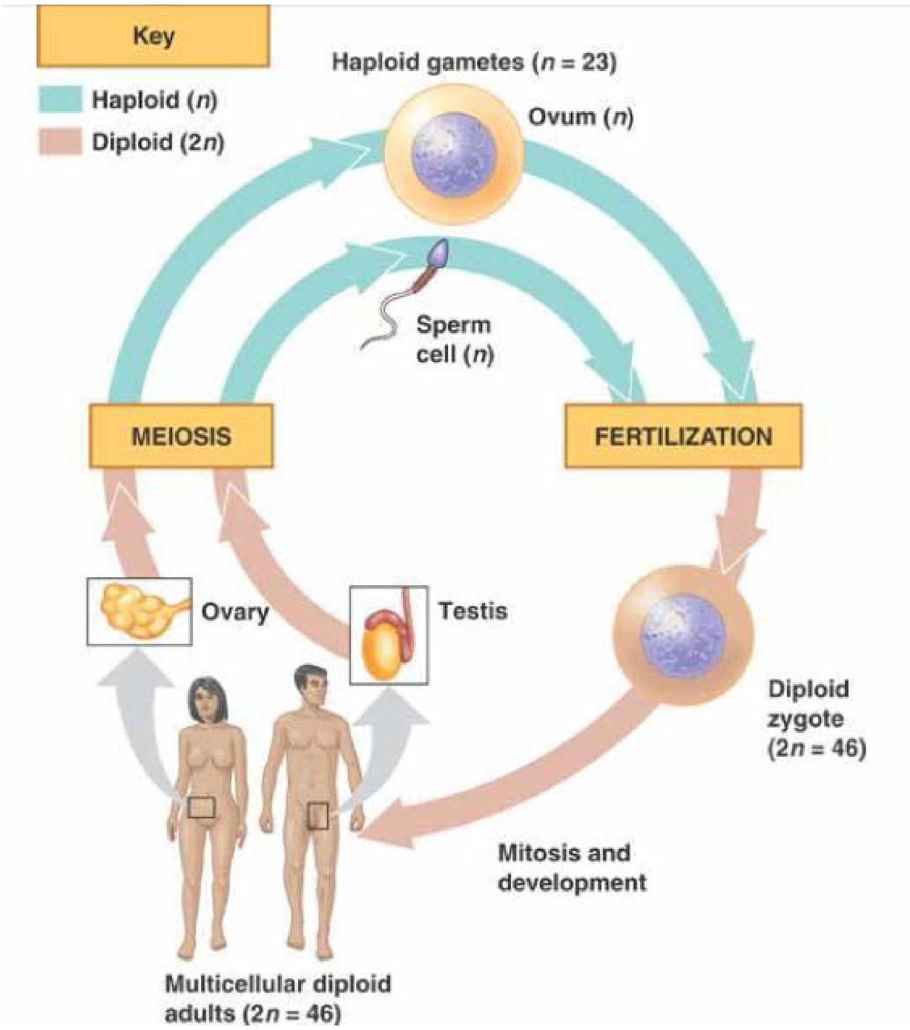


ภาพแสดงสาย mRNA

ตารางเปรียบเทียบองค์ประกอบของ DNA และ RNA ของเซลล์ยูแคริโอต

ข้อมูลเปรียบเทียบ	DNA	RNA
ตำแหน่งที่พบ	ในนิวเคลียส	ในไซโทพลาซึมและในนิวเคลียส
จำนวนสายโพลีนิวคลีโอไทด์	2	1
น้ำตาล	Deoxyribose	Ribose
ไนโตรจีนัสเบส	A G C T	A G C U

C) การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม : จากรุ่นสู่รุ่น



ภาพวงจรชีวิตของมนุษย์

D) ความแปรผันทางพันธุกรรม (Genetic Variation)

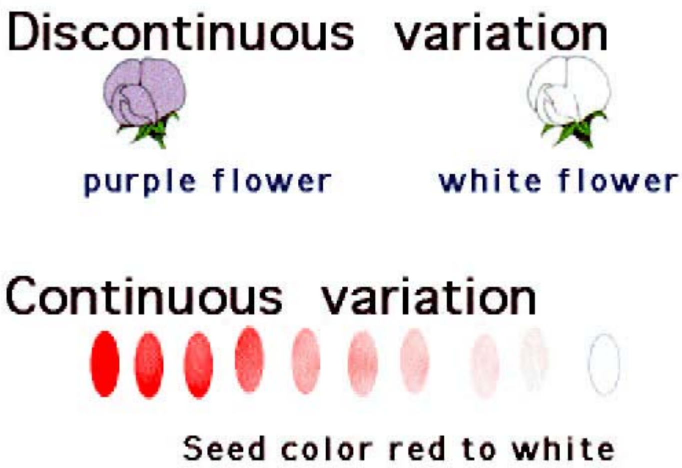
สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. **ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันต่อเนื่อง** (Continuous Variation) เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน เช่น สีผิว ความสูง น้ำหนัก ไอคิวของคน ลักษณะเหล่านี้ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ***ยีนจึงมีอิทธิพลต่อการควบคุมลักษณะดังกล่าวน้อย แต่สิ่งแวดล้อมจะมีอิทธิพลมาก***

2. **ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันไม่ต่อเนื่อง** (Discontinuous Variation) เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น ความสามารถในการห่อลิ้น จำนวนชั้นของตา การถนัดมือขวาหรือมือซ้าย

 มีลักยิ้ม	 ไม่มีลักยิ้ม
 ขวัญเวียนขวา	 ขวัญเวียนซ้าย
 ห่อลิ้นได้	 ห่อลิ้นไม่ได้
 กระดูกโคนนิ้วหัวแม่มือ กระดกไปมาได้	 กระดูกโคนนิ้วหัวแม่มือ กระดกไปมาไม่ได้

แผนภาพแสดงลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง



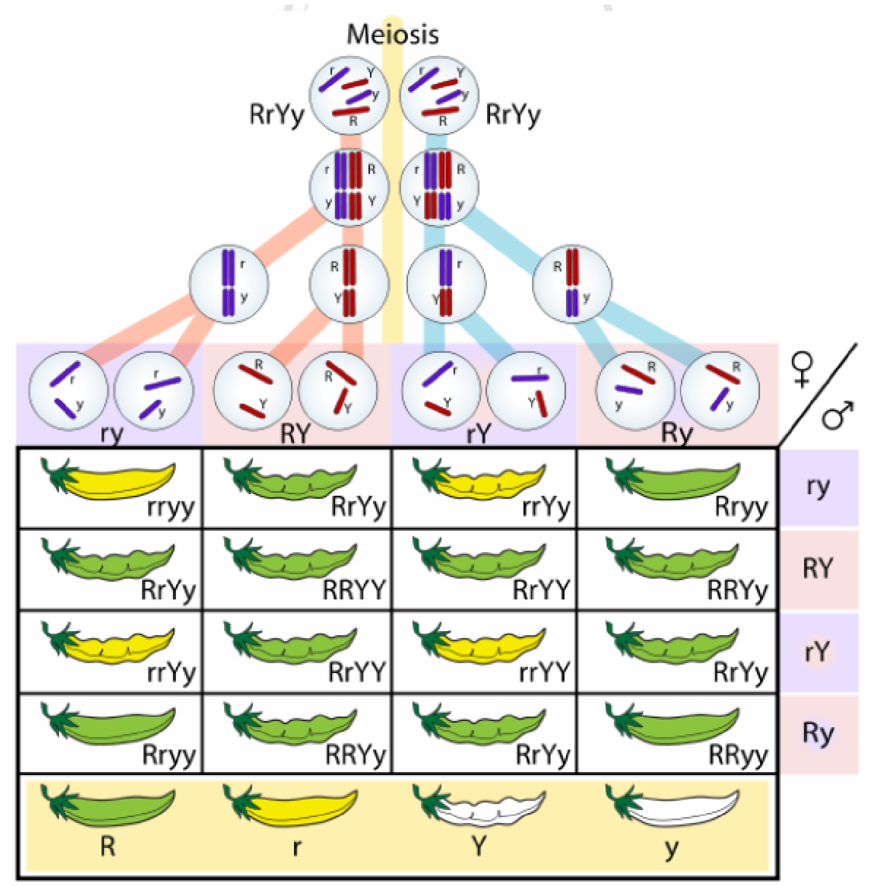
แผนภาพแสดงลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันแบบไม่ต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง

E) กฎของเมนเดล (Mendel's Law)

เมนเดลทำการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของถั่วลันเตา จนสามารถสรุปเป็นกฎ (Law) ที่ใช้อธิบายกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้ 2 ข้อ ดังนี้

กฎข้อที่ 1 กฎแห่งการแยกตัว (Law of Segregation) สรุปได้จากการผสม โดยพิจารณา 1 ลักษณะ กฎแห่งการแยกตัวมีใจความสำคัญสรุปได้ดังนี้ ยีนที่อยู่กันเป็นคู่จะแยกออกจากกันในระหว่างกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (เกิดขึ้นในระยะแอนาเฟส I ของไมโอซิส) จึงทำให้เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์มียีนควบคุมลักษณะนั้นๆ เพียง 1 แอลลีล

กฎข้อที่ 2 กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระของยีน (Law of Independent Assortment) สรุปได้จากการผสม โดยพิจารณา 2 ลักษณะ กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระของยีนมีใจความสำคัญสรุปได้ดังนี้ ยีนที่แยกออกจากคู่ของมันจะไปรวมกลุ่มอย่างอิสระกับยีนอื่นๆ ที่แยกออกจากคู่เช่นเดียวกัน เพื่อเข้าไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์



ภาพประกอบการอธิบายกฎข้อที่ 1 และ 2 ของเมนเดล

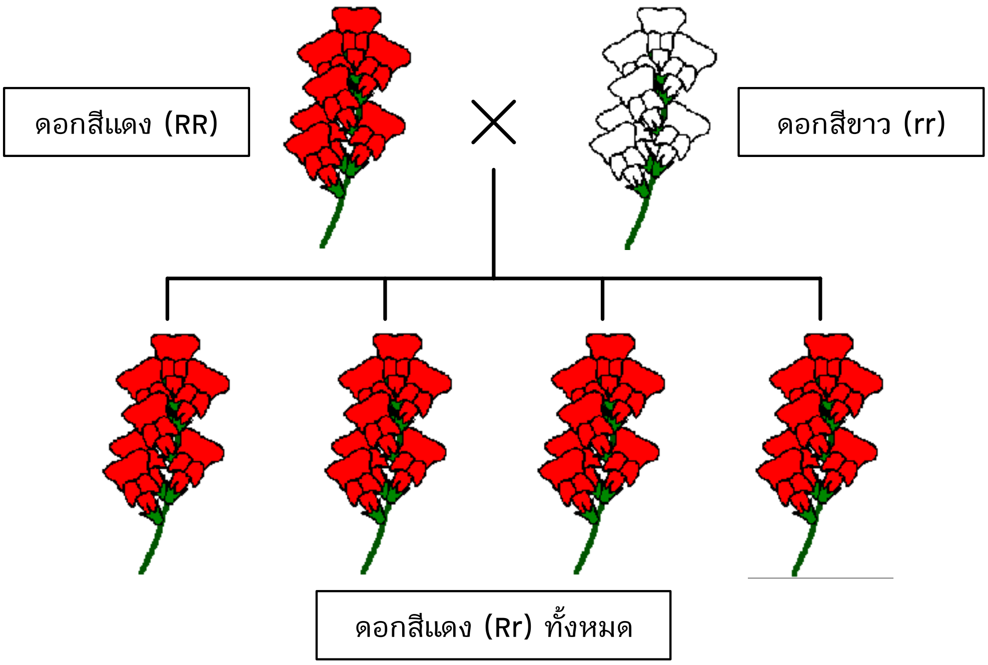
F) การผสมโดยพิจารณาหนึ่งลักษณะ (Monohybrid Cross) และการผสมโดยพิจารณาสองลักษณะ (Dihybrid Cross)

การผสมโดยพิจารณาหนึ่งลักษณะ (Monohybrid Cross) คือ การผสมระหว่างพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์โดยพิจารณาลักษณะที่ต้องการผสม 1 ลักษณะ เช่น ต้นแม่พันธุ์ดอกสีแดงผสมกับต้นพ่อพันธุ์ดอกสีขาว เป็นต้น

การผสมโดยพิจารณาสองลักษณะ (Dihybrid Cross) คือ การผสมระหว่างพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์โดยพิจารณาลักษณะที่ต้องการผสม 2 ลักษณะ ควบคู่กัน เช่น ต้นสูงดอกสีม่วงผสมกับต้นเตี้ยดอกสีขาว (การผสมในตัวอย่างพิจารณา 2 ลักษณะ คือ ลักษณะความสูงของลำต้นและลักษณะของสีดอก)

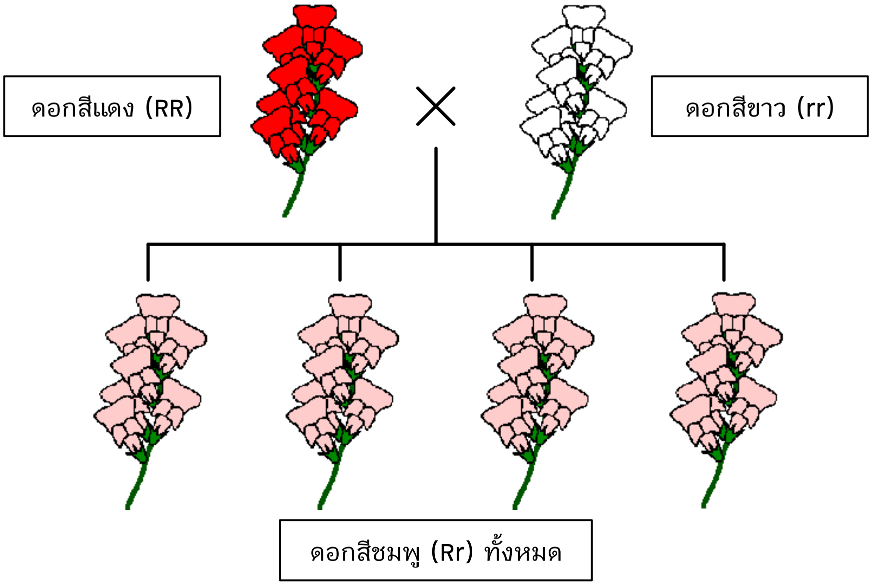
G) ลักษณะเด่นแต่ละระดับ

1. **ลักษณะเด่นสมบูรณ์ (Complete Dominance)** หมายถึง การแสดงออกของลักษณะเด่นที่เกิดจากการที่ยีนเด่นสามารถข่มการแสดงออกของยีนด้อยได้ 100% ทำให้จีโนไทป์ที่เป็นโฮโมไซกัสยีนของลักษณะเด่น (Homozygous Dominance) และเฮเทอโรไซกัสยีนมีการแสดงออกของฟีโนไทป์ที่เหมือนกัน



ภาพการถ่ายทอดลักษณะเด่นแบบสมบูรณ์

2. **ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ (Incomplete Dominance)** หมายถึง การแสดงออกของลักษณะเด่นเป็นไปไม่เต็ม 100% ทั้งนี้เกิดจากการทำงานของยีนเด่นร่วมกับยีนด้อย เพราะยีนเด่นไม่สามารถข่มการแสดงออกของยีนด้อยได้ 100% จึงทำให้จีโนไทป์ที่เป็นเฮเทอโรไซกัสมีลักษณะค่อนไปทางโฮโมไซกัสของลักษณะเด่น



ภาพการถ่ายทอดลักษณะเด่นแบบไม่สมบูรณ์

3. **ลักษณะเด่นร่วมกัน (Co-Dominance)** หมายถึง การแสดงออกของลักษณะใดลักษณะหนึ่งของสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของยีนที่ควบคุมลักษณะเด่นทั้งคู่ เนื่องจากไม่สามารถข่มกันและกันได้ เช่น หมู่เลือด AB ในคนที่ถูกควบคุมโดยจีโนไทป์ I^AI^B เป็นต้น

H) มัลติเปิลแอลลีล (Multiple Alleles)

มัลติเปิลแอลลีล คือ ยีนที่มีแอลลีลมากกว่า 2 แบบขึ้นไป ซึ่งควบคุมลักษณะพันธุกรรมเดียวกัน ตัวอย่างเช่น หมู่เลือดระบบ ABO มียีนควบคุมอยู่ 3 แอลลีล

หมู่เลือดระบบ ABO

แอลลีล (Allele) ที่ควบคุมการแสดงออกของหมู่เลือดระบบ ABO มีทั้งหมด 3 แบบ ดังนี้ I^A, I^B และ i ซึ่งหน้าที่ของแอลลีลแต่ละแบบ คือ ควบคุมการสร้างแอนติเจนที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง

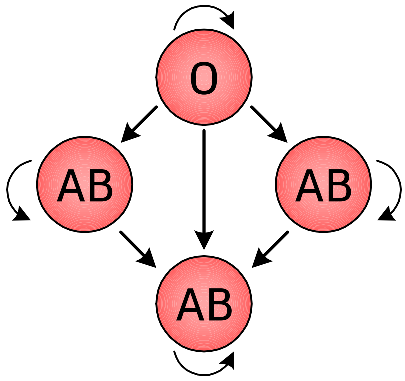
ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมู่เลือด จีโนไทป์ แอนติเจนที่ผิวเม็ดเลือดแดง และแอนติบอดีในพลาสมาของหมู่เลือดระบบ ABO

หมู่เลือด	จีโนไทป์	แอนติเจนที่ผิวเม็ดเลือดแดง	แอนติบอดีในพลาสมา
A	I^AI^A หรือ I^Ai	A	B
B	I^BI^B หรือ I^Bi	B	A
AB	I^AI^B	A และ B	ไม่มี
O	ii	ไม่มี	A และ B

I) การให้เลือด

บุคคลที่เกี่ยวข้องกับการให้เลือด คือ ผู้ให้ (เลือด) และผู้รับ (เลือด) ซึ่งในการให้เลือดผู้ที่มีความเสี่ยงต่อชีวิต คือ ผู้รับ เพราะถ้าเลือดของผู้รับไม่สามารถเข้ากับเลือดของผู้ให้ได้ จะทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงของผู้รับจับตัวกันเป็นกลุ่มแล้วตกตะกอนอุดตันหลอดเลือด ซึ่งจะนำไปสู่การเสียชีวิตได้ในที่สุด ดังนั้นผู้ให้และผู้รับควรมีเลือดหมู่เดียวกันจึงจะปลอดภัยที่สุด

หลักการสำคัญในการให้และรับเลือดอย่างปลอดภัย คือ แอนติเจน (Antigen) ของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดี (Antibody) ของผู้รับ



แผนผังแสดงการให้เลือดในระบบ ABO

เทคนิคการจำเด้อจ้า!!

ผู้ให้ ⟶ ผู้รับ O ใจดี AB ใจร้าย O ผู้ให้สากล AB ผู้รับสากล

J) พอลิยีน (Polygene)

พอลิยีน คือ กลุ่มของยีนหรือยีนหลายๆ คู่ที่อยู่บนโครโมโซมคู่เดียวกันหรือต่างคู่กัน (ก็ได้) ทำหน้าที่ร่วมกันในการควบคุมลักษณะพันธุกรรมหนึ่งๆ ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน เช่น ลักษณะสีผิวของคน ความสูง สติปัญญา โดยการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้ จะขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมด้วย

K) การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมโดยยีนด้อยบนออโตโซม (Autosome) และโครโมโซมเพศ (Sex Chromosome)

ตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมโดยยีนด้อยบนออโตโซม

1. อาการผิวเผือก (Albino)
2. โรคธาลัสซีเมีย (Thalassemia)
3. โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ (Sickle Cell Anemia)

ตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X

1. โรคฮีโมฟิเลีย (Hemophilia)
2. โรคตาบอดสี (Color Blindness)
3. โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบชนิดดูเชนน์ (Duchenne Muscular Dystrophy)

L) ความผิดปกติของคนจากจำนวน และรูปร่างโครโมโซม : คนปกติจะมีโครโมโซม 46 แท่ง เป็นโครโมโซมร่างกาย 44 แท่ง โครโมโซมเพศ 2 แท่ง โดยโครโมโซม Y เป็นโครโมโซมแสดงออกลักษณะเพศชาย เป็นยีนเด่นจะแสดงออกเมื่อจับเข้าคู่กับโครโมโซม X ทั้งนี้ ถ้าเป็น “ผู้ชาย = 44 + XY” และหากเป็น “ผู้หญิง = 44 + XX”

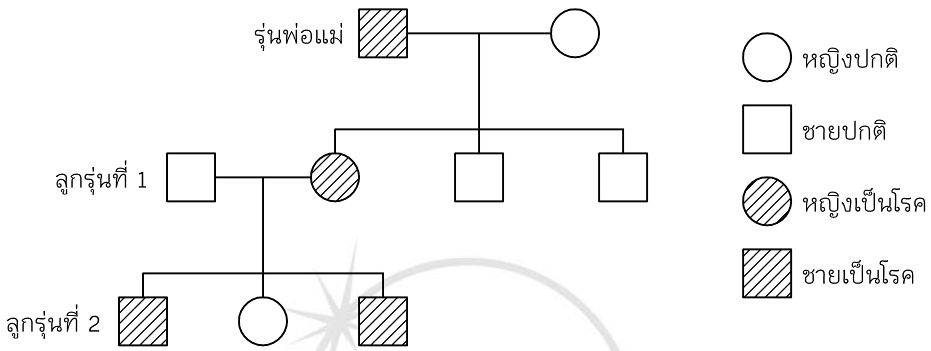
1. ผิดปกติจากออโตโซม คือ โครโมโซมร่างกายมีจำนวนเกินมาจากขั้นตอนการแบ่งเซลล์หรือรูปร่างผิดปกติ

2. ผิดปกติจากโครโมโซมเพศ คือ โครโมโซม X หรือ Y มีการเกินหรือขาด ทำให้เกิดโรคทางพันธุกรรมต่างๆ

ประเภท	สาเหตุ	โครโมโซม	กลุ่มอาการ	ลักษณะเด่นที่สำคัญ
ความผิดปกติออโตโซม	โครโมโซมเกิน 45 + XX หรือ 45 + XY	คู่ที่ 13 เกิน	พาเทาซินโดรม	ปากแหว่ง เพดานโหว่ อายุสั้นมาก
		คู่ที่ 18 เกิน	เอ็ดเวิร์ดซินโดรม	90% เสียชีวิตก่อน 1 ขวบ ระบบผิดปกติมาก
		คู่ที่ 21 เกิน	ดาวน์ซินโดรม	ปัญญาอ่อน คิ้วห่าง เส้นลายมือขนานกัน
	รูปร่างผิดปกติ	คู่ที่ 5 แขนไม่สมบูรณ์	คริดูชาต์ / แคทคราย	เสียงร้องแหลมคล้ายแมวร้อง ศีรษะเล็ก
ความผิดปกติโครโมโซมเพศ	โครโมโซม X ขาด : 44 + XO		เทอร์เนอร์ซินโดรม	หญิงเป็นหมัน เตี้ย คอเป็นแผง ไม่มีเต้านม
	โครโมโซม X เกินในชาย : XXY, XXXY		ไคลน์เฟลเตอร์ซินโดรม	ชายเป็นหมัน ไม่สร้างอสุจิ แถมมีเต้านม
	โครโมโซม Y เกินในชาย : XYY		ซูเปอร์เมน	ชายลักษณะปกติ สูง ใหญ่ นิสัยก้าวร้าว
	โครโมโซม X เกินในหญิง : XXX		ทริปเปิลเอ็กซ์ซินโดรม	หญิงปกติ แต่มีสติปัญญาต่ำกว่าทั่วไป

M) เพดิกรีหรือพันธุประวัติหรือพงศาวลี (Pedigree)

เพดิกรี คือ แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของครอบครัวหรือตระกูลหนึ่งๆ



ภาพเพดิกรีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

N) มิวเทชัน (Mutation)

มิวเทชัน คือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับยีนหรือโครโมโซม ซึ่งจะก่อให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีหรือไม่ดีก็ได้ มิวเทชันที่เกิดขึ้นกับยีน (Gene Mutation หรือ DNA Mutation) คือ การเปลี่ยนแปลงของยีนใน DNA อย่างถาวร ซึ่งจะส่งผลต่อการทำงานของยีน

O) พันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering)

พันธุวิศวกรรมเป็นเทคนิคการสร้าง DNA สายผสม หรือรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอ (Recombinant DNA) เพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะตามต้องการ ซึ่งเทคนิควิธีดังกล่าวจะต้องอาศัยเอนไซม์พื้นฐานสำคัญ 2 ชนิด คือ เอนไซม์ตัดจำเพาะ (Restriction Enzyme) และเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส (DNA Ligase Enzyme)

จีเอ็มโอ (GMOs)

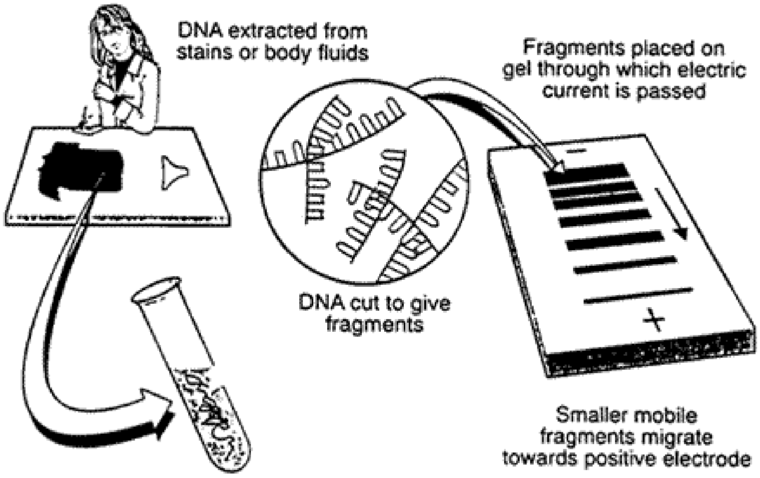
จีเอ็มโอ หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ผ่านกระบวนการตัดต่อยีนแล้ว หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีดีเอ็นเอสายผสม (Recombinant DNA) อยู่ภายในเซลล์ ซึ่งยีนที่ถูกใส่เข้าไปใน DNA ของสิ่งมีชีวิตเจ้าบ้าน (Host) นั้นจะทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดนั้นๆ มีลักษณะตามที่มนุษย์ต้องการ

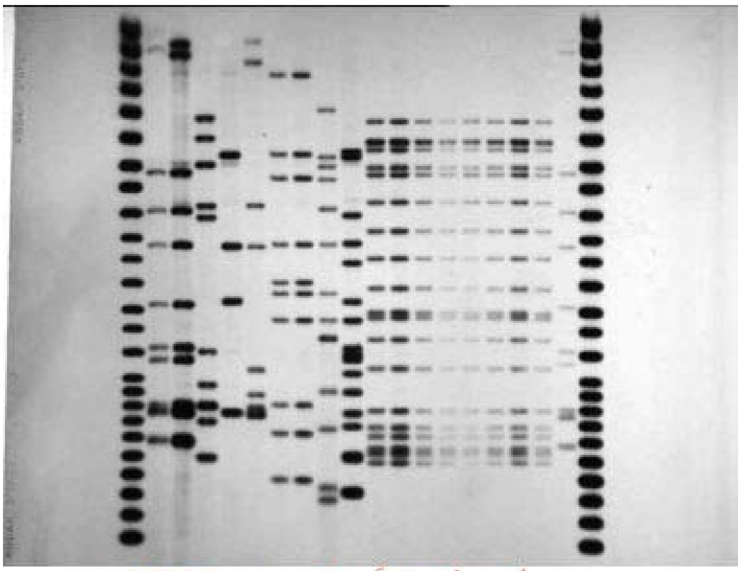
การโคลน (Cloning)

การโคลน หมายถึง การสร้างสิ่งมีชีวิต (ตัวหรือต้น) ใหม่ ซึ่งมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนสิ่งมีชีวิตต้นแบบทุกประการ เช่น การปักชำ การต่อกิ่ง การทาบกิ่ง การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA Fingerprint)

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ คือ รูปแบบของแถบดีเอ็นเอ ซึ่งแสดงความแตกต่างของขนาดโมเลกุลดีเอ็นเอในสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวหรือแต่ละบุคคลได้ ดังนั้นลายพิมพ์ดีเอ็นเอจึงเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล





ภาพแสดงการเตรียมลายพิมพ์ดีเอ็นเอและภาพลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เตรียมได้

LESSON 6 ความหลากหลายทางชีวภาพ (DIVERSITY OF LIFE)

LESSON นี้พักผ่อน พัก Check in คริคริ ฟรุ้งฟริ้ง!!

ความหลากหลายทางชีวภาพ คือ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในการดำรงชีวิตอยู่ในแหล่งที่อยู่อาศัยเดียวกันหรือแตกต่างกัน ซึ่งสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันจะมีความแตกต่างกันทั้งในด้านชนิดและจำนวนหรือแม้เป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันก็อาจมีความแตกต่างหลากหลายได้เช่นกัน

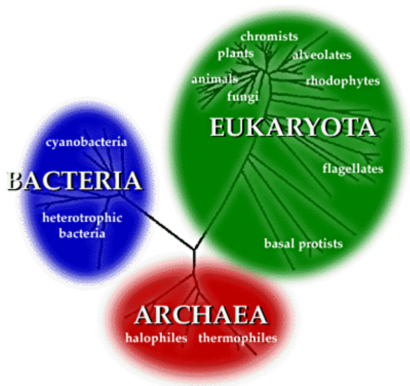
ความหลากหลายทางชีวภาพแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic Diversity)
2. ความหลากหลายทางสปีชีส์ (Species Diversity)
3. ความหลากหลายทางระบบนิเวศ (Ecological Diversity)

อนุกรมวิธาน (Taxonomy หรือ Systematics) ซึ่งจะศึกษาในด้านต่างๆ 3 ลักษณะ ได้แก่

1. การจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่ในลำดับขั้นต่างๆ (Classification)
2. การตรวจสอบหาชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องของสิ่งมีชีวิต (Identification)
3. การกำหนดชื่อที่เป็นสากลของหมวดหมู่และชนิดของสิ่งมีชีวิต (Nomenclature)

1. การจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต (Classification)



ภาพแสดงการจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต

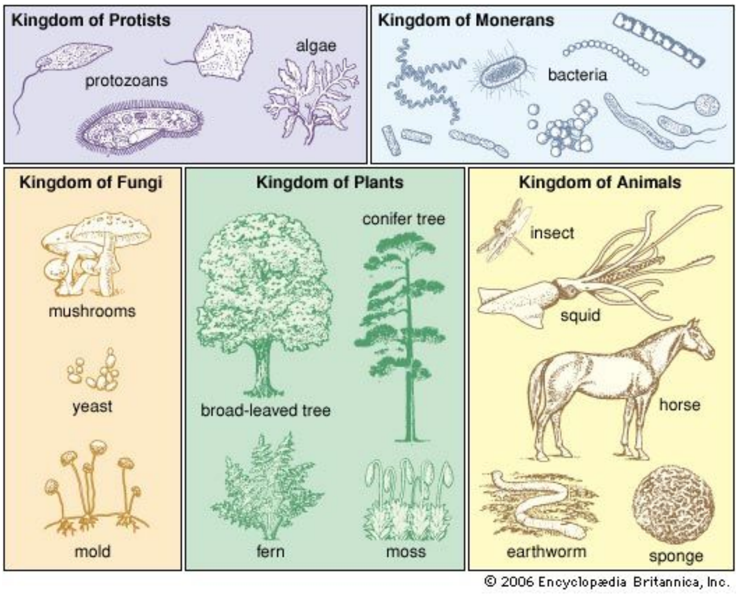
การจัดจำแนกแบบ Domain โดยมีการจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็น 3 โดเมน ได้แก่

1. Archaea (แบคทีเรียโบราณ)
2. Bacteria/Eubacteria
3. Eukarya/Eukaryota

สปีชีส์ (Species) คือ กลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันสามารถผสมพันธุ์กันแล้วได้ลูกที่ไม่เป็นหมัน

สิ่งมีชีวิตแบ่งออกเป็น 5 อาณาจักร ตามลักษณะร่วมภายนอกและภายในเซลล์ ดังนี้

1. อาณาจักรมอเนอรา (Monera Kingdom)
2. อาณาจักรโพรทิสตา (Protista Kingdom)
3. อาณาจักรฟังไจ (Fungi Kingdom)
4. อาณาจักรพืช (Plantae Kingdom)
5. อาณาจักรสัตว์ (Animalia Kingdom)



แผนภาพแสดงการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตเป็น 5 อาณาจักร

ตารางเปรียบเทียบลักษณะของสิ่งมีชีวิต 5 อาณาจักร

ลักษณะ	อาณาจักร				
	มอเนอรา	โพรทิสตา	ฟังไจ (เห็ด รา ยีสต์)	พืช	สัตว์
1. ไรโบโซม	✓	✓	✓	✓	✓
2. นิวเคลียส	×	✓	✓	✓	✓
3. ผนังเซลล์	✓	✓	✓	✓	×
4. ดีเอ็นเอ	✓	✓	✓	✓	✓
5. สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีเซลล์เดียว	✓	✓	×	×	×
6. สังเคราะห์ด้วยแสงได้	✓	✓	×	✓	×
7. คลอโรพลาสต์	×	✓	×	✓	×

2. **การตรวจสอบหาชื่อวิทยาศาสตร์ (Identification)** : ใช้ไดโคโตมัสคีย์ (Dichotomous Key)

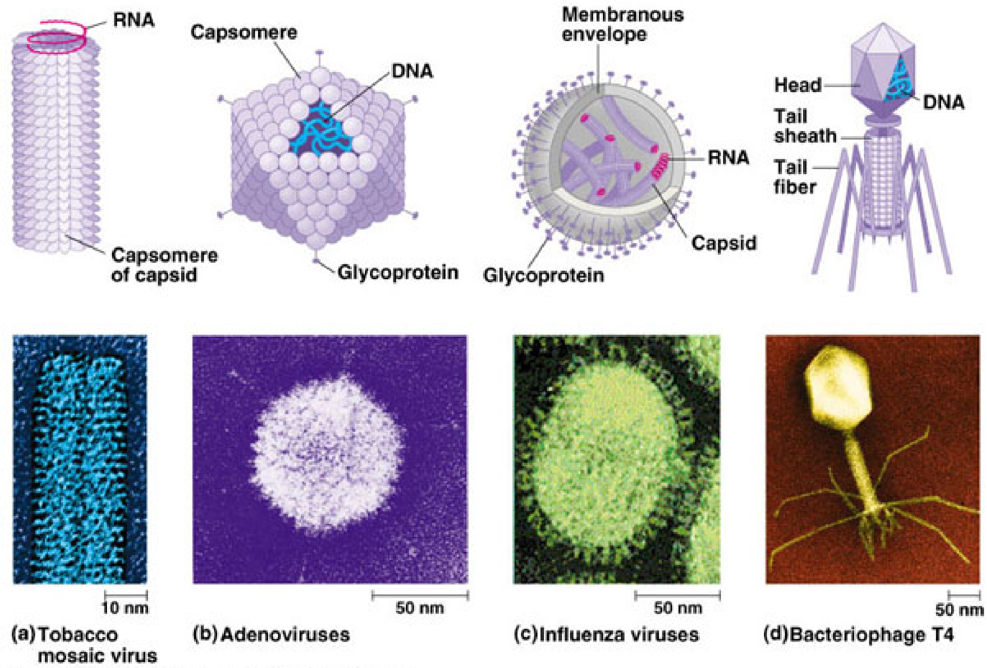
3. **การตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ (Nomenclature)** : ใช้ภาษาละตินเท่านั้น ย้ำ!! ละตินเท่านั้น ตามระบบการตั้งชื่อแบบทวินาม (Binomial Nomenclature) ชื่อแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหน้าและส่วนหลัง ส่วนหน้าคือ Genus หรือ Generic Name ส่วนหลัง คือ Specific Epithet (ไม่ใช่ Species นะ หลายคนเข้าใจว่าคำหลังเป็น Species) ทั้งสองคำรวมกันจึงจะเรียกว่า Species หลักการเขียนมี 2 แบบใหญ่ๆ ดังนี้

ชื่อวิทยาศาสตร์ของแมวบ้าน

1. *Felis catus* (ตัวเอียง)
2. <u>Felis</u> <u>catus</u> (ตัวตรงขีดเส้นใต้)

เลือกเขียนแบบใดแบบหนึ่งนะจ๊ะ

ไวรัส (Virus) ไม่มีลักษณะเป็นเซลล์ เนื่องจากไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และไรโบโซม แต่เป็นอนุภาคที่ประกอบด้วยโปรตีน ซึ่งห่อหุ้มสารพันธุกรรมเอาไว้ ไวรัสมีขนาดเล็กมาก ซึ่งเราจะมองเห็นได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเท่านั้น ไวรัสสามารถเพิ่มจำนวนตัวเองได้เมื่อเข้าไปอยู่ในเซลล์หรือร่างกายของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ดังนั้นในสภาวะดังกล่าวจึงถือว่าไวรัสเป็นสิ่งมีชีวิต **ในทางตรงกันข้าม**ถ้าไวรัสไม่ได้อยู่ภายในเซลล์หรือร่างกายของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ไวรัสก็ไม่สามารถเพิ่มจำนวนตัวเองได้ ดังนั้นในสภาวะเช่นนี้จะถือว่าไวรัสไม่ใช่สิ่งมีชีวิต



ภาพแสดงตัวอย่างและโครงสร้างของไวรัส

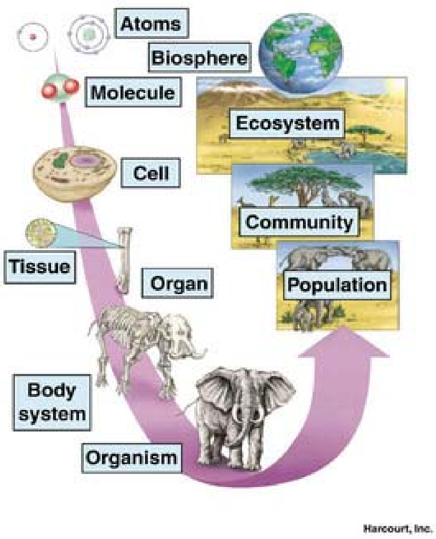
LESSON 7 ระบบนิเวศ (ECOSYSTEM)

CHECK IN บทนี้ตบท้าย ใกล้ถึงเส้นชัยแล้วครับ

A) นิเวศวิทยาและระบบนิเวศ
B) องค์ประกอบของระบบนิเวศ
C) ประเภทของระบบนิเวศ
D) ชีวภูมิภาคหรือไบโอม (Biomes)
E) ความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ
F) การถ่ายทอดพลังงาน (Energy Flow)
G) พีระมิดนิเวศ
H) วัฏจักรของสารในระบบนิเวศ
I) ประชากร
J) การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

A) **นิเวศวิทยา (Ecology)** หมายถึง ศาสตร์ที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ณ แหล่งที่อยู่แหล่งใดแหล่งหนึ่ง เวลาใดเวลาหนึ่ง

ระบบนิเวศ (Ecosystem) หมายถึง หน่วยของความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ณ แหล่งที่อยู่แหล่งใดแหล่งหนึ่ง เวลาใดเวลาหนึ่ง



ภาพแสดงการจัดระบบของสิ่งมีชีวิต (Organization of Life)

B) องค์ประกอบของระบบนิเวศ

ในระบบนิเวศหนึ่งๆ จะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1) **องค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต (Abiotic Component)** ได้แก่

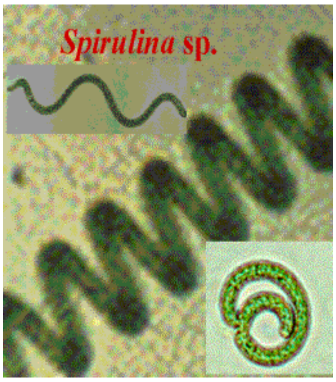
1. อนินทรียสาร (Inorganic Substance) ประกอบด้วยสารอนินทรีย์ต่างๆ และแร่ธาตุ เช่น คาร์บอน (C), ออกซิเจน (O), ไนโตรเจน (N), น้ำ (H_2O) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น

2. อินทรียสาร (Organic Substance) สารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และซากสิ่งมีชีวิตเน่าเปื่อยทับถมกันในดิน (humus / ฮิวมัส) เป็นต้น

ทั้งนี้รวมถึงสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ แสง อากาศ ความชื้น ความเป็นกรด-เบส เป็นต้น

2) **องค์ประกอบที่มีชีวิต (Biotic Component)** แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ผู้ผลิต (Producer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่สามารถนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาสังเคราะห์อาหารขึ้นเองได้ (Autotroph) ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า การสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) จากสารที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ได้แก่ พืช แบคทีเรียบางชนิด (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) สาหร่ายสีเขียว แพลงก์ตอนพืช



ภาพแสดงสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (อาณาจักรมอเนอรา)

Trick นิดนึง ไม่ได้มีเฉพาะพืชนะครับ แบคทีเรียบางชนิด (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) จัดอยู่ในอาณาจักรมอเนอรา สาหร่ายสีเขียว จัดอยู่ในอาณาจักรโพรทิสตา

2. ผู้บริโภค (Consumer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง (Heterothroph) จึงจำเป็นต้องได้รับอาหารโดยการกินสิ่งมีชีวิตอื่น ได้แก่

- ผู้บริโภคพืช (Herbivore) คือ สิ่งมีชีวิตที่กินพืชเป็นอาหาร เช่น ช้าง ม้า โค กระต่าย เป็นต้น
- ผู้บริโภคสัตว์ (Carnivore) คือ สิ่งมีชีวิตที่กินสัตว์เป็นอาหาร เช่น เสือ สิงโต จระเข้ จิ้งจก นกเหยี่ยว เป็นต้น
- ผู้บริโภคที่กินทั้งพืช และสัตว์ (Omnivore) เช่น มนุษย์ ไก่ นก แมว สุนัข สุกร เป็ด นกเป็ดน้ำ เป็นต้น
- ผู้บริโภคซากอินทรีย์ (Detritivore) เช่น ไส้เดือน กิ้งกือ ถ้ากินแต่ซากสัตว์ เรียกว่า "Scavenger" เช่น นกแร้ง

3. ผู้ย่อยสลาย (Decomposer) คือ สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง แต่จะรับสารอาหารโดยการผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสลายซากของสิ่งมีชีวิตให้เป็นสารโมเลกุลเล็กแล้วจึงดูดซึมไปใช้ เช่น ฟังไจ แบคทีเรีย

ภาพแสดง เห็ดทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายโดยการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายซากขอนไม้

C) ประเภทของระบบนิเวศ

จำแนกประเภทของระบบนิเวศได้ดังนี้

1) ระบบนิเวศธรรมชาติ และใกล้ธรรมชาติ (Natural and Seminatural Ecosystems) : เป็นระบบนิเวศที่ต้องพึ่งพลังงานจากดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ ระบบนิเวศบนบก และระบบนิเวศทางน้ำ

1. ระบบนิเวศบนบก (Terrestrial Ecosystems) : เป็นระบบนิเวศที่ปรากฏอยู่บนพื้นดิน ซึ่งแตกต่างกันไป โดยใช้ลักษณะเด่นของพืชเป็นหลัก โดยความแตกต่างของระบบนิเวศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน

1.1 ระบบนิเวศป่าไม้ (Forest Ecosystems) : เป็นระบบนิเวศที่พื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมไปด้วยป่าไม้

1.2 ระบบนิเวศทุ่งหญ้า (Grassland Ecosystems) : เป็นระบบนิเวศที่พืชตระกูลหญ้าเป็นพืชเด่น

1.3 ระบบนิเวศทะเลทราย (Desert Ecosystems) : เป็นพื้นที่ที่มีปริมาณฝนตกน้อย

ภาพแสดงระบบนิเวศป่าไม้ (Forest Ecosystems) : ป่าดงดิบ

2. ระบบนิเวศทางน้ำ (Aquatic Ecosystems) : เป็นระบบนิเวศในแหล่งน้ำต่างๆ ของโลก มีโครงสร้างหลัก คือ น้ำ

2.1 ระบบนิเวศน้ำจืด (Fresh water Ecosystems) : เป็นระบบนิเวศที่มีน้ำจืดเป็นองค์ประกอบหลัก

2.2 ระบบนิเวศน้ำกร่อย (Estuarine Ecosystems) : ระบบนิเวศที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อน้ำจืดกับน้ำเค็มมักเป็นบริเวณที่เป็นปากแม่น้ำต่างๆ จะมีตะกอนมากจึงมีป่าไม้กลุ่มป่าชายเลนขึ้น แต่บางพื้นที่อาจเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ เช่น ทะเลสาบสงขลาตอนกลางมีลักษณะเป็นทะเลสาบน้ำกร่อยมีพืชน้ำสลับป่าโกงกาง

2.3 ระบบนิเวศน้ำเค็ม (Marine Ecosystems) : ระบบนิเวศที่มีน้ำเป็นน้ำเค็ม มีทั้งที่เป็นทะเลปิด และทะเลเปิด เนื่องจากเป็นห้วงน้ำขนาดใหญ่

ภาพแสดงระบบนิเวศน้ำเค็ม (Marine Ecosystems)

2) ระบบนิเวศที่มนุษย์สร้างขึ้น

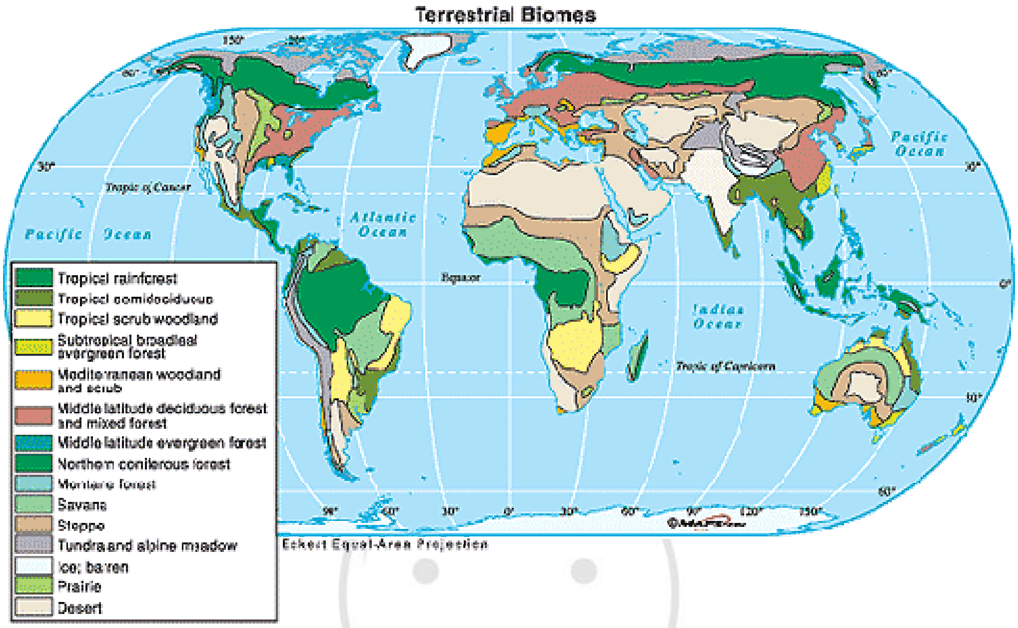
1. ระบบนิเวศเมือง และอุตสาหกรรม (Urbanindustrial Ecosystems) : เป็นระบบที่มนุษย์สร้างขึ้นมาใหม่ และจำเป็นต้องพึ่งแหล่งพลังงานเพิ่มเติม อาทิ น้ำมันเชื้อเพลิง พลังงานนิวเคลียร์ ยกตัวอย่างระบบนิเวศ เช่น ระบบนิเวศชุมชนเมือง นิคมอุตสาหกรรม เป็นต้น

2. ระบบนิเวศเกษตร (Agricultural Ecosystems) : เป็นระบบนิเวศที่มนุษย์ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศทางธรรมชาติขึ้นมาใหม่ ยกตัวอย่างระบบนิเวศ เช่น แหล่งเกษตรกรรม ตู้ปลา อ่างเลี้ยงปลา เป็นต้น

D) ชีวภูมิภาคหรือไบโอม (Biomes)

ขอบเขตหรือบริเวณของสังคมสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ ซึ่งมีลักษณะจำเพาะของลักษณะของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งลักษณะของภูมิประเทศ และภูมิอากาศของแหล่งที่อยู่อาศัยและองค์ประกอบของระบบนิเวศ

ป่าดิบชื้น (Tropical rain forest) ✓ ใกล้เขตเส้นศูนย์สูตรของโลก ✓ ภูมิอากาศร้อนและชื้น มีฝนตกตลอดปี ✓ ป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมาก	ป่าผลัดใบในเขตอบอุ่น (Temperate deciduous forest) ✓ ปริมาณความชื้นเพียงพอ ✓ อากาศค่อนข้างเย็น ในป่าชนิดนี้และต้นไม้จะทิ้งใบหรือผลัดใบก่อนฤดูหนาว	ป่าสน (Coniferous forest) ✓ ภูมิอากาศมีฤดูหนาวค่อนข้างนาน อากาศเย็นและแห้ง พืชจำพวกสน
	ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น (Temperate grassland) ✓ เหมาะสำหรับการทำกสิกรและปศุสัตว์ ✓ ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงมีหญ้านานาชนิดขึ้นอยู่	
สะวันนา (Savanna) ✓ ภูมิอากาศร้อน พืชที่ขึ้นส่วนใหญ่เป็นหญ้าและมีต้นไม้กระจายเป็นหย่อมๆ ในฤดูร้อนมักเกิดไฟป่า	ทะเลทราย (Desert) ✓ ปริมาณฝนตกเฉลี่ยน้อยกว่า 25 เซนติเมตรต่อปี ✓ พืชที่พบในไบโอมทะเลทรายนี้มีการป้องกันการสูญเสียน้ำ โดยใบลดรูปเป็นหนาม ลำต้นอวบเก็บสะสมน้ำ	ทุนดรา (Tundra) ✓ ฤดูหนาวค่อนข้างยาวนาน ฤดูร้อนช่วงสั้น ชั้นของดินที่อยู่ต่ำกว่าจากผิวดินชั้นบนลงไปจะจับตัวเป็นน้ำแข็งถาวร ✓ พบพืชและสัตว์อาศัยอยู่น้อย นอกจากนี้ยังพบสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ



ภาพแสดงแผนที่ชีวภูมิภาคหรือไบโอม (Biomes)

E) ความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ

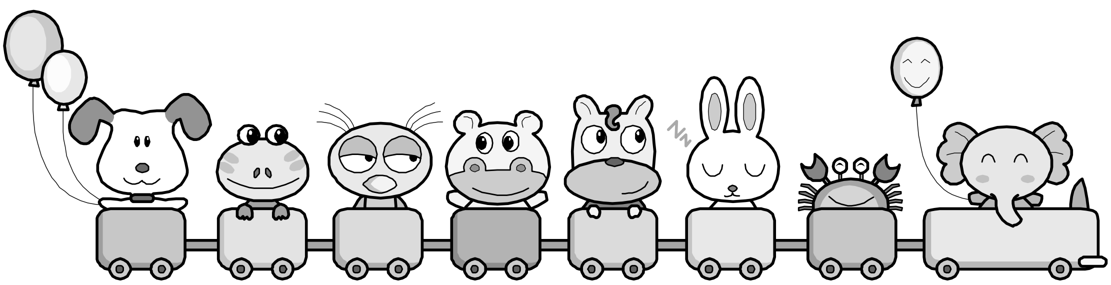
ในสภาพแวดล้อมของแหล่งที่อยู่ต่างๆ จะมีอิทธิพลก่อให้เกิดความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิต แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) **ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสภาวะแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Factors)** ได้แก่

1. อุณหภูมิ : เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการจำศีล และการอพยพของสัตว์หลายชนิด ตัวอย่าง
   - การจำศีลในฤดูหนาว (Hibernation) เพื่อลดอัตราการใช้เมแทบอลิซึม เช่น กบ
   - การจำศีลในฤดูร้อน (Aestivation) เป็นการหลบหนีความร้อน และการออกหากินในเวลากลางคืน เช่น ค้างคาว
   - นอกจากนี้ อุณหภูมิยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวทางรูปร่าง ตัวอย่างเช่น ต้นกระบองเพชรมีการเปลี่ยนใบเป็นหนามเพื่อลดการคายน้ำ
2. น้ำ และความชื้น : เป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของสิ่งมีชีวิต และเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เพราะช่วยให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิต
3. แสงสว่าง : เป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการสร้างอาหารของพืช เพราะมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชสีเขียว

2) ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสภาวะแวดล้อมทางชีวภาพ (Biotic Factors)

รูปแบบ ความสัมพันธ์	ลักษณะ	ตัวอย่างความสัมพันธ์
ภาวะพึ่งพา (+, +) (Mutualism)	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ร่วมกันโดยต่างฝ่ายต่างได้ประโยชน์ ซึ่งถ้าแยกออกจากกันจะเกิดการตาย	- ไลเคนส์ - โพรโทซัวในลำไส้ปลวก - แบคทีเรีย *E. coli* ในลำไส้ใหญ่ของคน
ภาวะได้ประโยชน์ร่วมกัน (+, +) (Protocooperation)	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ร่วมกันโดยต่างฝ่ายต่างได้ประโยชน์ แต่ก็สามารถแยกกันอยู่ได้โดยไม่มีการตายเกิดขึ้น	- นกเอี้ยงกับควาย - ดอกไม้กับแมลง - มดดำกับเพลี้ย
ภาวะเกื้อกูล (+, 0) (Commensalism)	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ร่วมกันโดยมีฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์ แต่อีกฝ่ายไม่ได้-ไม่เสียประโยชน์	- ดอกไม้ทะเล (ซีแอนีโมนี) กับปลาการ์ตูน - เหาฉลามกับฉลาม
ภาวะล่าเหยื่อ (+, -) (Predation)	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิตหนึ่งเป็นผู้ล่า (Predator) จับสิ่งมีชีวิตที่เป็นเหยื่อ (Prey) กินเป็นอาหาร โดยผู้ล่าได้ประโยชน์ เหยื่อเสียประโยชน์ (ตาย)	- งูกินกบ - นกกินงู
ภาวะปรสิต (+, -) (Parasitism)	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งอาศัยอยู่กับสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง โดยผู้อาศัย (Parasite) ได้ประโยชน์ แต่ผู้ถูกอาศัย (Host) เสียประโยชน์	- กาฝากกับต้นไม้ - พยาธิตัวตืดในอวัยวะทางเดินอาหารของสัตว์ - เหากับหัวคน
ภาวะแข่งขัน (-, -) (Competition)	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ฝ่ายต่างแก่งแย่งชิงปัจจัยบางอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด	ภาวะแข่งขันเพื่อให้ได้มาเพื่ออาหารของกลุ่มสัตว์

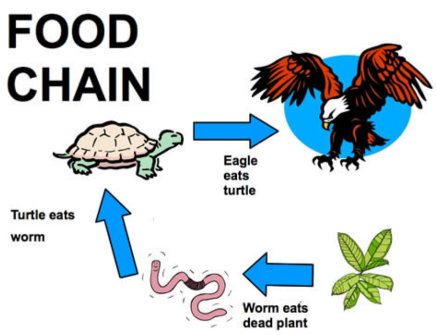


F) การถ่ายทอดพลังงาน (Energy Flow)

การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ มีลักษณะการถ่ายทอด 2 แบบ คือ โซ่อาหาร และสายใยอาหาร

1) **โซ่อาหาร (Food Chain)** หมายถึง การบริโภคกันเป็นขั้นๆ ของสิ่งมีชีวิต (Trophic Level)

- โซ่อาหารแบ่งออกเป็น 4 แบบ ดังนี้
    1. โซ่อาหารแบบผู้ล่า (Predator food chain หรือ Grazing food chain) มีผู้ล่าอยู่ในโซ่อาหาร
    2. โซ่อาหารแบบปรสิต (Parasitic food chain) มีปรสิตอยู่ในโซ่อาหาร
    3. โซ่อาหารแบบซากอินทรีย์/ย่อยสลาย (Detritus food chain) มีผู้บริโภคซาก หรือผู้ย่อยสลายอินทรียสาร
    4. โซ่อาหารแบบผสม (Mixed chain) เป็นโซ่อาหารหลายๆ แบบผสมอยู่ในสายเดียวกัน
- ตัวอย่างโซ่อาหาร

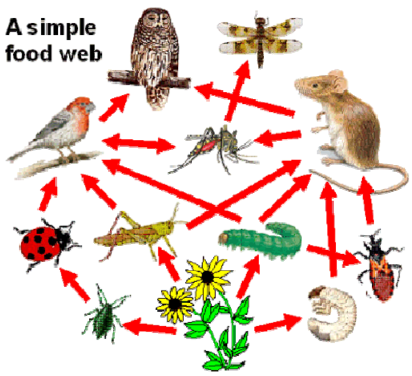


ภาพแสดงโซ่อาหาร

การถ่ายทอดพลังงานจะเริ่มจากผู้ผลิตดึงพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สร้างอาหาร จากนั้นพลังงานจะถ่ายทอดผ่านการกินไปเป็นทอดๆ ผู้บริโภคจะได้พลังงานเพียง 10% จากอาหารที่บริโภค เรียกว่า “กฎ 10%” พลังงานส่วนที่เหลือจาก 10% จะถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจ และการขับถ่าย และกลับคืนสู่สิ่งแวดล้อมในรูปพลังงานความร้อน ผู้บริโภคขั้นสุดท้าย คือ ผู้ย่อยสลายอินทรียสาร (Decomposer)

2) **สายใยอาหาร (Food Web)**

- หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างโซ่อาหารหลายๆ โซ่อาหารในระบบนิเวศที่มีความซับซ้อน
- ผู้บริโภคแต่ละชนิดไม่ได้กินอาหารชนิดเดียว และไม่ได้เป็นอาหารของสัตว์ชนิดเดียว
- ตัวอย่างสายใยอาหาร



ภาพแสดงสายใยอาหาร

G) พีระมิดนิเวศ (Ecological Pyramid)

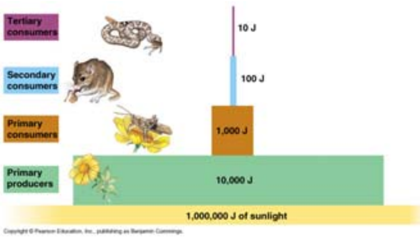
ในลักษณะของสามเหลี่ยมพีระมิดของสิ่งมีชีวิต (Ecological Pyramid) แบ่งได้ 3 ประเภทตามหน่วยที่ใช้วัดปริมาณของลำดับขั้นในการกิน

1. **พีระมิดจำนวน (Pyramid of Number)** เป็นพีระมิดที่บอกจำนวนสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นเชิงอาหารในหน่วยต้นหรือตัวต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตร

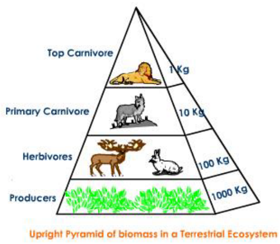
2. **พีระมิดมวลชีวภาพ (Pyramid of Biomass)** เป็นพีระมิดแสดงปริมาณสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นเชิงอาหารในหน่วยน้ำหนักแห้งหรือจำนวนแคลอรีต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตร

3. **พีระมิดพลังงาน (Pyramid of Energy)** เป็นพีระมิดแสดงปริมาณสิ่งมีชีวิตโดยบอกเป็นอัตราการถ่ายทอดพลังงาน หรืออัตราผลิตของแต่ละลำดับขั้นเชิงอาหารในหน่วยของพลังงานต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตรต่อหน่วยเวลา

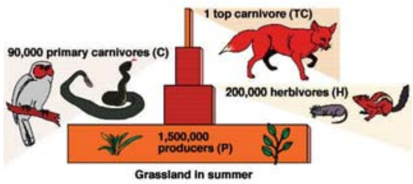
พลังงานที่ผู้บริโภคนำไปสร้างเนื้อเยื่อของตนเองจึงเหลือเพียง 10% **(กฎ 10% ของการถ่ายทอดพลังงานในโซ่อาหาร)** ของพลังงานศักย์ทั้งหมดในสิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหารของตนเอง



Pyramid of Energy



Pyramid of Biomass

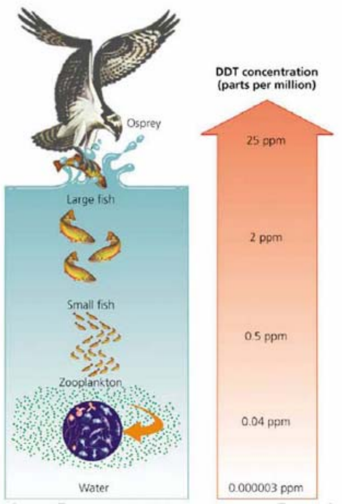


Pyramid of Numbers

แผนภาพพีระมิดนิเวศแบบต่างๆ

การถ่ายทอดสารปนเปื้อนในโซ่อาหารและสายใยอาหาร : การสะสมสารเคมี / สารมลพิษผ่านการกินต่อกันในสายใยอาหาร (Food Web)

โดยความเข้มข้นของสารเคมีที่เกิดการสะสมนี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (Biomagnification) ตามลำดับขั้นอาหาร (Tropic Level)



H) วัฏจักรของสารในระบบนิเวศ

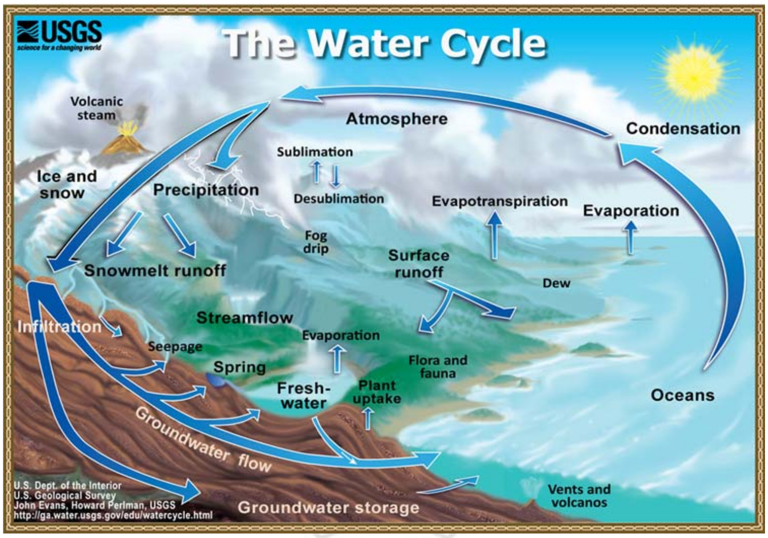
การหมุนเวียนของสารเคมีอย่างสลับซับซ้อน ซึ่งอาจเกิดจากสารหนึ่งเปลี่ยนแปลงเป็นอีกสารหนึ่ง มีการหมุนเวียนในระบบของสิ่งมีชีวิตไปเรื่อยๆ จนสุดท้ายจะหมุนเวียนกลับมาอยู่ในสภาพเดิม แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1) วัฏจักรของสารที่มีการหมุนเวียนผ่านบรรยากาศ เช่น ออกซิเจน คาร์บอน น้ำ ไนโตรเจน เป็นต้น

2) วัฏจักรของสารที่มีการหมุนเวียนโดยไม่ผ่านบรรยากาศ เช่น ฟอสฟอรัส กำมะถัน แคลเซียม เป็นต้น

วัฏจักรที่น่าสนใจ มีดังนี้

1. วัฏจักรของน้ำ (Water Cycle)

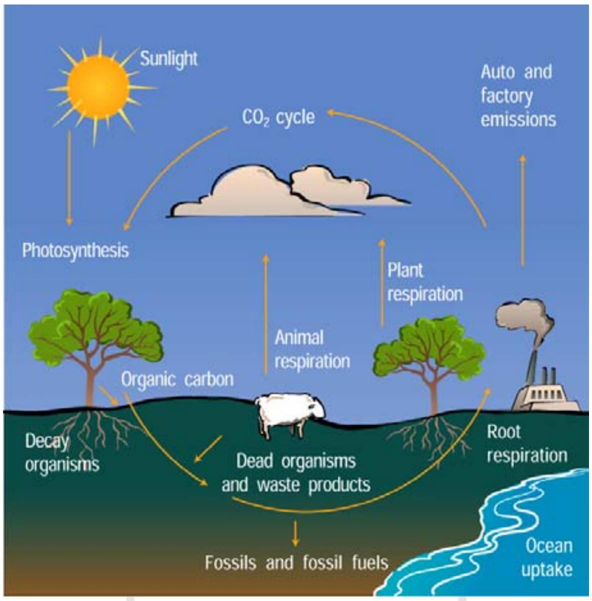


ภาพวัฏจักรของน้ำ (Water Cycle)

น้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ เช่น แม่น้ำ ทะเล ลำคลองจะระเหยเป็นไอน้ำสู่บรรยากาศ ไอน้ำในบรรยากาศเมื่อมีจำนวนมากขึ้น ความชื้นก็มาก ทำให้รวมตัวกันเป็นเมฆตกลงมาเป็นฝน เมื่อฝนตกลงมา น้ำส่วนใหญ่จะไหลลงสู่แหล่งน้ำต่างๆ แต่น้ำบางส่วนก็ยังถูกเก็บไว้ใต้ดิน พืชดึงมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่วนสัตว์จะได้รับน้ำโดยตรงจากแหล่งน้ำ หรือจากการบริโภคพืชเป็นอาหาร น้ำจากแหล่งน้ำกลับคืนสู่บรรยากาศของโลกในรูปแบบไอน้ำอีกครั้งหนึ่งจากการระเหย

2. วัฏจักรคาร์บอน (Carbon Cycle) เนื่องจากคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของอินทรียสารในสิ่งมีชีวิต อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบหลักของสารอนินทรีย์ที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยขั้นตอนการหมุนเวียนของคาร์บอนมีดังนี้

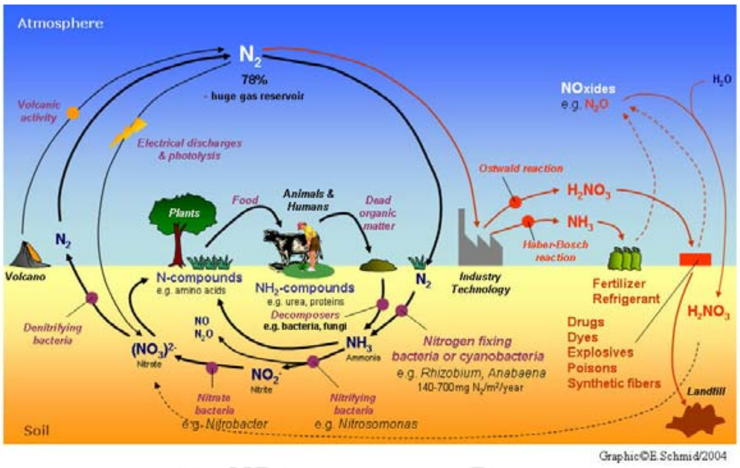
คาร์บอนในชั้นบรรยากาศจะอยู่ในรูปแบบของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งได้มาจากกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการเผาไหม้ต่างๆ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกพืชนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหาร จึงเป็นเหตุให้เกิดการถ่ายทอดคาร์บอนไปยังสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่กินพืชและกินสัตว์ต่อกันเป็นทอดๆ พืช และสัตว์จะปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสู่บรรยากาศในกระบวนการหายใจขณะยังมีชีวิต เมื่อพืชและสัตว์ตายลงจะถูกผู้ย่อยสลายอินทรียสาร เช่น จุลินทรีย์เปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ในร่างกายหรือในซากให้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปลดปล่อยกลับคืนสู่บรรยากาศอีกครั้ง



3. **วัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen Cycle)** แก๊สไนโตรเจน (N_2) มีสัดส่วนในอากาศประมาณร้อยละ 70 แต่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ไม่สามารถดึงแก๊สไนโตรเจนในอากาศมาใช้ประโยชน์ได้ทันที จะต้องแปลงให้อยู่ในรูปของสารประกอบไนโตรเจนในรูปอื่นก่อน โดยสิ่งมีชีวิตต้องการธาตุไนโตรเจน พืชส่วนใหญ่จะได้รับธาตุไนโตรเจนในรูปแบบของไนเตรต (NO_3^-) และเกลือแอมโมเนีย (NH_3 / NH_4^+) จากดิน มีพืชบางชนิดเท่านั้นที่จะนำธาตุไนโตรเจนจากอากาศที่อยู่ในรูปของแก๊สไนโตรเจนมาใช้ได้ พืชจำพวกนี้ต้องมีแบคทีเรียจำพวก Nitrogen fixing bacteria ที่สามารถจับแก๊สไนโตรเจนในอากาศมาใช้ได้

ดังสมการนี้ : $N_2 \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow NO_3^-$

Nitrogen fixing bacteria เช่น ไรโซเบียม (Rhizobium) ที่อยู่ร่วมกับพืชตระกูลถั่วที่ปมรากถั่ว พืชจะดูดซึมสารประกอบไนโตรเจนมาใช้สังเคราะห์เป็นโปรตีน และใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อพืชและสัตว์ตายลง ผู้ย่อยสลายอินทรียสารจะย่อยสลายซากพืช และซากสัตว์ได้สารประกอบไนเตรตทับถมอยู่ในดิน และพืชสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ วนเป็นวัฏจักร



ภาพวัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen Cycle)

จำพวกของแบคทีเรียในวัฏจักรไนโตรเจน

- Nitrogen fixing bacteria สามารถเปลี่ยน $N_2 \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow NO_3^-$
- Ammonifying bacteria สามารถเปลี่ยนสารประกอบ $N_2 \longrightarrow NH_3 \longrightarrow NH_4^+$
- Denitrifying bacteria สามารถเปลี่ยน NO_2^-, NO_3^-, $NH_4^+ \longrightarrow N_2$

I) ประชากร (Population)

กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่เป็นชนิด (Species) เดียวกัน อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่ (Habitat) เดียวกัน ในช่วงเวลาเดียวกัน

ความหนาแน่นของประชากร (Population Density) : เป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวกับขนาดของประชากร หากไม่สมดุลกับสิ่งแวดล้อมจะก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมาเป็นลูกโซ่ สามารถวัดความหนาแน่นประชากรได้ดังนี้

- ความหนาแน่นของประชากร (บนบก) = $\dfrac{\text{จำนวนสมาชิกของประชากร}}{\text{พื้นที่ของแหล่งที่อยู่}}$
- ความหนาแน่นของประชากร (ในน้ำ) = $\dfrac{\text{จำนวนสมาชิกของประชากร}}{\text{ปริมาตรของแหล่งที่อยู่}}$

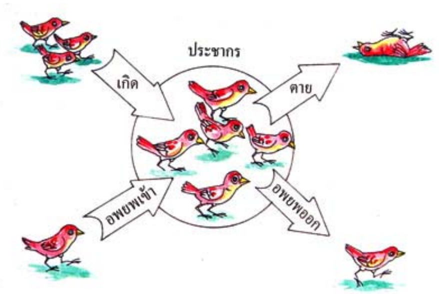
การเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร คือ การเปลี่ยนแปลงจำนวนของประชากรในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งในช่วงเวลาที่ระบุไว้ สิ่งที่มีผลต่อขนาดของประชากรมี 4 ปัจจัย ดังนี้

1. การเกิด (Natality) หมายถึง ความสามารถที่จะถ่ายทอดพันธุกรรมให้มีจำนวนมากขึ้น
2. การตาย (Mortality) หมายถึง การตายของประชากรในประชากรกลุ่มหนึ่งๆ
3. การอพยพเข้า (Immigration) หมายถึง การเคลื่อนย้ายเข้ามาอยู่ในกลุ่ม
4. การอพยพออก (Emigration) หมายถึง การเคลื่อนย้ายออกไปจากกลุ่ม

การอพยพ (Migration) หมายถึง การออกไปจากกลุ่มของสัตว์บางชนิดอย่างชั่วคราวตามฤดูกาล และจะกลับเข้ามาเมื่อสิ่งแวดล้อมในถิ่นที่อยู่อาศัยของมันกลับคืนเข้าสู่สภาวะตามปกติ โดยมีสาเหตุของการอพยพ เช่น หลีกเลี่ยงจากสภาพอากาศ และฤดูกาลที่ไม่เหมาะสม เพื่อหาแหล่งสืบพันธุ์ในการขยายเผ่าพันธุ์ เป็นต้น

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากร

1. อัตราการเพิ่มของประชากร = อัตราการเกิดมาก + อัตราการอพยพเข้ามาก
2. อัตราการลดของประชากร = อัตราการตายมาก + อัตราการอพยพออกมาก



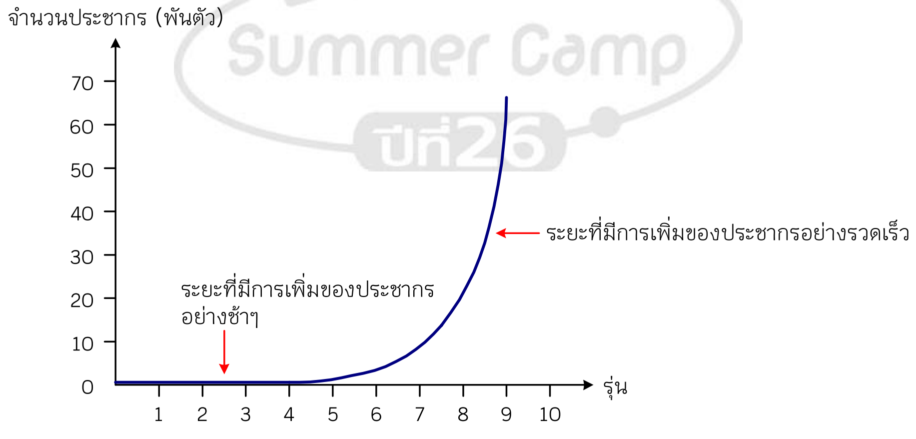
แผนผังแสดงปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่นของประชากร

รูปแบบการเพิ่มของประชากร

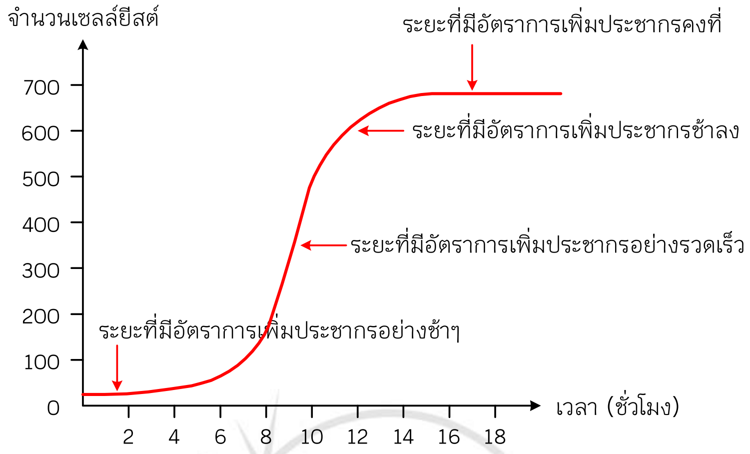
1. เป็นการเพิ่มประชากร โดยที่สมาชิกของประชากรนั้นมีการสืบพันธุ์เพียงครั้งเดียว (Single Reproduction) ประชากรมีความสามารถในการเพิ่มประชากรในระยะแรกได้อย่างรวดเร็ว มีจำนวนลูกมากต่อการผลิตหนึ่งครั้ง และสามารถผลิตลูกได้ เมื่อนำมาเขียนกราฟจะได้กราฟแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) คือ มีอัตราการเกิดสูงกว่าอัตราการตายมาก

2. เป็นการเพิ่มประชากร โดยสมาชิกของประชากรนั้นมีโอกาสในการสืบพันธุ์ได้หลายครั้งในช่วงชีวิต (Multiple Reproduction) จะผลิตลูกหลานได้จำนวนน้อยต่อการผลิตหนึ่งครั้ง และมีวัฏจักรชีวิตค่อนข้างยาวนาน ตัวอ่อนจะได้รับการดูแลเป็นอย่างดีและมีอัตราการตายต่ำ เช่น สุนัข ช้าง ม้า คน ฯลฯ

เมื่อนำการเจริญลักษณะนี้มาเขียนกราฟจะได้กราฟแบบลอจิก (Logistic) หรือในกรณีของสิ่งมีชีวิตที่เป็นกราฟแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) ในช่วงแรกให้กราฟออกมาเป็นรูป J-shape ในขณะที่สมาชิกของประชากรเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้เกิดความหนาแน่นมากขึ้น การแก่งแย่งเพื่อให้ได้มาซึ่งปัจจัยพื้นฐานที่มีอยู่อย่างจำกัด (K) มีสูงขึ้น จนถึงจุดสูงสุดที่สภาพพื้นที่นั้นๆ รับได้ ณ เวลานั้นอัตราการเกิดจะค่อยๆ ลดลงในขณะที่อัตราการตายเพิ่มขึ้นจนในที่สุดเท่ากับอัตราการเกิด หรือที่เรียกว่า จุดสมดุล การเพิ่มประชากรเป็นแบบ Logistic ซึ่งกราฟมักเปลี่ยนเป็นรูป S-shape



กราฟแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential)

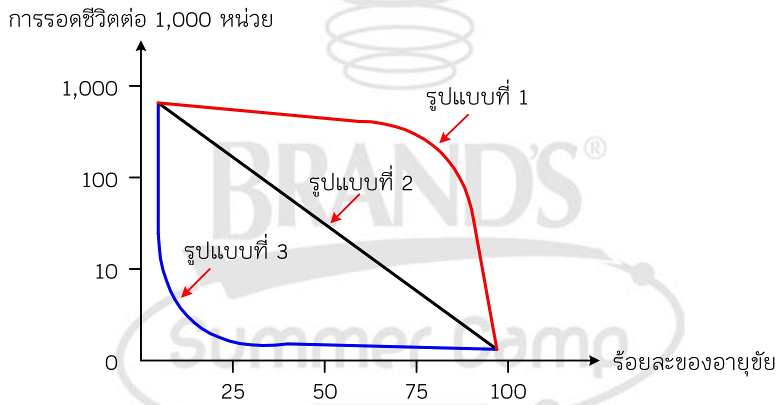


การเพิ่มประชากรเป็นแบบ Logistic

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีแบบแผนการรอดชีวิตของประชากร ซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงอายุขัย (Life Span) ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด สิ่งมีชีวิตบางชนิด เช่น แมลงมีช่วงอายุขัยสั้น แต่ในสัตว์ขนาดใหญ่ เช่น ช้างและคนมีช่วงอายุขัยยาวนานเฉลี่ย 70-120 ปี

การรอดชีวิตของประชากร

ตลอดช่วงอายุขัยของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีอัตราการอยู่รอดในช่วงอายุขัยต่างๆ ไม่เหมือนกัน การรอดชีวิตของประชากรในช่วงวัยต่างๆ กัน ทำให้ความหนาแน่นของของประชากรที่อยู่ในวัยต่างๆ แตกต่างกันด้วย



กราฟการรอดชีวิตของประชากรสิ่งมีชีวิต

กราฟการรอดชีวิตของประชากรจะมีอยู่ 3 รูปแบบ คือ

รูปแบบที่ 1 สิ่งมีชีวิตมีอัตราการรอดชีวิตสูงในวัยแรกเกิดและจะคงที่เมื่อโตขึ้น หลังจากนั้นอัตราการรอดชีวิตจะต่ำเมื่อสูงวัยขึ้น สิ่งมีชีวิตดังกล่าว เช่น มนุษย์ ช้าง ม้า สุนัข เป็นต้น

รูปแบบที่ 2 สิ่งมีชีวิตมีอัตราการรอดชีวิตที่เท่ากันในทุกวัย เช่น ไฮดรา นก เต่า เป็นต้น

รูปแบบที่ 3 สิ่งมีชีวิตมีอัตราการรอดชีวิตต่ำในระยะแรกของช่วงชีวิต หลังจากนั้นเมื่ออายุมากขึ้นอัตราการรอดชีวิตจะสูง เช่น ปลา หอย และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ เป็นต้น

J) **การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ (Ecological Succession)**

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ หมายถึง การแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตเป็นยุคๆ จากยุคแรกจนถึงยุคสังคมสิ่งมีชีวิตขั้นสุด (Climax Community) เนื่องจากสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป

การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบ่งตามลักษณะการเกิดออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. **การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ (Primary Succession)** คือ การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในสถานที่ที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตใดอาศัยอยู่ก่อนเลย

ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ

2. **การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ (Secondary Succession)** คือ การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในบริเวณที่เคยมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ก่อนแต่ถูกทำลายด้วยปัจจัยบางอย่าง เช่น น้ำท่วมนานๆ ไฟไหม้ป่า เป็นต้น

มนุษย์กับสภาวะแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

สภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาซึ่งเป็นปกติ แต่ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงไปมากจนเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตในด้านใดด้านหนึ่งแล้ว จนถึงเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตจะเรียกว่า มลพิษ (Pollution)

มลพิษทางน้ำ

วิธีการตรวจน้ำเสียทำได้ 2 วิธีหลักดังนี้

1. วัดปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม
2. วัดปริมาณแก๊สออกซิเจนในน้ำซึ่งทำได้ 3 วิธีดังนี้

2.1 วัดค่า DO (Dissolved Oxygen) คือ ปริมาณ O_2 ที่ละลายในน้ำ ถ้า DO น้อยกว่า 3 mg/lit แสดงว่า น้ำเสีย

2.2 วัดค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) คือ ปริมาณ O_2 ในน้ำที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถ้าค่า BOD มากกว่า 100 mg/lit แสดงว่า น้ำเสีย

2.3 วัดค่า COD (Chemical Oxygen Demand) คือ ปริมาณ O_2 ที่ใช้ในการสลายสารอินทรียในน้ำโดยใช้สารเคมี เช่น โพแทสเซียมไดโครเมต เป็นต้น

มลพิษทางอากาศ

อากาศที่มีส่วนประกอบเปลี่ยนแปลงไปจากปกติมีสาเหตุหลายประการ สาเหตุสำคัญ เช่น การปล่อยสารต่างๆ เข้าสู่ชั้นบรรยากาศของโรงงานอุตสาหกรรมหรือบริเวณที่มีการก่อสร้าง ซึ่งอาจทำให้มีสารเจือปนอยู่ในอากาศปริมาณมากจนก่อให้เกิดผลเสียต่อการดำรงชีวิตของคน สัตว์ พืช รวมถึงสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในบริเวณนั้น

ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) คือ ปรากฏการณ์ที่แก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศมีปริมาณมากเกินไป ซึ่งแก๊สเหล่านั้นจะดูดซับความร้อนและคายความร้อนคืนสู่โลกจึงทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น

แก๊สเรือนกระจกที่สำคัญ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊สมีเทน (CH_4) ออกไซด์ของไนโตรเจนและไอน้ำ (H_2O) แก๊สเหล่านี้มีความสามารถในการเก็บกักความร้อนได้ดี

การทำลายโอโซนในบรรยากาศ

การลดลงของโอโซน (O_3) ในบรรยากาศจะส่งผลให้รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์ส่องผ่านมายังโลกได้มากขึ้นและสาร CFC เป็นสาเหตุสำคัญในการทำลายโอโซน

ข่าวล่ามาแรง!! หลัก 5R ลดขยะและมลพิษ

1. Reduce คือ การลดปริมาณขยะ โดยลดการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีบรรจุภัณฑ์สิ้นเปลือง
2. Reuse คือ การนำมาใช้ซ้ำ เช่น ขวดแก้ว กล่องกระดาษ กระดาษพิมพ์หน้าหลัง เป็นต้น
3. Repair คือ การซ่อมแซมแก้ไขสิ่งของต่างๆ ให้สามารถใช้งานต่อได้
4. Reject คือ การหลีกเลี่ยงใช้สิ่งที่ก่อให้เกิดมลพิษ
5. Recycle คือ การแปรสภาพและหมุนเวียนนำกลับมาใช้ได้ใหม่ โดยนำไปผ่านกระบวนการผลิตใหม่อีกครั้ง

แบบฝึกหัด

LESSON 1 เซลล์

1. ออร์แกเนลล์ใดในเซลล์พืชที่**ไม่พบ**ดีเอ็นเอ (O-NET'52)

   1) นิวเคลียส 2) แวคิวโอล 3) คลอโรพลาสต์ 4) ไมโทคอนเดรีย

2. เซลล์ที่มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้ : ดีเอ็นเอ ไรโบโซม เยื่อหุ้มเซลล์ เอนไซม์และไมโทคอนเดรียเป็นเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในข้อใด (O-NET'53)

   1) แบคทีเรีย 2) พืชเท่านั้น
   3) สัตว์เท่านั้น 4) อาจเป็นได้ทั้งพืชหรือสัตว์

3. ข้อใดเรียงลำดับระยะการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้**ถูกต้อง**

   I.  II. 

   III.  IV. 

   1) I., II., III., IV. 2) III., II., I., IV.
   3) IV., II., I., III. 4) II., I., IV., III.

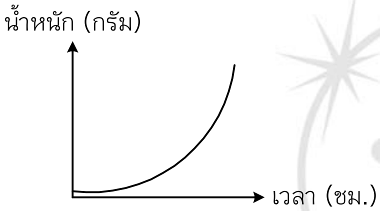
4. เมื่อเสร็จสิ้นการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในร่างกายของเพศชายแล้ว เซลล์ที่เกิดขึ้นจะมีรูปแบบโครโมโซมดังข้อใด

1) 44 + XX 2) 44 + XY 3) 22 + X 4) 22 + Y

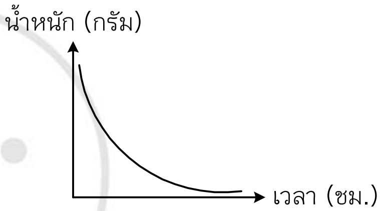
LESSON 2 การเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์

1. เมื่อนำกระเพาะปัสสาวะของสุกรมาบรรจุสารละลายน้ำตาล รัดปลายทั้งสองด้านให้แน่นและนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นจึงนำไปแช่ในน้ำกลั่นและชั่งน้ำหนักเป็นระยะๆ กราฟใดแสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของกระเพาะปัสสาวะได้ถูกต้อง (O-NET'52)

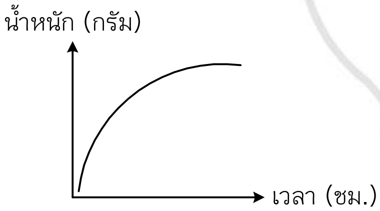
1)



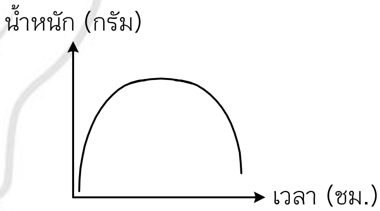
2)



3)



4)



2. เมื่อหยดน้ำเกลือลงบนสไลด์ที่มีใบสาหร่ายหางกระรอกอยู่ จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของเซลล์คล้ายกับที่เกิดขึ้น เมื่อหยดสารใดมากที่สุดและเกิดเร็วที่สุด (O-NET'53)

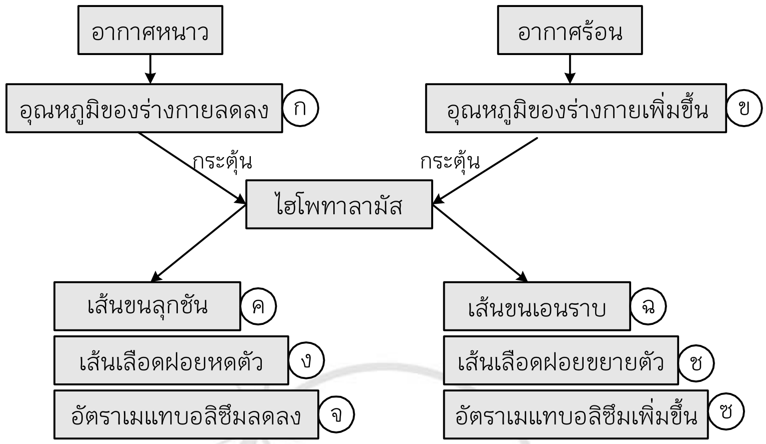
1) น้ำกลั่น 2) น้ำเชื่อม 3) น้ำนมสด 4) แอลกอฮอล์

LESSON 3 ภาวะธำรงดุล

1. ข้อใดแสดงสภาวะของเลือดในคนก่อนและหลังการออกกำลังกายใหม่ๆ **ไม่ถูกต้อง** (O-NET'52)

	ค่าที่วัด	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย
1)	ค่า pH ของเลือด	7.4	7.8
2)	ความเข้มข้นของออกซิเจน (หน่วย/ซม.^{3})	30	20
3)	ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (หน่วย/ซม.^{3})	60	65
4)	ความเข้มข้นของกรดแลกติก (หน่วย/ซม.^{3})	15	35

2. พิจารณาแผนภาพข้างล่างที่แสดงกลไกการรักษาสมดุลอุณหภูมิในร่างกายมนุษย์ (O-NET'52)



การตอบสนองในข้อใด**ไม่ถูกต้อง**

1) ก. และ ข.　2) ค. และ ฉ.　3) ง. และ ช.　4) จ. และ ซ.

3. สัตว์ในข้อใดต่อไปนี้มีอุณหภูมิร่างกายในสภาวะปกติ**สูงที่สุด** (O-NET'52)

1) อูฐ　2) ช้าง　3) แมว　4) นกกระจิบ

4. เหตุใดผู้ดื่มเครื่องดื่มผสมแอลกอฮอล์จึงมักปัสสาวะบ่อยกว่าปกติ (O-NET'53)

1) ไตทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น
2) การหลั่งฮอร์โมนวาโซเพรสซินลดลง
3) แอลกอฮอล์เป็นพิษต่อร่างกายจึงถูกกำจัดทิ้งอย่างรวดเร็ว
4) ร่างกายควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อกระเพาะปัสสาวะไม่ได้

5. การดื่มน้ำส้มเป็นปริมาณมากทำให้เลือดมีสภาวะเป็นกรดจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด (O-NET'53)

1) เป็นกรดจริง เพราะวิตามินซีละลายน้ำได้
2) เป็นกรดจริง เพราะน้ำส้มมีรสเปรี้ยวและมีปริมาณกรดสูง
3) ไม่เป็นกรด เพราะเลือดมีสมบัติเป็นสารละลายบัฟเฟอร์
4) ไม่เป็นกรด เพราะร่างกายจะได้รับอันตรายได้หากเลือดมีสภาวะเป็นกรด

LESSON 4 ภูมิคุ้มกันร่างกาย

1. อวัยวะในข้อใดต่อไปนี้**ไม่เป็น**ส่วนหนึ่งของระบบน้ำเหลืองในร่างกายมนุษย์ (O-NET'52)

1) ม้าม　2) ทอนซิล　3) ต่อมไทมัส　4) ต่อมหมวกไต

2. เมื่อเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายคน ร่างกายจะมีปฏิกิริยาตอบสนองโดยสร้างสารใดมาต่อสู้ (O-NET'53)

1) เซรุ่ม　2) แอนติเจน　3) ทอกซอยด์　4) แอนติบอดี

LESSON 5 พันธุศาสตร์

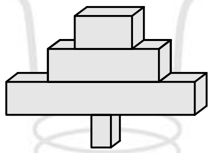
1. ลักษณะทางพันธุกรรมในข้อใดต่อไปนี้ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซม (O-NET'52)
   ก. ผมหยิก ข. ฮีโมฟิเลีย ค. หมู่เลือด AB ง. ตาบอดสี
   1) ก. และ ข. 2) ค. และ ง. 3) ก. และ ค. 4) ข. และ ง.
2. ถ้าแม่มีหมู่เลือด AB และลูกมีหมู่เลือด A พ่อจะมีหมู่เลือดใดได้บ้าง (O-NET'52)
   1) A หรือ O 2) A หรือ AB
   3) A หรือ B หรือ AB 4) A หรือ B หรือ AB หรือ O
3. ถ้าสิ่งมีชีวิต**ไม่เกิด**มิวเทชันเลยอาจจะเกิดเหตุการณ์ใดต่อไปนี้ (O-NET'52)
   1) สิ่งมีชีวิตบางชนิดอาจสูญพันธุ์ 2) จำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตจะคงที่
   3) จำนวนเผ่าพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตจะเท่าเดิม 4) สิ่งมีชีวิตในอดีตและปัจจุบันไม่แตกต่างกัน
4. เทคโนโลยีชีวภาพในข้อใดถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่เก่าแก่ที่สุด (O-NET'52)
   1) เทคโนโลยีการหมัก 2) เทคโนโลยีการถ่ายยีน
   3) เทคโนโลยีการผสมเทียม 4) เทคโนโลยีการผลิตวัคซีน
5. สมบัติของฝ้ายบีที (BT) คือข้อใด (O-NET'52)
   1) ต้านทานยาปราบวัชพืชในไร่ฝ้าย 2) ปลูกได้ในพื้นที่ที่มีความแห้งแล้ง
   3) ต้านทานหนอนเจาะสมอฝ้าย 4) ต้านทานโรคฝ้ายที่เกิดจากเชื้อไวรัส
6. วิธีการขยายพันธุ์มะม่วงพันธุ์ดีในข้อใดที่ทำให้มีโอกาสเกิดการกลายพันธุ์**สูงที่สุด** (O-NET'52)
   1) ติดตา 2) ต่อกิ่ง 3) ตอนกิ่ง 4) เพาะเมล็ด
7. ข้อใด**ไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับดีเอ็นเอ (O-NET'53)
   1) ดีเอ็นเอพบได้ในคลอโรพลาสต์
   2) ดีเอ็นเอทำหน้าที่กำหนดชนิดของโปรตีน
   3) สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีปริมาณดีเอ็นเอไม่เท่ากัน
   4) ไนโตรเจนเบสชนิดกวานีนและไซโทซีนจะจับคู่กันด้วยพันธะคู่เสมอ
8. ถ้าพ่อมีหมู่เลือด B แม่มีหมู่เลือด A และมีลูกชายที่มีหมู่เลือด O โอกาสที่จะได้ลูกสาวที่มีหมู่เลือด O เป็นเท่าใด (O-NET'53)
   1) 1/2 2) 1/4 3) 1/8 4) 1/16
9. ข้อใดจัดเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (O-NET'53)
   1) แตงโมไม่มีเมล็ด
   2) กล้วยไม้ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
   3) แบคทีเรียที่สามารถผลิตฮอร์โมนอินซูลิน
   4) กล้วยไม้พันธุ์ใหม่ที่ได้จากการฉายรังสีแกมมา
10. หลักฐานในข้อใดที่**ไม่สามารถ**ใช้ตรวจหาฆาตกรโดยใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (O-NET'53)
    1) เส้นผม 2) ลายนิ้วมือ 3) คราบอสุจิ 4) คราบเลือด

LESSON 6 ความหลากหลายทางชีวภาพ

1. ข้อใดสนับสนุนคำกล่าวที่ว่า **“ระบบนิเวศป่าฝนเขตร้อน มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงที่สุด”** (O–NET’52)
   1) ป่าลุ่มน้ำอะเมซอนในอเมริกาใต้เป็นถิ่นกำเนิดของปลาปิรันยา
   2) ป่าฝนเขตร้อนมีฝนตกหนัก ความชื้นสูง และอุณหภูมิเฉลี่ย 25–27°C
   3) ผืนป่าภาคใต้ของไทยมีพืชเถาวัลย์ชื่อย่านลิเภากระจายอยู่ทั่วไปถึง 200000 ต้น
   4) อุทยานแห่งชาติเขาสก จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 93 ชนิด นก 153 ชนิด สัตว์เลื้อยคลาน 69 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 27 ชนิด
2. ข้อใด**ไม่นับว่า**เป็นส่วนหนึ่งของความหลากหลายทางชีวภาพ (O–NET’53)
   1) ความหลากหลายของสปีชีส์
   2) ความหลากหลายของพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิต
   3) ความหลากหลายของแหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิต
   4) ความหลากหลายของสารเคมีต่างๆ รอบสิ่งมีชีวิต

LESSON 7 ระบบนิเวศ

1. แบคทีเรีย *Escherichia coli* ที่อาศัยในลำไส้คนมีความสัมพันธ์แบบเดียวกับสิ่งมีชีวิตในข้อใด (O–NET’52)
   1) ดอกไม้กับแมลง
   2) กล้วยไม้บนต้นไม้ใหญ่
   3) พยาธิใบไม้ในตับกับมนุษย์
   4) แหนแดงกับไซยาโนแบคทีเรีย
2. ภาพพีระมิดนี้แสดงถึงจำนวนของสิ่งมีชีวิตในโซ่อาหารใด



   1) หญ้า → กระต่าย → งู → เหยี่ยว
   2) หญ้า → ตั๊กแตน → แมงมุม → กบ
   3) ต้นไม้ → เพลี้ย → ด้วงเต่าลาย → นก
   4) ต้นไม้ → หนอนผีเสื้อ → แตนเบียน → ผู้ย่อยสลายอินทรียสาร
3. วัฏจักรของสารใดในระบบนิเวศที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดฝนกรด**มากที่สุด** (O–NET’52)
   1) คาร์บอน 2) กำมะถัน 3) แคลเซียม 4) ไฮโดรเจน
4. ดัชนีที่แสดงว่าน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมีคุณภาพดีคือข้อใด (O–NET’52)
   1) น้ำที่มีค่า OD สูง
   2) น้ำที่มีค่า COD สูง
   3) น้ำที่มีค่า BOD ต่ำ
   4) น้ำมีอุณหภูมิสูงและมีค่า DO ต่ำ
5. ข้อใดต่อไปนี้กล่าว**ไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับภาวะโลกร้อน (O–NET’52)
   1) ภาวะโลกร้อนมีผลน้อยมากต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในมหาสมุทร
   2) ภาวะโลกร้อนทำให้บริเวณที่ชุ่มชื้นมีฝนตกมากขึ้น และเกิดพายุรุนแรง
   3) ภาวะโลกร้อนทำให้เกิดความแห้งแล้งจนอาจทำให้บางพื้นที่กลายเป็นทะเลทราย
   4) ภาวะโลกร้อนทำให้สารประกอบมีเทนเยือกแข็งที่ฝังตัวอยู่ในชั้นน้ำแข็งหลอมเหลว และระเหยเป็นแก๊สมากขึ้น
6. วิธีการในข้อใดที่ใช้ควบคุมโรคไวรัสในพืชได้ผล**ดีที่สุด** (O–NET’53)
   1) การเผาทำลายพืช 2) การฉีดวัคซีน 3) การใช้ยาปฏิชีวนะ 4) การเพิ่มไนโตรเจนในดิน

7. ในระบบนิเวศซึ่งประกอบด้วย เหยี่ยว งู กระรอก หญ้า และตั๊กแตน สิ่งมีชีวิตในข้อใดมีมวลชีวภาพ**น้อยที่สุด** (O-NET'53)
   1) งู 2) เหยี่ยว 3) หญ้า 4) กระรอกและตั๊กแตน
8. กระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบใดนำไปสู่การเกิดระบบนิเวศหลังจากการระเบิดของภูเขาไฟบนเกาะหนึ่ง (O-NET'53)
   1) แบบปฐมภูมิ 2) แบบทุติยภูมิ 3) แบบตติยภูมิ 4) แบบจตุรภูมิ
9. ทรัพยากรที่เกิดขึ้นทดแทนใหม่ได้ในข้อใดที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์**มากที่สุด**ในปัจจุบัน (O-NET'53)
   1) พลังงานน้ำ 2) พลังงานลม 3) พลังงานจากคลื่น 4) พลังงานแสงอาทิตย์
10. เมื่อมีสารประกอบไนเตรตและฟอสเฟตสะสมอยู่ในแหล่งน้ำเป็นปริมาณมาก ปรากฏการณ์ใดจะเกิดขึ้นเป็นอันดับแรก (O-NET'53)
    1) ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์จะเพิ่มขึ้น
    2) จำนวนของแพลงก์ตอนพืช สาหร่าย และพืชน้ำจะเพิ่มขึ้น
    3) สารพิษตกค้าง เช่น สารกำจัดแมลง จะมีปริมาณการสะสมสูงขึ้น
    4) ปริมาณสัตว์น้ำ เช่น ปลา สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่นๆ จะเพิ่มขึ้น

เฉลยแบบฝึกหัด

LESSON 1 เซลล์

1. 2) 2. 4) 3. 4) 4. 2)

LESSON 2 การเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์

1. 3) 2. 2)

LESSON 3 ภาวะธำรงดุล

1. 1) 2. 4) 3. 4) 4. 2) 5. 3)

LESSON 4 ภูมิคุ้มกันร่างกาย

1. 4) 2. 4)

LESSON 5 พันธุศาสตร์

1. 3) 2. 4) 3. 1) 4. 1) 5. 3) 6. 4) 7. 4) 8. 3) 9. 3) 10. 2)

LESSON 6 ความหลากหลายทางชีวภาพ

1. 4) 2. 4)

LESSON 7 ระบบนิเวศ

1. 4) 2. 3) 3. 2) 4. 3) 5. 1) 6. 1) 7. 3) 8. 1) 9. 1) 10. 2)

✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧

แบรนด์ ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 26

เอกสารประกอบคำบรรยาย

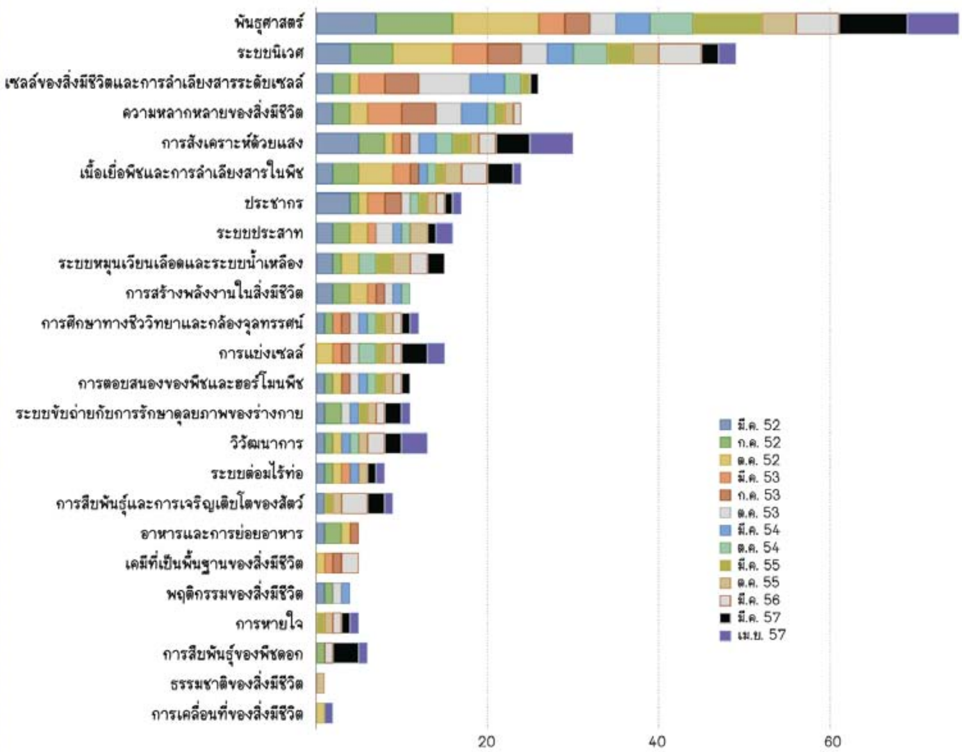
วิชา PAT 2

ชีววิทยา

โดย **นพ.วีรวัช เอนกจำนงค์พร (พี่วิเวียน)**

สถาบันกวดวิชาออนดีมานด์

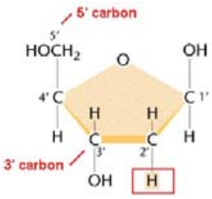
สถิติข้อสอบ PAT2 ย้อนหลัง



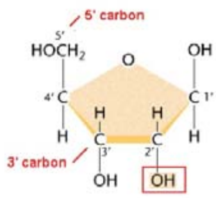
A genetics (พันธุศาสตร์)

A1 สารพันธุกรรม = กรดนิวคลีอิก

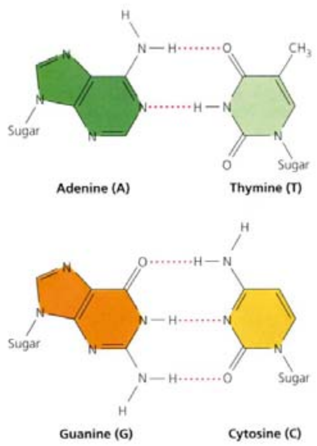
- นิวคลีโอไทด์ (nucleotide)
  - นิวคลีโอไซด์ (nucleoside)
    - น้ำตาลเพนโทส (pentose)
      - ไรโบส (ribose) ⟶ RNA
      - ดีออกซีไรโบส (deoxyribose) ⟶ DNA
    - เบส (nitrogenous base)
      - อะดีนีน (Adenine : A)
      - ไทมีน (Thymine : T)/ ยูราซิล (Uracil : U)
      - ไซโทซีน (Cytosine : C)
      - กวานีน (Guanine : G)
  - หมู่ฟอสเฟต (Pi)
- phosphodiester bond
  - RNA (RiboNucleic Acid)
  - DNA (DeoxyriboNucleic Acid)
    - เกลียวคู่ เวียนขวา
    - เบสจับกันแบบเบสคู่สม ด้วยพันธะไฮโดรเจน
    - โครงสร้าง DNA = บันไดเวียน ⟶ น้ำตาลดีออกซีไรโบสจับกับ หมู่ฟอสเฟตเป็นราวบันได (backbones)/ บันไดแต่ละขั้นคือ คู่เบส 1 คู่

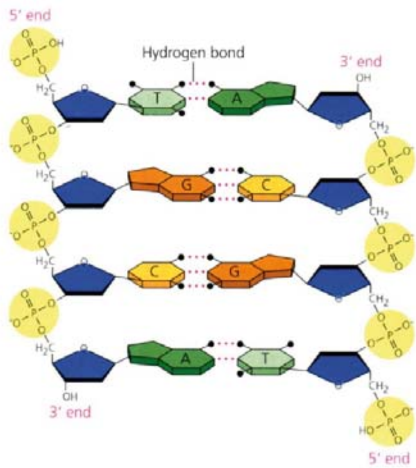


2-Deoxyribose

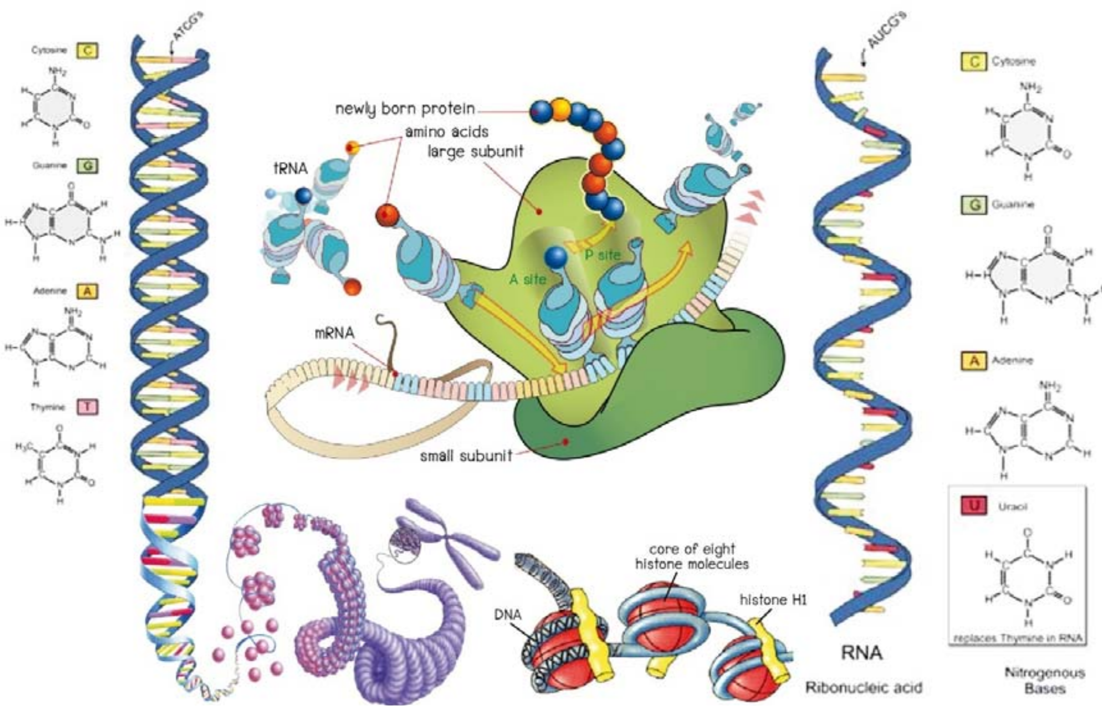


Ribose



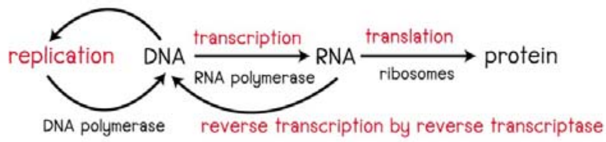


DNA	RNA
น้ำตาลดีออกซีไรโบส ($C_5H_{10}O_4$)	น้ำตาลไรโบส ($C_5H_{10}O_5$)
มีหมู่ฟอสเฟต	มีหมู่ฟอสเฟต
เบส A, G, C, T	เบส A, G, C, U
โครงสร้างโมเลกุลส่วนใหญ่เป็นเกลียวคู่ (A+G/T+C = 1) โดยอาจเป็นเส้นตรง หรือเป็นวงก็ได้ บางชนิดเป็นสายเดี่ยว (A+G/T+C $\neq$ 1) โดยอาจเป็นเส้นตรง หรือเป็นวงก็ได้เช่นกัน	โครงสร้างโมเลกุลส่วนใหญ่เป็นสายเดี่ยว (A+G/U+C $\neq$ 1) มีบางชนิดเป็นสายคู่ (A+G/U+C = 1) ซึ่งทั้ง 2 แบบ เท่าที่พบ เป็นเส้นตรง ไม่พบเป็นวง และแม้จะเป็นสายคู่ แต่ไม่มีการพันรอบกันเป็นเกลียวเหมือนใน DNA
ขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า	ขนาดโมเลกุลเล็กกว่า
ปริมาณในเซลล์น้อยกว่า	ปริมาณในเซลล์มากกว่า DNA 5-10 เท่า
เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ อยู่ในรูป chromosome = chromatin ที่ขดเป็นแท่ง = DNA สลับกับ nucleosome (DNA พัน histone)	เป็นสารพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตบางชนิด เช่น ไวรอยด์และไวรัสที่ทำให้เกิดไข้หวัดใหญ่ (influenza), โปลิโอ (poliovirus), เอดส์ (AIDS), ใบด่างของยาสูบ (tobacco mosaic virus)
เป็นต้นแบบในการสังเคราะห์โปรตีน	เป็นหน่วยปฏิบัติงานในการสังเคราะห์โปรตีน (mRNA/ rRNA (ribosome)/ tRNA)

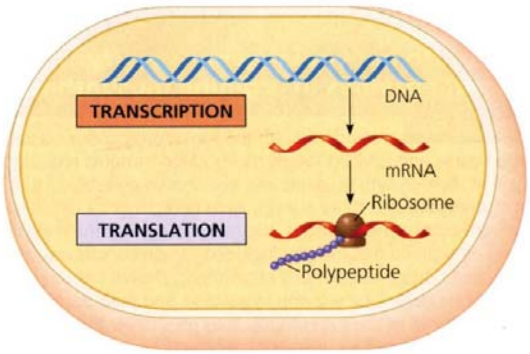


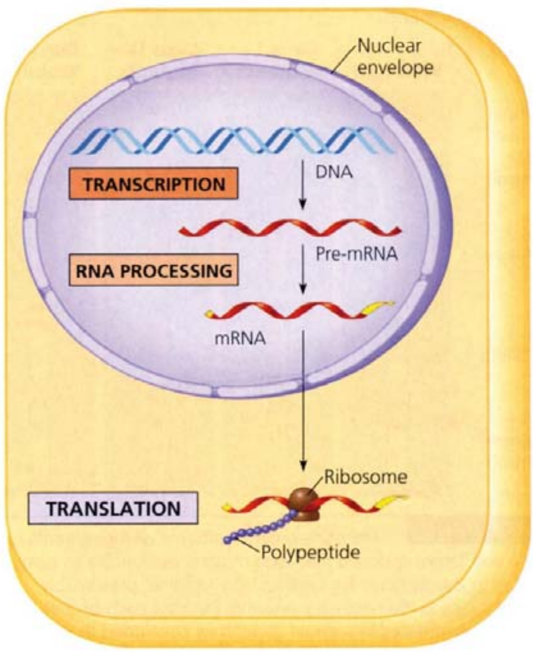
A2 central dogma

- เป็นหนึ่งในลักษณะที่สำคัญที่สุดในการกำหนดความเป็นสิ่งมีชีวิต
- ประกอบด้วย
  - DNA replication (การจำลอง DNA)
  - transcription (การถอดรหัส)
  - translation (การแปลรหัส)
  - reverse transcription (การถอดรหัสย้อนกลับของไวรัส)



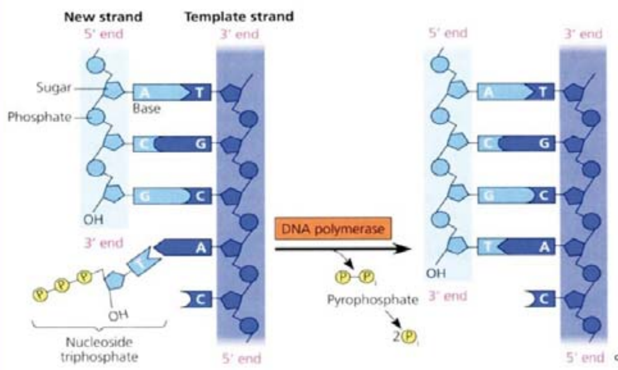
- ตำแหน่งที่เกิด
  - ไวรัส เกิดในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอื่น
  - โพรคาริโอต เกิดในไซโทพลาซึม
  - ยูคาริโอต เกิดในนิวเคลียสและไซโทพลาซึม



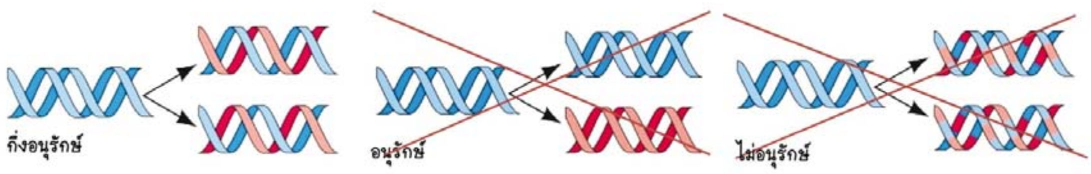


A2-1 DNA replication (การจำลอง DNA)

- = DNA → DNA (เหมือนแม่แบบทุกประการ)
- เกิดเมื่อเซลล์อยู่ในสภาวะที่พร้อมสำหรับการแบ่งตัว (S-phase)/ เกิดในนิวเคลียส
- แม่พิมพ์ : DNA 1 สายคู่ (2 สายเดี่ยว)
- ทิศทางการเกิด
  - สายต้นแบบจะอ่านจาก 3′ → 5′
  - สายใหม่จะสร้างจาก 5′ → 3′
- เครื่องมือที่ใช้
  - เอนไซม์ topoisomerase (เอนไซม์โทโพไอโซเมอเรส)
    - คลายเกลียว DNA (supercoil → double-helix)
  - เอนไซม์ helicase (เอนไซม์เฮลิเคส)
    - สลายพันธะไฮโดรเจน (double-helix → เส้นเดี่ยว)
  - Single Strand Binding (SSB) protein (โปรตีนยึดสาย DNA สายเดี่ยว)
    - ป้องกันการกลับเข้าคู่ของ DNA
  - เอนไซม์ DNA primase (เอนไซม์ดีเอ็นเอไพรเมส)
    - เติม RNA primer (RNA สายสั้น) → เพื่อเริ่มการสร้างสายใหม่
  - เอนไซม์ DNA polymerase (เอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส)
    - เติมนิวคลีโอไทด์เพื่อสร้างสายใหม่

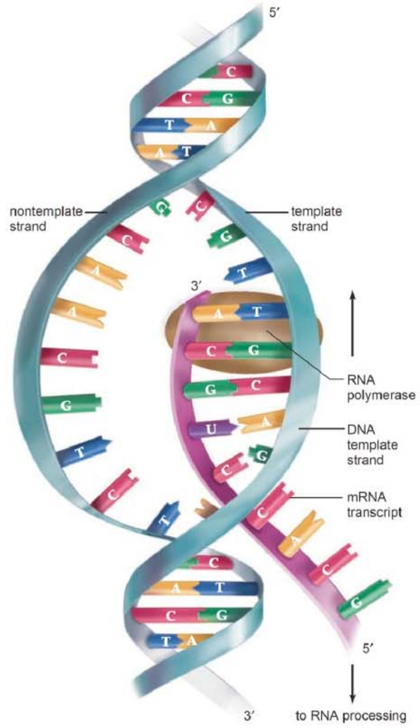


  - เอนไซม์ DNA ligase (เอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส)
    - เชื่อม DNA สายใหม่ให้ต่อเนื่องกัน
- ผลลัพธ์ : DNA 2 สายคู่ (4 สายเดี่ยว)/รอบ → แบบกึ่งอนุรักษ์



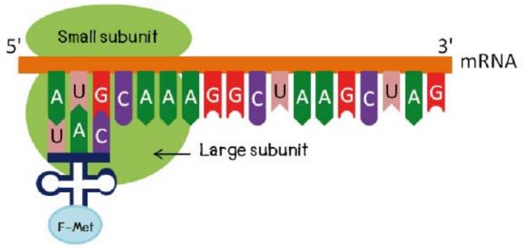
A2-2 transcription (การถอดรหัส)

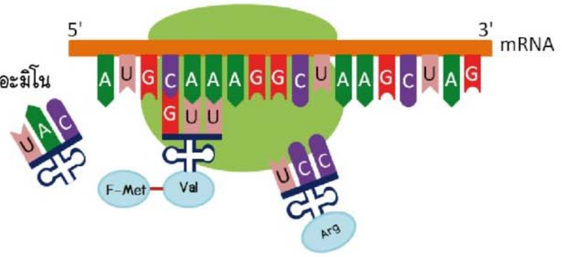
- = DNA ⟶ RNA
- เกิดเมื่อเซลล์ต้องการจะสร้างโปรตีน/ เกิดในนิวเคลียส
- แม่พิมพ์ : DNA 1 สายเดี่ยว
- ทิศทางการเกิด
  - สายต้นแบบจะอ่านจาก 3′ ⟶ 5′
  - สายใหม่จะสร้างจาก 5′ ⟶ 3′
- เครื่องมือที่ใช้
  - promoter (โพรโมเตอร์)
    - ตำแหน่งที่เอนไซม์มาเกาะเพื่อเริ่มต้นสร้าง RNA สายใหม่
  - RNA polymerase (อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรส)
    - เติมนิวคลีโอไทด์เพื่อสร้างสายใหม่
  - ribonucleotide (A, U, C, G)
- ผลลัพธ์
  - DNA สายต้นแบบ 1 สายคู่
  - mRNA ที่ถอดรหัสมาจาก DNA 1 สายเดี่ยว



A2-3 translation (การแปลรหัส)

- = RNA ⟶ โปรตีน
- เกิดเมื่อเซลล์ต้องการจะสร้างโปรตีน/ เกิดที่ไซโทพลาซึม
- แม่พิมพ์ : RNA 1 สายเดี่ยว
- ทิศทางการเกิด
  - สายต้นแบบจะอ่านจาก 5′ ⟶ 3′
  - โปรตีนสายใหม่ที่ได้จะสร้างจากปลาย N ⟶ ปลาย C
- เครื่องมือที่ใช้
  - กรดอะมิโน 20 ชนิด
    - เป็นวัตถุดิบในการสร้างโปรตีน
  - tRNA
    - เป็นผู้ขนส่งกรดอะมิโนแต่ละชนิด มี anticodon (3′ ⟶ 5′) ที่คู่สมกับ codon (5′ ⟶ 3′)
  - เอนไซม์ aminocyl-tRNA synthetase (เอนไซม์อะมิโนซิลทีอาร์เอ็นเอซินทีเตส)
    - สร้าง tRNA-กรดอะมิโน
  - ribosome (ไรโบโซม)
    - เป็นตัวประกบสาย mRNA กับ tRNA + กรดอะมิโน
  - เอนไซม์ peptidyl transferase (เอนไซม์เพปทิดิลทรานส์เฟอเรส)
    - สร้างพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโน
- ผลลัพธ์
  - สายโปรตีนที่ถอดรหัสตามสาย DNA ต้นแบบ





codon (รหัสบน mRNA) = กำหนดชนิดของกรดอะมิโน

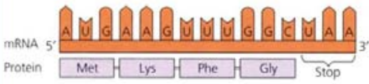
- กรดอะมิโนมี 20 ชนิด
- เบสมี 4 ชนิด = A, U, C, G
- 1 codon จึงต้องมีเบส 3 ตัว
- 4 x 4 x 4 = codon 64 แบบ/กรดอะมิโน 20 ชนิด
  (กรดอะมิโน 1 ชนิด มี $\geq$1 codon)
- start codon = AUG $\longrightarrow$ กรดอะมิโน Methionine (Met) = เริ่มต้นการแปลรหัส
- stop codon = UAA, UGA, UAG $\longrightarrow$ หยุดการแปลรหัส

First Base	Second Base U	Second Base C	Second Base A	Second Base G	Third Base
U	UUU phenylalanine	UCU serine	UAU tyrosine	UGU cysteine	U
U	UUC phenylalanine	UCC serine	UAC tyrosine	UGC cysteine	C
U	UUA leucine	UCA serine	UAA *stop*	UGA *stop*	A
U	UUG leucine	UCG serine	UAG *stop*	UGG tryptophan	G
C	CUU leucine	CCU proline	CAU histidine	CGU arginine	U
C	CUC leucine	CCC proline	CAC histidine	CGC arginine	C
C	CUA leucine	CCA proline	CAA glutamine	CGA arginine	A
C	CUG leucine	CCG proline	CAG glutamine	CGG arginine	G
A	AUU isoleucine	ACU threonine	AAU asparagine	AGU serine	U
A	AUC isoleucine	ACC threonine	AAC asparagine	AGC serine	C
A	AUA isoleucine	ACA threonine	AAA lysine	AGA arginine	A
A	**AUG *(start)* methionine**	ACG threonine	AAG lysine	AGG arginine	G
G	GUU valine	GCU alanine	GAU aspartate	GGU glycine	U
G	GUC valine	GCC alanine	GAC aspartate	GGC glycine	C
G	GUA valine	GCA alanine	GAA glutamate	GGA glycine	A
G	GUG valine	GCG alanine	GAG glutamate	GGG glycine	G

A3

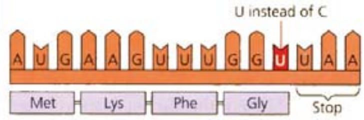
gene mutation (การกลายระดับยีน)

= การเปลี่ยนแปลงของลำดับเบสใน DNA โดยปกติจะเกิดในอัตราต่ำๆ จากความผิดพลาดใน DNA replication แต่จะพบสูงขึ้นเมื่อถูกชักนำด้วยสารก่อการกลาย (mutagen)

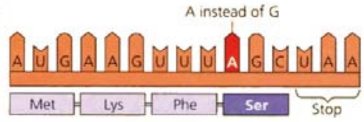


การแทนที่เบส (base-pair substitution)

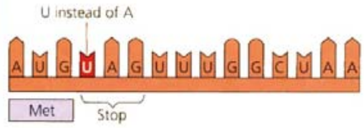
- sense/ silence mutation = กรดอะมิโนไม่เปลี่ยนแปลง/ โปรตีนเหมือนเดิม



- missense mutation = มีการเปลี่ยนชนิดของกรดอะมิโน

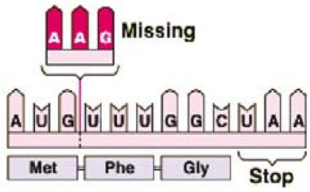


- nonsense mutation = หยุดสังเคราะห์โปรตีน/ กรดอะมิโนสั้นลง

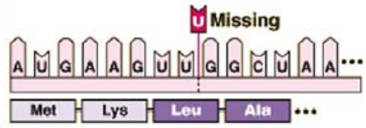


การเกินหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์ (insertion/ deletion)

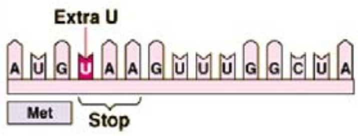
- no frameshift = เพิ่มหรือลดแล้วมีการจัดโคดอนเหมือนเดิม → มีอะมิโนเกินหรือขาดในสายโปรตีน



- frameshift = เพิ่มหรือลดแล้วมีการจัดโคดอนใหม่
  - extensive missense mutation = มีการเปลี่ยนชนิดของกรดอะมิโนตลอดสาย



  - nonsense mutation = หยุดสังเคราะห์โปรตีน/ กรดอะมิโนสั้นลง



<u>การเปลี่ยนแปลงที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนลักษณะฟีโนไทป์</u>

- การ**เติมเบส** 1 ตัว ลงไปในสาย DNA
- การเติมเบส 3 ตัว **หลังตำแหน่งเริ่มต้นของการถอดรหัส** (transcription)
- การ**เพิ่มลำดับเบส** 1 โคดอน ในยีน
- การ**เอาลำดับเบส** 1 โคดอน **ออก**จากยีน

<u>การเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนลักษณะฟีโนไทป์</u>

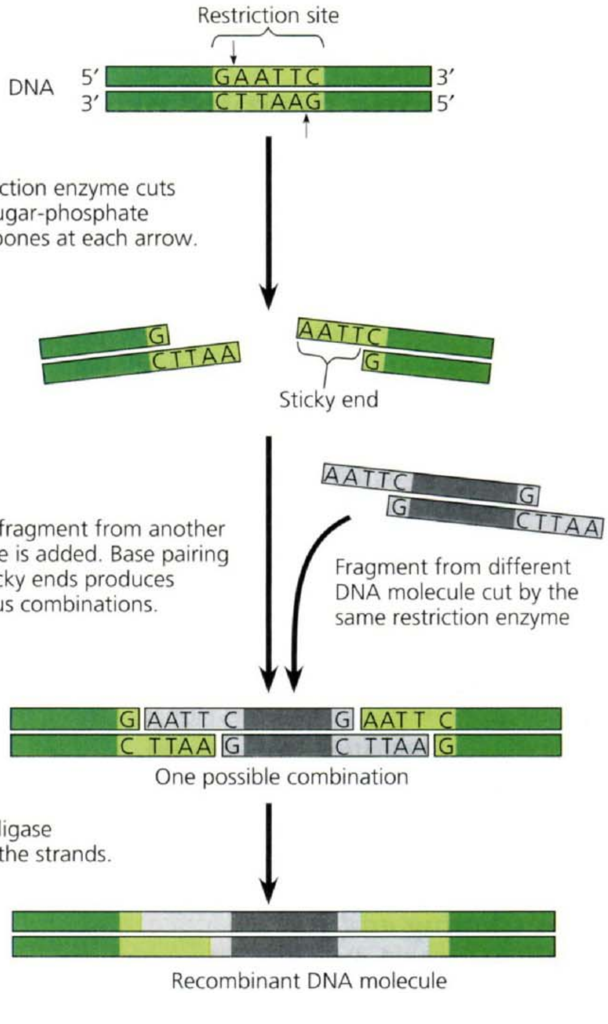
- การ**เปลี่ยนแปลง**เบส 1 ตัว ลงไปในสาย DNA
- การเติมเบส 3 ตัว **หน้าตำแหน่งเริ่มต้นของการถอดรหัส**
- การเติมลำดับเบสสำหรับกรดอะมิโนฮีสทิดีน**หน้าตำแหน่งโพรโมเตอร์**
- การเติมลำดับเบสสำหรับกรดอะมิโนฮีสทิดีน**หลังตำแหน่งสุดท้ายของการถอดรหัส**

A4
เทคโนโลยีทางพันธุศาสตร์

A4-1
genetic engineering (พันธุวิศวกรรม)

เทคโนโลยีทางพันธุศาสตร์

- ชิ้นส่วน DNA ที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme)
  - ปลายเหนียว (sticky end) เชื่อมต่อกับปลายเหนียว
  - ปลายทู่ (blunt end) เชื่อมต่อกับปลายทู่
- ดีเอ็นเอไลเกส เร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะโคเวเลนต์ระหว่าง DNA 2 โมเลกุล ให้เชื่อมต่อกัน
- กระบวนการตัดต่อยีนแล้วใส่เข้าไปใน host เพื่อผลิตโปรตีน

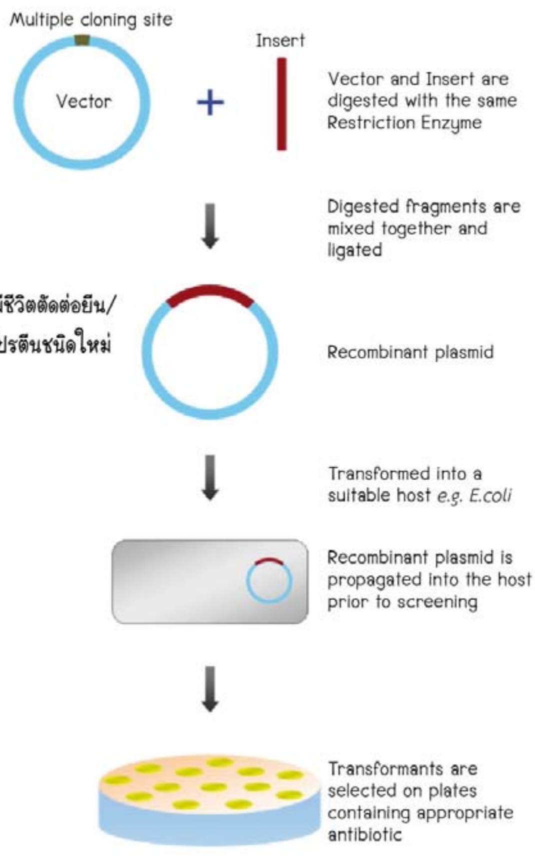


gene cloning/ DNA cloning (การโคลนยีน/ การโคลนดีเอ็นเอ)

- เทคนิคพันธุวิศวกรรมเพื่อเพิ่มปริมาณยีนและ DNA ให้เหมือนกับ DNA ต้นแบบ
- DNA ตัดต่อกับ
  - พลาสมิดของแบคทีเรีย
    - ใช้พลาสมิดเป็น DNA vector
    - DNA ที่ต้องการจะเชื่อมรวมกับ DNA ของพลาสมิดเกิด recombinant DNA (DNA ลูกผสม)
    - นำแบคทีเรียไปเพิ่มจำนวนแล้วสกัดยีนที่ต้องการ
  - จีโนมของไวรัส
    - ใช้ไวรัสเป็นพาหะในการนำ DNA เข้าสู่เซลล์
    - DNA ที่ต้องการจะเชื่อมรวมกับ DNA ของแบคทีริโอฟาจ เกิด recombinant DNA (DNA ลูกผสม)
    - นำแบคเทอริโอเฟจเข้าแบคทีเรียเพื่อเพิ่มจำนวน DNA

ประโยชน์ของ genetic engineering

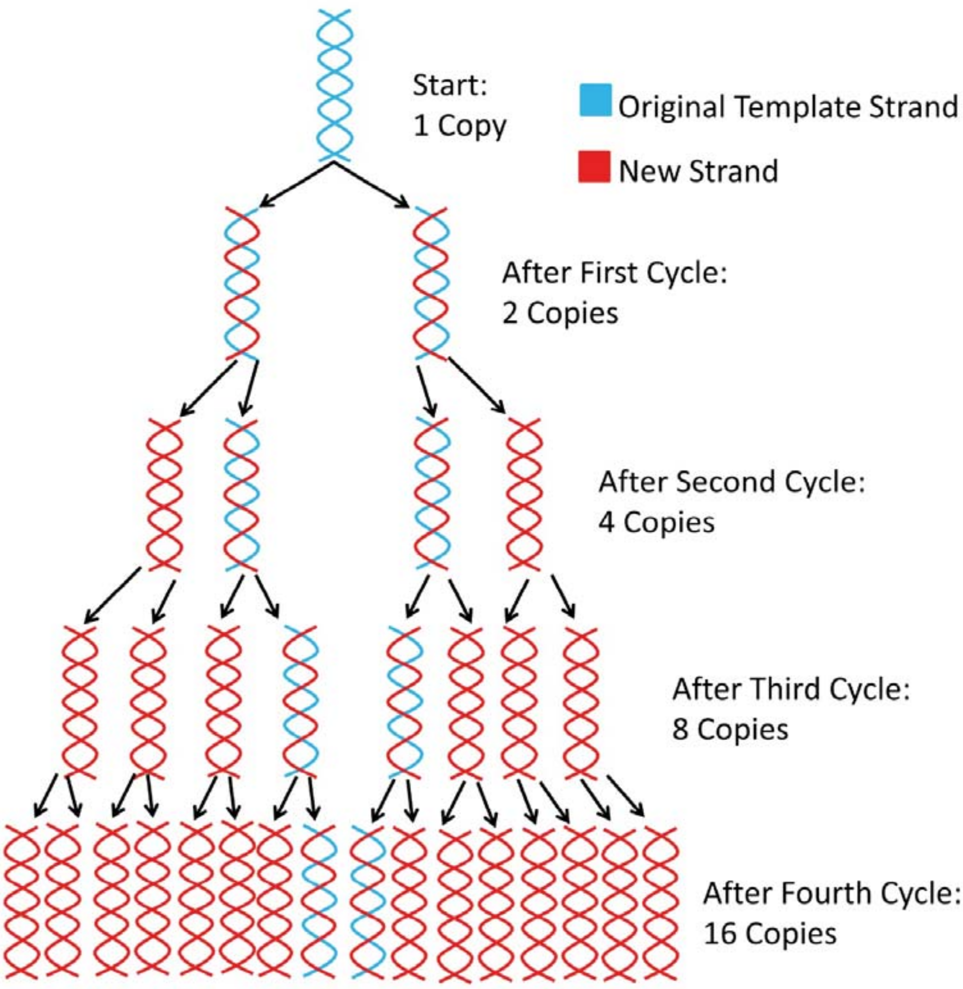
- gene therapy (การรักษาด้วยยีน)
  - leukemia (ลิวคีเมีย)
  - thalassemia (ธาลัสซีเมีย)
- สังเคราะห์สารพิเศษ
  - insulin (อินซูลิน)
  - botox (โบทอกซ์)
  - antibody (ภูมิคุ้มกัน)
- GMOs (Genetically Modified Organisms) = สิ่งมีชีวิตตัดต่อยีน/ ดัดแปรพันธุกรรม ⟶ มียีนใหม่ภายในเซลล์ ⟶ สร้างโปรตีนชนิดใหม่
  - แบคทีเรียที่มียีนอินซูลินของคน
  - ฝ้ายบีที (ต้านทานหนอนเจาะสมอฝ้าย)



Overview of Gene Cloning

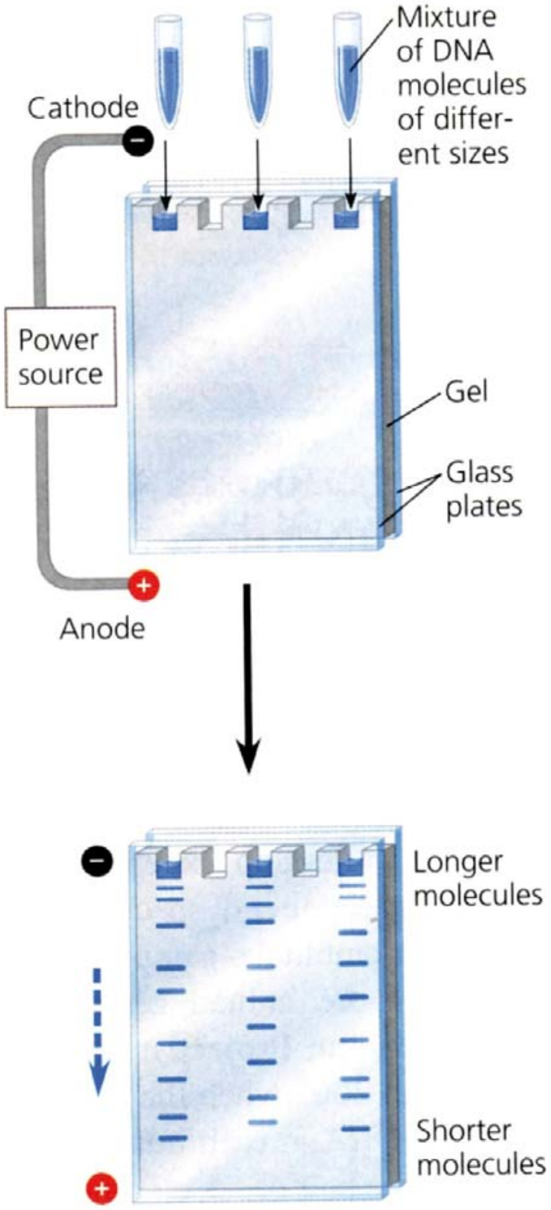
A4-2 PCR (Polymerase Chain Reaction technique)

- เพิ่มปริมาณ DNA ในหลอดทดลองโดยใช้เอนไซม์จาก thermophilic bacteria (แบคทีเรียในบ่อน้ำพุร้อน) = การโคลนยีน
- = *in vitro* enzymatic gene amplification (การเพิ่มปริมาณยีนที่สนใจในหลอดทดลอง)
- การสังเคราะห์ DNA
  - 1 denaturation
    - 90-95°C
    - แยกสายคู่ของ DNA แม่แบบให้เป็นสายเดี่ยว
  - 2 annealing of primer
    - 50-55°C
    - primer เกาะกับ DNA สายเดี่ยว
  - 3 primer extension
    - 70-75°C
    - สร้าง DNA สายใหม่ต่อจาก primer



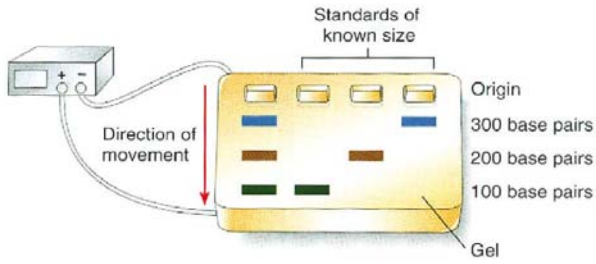
A4-3 DNA analysis (การวิเคราะห์ดีเอ็นเอ)

- DNA เป็นประจุ – ดังนั้นจะวิ่งจาก – ไป +
- = gel electrophoresis → ย้อมด้วยสีอีธิเดียมโบรไมด์ → ส่องด้วยแสงอัลตราไวโอเลต
- แยก DNA ที่มีขนาดต่างกันในสนามไฟฟ้าผ่านตัวกลาง → DNA ขนาดใหญ่เคลื่อนที่ยาก
- สามารถวิเคราะห์ความจำเพาะบุคคลโดยใช้ restriction enzyme (เอนไซม์ตัดจำเพาะ) ในการตัด DNA ก่อนวิเคราะห์



A4-4 DNA fingerprint (ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ)

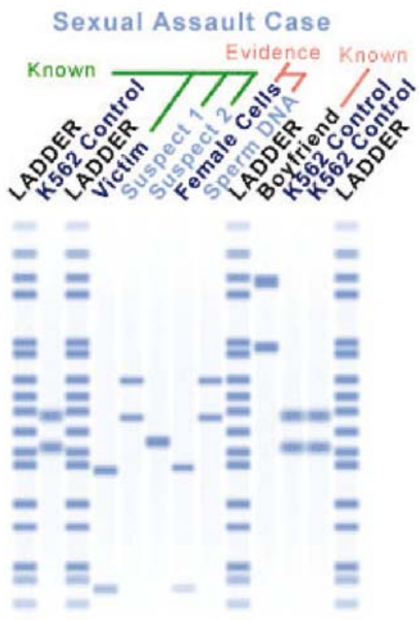
- = ต่อยอดวิเคราะห์ DNA เฉพาะบุคคลจาก gel electrophoresis และ PCR
- เครื่องมือ
  - อุปกรณ์ในการทำ gel electrophoresis
  - อุปกรณ์ในการทำ PCR
  - restriction enzyme



- วิธีการ
  - 1 เก็บชิ้นส่วนที่มี DNA = เซลล์ที่มีนิวเคลียส
    - √ : โคนเส้นผม/ น้ำอสุจิ/ คราบอสุจิ/ เลือด/ คราบเลือด/ กระดูก/ น้ำเหลือง
    - X : ลายนิ้วมือ/ ปลายเส้นผม/ เม็ดเลือดแดง
  - 2 นำ DNA ที่ได้มาตัดด้วย restriction enzyme

    แต่ละคนมีลำดับเบสที่แตกต่างกัน $\xrightarrow{\text{restriction enzyme}}$ จำนวนและขนาดชิ้นส่วน DNA ที่เฉพาะแต่ละบุคคล

  - 3 นำชิ้นส่วน DNA ที่ได้จากการตัดมาเพิ่มปริมาณด้วยวิธี PCR
  - 4 run gel ได้ลายพิมพ์ DNA ออกมา
- ผลลัพธ์
  - เชิงนิติวิทยาศาสตร์
    - พิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล (ยกเว้นแฝดร่วมไข่ไม่สามารถตรวจได้)
    - ตรวจสอบความเป็นพ่อ แม่ และลูก
    - พิสูจน์บุคคลทางอาชญากรรม
  - ศึกษาความหลากหลายของประชากร
    - ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต
    - ศึกษาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
  - ตรวจสอบอุตสาหกรรมอาหาร
    - อาหารเจ
    - อาหารมุสลิม (ฮาลาล)
    - อาหารปนเปื้อน GMOs



B metabolic waste

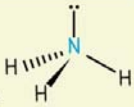
B1 nitrogenous waste

ammonia (NH_3)	urea	uric acid

← ความเป็นพิษ/ การละลายน้ำ

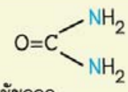
พลังงานที่ใช้กำจัด →

ammonia (NH_3)



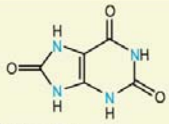
- gas
- พิษสูงสุด
- ใช้น้ำในการกำจัดมาก
- กำจัดออกในรูป NH_4^+
- เปลี่ยนรูปเป็น urea/ uric acid ได้
- พบในสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ
  - สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว
  - สัตว์หลายเซลล์ชั้นต่ำ
  - สัตว์ขาข้อที่อาศัยอยู่ในน้ำ
  - mollusk ที่อยู่ในน้ำ
  - ปลากระดูกแข็ง

urea



- liquid
- พิษต่ำกว่า NH_3
- สูญเสียน้ำน้อยลงเวลาขับออก
- สร้างที่ตับ
- ขับทางไตในรูปปัสสาวะ
- ปริมาณขึ้นอยู่กับโปรตีนที่กิน
- พบในสิ่งมีชีวิตที่อยู่บนบก
  - ไส้เดือนดิน
  - สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก
  - ปลากระดูกอ่อน
  - สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

uric acid



- solid
- พิษต่ำสุด
- ขับทางอุจจาระ
- allantois เป็นที่เก็บของเสีย
- พบในเอ็มบริโอของสัตว์เลื้อยคลาน/ นก
- อาจสะสมในข้อในผู้ป่วยโรค gout
- พบในสัตว์สงวนน้ำ
  - สัตว์ขาข้อที่อาศัยอยู่บนบก/ แมลง
  - mollusk ที่อยู่บนบก
  - สัตว์เลื้อยคลาน
  - นก

B2 CO_2

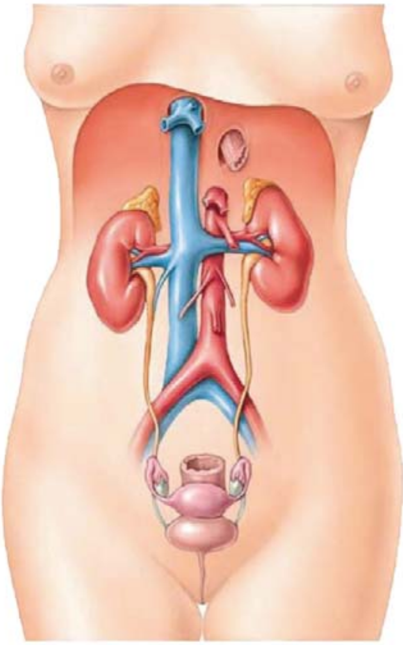
- เกิดจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร
- $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O + 36ADP + 36Pi \rightarrow 6CO_2 + 12H_2O + 36ATP$
- ขับออกทางปอด
- พืชกำจัดออกทางปากใบ/ นำกลับไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง

B3 น้ำและเกลือแร่

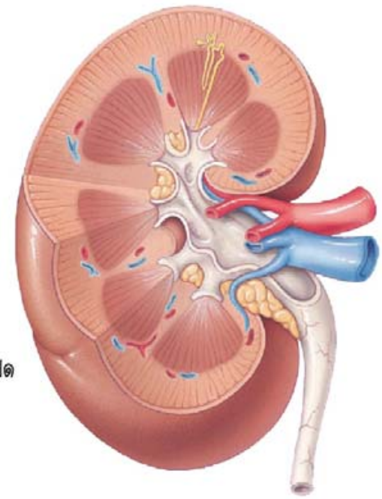
- ขับส่วนที่เกินความต้องการออก
- ขับในรูป
  - ปัสสาวะ (max)
  - เหงื่อ
  - ลมหายใจ
  - อุจจาระ (min)
- ขับออกทางปัสสาวะ เหงื่อ และอุจจาระจะมีเกลือแร่ปนอยู่ด้วย
- ขับออกทางลมหายใจจะมีแต่น้ำ (gas) เท่านั้น
- สำหรับพืชเก็บสะสมไว้ที่ sap vacuole

C ระบบขับถ่ายหลักของมนุษย์ = kidney (ไตและอวัยวะลำเลียงน้ำปัสสาวะ)

C1 โครงสร้างระดับอวัยวะ



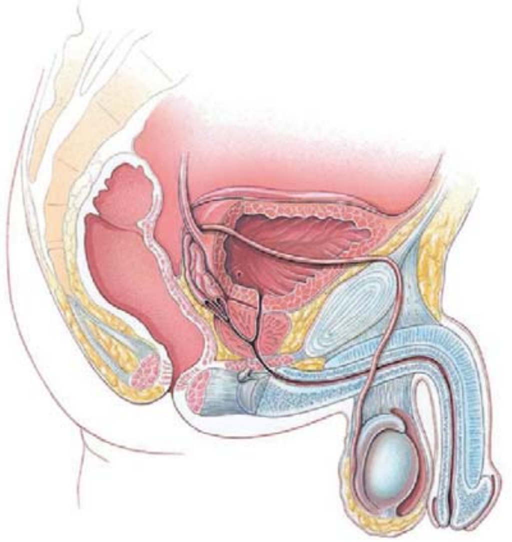
- kidney (ไต)
  - มี 1 คู่ รูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว
  - อยู่ในช่องท้องทั้ง 2 ข้าง ของกระดูกสันหลังบริเวณเอว
  - ยาว ≈ 10 cm
  - nephron (หน่วยไต) เป็นโครงสร้างเล็กๆ ในเนื้อไต
  - ประกอบด้วย
    - cortex (เนื้อไตชั้นนอก)
      - สีค่อนข้างจาง
      - เป็นที่กรองของเสียออกจากเลือด
    - medulla (เนื้อไตชั้นใน)
      - สีเข้มกว่าชั้น cortex
      - ลักษณะคล้ายพีระมิด
      - เป็นส่วนที่ดูดซับของดีกลับ
    - pelvis (กรวยไต) รวบรวมน้ำปัสสาวะให้ไหลเข้าสู่ท่อไต

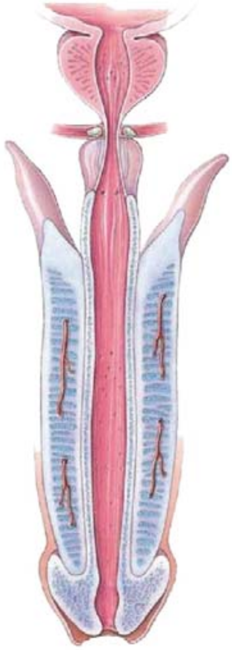


- ureter (ท่อไต)
  - เป็นท่อออกมาจากไตทั้งสองข้าง
  - เชื่อมต่อจากกรวยไตไปสู่กระเพาะปัสสาวะ
  - เส้นผ่านศูนย์กลาง ≈ 1 cm
- urinary bladder (กระเพาะปัสสาวะ)
  - ตั้งอยู่ในช่องท้องน้อย มีผนังยืดหดดี
  - เป็นที่พักน้ำปัสสาวะจากท่อไตทั้งสองข้างไหลมารวมกัน
  - ความจุ 500 ml
  - รูเปิดออกทางท่อปัสสาวะ มี sphincter (หูรูด) คอยควบคุมการปิด-เปิด

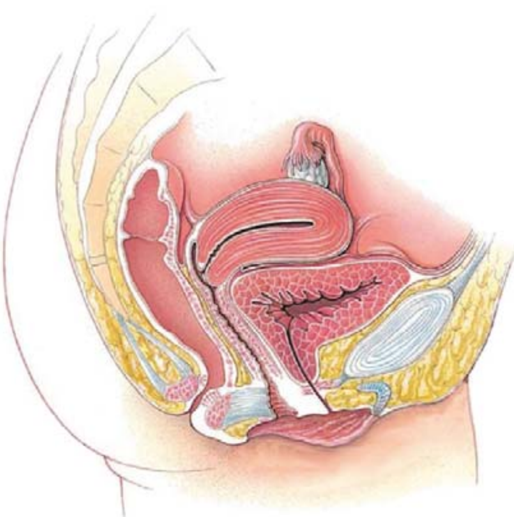
L urethra (ท่อปัสสาวะ)

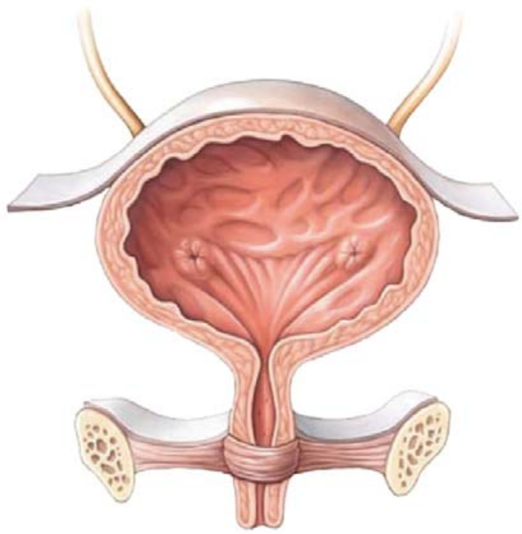
- male (ผู้ชาย)
  - ยาว ≈ 25 cm
  - มีต่อมลูกหมากและท่อนำน้ำเชื้อมาเปิด/ เป็นทางออกร่วมกับน้ำอสุจิ
  - เปิดออกสู่ภายนอกที่ปลายองคชาต





- female (ผู้หญิง)
  - ยาว ≈ 4 cm → ท่อสั้นมาก
  - โอกาสติดเชื้อง่าย → กระเพาะปัสสาวะอักเสบ → กรวยไตอักเสบ
  - น้ำปัสสาวะเปิดออกสู่ภายนอกโดยตรง ไม่ผ่าน clitoris และไม่ได้ร่วมกับ vagina (ช่องคลอด)





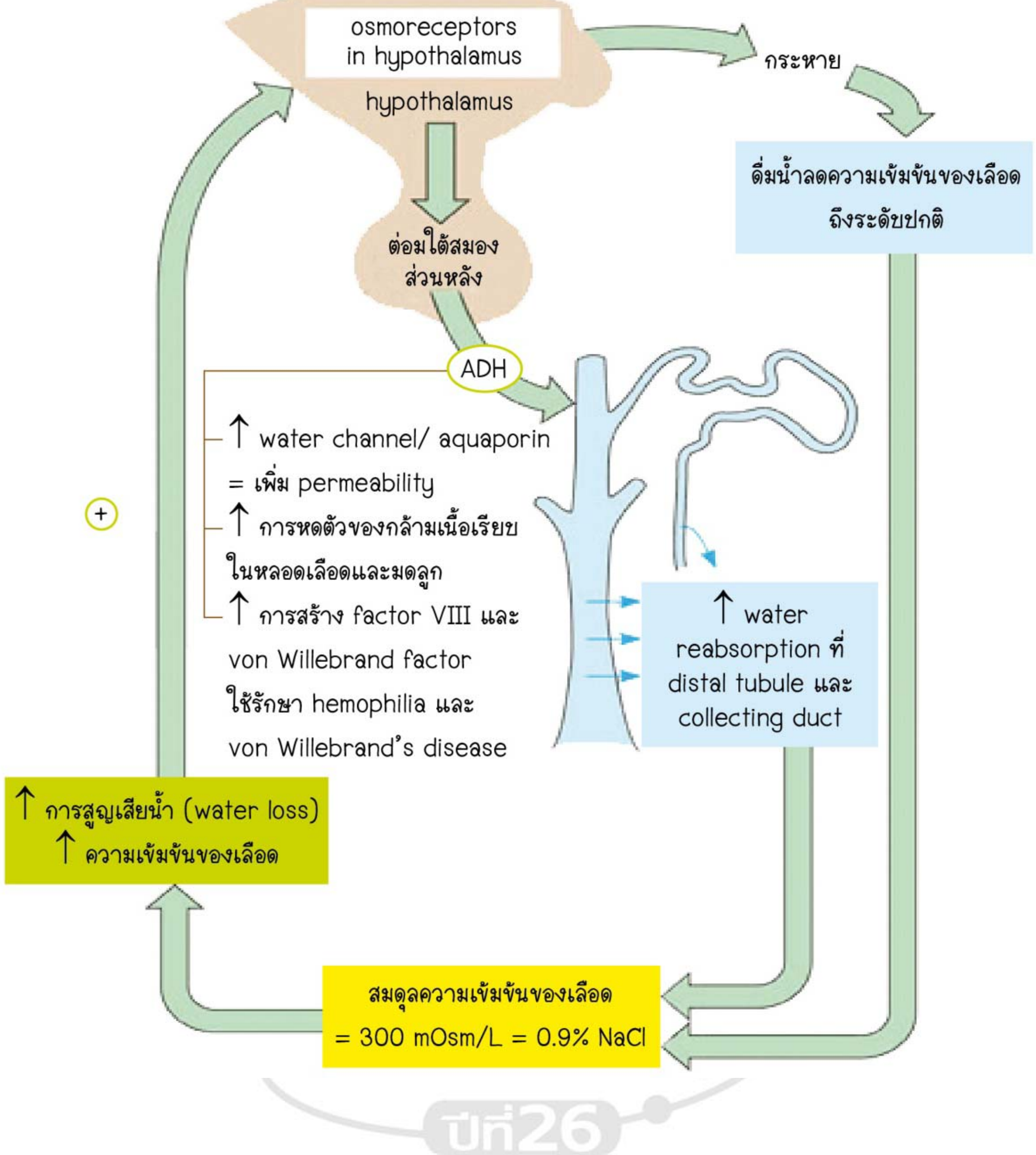
C2

การควบคุมสมดุลน้ำ = ADH หรือ vasopressin (ควบคุมแบบ negative feedback)

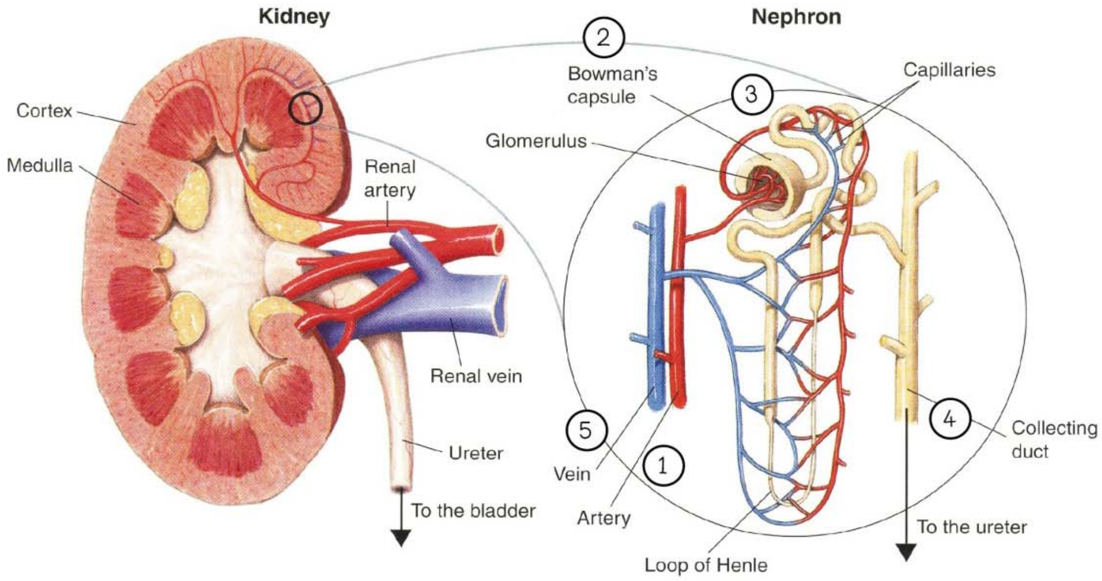
- สภาวะขาดน้ำ : นักกีฬา กิจกรรมกลางแดด
  - 1 ปริมาณน้ำในเลือด ↓
  - 2 ความเข้มข้นของเลือด ↑
  - 3 แรงดันออสโมติก ↑ ไปกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหลังให้หลั่ง ADH
  - 4 ADH ไปกระตุ้นที่ท่อหน่วยไตส่วนปลายและท่อรวมดูดน้ำกลับ
  - 5 ปริมาณน้ำในเลือดเพิ่มขึ้นพร้อมกับปัสสาวะน้อยลงและเข้มข้น
  - 6 ปริมาณน้ำในเลือด ↑ เป็นปกติ
  - 7 ความเข้มข้นของเลือด ↓ เป็นปกติ
  - 8 แรงดันออสโมติก ↓ ไปยับยั้งต่อมใต้สมองส่วนหลัง หยุดหลั่ง ADH
  - ADH ยังกระตุ้นการกระหายน้ำ

- สภาวะน้ำเกิน : ดื่มน้ำมากเกิน
  - 1 ปริมาณน้ำในเลือด ↑
  - 2 ความเข้มข้นของเลือด ↓
  - 3 แรงดันออสโมติก ↓ ยับยั้งการหลั่ง ADH
  - 4 ท่อหน่วยไตส่วนปลายและท่อรวมดูดน้ำกลับน้อยลง
  - 5 ปริมาณน้ำในเลือดลดลงพร้อมกับปัสสาวะมากขึ้นและเจือจาง
  - 6 ปริมาณน้ำในเลือด ↓ เป็นปกติ
  - 7 ความเข้มข้นของเลือด ↑ เป็นปกติ
  - 8 แรงดันออสโมติก ↑ เป็นปกติ
  - ADH ลดการกระตุ้นการกระหายน้ำ

- สภาวะ ADH หลั่งผิดปกติ
  - ADH ↑
    - กระตุ้นการหลั่ง : อีเทอร์ มอร์ฟีน นิโคติน ฮีสทามีน เอพิเนฟริน
    - น้ำคั่งในร่างกายมาก/ ตัวบวม/ มี Na ใน plasma ต่ำ (hyponatremia)
  - ADH ↓
    - ยับยั้งการหลั่ง : คาเฟอีน แอลกอฮอล์ diuretic (ยาขับปัสสาวะ)
    - โรคเบาจืด = ปัสสาวะมากและเจือจาง


osmoreceptors in hypothalamus
hypothalamus
กระหาย
ดื่มน้ำลดความเข้มข้นของเลือดถึงระดับปกติ
ต่อมใต้สมองส่วนหลัง
ADH
↑ water channel/ aquaporin = เพิ่ม permeability
↑ การหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบในหลอดเลือดและมดลูก
↑ การสร้าง factor VIII และ von Willebrand factor ใช้รักษา hemophilia และ von Willebrand's disease
+
↑ water reabsorption ที่ distal tubule และ collecting duct
↑ การสูญเสียน้ำ (water loss)
↑ ความเข้มข้นของเลือด
สมดุลความเข้มข้นของเลือด
= 300 mOsm/L = 0.9% NaCl

C3 ไต



(1) บริเวณก่อนการกรอง (≈ เลือดเข้าไต)
- มีสารทุกชนิด = ใหญ่ดี เล็กดี เล็กเสีย
- มีน้ำผ่าน 720 ลิตร/วัน
- ตัวอย่างสาร
  - RBC (hemoglobin + O_2), WBC, platelet, albumin
  - glucose, amino acid, vitamin, แร่ธาตุ
  - สารพิษ, urea, bilirubin
- organ : afferent arteriole, renal artery, aorta

(2) บริเวณหลังการกรอง (≈ น้ำกรอง)
- ผ่านได้เฉพาะสารที่เล็กกว่า albumin : เล็กดี เล็กเสีย
- มีน้ำผ่าน 180 ลิตร/วัน
- ตัวอย่างสาร
  - WBC ไปได้ทุกที่
  - glucose, amino acid, vitamin, แร่ธาตุ
  - urea, bilirubin
- organ : Bowman's capsule, ท่อหน่วยไต

③ บริเวณที่ไม่สามารถผ่านการกรองได้
- มีเฉพาะสารขนาดใหญ่
- คงเหลือน้ำที่กรองได้ไม่หมด = 540 ลิตร/วัน
- ตัวอย่างสาร
  - RBC (hemoglobin), WBC, platelet, albumin
- organ : efferent arteriole, vasa recta

④ น้ำกรองที่ถูกดูดสารดีกลับไปแล้ว
- มีเฉพาะของเล็กเสียและเล็กดีส่วนเกิน
- คงเหลือน้ำส่วนเกินในร่างกาย ≈ 1.5 ลิตร/วัน
- ตัวอย่างสาร
  - วิตามินส่วนเกิน, แร่ธาตุส่วนเกิน, กรดส่วนเกิน
  - สารพิษ, urea, bilirubin
- organ : collecting duct (ท่อรวม), กรวยไต, ureter, urinary bladder, urethra ⟶ ปัสสาวะ

⑤ บริเวณหลังจากการดูดของเล็กดีกลับ (≈ เลือดออกจากไต)
- กำจัดของเสียออกไปแล้ว : ใหญ่ดี เล็กดี
- มีน้ำกลับเข้าสู่ระบบ ≈ 720 ลิตร/วัน
- ตัวอย่างสาร
  - RBC (hemoglobin + O_2)
  - platelet, albumin
  - CO_2 (ในรูป HCO_3^-)
- organ : renal vein, renal venule, inferior vena cava

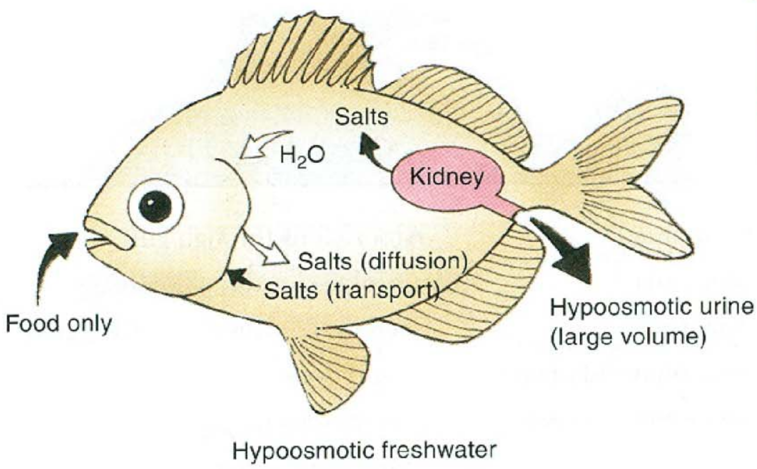
- ของใหญ่เสียต้องไปทำ biotransformation ที่ตับก่อน
- โรคเบาหวาน (น้ำตาลในปัสสาวะ) ⟶ น้ำตาลในเลือดสูงและท่อหน่วยไตดูดได้ไม่หมด
- โรคไต (glomerulus ฉีกขาด) ⟶ กรองแล้วรั่ว ได้ RBC และ protein ออกมา

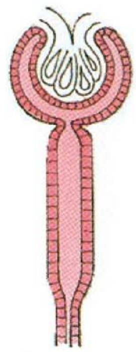
C4

การรักษาสมดุลของปลา

① ปลาน้ำจืด (ปลานิล ปลาช่อน ปลาตะเพียน ปลาสวาย ปลาหมอ ปลาทับทิม)

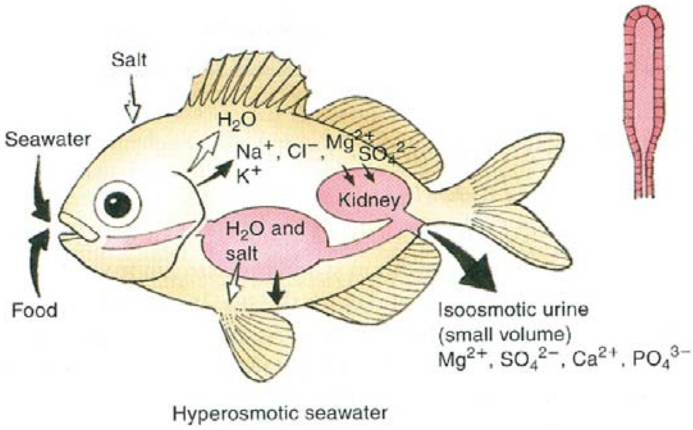
- 1 [ร่างกาย] > [น้ำจืด]
  - ⊕ น้ำ (osmosis)
  - ⊖ เกลือแร่ (diffusion)
- 2 ไม่ดื่มน้ำเลย/ มีน้ำแพร่เข้าเหงือกตลอดเวลา/ ได้น้ำจากอาหารบางส่วน
- 3 มี glomerulus ขนาดใหญ่ และมีท่อไตสั้น ⟶ ปัสสาวะเจือจาง (hypoosmotic)/ ปริมาณมาก
- 4 เกลือแร่ส่วนที่ขาด เหงือกจะดูดแร่ธาตุกลับโดย active transport
- 5 ผิวหนังและเกล็ดทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำและเกลือแร่ผ่านเข้าร่างกาย





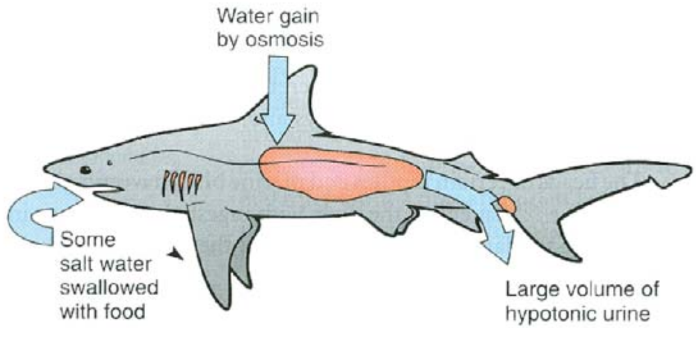
② ปลากระดูกแข็งน้ำเค็ม (ปลากะพง ปลาทู ปลาอินทรี ปลาการ์ตูน)

- 1 [ร่างกาย] < [น้ำทะเล]
  - ⊖ น้ำ (osmosis)
  - ⊕ เกลือแร่ (diffusion)
- 2 ดื่มน้ำตลอดเวลา/ ได้น้ำจากอาหารร่วมด้วย
- 3 มี glomerulus ขนาดเล็ก (อาจไม่มี) และมีท่อไตยาว ⟶ ปัสสาวะเข้มข้น (isoosmotic)/ ปริมาณน้อย
- 4 เกลือแร่ส่วนเกิน เหงือกจะขจัดออกโดย active transport
- 5 ผิวหนังและเกล็ดทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำและเกลือแร่เข้าร่างกาย



③ ปลากระดูกอ่อนน้ำเค็ม (ปลาฉลาม ปลาฉนาก ปลากระต่าย ปลากระเบน)

- 1 [ร่างกาย] < [น้ำทะเล] ⟶ ไตสะสมยูเรียไว้ในร่างกาย
- 2 [ร่างกาย] > [น้ำทะเล]
  - ⊕ น้ำ (osmosis)
  - ⊕ เกลือแร่ (diffusion)
- 3 ได้น้ำและเกลือบางส่วนจากอาหาร
- 4 มี glomerulus ขนาดใหญ่
  - ดูด urea กลับ
  - ปัสสาวะเจือจาง (hypotonic)/ ปริมาณมาก
- 5 เกลือแร่ส่วนเกิน ต่อมขับเกลือบริเวณทวารหนักกำจัดออกโดย active transport
- 6 ผิวหนังและเกล็ดทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำและเกลือแร่เข้าร่างกาย



D temperature (อุณหภูมิ)

D1 ectotherm (สัตว์เลือดเย็น)

- กลไกการควบคุม
  - T ร่างกาย α metabolism
  - T ร่างกาย α T สิ่งแวดล้อม
  - ความร้อนจะไม่วิ่งไหลเข้าออก
  - $\uparrow T_{env} \rightarrow \uparrow T_{ร่างกาย} \rightarrow \uparrow$ metabolism
  - $\downarrow T_{env} \rightarrow \downarrow T_{ร่างกาย} \rightarrow \downarrow$ metabolism

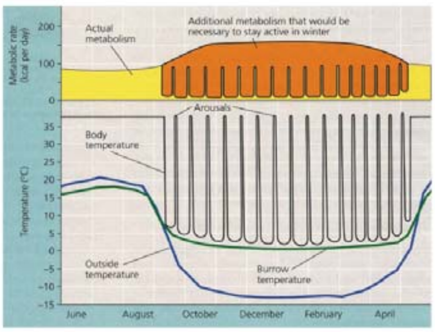
- ตัวอย่าง
  - ปลา : ม้าน้ำ ปลาตะเพียน ปลานิล ปลาอินทรี
  - สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก : กบ เขียด ซาลาแมนเดอร์ งูดิน (เขียดงู)
  - สัตว์เลื้อยคลาน : งู ตะกวด กิ้งก่า จระเข้ เต่า
- การปรับตัว
  - สภาพอากาศเย็น
    - ปลา
      - อาศัยอยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิเหมาะสมกับร่างกาย
      - countercurrent heat exchange (พบในฉลาม)

        = ถ่ายเทความร้อนระหว่าง artery & vein
        - 1 artery นำเลือดจากร่างกายสู่เหงือกและครีบ
        - 2 vein รับเลือดจากเหงือกและครีบไปสู่ร่างกาย
        - 3 เลือดใน artery และ vein วิ่งสวนทิศกัน
        - 4 vein ได้รับความร้อนจาก artery ขณะวิ่งสวนทิศ
        - 5 เลือดจาก vein ขาขึ้นมี T = T ร่างกาย

    - สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก
      - hibernation (จำศีลหนีหนาว) ในฤดูหนาว
      - อยู่ในรูดิน/ ใต้ต้นไม้/ ใต้ท่อนไม้
    - สัตว์เลื้อยคลาน
      - มีพฤติกรรมอาบแดด
      - ผิวหนังแห้ง หนา มีเกล็ด ช่วยลดการสูญเสียความร้อน
      - เต่าและงูนอนเบียดหรือทับกันเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ
  - สภาพอากาศร้อน
    - สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก
      - estivation (จำศีลหนีร้อน) ในฤดูร้อน
      - แช่อยู่ในน้ำ/ ผิวหนังชุ่มชื้นอยู่เสมอ/ ช่วยระบายความร้อน
    - สัตว์เลื้อยคลาน
      - มีพฤติกรรมหลบแดด
      - มีปอดใหญ่เพื่อระบายความร้อนผ่านระบบหายใจ

D2 endotherm (สัตว์เลือดอุ่น)

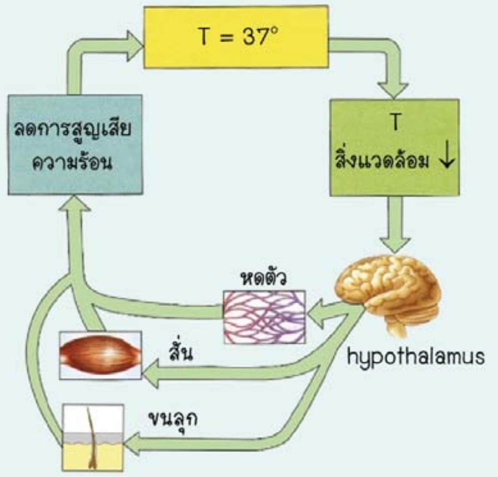
- กลไกการควบคุม
  - T ร่างกายคงที่ (อาศัยพลังงานจาก metabolism)
  - ความร้อนวิ่งเข้าวิ่งออกตามจริง แล้วชดเชยด้วยการปรับ metabolism
  - $\uparrow T_{env} \rightarrow$ ความร้อนไหลเข้า $\rightarrow \downarrow$ metabolism
  - $\downarrow T_{env} \rightarrow$ ความร้อนไหลออก $\rightarrow \uparrow$ metabolism
  - สภาวะปกติ : T นก > T สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม & มนุษย์
- ตัวอย่าง
  - สัตว์ปีก : อีมู นกเป็ดน้ำ นกกระจิบ นกกางเขน นกเพนกวิน
  - สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม : วาฬ โลมา พะยูน แมวน้ำ สิงโตทะเล ค้างคาว
  - มนุษย์
- การปรับตัว
  - สภาพอากาศเย็น (แถบขั้วโลก)
    - สัตว์ปีก
      - มีขนปกคลุมตัวเป็นฉนวนรักษาความร้อน
      - นกปากห่างอพยพหนีหนาวไปยังบริเวณที่มีความอบอุ่น
      - นกเพนกวินและนกเป็ดน้ำมีระบบ countercurrent heat exchange
    - สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม
      - สัตว์ฟันแทะขุดรูอยู่ร่วมกันเพื่อสร้างความอบอุ่น
      - แมวน้ำ วาฬ มีชั้นผิวหนังหนาช่วยรักษาความร้อน
      - โลมา สุนัขจิ้งจอก กวาง มีระบบ countercurrent heat exchange
      - หมีขั้วโลกจำศีลตลอดช่วงฤดูหนาว
  - สภาพอากาศร้อน (ทะเลทราย อยู่กลางแดด)
    - สัตว์ปีก
      - นกมีถุงลมช่วยระบายความร้อน (นกไม่มีต่อมเหงื่อ)
      - นกกาน้ำมี gular pouch ที่บริเวณลำคอ ช่วยระบายความร้อน
    - สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม
      - อูฐดื่มน้ำครั้งละมากๆ เมื่อมีโอกาส/ ปัสสาวะเข้มข้น
      - kangaroo rat ได้น้ำจากเมแทบอลิซึม/ loop of Henle ยาว/ ปัสสาวะเข้มข้น
      - สุนัขหอบเพื่อระบายความร้อนโดยระเหยออกไปกับน้ำ
      - แมว กระต่าย จิงโจ้เลียอุ้งเท้าเพื่อระบายความร้อน
      - ควายนอนแช่ปลักโคลนเพื่อคลายความร้อน
      - ช้าง กระต่ายมีหูขนาดใหญ่ เพื่อเป็นที่ระบายความร้อน



การปรับตัวเพื่อรักษาสมดุลอุณหภูมิของมนุษย์ (35.8-37.7°C)

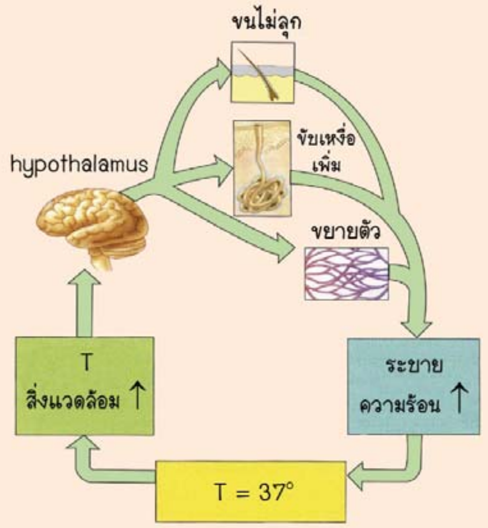
สภาพอากาศเย็น (แถบขั้วโลก)

- ควบคุมโดย hypothalamus
- เพิ่มอัตราเมแทบอลิซึม/ สลายไขมัน/ ควบคุมโดยฮอร์โมน norephinephrine
- กล้ามเนื้อโคนขนหดตัว/ ขนลุกชัน/ สูญเสียความร้อนลดลง
- การสั่นที่กล้ามเนื้อลายทั่วร่างกาย/ สร้างพลังงานความร้อน
- เส้นเลือดที่ผิวหนังหดตัว/ ถ่ายเทความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยลง
- ลดการหลั่ง ADH/ ปัสสาวะมากขึ้น
- การใส่เสื้อกันหนาวของมนุษย์ป้องกันการสูญเสียความร้อน

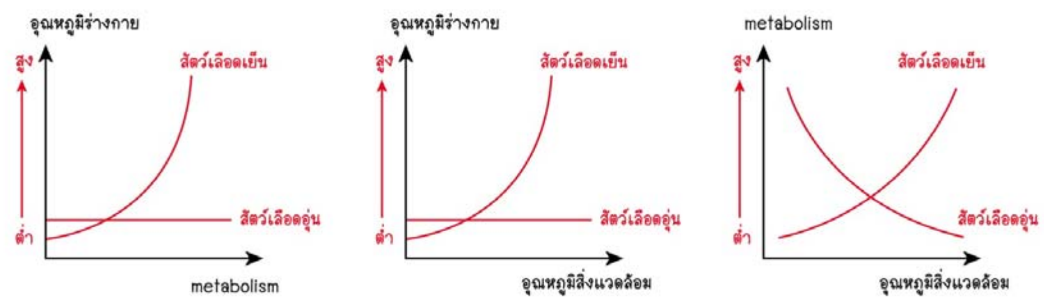


สภาพอากาศร้อน (ทะเลทราย อยู่กลางแดด)

- ควบคุมโดย hypothalamus
- ลดอัตราเมแทบอลิซึม/ ลดการสลายไขมัน
- เพิ่มการขับเหงื่อ/ ระบายความร้อนออกทางผิวหนัง
- กล้ามเนื้อโคนขนคลายตัว/ ขนเอนนอน/ สูญเสียความร้อนเพิ่มขึ้น
- เส้นเลือดที่ผิวหนังคลายตัว/ ถ่ายเทความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น
- เพิ่มการหลั่ง ADH/ ปัสสาวะน้อยลง
- มนุษย์หลบในที่ร่ม/ ดื่มน้ำบ่อย/ อาบน้ำ



สรุป



E

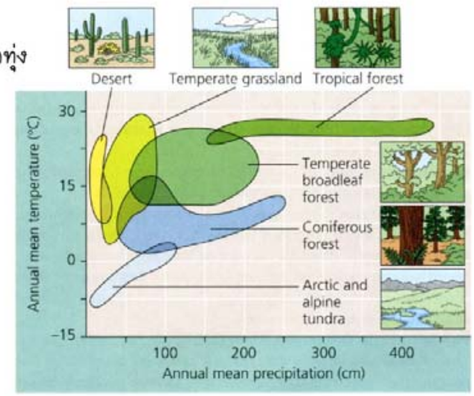
ecosystem (ระบบนิเวศ)

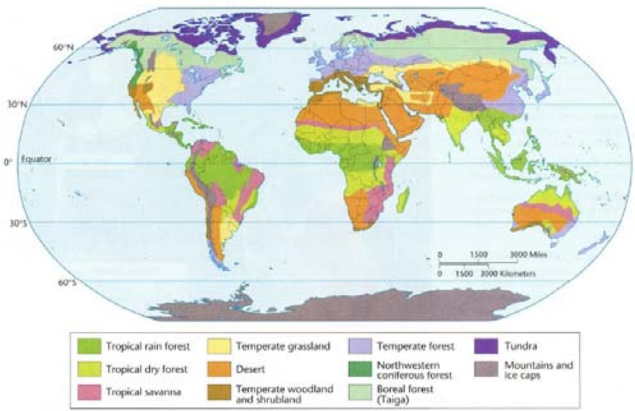
E1

biome (ชีวนิเวศ) = ถิ่นที่อยู่

terrestrial biome (ไบโอมบนบก) แบ่งเป็น 9 ไบโอม โดยยึดอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก

- tropical rainforest (ไบโอมป่าดิบชื้น)
  - ภูมิอากาศร้อนและชื้น ไม่แห้งแล้ง มีฝนตกตลอดปี
  - ความหลากหลายทางชีวภาพสูง (high biodiversity)
  - ต้นไม้ขนาดใหญ่ ไม่ผลัดใบ/ สัตว์หลากหลาย ⟶ การกระจายพันธุ์พืชโดยสัตว์สูงสุด
  - พบได้ในภาคใต้/ ตะวันออกของประเทศไทย
- temperate deciduous forest (ไบโอมป่าผลัดใบในเขตอบอุ่น)
  - มีฤดูที่แน่นอน 4 ฤดู คือ ฤดูหนาว ฤดูใบไม้ผลิ ฤดูร้อน และฤดูใบไม้ร่วง
  - ต้นไม้ผลัดใบก่อนถึงฤดูหนาว
  - ในประเทศไทยพบในรูปป่าเบญจพรรณ/ ป่าเต็งรัง/ ป่าทุ่ง
- subtropical evergreen broad-leaved forest (ไบโอมป่าไม้ใบกว้างเขียวชอุ่มเขตกึ่งร้อนชื้น)
  - อุณหภูมิระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาวไม่ต่างกันมาก
  - พืชที่พบมากมีใบกว้างเขียวชอุ่มตลอดปี
  - ในประเทศไทยพบในรูปป่าดิบเขา
- coniferous forest (ไบโอมป่าสน)/ taiga (ป่าไทกา)/ boreal (ป่าบอเรียล)
  - ฤดูหนาวค่อนข้างยาวนาน
  - ต้นไม้เขียวชอุ่มตลอดปี ใบเล็ก
  - ในประเทศไทยพบได้ตามยอดภู ⟶ ภูกระดึง/ ภูเรือ
- temperate grassland (ไบโอมทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น)
  - มี 4 ฤดูชัดเจน แต่ปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าป่าเขตอบอุ่น
  - ทุ่งหญ้าแพรรี่ (prairie) และทุ่งหญ้าสเตปป์ (steppe)
  - ไม่พบในประเทศไทย

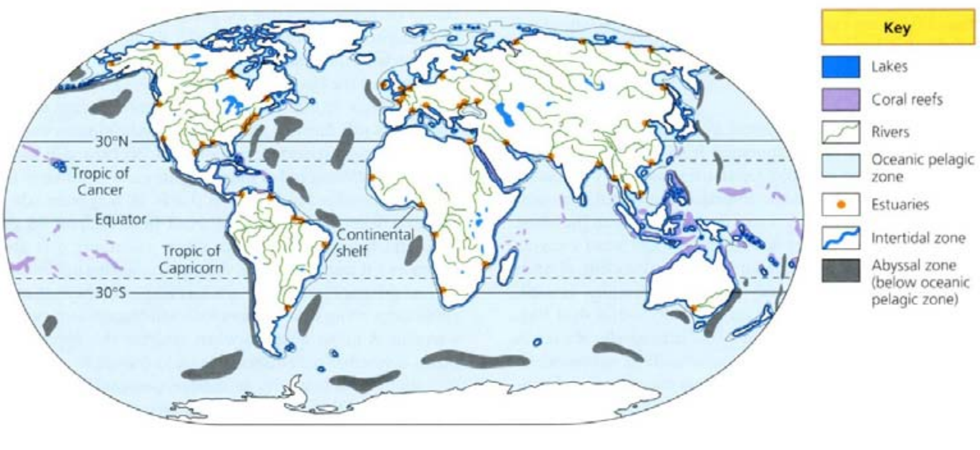




- savanna (ไบโอมสะวันนา)
  - ภูมิอากาศร้อน → อุณหภูมิสูง แสงแดดจัดในเวลากลางวัน
  - ดินเป็นดินร่วนปนทราย
  - พืชที่ขึ้นส่วนใหญ่เป็นหญ้า
  - พบได้ในภาคกลาง/ เหนือ/ ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
- desert (ไบโอมทะเลทราย)
  - อากาศร้อน ฝนตกน้อย
  - พืชที่พบเป็นพืชอวบน้ำ (succulent plant) เช่น กระบองเพชร
  - ไม่พบในประเทศไทย
- chaparral (ไบโอมชาพาร์ราล)
  - ฤดูหนาวมีฝน ฤดูร้อนยาวนานและแห้งแล้ง
  - พืชที่พบมีลำต้นเป็นทรงพุ่ม
  - พบริมทะเลเมดิเตอร์เรเนียน/ ไม่พบในประเทศไทย
- tundra (ไบโอมทุนดรา)
  - ฤดูหนาวค่อนข้างยาวนาน
  - พืชที่พบเป็นพวกไม้ดอก/ ไม้พุ่ม/ มอส/ ไลเคน
  - ไม่พบต้นไม้ใหญ่
  - ไม่พบในประเทศไทย

aquatic biome (ไบโอมในน้ำ)

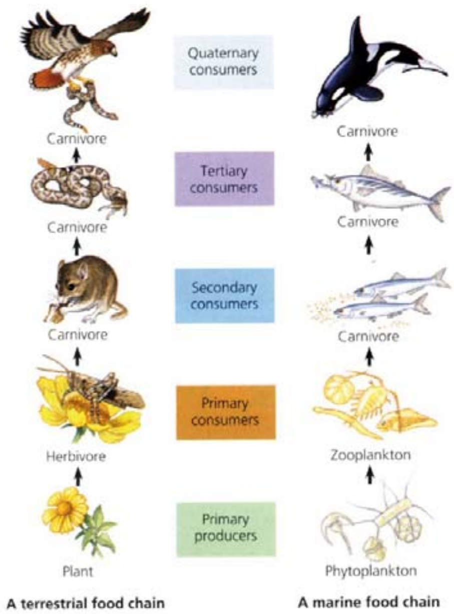
- freshwater biome (ไบโอมแหล่งน้ำจืด)
  - แหล่งน้ำนิ่ง
  - แหล่งน้ำไหล → สัตว์รูปร่างเพรียวแบนราบ/ มีเมือกเหนียวเพื่อยึดเกาะ/ ปลาว่ายทวนน้ำ
  - peat swamp forest (ป่าพรุ)
    - ป่าไม่ผลัดใบ มีน้ำท่วมขัง
    - ดินมีความเป็นกรดสูงมาก
    - มีสารอินทรีย์/ สารประกอบ pyrite สูง
    - พบมากในภาคใต้ของประเทศไทย
- marine biome (ไบโอมแหล่งน้ำเค็ม)
  - coral reef (แนวปะการัง) → มีประสิทธิภาพในการผลิตมวลชีวภาพมากที่สุด
- estuary (ระบบนิเวศน้ำกร่อย)
  - river delta (ปากแม่น้ำ)
  - mangrove forest (ป่าชายเลน)
    - รอยต่อระหว่างระบบนิเวศบนบกและแหล่งน้ำ
    - แหล่งอาหาร/ หลบภัย/ วางไข่/ อนุบาลตัวอ่อน



E2 community (กลุ่มสิ่งมีชีวิต) = สิ่งมีชีวิตตั้งแต่ 2 ชนิด (species) ขึ้นไปมาอยู่ร่วมกัน

E2-1 หน้าที่ของสิ่งมีชีวิต

- autotroph (ผลิตอาหารเองได้) → producer (ผู้ผลิต)
  - photosynthesis (สังเคราะห์ด้วยแสง) → พืช/ สาหร่าย
  - chemosynthesis → แบคทีเรียสังเคราะห์ด้วยแสง (purple/ green sulfer bacteria)
  - เปลี่ยนสารอนินทรีย์เป็นสารอินทรีย์ = ทำให้เกิดการหมุนเวียนสารเป็นวัฏจักร
- heterotroph (ผลิตอาหารเองไม่ได้)
  - consumer (ผู้บริโภค) → สิ่งมีชีวิตที่กินผู้ผลิตหรือผู้บริโภคด้วยกันเองเป็นอาหาร ถ่ายทอดพลังงานโดยการกินกันเป็นทอดๆ
    - ผู้บริโภคพืช (herbivores) → ผู้บริโภคลำดับที่ 1
    - ผู้บริโภค (เนื้อ) สัตว์ (carnivores) → ผู้บริโภคลำดับที่ 2 ขึ้นไป (= ผู้บริโภคสัตว์ลำดับที่ 1 ขึ้นไป)
    - ผู้บริโภคทั้งพืชและสัตว์ (omnivores) → ผู้บริโภคลำดับที่ 1 หรือ 2 ขึ้นไป
    - ผู้บริโภคซากอินทรีย์ (detritivores) เช่น ไส้เดือน กิ้งกือ ปลวก
      - ซากพืช → ผู้บริโภคลำดับที่ 1
      - ซากสัตว์ → ผู้บริโภคลำดับที่ 2 (= ผู้บริโภคสัตว์ลำดับที่ 1 ขึ้นไป)
  - decomposers (ผู้ย่อยสลาย)
    - สิ่งมีชีวิตที่ทำหน้าที่หลั่งเอนไซม์ออกมาย่อยซากสิ่งมีชีวิต → เปลี่ยนสารอินทรีย์ (ซากสัตว์) เป็นสารอนินทรีย์ (ปุ๋ย)
    - ผู้รับพลังงานตัวสุดท้าย
    - ทำให้เกิดการหมุนเวียนสารเป็นวัฏจักร
    - แบคทีเรีย เห็ด รา และจุลินทรีย์อื่นๆ



E2-2

relationship (ความสัมพันธ์ในการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต)

- ภาวะแข่งขัน (competitive) → -/- → สิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ฝ่าย ต่างแก่งแย่งชิงปัจจัยบางอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด
- ภาวะปรสิต (parasitism) → +/- → สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งอาศัยอยู่กับสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง โดยผู้อาศัย (parasite) ได้ประโยชน์ แต่ผู้ถูกอาศัย (host) เสียประโยชน์
  - พยาธิใบไม้ในตับของคน
  - กาฝากกับต้นไม้
  - พยาธิตัวตืดในอวัยวะทางเดินอาหารของสัตว์
  - เห็บกับสุนัข
  - ทาก/ เหาดูดเลือดคน
  - ฟาจกับแบคทีเรีย

- ภาวะล่าเหยื่อ (predation) → +/- → ผู้ล่า (predator) จับสิ่งมีชีวิตที่เป็นเหยื่อ (prey) กินเป็นอาหาร โดยผู้ล่าได้ประโยชน์ เหยื่อเสียประโยชน์ (ตาย)
  - กบกินแมลง
  - งูกินกบ
  - นกเค้าแมวล่าเหยื่อ
  - แมงมุมกินแมลง/ ปลากินแพลงก์ตอน
  - แมลงกินน้ำหวาน

- ภาวะเกื้อกูลกัน/ อิงอาศัย (commensalism) → +/0 → ฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์แต่อีกฝ่ายไม่ได้/ ไม่เสียประโยชน์
  - พืชอิงอาศัย (epiphyte) → ชายผ้าสีดาบนต้นไม้ใหญ่
  - เหาฉลามกับฉลาม
  - ไลเคน (lichen) บนเปลือกไม้
  - หนูกับ *Leptospira*
  - ตัวอ่อนสัตว์น้ำในฟองน้ำ
  - สิ่งมีชีวิตชนิด A สร้างสาร a ซึ่งจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตชนิด B

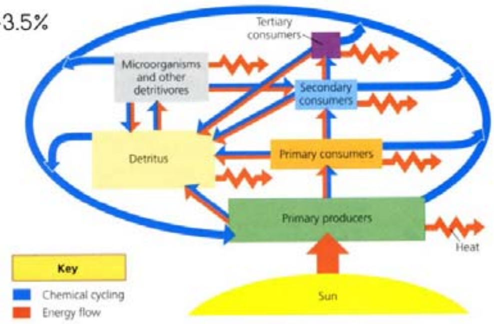
- ภาวะได้ประโยชน์ร่วมกัน (protocooperation) → +/+ → ต่างฝ่ายต่างได้ประโยชน์ แต่ก็สามารถแยกกันอยู่ได้โดยไม่มีการตายเกิดขึ้น
  - นกเอี้ยงกับควาย
  - ดอกไม้กับแมลง
  - ปูเสฉวนกับซีแอนีโมนี (ดอกไม้ทะเล)
  - ซีแอนีโมนีกับปลาการ์ตูน
  - มดดำกับเพลี้ย
  - กุ้งพยาบาลกับปลาผีเสื้อ
  - ค้างคาวผสมเกสรให้ต้นกล้วย

- ภาวะพึ่งพา (mutualism) → +/+ → ต่างฝ่ายต่างได้ประโยชน์ ไม่สามารถแยกกันอยู่ได้
  - ไลเคน
  - โพรโทซัว (*Trichonympha*)/ แบคทีเรีย (*Microcerotermes* sp.) ในลำไส้ปลวก
  - ไฮดรากับสาหร่ายสีเขียว
  - แบคทีเรีย *Escherichia coli* ในลำไส้ใหญ่ของคน
  - แบคทีเรียไรโซเบียม (*Rhizobium*) กับรากถั่ว
  - เชื้อราไมคอไรซา (mycorrhiza) ในรากสน
  - จุลินทรีย์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง
  - แหนแดงกับ *Anabaena*/ นอสตอก (*Nostoc* sp.)
  - ปะการังสร้าง CO_2 ให้ซูแซนเทลลี (zooxanthellae)
  - สิ่งมีชีวิต 2 ชนิด โดยชนิด A ต้องการสาร b ไปสร้างสาร a และชนิด B ต้องการสาร a ไปสร้างสาร b จึงมาอยู่ร่วมกัน

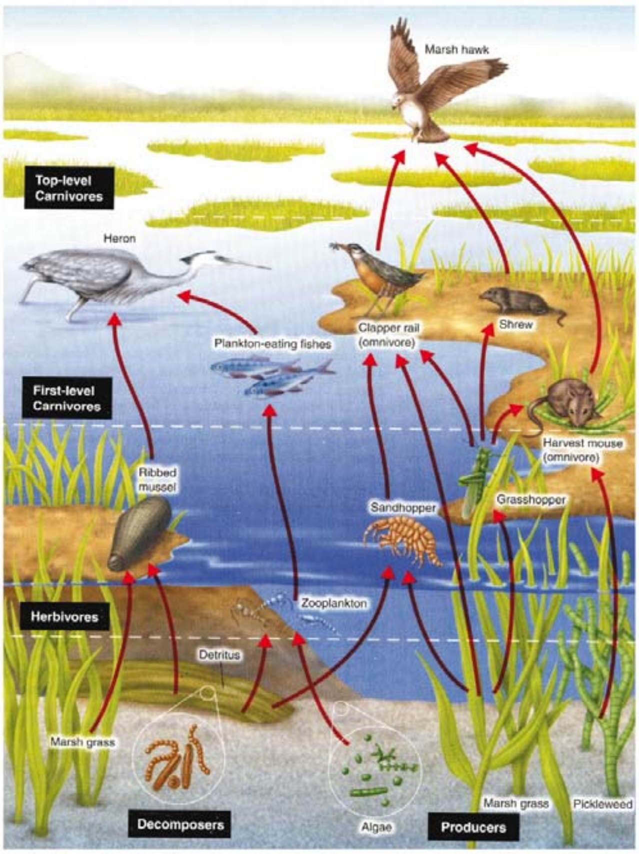
- ภาวะการหลั่งสารห้ามการเจริญหรือการทำลายล้าง (antibiosis) → 0/- → ฝ่ายหนึ่งไม่ได้ประโยชน์ แต่อีกฝ่ายเสียประโยชน์
  - *Penicillium*/ *Microcystis*
- ภาวะกระทบกระเทือน (amensalism) 0/- → ต้นไม้ใหญ่บังต้นไม้เล็ก
- ภาวะเป็นกลาง (neutralism) → 0/0 → สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต่างดำรงชีวิตกันอย่างอิสระไม่เกี่ยวข้องกัน
- ภาวะการย่อยสลาย (saprophytism) → +/0 → ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่ยังคงมีชีวิตอยู่กับสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว

E3 การถ่ายทอดพลังงาน

- ผู้ผลิต
  - นำพลังงานแสงมาเก็บไว้ในโมเลกุลของอาหาร = 0.5-3.5%
  - สะท้อนออกสู่บรรยากาศ = 10-15%
- ผู้บริโภคได้รับพลังงานจากการกินผู้ผลิต
  - พลังงานส่วนใหญ่จะถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ (ในรูปความร้อน)
  - ส่วนหนึ่งจะใช้ไปในการประกอบกิจกรรม
  - บางส่วนกลายเป็นกากอาหารขับถ่ายทิ้งไป
  - นำไปสร้างเนื้อเยื่อของตนเอง = 10% ของพลังงานศักย์ทั้งหมดในสิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหารของตนเอง

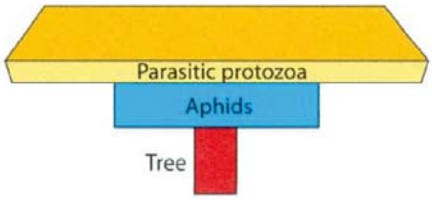


- ห่วงโซ่อาหาร (food chain) → ความสัมพันธ์เชิงอาหารซึ่งมีการถ่ายทอดพลังงานเคมีโดยการกินกันเป็นทอดๆ
  ผู้ผลิต → ผู้บริโภคลำดับที่ 1 → ผู้บริโภคลำดับที่ 2 → ผู้บริโภคลำดับที่ 3 → ...... → ผู้บริโภคลำดับสูงสุด
  - predator/ grazing food chain (ห่วงโซ่อาหารแบบบริโภค) → แมลงกินน้ำหวานจากดอกไม้/ นกเค้าแมวล่าเหยื่อ
  - parasitic food chain (ห่วงโซ่อาหารแบบปรสิต) → ทากดูดเลือดคน
  - detritus food chain (ห่วงโซ่อาหารแบบย่อยสลาย) → แร้งกินซาก/ เห็ดขึ้นบนขอนไม้
  - mix food chain (ห่วงโซ่อาหารแบบผสม)
- สายใยอาหาร (food web) → ความสัมพันธ์ระหว่างห่วงโซ่อาหารตั้งแต่ 2 ห่วงโซ่อาหารขึ้นไป

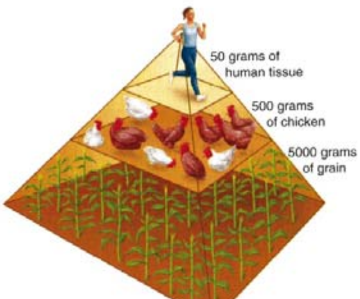


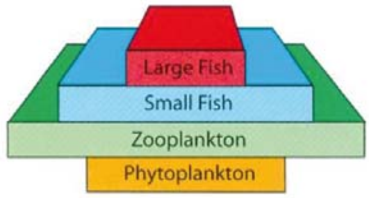
พีระมิดความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต

- พีระมิดจำนวน (pyramid of numbers) = จำนวนสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นเชิงอาหาร ในหน่วยต้นหรือตัวต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตร (สิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนน้อยที่สุด = ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย)
  - พีระมิดหัวกลับในภาวะอิงอาศัยบนต้นไม้ใหญ่/ ภาวะปรสิต/ ภาวะย่อยสลาย

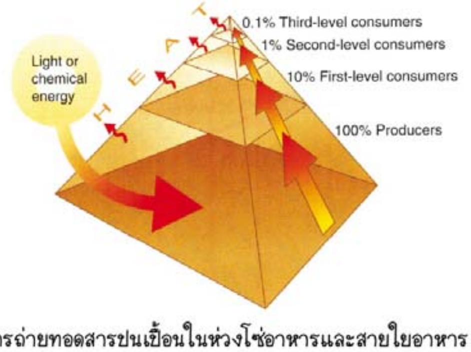


- พีระมิดมวลชีวภาพ (pyramid of biomass) = ปริมาณสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นเชิงอาหาร ในหน่วยน้ำหนักแห้งหรือจำนวนแคลอรีต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตร (สิ่งมีชีวิตที่มีมวลชีวภาพน้อยที่สุด = ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย)
  - ในทะเล แพลงก์ตอนพืชจะมีมวลน้อยกว่าความเป็นจริง (อาจเกิดพีระมิดหัวกลับได้)

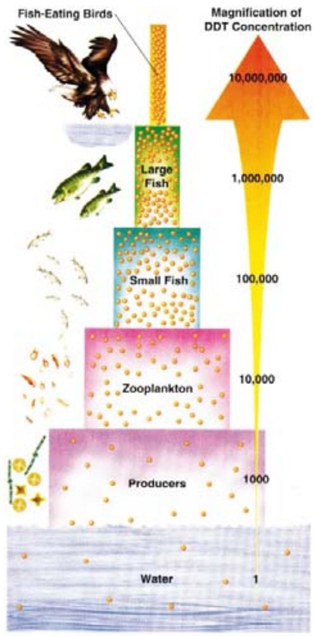




- พีระมิดพลังงาน (pyramid of energy) = ปริมาณสิ่งมีชีวิตในหน่วยของพลังงานต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตรต่อหน่วยเวลา
  - กฎ 10% = 10% biomass + 90% activity
  - หัวตั้งเสมอ ไม่มีหัวกลับ



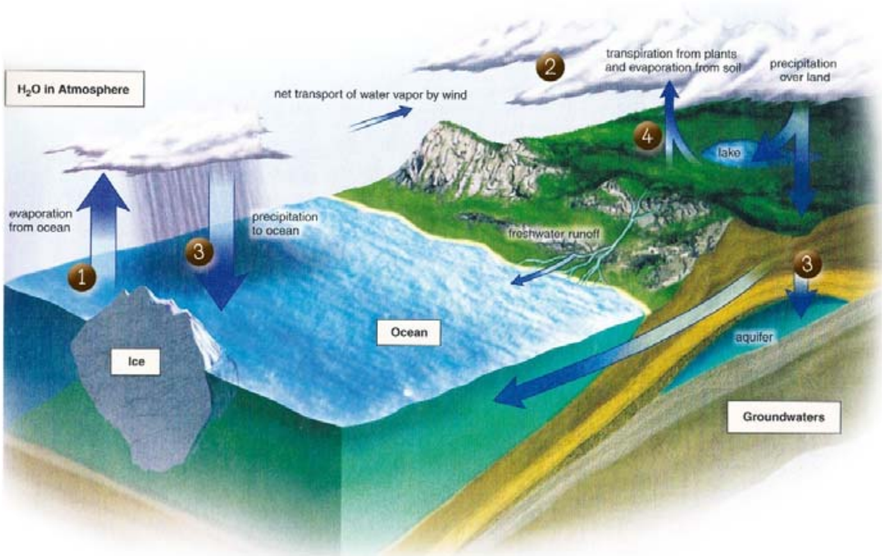
- การถ่ายทอดสารปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารและสายใยอาหาร (biomagnification/ bioaccumulation)
  = การสะสมสารพิษในสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้นตามลำดับการบริโภค
  → ผู้บริโภคลำดับสุดท้ายจะมีสารพิษมากที่สุด



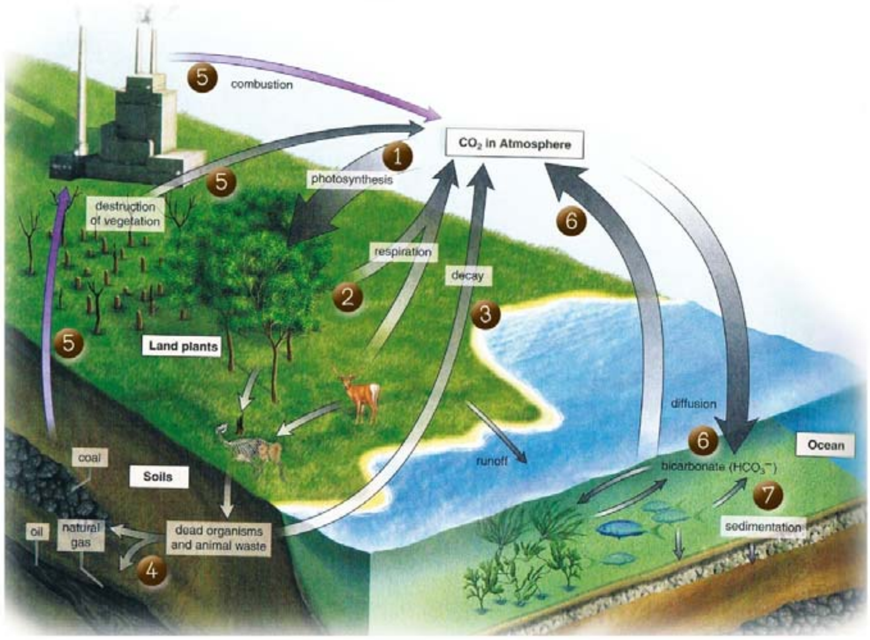
E4
nutrient cycle (วัฏจักรของสาร)

E4-1
gaseous nutrieut cycle (หมุนเวียนผ่านบรรยากาศ/ ขาดแคลนยาก/ ครบทั้ง 3 สถานะ)

hydrologic/ water cycle (วัฏจักรน้ำ)

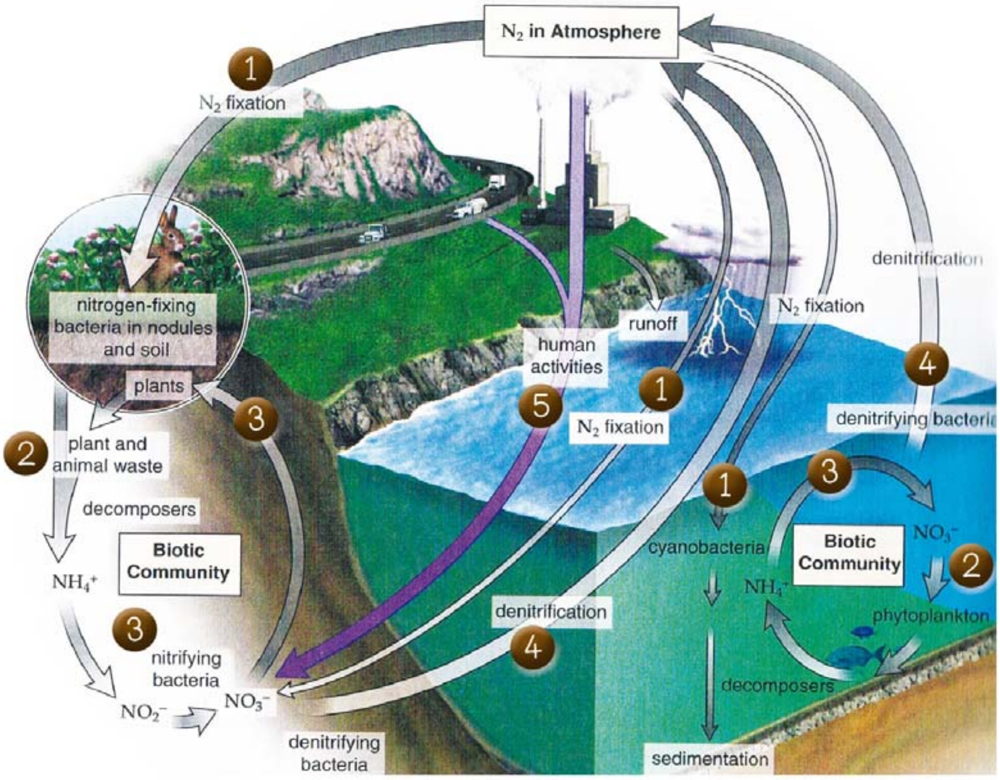


carbon cycle (วัฏจักรคาร์บอน)



nitrogen cycle (วัฏจักรไนโตรเจน)

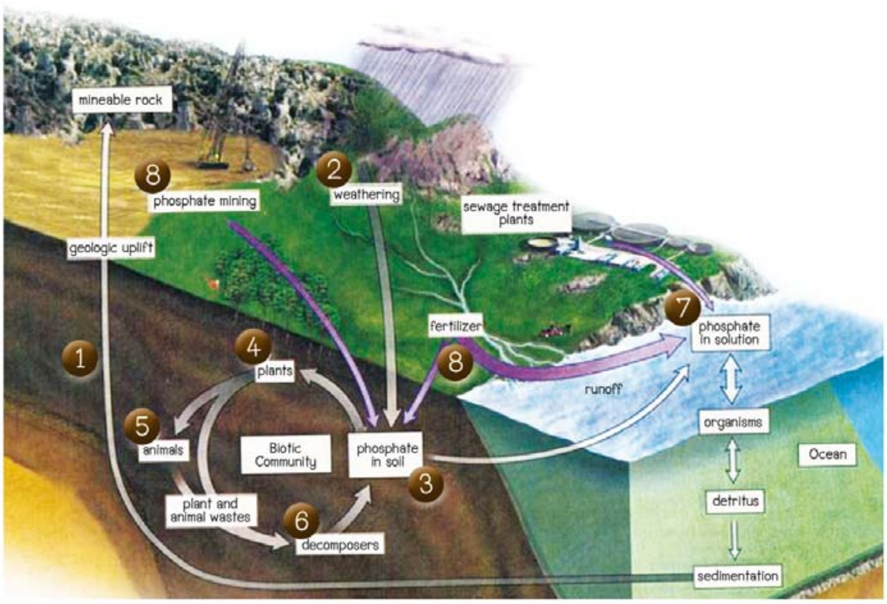
- ตรึงไนโตรเจนเป็นไนเตรต (nitrogen fixation)
  - ไนโตรเจน (N_2) $\rightarrow$ ไนเตรต (NO_3^-)
    - อะโซโทโมแนส/ อะโซโทแบคเตอร์
    - คลอสทริเดียม/ แคโลทริกซ์/ ออสซิลลาทอเรีย
    - *Rhizobium* (ไรโซเบียม) ในพืชตระกูลถั่ว
    - อะนาบีนา/ นอสตอก & แหนแดง
- ammonification (การสร้างแอมโมเนีย)
  - สารประกอบอินทรีย์ $\rightarrow$ แอมโมเนีย (NH_3)
  - แอคติโนไมซิส/ ผู้ย่อยสลาย
- nitrificaion (การสร้างไนไตรต์และไนเตรต)
  - แอมโมเนีย (NH_3) $\rightarrow$ ไนไตรต์ (NO_2^-)
    - ไนโตรโซโมแนส
    - ไนโตรคอคคัส
    - ไนโตรคิสทิส
  - ไนไตรต์ (NO_2^-) $\rightarrow$ ไนเตรต (NO_3^-)
    - ไนโตรแบคเตอร์
- denitrification (การสลายไนเตรต)
  - ไนเตรต (NO_3^-) $\rightarrow$ ไนโตรเจน (N_2)
  - ไมโครคอคคัส/ ซูโดโมแนส/ โครโมแบคทีเรียม



E4-2

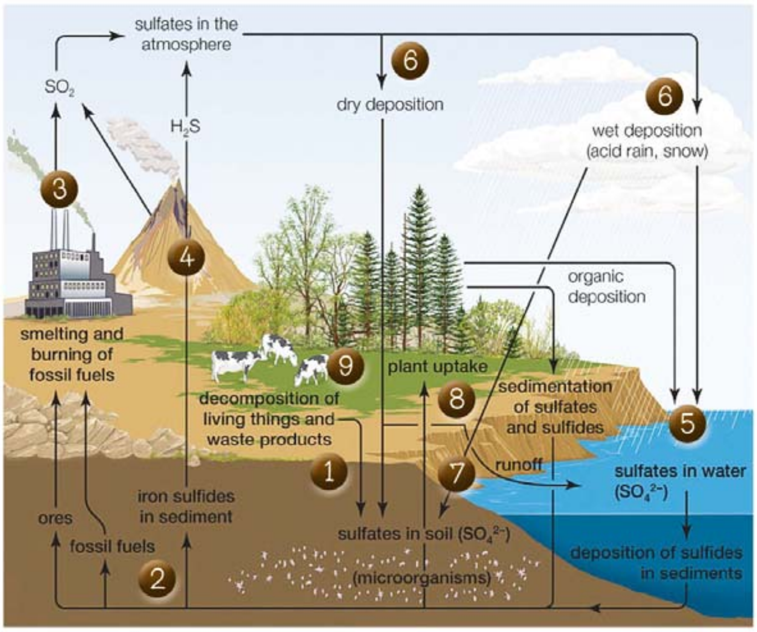
sedimentary cycle (วัฏจักรของตะกอน/ หมุนเวียนผ่านน้ำและดิน/ ขาดแคลนง่าย)

phosphorous cycle (วัฏจักรฟอสฟอรัส)



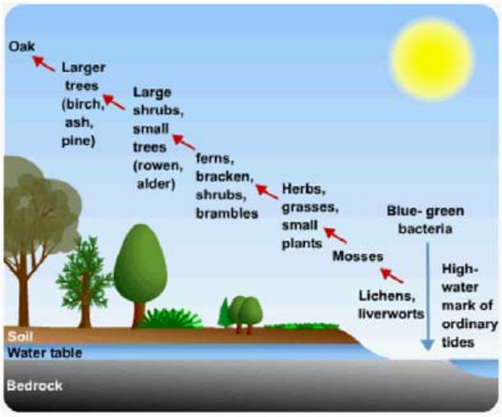
sulfur cycle (วัฏจักรกำมะถัน)

→ สามารถพบได้ในรูปแก๊ส → ฝนกรด

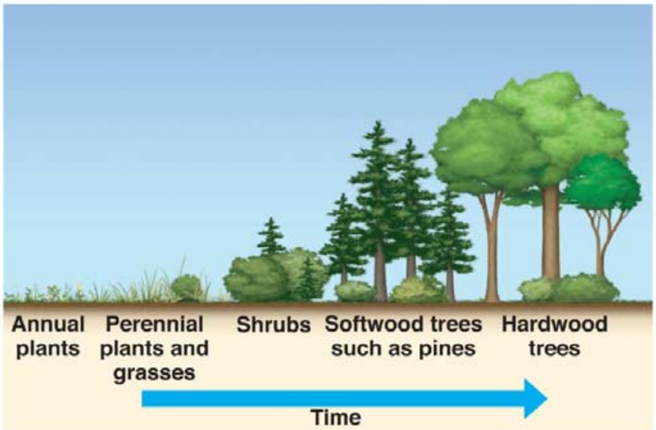


E5 ecological succession (การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ)

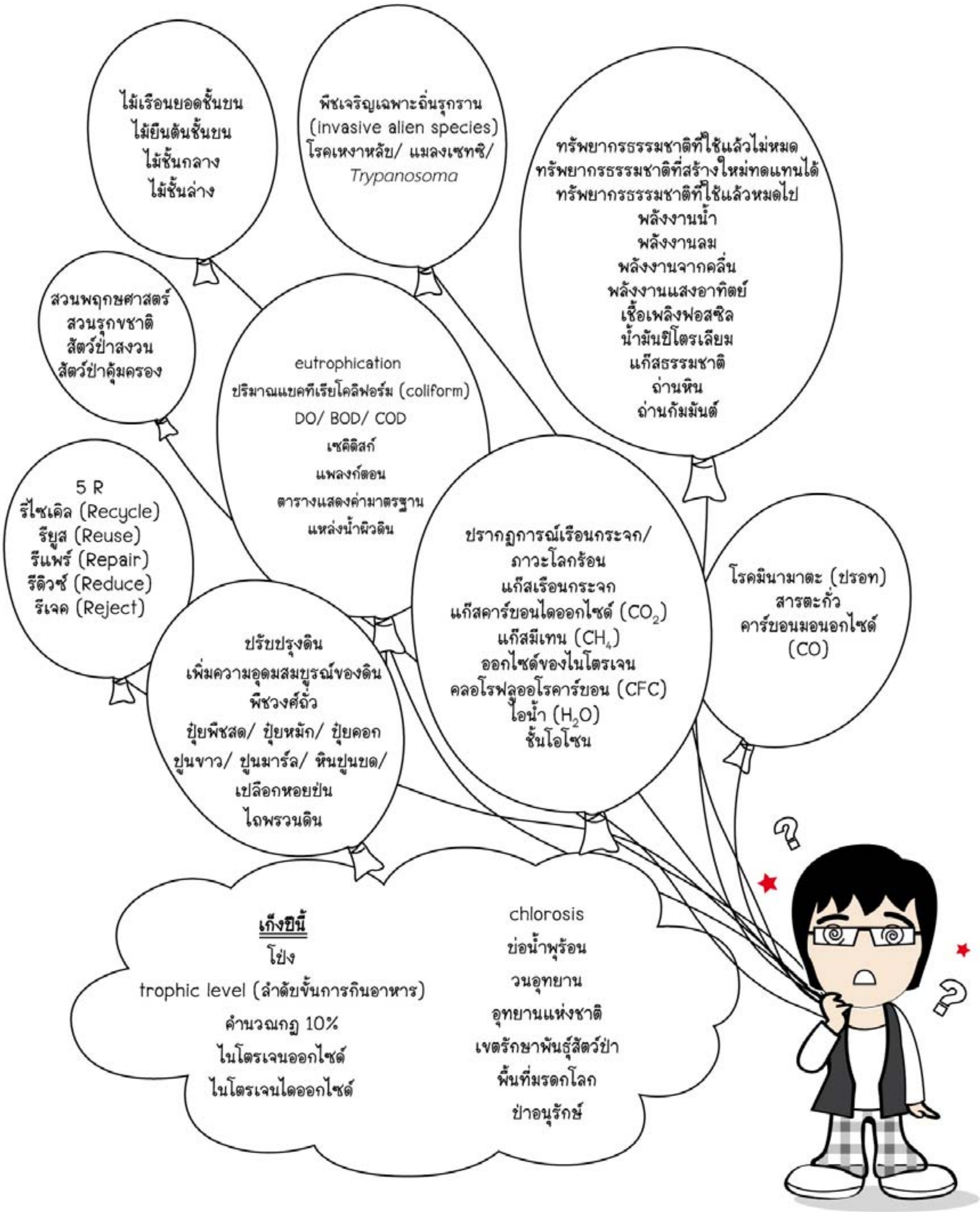
- primary succession (การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ)
  - ปราศจากสิ่งมีชีวิตมาก่อน → บนก้อนหิน (หินเป็นดิน)/ พื้นลาวาจากภูเขาไฟระเบิด
  - ลำดับ
    - 1 ครัสโตสไลเคน (ไลเคน = สาหร่าย + รา) = pioneer (ผู้บุกเบิก)
      → เริ่มต้นกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ
    - 2 โฟลิโอสไลเคน
    - 3 ฟรูติโคสไลเคน
    - 4 มอส
    - 5 หญ้า/ ไม้พุ่ม
    - 6 พืชยืนต้น
    - 7 complex community
      - สังคมสิ่งมีชีวิตขั้นสุด (climax community)
      - มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง
        = มีสิ่งมีชีวิตหลายชนิด
      - อยู่ในสภาวะสมดุล
        = สภาพแวดล้อมค่อนข้างคงที่
      - มีสายใยอาหารที่ซับซ้อนมาก
      - เช่น ป่าดงดิบ



- secondary succession (การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ)
  - ทดแทน primary succession ที่ถูกทำลาย → ป่าไม้ถูกไฟไหม้
  - หญ้า/ ไม้พุ่ม = pioneer → เริ่มต้นกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ



ศัพท์อื่นๆ ที่ควรทราบ



✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧


BIO
note

แบรนด์ ซัมเมอร์แคมป์ ปีที่ 26

เอกสารประกอบคำบรรยาย
วิชา PAT 2
ชีววิทยา

โดย **ดร.ศุภณัฐ ไพโรหกุล**
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความรู้พื้นฐานทางชีววิทยา

บทนำเกี่ยวกับชีววิทยา (Introduction to Biology)

ชีววิทยา (Biology) มาจากรากศัพท์ภาษากรีก คือ คำว่า *bios* ซึ่งแปลว่า ชีวิต และ *logos* แปลว่า วิทยาศาสตร์ หรือความรู้ ดังนั้นชีววิทยาจึงเป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตในแง่มุมต่างๆ ทั้งในแง่ของโครงสร้าง การทำงาน การสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต วิวัฒนาการ ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมภายนอก รวมไปถึงการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นกลุ่มต่างๆ ด้วยเหตุนี้ชีววิทยาจึงจัดเป็นวิชาที่มีการศึกษาในมุมมองที่กว้างมากและประกอบด้วยสาขาวิชาย่อยๆ จำนวนมาก

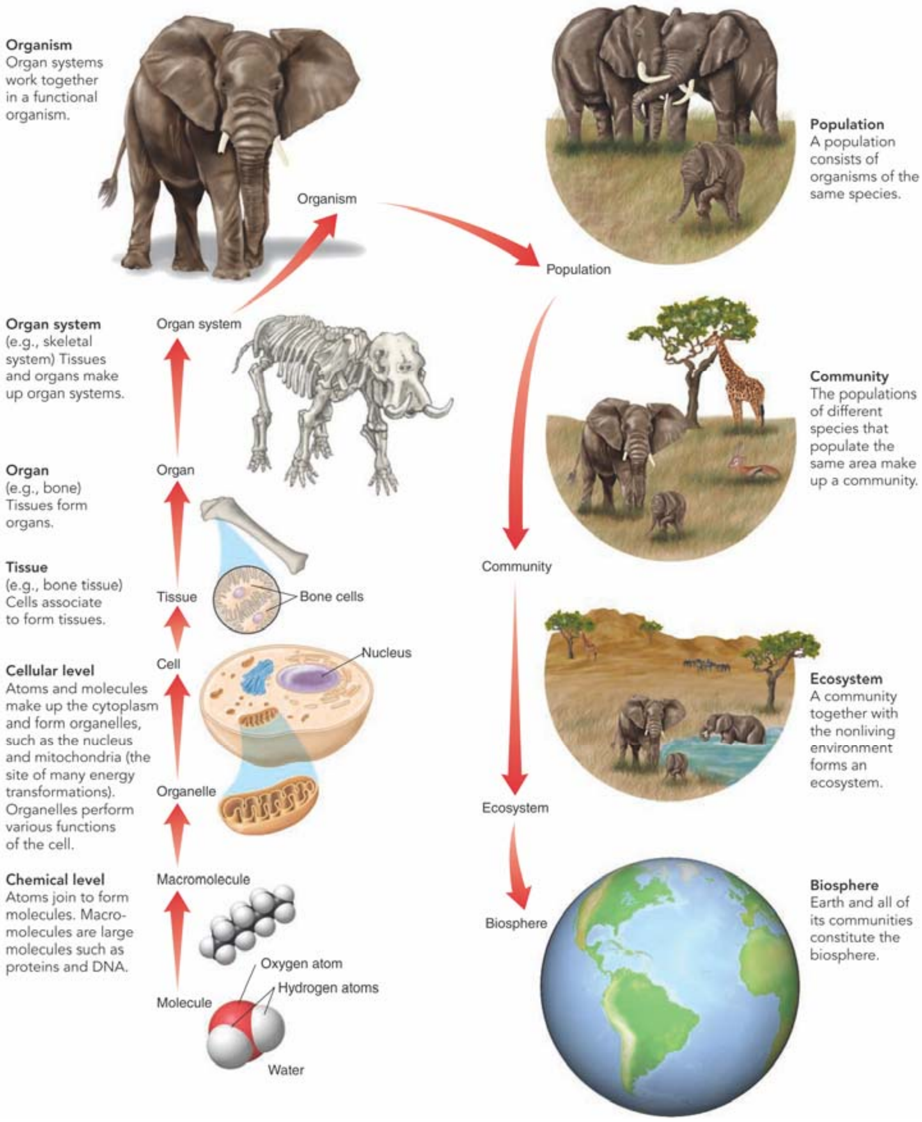
ตัวอย่างสาขาต่างๆ ของชีววิทยาที่น่าสนใจ เช่น

1. สัตววิทยา (Zoology) – ศึกษาเกี่ยวกับสัตว์
2. พฤกษศาสตร์ (Botany) – ศึกษาเกี่ยวกับพืช
3. พันธุศาสตร์ (Genetics) – ศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
4. อนุกรมวิธาน (Taxonomy) – ศึกษาเกี่ยวกับการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต
5. กายวิภาคศาสตร์ (Anatomy) – ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต
6. สรีรวิทยา (Physiology) – ศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของโครงสร้างต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต
7. นิเวศวิทยา (Ecology) – ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

ลักษณะของสิ่งมีชีวิต (Characteristics of Life)

เราสามารถแยกออกได้ว่า แบคทีเรีย ต้นมะม่วง กระต่าย เป็นสิ่งมีชีวิต ขณะที่ก้อนหิน รถยนต์ไม่ใช่สิ่งมีชีวิต แต่การให้นิยามของสิ่งมีชีวิต (Living Organism) ในทางชีววิทยาไม่สามารถทำได้ด้วยการให้ความหมายได้ครอบคลุมในหนึ่งประโยค นักชีววิทยาจึงเลือกใช้ลักษณะร่วมกันหลายๆ ลักษณะของสิ่งมีชีวิตในการพิจารณาว่าเป็นสิ่งมีชีวิตหรือไม่ ลักษณะของสิ่งมีชีวิตมีหลายประการ ตัวอย่างเช่น

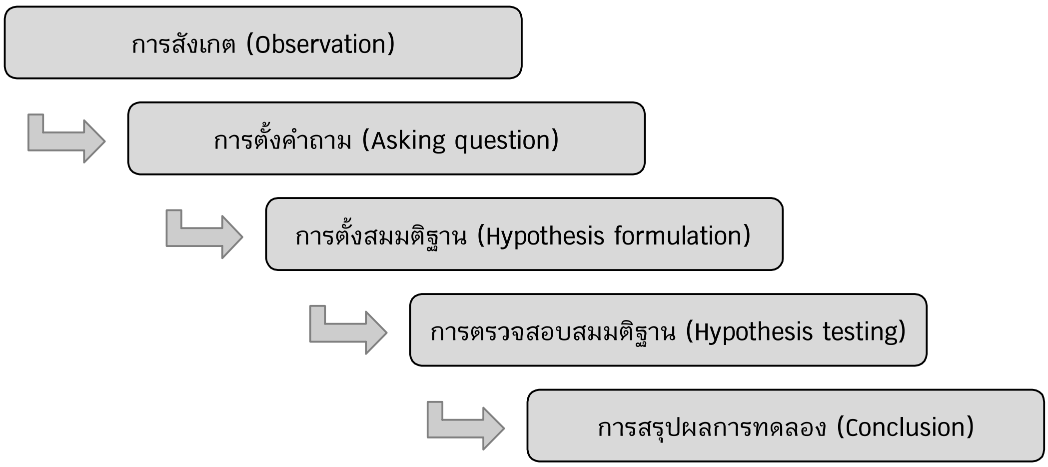
1. สิ่งมีชีวิตประกอบขึ้นจากเซลล์ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต
2. สิ่งมีชีวิตมีการจัดระเบียบในร่างกาย (Organization)
3. สิ่งมีชีวิตมีกลไกการรักษาสมดุลของกระบวนการเมแทบอลิซึม
4. สิ่งมีชีวิตมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Respond to stimulus)
5. สิ่งมีชีวิตมีการสืบพันธุ์ (Reproduction)
6. สิ่งมีชีวิตมีการเติบโต (Growth) และการเจริญ (Development)
7. สิ่งมีชีวิตมีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Genetic Transmission)
8. สิ่งมีชีวิตมีการวิวัฒนาการ (Evolution) เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป



การจัดลำดับขั้นในทางชีววิทยา (Biological Organization)

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Process)

เนื่องจากวิชาชีววิทยาจัดเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่สำคัญ ดังนั้นการเข้าใจถึงระเบียบและวิธีการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จึงมีความจำเป็นต่อการศึกษาทางชีววิทยา กระบวนการการสืบสวนอย่างมีระบบต่างๆ ผ่านการสังเกตและการตั้งคำถามอย่างเป็นระบบนี้ เรียกว่า **กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method)** ซึ่งประกอบขึ้นด้วยขั้นตอนต่างๆ



กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Process)

ตัวแปร (Variables) ของการทดลองสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. ตัวแปรต้น (Independent Variables) – ตัวแปรที่เป็นอิสระในการทดลอง ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเป็นตัวแปรที่นักวิทยาศาสตร์สนใจจะศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากตัวแปรต้นชนิดนี้ อาจจะเรียกว่า ตัวแปรต้น
2. ตัวแปรตาม (Dependent Variables) – ตัวแปรที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรต้น
3. ตัวแปรควบคุม (Controlled Variables) – ตัวแปรที่ใช้ในการควบคุมการทดลองให้คงที่ เพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยต่างๆ ได้อย่างรัดกุมมากขึ้น

ตัวอย่างเช่น การศึกษาผลของปุ๋ยชนิด A B และ C ที่มีผลต่อความสูงเฉลี่ยของต้นถั่วเขียวเมื่อเพาะเป็นเวลา 30 วัน จากการทดลองนี้จะพบว่าตัวแปรต้นของการทดลอง คือ ชนิดของปุ๋ย เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์สามารถปรับเปลี่ยนและจัดการตัวแปรเหล่านี้ได้ (Manipulation) ส่วนความสูงเฉลี่ยของต้นถั่วเขียวเมื่อเพาะเป็นเวลา 30 วันจะเป็นตัวแปรตามของการทดลอง สำหรับตัวแปรควบคุมของการทดลองนี้อาจจะเป็นปัจจัยอื่นๆ ที่นอกเหนือจากปุ๋ย ตัวอย่างเช่น ชนิดพันธุ์ถั่วเขียว แหล่งที่มาของดิน ปริมาณน้ำ หรือปริมาณแสง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จำเป็นจะต้องควบคุมให้ใกล้เคียงหรือเหมือนกันมากที่สุด เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลของปุ๋ยต่อความสูงเฉลี่ยของต้นถั่วเขียวได้เหมาะสมตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สุด

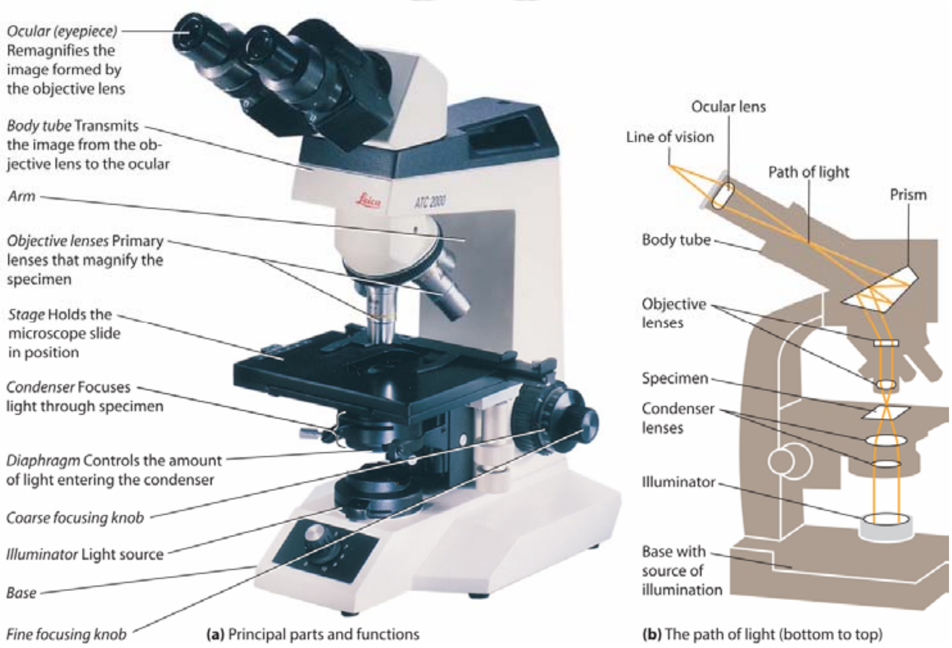
กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

กล้องจุลทรรศน์ (Microscope) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเซลล์ เนื้อเยื่อ หรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามแหล่งกำเนิดแสง คือ

1. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope)
2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron microscope) – กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูง
   1.1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)
      - ภาพที่เห็นเป็นภาพ 3 มิติ นิยมใช้ในการศึกษาพื้นผิวของเซลล์หรือโครงสร้างต่างๆ
   1.2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)
      - ภาพที่เห็นเป็นภาพ 2 มิติ นิยมใช้ในการศึกษาโครงสร้างภายในของเซลล์

ข้อสังเกตเพิ่มเติมเกี่ยวข้องกับกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

- กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ = กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา × กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ
- กำลังขยายภาพเพิ่มขึ้น มุมมองของภาพจะแคบลง แต่ถ้ากำลังขยายภาพลดลง มุมมองของภาพจะกว้างขึ้น ดังนั้นเมื่อต้องการคำนวณภาพที่เกิดจากกล้องจุลทรรศน์จึงต้องใช้บัญญัติไตรยางศ์ส่วนกลับในการคิด
- ภาพที่เกิดขึ้นจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงจะมีลักษณะกลับซ้ายเป็นขวา กลับบนเป็นล่าง ดังนั้นถ้าเลื่อนสไลด์ไปทางขวาภาพที่เห็นในกล้องจุลทรรศน์ก็จะเลื่อนไปทางซ้าย ทำนองเดียวกันถ้าเลื่อนสไลด์ไปทางด้านบนภาพที่เห็นจะเลื่อนมาด้านล่าง
- กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereomicroscope) เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายต่ำกว่ากล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดา ภาพที่เห็นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้งและเป็นภาพสามมิติ จึงเหมาะกับการใช้ในการผ่าตัดสัตว์หรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก



โครงสร้างของกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

แนวข้อสอบ

ความรู้พื้นฐานทางชีววิทยา

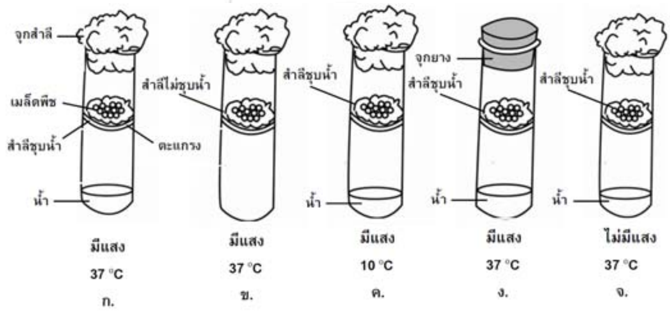
จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาพของกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงคือข้อใด

   ก. เลนส์รวมแสง   ข. เลนส์ใกล้ตา   ค. ปุ่มปรับภาพ   ง. ลำกล้อง

   1) ก. และ ข.   2) ข. และ ค.   3) ค. และ ง.   4) ก. และ ง.

2. จากภาพ



   ชุดการทดลองใดที่ต้องการทดสอบว่า น้ำและออกซิเจนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการงอกเมล็ดหรือไม่ ตามลำดับ

   1) ก. กับ ข. และ ก. กับ ค.   2) ก. กับ ข. และ ก. กับ ง.

   3) ก. กับ ค. และ ก. กับ จ.   4) ก. กับ ง. และ ก. กับ จ.

3. สิ่งที่กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ**แตกต่าง**จากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา คือข้อใด

   ก. ใช้ศึกษาได้ทั้งวัตถุโปร่งแสงและทึบแสง

   ข. เลนส์ใกล้วัตถุมีกำลังขยายน้อยกว่า 4X

   ค. ภาพที่เห็นเป็นภาพ 3 มิติ และเป็นภาพจริง

   1) ก.   2) ก. และ ข.   3) ข. และ ค.   4) ก., ข. และ ค.

4. วิธีการศึกษาเซลล์และการใช้อุปกรณ์ในการศึกษา ข้อใดใช้ได้อย่าง**เหมาะสมที่สุด**

   1) เตรียมตัวอย่างสด (Wet Mount) ของโปรโตซัว ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light Microscope)

   2) ตัดภาคตัดขวางรังไข่พืชดอกเพื่อศึกษาสัณฐานวิทยา ด้วยกล้องจอมืด (Dark-field Microscope)

   3) เกลี่ยบาง (Smear) จุลินทรีย์บนสไลด์ ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereomicroscope)

   4) เกลี่ยบาง (Smear) เซลล์เม็ดเลือด ส่องด้วยกล้องฟลูออเรสเซนส์ (Fluorescence Microscope)

เฉลย

1. 1)   2. 2)   3. 2)   4. 1)

การประสานงานในร่างกาย

บทนำเรื่องระบบประสาท (Introduction to Nervous System)

ระบบที่ทำหน้าที่หลักในการควบคุมการทำงานของร่างกายให้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ มี 2 ระบบ คือ

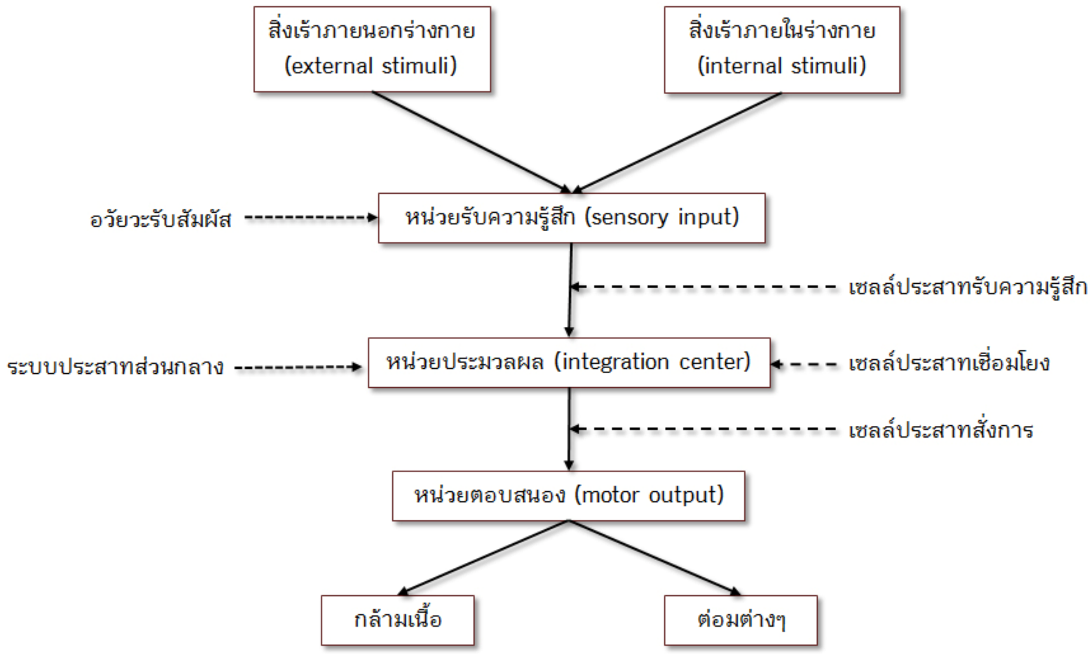
1. ระบบประสาท (Nervous System)
2. ระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine System)

} ระบบประสานงาน (Coordinating System)

ความแตกต่างของการตอบสนองของระบบประสาทกับระบบต่อมไร้ท่อสามารถสรุปได้ดังตาราง

ข้อเปรียบเทียบ	ระบบประสาท	ระบบต่อมไร้ท่อ
รูปแบบการสื่อสาร	กระแสไฟฟ้าและสารเคมี	สารเคมี (ฮอร์โมน)
ความเร็วในการตอบสนอง	ตอบสนองต่อสิ่งเร้ารวดเร็ว	ตอบสนองต่อสิ่งเร้าช้า
ระยะเวลาในการตอบสนอง	ตอบสนองเป็นระยะเวลาสั้น	ตอบสนองเป็นระยะเวลานานกว่า
สารเคมีที่ใช้ในการสื่อสาร	สารสื่อประสาท	ฮอร์โมน

การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของระบบประสาท (Reflex Arc) สามารถสรุปได้ดังนี้



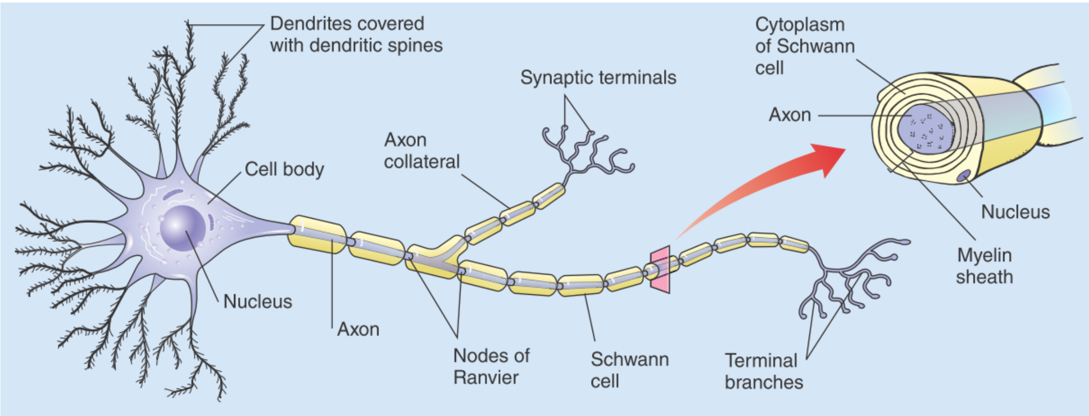
แผนภาพสรุปการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของระบบประสาท

เซลล์ประสาท (Neuron)

เซลล์ประสาท (Neuron) เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่หลักภายในระบบประสาท ประกอบด้วยส่วนตัวเซลล์ (Cell Body หรือ Soma) ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานภายในเซลล์ประสาทและสร้างสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) และส่วนที่เป็นแขนงยื่นออกจากตัวเซลล์ (Processes) ซึ่งมี 2 ชนิด คือ เดนไดรต์ (Dendrite) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับกระแสประสาทเข้ามาภายในตัวเซลล์ ขณะที่ส่วนของแอกซอน (Axon) จะเกี่ยวข้องกับการเกิดกระแสประสาทและส่งกระแสประสาทต่อไปยังเซลล์อื่นๆ บริเวณปลายสุดของแอกซอนจะมีลักษณะโป่งออกเป็นกระเปาะ เรียกว่า Synaptic Terminal ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดการไซแนปส์ไปยังเซลล์อื่นๆ ต่อไป

แอกซอนของเซลล์ประสาทในสัตว์มีกระดูกสันหลังจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบหลัก คือ

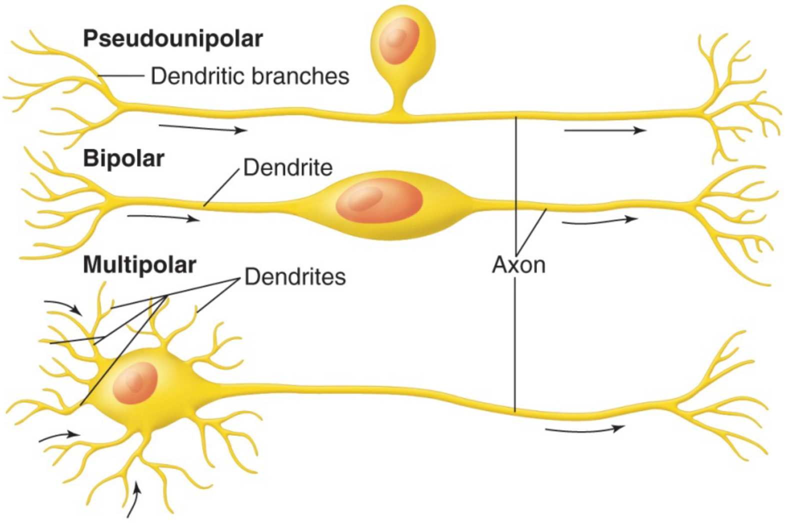
1. แอกซอนที่ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน (Nonmyelinated Axon)
2. แอกซอนที่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน (Myelinated Axon) – ส่งกระแสประสาทได้เร็วกว่า



โครงสร้างของเซลล์ประสาทหลายขั้วในร่างกาย

เซลล์ประสาทสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามรูปร่าง คือ

1. เซลล์ประสาทขั้วเดียว (Pseudounipolar Neuron)
   - มีแขนงแยกออกมาจากตัวเซลล์เพียง 1 อันแล้วจึงค่อยแยกออกไปเป็น Dendrite และ Axon
   - พบในเซลล์ประสาทรับความรู้สึกที่อยู่ในปมประสาทรากบนไขสันหลัง (Dorsal Root Ganglion)
2. เซลล์ประสาทสองขั้ว (Bipolar Neuron)
   - มีแขนงแยกออกมาจากตัวเซลล์ 2 อัน คือ Dendrite และ Axon อย่างละ 1 อัน
   - พบในเซลล์ในชั้นเรตินา (Retina) ในตา เซลล์รับกลิ่น (Olfactory Cell) ในโพรงจมูก และในหูชั้นใน
3. เซลล์ประสาทหลายขั้ว (Multipolar Neuron)
   - เซลล์ประสาทที่พบมากในร่างกาย มี Dendrite แยกออกมาจำนวนมาก โดยทั่วไปมักมี 1 Axon
   - พบในระบบประสาทส่วนกลางเป็นหลัก (สมองและไขสันหลัง)



ชนิดของเซลล์ประสาทแบบต่างๆ (แบ่งตามรูปร่าง)

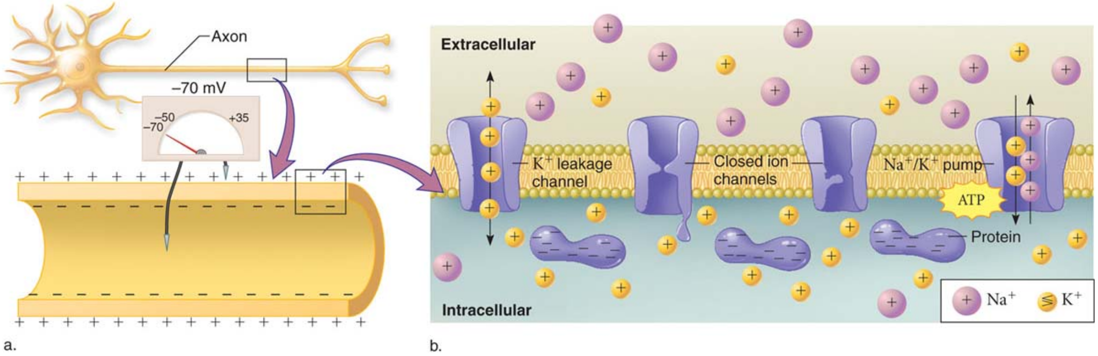
ศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ (Membrane Potential)

เซลล์สัตว์ทุกชนิดจะมีความแตกต่างของประจุไฟฟ้าระหว่างภายในเซลล์กับภายนอกเซลล์ ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของของเหลวภายในเซลล์และภายนอกเซลล์มีปริมาณไอออนแต่ละชนิดที่แตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น ในสภาวะปกติเซลล์ประสาทจะมี Na^+ อยู่ภายนอกเซลล์มากกว่าภายในเซลล์ และจะมี K^+ อยู่ภายในเซลล์มากกว่าภายนอกเซลล์ ดังนั้นโดยทั่วไป Na^+ จึงมีแนวโน้มจะแพร่เข้ามาภายในเซลล์ ขณะที่ K^+ มีแนวโน้มที่จะแพร่ออกนอกเซลล์ ผ่านทางโปรตีนบนเยื่อหุ้มเซลล์ที่มีลักษณะเป็นช่อง (Passive Channel) อย่างไรก็ตามเซลล์ประสาทสามารถรักษาความเข้มข้นไอออนได้โดยอาศัยการทำงานของ Na-K Pump ในการปั๊มเอา Na^+ ออกไปสะสมไว้ภายนอกเซลล์ และนำ K^+ เข้ามาสะสมไว้ภายในเซลล์ในสัดส่วน $3Na^+ : 2K^+$ ผ่านการใช้พลังงานในรูปของ ATP (Active Transport)

ในสภาพปกติที่เซลล์ประสาทไม่ถูกกระตุ้นจะมีศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ในระยะพัก (Resting Membrane Potential) ประมาณ -70 mV โดยภายในเซลล์จะมีค่าเป็นลบเมื่อเทียบกับภายนอกเซลล์ ทั้งนี้เพราะเหตุผล 2 ประการ คือ

1. K^+ ที่อยู่ภายในเซลล์จะรั่วออกนอกเซลล์ผ่านทาง K^+ Leak Channel ซึ่งมีจำนวนมากกว่า Na^+ Passive Channel ที่ให้ Na^+ จากภายนอกไหลเข้ามาในเซลล์ ดังนั้นเมื่อคิดสุทธิแล้วเซลล์จึงมีการสูญเสียประจุบวกไปจาก K^+ มาก จึงทำให้ภายในเซลล์มีประจุเป็นลบ

2. โปรตีนและกรดนิวคลีอิกที่อยู่ภายในเซลล์มีประจุเป็นลบและไม่สามารถเคลื่อนออกไปนอกเซลล์ได้ จึงส่งผลให้ภายในเซลล์มีประจุเป็นลบเมื่อเทียบกับภายนอกเซลล์



สภาพของแอกซอนเซลล์ประสาทในระยะพัก (Resting Membrane Potential)

การส่งกระแสประสาทภายในเซลล์ (Action Potential)

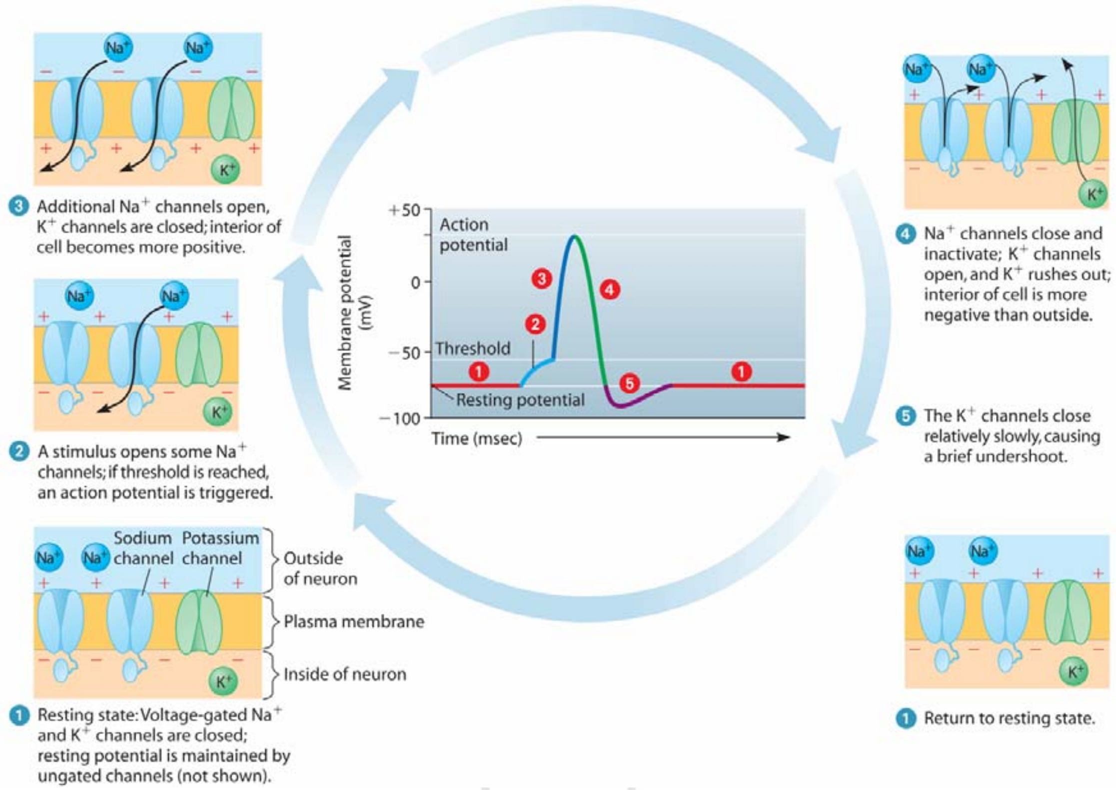
กระแสประสาท (Action Potential หรือ Nerve Impulse) มีขั้นตอนการเกิดสรุปได้ดังนี้

1. ในสภาวะปกติที่ยังไม่มีสิ่งเร้ามากระตุ้น ประตูโซเดียม (Sodium Channel) และประตูโพแทสเซียม (Potassium Channel) จะปิด จะมีเพียง Passive Channel ที่เปิดอยู่ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น ดังนั้น Na^+ และ K^+ จะอยู่ในสภาวะสมดุล

2. สิ่งเร้าที่มากระตุ้นเซลล์ประสาทเมื่อมีความแรงถึงระดับที่เหมาะสม จะกระตุ้นให้เซลล์ประสาทเกิดการ Depolarization ขึ้น โดยทำให้ประตูโซเดียม (Sodium Gated) เปิด ทำให้ Na^+ จากภายนอกเซลล์ ไหลเข้ามาภายในเซลล์ประสาทมากขึ้น ภายในเซลล์ประสาทจึงมีประจุเป็นบวกเมื่อเทียบกับภายนอกเซลล์

3. หลังจากที่ประตูโซเดียมเปิดไปสักพักก็จะปิดลง ขณะที่ส่วนประตูโพแทสเซียม (Potassium Gated) จะเปิดแทน ทำให้ K^+ ที่มีมากอยู่ในเซลล์เกิดการไหลออกนอกเซลล์มากขึ้น ภายในเซลล์จึงมีความเป็นลบมากขึ้น เรียกระยะนี้ว่า Repolarization

4. เนื่องจากประตูโพแทสเซียมปิดช้ากว่าประตูโซเดียม ดังนั้นจึงทำให้เซลล์ประสาทสูญเสีย K^+ ออกไปมากกว่าปกติ และทำให้ศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์มีค่าเป็นลบมากกว่าในระยะพัก เรียกระยะนี้ว่า Hyperpolarization หรือ undershoot แต่ในท้ายที่สุดศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์จะกลับเข้าสู่สภาวะพักใหม่อีกครั้ง เนื่องจาก Na-K Pump ที่ทำงานอยู่ตลอดเวลาจะปรับความเข้มข้นของไอออนให้เข้าสู่สภาวะสมดุลได้



การเปลี่ยนแปลงของไอออนต่างๆ ขณะเกิดการส่งกระแสประสาท

ข้อสังเกตเพิ่มเติม : Na–K Pump จะทำงานตลอดเวลารวมถึงขณะที่เกิดการส่งกระแสประสาท (Action Potential)

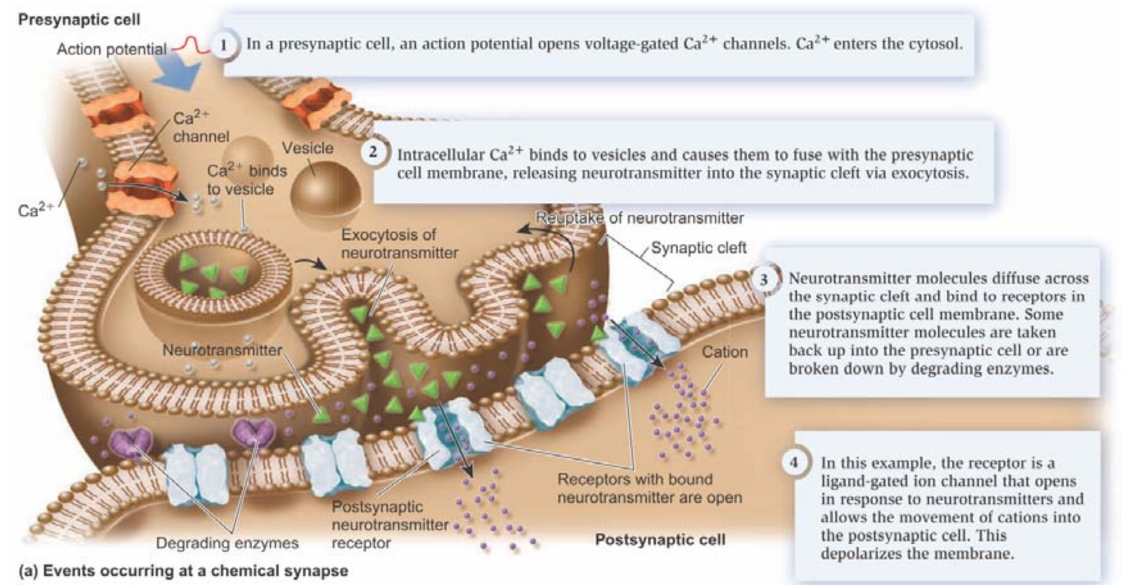
ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการส่งกระแสประสาท

1. เส้นผ่านศูนย์กลางของแอกซอน
   - แอกซอนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่จะมีความเร็วในการส่งกระแสประสาทมาก
2. การมีและการไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน
   - แอกซอนที่มีเยื่อหุ้มไมอีลินหุ้ม (Myelinated Axon) จะมีความเร็วในการส่งกระแสประสาทมากกว่า
   - แอกซอนที่ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน (Nonmyelinated Axon)
3. ระยะห่างระหว่าง Node of Ranvier ในแอกซอนที่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน
   - ระยะห่างระหว่าง Node of Ranvier ยิ่งมาก ความเร็วในการส่งกระแสประสาทยิ่งเพิ่มมากขึ้น

การไซแนปส์ (Synapse)

เมื่อกระแสประสาทเคลื่อนมายังบริเวณปลายสุดของแอกซอน และจะส่งต่อไปยังเซลล์ถัดไป กระบวนการส่งกระแสประสาทระหว่างเซลล์นี้ เรียกว่า การไซแนปส์ (Synapse) ซึ่งจะมีองค์ประกอบสำคัญสามส่วน คือ *เซลล์ก่อนการไซแนปส์ (Presynaptic Cell) ช่องว่างที่เกิดการไซแนปส์ (Synaptic Cleft) และเซลล์หลังการไซแนปส์ (Postsynaptic Cell)* ซึ่งอาจจะเป็นเซลล์ประสาทหรือเซลล์กล้ามเนื้อ หรือต่อมไร้ท่อก็ได้ การไซแนปส์สามารถเกิดขึ้นได้ 2 แบบหลัก คือ การไซแนปส์ไฟฟ้า (Electrical Synapse) และการไซแนปส์เคมี (Chemical Synapse) สรุปได้ดังตาราง

ข้อเปรียบเทียบ	การไซแนปส์ไฟฟ้า	การไซแนปส์เคมี
เซลล์ที่พบในร่างกาย	เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบ	เซลล์ประสาททั่วไปในร่างกาย
บริเวณที่เกิดการไซแนปส์	บริเวณ Gap Junction	บริเวณ Synaptic Cleft
ตัวกลางในการส่งสัญญาณ	สัญญาณประสาทส่งต่อได้โดยตรง	ส่งสัญญาณผ่านสารสื่อประสาท
ข้อดี	เกิดขึ้นได้รวดเร็ว	การควบคุมมีประสิทธิภาพ
ข้อเสีย	การควบคุมมีประสิทธิภาพต่ำ	เกิดขึ้นได้ช้า



ขั้นตอนของการเกิดการไซแนปส์เคมี (Chemical Synapse) ผ่านสารสื่อประสาท

ตัวอย่างของสารสื่อประสาท เช่น อะซีติลโคลีน (Acetylcholine) ซึ่งมีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อยึดกระดูก (Skeletal Muscle) แต่จะมีผลยับยั้งอัตราการเต้นของหัวใจ ขณะที่นอร์เอพิเนฟริน (Norepinephrine) จะมีผลต่อการกระตุ้นอัตราการเต้นของหัวใจ หรือในกรณีของเอนดอร์ฟิน (Endorphine) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่ช่วยให้ร่างกายมีความสุข ลดความเจ็บปวด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าชนิดของสารสื่อประสาทและชนิดของเซลล์ที่เป็น Postsynaptic Cell จะมีผลต่อการตอบสนองของ Postsynaptic Cell ได้

ระบบประสาทในสัตว์กลุ่มต่าง ๆ

1. ไนดาเรีย (Cnidaria) มีระบบประสาทประกอบด้วยเซลล์ประสาทเชื่อมต่อกันเป็นร่างแห (Nerve Net) ใช้การส่งกระแสประสาทแบบ Electrical Synapse ไม่มีศูนย์กลางการควบคุมการทำงาน

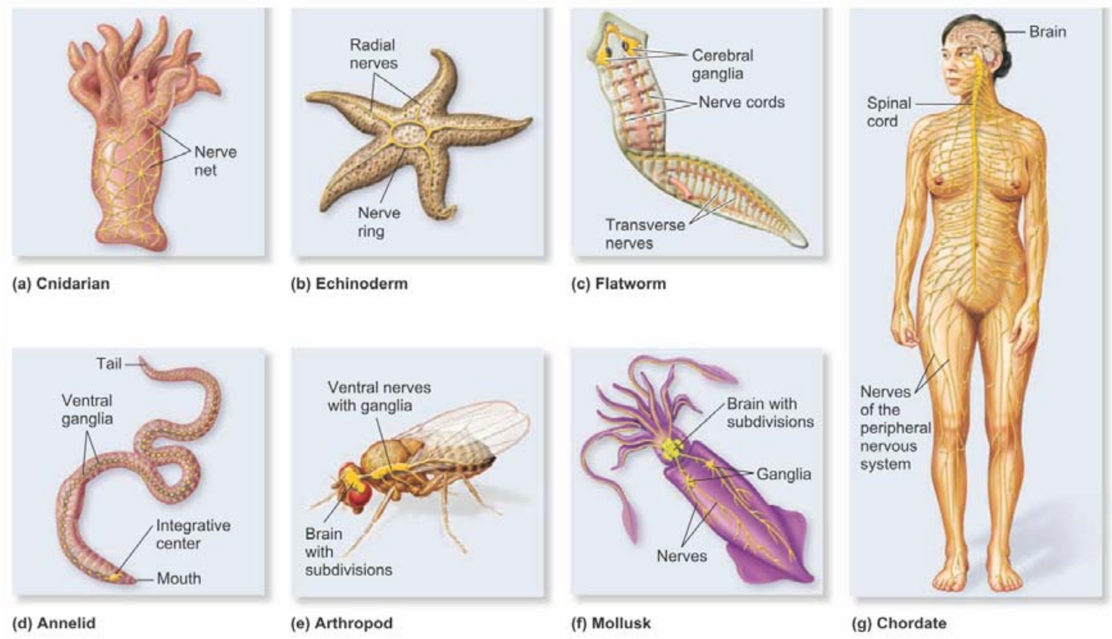
2. เอไคโนเดิร์ม (Echinoderm) ระบบประสาทมีศูนย์กลางการทำงานอยู่ที่วงแหวนประสาท (Nerve Ring) และเชื่อมต่อกับเส้นประสาทหลักที่แยกออกมาตามแขนดาวทะเล (Radial Nerve)

3. หนอนตัวแบน (Flatworm) เริ่มมีการรวมกลุ่มของเซลล์ประสาทเป็นปมประสาท (Ganglion) บริเวณหัว มีเส้นประสาท 2 เส้นหลักตามแนวยาวของลำตัว (Longitudinal Nerve Cord) และมีเส้นประสาท Transverse Nerve ล้อมรอบ เรียกระบบประสาทแบบนี้ว่าเป็นแบบขั้นบันได (Ladder-Type Nervous System)

4. แอนเนลิด (Annelid) และอาร์โทรพอด (Arthropod) มีการพัฒนาของสมองมากขึ้น และมีปมประสาทอยู่ตามบริเวณข้อปล้องต่างๆ ของร่างกาย

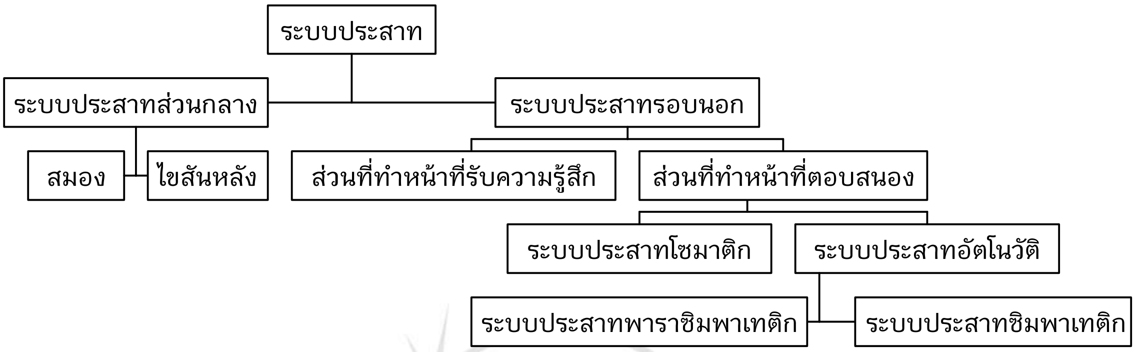
5. มอลลัสก์ (Mollusk) กลุ่มที่ไม่ค่อยมีการเคลื่อนที่จะมีระบบประสาทที่ยังไม่พัฒนาดี ขณะที่กลุ่มที่มีการเคลื่อนที่มาก เช่น หมึก ซึ่งมีการดำรงชีวิตแบบผู้ล่าจะมีการพัฒนาของสมองและอวัยวะรับสัมผัสดีมาก

6. สัตว์มีกระดูกสันหลัง (Vertebrate) การพัฒนาของระบบประสาทส่วนกลาง (สมอง) ดีมากและมีเส้นประสาทเป็นท่อกลวงอยู่ทางด้านหลัง (Dorsal Hollow Nerve Cord)



ระบบประสาทในสัตว์กลุ่มต่างๆ

ภาพรวมของระบบประสาทมนุษย์ (Overview of Human Nervous System)



ระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System : CNS)

สมองมนุษย์ (รวมถึงสัตว์มีกระดูกสันหลัง) แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

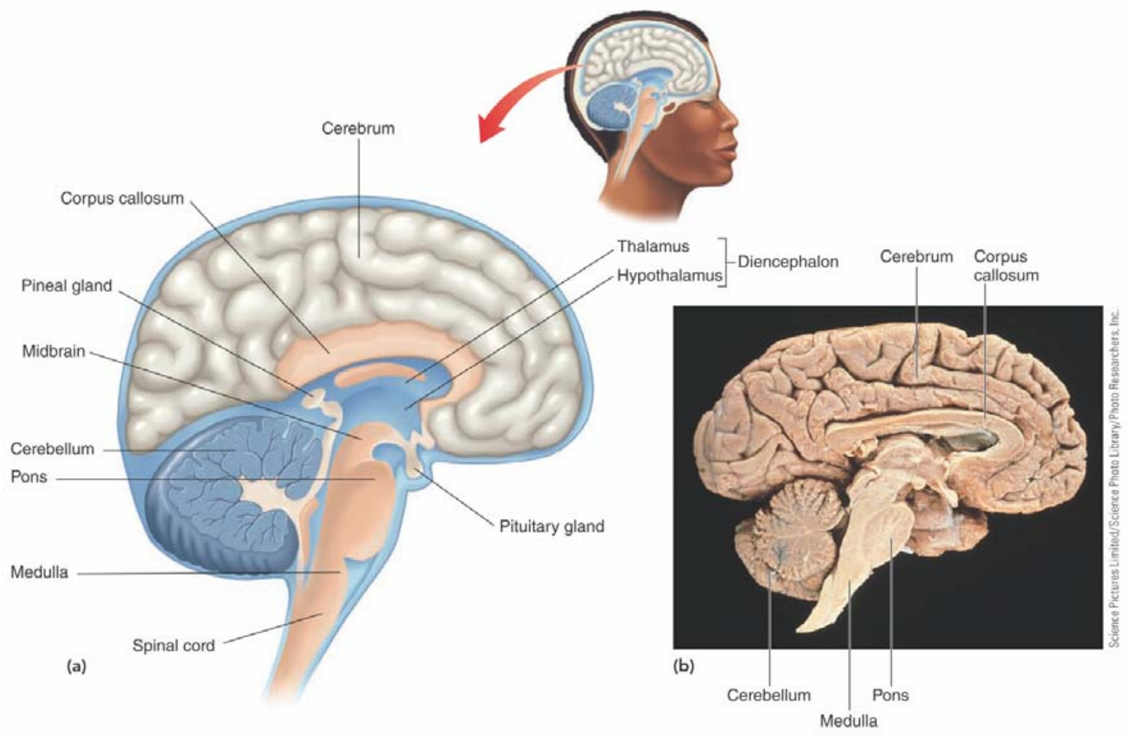
1. สมองส่วนหน้า (Forebrain) – ซีรีบรัม (Cerebrum) ทาลามัส (Thalamus) ไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) และออลแฟคทอรีบัลบ์ (Olfactory Bulb)
2. สมองส่วนกลาง (Midbrain) – ออพติก โลบ (Optic Lobe) ในสัตว์มีกระดูกสันหลังที่มีวิวัฒนาการต่ำ
3. สมองส่วนหลัง (Hindbrain) – ซีรีเบลลัม (Cerebellum) พอนส์ (Pons) และเมดัลลา (Medulla)

บทบาทของสมองส่วนต่างๆ สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ส่วนของสมอง	บทบาทและหน้าที่
Cerebrum	ส่วนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด แบ่งออกเป็นสมองซีกซ้ายและขวา มีบทบาทดังนี้ 1. การเรียนรู้ (Learning) – ความคิด ความจำ ความสามารถในเชิงวิเคราะห์ 2. การรับความรู้สึก (Sensation) – การมองเห็น การดมกลิ่น การได้ยิน การสัมผัส 3. การควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ (Muscle Movement) การพูด 4. เกี่ยวข้องกับอารมณ์และความรู้สึกนึกคิด (Emotion)
Olfactory Bulb	เกี่ยวข้องกับการดมกลิ่นในปลาจะพัฒนาดี แต่ในมนุษย์สมองส่วนนี้จะลดรูปไป
Hypothalamus	1. ควบคุมอุณหภูมิในร่างกาย (Thermoregulation) และความเข้มข้นของเลือด 2. ควบคุมความดันเลือด (Blood Pressure) และการเต้นของหัวใจ 3. ควบคุมความต้องการพื้นฐาน เช่น การกระหายน้ำ ความหิว ความต้องการทางเพศ 4. สร้างฮอร์โมนประสาท (Neurohormone) เช่น ADH หรือ Oxytocin เป็นต้น
Thalamus	ศูนย์รวบรวมกระแสประสาทที่เข้ามาในสมอง แล้วกระจายไปยังส่วนต่างๆ ของสมอง (สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม – สัญญาณประสาทจาก Olfactory Receptor จะไม่ผ่านทาลามัส)

ส่วนของสมอง	บทบาทและหน้าที่
Midbrain (optic lobe)	สัตว์มีกระดูกสันหลังที่มีวิวัฒนาการต่ำ – เกี่ยวข้องกับการมองเห็น มนุษย์ – เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของลูกตา และการเปิด–ปิดของรูม่านตา
Cerebellum	1. ประสานงานการเคลื่อนไหวที่ละเอียดอ่อนของร่างกายให้ราบรื่นและเที่ยงตรง 2. ควบคุมการทรงตัวของร่างกาย
Pons	1. ควบคุมการเคี้ยว การหลั่งน้ำลาย และการเคลื่อนไหวของใบหน้า 2. ควบคุมการหายใจ ทำงานร่วมกับสมองส่วนเมดัลลา 3. ทางผ่านของกระแสประสาทระหว่าง Cerebrum, Cerebellum และไขสันหลัง
Medulla oblongata	1. ควบคุมการเต้นของหัวใจและความดันเลือด 2. ควบคุมการหายใจ (Respiratory Center) 3. ควบคุมการกลืน การจาม การสะอึก และการอาเจียน 4. บริเวณที่ไขว้กันในการควบคุมของสมองแต่ละซีก

* ก้านสมอง (Brain Stem) ประกอบด้วยเมดัลลา พอนส์ และสมองส่วนกลาง
สมองส่วนหลัง (Hindbrain) ประกอบด้วยเมดัลลา พอนส์ และซีรีเบลลัม



โครงสร้างของสมองส่วนต่างๆ

ไขสันหลัง (Spinal Cord) เป็นส่วนหนึ่งของระบบประสาทส่วนกลางที่อยู่ต่อมาจากสมองส่วนเมดัลลา เริ่มตั้งแต่กระดูกสันหลังที่คอข้อแรก ไปจนถึงกระดูกสันหลังที่บริเวณเอวคู่ที่สอง ส่วนปลายจะเรียวเล็กลงเหลือเพียงเยื่อหุ้มไขสันหลัง บทบาทของไขสันหลังนอกเหนือจากการรับสัญญาณแล้วส่งไปยังสมองเพื่อประมวลผลก่อนจะนำสัญญาณกลับมาสั่งการต่อไปแล้ว ไขสันหลังยังมีบทบาทต่อการตอบสนองแบบรีเฟล็กซ์ (Spinal Reflex) ซึ่งเป็นการตอบสนองแบบที่ไม่ต้องผ่านสมองใช้เพียงแค่ไขสันหลังในการตอบสนองเท่านั้น

การตอบสนองแบบรีเฟล็กซ์ที่ง่ายที่สุด คือ Knee-Jerk Reflex ซึ่งอาศัยเซลล์ประสาทเพียงสองเซลล์เท่านั้น คือ เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (Sensory neuron) บนปมประสาทรากบนไขสันหลัง กับเซลล์ประสาทสั่งการ (Motor Neuron) นอกจากนี้ยังมีการตอบสนองแบบรีเฟล็กซ์อีกแบบหนึ่ง คือ การดึงมือหนีของร้อนหรือการดึงมือออกจากวัตถุทันทีที่เกิดอันตราย วงจรรีเฟล็กซ์ส่วนนี้จะประกอบด้วยเซลล์ประสาท 3 เซลล์ คือ เซลล์ประสาทรับความรู้สึก เซลล์ประสาทประสานงาน และเซลล์ประสาทสั่งการ ในการทำให้ร่างกายเกิดการดึงมือออกจากวัตถุที่เป็นอันตรายได้ทันที

ระบบประสาทรอบนอก (Peripheral Nervous System : PNS)

เส้นประสาทสมองของมนุษย์ทั้ง 12 คู่ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ตามหน้าที่ คือ

1. เส้นประสาทสมองที่ทำหน้าที่รับความรู้สึก (Sensory Nerve) : เส้นประสาทสมองคู่ที่ I, II, VIII
2. เส้นประสาทสมองที่ทำหน้าที่สั่งการ (Motor Nerve) : เส้นประสาทสมองคู่ที่ III, IV, VI, XI, XII
3. เส้นประสาทสมองที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกและสั่งการ (Mixed Nerve) : เส้นประสาทสมองคู่ที่ V, VII, IX, X

ตารางสรุปเส้นประสาทสมองและหน้าที่

C.N.	เส้นประสาทสมอง	ชนิดเส้นประสาท	บทบาทหน้าที่
I	Olfactory	Sensory	การดมกลิ่น
II	Optic	Sensory	การมองเห็น
III	Oculomotor	Motor	การเคลื่อนไหวของลูกตา
IV	Trochlear	Motor	การเคลื่อนไหวของลูกตา
V	Trigeminal	Mixed	การรับรู้และตอบสนองของใบหน้าและฟัน
VI	Abducens	Motor	การเคลื่อนไหวของลูกตา
VII	Facial	Mixed	การรับรส การหลั่งน้ำลาย การเคลื่อนไหวใบหน้า
VIII	Auditory	Sensory	การได้ยินเสียง การทรงตัวของร่างกาย
IX	Glossopharyngeal	Mixed	การรับรส การหลั่งน้ำลาย การควบคุมการกลืน
X	Vagus	Mixed	การรับรู้และตอบสนองของอวัยวะในร่างกาย
XI	Accessory	Motor	การเคลื่อนไหวของไหล่
XII	Hypoglossal	Motor	การเคลื่อนไหวของลิ้น

* เส้นประสาทไขสันหลัง (Spinal Nerve) ของมนุษย์มี 31 คู่

ระบบประสาทรอบนอก (Peripheral Nervous System)

ความแตกต่างของระบบประสาทซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติกสามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ระบบประสาทแบบซิมพาเทติก	ระบบประสาทแบบพาราซิมพาเทติก
Preganglionic neuron สั้น	Preganglionic neuron ยาว
Postganglionic neuron ยาว	Postganglionic neuron สั้น
Autonomic ganglion อยู่ใกล้ระบบประสาทส่วนกลาง	Autonomic ganglion อยู่ใกล้หรืออยู่ในหน่วยตอบสนอง
สารสื่อประสาท Autonomic ganglion – Acetylcholine สารสื่อประสาทที่หน่วยตอบสนอง – Norepinephrine	สารสื่อประสาท Autonomic ganglion – Acetylcholine สารสื่อประสาทที่หน่วยตอบสนอง – Acetylcholine
ตอบสนองต่อร่างกายในภาวะเครียด	ตอบสนองต่อร่างกายในภาวะพัก

การควบคุมการทำงานของระบบประสาท Sympathetic และ Parasympathetic จะแตกต่างกันออกไปดังตาราง

หน่วยปฏิบัติงาน	ระบบประสาทซิมพาเทติก	ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก
หัวใจ	เต้นเร็วและแรงขึ้น	เต้นอ่อนและช้าลง
แรงดันเลือด	เพิ่มขึ้น	ลดลง
รูม่านตา	ขยาย	หดตัว
กระเพาะปัสสาวะ	คลายตัวไม่ขับปัสสาวะ	หดตัวขับปัสสาวะ
การทำงานของกระเพาะและลำไส้	ลดลง	เพิ่มขึ้น
กล้ามเนื้อเรียบรอบหลอดลมและขั้วปอด	คลายตัว	หดตัว
ต่อมหมวกไตชั้นใน	กระตุ้นการหลั่ง Epinephrine	-
ต่อมเหงื่อ	กระตุ้นการหลั่งเหงื่อ	-
ต่อมน้ำลาย	สร้างน้ำลายส่วนข้นเพิ่ม	สร้างน้ำลายส่วนใสเพิ่ม
การทำงานของระบบสืบพันธุ์	Ejaculation & Orgasm	Erection

อวัยวะรับสัมผัสและการรับความรู้สึก (Sense Organs and Sensory Receptor)

ในมนุษย์เซลล์ที่ทำหน้าที่ในการรับความรู้สึกอาจอยู่ในโครงสร้างเฉพาะที่เรียกว่า อวัยวะรับสัมผัส (Sense Organs) ตัวอย่างเช่น เซลล์รับแสงในชั้นเรตินาของตา หรือเซลล์รับแรงกลภายในหู เป็นต้น เซลล์รับความรู้สึก (Sensory Receptor) เหล่านี้สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายกลุ่ม ตามชนิดของสิ่งเร้าที่มากระตุ้น ดังนี้

1. Mechanoreceptor – รับรู้พลังงานกลต่างๆ และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของกระแสประสาท
2. Photoreceptor – รับรู้พลังงานแสง และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของกระแสประสาท
3. Chemoreceptor – รับรู้สารเคมี และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของกระแสประสาท
4. Thermoreceptor – รับรู้พลังงานความร้อน และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของกระแสประสาท

หู (Ear)

หูจัดเป็นอวัยวะหลักที่ภายในมี Mechanoreceptor ทั้งส่วนที่เกี่ยวข้องกับการได้ยินเสียงและการทรงตัวของร่างกาย โครงสร้างหูมนุษย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

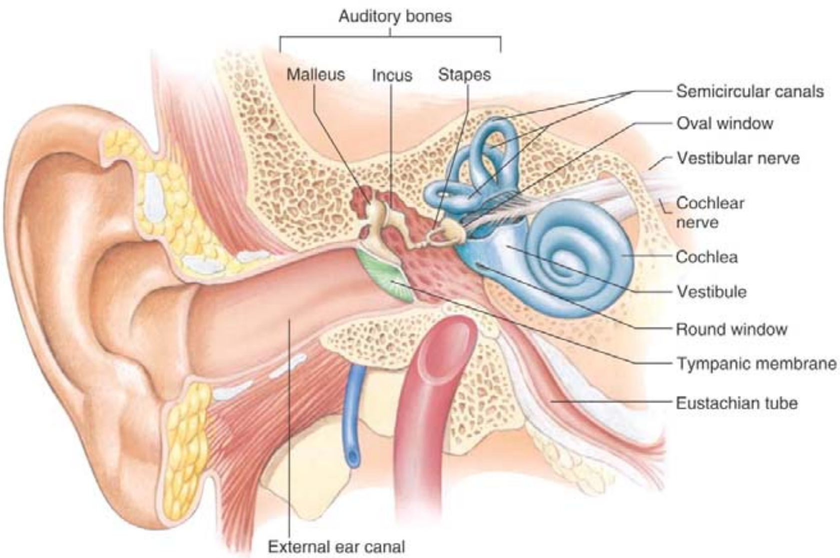
1. หูส่วนนอก (Outer Ear) ประกอบด้วยใบหู (Pinna) อยู่ด้านนอกสุด เสียงจะเดินทางเข้ามาภายในรูหู (Auditory Canal) ด้านในสุดของหูส่วนนอกจะเป็นเยื่อแก้วหู (Tympanic Membrane) ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานเสียงให้อยู่ในรูปของพลังงานกลโดยการสั่น ภายในรูหูจะมีการสร้างไขมัน (Wax) ออกมาดักจับสิ่งแปลกปลอมรวมถึงป้องกันการติดเชื้อ ซึ่งเมื่อไขมันเหล่านี้แห้งลงจะกลายเป็นขี้หู

2. หูส่วนกลาง (Middle Ear) ประกอบด้วยกระดูกหูสามชิ้น คือ กระดูกค้อน (Malleus) อยู่ต่อจากเยื่อแก้วหูโดยตรง กระดูกทั่ง (Incus) และกระดูกโกลน (Stapes) อยู่ติดกับหูชั้นใน ซึ่งเมื่อเยื่อแก้วหูเกิดการสั่น กระดูกทั้งสามชิ้นนี้ก็จะสั่น และทำหน้าที่ในการขยายของเสียงให้สูงขึ้นประมาณ 22 เท่า ก่อนเข้าสู่หูชั้นในต่อไป นอกจากนี้ยังมีส่วนของท่อยูสเตเชียน (Eustachian tube) ทำหน้าที่ในการปรับความดันของส่วนที่อยู่หลังเยื่อแก้วหูให้เท่ากับความดันบรรยากาศภายนอก

3. หูส่วนใน (Inner Ear) แบ่งออกเป็นสองส่วนหลักตามหน้าที่และการตอบสนอง คือ

3.1 ส่วนที่ทำหน้าที่ในการฟังเสียง ประกอบด้วยท่อคอเคลีย (Cochlea) ซึ่งขดเป็นรูปก้นหอย ภายในมีของเหลวที่จะเกิดการสั่นสะเทือนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของแรงกลขึ้น ทำให้ของเหลวภายในเกิดการหมุนวนและทำให้เซลล์รับความรู้สึกชนิดที่มีขน (Hair Cell) ที่อยู่ภายใน Organ of Corti เกิดการเปลี่ยนแปลงและส่งสัญญาณประสาทไปยังสมองได้ผ่านทางเส้นประสาทสมองคู่ที่ VIII (Auditory Nerve)

3.2 ส่วนที่ทำหน้าที่ในการทรงตัว ประกอบด้วยท่อ Semicircular Canal ซึ่งเป็นท่อครึ่งวงกลม 3 ท่อที่เรียงตัวตั้งฉากกัน ภายในมีของเหลวที่เรียกว่า Endolymph อยู่ เมื่อร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งส่วนของ Endolymph จะเกิดการเคลื่อนไหว และทำให้เซลล์ขนรับความรู้สึก (Hair Cell) เกิดการโบกพัดขึ้นทำให้เกิดการส่งกระแสประสาทไปยังสมองได้ผ่านทางเส้นประสาทสมองคู่ที่ VIII (Auditory Nerve)



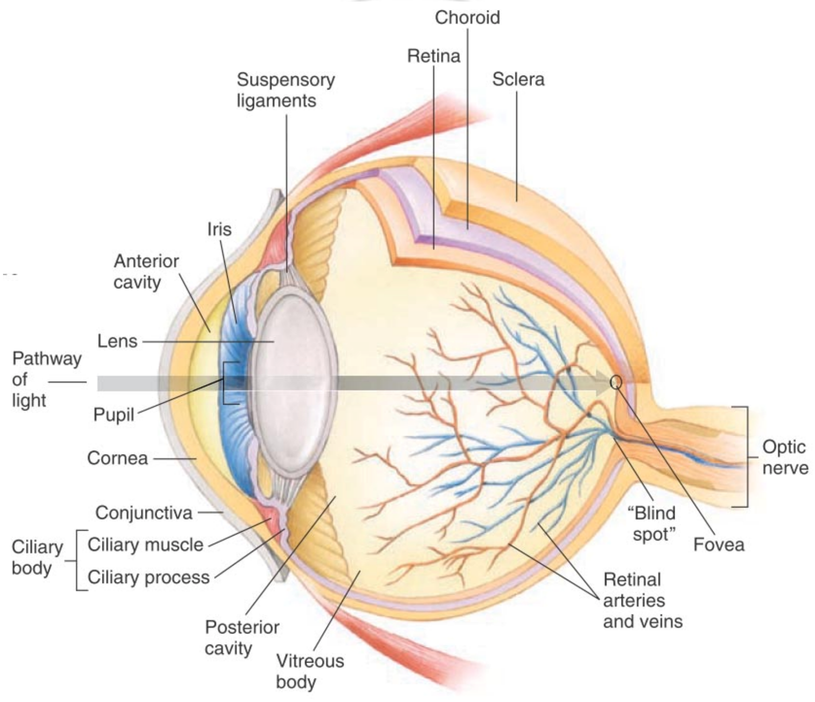
โครงสร้างของหูส่วนต่างๆ ในมนุษย์

ตา (Eye)

ตา (Eye) เป็นอวัยวะหลักที่มี Photoreceptor อยู่ภายในสำหรับใช้ในการตรวจจับแสง โครงสร้างของตามนุษย์ประกอบด้วย 3 ชั้นตามโครงสร้างทางเนื้อเยื่อ คือ

1. ชั้นสเคลอรา (Sclera) – ชั้นที่อยู่นอกสุดของลูกตา
   - ชั้นที่มีลักษณะเหนียวแข็ง ประกอบด้วยเส้นใยคอลลาเจนจำนวนมาก
   - ด้านหน้าสุดของชั้นสเคลอราจะมีลักษณะใส เรียกว่า กระจกตา (Cornea)
   - การผ่าตัดเปลี่ยนถ่ายนัยน์ตา คือ การลอกและเปลี่ยนถ่ายกระจกตา
2. ชั้นคอรอยด์ (Choroid) – ชั้นที่อยู่ตรงกลางของลูกตา
   - ชั้นที่มีหลอดเลือดและเส้นประสาทมาหล่อเลี้ยงจำนวนมาก
   - บริเวณด้านหน้าจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นม่านตา (Iris) ซึ่งมีรงควัตถุอยู่ทำให้เห็นตาเป็นสีต่างๆ ตรงกลางเป็นรูที่ให้แสงเข้าไปภายในลูกตาได้ เรียกว่า รูม่านตา (Pupil) ใช้ปรับปริมาณแสง
3. ชั้นเรตินา (Retina) – ชั้นที่อยู่ในสุดของลูกตา เป็นบริเวณที่มีเซลล์รับแสงอยู่
   - ประกอบขึ้นจากเซลล์ที่รับแสง (Photoreceptor) ซึ่งมี 2 ชนิด คือ
     1. เซลล์รูปแท่ง (Rod Cell) – ไวต่อการรับแสงสว่าง ถึงแม้จะอยู่ในที่ที่มีแสงน้อย แต่แยกสีไม่ได้
     2. เซลล์รูปกรวย (Cone Cell) – ไวต่อการรับแสงน้อยกว่า แต่จะใช้แยกความแตกต่างของสีได้

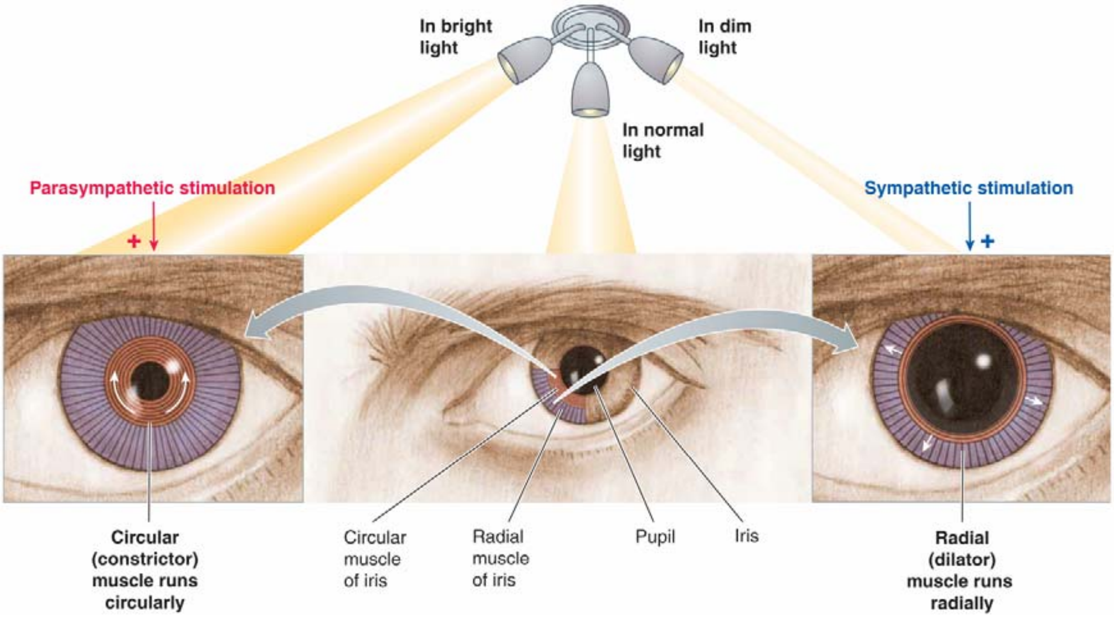
บริเวณ Fovea คือ บริเวณที่แสงตกกระทบมากที่สุด เห็นภาพชัดที่สุด พบเฉพาะเซลล์รูปกรวย (Cone Cell) เท่านั้น ขณะที่บริเวณ Blind Spot คือ บริเวณที่เมื่อแสงตกบริเวณนี้จะไม่สามารถเห็นภาพได้ เนื่องจากไม่มีเซลล์รับแสงอยู่และเป็นบริเวณมีเส้นประสาท เส้นประสาทสมองคู่ที่ II (Optic Nerve) อยู่ ซึ่งเส้นประสาทสมองคู่นี้จะทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการส่งกระแสประสาทจากเซลล์รับแสงไปยังสมอง



โครงสร้างของตามนุษย์

การปรับปริมาณแสงที่เข้าสู่ลูกตาจะสามารถทำได้โดยการควบคุมผ่านการเปลี่ยนแปลงของขนาดรูม่านตา จากการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบสองชั้น โดยชั้นนอกจะเป็นกล้ามเนื้อแนวรัศมี (Radial Muscle) และด้านในจะเป็นกล้ามเนื้อวง (Circular Muscle) ซึ่งกล้ามเนื้อทั้งสองอันนี้จะทำงานตรงข้ามกัน ดังนี้

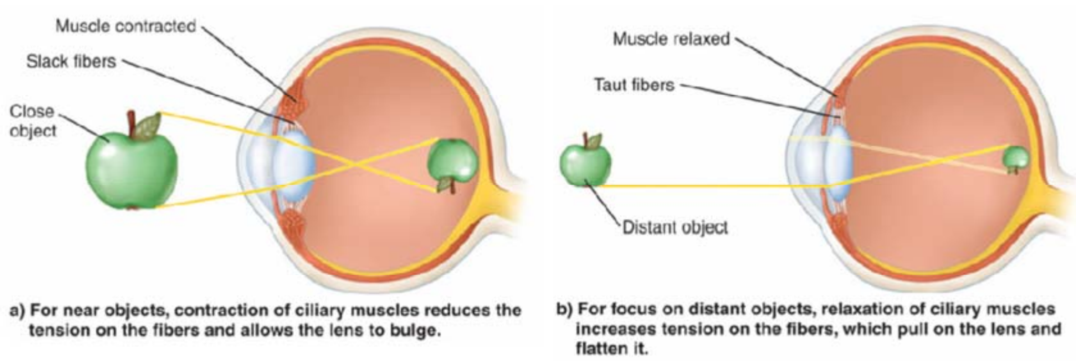
- ถ้าแสงสว่างภายนอกมาก รูม่านตาจะหดแคบลง เพื่อลดปริมาณแสงที่เข้าสู่ชั้นเรตินาของตา
  กล้ามเนื้อวง (Circular Muscle) ที่อยู่ด้านในหดตัว กล้ามเนื้อแนวรัศมี (Radial Muscle) ที่อยู่ด้านนอกคลายตัว
- ถ้าแสงสว่างภายนอกน้อย รูม่านตาจะกว้างขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณแสงที่เข้าสู่ชั้นเรตินาของตา
  กล้ามเนื้อวง (Circular Muscle) ที่อยู่ด้านในคลายตัว กล้ามเนื้อแนวรัศมี (Radial Muscle) ที่อยู่ด้านนอกหดตัว



แผนภาพแสดงการปรับขนาดรูม่านตาในสภาวะแสงที่ต่างกัน โดยการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ

การปรับรูปร่างของเลนส์ตาจะมีผลต่อการหักเหของแสงที่เข้ามาภายในตาให้ตกกระทบลงบนเรตินา (Retina) ได้อย่างเหมาะสมโดยไม่ตกใกล้หรือไกลเกินไป ดังนั้นเมื่อวัตถุอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกันออกไป เลนส์จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปร่าง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะขึ้นกับกล้ามเนื้อยึดเลนส์ (Ciliary Muscle) ที่อยู่ทางด้านนอกเรียงเป็นวง และเอ็นยึดเลนส์ (Suspensory Ligament) การเปลี่ยนแปลงสรุปได้ดังนี้

- เมื่อวัตถุอยู่ใกล้ – เลนส์จะต้องโป่งออกเพื่อปรับให้แสงตกใกล้มากขึ้น
  กล้ามเนื้อยึดเลนส์ (Ciliary Muscle) จะหดตัว ขณะที่เอ็นยึดเลนส์ (Suspensory Ligament) จะหย่อน
- เมื่อวัตถุอยู่ไกล – เลนส์จะต้องแฟบแบนลงเพื่อปรับให้แสงตกไปไกลขึ้น
  กล้ามเนื้อยึดเลนส์ (Ciliary Muscle) จะคลายตัว ขณะที่เอ็นยึดเลนส์ (Suspensory Ligament) จะตึง



การปรับขนาดของเลนส์เพื่อให้เหมาะสมกับตำแหน่งของวัตถุ

การทำงานของเซลล์รับแสงรูปแท่ง (Rod Cell) และเซลล์รับแสงรูปกรวย (Cone Cell)

โครงสร้างภายในเซลล์รูปแท่ง (Rod Cell) จะประกอบด้วยแผ่นที่มีลักษณะคล้ายเหรียญเรียงซ้อนกันเป็นตั้งๆ โดยเมมเบรนของแต่ละเหรียญจะประกอบด้วยสารสีม่วงแดงที่เรียกว่า Rhodopsin ซึ่งจะประกอบขึ้นจากโปรตีน Opsin อยู่รวมกับสารที่เรียกว่า เรตินาล (Retinal) ในสภาวะที่ไม่มีแสงเรตินาลจะอยู่ในรูปของ *Cis*-Retinal ซึ่งจะอยู่รวมกับโปรตีน Opsin ตามปกติ แต่เมื่อมีแสงมากระตุ้น โมเลกุลของเรตินาลจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ *Trans*-Retinal ซึ่งจะแยกออกจากโปรตีน Opsin และเกิดการส่งสัญญาณไปยังเส้นประสาทสมองคู่ที่ II (Optic Nerve) เพื่อประมวลผลต่อไป เมื่อไม่มีแสงโมเลกุลของ Retinal จะเปลี่ยนกลับและอยู่รวมกับโปรตีน Opsin ให้กลับมาอยู่ในรูปของ Rhodopsin ใหม่อีกครั้ง

เซลล์รูปกรวย (Cone Cell) ในมนุษย์แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามแม่สีของแสง คือ เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีน้ำเงิน เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีแดง และเซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีเขียว การที่เราสามารถเห็นสีต่างๆ ได้มากกว่า 3 สี เพราะเกิดจากการตอบสนองที่ไม่เท่ากันของเซลล์รูปกรวยแต่ละชนิด ทำให้เกิดการผสมรวมแสงเป็นสีต่างๆ ขึ้น

ตารางสรุปความแตกต่างของเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวย

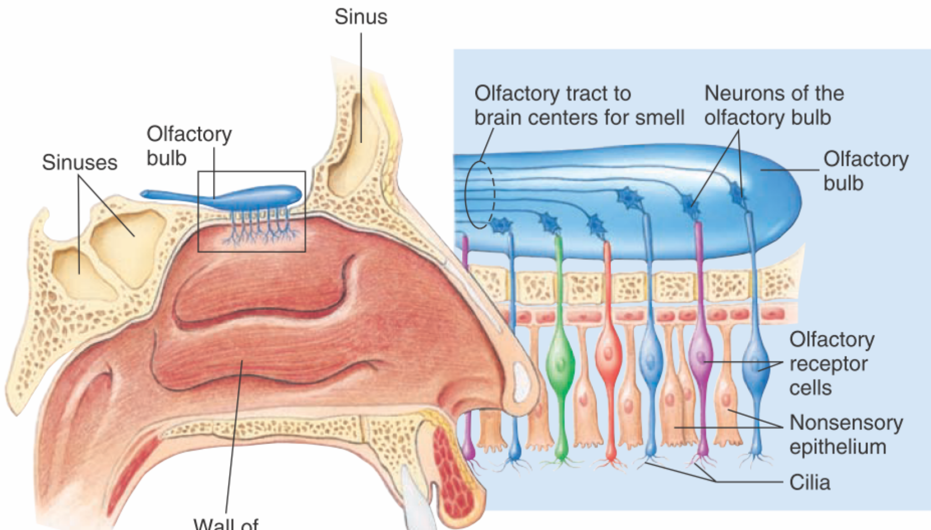
ลักษณะเปรียบเทียบ	เซลล์รูปแท่ง (Rod Cell)	เซลล์รูปกรวย (Cone Cell)
ความสามารถในการรับแสง	ไวต่อแสง	ไม่ไวต่อแสง
ภาพที่เกิดขึ้นจากการมองเห็น	ภาพไม่มีสี ไม่มีรายละเอียดภาพ	ภาพมีสีเห็นรายละเอียดภาพ
รงควัตถุภายใน	โรดอปซิน (Rhodopsin)	ไอโอดอปซิน (Iodopsin)
ปริมาณที่พบ	125 ล้านเซลล์ / ตา 1 ข้าง	4.5 ล้านเซลล์ / ตา 1 ข้าง
ชนิดของเซลล์รับแสง	1 ชนิด	3 ชนิด ตามแม่สีของแสง

ตัวอย่างความผิดปกติของการมองเห็นสรุปได้ดังนี้

1. สายตาสั้น – แสงตกกระทบก่อนถึงชั้นเรตินา – ใช้แว่นสายตาที่ทำจากเลนส์เว้า
2. สายตายาว – แสงตกกระทบหลังชั้นเรตินา – ใช้แว่นสายตาที่ทำจากเลนส์นูน
3. สายตาเอียง – กระจกตามีความโค้งไม่สม่ำเสมอ – ใช้แว่นสายตาที่ทำจากเลนส์ทรงกระบอก
4. ตาบอดสี – ความผิดปกติจากเซลล์รูปกรวยของสีบางชนิด ทำให้แยกความแตกต่างของสีได้ไม่ชัดเจน

จมูกและการดมกลิ่น (Olfaction)

การดมกลิ่นของมนุษย์จะเกิดขึ้นในโพรงจมูก โดยจะมีเซลล์ที่เรียกว่า Olfactory Receptor Cell ทำหน้าที่ในการเป็น Chemoreceptor สำหรับตรวจจับโมเลกุลของกลิ่นต่างๆ (มี cilia ยื่นออกมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสัมผัสกับโมเลกุลของกลิ่น) ก่อนจะส่งกระแสประสาทต่อไปยังเส้นประสาทสมองคู่ที่ I (Olfactory Nerve) และส่งไปยัง Olfactory Bulb ต่อไป



(a) Location of olfactory receptor cells. Smell depends on thousands of chemoreceptor cells in the roof of the nasal cavity.

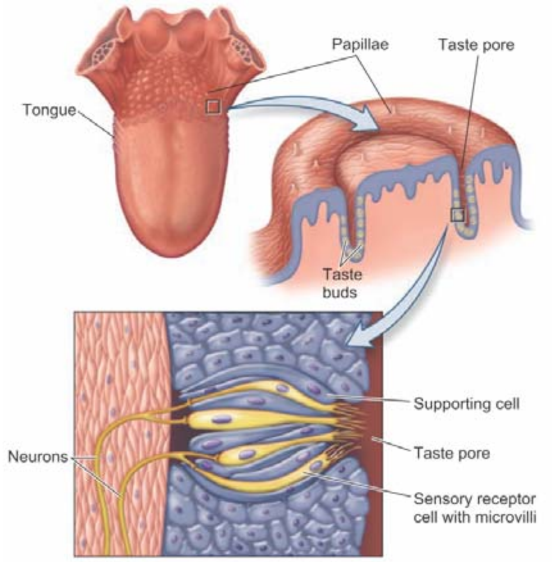
(b) The olfactory receptor cells. These receptors are neurons located in the olfactory epithelium.

โครงสร้างของจมูกกับการดมกลิ่น

ลิ้นและการรับรส (Gustation)

การรับรสของมนุษย์จะเกิดขึ้นที่บริเวณลิ้น โดยลิ้นจะมีส่วนของปุ่มรับรส (Papilla) จำนวนมากที่นูนขึ้นมา ภายในแต่ละปุ่มรับรสจะประกอบไปด้วยกลุ่มเซลล์ที่เรียงตัวกันคล้ายกับกลีบผลส้ม เรียกว่า Taste Bud ซึ่งภายใน Taste Bud นี้จะมีเซลล์ Taste Cell ทำหน้าที่เป็น Sensory Receptor ในการรับรสต่างๆ

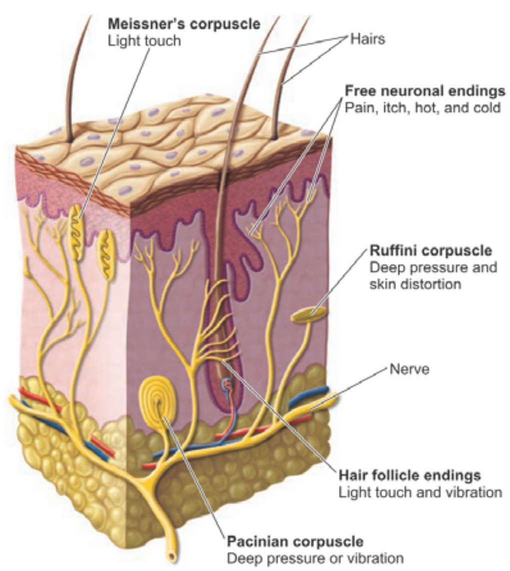
ถ้าเป็นรสเค็ม Taste Cell จะตรวจจับจาก Na^+ รสหวานจะตรวจจับได้จากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว รสเปรี้ยวตรวจจับได้จาก H^+ และรสขมจากสารบางอย่าง เช่น นิโคติน เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการรับรสของมนุษย์นั้นไม่ได้เป็นไปตามแผนที่แบ่งบริเวณลิ้นเป็นส่วนต่างๆ รับรสเฉพาะต่างกันไป อย่างที่เคยเข้าใจกันมานาน



โครงสร้างของลิ้น ปุ่มรับรส และเซลล์รับรส

ผิวหนังและการรับสัมผัส

ผิวหนังนอกเหนือจากจะทำหน้าที่ในการปกคลุมผิวแล้วยังมี Sensory Receptor ที่ทำหน้าที่ในการรับแรงกล (Mechanoreceptor) หลายชนิด รวมถึงมี Thermoreceptor ทำหน้าที่ในการรับอุณหภูมิด้วย โดยอาจจะเป็นเพียงแค่ปลายประสาท (Free Nerve Ending) หรืออาจจะพัฒนาเป็นโครงสร้างเฉพาะ ตัวอย่างเช่น Pacinian Corpuscle ที่อยู่ลึกลงไปในผิวหนังทำหน้าที่ในการรับแรงกดลึก ขณะที่เดนไดรต์ของปลายประสาท (Free Nerve Ending) จะรับแรงกดเบาๆ เป็นต้น โครงสร้างของตัวรับแรงกล (Mechanoreceptor) ชนิดต่างๆ ดังภาพ



โครงสร้างของ Mechanoreceptor ชนิดต่างๆ บนผิวหนัง

ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน (Endocrine System and Hormones)

ฮอร์โมน (Hormone) เป็นสารที่สร้างขึ้นจากต่อมไร้ท่อและถูกส่งไปยังอวัยวะเป้าหมาย (Target Organ) ผ่านทางระบบหมุนเวียนเลือด โดยต่อมไร้ท่อ (Endocrine Gland) คือ ต่อมที่ทำหน้าที่ในการสร้างฮอร์โมน ไม่มีท่อในการหลั่งสารออกนอกต่อม แต่จะมีหลอดเลือดมาล้อมรอบแทนเพื่อให้ฮอร์โมนที่ถูกสร้างขึ้นสามารถเข้าสู่กระแสเลือดและลำเลียงไปยังอวัยวะต่างๆ ได้ ต่อมไร้ท่อในร่างกายสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ

1. ต่อมไร้ท่อจำเป็น (Essential Endocrine Gland) เป็นต่อมไร้ท่อที่ร่างกายไม่สามารถขาดได้ ถ้าขาดจะทำให้เสียชีวิตในทันที ได้แก่ ต่อมพาราไทรอยด์ ต่อมหมวกไตชั้นนอก และตับอ่อน
2. ต่อมไร้ท่อไม่จำเป็น (Nonessential Endocrine Gland) เป็นต่อมไร้ท่อที่เมื่อร่างกายขาดจะไม่เสียชีวิตในทันที แต่อาจทำให้เกิดความผิดปกติและเสียชีวิตได้ในภายหลัง ตัวอย่างเช่น ต่อมใต้สมอง ต่อมหมวกไตชั้นใน ต่อมไทรอยด์ และต่อมไร้ท่ออื่นๆ ในร่างกาย เป็นต้น

ฮอร์โมนสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลักตามโครงสร้างทางชีวเคมี คือ

1. ฮอร์โมนที่เป็นอนุพันธ์ของกรดอะมิโน ตัวอย่างเช่น ฮอร์โมนไทรอกซิน เอพิเนฟริน และนอร์เอพิเนฟริน
2. ฮอร์โมนที่เป็นเพปไทด์ขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น ADH ออกซิโทซิน อินซูลิน กลูคากอน
3. ฮอร์โมนที่เป็นลิพิด (สเตียรอยด์) ตัวอย่างเช่น ฮอร์โมนจากต่อมหมวกไตชั้นนอก ฮอร์โมนเพศ

ฮอร์โมนที่เป็นพวก Steroid และฮอร์โมนไทรอกซิน จะแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงและเข้าไปจับกับตัวรับ (Receptor) ที่อยู่ภายในเซลล์ ขณะที่ฮอร์โมนขนาดใหญ่อื่นๆ จะไม่สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้โดยตรงจะต้องจับกับตัวรับที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ (Membrane Receptor) แล้วจึงเกิดการส่งสัญญาณทำให้เซลล์ตอบสนองได้ต่อไป

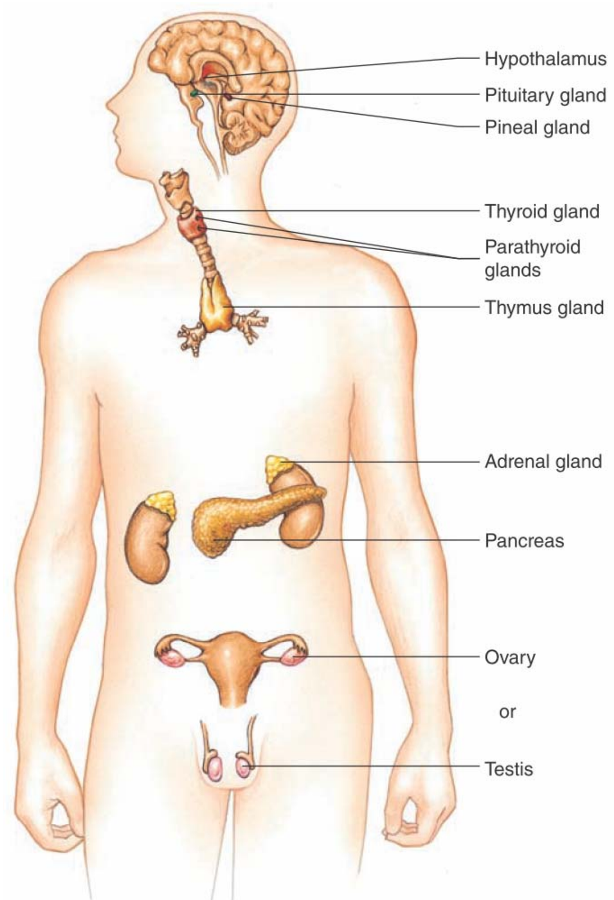
ความผิดปกติของฮอร์โมนสามารถเกิดได้จาก 3 สาเหตุหลัก คือ

1. การหลั่งฮอร์โมนออกจากต่อมไร้ท่อน้อยกว่าปกติ (Hyposecretion)
2. การหลั่งฮอร์โมนออกจากต่อมไร้ท่อมากกว่าปกติ (Hypersecretion)
3. การหลั่งฮอร์โมนออกจากต่อมไร้ท่อปกติ แต่เกิดความผิดปกติที่ตัวรับบนอวัยวะเป้าหมาย

ตัวอย่างเช่น โรคเบาหวานชนิดที่ II (Type II Diabetes Mellitus)

ตารางสรุปความผิดปกติของร่างกายที่เกิดจากการหลั่งฮอร์โมนผิดปกติ

ฮอร์โมน	การหลั่งฮอร์โมนน้อยเกินไป	การหลั่งฮอร์โมนมากเกินไป
Growth hormone	Dwarfism (เด็ก) Simmon's disease (ผู้ใหญ่)	Gigantism (เด็ก) Acromegaly (ผู้ใหญ่)
Cortisol	Addison's disease	Cushing's syndrome
Thyroxine	Cretinism (เด็ก) Myxedema (ผู้ใหญ่) – คอพอก	Toxic goiter (คอพอกเป็นพิษ)
Insulin	เบาหวาน (Diabetes mellitus)	Hypoglycemia (น้ำตาลในเลือดต่ำ)
PTH (parathormone)	Hypoparathyroidism	Hyperparathyroidism
ADH	เบาจืด (Diabetes insipidus)	–



ต่อมไร้ท่อและอวัยวะในร่างกายที่มีการผลิตและหลั่งฮอร์โมน

บทบาทและหน้าที่ของต่อมไร้ท่อและฮอร์โมนต่างๆ ในร่างกาย

ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน	อวัยวะเป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ไฮโพทาลามัส Releasing Hormone Inhibiting Hormone	ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	ควบคุมการหลั่งฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหน้า
ไฮโพทาลามัส (ผลิตฮอร์โมน) **ต่อมใต้สมองส่วนหลัง** (หลั่ง) Oxytocin Antidiuretic hormone (ADH)	 มดลูก ต่อมน้ำนม ไต (Collecting Ducts)	*ฮอร์โมนประสาท (Neurohormone) กระตุ้นการบีบตัวของมดลูกขณะคลอด กระตุ้นการหลั่งน้ำนมเข้าสู่ท่อน้ำนม กระตุ้นการดูดน้ำกลับที่ท่อหน่วยไต

ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน	อวัยวะเป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ต่อมใต้สมองส่วนหน้า		
Growth hormone (GH)	ส่วนต่างๆ ของร่างกาย	กระตุ้นการเจริญเติบโตของกระดูก กระตุ้นการเติบโต โดยเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีน กระตุ้นการเพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด กระตุ้นการสลายไขมัน
Prolactin	ต่อมน้ำนม	กระตุ้นการผลิตน้ำนม (Lactation) กระตุ้นการเจริญของเต้านม
Thyroid-stimulating hormone (TSH)	ต่อมไทรอยด์	กระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ กระตุ้นการเพิ่มขนาดของต่อมไทรอยด์
Adrenocorticotropic hormone (ACTH)	ต่อมหมวกไตชั้นนอก	กระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอล (Cortisol) จากต่อมหมวกไตชั้นนอก (Adrenal cortex)
Gonadotropic hormone		
FSH (follicle stimulating hormone)	เพศหญิง - รังไข่	กระตุ้นการเจริญของเซลล์ฟอลลิเคิล (Follicular cell) กระตุ้นการสร้างและหลั่งฮอร์โมนอีสโตรเจน (Estrogen) จากรังไข่
	เพศชาย – หลอดสร้างอสุจิในอัณฑะ	กระตุ้นการสร้างเซลล์อสุจิ (Spermatogenesis)
LH (Luteinizing hormone)	เพศหญิง - รังไข่	กระตุ้นการตกไข่ในรอบเดือน (Ovulation) กระตุ้นการเจริญของคอร์ปัส ลูเทียม (Corpus Luteum) กระตุ้นการสร้างและหลั่งฮอร์โมนอีสโตรเจน (Estrogen) และฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Progesterone)
	เพศชาย - อัณฑะ	กระตุ้นการสร้างและหลั่งฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone)

ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน	อวัยวะเป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ต่อมไทรอยด์		
Thyroxine (T_4) and Triiodothyronine (T_3)	ส่วนต่างๆ ของร่างกาย	กระตุ้นอัตราเมแทบอลิซึมภายในร่างกาย กระตุ้นการเกิดเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน
Calcitonin	กระดูก	ลดระดับ Ca^{2+} ในเลือด โดยการยับยั้งการสลาย Ca^{2+} จากกระดูก
	ไต (ท่อหน่วยไต)	ลดระดับ Ca^{2+} ในเลือด โดยการยับยั้งการดูดกลับ Ca^{2+} จากหน่วยไต
ต่อมพาราไทรอยด์		
Parathyroid hormone	กระดูก ไต และลำไส้เล็ก	เพิ่มระดับ Ca^{2+} ในเลือด โดยการกระตุ้นการสลาย Ca^{2+} จากกระดูก เพิ่มระดับ Ca^{2+} ในเลือด โดยการกระตุ้นการดูดซึม Ca^{2+} กลับที่ไต เพิ่มระดับ Ca^{2+} ในเลือด โดยการกระตุ้นการดูด Ca^{2+} จากลำไส้เล็ก
Islets of Langerhans		
Insulin	ส่วนต่างๆ ของร่างกาย	ลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด
Glucagon	ตับ	เพิ่มระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด
ต่อมหมวกไตชั้นใน		
Epinephrine and Norepinephrine	กล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อหัวใจ หลอดเลือด ตับ เนื้อเยื่อสะสมไขมัน	ช่วยทำให้ร่างกายตอบสนองต่อความเครียดระยะสั้นได้ เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันเลือด และ metabolic rate กระตุ้นการสลายไขมัน (lipolysis) กระตุ้นการเพิ่มระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด

ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน	อวัยวะเป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
ต่อมหมวกไตชั้นนอก		
Mineralocorticoids (aldosterone)	หน่วยไต	รักษาสมดุลความเข้มข้นของโซเดียมและโพแทสเซียม กระตุ้นการดูด Na^{+} กลับที่ท่อหน่วยไต กระตุ้นการขับ K^{+} ออกจากร่างกายที่ท่อหน่วยไต
Glucocorticoids (cortisol)	ส่วนต่างๆ ของร่างกาย	เพิ่มระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด กระตุ้นการสลายไขมัน (Lipolysis) กระตุ้นการสลายโปรตีนและการนำกรดอะมิโนไปใช้ภายในเซลล์ ช่วยทำให้ร่างกายตอบสนองต่อความเครียดระยะยาวได้
Sex Hormone (androgen)	ส่วนต่างๆ ของร่างกาย	ควบคุมการทำงานของระบบสืบพันธุ์ แต่มีบทบาทเล็กน้อย
ต่อมไพเนียล		
Melatonin	ไฮโพทาลามัส	เกี่ยวข้องกับนาฬิกาชีวิต (Biological Clock) ยับยั้งการเจริญเติบโตของระบบสืบพันธุ์ในมนุษย์ เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสีผิวในสัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิด
รังไข่		
Estrogen (estradiol)	ส่วนต่างๆ ของร่างกายและมดลูก	ทำให้เกิดการเจริญและพัฒนา Sex Characteristics ในเพศหญิง กระตุ้นการสร้างเนื้อเยื่อในมดลูกสำหรับการตั้งครรภ์ กระตุ้นการเจริญของเต้านม (Breast Development) กระตุ้นการเข้าสู่วัยสาว (Female Puberty)
Progesterone	มดลูก	กระตุ้นการสร้างตัวของเนื้อเยื่อในมดลูกสำหรับการตั้งครรภ์

ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน	อวัยวะเป้าหมาย	บทบาทและหน้าที่
อัณฑะ		
Testosterone	ส่วนต่างๆ ของร่างกาย	ทำให้เกิดการเจริญและพัฒนา Sex Characteristics ในเพศชาย
	ส่วนของระบบสืบพันธุ์	กระตุ้นการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (Spermatogenesis) กระตุ้นการเข้าสู่วัยหนุ่ม (Male Puberty)
รก (placenta)		
Estrogen	โครงสร้างระบบสืบพันธุ์เพศหญิง	กระตุ้นการสร้างเนื้อเยื่อในผนังมดลูกเพื่อรักษาสภาพให้เหมาะสมกับการตั้งครรภ์
Human Chorionic Gonadotropin (hCG)	รก (Placenta)	รักษาโครงสร้างของคอร์ปัสลูเทียม (Corpus Luteum) ขณะตั้งครรภ์

การสืบพันธุ์และการเจริญในสัตว์

การสืบพันธุ์ (Reproduction) เป็นการเพิ่มจำนวนของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน สามารถเกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual Reproduction) และ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual Reproduction)

ข้อเปรียบเทียบ	การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ	การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
จำนวนของสิ่งมีชีวิตที่ให้กำเนิด	พ่อ/แม่เพียงตัวเดียว	พ่อและแม่ (Parents)
กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์	ไม่มี (ยกเว้น Parthenogenesis)	มี
ลักษณะทางพันธุกรรมของลูก	เหมือนกับสิ่งมีชีวิตที่ให้กำเนิด	มีความแปรผันทางพันธุกรรม
การปฏิสนธิ	ไม่มี	มี
ข้อดี	การเพิ่มจำนวนเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว	ลูกที่เกิดขึ้นอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงมากได้
ข้อเสีย	สัตว์ต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	ต้องใช้พลังงานในการสืบพันธุ์มาก

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual Reproduction)

1. การเพิ่มจำนวนออกเป็นสอง (Binary Fission) เป็นการเพิ่มจำนวนจากเซลล์ที่ให้กำเนิด 1 เซลล์เป็นเซลล์ลูกสองเซลล์ที่มีขนาดเท่ากัน ตัวอย่างเช่น การแบ่งตัวออกเป็นสองในอะมีบา พารามีเซียม
2. การแตกหน่อ (Budding) เป็นการเพิ่มจำนวนโดยการสร้างเซลล์ลูกออกมาจากพ่อ/แม่ โดยหน่อ (Bud) ที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กกว่า ตัวอย่างเช่น การแตกหน่อของไฮดรา
3. การงอกใหม่ (Regeneration) เป็นการที่ชิ้นส่วนของร่างกายเกิดการขาดออกไปแล้วมีการพัฒนาเป็นสิ่งมีชีวิตตัวใหม่ได้ ตัวอย่างเช่น การงอกใหม่ในพลานาเรีย การงอกใหม่ในดาวทะเล
4. การเกิดพาร์ทีโนเจเนซิส (Parthenogenesis) เป็นการเจริญของเซลล์ไข่ (Egg : n) เป็นตัวเต็มวัยได้โดยที่ไม่ต้องได้รับการปฏิสนธิจากเพศผู้ ตัวอย่างเช่น การเกิด Parthenogenesis ในผึ้ง โดยถ้าไข่เจริญแบบ Parthenogenesis จะได้เป็นผึ้งเพศผู้ (Drone) แต่ถ้าไข่ได้รับการผสมกับ sperm ก็จะเจริญไปเป็นผึ้งงานเพศเมีย (Worker) และถ้าผึ้งเพศเมียเหล่านี้ได้รับฮอร์โมนที่เหมาะสมก็อาจจะพัฒนาไปเป็นราชินีผึ้ง (Queen) ได้ต่อไป

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลายชนิดจะมีอวัยวะของทั้งสองเพศในตัวเดียวกัน เรียกว่า กะเทย (Hermaphrodite) อย่างไรก็ตามสัตว์เหล่านี้จะมีแนวโน้มในการเกิดการปฏิสนธิข้ามตัว (Cross Fertilization) เพื่อเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมให้กับลูกที่เกิดขึ้น ยกเว้นในกลุ่มของพยาธิตัวตืดที่จะสามารถเกิดการปฏิสนธิในตัวเองได้ (Self Fertilization)

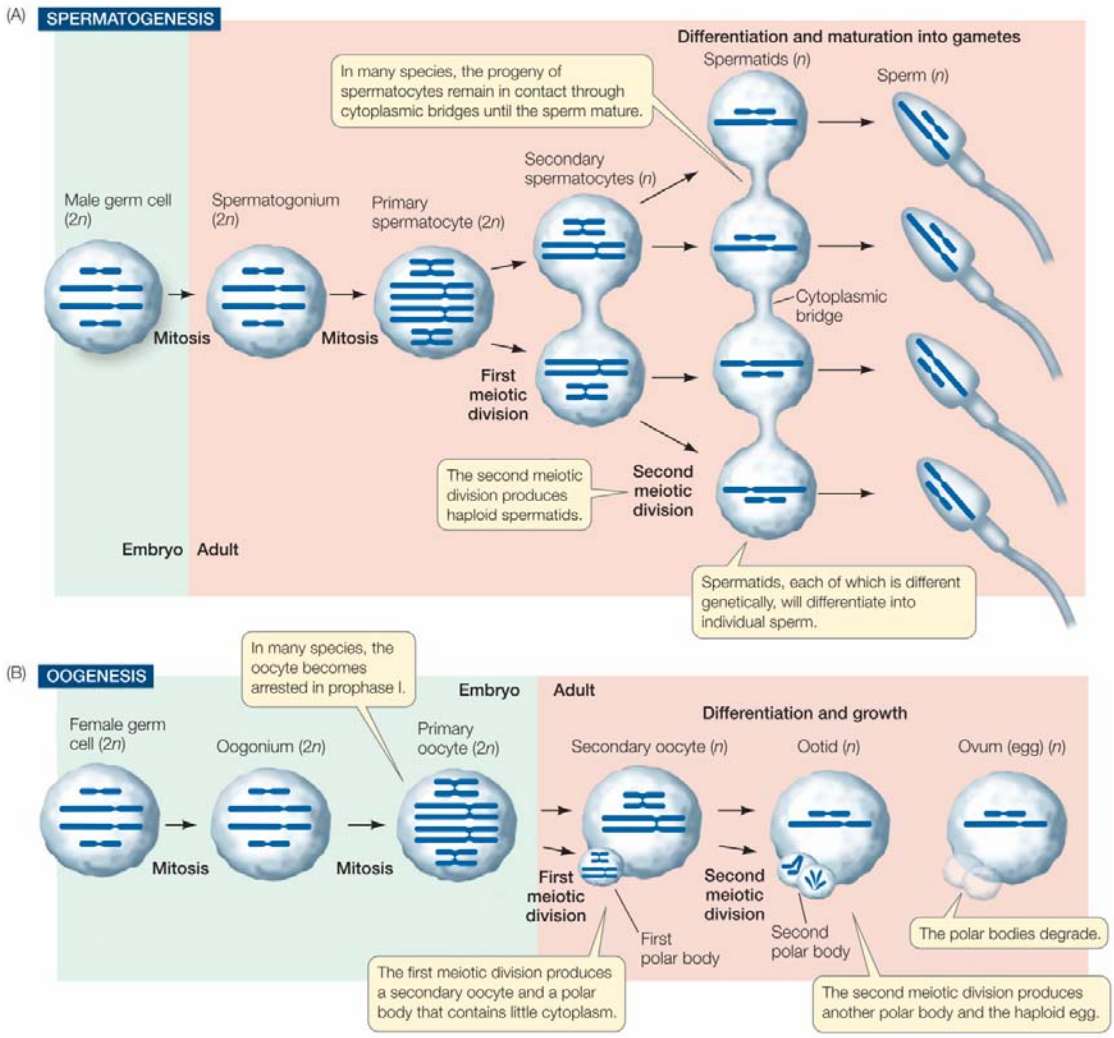
การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual Reproduction)

การปฏิสนธิ (Fertilization) เป็นกระบวนการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย ซึ่งมี 2 รูปแบบหลัก คือ

1. การปฏิสนธิภายนอกร่างกาย (External Fertilization) สัตว์จะมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาภายนอก และมีการปฏิสนธิเกิดขึ้นภายนอกร่างกาย พบได้เฉพาะในสัตว์ที่อยู่ในน้ำ

2. การปฏิสนธิภายในร่างกาย (Internal Fertilization) สัตว์เพศผู้จะมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เข้าไปผสมกับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียในร่างกาย พบได้ในปลากระดูกอ่อนบางชนิด และสัตว์มีกระดูกสันหลังที่อยู่บนบกส่วนใหญ่

การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (Gametogenesis)



การสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (Spermatogenesis) และเพศเมีย (Oogenesis)

โครงสร้างของระบบสืบพันธุ์เพศชาย (Male Reproductive System)

ระบบสืบพันธุ์เพศชายประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. อัณฑะ (Testis) โครงสร้างที่เป็นอวัยวะหลักในการสร้างอสุจิและการสร้างฮอร์โมนเพศชาย โดยอัณฑะจะอยู่ภายในถุงหุ้มอัณฑะ (Scrotum) ซึ่งทำหน้าที่ช่วยในการปรับอุณหภูมิภายในอัณฑะให้คงที่เหมาะสมต่อการสร้างอสุจิ (อุณหภูมิในอัณฑะต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกายเล็กน้อย) ภายในอัณฑะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

   1.1 หลอดสร้างอสุจิ (Seminiferous Tubule) ท่อขนาดเล็กขดอยู่ ภายในประกอบด้วยเซลล์ต่างๆ ดังนี้
   - เซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเซลล์อสุจิ
   - เซลล์เซอร์โทไล (Sertoli Cell) เป็นเซลล์พี่เลี้ยง
   - เซลล์เลย์ดิก (Leydig Cell หรือ Interstitial Cell) เป็นเซลล์ที่สร้างฮอร์โมน Testosterone

   1.2 หลอดเก็บอสุจิ (Epididymis) บริเวณที่เก็บพักอสุจิและกระตุ้นการทำงานของเซลล์อสุจิ

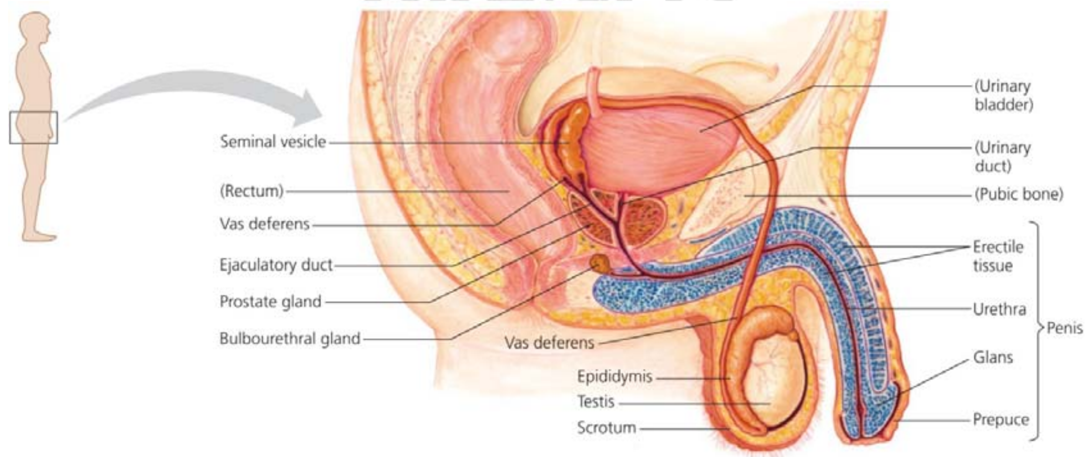
2. ท่อนำอสุจิ (Vas Deferens) – ท่อที่ทำหน้าที่ในการนำอสุจิให้เคลื่อนไปยังภายนอกร่างกาย
3. ต่อมต่างๆ ภายในระบบสืบพันธุ์เพศชาย มีดังนี้

   3.1 ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ (Seminal Vesicle) ทำหน้าที่สร้างและหลั่งของเหลวที่มีสีเหลืองอ่อน ประกอบด้วยเมือก วิตามินซี กรดอะมิโน น้ำตาล Fructose ซึ่งจัดเป็นแหล่งพลังงานของเซลล์อสุจิ

   3.2 ต่อมลูกหมาก (Prostate Gland) ทำหน้าที่สร้างและหลั่งของเหลวที่มีสมบัติเป็นเบส เพื่อทำให้ช่องคลอดของเพศหญิงซึ่งมีสภาพเป็นกรดเปลี่ยนสภาพเป็นกลาง

   3.3 ต่อมคาวเปอร์ (Cowper's Gland) หรือ Bulbourethral Gland ทำหน้าที่สร้างและหลั่งของเหลวใสก่อนการหลั่งจริง (Pre-Ejaculate Fluid) สารนี้จะทำหน้าที่ลดความเป็นกรดภายในท่อปัสสาวะของผู้ชาย หล่อลื่นท่อปัสสาวะซึ่งของเหลวที่หลั่งออกมาพร้อมของเหลวจากต่อมนี้อาจจะมีเซลล์อสุจิอยู่ด้วย

4. องคชาติ (Penis) เป็นอวัยวะหลักที่เกี่ยวข้องกับการมีเพศสัมพันธ์ซึ่งจะใช้ในการสอดใส่เข้าไปในช่องคลอดเพื่อให้อสุจิสามารถเคลื่อนเข้าไปปฏิสนธิได้ ภายในองคชาติจะประกอบด้วยท่อรวมระหว่างท่อปัสสาวะและท่ออสุจิ (Urethra) องคชาติจะเกิดการแข็งตัวเมื่อมีเลือดเข้าไปคั่งสะสมในชั้นกล้ามเนื้อที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ

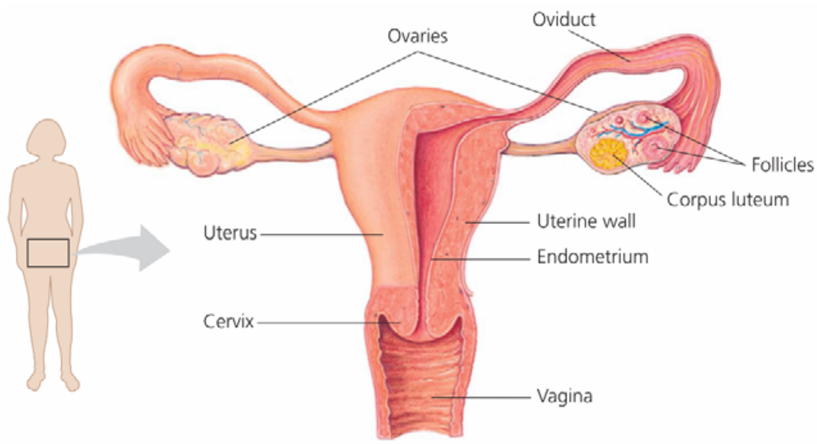


โครงสร้างของระบบสืบพันธุ์เพศชาย (Male Reproductive System)

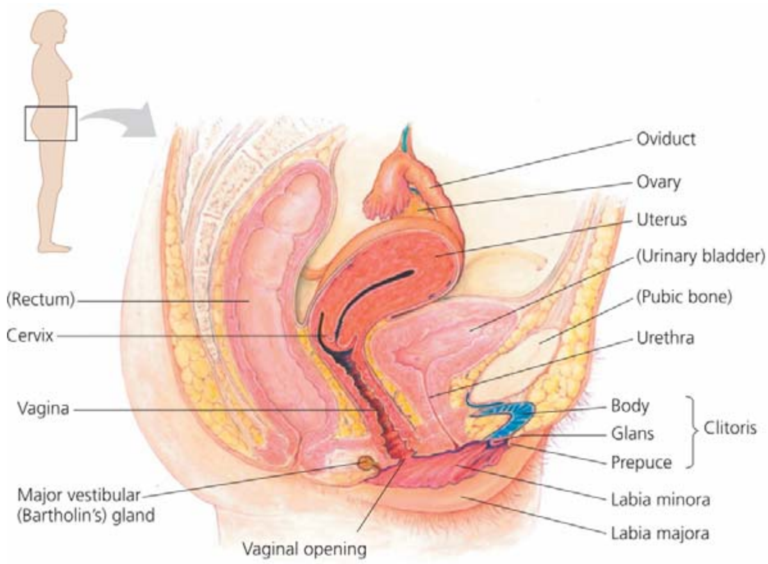
โครงสร้างของระบบสืบพันธุ์เพศหญิง (Female Reproductive System)

ระบบสืบพันธุ์เพศหญิงประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ (โครงสร้างภายใน)

1. รังไข่ (Ovary) เกี่ยวข้องกับการสร้างไข่และการสร้างฮอร์โมนเพศหญิง (เทียบได้กับอัณฑะ)
2. มดลูก (Uterus) เกี่ยวข้องกับการฝังตัวของเอ็มบริโอ โดยเอ็มบริโอจะเข้ามาฝังตัวที่ผนังมดลูกชั้นใน (Endometrium) ถ้าหากไม่มีการปฏิสนธิเกิดขึ้นผนังมดลูกชั้นในจะเกิดการหลุดลอกออกมาเป็นประจำเดือน
3. ท่อนำไข่ (Oviduct) หรือปีกมดลูก (Uterine Tube) บริเวณที่เกิดการปฏิสนธิขึ้นและนำพาไข่หรือเอ็มบริโอมาฝังตัวที่บริเวณมดลูก โดยจะมีเซลล์ที่มีซิเลียคอยโบกพัด
4. ปากมดลูก (Cervix) บริเวณมดลูกตอนล่างที่ติดกับช่องคลอด มีลักษณะเป็นปากแคบเข้าหากัน
5. ช่องคลอด (Vagina) ส่วนปลายสุดของระบบสืบพันธุ์เพศหญิง บริเวณที่รองรับการสอดใส่ขององคชาติ



โครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ ของมดลูก



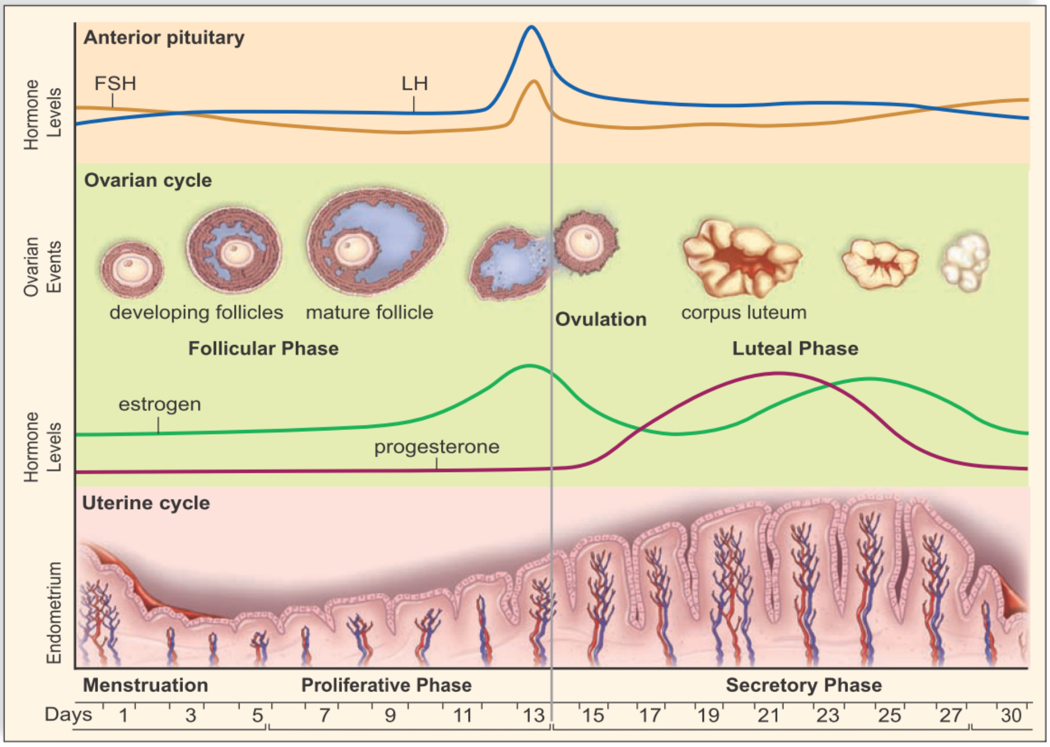
โครงสร้างของระบบสืบพันธุ์เพศหญิง

ฮอร์โมนกับระบบสืบพันธุ์เพศหญิง

การทำงานของฮอร์โมนในระบบสืบพันธุ์เพศหญิงจะมีความสลับซับซ้อนมากกว่าในเพศชาย เนื่องจากในเพศหญิงจะมีรอบเดือน (Menstruation) ซึ่งเกิดจากการทำงานร่วมกันของฮอร์โมน 5 ชนิด คือ GnRH, FSH, LH, Estrogen และ Progesterone อย่างมีรูปแบบที่สัมพันธ์กัน โดยผู้หญิงจะเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก (Menarche) เมื่ออายุประมาณ 11-12 ปี หลังจากนั้นจะมีประจำเดือนไปเรื่อยๆ จนอายุประมาณ 50 ปี ประจำเดือนจะหมดไปแล้วเข้าสู่ระยะวัยทอง (Menopause)

รอบเดือนของผู้หญิงจะเริ่มต้นจากการที่สมองส่วนไฮโพทาลามัสหลั่งฮอร์โมน GnRH ออกมากระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้สร้างและหลั่งฮอร์โมน FSH ออกมา ซึ่งฮอร์โมน FSH นี้จะไปกระตุ้นเซลล์ฟอลลิเคิล (Follicle) ที่อยู่รอบเซลล์ไข่ให้เกิดการพัฒนาขึ้น เมื่อเซลล์ฟอลลิเคิลเจริญมากขึ้นเซลล์เหล่านี้จะสร้างฮอร์โมนเอสโตรเจน (Estrogen) ออกมาเพิ่มขึ้น จนกระทั่งสูงเพียงพอที่จะไปกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้หลั่งฮอร์โมน LH ออกมา ซึ่งปริมาณ LH ที่สูงมากนี้ก็จะทำให้เซลล์ Secondary Oocyte หลุดออกจากรังไข่ เกิดการตกไข่ (Ovulation) ขึ้น

หลังจากที่ไข่ตกไปแล้ว ส่วนของเซลล์ฟอลลิเคิลเดิมจะเปลี่ยนไปเป็นกลุ่มเนื้อเยื่อสีเหลืองที่เรียกว่า คอร์ปัสลูเทียม (Corpus Luteum) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการสร้างและหลั่งฮอร์โมน Progesterone และ Estrogen โดยฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้จะกระตุ้นการเจริญของเยื่อบุผนังมดลูกชั้นใน (Endometrium) ถ้าหากไข่หลุดออกไปแต่ไม่ได้รับการปฏิสนธิ ส่วนของ Corpus Luteum จะฝ่อไป และทำให้เยื่อบุผนังมดลูกชั้นในเกิดการหลุดลอกออกไปกลายเป็นประจำเดือน (Menstruation) และมีการเจริญของเซลล์ฟอลลิเคิลใหม่อีกครั้ง



การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนเพศหญิงกับการเจริญของไข่และเยื่อบุผนังมดลูกในรอบเดือน

การเจริญของสัตว์ (Animal Development)

การเจริญของสัตว์ประกอบด้วย 4 กระบวนการ คือ

1. การแบ่งเซลล์ (Cell Division) – การเพิ่มจำนวนเซลล์สำหรับการเจริญของเอ็มบริโอ
2. การขยายขนาดของเซลล์ (Cell Expansion)
3. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์เพื่อทำหน้าที่เฉพาะ (Cell Differentiation)
4. การรวมกลุ่มกันของเซลล์เพื่อสร้างเป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะ (Morphogenesis)

ขั้นตอนของการเจริญในสัตว์ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้

1. การปฏิสนธิ (Fertilization) เป็นกระบวนการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย เซลล์ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิ (Fertilized Egg) เรียกว่า ไซโกต (Zygote) ถ้าไซโกตเริ่มแบ่งเซลล์จะถือว่าได้เข้าสู่ระยะเอ็มบริโอ (Embryo)

2. การคลีเวจ (Cleavage) เป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ของไซโกตจากการแบ่งเซลล์แบบไมโตซิส ทำให้มีจำนวนเซลล์มากขึ้น แต่ขนาดของเซลล์จะลดลง ส่งผลให้ขนาดเอ็มบริโอโดยรวมมีขนาดเท่าเดิม เนื่องจากเซลล์แต่ละเซลล์ไม่มีการขยายขนาดของเซลล์ในมนุษย์ เมื่อเอ็มบริโอเข้าสู่ระยะคลีเวจจะเกิดการแบ่งเซลล์จำนวนมาก เกิดเป็นเอ็มบริโอที่มีลักษณะคล้ายลูกน้อยหน่า เรียกว่า มอรูลา (Morula)

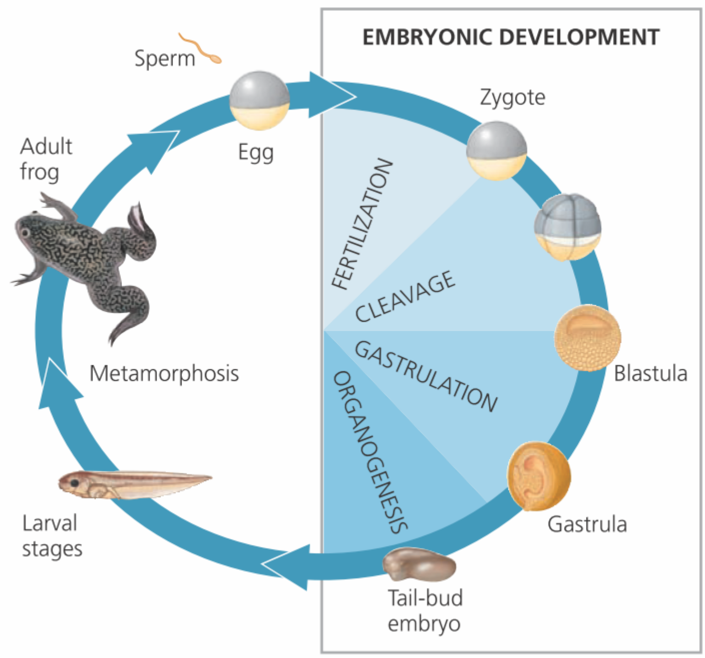
3. การบลาสทูเลชัน (Blastulation) เป็นกระบวนการที่เซลล์ของเอ็มบริโอมีการจัดเรียงตัวเป็นชั้นอยู่รอบนอก ตรงกลางมีลักษณะเป็นช่องที่มีของเหลวบรรจุอยู่ เรียกว่า Blastocoel สำหรับให้เซลล์สามารถเกิดการเคลื่อนที่ได้ในมนุษย์เอ็มบริโอที่อยู่ในระยะบลาสทูลาจะเรียกว่า Blastocyst ซึ่งเป็นระยะที่เกิดการฝังตัวในผนังมดลูกชั้นใน (Endometrium)

4. การแกสทรูเลชัน (Gastrulation) เป็นกระบวนการที่เซลล์ในเอ็มบริโอมีการจัดเรียงเป็นชั้นต่างๆ (Germ Layers) 3 ชั้น คือ ชั้นเอกโตเดิร์ม (Ectoderm) ชั้นมีโซเดิร์ม (Mesoderm) และชั้นเอนโดเดิร์ม (Endoderm) ตามลำดับ จากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน ซึ่งชั้นเนื้อเยื่อแต่ละชั้นนี้จะมีการพัฒนาเปลี่ยนเป็นอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย ดังตาราง

ชั้นเนื้อเยื่อ	อวัยวะและเนื้อเยื่อที่เจริญเมื่อเป็นตัวเต็มวัย
ชั้นเอกโตเดิร์ม (Ectoderm)	ชั้นหนังกำพร้าของผิวหนัง เซลล์เยื่อบุผิวในปากและทวารหนัก ระบบประสาท กระจกตาและเลนส์ตา เซลล์รับความรู้สึกในผิวหนัง
ชั้นมีโซเดิร์ม (Mesoderm)	ระบบโครงกระดูกและกล้ามเนื้อ ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบขับถ่าย ระบบสืบพันธุ์ (ยกเว้นเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเซลล์สืบพันธุ์) เยื่อบุช่องต่างๆ
ชั้นเอนโดเดิร์ม (Endoderm)	เซลล์บุผิวในระบบทางเดินอาหารและระบบทางเดินหายใจ ตับ ตับอ่อน ต่อมไทรอยด์และต่อมพาราไทรอยด์ ต่อมไทมัส ท่อปัสสาวะ กระเพาะปัสสาวะ และระบบสืบพันธุ์

การเคลื่อนที่ของเซลล์ในระยะแกสตรูลา จะนำไปสู่การพัฒนาช่องภายในที่เรียกว่า Archenteron (ซึ่งจะเจริญต่อไปเป็นท่อระบบทางเดินอาหาร) บริเวณช่องเปิดของ Archenteron นี้จะเรียกว่า Blastopore ซึ่งใช้ในการจำแนกสัตว์ออกเป็นกลุ่ม protostome และ deuterostome

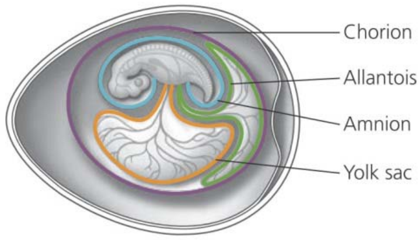
5. ออร์แกโนเจเนซิส (Organogenesis) เป็นกระบวนการที่เนื้อเยื่อทั้ง 3 ชั้นของเอ็มบริโอมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอวัยวะต่างๆ ระบบแรกที่มีการพัฒนา คือ ระบบประสาท (Nervous System)



แผนภาพสรุปการเจริญและวงชีวิตของกบ

สัตว์กลุ่มแอมนิโอต (Amniotes) คือ สัตว์มีกระดูกสันหลังกลุ่มที่มีการสร้างโครงสร้างพิเศษสำหรับห่อหุ้มตัวอ่อน (Extraembryonic Membrane) ได้แก่ สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งมีโครงสร้างหลายอย่างที่พัฒนาขึ้น สามารถสรุปดังนี้

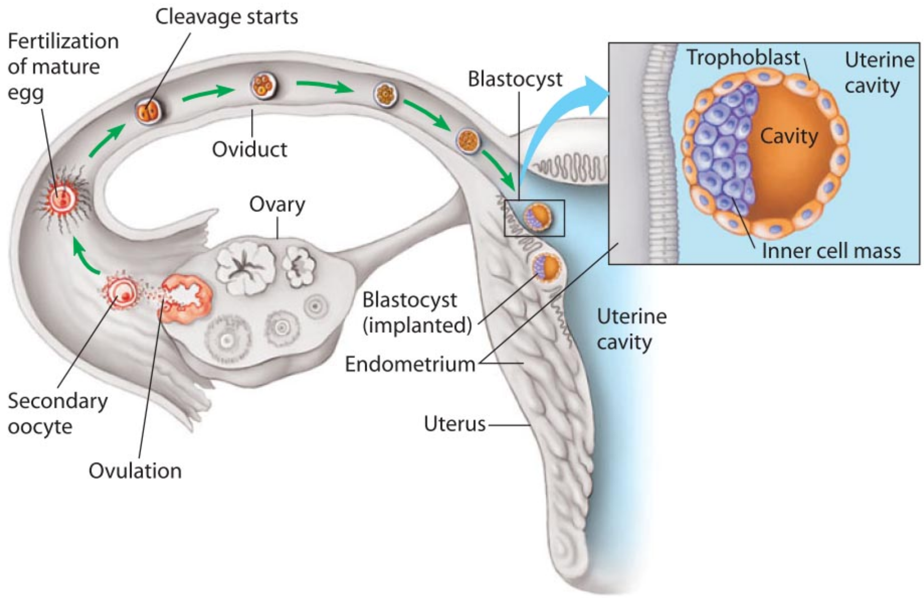
1. ถุงไข่แดง (Yolk Sac) ภายในบรรจุไข่แดง (Yolk) ซึ่งถูกใช้เป็นอาหารเลี้ยงตัวอ่อนขณะเจริญอยู่ภายในไข่
2. ถุงน้ำคร่ำ (Amnion) ภายในมีของเหลวบรรจุ เรียกว่า น้ำคร่ำ (Amniotic Fluid) ทำหน้าที่ในการป้องกันการกระทบกระเทือนและป้องกันไม่ให้เอ็มบริโอแห้งจนเกิดการขาดน้ำขึ้น
3. ถุงแอลแลนทอยส์ (Allantois) เป็นส่วนที่อยู่ชิดติดกับคอเรียน พร้อมกับมีหลอดเลือดฝอยอยู่โดยรอบ ทำหน้าที่ในการเก็บของเสียประเภทกรดยูริกเอาไว้ รวมถึงเกี่ยวข้องการแลกเปลี่ยนแก๊ส
4. คอเรียน (Chorion) เป็นเมมเบรนส่วนที่อยู่นอกสุดและอยู่ติดกับเปลือกไข่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส
5. เปลือกไข่ (Shell) ช่วยในการป้องกันอันตรายและป้องกันการสูญเสียน้ำของเซลล์ไข่



โครงสร้างของ Extraembryonic Membrane ในสัตว์มีกระดูกสันหลังกลุ่ม Amniotes

ข้อควรทราบเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเจริญในมนุษย์

- การปฏิสนธิของมนุษย์จะเกิดขึ้นที่บริเวณท่อนำไข่ (Oviduct) หรือปีกมดลูก เมื่อเกิดการปฏิสนธิไซโกตจะเกิดการคลีเวจเพิ่มจำนวนเซลล์เป็นมอรูลา และบลาสทูลาตามลำดับ ในประมาณวันที่ 7 เอ็มบริโอในระยะ Blastula (เรียกว่า Blastocyst) จะมีการสร้างถุงคอเรียนขึ้นล้อมรอบ และเกิดการฝังตัวที่ผนังมดลูกชั้นในโดยส่วนของ Trophoblast จะมีการเจริญต่อไปเป็นรก (Placenta) ถ้าเอ็มบริโอไปฝังตัวที่บริเวณอื่นนอกจากมดลูกถือว่าเป็นการท้องนอกมดลูก ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายกับแม่ได้
- รก (Placenta) เป็นโครงสร้างที่เกิดขึ้นจากถุงคอเรียน (Chorion) ของลูกและเนื้อเยื่อของผนังมดลูกชั้นในของแม่ ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊ส สารอาหาร และของเสียต่างๆ นอกจากนี้รกยังทำหน้าที่ในการสร้างฮอร์โมน hCG (Human Chorionic Gonadotropin) ที่จะรักษาสภาพของ Corpus luteum ให้คงอยู่ สำหรับการสร้างฮอร์โมน Progesterone และ Estrogen เพื่อป้องกันไม่ให้ผนังมดลูกชั้นในหลุดออกไปเมื่อเอ็มบริโอฝังตัวแล้ว
- เมื่อเอ็มบริโอมีอายุประมาณ 8 สัปดาห์จะมีการพัฒนาอวัยวะต่างๆ จนครบ เรียกเอ็มบริโอตั้งแต่ระยะ 8 สัปดาห์ขึ้นไปว่า ฟีตัส (Fetus)



การปฏิสนธิและเอ็มบริโอในระยะแรกของมนุษย์

แนวข้อสอบ

เรื่อง การประสานงานในร่างกาย
จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. เมื่อเซลล์ประสาทถูกกระตุ้น เหตุการณ์แรกที่เกิดขึ้นคือข้อใด
   1) เกิดแอกชันโพเทนเชียล
   2) เกิดการหลั่งสารสื่อประสาท
   3) Na^{+} ไหลเข้าไปในเซลล์
   4) K^{+} ไหลออกนอกเซลล์

2. ข้อใด**ไม่ถูกต้อง**
   ก. เส้นประสาทสมองคู่ที่ 1 ของคน ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากจมูก
   ข. ออพติกโลบของคนไม่ได้ทำหน้าที่รับรู้การมองเห็นโดยตรง
   ค. เซรีเบลลัมเป็นส่วนของก้านสมอง ทำหน้าที่ควบคุมการทรงตัว
   ง. เมดัลลาออบลองกาตา ทำหน้าที่ร่วมกับพอนส์ ในการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย
   1) ก. และ ข.
   2) ข. และ ค.
   3) ค. และ ง.
   4) ก. และ ง.

3. ภาวะที่มี Ca^{2+} ในเลือดสูงจะมีผลให้เกิดเหตุการณ์ใด
   ก. กระตุ้นการหลั่งพาราทอร์โมน
   ข. กระตุ้นการหลั่งแคลซิโทนิน
   ค. ลดอัตราการดูดซึม Ca^{2+} จากลำไส้เข้าสู่หลอดเลือดฝอย
   ง. เพิ่มอัตราการดูดซึม Ca^{2+} จากลำไส้เข้าสู่หลอดเลือดฝอย
   1) ก. และ ข.
   2) ข. และ ค.
   3) ค. และ ง.
   4) ก. และ ง.

4. ข้อความใด**ไม่เป็นจริง**
   ก. โดยทั่วไปผู้ชายไม่สามารถสร้างฮอร์โมนเพศหญิงได้
   ข. ต่อมใต้สมองส่วนหลังเป็นต่อมไร้ท่อที่ไม่ได้สร้างฮอร์โมน
   ค. ฮอร์โมนจากต่อมไพเนียลของคนหลั่งมากในที่มืด
   ง. คนที่ไม่ได้รับไอโอดีนติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจเกิดโรคคอหอยพอกและตาโปน
   1) ก. และ ข.
   2) ข. และ ค.
   3) ค. และ ง.
   4) ก. และ ง.

5. ข้อความใด**ไม่ถูกต้อง**
   1) กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ เริ่มตั้งแต่เป็นทารกในครรภ์
   2) การตกไข่ หมายถึง การที่โอโอไซต์ระยะที่สองหลุดจากฟอลลิเคิลเข้าสู่ท่อนำไข่
   3) หลังจากปฏิสนธิ จะได้ไซโกตซึ่งเคลื่อนที่ไปฝังตัวที่ผนังมดลูกทันที
   4) รก ประกอบด้วยเนื้อเยื่อชั้นเอนโดมีเทรียมของแม่และคอเรียนของลูก

6. ลักษณะการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอของคน ข้อใด**ถูกต้อง**
   1) เอ็มบริโอที่เคลื่อนที่มาฝังตัวที่ผนังมดลูก อยู่ในระยะแกสทรูลา
   2) เมื่อเอ็มบริโอฝังตัวที่ผนังมดลูกแล้ว จะสร้างถุงคอเรียนล้อมรอบซึ่งถุงนี้จะเป็นส่วนของรก
   3) เมื่อเอ็มบริโออายุได้ 8 สัปดาห์ แขนและขาจึงเริ่มปรากฏชัดเจน
   4) เอ็มบริโออายุประมาณ 3 เดือน มีอวัยวะทุกอย่างครบ เรียกว่า ฟีตัส

7. จุดบอดหมายถึงบริเวณใดของเรตินา
   1) บริเวณที่ไม่มีเซลล์รูปกรวย　　2) บริเวณที่ไม่มีเซลล์รูปแท่ง
   3) บริเวณที่ไม่มีเซลล์รับแสง　　4) บริเวณที่แสงตกไม่ถึง

8. สัตว์ในข้อใดที่ระยะเอ็มบริโอมีการสร้างถุงแอลแลนทอยส์และถุงนี้ทำหน้าที่อะไร
   1) กบ แลกเปลี่ยนแก๊สกับภายนอก
   2) ไก่ เก็บสะสมอาหารและของเสียพวกกรดยูริก
   3) กบ เก็บสะสมอาหารและแลกเปลี่ยนแก๊ส
   4) ไก่ แลกเปลี่ยนแก๊สและเก็บของเสียพวกกรดยูริก

9. คำในข้อใดมีความเกี่ยวข้องกัน**น้อยที่สุด**
   1) ต่อมพาราไทรอยด์ แคลเซียม กระดูก
   2) ต่อมใต้สมองส่วนหลัง โพรเจสเทอโรน มดลูก
   3) ลำไส้เล็ก ซีครีทิน ตับอ่อน
   4) ต่อมหมวกไต แอลโดสเตอโรน ไต

10. สมองส่วนใดของคน เมื่อถูกทำลายแล้วมีผลทำให้การควบคุมการหายใจผิดปกติ
    ก. เมดัลลาออบลองกาตา　　ข. พอนส์
    ค. เซรีบรัม
   1) ก.　　2) ก. และ ข.
   3) ข. และ ค.　　4) ก., ข. และ ค.

11. ม่านตา เป็นส่วนใดของนัยน์ตาคน
   1) สเคลอรา　　2) เรตินา　　3) โครอยด์　　4) กล้ามเนื้อยึดเลนส์

12. การทำงานและการหลั่งสารสื่อประสาทของระบบประสาทอัตโนวัติชนิดซิมพาเทติกในข้อใด**ถูกต้อง**
    ก. นำคำสั่งกระตุ้นต่อมน้ำลายให้หลั่งน้ำลาย
    ข. นำคำสั่งให้กระเพาะปัสสาวะบีบตัว
    ค. เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์ หลั่งแอซิติลโคลีนมายังเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์
    ง. เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ หลั่งนอร์เอพิเนฟรินมาควบคุมการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ
   1) ก. และ ข.　　2) ข. และ ค.
   3) ค. และ ง.　　4) ก. และ ง.

13. กระบวนการในข้อใด ทำให้ได้เซลล์ใหม่ซึ่งมีจำนวนชุดของโครโมโซมเท่าเซลล์เดิม

1) Fertilization, Binary Fission
2) Regeneration, Mitosis
3) Conjugation, Parthenogenesis
4) Mitosis, Meiosis

14. ข้อใดกล่าวถึงโครงสร้างและการทำงานขององค์ประกอบของอวัยวะรับความรู้สึกของคนได้**ถูกต้อง**

ก. กระจกตาเป็นส่วนของผนังลูกตาชั้นโครอยด์ ทำหน้าที่ช่วยหักเหแสงผ่านเลนส์ตา

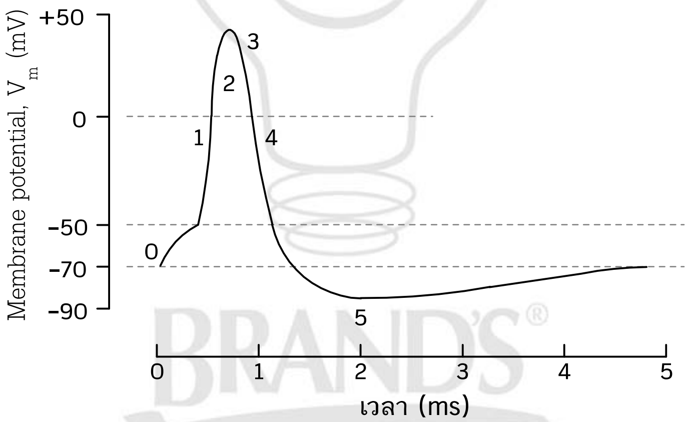
ข. การรับรสเกิดจากการกระตุ้นเซลล์รับรสในตุ่มรับรส ซึ่งจะเกิดกระแสประสาทไปตามเส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 และ 9 จนถึงสมอง

ค. หน่วยรับความรู้สึกเจ็บปวด เป็นปลายประสาทเดนไดรต์ที่แทรกอยู่ในชั้นหนังกำพร้า

ง. ท่อยูสเตเชียน เชื่อมระหว่างหูส่วนกลางและคอหอย ทำหน้าที่ปรับความดันอากาศระหว่างหูส่วนกลาง และหูส่วนในให้เท่ากัน

1) ก. และ ข.
2) ข. และ ค.
3) ค. และ ง.
4) ก., ค. และ ง.

15. จากกราฟ Action Potential ของเซลล์ประสาท ต้องกระตุ้นเซลล์ประสาทด้วยความแรงเท่าใดจึงจะเกิด Action Potential หรือการส่งกระแสประสาทขึ้นได้



1) 70 mV
2) 50 mV
3) 40 mV
4) 20 mV

16. อวัยวะในข้อใดมีเซลล์ทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบประสาท

1) ตับอ่อน
2) ต่อมหมวกไต
3) ต่อมพาราไทรอยด์
4) ต่อมใต้สมองส่วนหน้า

17. ข้อใดเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการหลั่งสารสื่อประสาทที่ปลายแอกซอน

1) การเกิดดีโพลาไรเซชัน
2) การเกิดไฮเปอร์โพลาไรเซชัน
3) การทำงานของ Na^+/K^+ pump
4) การยับยั้งการนำเข้า Ca^{2+} ที่ปลายแอกซอน

18. กระบวนการหลั่งสารสื่อประสาท Acetylcholine จากปลายประสาทสั่งการ (Motor Neuron) เป็นการเคลื่อนย้ายสารแบบใด

1) เอกโซไซโทซิส (Exocytosis)
2) การแพร่แบบธรรมดา (Simple Diffusion)
3) การแพร่แบบฟาซิลิเทต (Facilitated Diffusion)
4) การลำเลียงแบบใช้พลังงาน (Active Transport)

19. ต่อมไร้ท่อใดต่อไปนี้ ถ้าถูกทำลายจะทำให้เสียชีวิตได้ เพราะเหตุใด

1) ต่อมใต้สมองส่วนหน้า เสียชีวิตเนื่องจากร่างกายเสียน้ำ ทำให้เกิดภาวะขาดน้ำ
2) ต่อมหมวกไตส่วนนอก เสียชีวิตเนื่องจากหัวใจเต้นเร็ว ความดันเลือดสูง
3) ต่อมพาราไทรอยด์ เสียชีวิตเนื่องจากกล้ามเนื้อเกร็ง ชัก หัวใจเต้นอ่อน
4) ต่อมไทมัส เสียชีวิตเนื่องจากกล้ามเนื้ออ่อนแรง ติดเชื้อ

20. ข้อใดต่อไปนี้**ไม่ถูกต้อง**

1) หลังจากเกิด Action Potential ความต่างศักย์เยื่อหุ้มเซลล์กลับสู่ระยะพักด้วยการทำงานของ Na-K pump
2) Axon ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ สามารถนำกระแสประสาทได้เร็วกว่า Axon ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก
3) การเกิด Action Potential ที่ Node of Ranvier จะทำให้เกิด Action Potential ไปสู่ปลาย Axon เท่านั้น
4) การเกิด Action Potential เป็นการเกิดแบบ all-or-none เท่านั้น

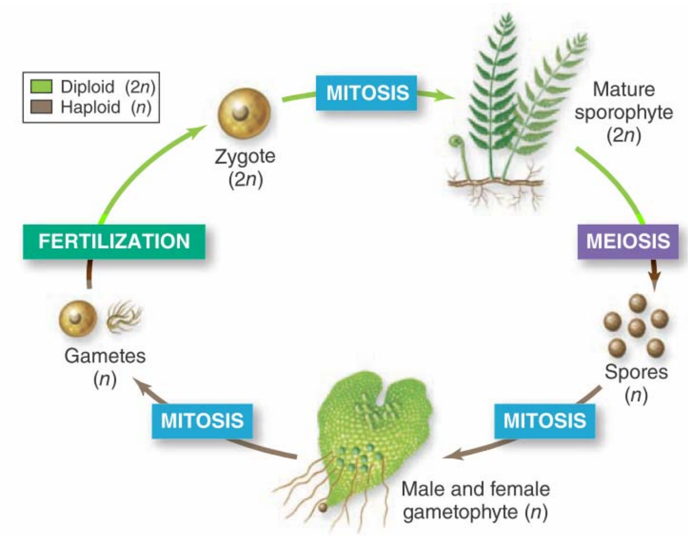
เฉลย

1. 3)	2. 3)	3. 2)	4. 4)	5. 3)	6. 2)	7. 3)	8. 4)	9. 2)	10. 4)
11. 3)	12. 3)	13. 2)	14. 2)	15. 4)	16. 2)	17. 1)	18. 1)	19. 3)	20. 3)

การดำรงชีวิตของพืช

ลักษณะของพืช

1. สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ประเภทยูคาริโอต
2. มีความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) มีรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง
3. ผนังเซลล์เป็นสารพวกเซลลูโลส (Cellulose)
4. วงชีวิตแบบสลับ (Alternation of Generation หรือ Diplohaplontic Life Cycle)



วงชีวิตแบบสลับของพืช

เนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue) คือ กลุ่มเซลล์พืชที่อยู่รวมกัน อาจจะมีรูปร่างเหมือนกันหรือแตกต่างกันก็ได้ แต่จะอยู่รวมกันเพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่างเดียวกัน เนื้อเยื่อพืชแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ เนื้อเยื่อเจริญ (Meristematic Tissue) และเนื้อเยื่อถาวร (Permanent Tissue)

การจัดจำแนกประเภทของเนื้อเยื่อพืชสามารถสรุปได้ดังแผนผังต่อไปนี้

- เนื้อเยื่อพืช
  - เนื้อเยื่อเจริญ
    - เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย
    - เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง
    - เนื้อเยื่อเจริญระหว่างข้อ
  - เนื้อเยื่อถาวร
    - เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว
      - Parenchyma
      - Collenchyma
      - Sclerenchyma
    - เนื้อเยื่อถาวรเชิงประกอบ
      - Xylem
        - Tracheid
        - Vessel
      - Phloem
        - Sieve tube
        - Companion cell

เนื้อเยื่อเจริญ (Meristematic Tissue)

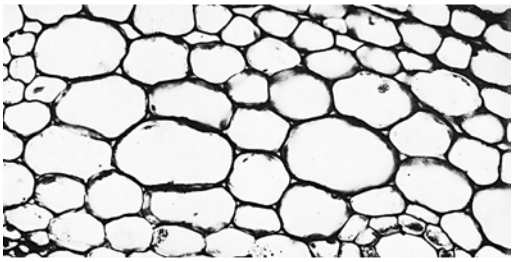
เนื้อเยื่อเจริญ (Meristematic Tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบขึ้นจากเซลล์ที่ยังสามารถแบ่งเซลล์ได้อยู่ แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. เนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย (Apical Meristem)
   - พบในพืชทุกชนิด ทำให้พืชมีการเติบโตในแนวสูงขึ้น (Primary Growth)
   - แบ่งเป็น 2 ชนิดขึ้นกับตำแหน่ง คือ เนื้อเยื่อเจริญปลายราก (Root Apical Meristem) และเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (Shoot Apical Meristem)
2. เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง (Lateral Meristem)
   - พบในพืชใบเลี้ยงคู่เป็นส่วนใหญ่ ทำให้พืชมีการเติบโตในแนวด้านกว้าง (Secondary Growth)
   - แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Vascular Cambium สำหรับสร้างเนื้อเยื่อลำเลียง และ Cork Cambium สำหรับสร้างเนื้อเยื่อในชั้น Periderm (ส่วนหนึ่งของเปลือกไม้)
3. เนื้อเยื่อเจริญระหว่างข้อ (Intercalary Meristem)
   - พบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ทำให้พืชมีการเติบโตในแนวสูงขึ้น (Primary Growth)

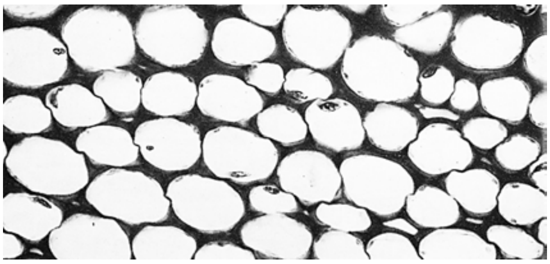
เนื้อเยื่อถาวร (Permanent Tissue)

เนื้อเยื่อถาวร (Permanent Tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบขึ้นจากเซลล์ที่ไม่แบ่งเซลล์ อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่างแล้ว แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว (Simple Tissue) ประกอบขึ้นจากเซลล์เพียงชนิดเดียว ขณะที่เนื้อเยื่อถาวรเชิงประกอบ (Complex Tissue) ประกอบขึ้นจากเซลล์มากกว่า 1 ชนิด เนื้อเยื่อถาวรแต่ละชนิดสามารถสรุปได้ดังนี้

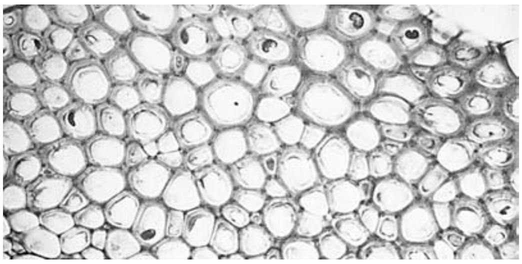
1. เนื้อเยื่อพาเรงไคมา (Parenchyma)
   - เนื้อเยื่อถาวรที่พบมากที่สุดในพืช และสามารถพบได้ในทุกส่วนของพืช
   - เซลล์พาเรงไคมา (Parenchymal Cell) มีผนังเซลล์แบบปฐมภูมิ (Primary Cell Wall) บาง สม่ำเสมอ
   - เซลล์พาเรงไคมาเมื่อเติบโตเต็มที่จะยังคงมีชีวิต สามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆ ได้
   - หน้าที่ : เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง สะสมอาหาร สร้างและหลั่งสารบางชนิด
2. เนื้อเยื่อคอลเลนไคมา (Collenchyma)
   - เซลล์คอลเลนไคมา (Collenchymal Cell) มีผนังเซลล์แบบปฐมภูมิ (Primary Cell Wall) หนา และโดยทั่วไปมักจะหนามากตามมุมเซลล์ (Angular Collenchyma)
   - เซลล์คอลเลนไคมาเมื่อเติบโตเต็มที่จะยังคงมีชีวิต สามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆ ได้
   - หน้าที่ : ให้ความแข็งแรงกับส่วนของพืชที่ยังอ่อน เช่น บริเวณก้านใบ เส้นกลางใบ ลำต้นพืชล้มลุก
3. เนื้อเยื่อสเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma)
   - เซลล์สเคลอเรนไคมา (Sclerenchymal Cell) มีผนังเซลล์แบบทุติยภูมิ (Secondary Cell Wall) ที่เป็นสารพวกลิกนิน (Lignin) เพิ่มเข้ามา ทำให้เซลล์มีความแข็งมากขึ้น
   - เซลล์สเคลอเรนไคมาเมื่อโตเต็มที่จะเป็นเซลล์ที่ตายแล้ว
   - หน้าที่ : ให้ความแข็งแรงกับส่วนต่างๆ ของพืช
   - แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สเคลอรีด (Sclereid) และไฟเบอร์ (Fiber)



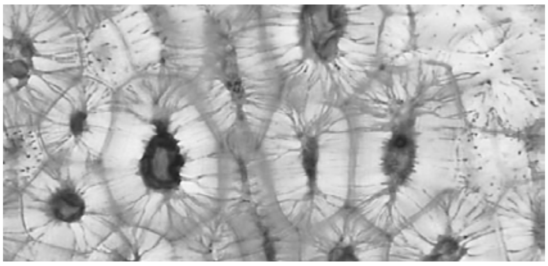
เนื้อเยื่อพาเรงไคมา (Parenchyma)



เนื้อเยื่อคอลเลนไคมา (Collenchyma)



เนื้อเยื่อสเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma) – Fiber



เนื้อเยื่อสเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma) – Sclereid

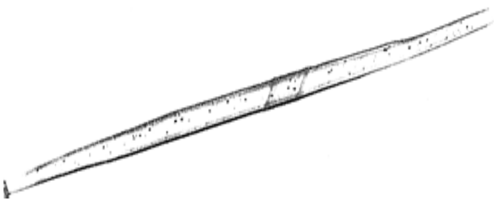
เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยวชนิดต่างๆ ในพืช

4. เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ (Xylem)

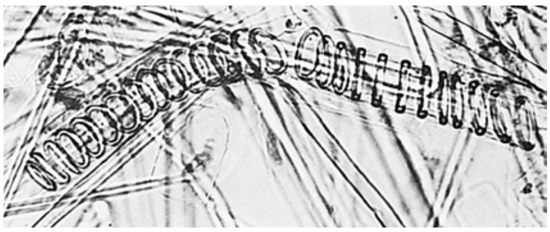
– เนื้อเยื่อถาวรเชิงประกอบที่มีเซลล์ 4 ชนิด คือ Parenchyma, Fiber, เทรคีด (Tracheid) และเวสเซล (Vessel) โดยส่วนของ Tracheid และ Vessel จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำได้ เรียกรวมเซลล์ทั้งสองชนิดนี้ว่า Tracheary Elements

– Tracheid เป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์แบบทุติยภูมิ (มีสารลิกนินพอก) ดังนั้นเมื่อเติบโตเต็มที่เซลล์จะไม่มีชีวิต พบได้ในพืชที่มีท่อลำเลียงทุกชนิด ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและให้ความแข็งแรงกับพืช

– Vessel เป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์แบบทุติยภูมิและเมื่อเติบโตเต็มที่เซลล์จะตายเช่นเดียวกับ Tracheid แต่จะสามารถพบได้เฉพาะในพืชดอก ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและให้ความแข็งแรงกับพืช แต่ละเซลล์ของ Vessel เรียกว่า Vessel Member ซึ่งจะต่อกันด้วยแผ่นตะแกรง เรียก Perforation Plate



เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ – เทรคีด (Tracheid)

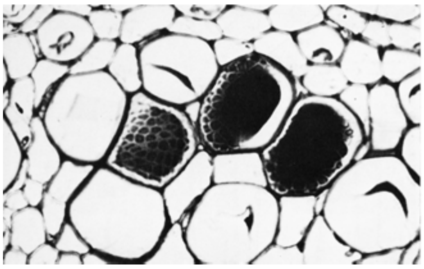


เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ – เวสเซล (Vessel)

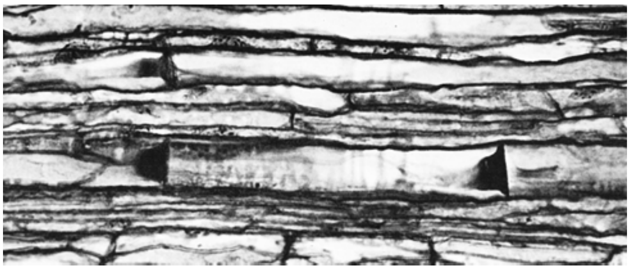
เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ (Tracheid และ Vessel)

5. เนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร (Phloem)

- ประกอบด้วยเซลล์ 4 ชนิด คือ Parenchyma, Fiber, ซีฟทิวบ์ (Sieve Tube Member) และเซลล์ประกบ (Companion Cell) โดยซีฟทิวบ์จะเป็นกลุ่มเซลล์หลักที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงอาหาร
- Sieve Tube Member เป็นเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่ มีผนังเซลล์แบบปฐมภูมิ แต่จะไม่มีนิวเคลียสและออร์แกเนลล์ต่างๆ มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก บริเวณหัวท้ายเซลล์จะมีแผ่นตะแกรง เรียกว่า Sieve Plate
- Companion Cell เป็นเซลล์ขนาดเล็ก มีนิวเคลียสใหญ่ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ Sieve Tube



เนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร (ตัดตามขวาง)



เนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร (ตัดตามยาว)

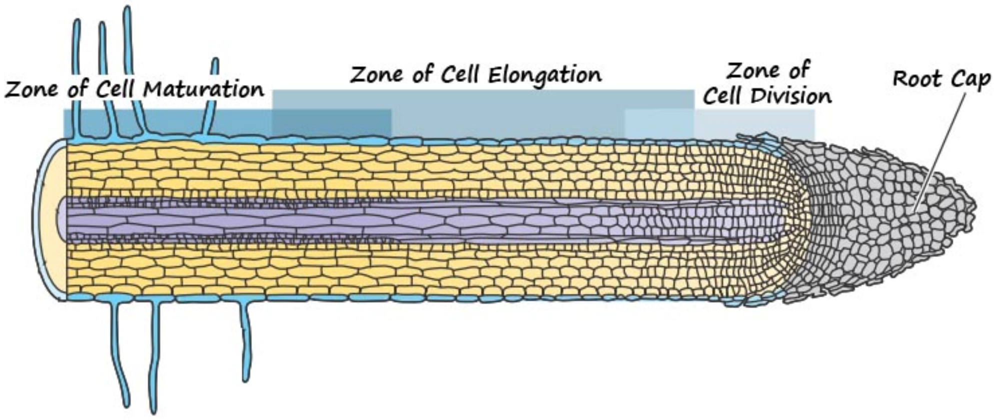
เนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร

ราก (Root)

ราก (Root) เป็นอวัยวะที่มักเจริญอยู่ใต้ดินและมีทิศทางการเติบโตตามแรงดึงดูดโลก รากพืชทำหน้าที่หลัก คือ การดูดน้ำและเกลือแร่จากในดิน รวมถึงทำหน้าที่ในการยึดและให้ความแข็งแรงกับลำต้นพืช

โครงสร้างของรากตัดตามยาว (Longitudinal Section) เรียงจากด้านล่างสุดขึ้นมาด้านบน แบ่งได้ 4 บริเวณ คือ

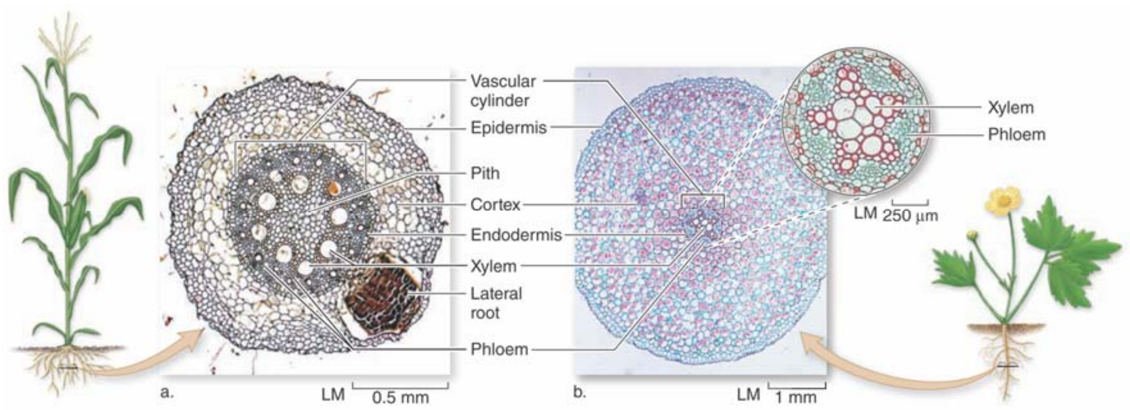
1. หมวกราก (Root Cap) – ช่วยในการชอนไชของรากในดิน ป้องกันอันตรายให้เนื้อเยื่อเจริญปลายราก
2. บริเวณเซลล์กำลังแบ่งตัว (Zone of Cell Division) – มีเนื้อเยื่อเจริญปลายราก (Root Apical Meristem)
3. บริเวณเซลล์ขยายตัวตามยาว (Zone of Cell Elongation) – เซลล์มีการสะสมสารและมีขนาดใหญ่ขึ้น
4. บริเวณเซลล์เติบโตเต็มที่ (Zone of Cell Maturation) – เซลล์บางส่วนอาจจะกลายเป็นเซลล์ขนรากได้



โครงสร้างของรากพืชตัดตามยาว

โครงสร้างของรากตัดตามขวาง (Cross Section) เรียงจากทางด้านนอกเข้ามาด้านใน แบ่งออกได้เป็น 3 ชั้น คือ

1. ชั้นเอพิเดอร์มิส (Epidermis) – ชั้นนอกสุดของราก
   - ประกอบด้วย Epidermal Cell เรียงตัวเพียงชั้นเดียว ไม่มีสารพวกคิวตินเคลือบ
   - ในบริเวณที่เซลล์มีการเติบโตเต็มที่อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเป็นเซลล์ขนราก
2. ชั้นคอร์เท็กซ์ (Cortex) – ชั้นที่กว้างที่สุดของราก
   - ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ Parenchyma เป็นหลัก ทำหน้าที่ในการสะสมอาหารจำพวกแป้ง (Storage Parenchyma) แต่อาจจะพบเนื้อเยื่อ Collenchyma และ Sclerenchyma ได้
   - ชั้นในสุดของ Cortex เรียกว่า Endodermis จะมีสารพวกซูเบอริน (Suberin) พอกเป็นแถบ เรียกว่า แถบแคสปาเรียน (Casparian Strip) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการลำเลียงน้ำเข้ามาในราก
3. ชั้นสตีล (Stele) – ชั้นที่อยู่ในสุดของราก ประกอบด้วยส่วนต่างๆ 3 ส่วน คือ
   1. ชั้นเพอริไซเคิล (Pericycle) เป็นชั้นนอกสุดของ Stele เกี่ยวข้องกับการเกิดรากแขนง (Lateral Root)
   2. ท่อลำเลียงน้ำและอาหาร (Vascular Cylinder) มีท่อ Xylem อยู่ตรงกลาง และมี Phloem แทรกอยู่โดยรอบ ถ้าเป็นพืชใบเลี้ยงคู่มักจะมี Xylem ประมาณ 3–5 แฉก ขณะที่พืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมี Xylem เป็นแฉกอยู่จำนวนมาก
   3. ชั้นพิธ (Pith) ส่วนที่อยู่ในสุดของราก เป็นเนื้อเยื่อ Parenchyma และมักพบในรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว



โครงสร้างของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่ ตามลำดับ

รากของพืชบางชนิดอาจจะมีการปรับเปลี่ยนไปเพื่อทำหน้าที่ต่างๆ ตัวอย่างเช่น

1. รากสะสมอาหาร ตัวอย่างเช่น หัวผักกาด แครอท มันเทศ มันแกว กระชาย มันสำปะหลัง
2. รากหายใจที่มีปลายรากโผล่ขึ้นมาเหนือดินและผิวน้ำ ตัวอย่างเช่น รากของต้นลำพู โกงกาง แสม
3. รากที่ช่วยในการค้ำจุนลำต้นพืช ตัวอย่างเช่น รากต้นเตยทะเล รากต้นไทร
4. รากที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสง ตัวอย่างเช่น รากสีเขียวของกล้วยไม้
5. รากที่ใช้ในการยึดเกาะกับผนัง ตัวอย่างเช่น รากของต้นพลู พริกไทย พลูด่าง
6. รากกาฝากที่ใช้ในการแทงเข้าไปแย่งน้ำและอาหาร ตัวอย่างเช่น รากกาฝาก รากต้นฝอยทอง
7. รากพูพอน (Buttress Root) ในพืชที่มีขนาดใหญ่ ช่วยในการค้ำจุน

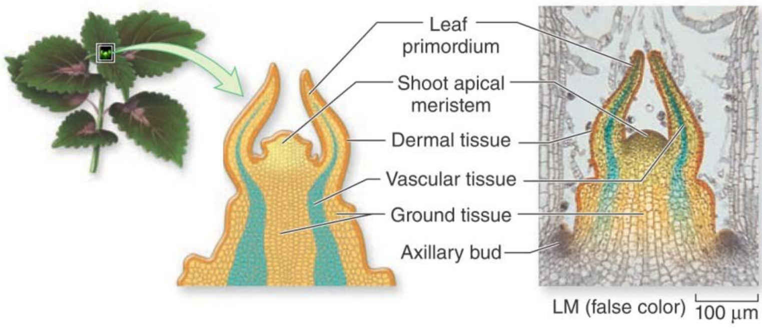
* รากพิเศษ (Adventitious Root) คือ รากส่วนที่เจริญมาจากส่วนอื่นของพืชที่ไม่ใช่รากแก้ว เช่น ลำต้น หรือใบ

ลำต้น (Stem)

ลำต้น (Stem) เป็นโครงสร้างที่อยู่เหนือดินของพืช มีลักษณะเป็นข้อปล้องซึ่งเห็นได้ชัดในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว แต่ในพืชใบเลี้ยงคู่อาจจะเห็นได้ไม่ชัดเจน ลำต้นมีหน้าที่หลักในการพยุงและชูใบสำหรับสังเคราะห์ด้วยแสง รวมถึงการผลิตดอกและการพัฒนาของผล นอกจากนี้ลำต้นยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางสำหรับการลำเลียงน้ำจากรากไปยอด และการลำเลียงอาหารไปยังส่วนต่างๆ ของพืชได้

โครงสร้างบริเวณปลายยอด (Shoot Structure) ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (Shoot Apical Meristem)
2. ใบแรกเกิด (Leaf Primordium) – ใบระยะแรก ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์มาก
3. ใบอ่อน (Young Leaf) – ใบที่เจริญมาจากใบแรกเกิด ยังมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ได้
4. ตาแรกเกิด (Bud Primordium) – เจริญต่อไปเป็นตาข้าง (Axillary Bud) ซึ่งจะพัฒนาเป็นกิ่งต่อไปได้
5. ลำต้นอ่อน (Young Stem)



โครงสร้างของปลายยอดพืช

โครงสร้างของลำต้นตัดตามขวาง (Cross Section) เรียงจากทางด้านนอกเข้ามาด้านใน แบ่งออกได้เป็น 3 ชั้น คือ

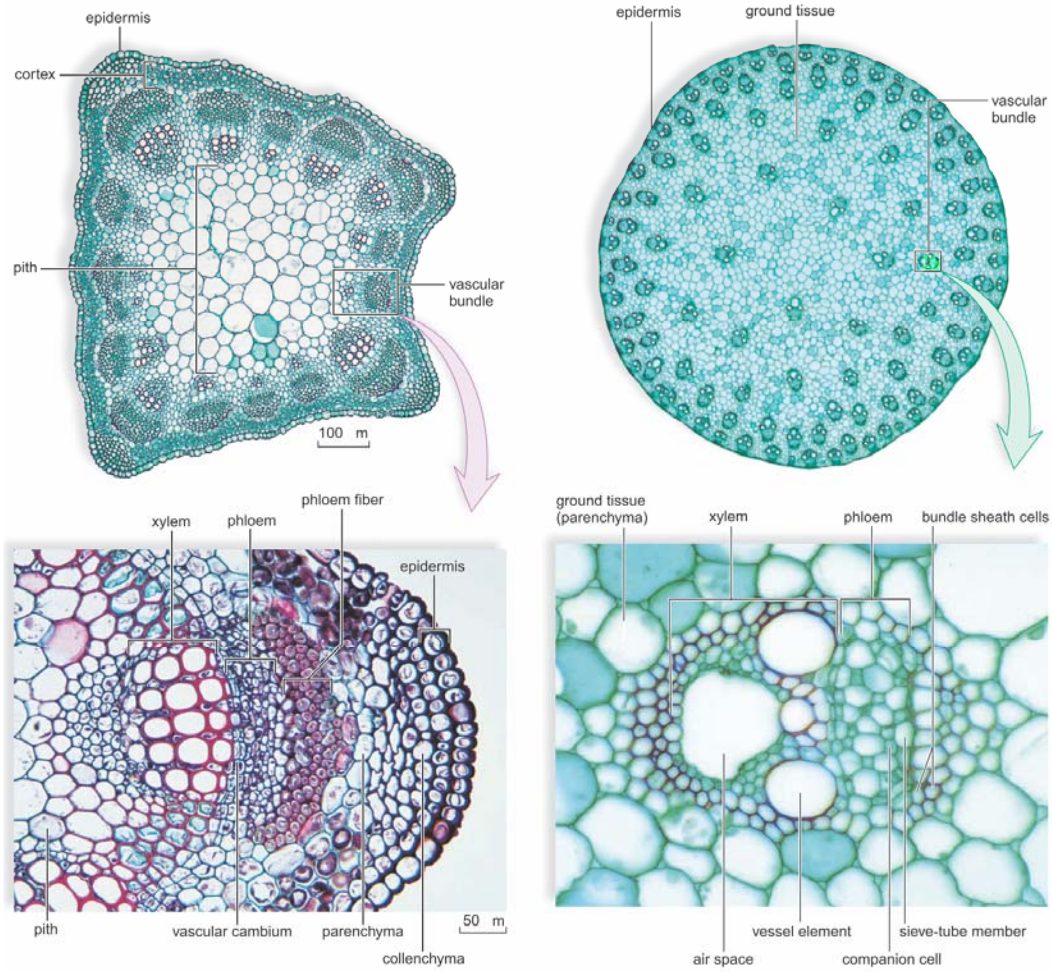
1. ชั้นเอพิเดอร์มิส (Epidermis) – ชั้นนอกสุดของลำต้น
   - โดยทั่วไปมักเรียงตัวแถวเดียว ประกอบขึ้นจาก Epidermal Cell
   - ด้านนอกของเอพิเดอร์มิสในลำต้นจะมีสารคิวติน (Cutin) เคลือบอยู่ อาจพบเซลล์คุม (Guard Cell) ได้
2. ชั้นคอร์เทกซ์ (Cortex) – ชั้นที่อยู่ถัดเข้ามาจากชั้นเอพิเดอร์มิส
   - ชั้นคอร์เทกซ์ในลำต้นแคบมากเมื่อเทียบกับในราก
   - ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ Parenchyma ส่วนใหญ่ อาจพบเนื้อเยื่อ Collenchyma และ Sclerenchyma ได้

3. ชั้นสตีล (Stele) ของลำต้นจะไม่สามารถแยกจากชั้นคอร์เทกซ์ชัดเจนเหมือนในราก โดยทั่วไปชั้นสตีลจะกินบริเวณกว้างมากและกว้างที่สุดในลำต้น ชั้นนี้ประกอบด้วยส่วนหลักต่างๆ 3 ส่วน คือ

1. มัดท่อลำเลียง (Vascular Bundle) ประกอบด้วยท่อ Xylem, Phloem และ Vascular Cambium โดยในพืชใบเลี้ยงคู่มัดท่อลำเลียงจะเรียงเป็นวงรอบลำต้น โดยมีท่อ Xylem อยู่ทางด้านในและมีท่อ Phloem อยู่ทางด้านนอก นอกจากนี้ในพืชใบเลี้ยงคู่จะมี Vascular Cambium กั้นอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อลำเลียงทั้งสอง ขณะที่ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มัดท่อลำเลียงจะเรียงกระจายทั่วลำต้น แต่จะอยู่หนาแน่นมากบริเวณที่ใกล้กับชั้นเอพิเดอร์มิส

2. วาสคิวลาร์เรย์ (Vascular Ray) หรือพิธเรย์ (Pith Ray) เป็นกลุ่มของเนื้อเยื่อ Parenchyma ที่อยู่ระหว่างแต่ละมัดของท่อลำเลียง เชื่อมระหว่างชั้นคอร์เทกซ์กับพิธ ส่วนของ Vascular Ray นี้จะพบได้เฉพาะในพืชใบเลี้ยงคู่เท่านั้น

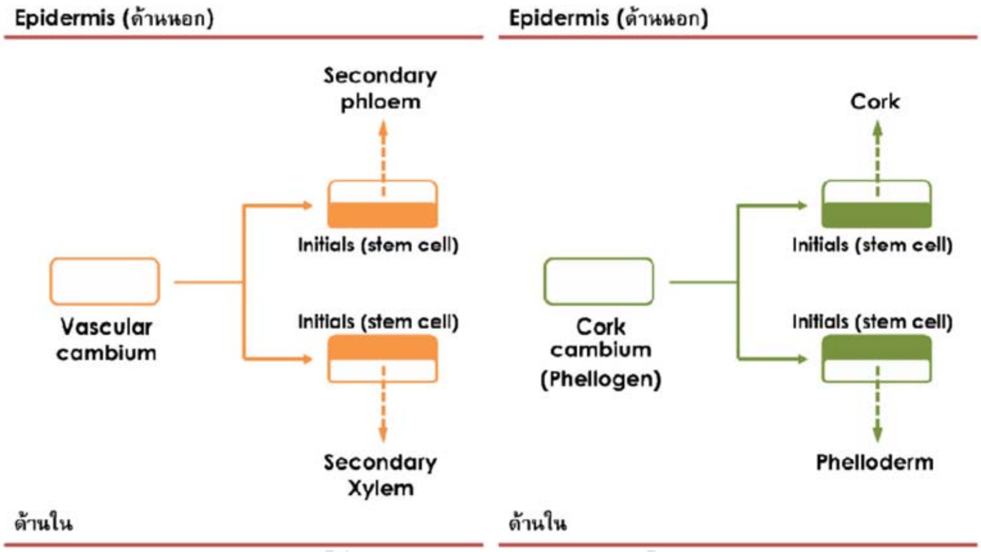
3. พิธ (Pith) เป็นชั้นในสุดของลำต้น พบได้ทั้งในพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ Parenchyma เป็นหลัก มีบทบาทหน้าที่สะสมแป้งหรือสารต่างๆ เช่น ผลึกแทนนิน (Tannin) ในพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการเติบโตทุติยภูมิ (Secondary Growth) ส่วนของพิธจะสลายไปกลายเป็นช่องกลวงที่เรียกว่า Pith Cavity



ลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ ตามลำดับ

การเติบโตแบบทุติยภูมิของลำต้น (Secondary Growth)

ในพืชใบเลี้ยงคู่ที่เป็นไม้เนื้อแข็ง (Woody Plant) ส่วนของรากและลำต้นอาจจะมีการเจริญแบบทุติยภูมิได้ ซึ่งจะทำให้เกิดเติบโตเพื่อขยายขนาดออกทางด้านข้าง โดยการเจริญเติบโตแบบนี้จะเกิดจากการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง 2 กลุ่ม คือ Vascular Cambium และ Cork Cambium ซึ่งเนื้อเยื่อทั้งสองจะมีการแบ่งเซลล์และเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อแต่ละชนิดดังภาพ



การแบ่งเซลล์ของ Vascular Cambium และ Cork Cambium เป็นเนื้อเยื่อต่างๆ

โดยปกติการแบ่งของ Vascular Cambium เพื่อสร้าง Secondary Xylem จะเกิดได้ไวกว่าการแบ่งเพื่อสร้าง Secondary Phloem ดังนั้นจึงทำให้เนื้อไม้ (Wood) ของไม้เนื้อแข็งประกอบขึ้นจาก Secondary Xylem โดยเนื้อไม้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

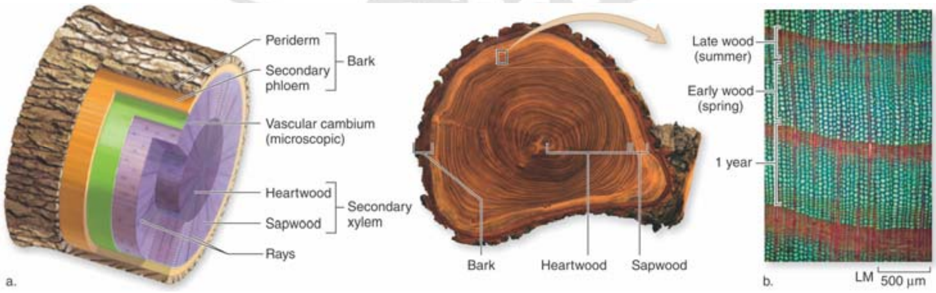
1. แก่นไม้ (Heartwood) – เนื้อไม้ส่วนที่ไม่ได้ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำ มีสีเข้มอยู่ด้านในของเนื้อไม้
2. กระพี้ไม้ (Sapwood) – เนื้อไม้ส่วนที่ยังสามารถทำหน้าที่ลำเลียงน้ำได้ มีสีจาง อยู่ด้านนอกของเนื้อไม้

ส่วนของเปลือกไม้ (Bark) คือ ส่วนที่อยู่ถัดออกมาจาก Vascular Cambium ทั้งหมด ได้แก่ Phloem และเนื้อเยื่อในกลุ่ม Periderm (Cork และ Phelloderm)

วงปี (Annual Ring) เป็นส่วนของ Secondary Xylem ที่สามารถใช้ในการคาดคะเนอายุของไม้ยืนต้นได้ โดยในหนึ่งรอบของวงปีจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. Summer Wood หรือ Late Wood ซึ่งเป็น Secondary Xylem ที่เจริญในช่วงที่น้ำน้อย เซลล์จึงมีขนาดเล็ก แถบที่เกิดขึ้นจะมีสีเข้มค่อนข้างแคบ
2. Spring Wood หรือ Early Wood ซึ่งจะเป็น Secondary Xylem ที่เจริญในช่วงที่น้ำมาก เซลล์มีขนาดใหญ่ แถบที่เกิดขึ้นจะมีสีจางกว่าค่อนข้างกว้าง

ในหนึ่งวงปีของพืชจึงประกอบด้วย Summer Wood และ Spring Wood อย่างละหนึ่งแถบ



การเจริญทุติยภูมิของไม้เนื้อแข็ง

ลำต้นของพืชบางชนิดอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อไปทำหน้าที่เฉพาะอย่างได้ ตัวอย่างเช่น

1. ลำต้นของพืชบางชนิดเปลี่ยนแปลงเป็นหนาม ตัวอย่างเช่น ส้มต่างๆ มะนาว เฟื่องฟ้า
2. ลำต้นของพืชบางชนิดเปลี่ยนไปเป็นมือเกาะ ตัวอย่างเช่น พวงชมพู องุ่น ตำลึง
3. ลำต้นของพืชบางชนิดสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ตัวอย่างเช่น กระบองเพชร
4. ลำต้นของพืชบางชนิดช่วยในการพยุงตัวและลอยน้ำได้ ตัวอย่างเช่น ส่วนของนมผักกระเฉด
5. ลำต้นของพืชบางชนิดอยู่ใต้ดิน (Rhizome) ตัวอย่างเช่น ขิง ข่า พุทธรักษา
6. ลำต้นของพืชบางชนิดทำหน้าที่สะสมอาหาร (Tuber) ตัวอย่างเช่น มันฝรั่ง แห้ว เผือก

ลำต้นสะสมอาหารจะแตกต่างจากรากสะสมอาหารตรงที่ลำต้นสะสมอาหารจะมีตา มีข้อปล้อง และมีใบเกล็ดคลุมตา

ใบ (Leaf)

ใบ (Leaf) จัดเป็นโครงสร้างที่อยู่เหนือดินเช่นเดียวกับลำต้น มีลักษณะเป็นแผ่นสีเขียวทำหน้าที่หลักเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมถึงเกี่ยวข้องกับการคายน้ำและการแลกเปลี่ยนแก๊สด้วย ใบพืชแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ใบเดี่ยว (Simple Leaf)
   - ใบที่มีแผ่นใบ 1 แผ่นติดอยู่บนก้าน 1 ก้าน
   - ตัวอย่างเช่น ใบมะละกอ มะม่วง มะยม พริก ชมพู่ สาเก ตำลึง อ้อย ละหุ่ง มันสำปะหลัง ลูกใต้ใบ
2. ใบประกอบ (Compound Leaf)
   - ใบที่มีแผ่นใบหลายใบติดอยู่บนก้าน 1 ก้าน เรียกแต่ละใบนี้ว่า ใบย่อย (Leaflet)
   - ตัวอย่างเช่น ใบมะขาม มะพร้าว กุหลาบ ถั่ว กระถิน มะขาม ก้ามปู ชมพูพันธุ์ทิพย์

ข้อสังเกตในการแยกใบเดี่ยวกับใบประกอบ

1. ใบเดี่ยวแต่ละใบจะมีตา (Axillary Bud) อยู่ที่ซอกก้าน แต่ใบย่อย (Leaflet) จะไม่มีตาอยู่ที่ซอกก้าน
2. ใบย่อยของใบประกอบแต่ละใบจะเจริญและคลี่ออกพร้อมกัน ขนาดใบย่อยแต่ละใบจะใกล้เคียงกัน
3. ใบประกอบบนใบย่อยจะเรียงตัวกันเป็น 2 แถวซ้ายขวาเท่านั้น ไม่มีการเรียงตัวแบบสลับหรือรอบข้อ

โครงสร้างของใบตัดตามขวาง (Cross Section) ประกอบขึ้นจากบริเวณต่างๆ 3 บริเวณ ดังนี้

1. ชั้นเอพิเดอร์มิส (Epidermis) แบ่งออกได้เป็น 2 ชั้นย่อย คือ

   1.1 Upper Epidermis – มีสารคิวตินเคลือบหนาเป็นชั้น Cuticle และมักจะมีเซลล์คุมจำนวนน้อย

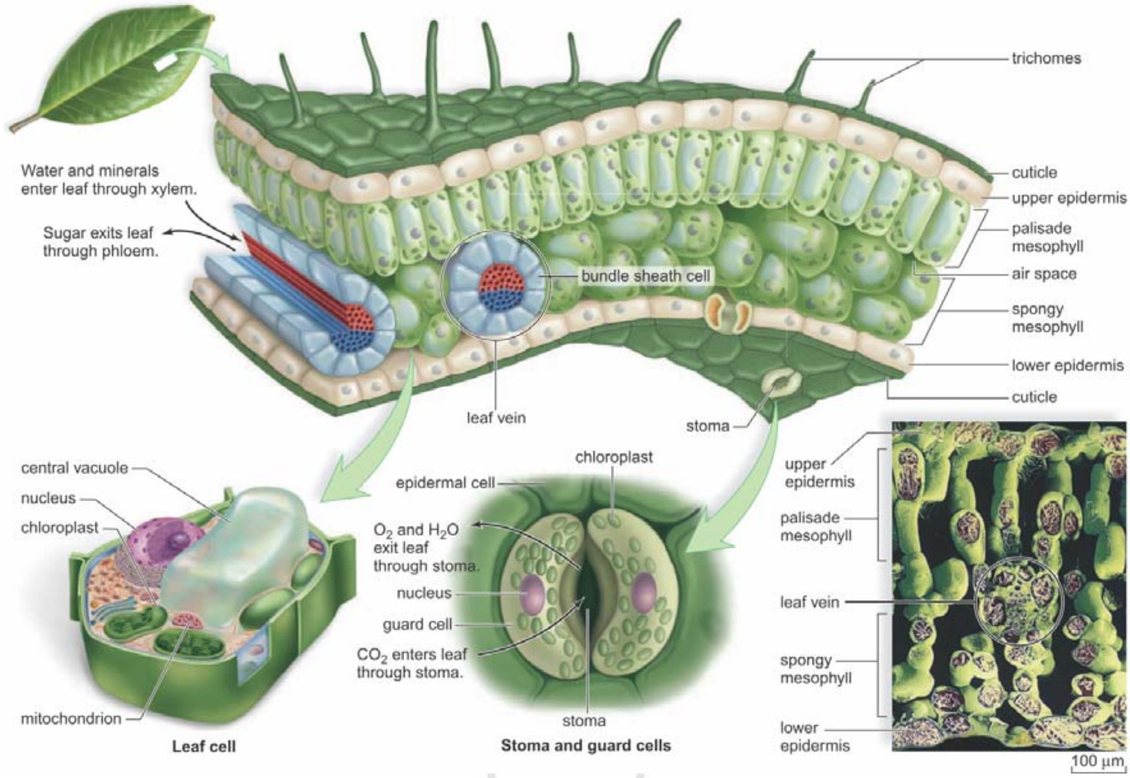
   1.2 Lower Epidermis – มีสารคิวตินเคลือบบาง และมักจะมีเซลล์คุมจำนวนมาก

2. ชั้นมีโซฟิลล์ (Mesophyll) แบ่งออกได้เป็น 2 ชั้นย่อย คือ

   2.1 Palisade Mesophyll – ประกอบขึ้นจากเนื้อเยื่อ Parenchyma ชนิดที่มีคลอโรพลาสต์หนาแน่นมาก เป็นบริเวณหลักที่เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงที่สุด

   2.2 Sponge Mesophyll – ประกอบขึ้นจากเนื้อเยื่อ Parenchyma เช่นเดียวกับ Palisade Mesophyll แต่จะมีจำนวนคลอโรพลาสต์ต่อเซลล์น้อยกว่า มีการเรียงตัวกันอย่างหลวมๆ เกิดเป็นช่องว่างทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

3. มัดท่อลำเลียง (Vascular Bundle) หรือ เส้นใบ (Vein) โดยทั่วไปมักมีท่อ Xylem อยู่ทางด้านบน ส่วนท่อ Phloem มักอยู่ทางด้านล่าง ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอาจจะไม่ได้เห็นแยกชั้น



โครงสร้างของใบตัดตามขวาง

ใบพืชบางชนิดอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเพื่อทำหน้าที่เฉพาะ ตัวอย่างเช่น

1. ใบของพืชบางชนิดเปลี่ยนเป็นหนามเพื่อลดการคายน้ำ ตัวอย่างเช่น ใบต้นกระบองเพชร
2. ใบของพืชบางชนิดทำหน้าที่ในการสะสมน้ำหรืออาหาร ตัวอย่างเช่น ใบว่านหางจระเข้
3. ใบของพืชบางชนิดมีก้านใบพองโตช่วยในการลอยน้ำ ตัวอย่างเช่น ผักตบชวา
4. ใบของพืชบางชนิดทำหน้าที่ในการยึดเกาะและพยุงลำต้น ตัวอย่างเช่น ดองดึง ถั่วลันเตา
5. ใบของพืชบางชนิดเปลี่ยนแปลงไปสำหรับจับแมลง ตัวอย่างเช่น หม้อข้าวหม้อแกงลิง
6. ใบของพืชบางชนิดอาจจะทำหน้าที่ในการสืบพันธุ์ ตัวอย่างเช่น ใบต้นตายหงายเป็น

การลำเลียงน้ำ (Water Transport)

การลำเลียงน้ำของพืชเป็นกระบวนการที่สำคัญที่พืชจะสามารถนำน้ำที่อยู่ในดินเข้ามาภายในพืช โดยจะเริ่มตั้งแต่การนำน้ำจากในดินเข้ามาภายในราก จากนั้นจะเกิดการลำเลียงตามท่อลำเลียงน้ำ (Xylem) ขึ้นไปยังยอดพืช ก่อนจะเกิดการคายน้ำออกไปทางปากใบของพืช ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการลำเลียงน้ำของพืชจะเกิดขึ้นในทิศทางเดียวเสมอ คือ จากรากขึ้นไปทางด้านบนของพืช ซึ่งในที่นี้จะอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำในพืชเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

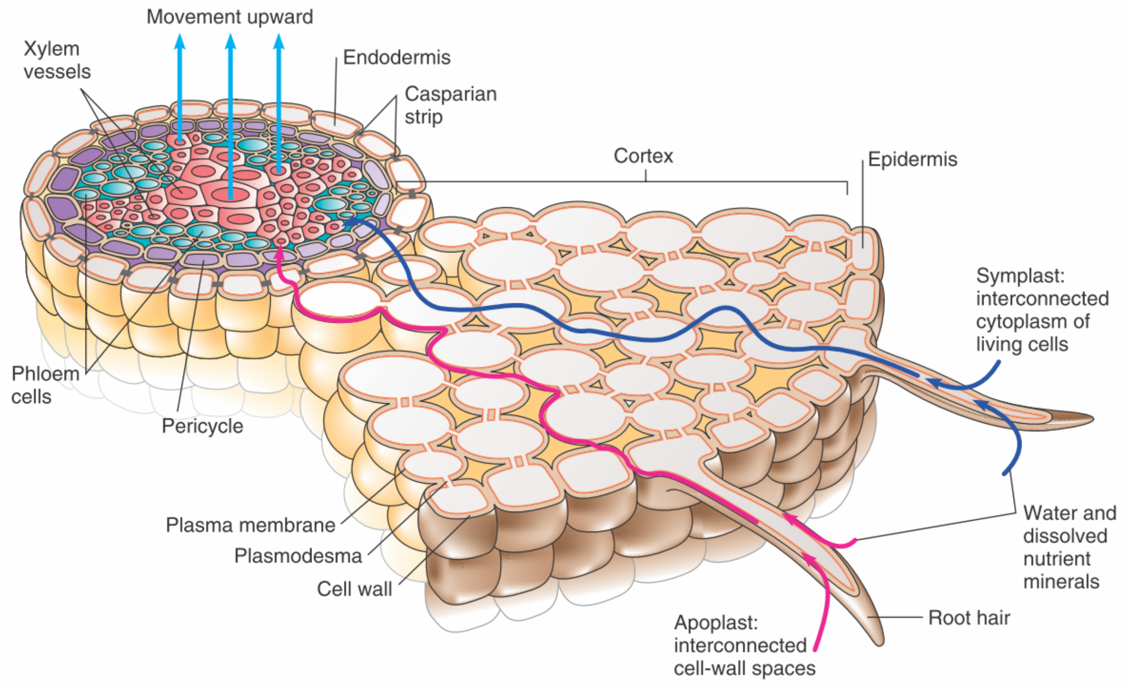
1. การลำเลียงน้ำจากในดินเข้าสู่ท่อลำเลียงในราก
2. การลำเลียงน้ำภายในท่อลำเลียงจากรากไปยอด (ใบ)
3. การลำเลียงน้ำจากใบออกสู่สิ่งแวดล้อม – การคายน้ำ (Transpiration) และการเปิด-ปิดปากใบ

การลำเลียงน้ำจากในดินเข้าสู่ท่อลำเลียงในราก

การดูดซึมน้ำในดินของรากจะเกิดขึ้นมากที่สุดที่บริเวณที่เซลล์เติบโตเต็มที่แล้ว (Zone Of Cell Maturation) โดยเฉพาะในเซลล์ขนราก (Root Hair Cell) ซึ่งจะมีการยื่นเยื่อหุ้มเซลล์ออกไปภายในดิน เดิมนักชีววิทยาเชื่อว่าน้ำเข้าสู่รากพืชด้วยการแพร่แบบธรรมดา (การออสโมซิส) แต่ปัจจุบันมีการค้นพบโปรตีนชนิดหนึ่งที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ขนราก (Root Hair Cell) จำนวนมาก คือ โปรตีน Aquaporin ซึ่งทำหน้าที่ในการนำน้ำเข้าสู่ภายในรากพืชผ่านกระบวนการลำเลียงแบบ Facilitated Diffusion เมื่อน้ำแพร่เข้ามาภายในรากพืชแล้วจะมีเส้นทาง 3 เส้นทางเพื่อไปยังท่อลำเลียงน้ำ (Xylem) ในชั้นสตีล (Stele) ต่อไป คือ

1. Transmembrane Route – การเคลื่อนที่ของน้ำผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ต่างๆ ในราก
2. Apoplastic Route – การเคลื่อนที่ของน้ำผ่านผนังเซลล์และส่วนที่อยู่นอกเซลล์ของเซลล์ต่างๆ ในราก
3. Symplastic Route – การเคลื่อนที่ของน้ำผ่านทางช่องพลาสโมเดสมาตา (Plasmodesmata) บนผนังเซลล์

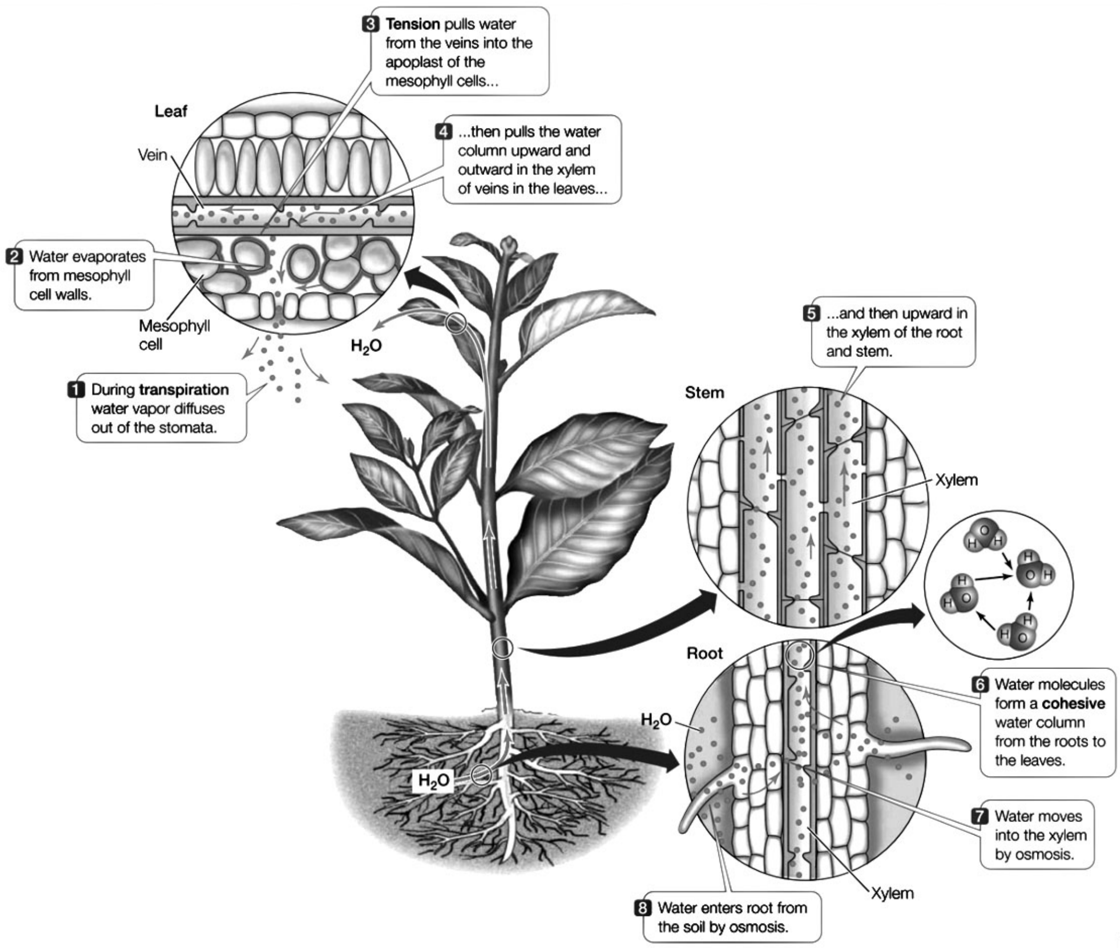
โดยทั่วไปเมื่อน้ำเข้ามาสู่ภายในรากพืชแล้วน้ำจะสามารถเคลื่อนผ่านวิธีใดก็ได้ แต่เมื่อน้ำเคลื่อนผ่านชั้น Cortex มาจนถึงชั้นเอนโดเดอร์มิส (Endodermis) ซึ่งเซลล์จะถูกพอกไว้ด้วยสารซูเบอรินเป็นแถบไว้ เรียกว่าแถบแคสปาเรียน (Casparian Strip) น้ำจึงไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านชั้นนี้ได้โดยวิธี Apoplast โมเลกุลของน้ำและแร่ธาตุต่างๆ จึงต้องผ่านด้วยวิถี Symplast เท่านั้น ซึ่งนักพฤกษศาสตร์เชื่อว่ากระบวนการนี้ทำให้พืชสามารถควบคุมอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำ รวมถึงมีการคัดเลือกสารและแร่ธาตุต่างๆ ที่จำเป็นเข้าสู่ภายท่อไซเล็มได้



เส้นทางการลำเลียงน้ำจากในดินเข้าสู่ท่อลำเลียงในรากพืช

การลำเลียงน้ำในท่อไซเล็มจากรากไปยอด

เมื่อน้ำเข้ามาภายในท่อไซเล็มในรากพืชแล้วน้ำจะต้องถูกลำเลียงจากรากขึ้นไปยังยอดพืช โดยปัจจัยหลักที่ทำให้น้ำภายในต้นพืชสามารถเกิดการลำเลียงได้ คือ แรงดึงจากการคายน้ำ (Transpiration Pull) ซึ่งเกิดจากการคายน้ำ (Transpiration) ออกทางปากใบของพืช ประกอบกับโมเลกุลของน้ำภายในท่อลำเลียงไซเล็มที่ยึดเกาะกันเองด้วยแรง 2 แรง คือ แรงโคฮีชัน (Cohesion) ระหว่างโมเลกุลของน้ำ กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับผนังท่อลำเลียง เรียกว่า แรงแอดฮีชัน (Adhesion) จึงทำให้เกิดการดึงน้ำจากในดินเข้าสู่รากเพื่อทดแทนโมเลกุลน้ำที่สูญเสียออกไปจากการคายน้ำทางปากใบ แนวคิดที่อธิบายเกี่ยวกับการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ (Xylem Sap) ภายในท่อไซเล็มนี้ เรียกว่า Transpiration-cohesion-tension mechanism ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าอัตราการลำเลียงน้ำภายในท่อไซเล็มจะขึ้นอยู่กับอัตราการคายน้ำของพืช



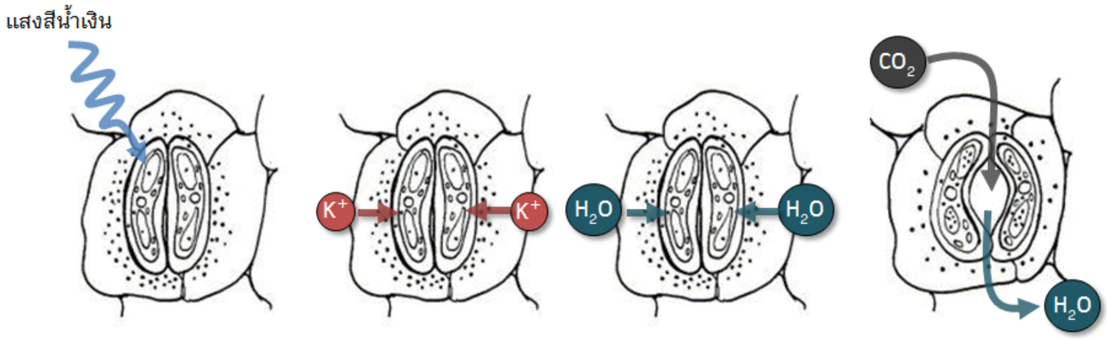
กลไกการลำเลียงน้ำผ่าน Transpiration-cohesion-tension mechanism

พืชขนาดเล็กบางชนิดที่อยู่ในบริเวณที่มีอากาศเย็นและความชื้นภายนอกสูง (อัตราการคายน้ำต่ำ) ในช่วงกลางคืนพืชจะไม่มีการคายน้ำเกิดขึ้นเนื่องจากปากใบปิด แต่จะยังคงมีการลำเลียงแร่ธาตุต่างๆ เข้าสู่รากพืชเกิดขึ้นตลอดเวลา ทำให้ท่อไซเล็มภายในรากมีความเข้มข้นของตัวละลายสูง น้ำจากภายนอกจึงออสโมซิสเข้ามาอย่างต่อเนื่องและเกิดเป็นแรงดันขึ้น และแรงดันนี้ทำให้น้ำถูกดันขึ้นไปทางด้านบนได้ น้ำและแร่ธาตุ (Xylem Sap) เหล่านี้จะถูกดันออกทางรูไฮดาโทด (Hydathode) ตรงบริเวณขอบใบเกิดเป็นหยดน้ำออกมา เรียกกระบวนการสูญเสียน้ำในรูปหยดน้ำนี้ว่า กัตเตชัน (Guttation) และเรียกแรงดันที่เกิดขึ้นว่า แรงดันราก (Root Pressure) การกัตเตชันนี้ไม่สามารถเกิดขึ้นหรือตรวจวัดได้ถ้าพืชเกิดการคายน้ำตามปกติ

การลำเลียงน้ำจากใบออกสู่สิ่งแวดล้อม : การคายน้ำ (Transpiration)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า การคายน้ำ (Transpiration) เป็นกระบวนการที่สำคัญที่ช่วยให้พืชสามารถเกิดการลำเลียงน้ำจากในรากขึ้นสู่ยอดพืชได้ โดยการคายน้ำจะเป็นกระบวนการที่พืชสูญเสียน้ำออกในรูปของไอน้ำ (Water Vapour) ซึ่งเกิดขึ้นได้ 2 บริเวณในพืช คือ บริเวณปากใบ (Stoma) ที่ใบพืชซึ่งเป็นบริเวณหลักที่เกิดการคายน้ำ อาจจะเกิดขึ้นที่ลำต้นได้เช่นกัน และบริเวณรอยแตกของเปลือกไม้ (Lenticel) ที่บริเวณลำต้นของพืชใบเลี้ยงคู่ที่เป็นไม้เนื้อแข็ง

การเปิด-ปิดของปากใบเพื่อควบคุมการคายน้ำจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเซลล์คุม โดยการเปิดปากใบจะเกิดขึ้นเมื่อมีแสงสีน้ำเงินมากระตุ้นเซลล์คุม ทำให้เกิดการปั๊มโปรตอน (H^+) ออกจากเซลล์คุมและมีการปั๊ม K^+ ที่อยู่ที่ภายในเซลล์ข้างเคียงรอบเซลล์คุม (Subsidiary Cell) เข้าไปสะสมในเซลล์คุม ส่งผลให้ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์คุมเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำจากเซลล์ข้างเคียง (Subsidiary Cell) เกิดการออสโมซิสเข้ามาในเซลล์คุม เซลล์คุมเต่งขึ้น (Turgid) และส่งผลให้ปากใบของพืชเปิดออกได้ในที่สุด น้ำจึงเกิดการแพร่ออกไปยังสิ่งแวดล้อมได้ ขณะเดียวกันแก๊ส CO_2 ก็จะเข้ามาภายในพืชเพื่อสังเคราะห์ด้วยแสงต่อไป



ขั้นตอนการเปิดปากใบ (Stomatal Opening)

การที่เซลล์คุมเมื่อมีน้ำอยู่ภายในเซลล์และเซลล์เต่ง (Turgid) ทำให้ปากใบพืชเปิดออกได้นั้น เกิดจากการที่ผนังเซลล์ทางด้านในของเซลล์คุม (ด้านที่ติดกับรูปากใบ) มีผนังหนากว่าผนังเซลล์ที่อยู่ทางด้านนอกของเซลล์คุม เมื่อมีน้ำเข้ามาสะสมภายในเซลล์คุมจนเต็มก็จะทำให้เกิดการโป่งออกของเซลล์คุม ปากใบพืชจึงเปิดได้

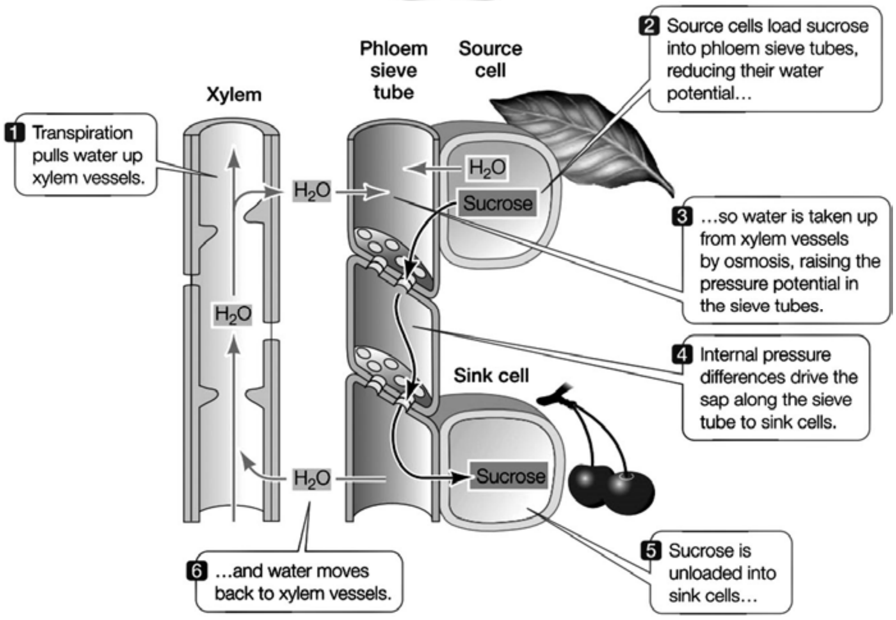
ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช

1. อุณหภูมิ – ถ้าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นจะทำให้อัตราการคายน้ำของพืชสูงขึ้น
2. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ – ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง อัตราการคายน้ำของพืชจะต่ำลง
3. ลม – ถ้าลมในสิ่งแวดล้อมแรง อัตราการสูญเสียน้ำของพืชทางปากใบก็จะเพิ่มขึ้น
4. สภาพน้ำในดิน – ถ้าพืชอยู่ในภาวะขาดน้ำ (Water stress) ปากใบจะปิดเพื่อลดการคายน้ำ
5. ความเข้มแสง – มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและควบคุมการเปิดปากใบของเซลล์คุมได้
6. ปริมาณแก๊ส CO_2 ในใบ – ถ้าภายในใบมีปริมาณแก๊ส CO_2 ต่ำปากใบจะเปิดเพื่อให้แก๊ส CO_2 เข้ามา

การลำเลียงอาหารในท่อโฟลเอ็ม (Phloem Translocation)

กลไกการลำเลียงอาหารในพืชจะเกิดขึ้นภายในท่อโฟลเอ็ม เรียกการลำเลียงนี้ว่า Phloem Translocation ซึ่งการลำเลียงอาหารจะแตกต่างจากการลำเลียงน้ำ คือ การลำเลียงอาหารจะสามารถเกิดขึ้นได้หลายทิศทาง การลำเลียงอาหารจะมีการลำเลียงจากบริเวณที่เป็นแหล่งสร้าง (Source) ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลสูงไปยังแหล่งรับ (Sink) ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลต่ำกว่า โดยทั่วไปใบจะทำหน้าที่เป็น Source ขณะที่รากจะทำหน้าที่เป็น Sink

กลไกการลำเลียงอาหารภายในท่อโฟลเอ็มจะเกิดขึ้นโดยเซลล์ที่ทำหน้าที่เป็น Source จะมีการส่งน้ำตาลเข้าสู่เซลล์คอมพาเนียนและเซลล์ซีฟทิวบ์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นกระบวนการที่จำเป็นจะต้องใช้พลังงานในรูปของ ATP (Active Transport) ทำให้ความเข้มข้นภายในเซลล์ซีฟทิวบ์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำจากท่อไซเล็มที่อยู่ข้างเคียงออสโมซิสเข้ามาภายในเซลล์ซีฟทิวบ์ แรงดันน้ำที่อยู่ภายในท่อซีฟทิวบ์จึงดันให้น้ำและน้ำตาลเกิดการแพร่ไปยังเซลล์ที่เป็น Sink ได้ เมื่อถึงบริเวณที่เป็น Sink ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลต่ำกว่า น้ำตาลจากภายในเซลล์ซีฟทิวบ์จึงถูกนำเข้าไปยัง Sink Cell ต่อไป (Phloem Unloading) แนวคิดที่อธิบายการลำเลียงอาหารนี้ เรียกว่า Pressure-flow hypothesis

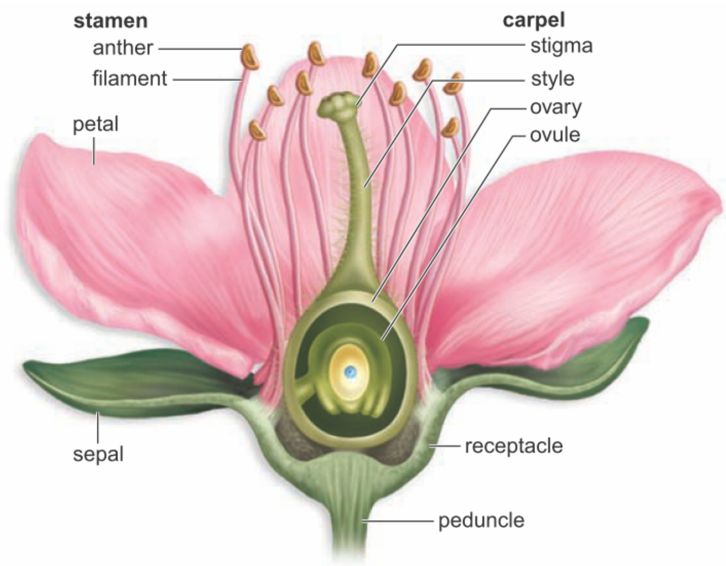


การลำเลียงน้ำตาลในท่อ Phloem ตามแนวคิด Pressure-flow hypothesis

ดอก (Flower)

ดอก (Flower) เป็นโครงสร้างที่สำคัญในการสืบพันธุ์ของพืชดอก มีส่วนประกอบต่างๆ 4 ชั้นหลักดังนี้

1. ชั้นกลีบเลี้ยง (Sepal) – ทำหน้าที่ในการป้องกันอันตรายกับดอกตูม และช่วยลดการคายน้ำ
2. ชั้นกลีบดอก (Petal) – โดยทั่วไปมักมีสีสันสวยงามสำหรับใช้ในการล่อแมลงมาช่วยในการถ่ายละอองเรณู
3. ชั้นเกสรเพศผู้ (Stamen) – ทำหน้าที่ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ
   - อับเรณู (Anther) เป็นบริเวณที่มีการสร้างละอองเรณู (Pollen)
   - ก้านชูเกสรเพศผู้ (Filament)
4. ชั้นเกสรเพศเมีย (Pistil) – ทำหน้าที่ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ
   - ยอดเกสรเพศเมีย (Stigma) บริเวณที่จับกับละอองเรณูที่มาตก มักมีการสร้างสารเหนียวคล้ายกาว
   - ก้านชูเกสรเพศเมีย (Style)
   - รังไข่ (Ovary) เป็นโครงสร้างเฉพาะที่ภายในจะมีการสร้างออวุล (Ovule)



โครงสร้างของดอก (Flower Structure)

การแบ่งประเภทของดอกไม้สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ สรุปได้ดังนี้

1. การแบ่งประเภทของดอกตามองค์ประกอบของชั้นต่างๆ ทั้ง 4 ชั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ
   1.1 ดอกสมบูรณ์ (Complete Flower) – ดอกที่ประกอบด้วยองค์ประกอบของดอกครบทั้ง 4 ชั้น
      - ตัวอย่างเช่น ชบา พู่ระหง กุหลาบ ลิลลี่ พริก ต้อยติ่ง มะลิ

   1.2 ดอกไม่สมบูรณ์ (Incomplete Flower) – ดอกที่ประกอบด้วยองค์ประกอบของดอกไม่ครบทั้ง 4 ชั้น
      - ตัวอย่างเช่น หญ้า หน้าวัว ตำลึง มะละกอ ฟักทอง ข้าวโพด
2. การแบ่งประเภทของดอกตามองค์ประกอบของชั้นที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ
   2.1 ดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect Flower) – ดอกที่มีทั้งเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียอยู่ในดอกเดียวกัน
      - ตัวอย่างเช่น ชบา มะเขือ กุหลาบ

2.2 ดอกไม่สมบูรณ์เพศ (Imperfect Flower) – ดอกที่มีเพียงเกสรเพศผู้หรือเกสรเพศเมียอย่างใดอย่างหนึ่ง

- ตัวอย่างเช่น ฟักทอง แตงกวา มะเดื่อ มะยม หมาก ข้าวโพด

3. การแบ่งประเภทของดอกตามตำแหน่งของรังไข่เทียบกับฐานรองดอกแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

3.1 ดอกที่มีรังไข่อยู่เหนือฐานรองดอก (Superior Ovary)

- ตัวอย่างเช่น ดอกมะเขือ จำปี ยี่หุบ บัว บานบุรี พริก ถั่ว มะละกอ

3.2 ดอกที่มีรังไข่อยู่ใต้ฐานรองดอก (Inferior Ovary)

- ตัวอย่างเช่น ดอกฟักทอง แตงกวา บวบ ฝรั่ง ทับทิม กล้วย พลับพลึง

4. การแบ่งประเภทของดอกตามจำนวนของดอกบนก้านชูดอกแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

4.1 ดอกเดี่ยว (Solitary Flower)

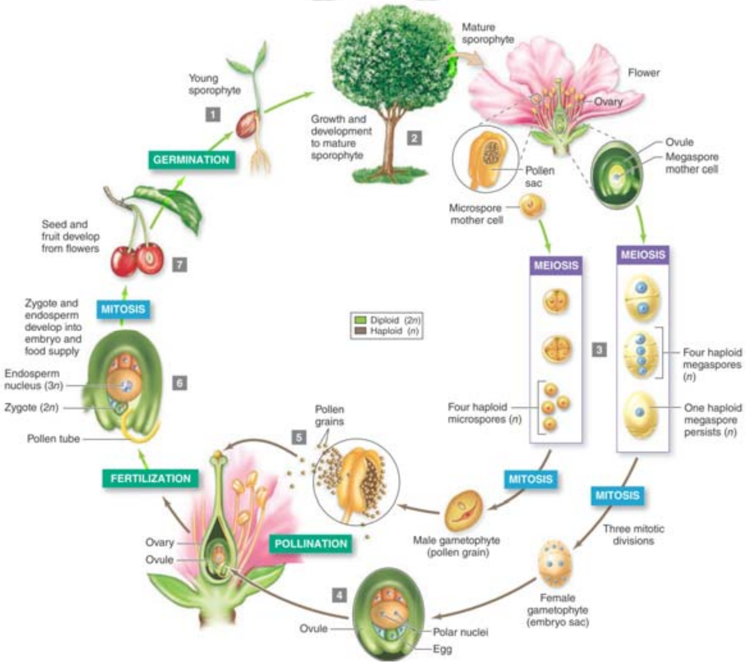
- ดอกที่มี 1 ดอกบนก้านชูดอก แต่ละดอกเจริญมาจากตาดอก
- ตัวอย่างเช่น มะเขือเปราะ จำปี บัว กุหลาบ ชบา พู่ระหง

4.2 ช่อดอก (Inflorescence)

- ดอกซึ่งมีดอกย่อยมากกว่า 1 ดอกบนก้านชูดอก
- ตัวอย่างเช่น จามจุรี ทานตะวัน บานไม่รู้โรย กล้วยไม้ ข้าว กะเพรา มะลิ กล้วย

ช่อดอกบางชนิดอาจจะอยู่รวมกันบนฐานรองดอกเดียวกันทำให้ดูคล้ายกับดอกเดี่ยว ตัวอย่างเช่น ดอกทานตะวัน ซึ่งประกอบด้วยดอกย่อย 2 ชั้น คือ ดอกวงนอกซึ่งอาจจะเป็นดอกสมบูรณ์เพศหรือดอกไม่สมบูรณ์เพศก็ได้ และดอกวงในซึ่งจะเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีกลีบดอกเชื่อมกันเป็นรูปทรงกระบอก

วงชีวิตของพืชดอก (Flowering Plant Life Cycle)



วงชีวิตของพืชดอก

ข้อสังเกต 1. Male Gametophyte ของพืชดอก คือ ละอองเรณู (Pollen)

2. Female Gametophyte ของพืชดอก คือ ถุงเอ็มบริโอ (Embryo Sac)

3. การปฏิสนธิในพืชดอกเป็นการปฏิสนธิซ้อน (Double Fertilization)

ครั้งที่ 1 $sperm_1$ (n) + egg (n) $\rightarrow$ zygote (2n) $\rightarrow$ embryo (2n)

ครั้งที่ 2 $sperm_2$ (n) + polar nuclei (2n) $\rightarrow$ endosperm (3n)

ผล (Fruit)

ผลของพืชส่วนใหญ่เจริญมาจากส่วนของผนังรังไข่ที่ได้รับปฏิสนธิ ยกเว้นผลบางชนิดอาจจะเจริญมาจากฐานรองดอก เรียกว่า accessor fruit ตัวอย่างเช่น ชมพู่ แอปเปิล สาลี่ ฝรั่ง ผลโดยทั่วไปจะแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มตามรูปแบบการเจริญจากโครงสร้างดอก คือ

1. ผลเดี่ยว (Simple Fruit)

- ผลที่เกิดมาจากรังไข่เพียง 1 รังไข่เท่านั้น แต่อาจจะมี 1 ออวุล (1 เมล็ด) หรือมากกว่า 1 ออวุล (มากกว่า 1 เมล็ด) โดยอาจจะเจริญมาจากดอกเดี่ยวหรือดอกช่อก็ได้
- ตัวอย่างเช่น มะม่วง ทุเรียน ส้ม มะเขือเทศ องุ่น ลิ้นจี่ เงาะ ลำไย

2. ผลกลุ่ม (Aggregate Fruit)

- ผลที่เกิดมาจากดอกเพียง 1 ดอก ที่มีรังไข่อยู่บนฐานรองดอกมากกว่า 1 อัน รังไข่แต่ละอันจะเจริญเป็นผลย่อย 1 ผล ผลย่อยๆ อาจจะอยู่รวมกันหรือแยกกันก็ได้
- ตัวอย่างเช่น จำปี จำปา กระดังงา การเวก น้อยหน่า นมแมว สตรอเบอรี่ มณฑา

3. ผลรวม (Multiple Fruit)

- ผลที่เกิดมาจากช่อดอก โดยแต่ละดอกจะเจริญเป็นผลย่อยๆ จากนั้นผลย่อยๆ แต่ละอันจะเกิดการเชื่อมติดกันเป็นผลเดียวกัน
- ตัวอย่างเช่น ยอ ขนุน สาเก ลูกยอ สับปะรด หม่อน มะเดื่อ

เมล็ด (Seed)

เมล็ด (Seed) เป็นโครงสร้างที่พัฒนาขึ้นมาจากส่วนของออวุล (Ovule) ภายในรังไข่ เมล็ดประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. เปลือกหุ้มเมล็ด (Seed Coat)

- ส่วนที่อยู่นอกสุดของเมล็ด ช่วยป้องกันอันตรายให้กับต้นอ่อนและป้องกันการสูญเสียน้ำไปภายนอก

2. เอนโดสเปิร์ม (Endosperm)

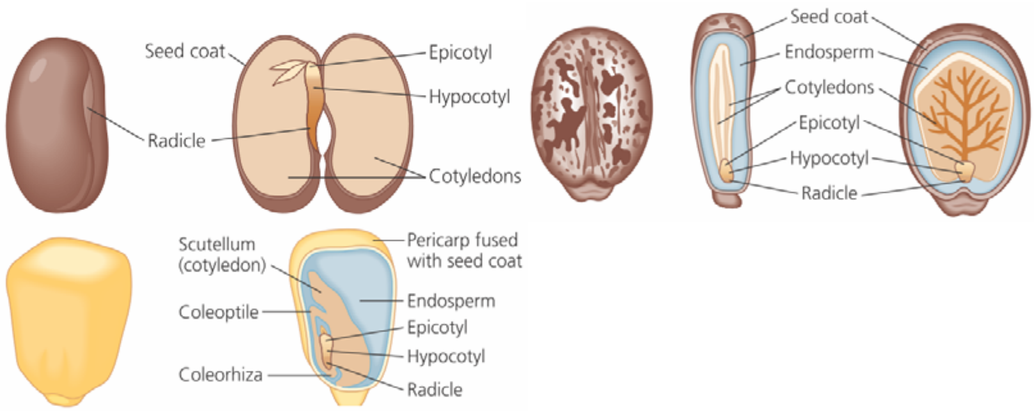
- เนื้อเยื่อที่มีการสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอในเมล็ด เจริญมาจาก Polar Nuclei

3. เอ็มบริโอ (Embryo) ส่วนที่จะเจริญเป็นต้นพืช ประกอบด้วย

- ใบเลี้ยง (Cotyledon) ในพืชใบเลี้ยงคู่ (Dicots) จะมี 2 ใบ ขณะที่พืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocots) จะมีใบเลี้ยงเพียง 1 ใบเท่านั้น เรียกว่า scutellum สำหรับใบเลี้ยงของพืชบางชนิด เช่น พืชตระกูลถั่ว มะขาม บัว จะมีการดูด Endosperm เข้าไปสะสม
- ส่วนที่อยู่เหนือใบเลี้ยง (Epicotyl) ส่วนนี้จะเจริญต่อไปเป็นส่วนของลำต้น ใบ และดอกในพืช

- ส่วนที่อยู่ใต้ใบเลี้ยง (Hypocotyl) ส่วนนี้จะอยู่ใต้ใบเลี้ยง
- รากแรกเกิด (Radicle) ในพืชใบเลี้ยงคู่รากแรกเกิดจะเจริญไปเป็นรากแก้ว (Tap Root) แต่ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวรากแรกเกิดจะสลายตัวไป และมีรากฝอย (Fibrous Root) พัฒนาขึ้นมาแทน

เมล็ดพืชบางชนิด เช่น เมล็ดถั่ว เมล็ดดอกทานตะวัน เมื่อโตเต็มที่จะไม่มีเอนโดสเปิร์มอยู่ภายใน เรียกเมล็ดแบบนี้ว่า Exalbuminous Seed ขณะที่ถ้าเมล็ดพืชมีเอนโดสเปิร์มสะสมอยู่ภายในจะเรียกว่า Albuminous Seed



โครงสร้างของเมล็ดถั่ว เมล็ดละหุ่ง และเมล็ดข้าวโพด

การวัดดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์จัดเป็นหนึ่งในวิธีการวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ โดยถ้าเมล็ดมีความแข็งแรงสูง ค่าดัชนีการงอกของเมล็ดก็จะสูง สูตรในการคำนวณดัชนีการงอกของเมล็ดสามารถคำนวณได้ดังนี้

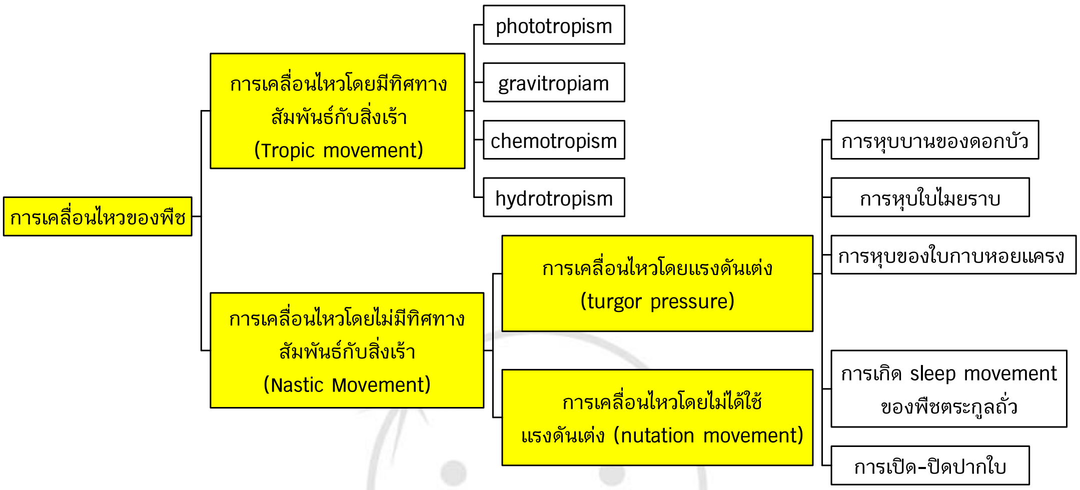
$$\text{ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์} = \text{ผลบวกของ} \left\{ \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \right\}$$

ฮอร์โมนพืช (Plant Hormones)

ฮอร์โมนพืช (Plant Hormone) คือ สารเคมีที่พืชสร้างขึ้นจากบริเวณหนึ่งแล้วถูกลำเลียงไปยังอีกบริเวณหนึ่ง แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาขึ้น ฮอร์โมนพืชจะมีปริมาณต่ำมากในการกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองขึ้น ฮอร์โมนพืชชนิดต่างๆ สามารถสรุปบทบาทและหน้าที่ได้ดังตาราง

ฮอร์โมนพืช	บทบาทหน้าที่
ออกซิน (Auxin)	- กระตุ้นการขยายตัวตามยาวของเซลล์ - การตอบสนองต่อแสงและแรงดึงดูดโลก - กระตุ้นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของราก - ยับยั้งการเจริญของตาข้าง (Apical Dominance) - ชะลอการหลุดร่วงของใบ - พัฒนารังไข่เป็นผลโดยไม่ต้องได้รับการปฏิสนธิ - ถ้าความเข้มข้นออกซินสูงจะยับยั้งการขยายขนาดของเซลล์ราก - กระตุ้นการเปลี่ยนรูปร่างของเซลล์เป็นท่อลำเลียงใน Vascular Cambium
ไซโทไคนิน (Cytokinin)	- กระตุ้นการแบ่งเซลล์ - กระตุ้นการเกิดตาข้าง - ชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ - กระตุ้นการงอกของเมล็ด - กระตุ้นการลำเลียงอาหารจากบริเวณ Source ไปยัง Sink
จิบเบอเรลลิน (Gibberellins)	- กระตุ้นให้เซลล์แบ่งตัวและขยายตัวตามยาว - กระตุ้นการงอกของเมล็ด - กระตุ้นการออกดอกของพืชบางชนิด - พัฒนารังไข่เป็นผลโดยไม่ต้องได้รับการปฏิสนธิ - กระตุ้นการยืดตัวของลำต้นในพืชต้นแคระ (Dwarfism) - กระตุ้นให้ช่อองุ่นโปร่ง ทำให้ผลขององุ่นมีขนาดใหญ่ขึ้น
เอทิลีน (Ethylene)	- เร่งการสุกของผลไม้ (Fruit Ripening) - กระตุ้นการหลุดร่วงของใบ - กระตุ้นการออกดอกของพืชบางชนิด
กรดแอบไซซิก (Abscissic acid)	- ยับยั้งการเจริญของตา - กระตุ้นการปิดปากใบ - กระตุ้นการหลุดร่วงของใบ (ไม่ขึ้นกับฮอร์โมนเอทิลีน) - ยับยั้งการงอกของเมล็ด (กระตุ้นให้เกิดการพักตัวของเมล็ด)

การเคลื่อนไหวของพืช (Plant Movements)

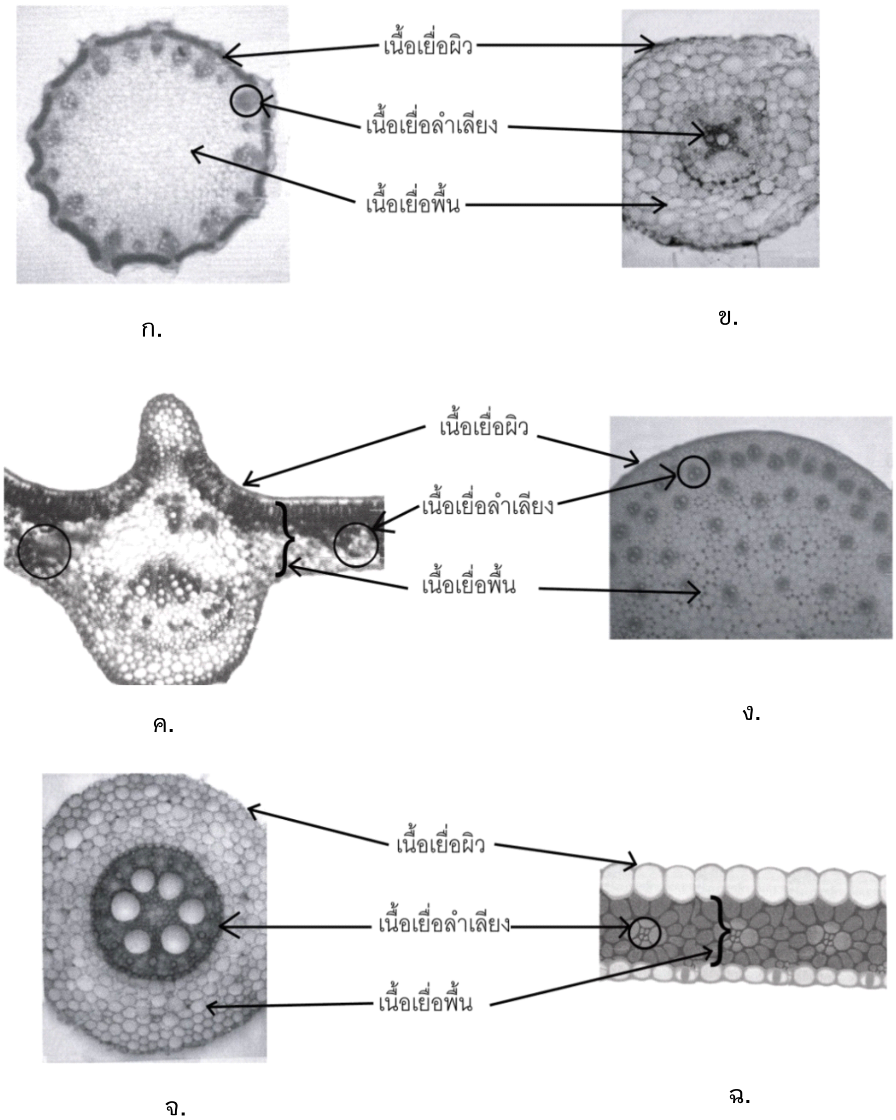


แนวข้อสอบ

เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. ภาพโครงสร้างอวัยวะของพืชดอกตัดตามขวาง ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์



ภาพใดเป็นของพืชใบเลี้ยงคู่

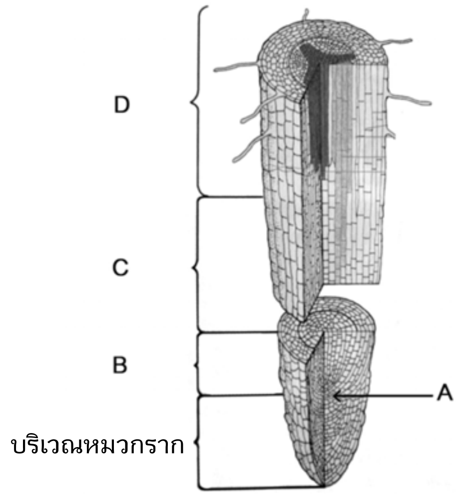
1) ก., ข. และ ค. 2) ข., ค. และ ง.

3) ค., ง. และ จ. 4) ก., จ. และ ฉ.

2. เซลล์รูปร่างยาว ผนังหนามีลวดลายร่างแหที่ผนังด้านข้างซึ่งเกิดจากการพอกของสารลิกนิน ผนังด้านหัวท้ายมีรูทะลุ เซลล์เรียงต่อกันตามยาวคล้ายท่อ คือข้อใด

1) ซีฟทิวบ์ 2) เทรคีด 3) ไฟเบอร์ 4) เวสเซล

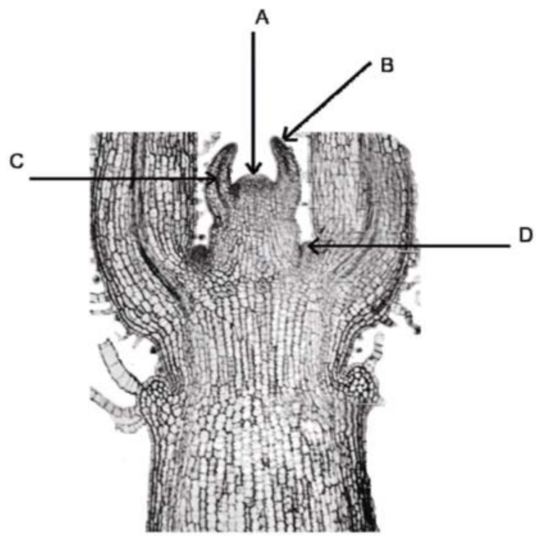
3. แผนภาพแสดงโครงสร้างของราก



จากภาพ การลำเลียงแบบอโพพลาส และซิมพลาสเกิดมากที่บริเวณใด

1) A 2) B 3) C 4) D

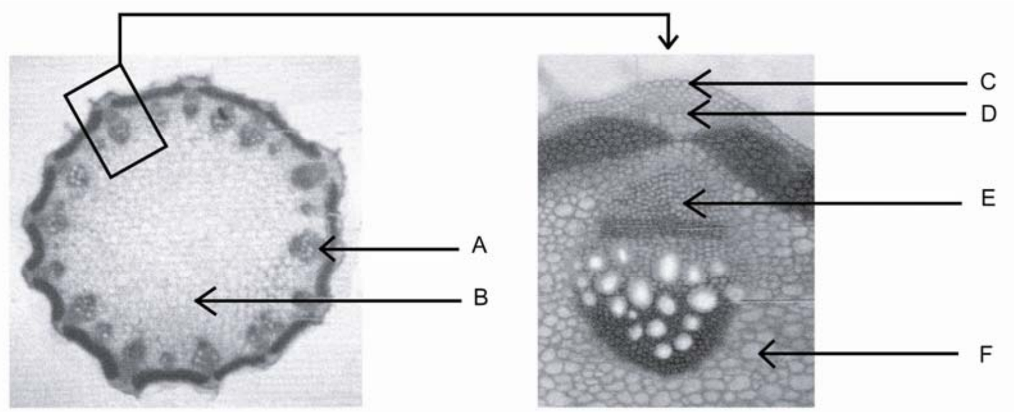
4. ภาพปลายยอดพืช



จากภาพ เนื้อเยื่อต้นกำเนิดใบ และเนื้อเยื่อต้นกำเนิดท่อลำเลียงคือบริเวณใด ตามลำดับ

1) A และ B 2) A และ C 3) B และ C 4) C และ D

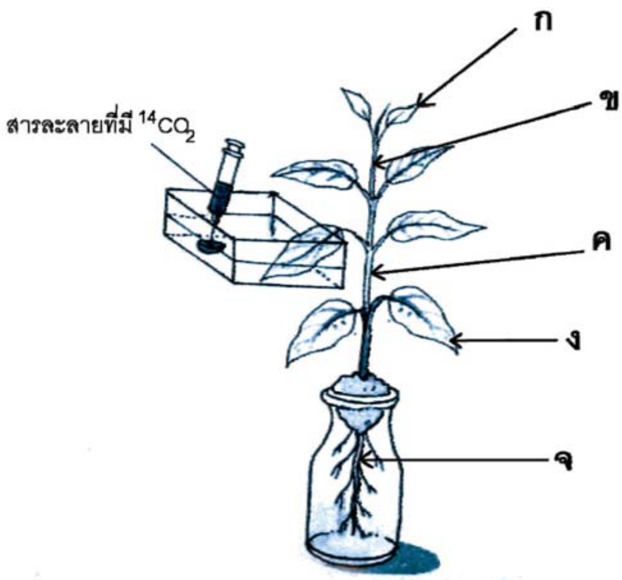
5. ภาพลำต้นพืช



จากภาพ บริเวณใดเป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมา

1) B, C และ D 2) B และ F 3) D และ E 4) B, D และ F

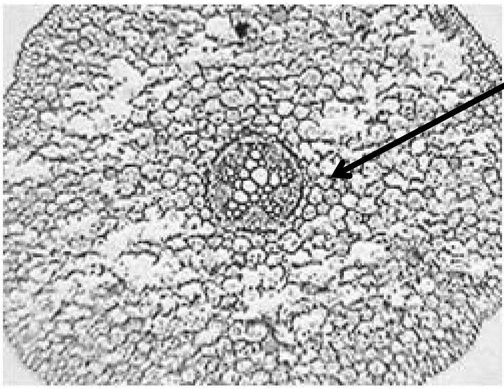
6. ทดลองปลูกพืชในสารละลายที่มีธาตุอาหารครบถ้วน แล้วให้สารละลายคาร์บอนไดออกไซด์ที่มี ^{14}C แก่ใบที่อยู่กลางๆ ลำต้น ดังภาพ

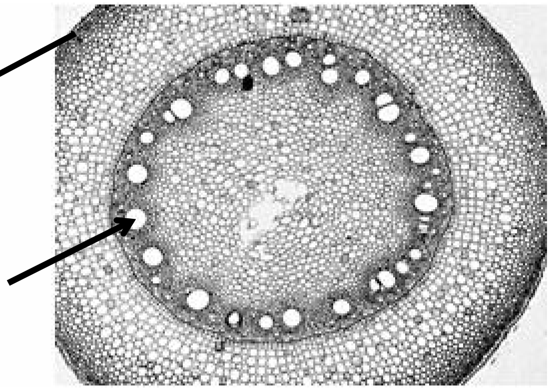


หลังจากให้พืชทดลองรับแสงเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำส่วนต่างๆ ไปตรวจสอบหาสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆ จะพบสารประกอบที่มี ^{14}C ที่ส่วนใดของพืช

1) ก และ ข
2) ค และ ง
3) ก, ข, ค, ง และ จ
4) จ

7. รากพืชดอก 2 ชนิดตัดตามขวาง ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีโครงสร้างดังภาพ ก. และ ภาพ ข.



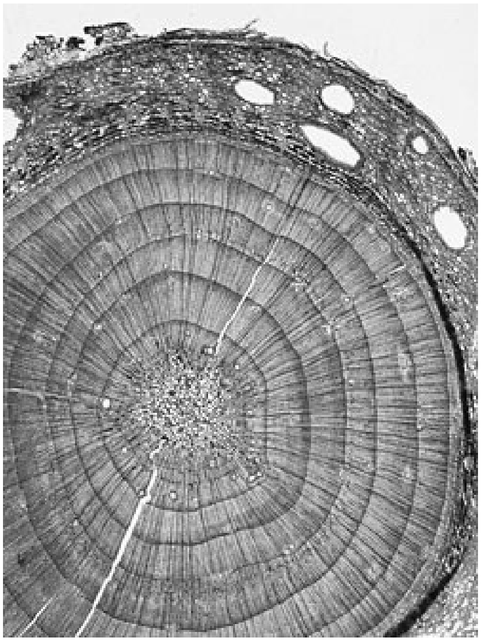


ภาพ ก. **ภาพ ข.**

บริเวณที่ลูกศรชี้ในภาพ ก. และ ภาพ ข. คือข้อใด ตามลำดับ

1) Primary Xylem และ Pith
2) Pith และ Primary Xylem
3) Pith และ Pith
4) Xylem และ Xylem

8. ภาพลำต้นพืชยืนต้นตัดตามขวางศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์



จากข้อมูลต่างๆ ในภาพ บอกให้ทราบในเรื่องใดบ้างในแต่ละปี

ก. การเจริญของไซเล็ม
ข. คุณภาพของเนื้อไม้
ค. ปริมาณความมากน้อยของน้ำฝน
ง. ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญของเนื้อไม้

1) ก. และ ข.
2) ก., ข. และ ค.
3) ข., ค. และ ง.
4) ก., ค. และ ง.

9. เมื่อชาวสวนตัดกิ่งฤาษีผสมเพื่อปักชำเตรียมไว้จำหน่าย ในระยะแรกๆ ของการปักชำ พบว่ากิ่งตัดมีอาการเหี่ยวในตอนบ่าย อาการเหี่ยวของกิ่งฤาษีผสมเกิดจากสาเหตุใด
   1) มีการคายน้ำมากกว่าการดูดน้ำ
   2) กิ่งตัดยังดูดน้ำไม่ได้ เพราะยังไม่มีราก
   3) มีการใช้น้ำปริมาณมากในการสลายอาหารระดับเซลล์เพื่อสร้างราก
   4) มีการใช้น้ำปริมาณค่อนข้างมากในการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหาร

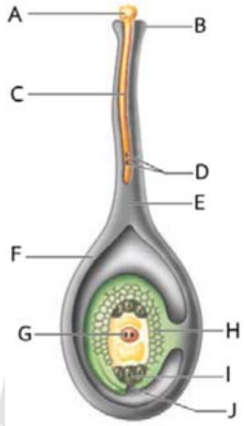
10. ข้อใด**ไม่ถูกต้อง** เกี่ยวกับการลำเลียงในพืช
   1) การลำเลียงน้ำจากรากขึ้นไปสู่บริเวณยอดของไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ เกี่ยวข้องกับแรงดึงจากการคายน้ำที่ใบและแรงดันรากมากที่สุด
   2) การแพร่ของน้ำในไซเล็มเข้าสู่โฟลเอ็ม ทำให้เกิดแรงดันที่ใช้ในการลำเลียงสารอาหารในซีฟทิวบ์
   3) การลำเลียงธาตุอาหารแบบใช้พลังงาน ทำให้พืชสามารถสะสมธาตุอาหารสำคัญบางชนิดได้
   4) การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุเข้าสู่เอนโดเดอร์มิสเป็นแบบซิมพลาสเท่านั้น

11. ข้อใด**ถูกต้อง**
   1) ด้านบนของใบไม้สีเขียวมีสีเข้มกว่าด้านล่าง เพราะเซลล์ผิวมีคลอโรพลาสต์มากกว่า
   2) การคายน้ำเป็นการสูญเสียน้ำของพืชสู่บรรยากาศในรูปไอน้ำผ่านปากใบ และในรูปหยดน้ำผ่านไฮดาโทด
   3) เมื่อความเข้มแสงลดลง ปริมาณ K^+ ในเซลล์คุมลดลง ทำให้ความเต่งของเซลล์คุมลดลง ปากใบจึงปิด
   4) เมื่อน้ำในดินลดลง พืชเริ่มขาดน้ำ จึงสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ทำให้ปากใบปิด มีผลให้การคายน้ำลดลง

12. ข้อใดคือความแตกต่างที่**ถูกต้อง**ระหว่างแก่นไม้ (Heartwood) และกระพี้ (Sapwood)
   1) แก่นไม้ คือ ส่วนแกนกลางของลำต้นที่ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรง ส่วนกระพี้ คือ ส่วนรอบนอกของลำต้นทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ
   2) แก่นไม้ ประกอบด้วยเซลล์ไฟเบอร์ให้ความแข็งแรงกับพืช ส่วนกระพี้ ประกอบด้วยเซลล์ที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ
   3) แก่นไม้ คือ เนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำที่ไม่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำอีกต่อไป แต่กระพี้ คือ เนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำที่ยังคงทำหน้าที่ลำเลียงน้ำได้ตามปกติ
   4) เซลล์ที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำในกระพี้เป็นเซลล์ที่ยังคงมีชีวิตจึงยังทำหน้าที่ในการลำเลียง แต่เซลล์ลำเลียงน้ำในแก่นไม้เป็นเซลล์ที่ตายแล้ว แก่นไม้จึงหยุดทำหน้าที่ในการลำเลียง

13. วงปีของรากเกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโตซิสของเนื้อเยื่อชนิดใด
   ก. แคมเบียม ข. พาเรงไคมา ค. เพอริไซเคิล
   1) ก. 2) ก. และ ข.
   3) ก. และ ค. 4) ก., ข. และ ค.

พิจารณาโครงสร้างต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 14–15



14. โครงสร้างใดต่อไปนี้มีจำนวนชุดโครโมโซมเท่ากัน

1) D และ G
2) D และ I
3) A, D และ I
4) D, G และ I

15. โครงสร้างใดต่อไปนี้ที่จะเจริญต่อไปเป็นเนื้อผล (Fruit)

1) F
2) G
3) H
4) I

16. พืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่งมีจำนวนโครโมโซม 12 โครโมโซม เมื่อเซลล์หนึ่งของพืชชนิดนี้มีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โดย 3 เซลล์ที่ได้จากการแบ่งจะสลายตัวไป เหลือเพียงเซลล์เดียวซึ่งจะมีการแบ่งเซลล์ต่อไปแบบไมโทซิส 3 ครั้ง กลายเป็นถุงเอ็มบริโอ ถุงเอ็มบริโอนี้จะมีจำนวนนิวเคลียสเท่าใด และแต่ละนิวเคลียสจะมีจำนวนโครโมโซมเท่าใด

1) ได้ 4 นิวเคลียส แต่ละนิวเคลียสมี 6 โครโมโซม
2) ได้ 8 นิวเคลียส แต่ละนิวเคลียสมี 6 โครโมโซม
3) ได้ 8 นิวเคลียส แต่ละนิวเคลียสมี 12 โครโมโซม
4) ได้ 8 นิวเคลียส มี 7 นิวเคลียสที่มีจำนวนโครโมโซม 6 โครโมโซม และมี 1 นิวเคลียส มี 12 โครโมโซม

17. ข้อใดที่พบว่ามีกระบวนการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส

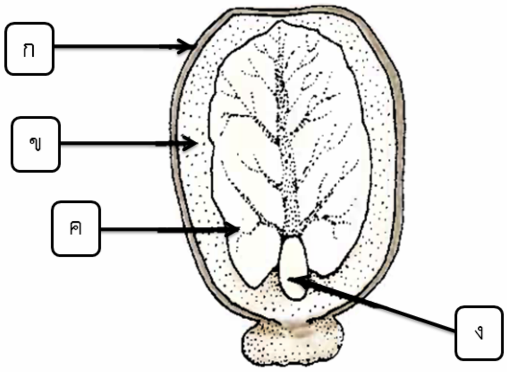
ก. ไมโครสปอโรไซต์สร้างไมโครสปอร์
ข. การสร้างสเปิร์มของละอองเรณู
ค. สปอร์งอกเป็นสปอโรไฟต์
ง. เมกะสปอร์เจริญเป็นถุงเอ็มบริโอ

1) ก.
2) ก. และ ข.
3) ก. และ ค.
4) ข. และ ง.

18. เมล็ดข้าวโพดบางชนิดงอกได้ทั้งๆ ที่เมล็ดยังอยู่บนต้น เมล็ดเหล่านี้น่าจะมีฮอร์โมนพืชชนิดใดต่อไปนี้ในระดับต่ำกว่าปกติ

1) ออกซิน
2) เอทิลีน
3) จิบเบอเรลลิน
4) กรดแอบไซซิก

19. พิจารณาแผนภาพแสดงโครงสร้างภายในของเมล็ดละหุ่งต่อไปนี้



โครงสร้างใดต่อไปนี้เทียบเท่าได้กับเนื้อเมล็ดถั่วลิสง

1) ก　　2) ข　　3) ค　　4) ง

20. พิจารณาตารางแสดงการงอกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ได้มาจากแหล่งที่แตกต่างกัน 4 แหล่ง แหล่งละ 100 เมล็ด

แหล่งเมล็ดพันธุ์	จำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละวัน						
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7
แหล่งที่ 1	0	0	25	25	20	25	0
แหล่งที่ 2	0	0	40	20	30	10	0
แหล่งที่ 3	0	15	30	40	10	0	0
แหล่งที่ 4	0	0	45	25	25	0	0

ถ้าพิจารณาจากดัชนีการงอก ควรเลือกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจากแหล่งใดไปเพาะปลูก

1) แหล่งที่ 1　　2) แหล่งที่ 2　　3) แหล่งที่ 3　　4) แหล่งที่ 4

เฉลย

1. 1)	2. 4)	3. 4)	4. 3)	5. 2)	6. 3)	7. 4)	8. 4)	9. 1)	10. 1)
11. 3)	12. 3)	13. 3)	14. 2)	15. 3)	16. 2)	17. 1)	18. 4)	19. 2)	20. 3)

✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧

เก็งข้อสอบ

ชุดที่ 1

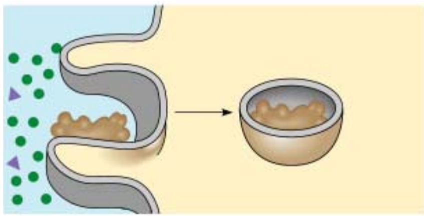
1. บริเวณของร่างกายที่ใช้พลังงานมากควรพบออร์แกเนลล์ใด
   1) นิวเคลียส
   2) แวคิวโอล
   3) คลอโรพลาสต์
   4) ไมโทคอนเดรีย
   5) ข้อ 2) และข้อ 3) ถูกต้อง

2. ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**
   ก. เยื่อหุ้มนิวเคลียสพบในสาหร่ายสีเขียว
   ข. เซลล์แบคทีเรียไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์
   ค. เซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส
   ง. เซลล์ทุกเซลล์มีเยื่อหุ้มเซลล์
   1) ก. เท่านั้น 2) ก. และ ง. 3) ข. และ ง. 4) ข., ค. และ ง. 5) ง. เท่านั้น

3. ข้อใดกล่าวถึงคลอโรพลาสต์ (Chloroplast) **ไม่ถูกต้อง**
   1) มีเยื่อหุ้มสองชั้น
   2) พบในเซลล์สิ่งมีชีวิตอาณาจักรฟังไจ
   3) มีของเหลวภายในเรียกว่า สโตรมา
   4) สามารถจำลองตัวเองได้เนื่องจากมี DNA
   5) เป็นออร์แกเนลล์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

4. กำหนดให้เซลล์แม่มีโครโมโซมจำนวน 8 แท่ง เมื่อผ่านกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสแล้วจะได้เซลล์ลูกกี่เซลล์และแต่ละเซลล์มีโครโมโซมกี่แท่ง
   1) 1 เซลล์ / 4 แท่ง
   2) 1 เซลล์ / 8 แท่ง
   3) 2 เซลล์ / 4 แท่ง
   4) 2 เซลล์ / 8 แท่ง
   5) 1 หรือ 2 เซลล์ / 8 แท่ง

5. ข้อใดอธิบายเกี่ยวกับเยื่อหุ้มเซลล์ (Plasma Membrane) ได้**ถูกต้อง**
   1) มีองค์ประกอบหลัก คือ ฟอสเฟตและลิพิด
   2) สามารถให้สารเข้า-ออกได้ทุกประเภท
   3) มีสารจำพวกลิพิดแทรก ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลำเลียงสารเข้า-ออกเซลล์
   4) ส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic Head) เป็นส่วนที่ไม่มีขั้ว ส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic Tail) เป็นส่วนที่มีขั้ว
   5) พบในสิ่งมีชีวิตอาณาจักรพืชและสัตว์เท่านั้น

6. 

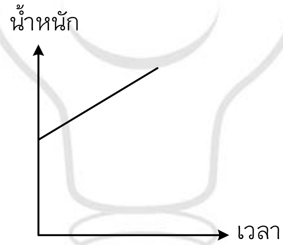
กระบวนการใดสัมพันธ์กับภาพที่กำหนดให้

1) การนำสารพิษออกจากเซลล์ของอะมีบา
2) การหลั่งเอนไซม์จากกระเพาะอาหารของมนุษย์
3) การทำลายแบคทีเรียของเม็ดเลือดขาว
4) การดูดซึมน้ำเข้าสู่เซลล์
5) การรักษาสมดุลของนกทะเล

7. เด็กชายอำพลนำชิ้นมะม่วงที่ซื้อจากโรงเรียนมาแช่ในน้ำปลาที่บ้าน เซลล์ของมะม่วงควรมีลักษณะอย่างไร เมื่อเทียบกับเซลล์ จัดเป็นสารละลายประเภทใด

1) เซลล์เต่ง สารละลายไฮโพโทนิก
2) เซลล์แตก สารละลายไฮเพอร์โทนิก
3) เซลล์เหี่ยว สารละลายไฮเพอร์โทนิก
4) เซลล์คงสภาพ สารละลายไฮโพโทนิก
5) เซลล์คงสภาพ สารละลายไอโซโทนิก

8. นายสมพงษ์ทำการทดลองโดยนำเนื้อปลาชนิดเดียวกัน น้ำหนักเท่ากัน ไปแช่ในสารละลายเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักเป็นระยะๆ แล้วสรุปความสัมพันธ์ดังกราฟ



ถ้านำผลการทดลองใดต่อไปนี้มาสรุปความสัมพันธ์เป็นกราฟได้ใกล้เคียงกับสารข้างต้น

1) นำชิ้นมะม่วงแช่น้ำปลา
2) นำเซลล์เยื่อบุข้างแก้มแช่น้ำกลั่น
3) นำชิ้นมันฝรั่งแช่น้ำปลา
4) นำเม็ดเลือดแดงแช่น้ำผึ้ง
5) ข้อ 1) และข้อ 2)

9. เด็กหญิงอติพรไปเที่ยวภูกระดึงในหน้าหนาว เหตุการณ์ใดต่อไปนี้สัมพันธ์กับสิ่งที่จะเกิดขึ้นกับเธอ

1) หลอดเลือดฝอยขยายตัว
2) รูขุมขนขยายตัว
3) หัวใจหยุดเต้นชั่วขณะ
4) ขนลุกชัน
5) ข้อ 1) และข้อ 4) ถูกต้อง

10. เด็กชายอนุรักษ์ออกเดินทางไกลในวิชาลูกเสือ เขาไม่ค่อยได้ดื่มน้ำ ทำให้ปัสสาวะน้อยกว่ากว่าปกติ เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

1) การหลั่ง ADH เพิ่มขึ้น
2) การหลั่ง ADH ลดลง
3) การหลั่ง ADH ปกติ
4) การหลั่ง Vasopressin Hormone ลดลง
5) กระเพาะปัสสาวะไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

11. การดื่มน้ำส้มซึ่งมีความเป็นกรดเป็นปริมาณมากๆ ทำให้เลือดมีสภาวะเป็นกรดจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

1) ไม่เป็นกรด เพราะเลือดมีสมบัติเป็นสารละลายบัฟเฟอร์
2) ไม่เป็นกรด เพราะร่างกายจะได้รับอันตรายได้หากเลือดมีสภาวะเป็นกรด
3) เป็นกรดจริง เพราะวิตามินซีละลายน้ำได้
4) เป็นกรดจริง เพราะน้ำส้มมีรสเปรี้ยวและมีปริมาณกรดสูง
5) อาจจะเป็นกรดหรือไม่ก็ได้ขึ้นอยู่กับสภาพร่างกายของแต่ละบุคคล

12. การที่ร่างกายมีปริมาณ CO_2 สูงอาจส่งผลให้เลือดเป็นกรด ซึ่งอาจก่อให้ร่างกายทำงานผิดปกติ สมองส่วนใดต่อไปนี้ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมปริมาณ CO_2

1) Cerebellum
2) Cerebrum
3) Medulla Oblongata
4) Pons
5) ข้อ 1) และข้อ 2) ถูกต้อง

13. ข้อใดกล่าวถึงปลาตะเพียน**ไม่ถูกต้อง**

ก. ขับปัสสาวะน้อยและปัสสาวะมีความเข้มข้นสูง
ข. Osmotic Pressure ของของเหลวในร่างกายมากกว่าน้ำภายนอก
ค. มีผิวหนังและเกล็ดป้องกันน้ำซึมเข้า

1) ก. เท่านั้น
2) ข. เท่านั้น
3) ค. เท่านั้น
4) ข้อ ก. และ ข้อ ข.
5) ไม่มีข้อใดถูก

14. สัตว์ในข้อใดต่อไปนี้ที่อุณหภูมิร่างกายเปลี่ยนแปลงตามสิ่งแวดล้อม

1) ช้าง 2) อูฐ 3) ม้าน้ำ 4) ไฮยีนา 5) จิงโจ้

15. อวัยวะชนิดใดที่**ไม่ได้**จัดว่าเป็นอวัยวะน้ำเหลือง

1) ต่อมไทมัส
2) ม้าม
3) ต่อมทอนซิล
4) ตับ
5) ข้อ 1) และข้อ 4) ถูกต้อง

16. การให้ทารกดื่มนมมารดา ทารกได้รับภูมิคุ้มกันชนิดใด

1) ภูมิคุ้มกันก่อเอง
2) ภูมิคุ้มกันรับมา
3) ภูมิคุ้มกันก่อเองและรับมา
4) ภูมิคุ้มกันที่ทารกสร้างขึ้นเองตั้งแต่กำเนิด
5) ไม่ได้รับภูมิคุ้มกันได้รับแต่สารอาหาร

17. สามีและภรรยาคู่หนึ่งมีเลือดหมู่ B มีลูกคนแรกเลือดหมู่ O โอกาสมีลูกคนที่ 2 เลือดหมู่ O คิดเป็นร้อยละเท่าใด

1) 0 2) 25 3) 50 4) 75 5) 100

18. ข้อใดกล่าวถึง DNA **ไม่ถูกต้อง**

ก. Monomer คือ Nucleotide

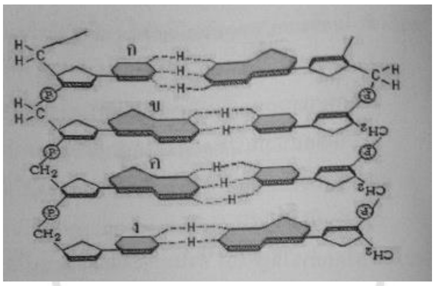
ข. มี Deoxyribose เป็นองค์ประกอบ

ค. เบสอะดินีนจะจับเบสกัวนีนด้วยพันธะไฮโดรเจน

ง. เกิดจาก Polynuclecotide 2 สาย

1) ก. และ ข. 2) ข. เท่านั้น 3) ค. เท่านั้น 4) ก. และ ง. 5) ก. และ ค.

19. ข้อใดเขียนนิวคลีโอไทด์ ก, ข, ค, ง ตามลำดับ ได้อย่าง**ถูกต้อง** เมื่อพิจารณาจากรูป



1) ไซโทซีน อะดีนีน กัวนีน ไทมีน
2) ไทมีน อะดีนีน กัวนีน ไซโทซีน
3) ไทมีน ไซโทซีน อะดีนีน กัวนีน
4) อะดีนีน ไซโทซีน ไทมีน กัวนีน
5) อะดีนีน ไซโทซีน กัวนีน ไทมีน

20. การวินิจฉัยโรคพันธุกรรมที่เกิดความผิดปกติของโครโมโซมทำได้โดยวิธีใด

1) วิเคราะห์พันธุประวัติ
2) วิเคราะห์คารีโอไทป์
3) วิเคราะห์ DNA
4) วิเคราะห์จีโนม
5) วิเคราะห์ลายพิมพ์นิ้วมือ

21. หมู่เลือดระบบ ABO ในมนุษย์แสดงถึงข้อความใด

1) ความแปรผันไม่ต่อเนื่อง
2) ความแปรผันต่อเนื่อง
3) ข้อดีของเฮเทอโรไซโกต
4) การคัดเลือกแบบ Disruptive
5) การกลายพันธุ์ (Mutation)

22. สิ่งมีชีวิตอาณาจักรใดมีบทบาทเป็นผู้ย่อยสลายในระบบนิเวศ

1) อาณาจักรสัตว์
2) อาณาจักรพืช
3) อาณาจักรฟังไจ
4) อาณาจักรมอเนอราและอาณาจักรพืช
5) ถูกทั้งข้อ 2) และข้อ 3)

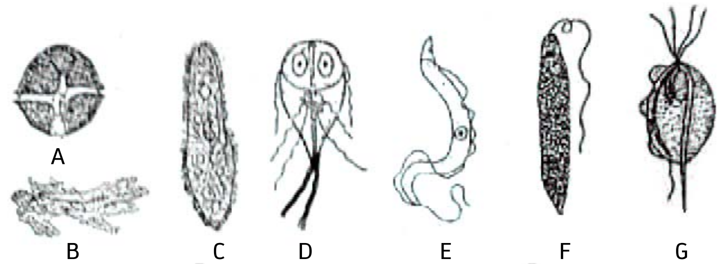
23. ข้อใด**ไม่**เกี่ยวข้องกับความหลากหลายทางชีวภาพ

1) ความหลากหลายของสปีชีส์
2) ความหลากหลายของพันธุกรรม
3) ความหลากหลายของวัฒนธรรม
4) ความหลากหลายของแหล่งที่อยู่อาศัย
5) ถูกทั้งข้อ 2) และข้อ 3

24. ข้อใดคือสิ่งมีชีวิตที่มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน**มากที่สุด** เมื่อชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เกิดเหตุการณ์น้ำแดงหรือขี้ปลาวาฬ (Red Tide)

1) ยูกลีโนซัว
2) ไตรโคโมแนส
3) ไดโนแฟลกเจลเลต
4) ไดโนแมสติโกต
5) พารามีเซียม

พิจารณาภาพต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 25–26



25. สิ่งมีชีวิตทั้งหมดในภาพจัดอยู่ใน Kingdom ใด

1) Monera
2) Protista
3) Fungi
4) Plantae
5) Animalia

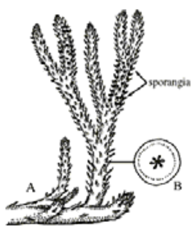
26. สิ่งมีชีวิตในข้อใดที่มีการเคลื่อนที่ด้วย Pseudopodia

1) B
2) C
3) D
4) E
5) G

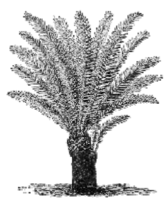
27. ข้อใดเป็นพืชที่มีการปฏิสนธิซ้อน

1) 

2) 

3) 

4) 

5) 

28. ข้อใดมีทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภคและผู้ย่อยสลาย
1) เห็ดแดง สน กิ้งกือ
2) เฟิน มด แร้ง
3) เห็ด ปลวก เทาน้ำ
4) มอส ไรแดง ตะไคร้น้ำ
5) แร้ง ไร รา

29. ข้อใด**ถูกต้อง**เกี่ยวกับการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ
1) พลังงานแสงที่โลกได้รับจะเข้าสู่ผู้ผลิต
2) พลังงานที่ถ่ายทอดในโซ่อาหารอยู่ในรูปพลังงานแสงและความร้อน
3) ระบบนิเวศรับพลังงานแสงได้โดยไม่ผ่านผู้ผลิต
4) ผู้ผลิตจะนำพลังงานแสงที่ได้รับไปใช้ได้เพียง 10% เท่านั้น
5) ผู้ย่อยสลายอาจเป็นสิ่งมีชีวิตจำพวกพืช

30. ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตรูปแบบใดที่ทำให้ตั๊กแตนบางชนิดมีวิวัฒนาการจนมีรูปร่างคล้ายกิ่งหรือใบของต้นไม้ที่มันอาศัยอยู่
1) ภาวะปรสิต
2) การล่าเหยื่อ
3) ภาวะอิงอาศัย
4) ภาวะพึ่งพา
5) ภาวะแก่งแย่งแข่งขัน

31. ความสัมพันธ์ระหว่างงูกับเหยี่ยวเปรียบได้กับความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตคู่ใด
ก. เหาฉลามเกาะติดฉลาม
ข. เสือกับกวาง
ค. แบคทีเรียที่อยู่ที่ปมรากพืชตระกูลถั่ว
ง. พยาธิตัวตืดในลำไส้ของคน
จ. กล้วยไม้กับต้นไม้
1) ก. และ ข.
2) ข., ค. และ ง.
3) ข. เท่านั้น
4) ค. เท่านั้น
5) ไม่มีข้อใดถูก

32. ป่าชนิดใดพบความหลากหลายทางชีวภาพ**มากที่สุด**
1) ป่าสน
2) ป่าพรุ
3) ป่าดิบชื้น
4) ป่าเต็งรัง
5) ป่าเบญจพรรณ

33. ถ้าเดินขึ้นเขาสูงในประเทศไทย จะพบไบโอมแบบใดเป็นลำดับตั้งแต่เชิงเขาจนถึงยอดเขา
1) ป่าดิบชื้น ป่าสน ทุนดรา
2) ป่าดิบชื้น ทุนดรา ป่าสน
3) ป่าดิบชื้น ป่าเต็งรัง ป่าสนป่า
4) ป่าดิบชื้น ป่าผลัดใบในเขตอบอุ่น ป่าสน
5) ป่าดิบชื้น ป่าสน ป่าผลัดใบในเขตอบอุ่น

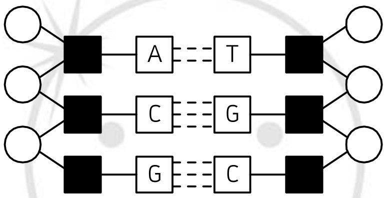
34. นายณัฐพลได้ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยการนำกระดาษที่ใช้เพียงหน้าเดียวกลับมาใช้ใหม่ วิธีดังกล่าวเรียกว่าอะไร
1) Reduce
2) Reuse
3) Recycle
4) Repair
5) Reject

35. เจ้แต๋วนำกาวมาปะรองเท้าส้นสูงที่หักเพื่อนำรองเท้ามาใช้อีกครั้งตรงกับข้อใด
1) Reduce
2) Reuse
3) Recycle
4) Repair
5) Reject

ชุดที่ 2

36. ข้อใด**ไม่ใช่**ส่วนประกอบของโครโมโซม (PAT 2 ก.ค. 52)
   1) ดีเอ็นเอ
   2) ฮีสโทน
   3) นิวคลีโอโซม
   4) ไรโบโซม

37. ภาพโครงสร้างส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ



   สัญลักษณ์ ■ และ ○ คืออะไร ตามลำดับ (PAT 2 ต.ค. 52)
   1) ฟอสเฟต และเบส
   2) ฟอสเฟต และนิวคลีโอไทด์
   3) น้ำตาล และเบส
   4) น้ำตาล และฟอสเฟต

38. ข้อใดไม่ถูกต้อง (PAT 2 มี.ค. 52)
   1) เกลียวคู่ของสายพอลินิวคลีโอไทด์เวียนขวาตามเข็มนาฬิกา
   2) เบสคู่สมในสายพอลินิวคลีโอไทด์ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน
   3) ถ้าเปรียบโครงสร้างของสายดีเอ็นเอเป็นบันไดเวียน ราวบันไดเกิดจากไนโตรจีนัสเบสจับกับหมู่ฟอสเฟต
   4) โครงสร้างของเบสพิวรีนเป็นวงแหวนที่ประกอบด้วยคาร์บอนและไนโตรเจน 2 วง แต่เบสไพริมิดีนมีวงแหวนดังกล่าว 1 วง

39. การทดลองของวัตสัน DNA สายหนึ่งมีลำดับเบสดังนี้ 5′ AACGGGTTTAGTCGT 3′ ลำดับเบสที่เป็นคู่สม (complementary) คือข้อใด (PAT 2 มี.ค. 57)
   1) 5′ TTGCCCAAATCAGCA 3′
   2) 5′ ACGACTAAACCCGTT 3′
   3) 3′ ACGACTAAACCCGTT 5′
   4) 3′ AACGGGTTTAGTCGT 5′

40. นายณเดชน์ได้เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการจำลองตัวของดีเอ็นเอ (DNA replication) และการถอดรหัส (transcription) ข้อสรุปใดของนายณเดชน์ผิด (PAT 2 ต.ค. 54)

	การจำลองตัวของดีเอ็นเอ	การถอดรหัส
1)	ใช้ดีเอ็นเอทั้งสองสายเป็นดีเอ็นเอแม่แบบ (DNA template) และเกิดการจำลองตัวตลอดความยาวของโมเลกุลดีเอ็นเอ	ใช้ดีเอ็นเอเพียงสายเดียวเป็นแม่แบบ และเกิดการถอดรหัสเพียงบางส่วนของโมเลกุลดีเอ็นเอ
2)	เมื่อสิ้นสุดกระบวนการจะได้ดีเอ็นเอสายคู่ 2 โมเลกุล ที่เหมือนกันทุกประการ	เมื่อสิ้นสุดกระบวนการจะได้อาร์เอ็นเอสายเดี่ยว 1 โมเลกุล
3)	เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในนิวเคลียส	เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในไซโทพลาซึม
4)	เกิดขึ้นกับเซลล์ที่สามารถแบ่งตัวได้ และเกิดเฉพาะเวลาที่เซลล์กำลังจะแบ่งตัว	เกิดขึ้นกับเซลล์ทุกชนิดและเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

41. จาก mRNA ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์ 5′ UACUCCAGUAUACCAGAG 3′ mRNA ข้างต้นถูกสังเคราะห์มาจาก DNA ต้นแบบที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์อย่างไร (PAT 2 มี.ค. 52)

1) 5′ TACTCCAGTATACCAGAG 3′
2) 5′ ATGAGGTCATATGGTCTC 3′
3) 5′ GAGACCATATGACCTCAT 3′
4) 5′ CTCTGGTATACTGGAGTA 3′

42. ถ้า mRNA สายหนึ่งมีลำดับนิวคลีโอไทด์เป็น 5′ AUGACUCGAUAACUG 3′ ข้อใดถูกต้อง (PAT 2 ก.ค. 52)

1) ดีเอ็นเอสายแม่พิมพ์มีลำดับนิวคลีโอไทด์เป็น 5′ AUGACUCGAUAACUG 3′
2) แอนติโคดอนมีลำดับนิวคลีโอไทด์เป็น 5′ AUGACUCGAUAACUG 3′
3) โปรตีนที่ได้มีกรดอะมิโน 3 ตัว
4) ข้อ 2) และ 3) ถูก

43. จากแผนภาพต่อไปนี้

$$\overset{A}{\circlearrowleft}\text{DNA} \xrightarrow{B} \text{RNA} \xrightarrow{C} \text{พอลิเพปไทด์}$$

A, B และ C คืออะไรตามลำดับ (PAT 2 มี.ค. 52)

1) RNA พอลิเมอเรส DNA ไลเกส ไรโบโซม
2) RNA พอลิเมอเรส DNA พอลิเมอเรส อาร์เอ็นเอ
3) DNA พอลิเมอเรส DNA ไลเกส อาร์เอ็นเอ
4) DNA พอลิเมอเรส RNA พอลิเมอเรส ไรโบโซม

44. ถ้าโมเลกุลของ RNA มีนิวคลีโอไทด์ 5 ชนิด และรหัสพันธุกรรมประกอบด้วย 4 นิวคลีโอไทด์ เมื่อเรียงสลับกันแล้ว จะได้รหัสพันธุกรรมทั้งหมดกี่รหัส (PAT 2 มี.ค. 54)

1) 64
2) 120
3) 625
4) 1024

45. ดีเอ็นเอสายคู่โมเลกุลหนึ่ง ซึ่งช่วงหนึ่งของยีน 1 ยีน มีลำดับเบสดังนี้

5′ .... C C A T G T T A 1,000 C G T G A A .... 3′

3′ .... G G T A C A A T คู่เบส G C A C T T .... 5′

หากให้ดีเอ็นเอสายล่างเป็นดีเอ็นเอแม่แบบ (DNA template) เมื่อเกิดกระบวนการถอดรหัส (transcription) และแปลรหัส (translation) จะได้สายพอลิเพปไทด์ที่มีกรดอะมิโนกี่โมเลกุล (PAT 2 มี.ค. 55)

1) 335 2) 336 3) 337 4) 338

46. การเปลี่ยนแปลงใดมีผลทำให้ลักษณะฟีโนไทป์เปลี่ยนไป (PAT 2 ก.ค. 53)

1) การเติมเบส 3 ตัว หน้าตำแหน่งเริ่มต้นของการถอดรหัส
2) การเติมลำดับเบสสำหรับกรดอะมิโนฮีสทิดีนหน้าตำแหน่งโพรโมเตอร์
3) การเติมเบส 3 ตัว หน้าหลังตำแหน่งเริ่มต้นของการถอดรหัส (transcription)
4) การเติมลำดับเบสสำหรับกรดอะมิโนฮีสทิดีนหลังตำแหน่งสุดท้ายของการถอดรหัส

47. การเปลี่ยนแปลงระดับยีนแบบใดที่อาจไม่มีผลต่อการเปลี่ยนลักษณะฟีโนไทป์ (PAT 2 ก.ค. 53)

1) การเปลี่ยนแปลงเบส 1 ตัว ในสายดีเอ็นเอ 2) การเอาลำดับเบส 1 โคดอน ออกจากยีน
3) การเติมเบส 1 ตัว ลงไปในสายดีเอ็นเอ 4) การเพิ่มลำดับเบส 1 โคดอน ในยีน

48. ข้อใดถูกต้องเมื่อกล่าวถึงรีคอมบิแนนท์พลาสมิด (recombinant plasmid) (PAT 2 มี.ค. 55)

1) สามารถสร้างโปรตีนได้ในเซลล์เจ้าบ้านทุกชนิด
2) มีชิ้นส่วนของ DNA สายผสมแทรกอยู่ในพลาสมิด
3) มีชิ้นส่วนของโปรตีนสายผสมแทรกอยู่ในพลาสมิด
4) สามารถเพิ่มจำนวนได้เมื่ออยู่ในเซลล์เจ้าบ้านทุกชนิด

49. เทคนิคการสร้าง DNA สายผสมให้ได้สิ่งมีชีวิตที่ต้องการ ภายหลังการใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะในการตัดสาย DNA แล้วสามารถใช้เอนไซมใดเร่งปฏิกิริยาการสร้างพันธะโคเวเลนต์ระหว่าง DNA 2 โมเลกุล ให้เชื่อมต่อกันได้ (PAT 2 มี.ค. 54)

1) DNA ไลเกส 2) DNA ไพรเมส 3) DNA เฮลิเคส 4) DNA พอลิเมอเรส

50. ข้อใดถูก (PAT 2 ต.ค. 52)

1) การโคลนยีน คือ การเพิ่มดีเอ็นเอส่วนที่ต้องการให้มีจำนวนมากและเหมือนกับดีเอ็นเอต้นแบบ
2) การโคลนยีนนิยมใช้พลาสมิดของแบคทีเรียซึ่งเป็นดีเอ็นเอที่อยู่บนโครโมโซมของแบคทีเรีย
3) การโคลนยีนในแบคทีเรียนิยมใช้ยีนที่ต้านทานยาปฏิชีวนะที่อยู่บนโครโมโซมของแบคทีเรียเป็นเครื่องหมาย
4) การโคลนยีนภายนอกเซลล์โดยไม่ใช้แบคทีเรีย สามารถเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอได้ด้วยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิส

51. คนไข้รายหนึ่งมีอาการเจ็บปวดตามข้อ จากการสอบถามพบว่าคนไข้รายนี้ดื่มน้ำน้อยมากในแต่ละวัน แพทย์จึงสันนิษฐานว่าร่างกายของคนไข้มีการเปลี่ยนของเสียที่มีไนโตรเจนจากเดิม ชนิด ก เป็น ชนิด ข และเกิดการสะสมไว้ในข้อของคนไข้ ข้อใดเป็นของเสียที่มีไนโตรเจน ชนิด ก และชนิด ข ตามลำดับ (PAT 2 ต.ค. 55)

1) ยูเรีย กรดยูริก 2) กรดยูริก ยูเรีย
3) แอมโมเนีย กรดยูริก 4) กรดยูริก แอมโมเนีย

52. สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่อาศัยอยู่ในทะเลทรายและอาศัยอยู่ในที่ชุ่มน้ำ น่าจะมีโครงสร้างส่วนใดของไตที่แตกต่างกันมากที่สุด (PAT 2 มี.ค. 56)

1) ท่อไต
2) ห่วงเฮนเล
3) กระเพาะปัสสาวะ
4) โบว์แมนส์แคปซูล

53. การทำงานของไตคนในภาวะปกติจำเป็นต้องอาศัยการขนส่งโซเดียมแบบแอกทีฟที่ท่อไต ถ้าร่างกายไม่สามารถขนส่งโซเดียมแบบแอกทีฟได้ การผลิตปัสสาวะของคนจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร (PAT 2 มี.ค. 55)

1) ไม่สามารถผลิตปัสสาวะได้
2) ผลิตปัสสาวะที่เข้มข้นมากกว่าปกติ ในปริมาณน้อยกว่าปกติ
3) ผลิตปัสสาวะที่เข้มข้นน้อยกว่าปกติ ในปริมาณมากกว่าปกติ
4) ผลิตปัสสาวะที่เข้มข้นน้อยกว่าปกติ ในปริมาณน้อยกว่าปกติ

54. ข้อใด**ถูก**เกี่ยวกับการทำงานของหน่วยไตในคน (PAT 2 มี.ค. 52)

1) ภาวะที่ร่างกายขาดน้ำจะกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมน ADH มากขึ้น เพื่อลดการดูดน้ำกลับที่ท่อหน่วยไตและท่อรวม
2) ท่อหน่วยไตของคนเป็นเบาหวานจะดูดกลับน้ำตาลได้น้อยกว่าคนปกติ จึงทำให้มีน้ำตาลออกมาในปัสสาวะ
3) ปริมาณกลูโคส ยูเรีย และน้ำที่กรองผ่านโกลเมอรูลัสจะใกล้เคียงกับปริมาณในพลาสมา
4) การดูดกลับสารต่างๆ รวมทั้งน้ำเพื่อเข้าสู่เลือดเกิดที่บริเวณท่อขดส่วนต้นของหน่วยไต

55. ในการทดลองให้ผู้รับการทดสอบ 3 กลุ่ม ดื่มเครื่องดื่ม 3 ชนิด ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ดื่มน้ำเปล่า ปริมาตร 400 มิลลิลิตร
กลุ่มที่ 2 ดื่มเบียร์ ปริมาตร 400 มิลลิลิตร
กลุ่มที่ 3 ดื่มสารละลายเกลือ 1.5% ปริมาตร 400 มิลลิลิตร

เมื่อเก็บตัวอย่างปัสสาวะของผู้รับการทดสอบทุกๆ 30 นาที จนกระทั่งครบ 3 ชั่วโมง ปัสสาวะของผู้รับการทดสอบกลุ่มใดจะมีปริมาตรมากที่สุด และกลุ่มใดจะมีปริมาตรน้อยที่สุด (PAT 2 ต.ค. 54)

1) กลุ่มที่ 1 ปริมาตรมากที่สุด, กลุ่มที่ 2 ปริมาตรน้อยที่สุด
2) กลุ่มที่ 2 ปริมาตรมากที่สุด, กลุ่มที่ 3 ปริมาตรน้อยที่สุด
3) กลุ่มที่ 3 ปริมาตรมากที่สุด, กลุ่มที่ 1 ปริมาตรน้อยที่สุด
4) กลุ่มที่ 1 ปริมาตรมากที่สุด, กลุ่มที่ 3 ปริมาตรน้อยที่สุด

56. ปานเทพและปานอัปสรเก็บตัวอย่างน้ำและดินจากพื้นที่ป่าแห่งหนึ่งไปตรวจในห้องปฏิบัติการ พบว่าน้ำมีความเป็นกรดสูงมาก และพบว่าดินมีปริมาณอินทรียสารสูงและมีสารประกอบ pyrite อยู่มาก พื้นที่ป่าที่ปานเทพและปานอัปสรทำการสำรวจเป็นพื้นที่ป่าในข้อใด (PAT 2 ก.ค. 53)

1) ป่าพรุ (peat swamp forest)
2) ป่าชายเลน (mangrove forest)
3) ป่าดิบชื้น (tropical rainforest)
4) ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest)

57. การสำรวจป่าแห่งหนึ่ง พบองค์ประกอบทางกายภาพและทางชีวภาพดังแสดงในตาราง

องค์ประกอบทางชีวภาพ	ต้นพลวง ต้นมะขามป้อม เห็ดเผาะ กิ้งก่า
องค์ประกอบทางกายภาพ	อุณหภูมิสูงและแสงแดดจัดในเวลากลางวัน ดินเป็นดินร่วนปนทราย

ระบบนิเวศที่มีลักษณะดังกล่าวพบได้ในภาคใดของประเทศไทย (PAT 2 มี.ค. 53)

A. ภาคเหนือ
B. ภาคกลาง
C. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
D. ภาคตะวันออก
E. ภาคใต้

1) A., B., C.
2) A., C., D.
3) A., B., C., D.
4) A., B., C., D., E.

58. ระบบนิเวศแบบใดที่ไม่พบในประเทศไทย (PAT 2 ก.ค. 52)

1) ป่าสน
2) ป่าผลัดใบในเขตอบอุ่น
3) ทุ่งหญ้าสะวันนา
4) ทุนดรา

59. เราใช้ปัจจัยใดเป็นเกณฑ์ในการแบ่งไบโอมบนบกเป็นไบโอมแบบต่างๆ กัน (PAT 2 มี.ค. 52)

1) ความสูงจากระดับน้ำทะเล
2) อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ย
3) ปริมาณแสงและอุณหภูมิเฉลี่ย
4) เขตละติจูด

60. ลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในข้อใดที่แตกต่างจากข้ออื่นๆ (PAT 2 ต.ค. 55)

1) ค้างคาวผสมเกสรให้ต้นกล้วย
2) โพรโทซัวย่อยเซลลูโลสให้ปลวก
3) ราและสาหร่ายอยู่ร่วมกันเป็นไลเคน
4) ปะการังสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ให้ซูแซนเทลลี่

61. ไมคอร์ไรซาเป็นราที่อยู่ร่วมกันแบบภาวะพึ่งพากันกับรากพืช ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซึมน้ำ และแร่ธาตุของรากพืชจากดินโดยได้น้ำตาลและกรดอะมิโนที่พืชผลิตขึ้นเป็นการตอบแทน และเนื่องจากมีผลการศึกษาชิ้นหนึ่ง พบว่าฝนกรดมีผลกระทบทำให้การเจริญเติบโตของไมคอร์ไรซาลดลง ดังนั้นถ้าดินมีค่า pH เท่ากับ 7 พืช และไมคอร์ไรซาจะได้รับผลกระทบอย่างไร (PAT 2 ต.ค. 54)

1) ไม่มีผลกระทบต่อทั้งพืชและไมคอร์ไรซา
2) พืชเจริญเติบโตลดลง แต่ไมคอร์ไรซาไม่ได้รับผลกระทบ
3) ไมคอร์ไรซาเจริญเติบโตลดลง แต่พืชไม่ได้รับผลกระทบ
4) ทั้งพืชและไมคอร์ไรซาเจริญเติบโตลดลง

62. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง (PAT 2 มี.ค. 54)

1) มดดำกับเพลี้ย เป็นภาวะได้ประโยชน์ร่วมกัน
2) แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ของคน เป็นภาวะเกื้อกูล
3) ปูเสฉวนกับซีแอนีโมนี เป็นภาวะพึ่งพา
4) ปลาฉลามกับเหาฉลาม เป็นภาวะปรสิต

63. ความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรีย A และ B ในตารางเหมือนกับความสัมพันธ์ในข้อใด (PAT 2 ต.ค. 53)

แบคทีเรีย	สารที่ต้องการในการเติบโต	สารที่สังเคราะห์ได้
A	lysine	riboflavin
B	riboflavin	lysine

1) bacteria – phage
2) ปลวก – โพรโตซัว
3) ปลา – แพลงก์ตอน
4) หนู – Leptospira

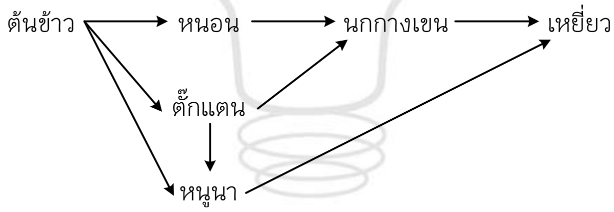
64. แบคทีเรียในลำไส้ปลวก Microcerotermes sp. อาศัยและเจริญอยู่ในลำไส้ปลวกโดยย่อยสลายลิกโนเซลลูโลสในเยื่อไม้ที่ปลวกกินเข้าไป แบคทีเรียชนิดนี้และปลวกมีความสัมพันธ์กันแบบใด (PAT 2 ก.ค. 53)

1) ภาวะปรสิต
2) ภาวะอิงอาศัย
3) ภาวะพึ่งพากัน
4) การได้ประโยชน์ร่วมกัน

65. สิ่งมีชีวิตกลุ่มใดที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารเป็นวัฏจักรอยู่ในระบบนิเวศ (PAT 2 ต.ค. 52)

1) ผู้ผลิต
2) ผู้ย่อยสลาย
3) ผู้ผลิตและผู้ย่อยสลาย
4) ผู้บริโภคซากพืชซากสัตว์และผู้ย่อยสลาย

66. แผนภาพสายใยอาหาร



ผู้บริโภคลำดับที่ 2 ได้แก่สิ่งมีชีวิตใดบ้าง (PAT 2 ก.ค. 52)

1) หนูนา และเหยี่ยว
2) นกกางเขน และหนูนา
3) หนอน ตั๊กแตน และหนูนา
4) หนูนา นกกางเขน และเหยี่ยว

67. การสำรวจระบบนิเวศท้องถิ่นแห่งหนึ่งพบสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิดมาก การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศท้องถิ่นนี้ จะมีลักษณะเป็นแบบใดมากที่สุด (PAT 2 มี.ค. 56)

1) สายใยอาหารซับซ้อน
2) ห่วงโซ่อาหารส่วนใหญ่เริ่มต้นด้วยผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์
3) พลังงานหมุนเวียนในระบบนิเวศท้องถิ่นหมุนเวียนเป็นเวลานาน
4) โซ่อาหารส่วนใหญ่ประกอบด้วยสมาชิกมากกว่า 5 ชนิด

68. วัฏจักรของสารใดต่อไปนี้ต่างจากข้ออื่น (PAT 2 ต.ค. 53)

1) คาร์บอน
2) ไนโตรเจน
3) ฟอสฟอรัส
4) น้ำ

69. แผนภาพข้างล่างแสดงกระบวนการเกิดกลุ่มสิ่งมีชีวิตขึ้นในบริเวณหนึ่งตั้งแต่ยังไม่มีสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้นเลย แล้วเปลี่ยนแปลงไปตามลำดับจนกระทั่งได้สังคมสมบูรณ์ (climax community)

มอสและไลเคน → กลุ่มสิ่งมีชีวิต A → กลุ่มสิ่งมีชีวิต B → กลุ่มสิ่งมีชีวิต C → สังคมสมบูรณ์

ลำดับการเกิดกลุ่มสิ่งมีชีวิตในข้อใดถือได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิขึ้นในบริเวณนั้นแล้ว (PAT 2 ต.ค. 54)

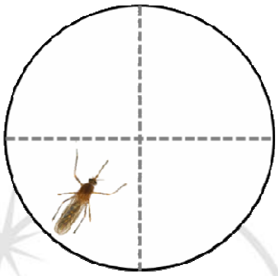
1) เมื่อมีมอสและไลเคนเกิดขึ้นก็ถือได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ขึ้นในบริเวณนั้นแล้ว
2) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงจากมอส และไลเคนไปจนเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่นใด ก็ได้ถือว่าเกิดการเปลี่ยนแปลง แทนที่ขึ้นในบริเวณนั้นแล้ว
3) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่มอส และไลเคนไปจนเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตสมบูรณ์เท่านั้นจึงจะถือได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ขึ้นในบริเวณนั้นแล้ว
4) เมื่อสังคมสมบูรณ์ถูกทำลายแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงใหม่ตั้งแต่กลุ่มสิ่งมีชีวิต A ไปจนเป็นสังคมสมบูรณ์อีกครั้ง จึงจะถือได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิขึ้นในบริเวณนั้นแล้ว

70. เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิบนพื้นลาวาจากภูเขาไฟ สิ่งมีชีวิตที่จะเข้ามาอยู่ในพื้นที่นั้นได้เป็นกลุ่มแรกคือข้อใด (PAT 2 ก.ค. 52)

1) มอสและไลเคน
2) สาหร่ายและเห็ดรา
3) หญ้าและวัชพืช
4) ไม้ล้มลุก

ชุดที่ 3

71. ภาพที่แสดงเป็นแมลงชนิดหนึ่งที่ปรากฏในวงภาพของกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบที่ใช้กำลังขยายต่ำ นักเรียนจะต้องปรับกล้องอย่างไรเพื่อให้แมลงที่เห็นมาอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของวงภาพ



1) เลื่อนสไลด์ไปทางด้านซ้ายแล้วจึงเลื่อนขึ้นมาทางด้านบน
2) เลื่อนสไลด์ไปทางด้านขวาแล้วจึงเลื่อนขึ้นมาทางด้านบน
3) เลื่อนสไลด์ไปทางด้านซ้ายแล้วจึงเลื่อนลงมาทางด้านล่าง
4) เลื่อนสไลด์ไปทางด้านขวาแล้วจึงเลื่อนลงมาทางด้านล่าง

72. นักเรียนคนหนึ่งใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 40 เท่า ส่องดูไม้บรรทัด เห็นภาพไม้บรรทัดส่วนที่พาดผ่านศูนย์กลางมีความยาว 4 มิลลิเมตร ถ้านักเรียนคนนี้เปลี่ยนกำลังขยายเป็น 100 เท่าจะเห็นภาพไม้บรรทัดส่วนที่พาดผ่านศูนย์กลางมีความยาวเท่าใด

1) 1.6 มิลลิเมตร
2) 1.0 มิลลิเมตร
3) 4.0 มิลลิเมตร
4) 2.5 มิลลิเมตร

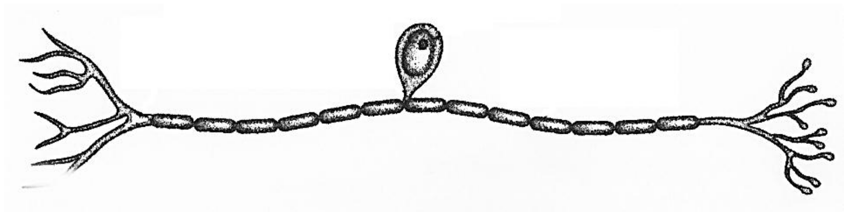
73. ข้อใดต่อไปนี้เรียงลำดับการจัดลำดับขั้นของสิ่งมีชีวิต (Biological Hierarchy) ได้**ถูกต้องที่สุด**

1) cell → tissue → system → organ → organism → population → community
2) cell → organ → tissue → system → organism → community → population
3) cell → tissue → organ → system → organism → population → community
4) cell → tissue → organ → system → organism → community → population

74. ข้อความใดต่อไปนี้กล่าว**ผิด**เกี่ยวกับระบบประสาทของสัตว์

1) ไฮดราและแมงกะพรุนมีระบบประสาทเป็นแบบร่างแหประสาท (Nerve net)
2) พลานาเรียมีการรวมกลุ่มกันของเซลล์ประสาทที่บริเวณหัว (Cephalization)
3) หมึกกล้วยมีปมประสาท (Ganglia) อยู่ตามแต่ละปล้องของลำตัว
4) เส้นประสาทของกุ้ง แมลงสาบอยู่ทางด้านท้อง (Ventral nerve cord)

75. พิจารณาภาพวาดแสดงเซลล์ประสาทต่อไปนี้



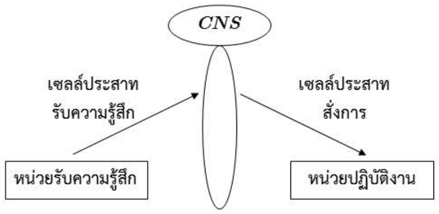
ข้อใดต่อไปนี้สรุป**ถูกต้อง**

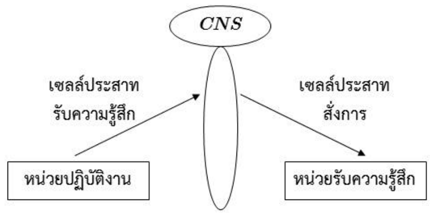
1) เซลล์ประสาทในภาพสามารถพบได้ที่ปมประสาทรากล่างของไขสันหลัง
2) เซลล์ประสาทในภาพสามารถนำกระแสประสาทได้ 2 ทิศทาง
3) เซลล์ประสาทในภาพมีตัวเซลล์ (Cell body) 1 อัน และมีเพียง 1 นิวเคลียส
4) เซลล์ประสาทในภาพทำหน้าที่เป็นเซลล์ประสาทสั่งการ (Motor neuron) ในวงจรรีเฟล็กซ์

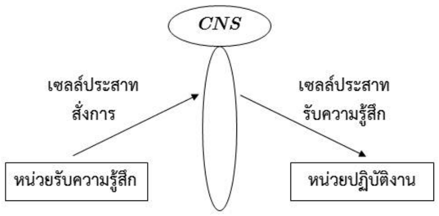
76. เซลล์ประสาทในข้อใดต่อไปนี้จะมีอัตราการส่งกระแสประสาทในเซลล์ประสาท**เร็วที่สุด**

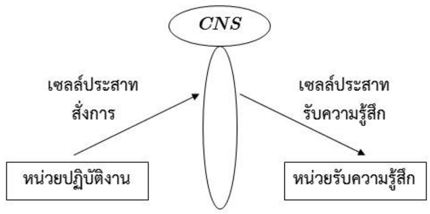
1) เซลล์ประสาท A ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลินหุ้ม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 μm
2) เซลล์ประสาท B ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลินหุ้ม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 μm
3) เซลล์ประสาท C มีเยื่อหุ้มไมอีลินหุ้ม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 μm
4) เซลล์ประสาท D มีเยื่อหุ้มไมอีลินหุ้ม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 μm

77. แผนภาพในข้อใดแสดงการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง (CNS)

1)


2)


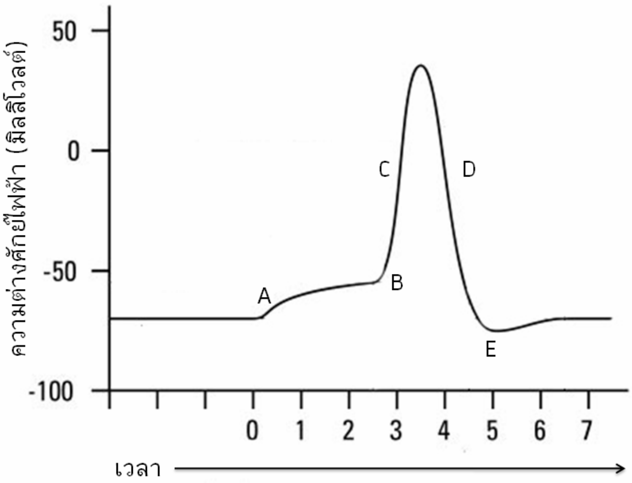
3)


4)


78. รีเซพเตอร์ (Receptor) ในข้อใดที่จับคู่**ไม่ถูกต้อง**กับประเภท

1) เซลล์ขน (Hair cell) – Mechanical receptor
2) เซลล์รูปแท่ง (Rod cell) – Photoreceptor
3) เซลล์รูปกรวย (Cone cell) – Pressure receptor
4) ตุ่มรับรส (Taste bud) – Chemical receptor

79. จากการกระตุ้นเซลล์ประสาท ได้กราฟดังรูป Threshold ของเซลล์ประสาทนี้อยู่ที่ตำแหน่งใด



1) A 2) B 3) C 4) D

80. ชายคนหนึ่งประสบอุบัติเหตุแพทย์ได้ตรวจร่างกายพบว่ามีอาการดังต่อไปนี้

อาการ A ไม่สามารถควบคุมการกลืนและการจามได้

อาการ B เสียการทรงตัวในขณะเดิน

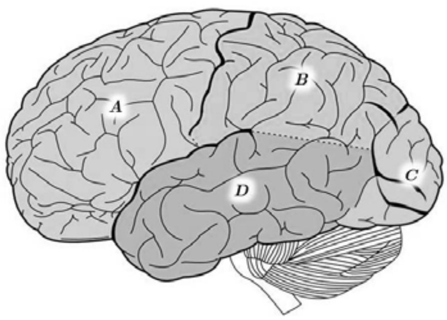
อาการ C ไม่สามารถยิ้มได้อย่างปกติ

อาการ D ความสามารถในการได้ยินและดมกลิ่นลดลง

ความผิดปกติของแต่ละอาการดังกล่าวนี้เป็นผลมาจากสมองส่วนใด

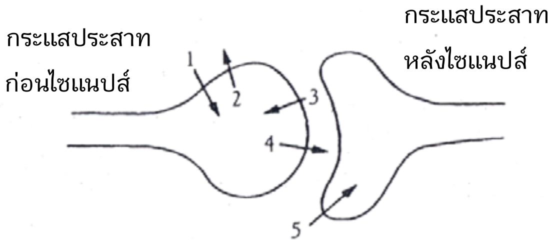
	อาการ A	อาการ B	อาการ C	อาการ D
1)	เซรีบรัม	เมดัลลาออบลองกาตา	เซรีเบลลัม	พอนส์
2)	พอนส์	เซรีบรัม	เมดัลลาออบลองกาตา	เซรีเบลลัม
3)	เซรีเบลลัม	พอนส์	เซรีบรัม	เมดัลลาออบลองกาตา
4)	เมดัลลาออบลองกาตา	เซรีเบลลัม	พอนส์	เซรีบรัม

81. โครงสร้างส่วนใดของสมองต่อไปนี้ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น



1) A 2) B 3) C 4) D

82. แผนภาพแสดงลำดับของการเกิด action potential ที่ไซแนปส์ ตัวเลขและลูกศรแสดงการเคลื่อนที่ของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์



ข้อใดแสดงการเคลื่อนที่ของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้**ถูกต้อง**

	หมายเลข 1	หมายเลข 2	หมายเลข 3	หมายเลข 4	หมายเลข 5
1)	K^+	Na^+	อะซิติลโคลีน	Ca^{2+}	K^+
2)	K^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	อะซิติลโคลีน
3)	Na^+	K^+	Ca^{2+}	อะซิติลโคลีน	Na^+
4)	Na^+	K^+	Na^+	อะซิติลโคลีน	Ca^{2+}

83. สารสื่อประสาทนอร์เอพิเนฟริน (Norepinephrine) สร้างจากข้อใด
1) ปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนการไซแนปส์ ในระบบประสาท Sympathetic
2) ปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทหลังการไซแนปส์ ในระบบประสาท Sympathetic
3) ปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนการไซแนปส์ ในระบบประสาท Parasympathetic
4) ปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทหลังการไซแนปส์ ในระบบประสาท Parasympathetic

84. แผนภาพด้านล่างนี้แสดงลำดับการเกิดรีเฟล็กซ์แอกชันขณะที่ดวงตาได้รับแสงไฟ

แสงส่องมายังเรตินา → มีการส่งกระแสประสาทผ่านทางเซลล์ประสาท X ไปยังสมอง → มีการส่งกระแสประสาทจากสมองไปยังกล้ามเนื้อของ Y → กล้ามเนื้อวงกลม Z → เส้นผ่านศูนย์กลางของรูม่านตาลดลง

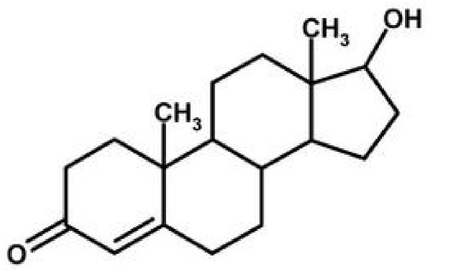
ข้อใดกล่าวได้**ถูกต้อง**เกี่ยวกับ X, Y และ Z

	X	Y	Z
1)	เซลล์ประสาทสั่งการ	กล้ามเนื้อยึดเลนส์	หดตัว
2)	เซลล์ประสาทสั่งการ	ม่านตา	คลายตัว
3)	เซลล์ประสาทรับความรู้สึก	กล้ามเนื้อยึดเลนส์	คลายตัว
4)	เซลล์ประสาทรับความรู้สึก	ม่านตา	หดตัว

85. ตาของฉลามบางชนิดจะปิดก่อนที่จะงับเหยื่อ ถึงแม้ว่ามันจะมองไม่เห็นเหยื่อแต่มันก็สามารถจู่โจมเหยื่อได้ตรงเป้าหมาย จากการวิจัยพบว่าฉลามมักจะงับเหยื่อในบริเวณที่มีวัตถุที่เป็นเหล็กและมันสามารถใช้กระแสไฟฟ้าที่มีอยู่ภายในตัวในการค้นหาเหยื่อที่ฝังตัวอยู่ในพื้นทรายใต้ท้องทะเล จากสถานการณ์ดังกล่าวฉลามจึงสามารถค้นหาเหยื่อในชั่วเวลาไม่กี่วินาที จากนั้นมันก็จะกัดกินเหยื่อทันที ข้อใดต่อไปนี้มีลักษณะเดียวกันกับเหตุการณ์นี้

1) งูกินหนูที่ค้นหาอาหารอยู่ในโพรง
2) แมลงกินผ้าไหมตัวผู้เล็งหาตำแหน่งที่อยู่ของตัวเมีย
3) ตัวตุ่นเล็งหาตำแหน่งของเหยื่อที่อยู่ในโคลนใต้ท้องน้ำ
4) นกที่อพยพไปตามก้อนเมฆตอนกลางคืน

86. พิจารณาสูตรโครงสร้างของฮอร์โมนต่อไปนี้



ข้อใดต่อไปนี้สรุป**ถูกต้อง**

1) ฮอร์โมนนี้ถูกสร้างจากอัณฑะ และจับกับตัวรับ (Receptor) ที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์
2) ฮอร์โมนนี้ถูกสร้างจากอัณฑะ และจับกับตัวรับ (Receptor) ที่อยู่ภายในเซลล์
3) ฮอร์โมนนี้ถูกสร้างจากตับอ่อน และจับกับตัวรับ (Receptor) ที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์
4) ฮอร์โมนนี้ถูกสร้างจากตับอ่อน และจับกับตัวรับ (Receptor) ที่อยู่ภายในเซลล์

87. เมื่อนักเรียนทานอาหารที่มีรสเค็มจัด ข้อใดต่อไปนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

1) แรงดันออสโมติกในเลือดสูงขึ้น ฮอร์โมน ADH จะหลั่งออกมาเพิ่มขึ้น
2) แรงดันออสโมติกในเลือดสูงขึ้น ฮอร์โมน ADH จะหลั่งออกมาลดลง
3) แรงดันออสโมติกในเลือดต่ำลง ฮอร์โมน ADH จะหลั่งออกมาเพิ่มขึ้น
4) แรงดันออสโมติกในเลือดต่ำลง ฮอร์โมน ADH จะหลั่งออกมาลดลง

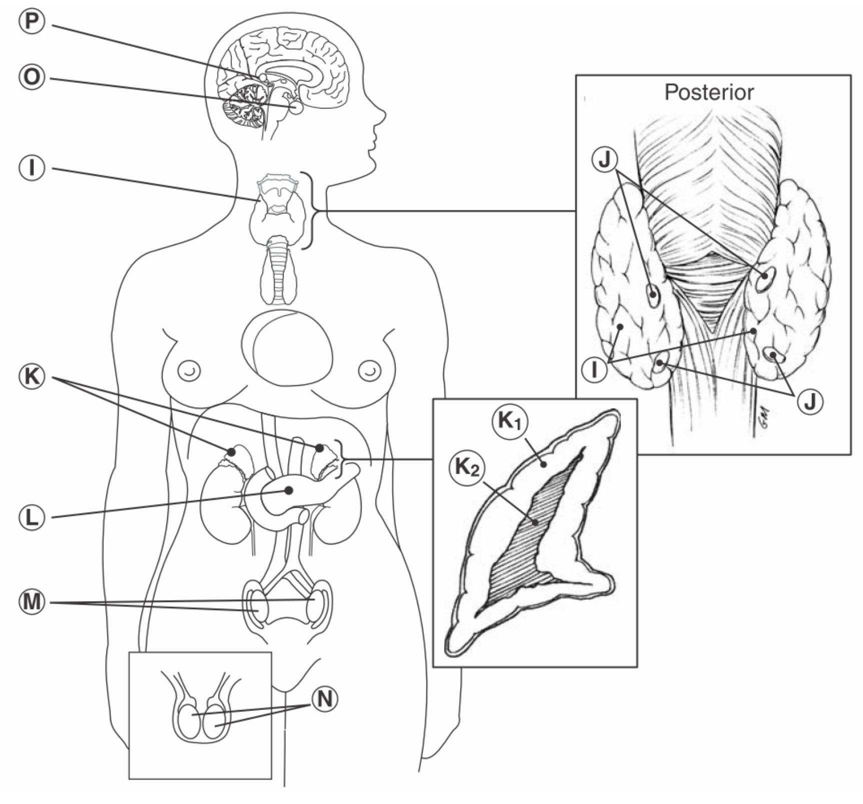
88. ข้อใดต่อไปนี้เป็นสาเหตุที่อาจนำไปสู่การเกิดโรคกระดูกผุได้

1) มี PTH มาก และ calcitonin มาก
2) มี PTH มาก และ calcitonin น้อย
3) มี PTH น้อย และ calcitonin มาก
4) มี PTH น้อย และ calcitonin น้อย

89. ถ้านำเส้นด้ายผูกบริเวณหลอดเลือดที่เชื่อมระหว่างสมองส่วนไฮโพทาลามัสกับต่อมใต้สมอง ข้อใดต่อไปนี้จะได้รับผลกระทบ**น้อยที่สุด**

1) โรคเตี้ยแคระ (Dwarfism)
2) การสร้างไข่และการเจริญของฟอลลิเคิล
3) โรคเบาจืด (Diabetes Insipidus)
4) การทำงานของต่อมไทรอยด์

พิจารณาโครงสร้างของต่อมไร้ท่อต่างๆ ในร่างกายต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 90–91



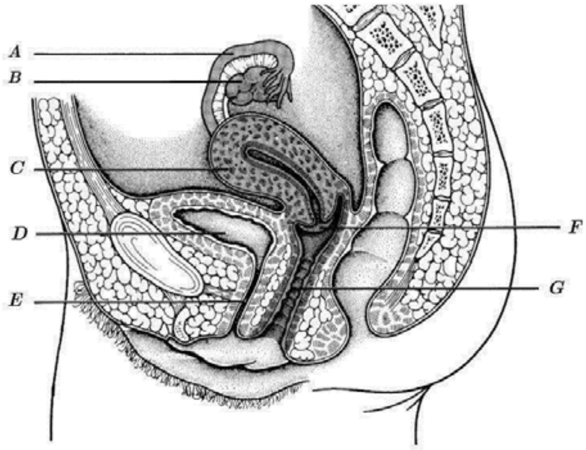
90. ต่อมไร้ท่อใดต่อไปนี้สามารถหลั่งฮอร์โมนเพื่อเพิ่มระดับ Ca^{2+} ในเลือดได้

1) ต่อมไร้ท่อ I
2) ต่อมไร้ท่อ J
3) ต่อมไร้ท่อ K
4) ต่อมไร้ท่อ L

91. ต่อมไร้ท่อใดต่อไปนี้ที่สร้างเฉพาะฮอร์โมนที่เป็นอนุพันธ์ของกรดอะมิโน

1) ต่อมไร้ท่อ O
2) ต่อมไร้ท่อ I
3) ต่อมไร้ท่อ L
4) ต่อมไร้ท่อ M

92. โครงสร้างใดต่อไปนี้เป็นบริเวณที่เกิดการฝังตัวของเอ็มบริโอ



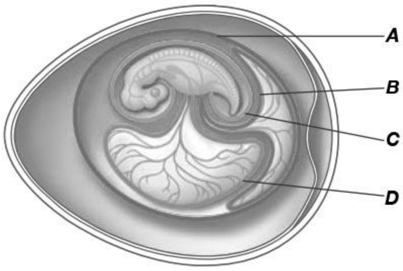
1) โครงสร้าง A
2) โครงสร้าง C
3) โครงสร้าง D
4) โครงสร้าง F

93. ข้อใดต่อไปนี้กล่าว**ถูกต้อง**
1) Primary Spermatocyte และ Secondary Spermatocyte มีจำนวนชุดโครโมโซมเป็น Diploid
2) ระยะของเซลล์ที่หลุดออกมาจากรังไข่ขณะมีการตกไข่ คือ ระยะ Secondary Oocyte
3) Spermatid เป็นเซลล์ที่มีจำนวนชุดโครโมโซมเป็น Haploid และมีการพัฒนา Flagellum สำหรับว่ายน้ำได้
4) Secondary Spermatocyte มีจำนวนชุดโครโมโซมเท่ากับ Primary Oocyte และ Spermatid

94. สาเหตุในข้อใดต่อไปนี้ที่เป็นปัจจัยที่**สำคัญที่สุด**ในการทำให้เกิดการตกไข่ (Ovulation)
1) การเพิ่มขึ้นของฮอร์โมน FSH
2) การเพิ่มขึ้นของฮอร์โมน LH
3) การลดลงของฮอร์โมน Estrogen
4) การลดลงของฮอร์โมน Progesterone

95. ข้อใดเป็นอวัยวะที่เจริญมาจาก Ectoderm, Mesoderm และ Endoderm ตามลำดับ
1) เลนส์ตา รังไข่ ตับ
2) อัณฑะ ไต ตับอ่อน
3) เลนส์ตา ไขสันหลัง รังไข่
4) ตับ อัณฑะ ไต

96. พิจารณาแผนภาพแสดง Extraembryonic Membrane ต่อไปนี้



โครงสร้างใดต่อไปนี้ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเก็บของเสียและใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สได้

1) โครงสร้าง A
2) โครงสร้าง B
3) โครงสร้าง C
4) โครงสร้าง D

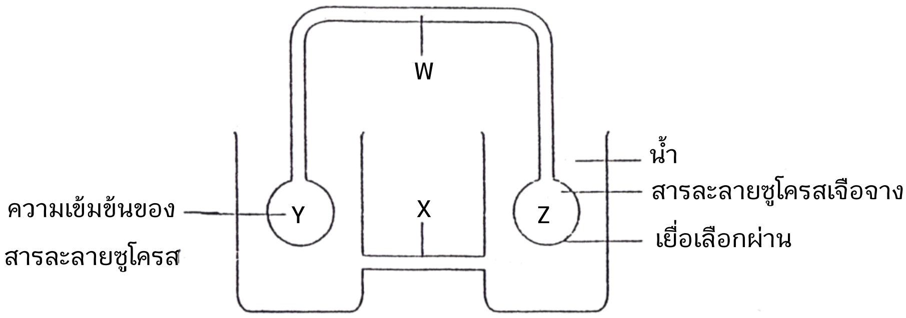
97. ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนการเจริญเติบโตของกบได้**ถูกต้อง**

1) Blastulation → Gastrulation → Organogenesis → Cleavage
2) Blastulation → Cleavage → Gastrulation → Organogenesis
3) Cleavage → Gastrulation → Blastulation → Organogenesis
4) Cleavage → Blastulation → Gastrulation → Organogenesis

98. สภาพแวดล้อมใดต่อไปนี้มีโอกาสที่จะพบการเกิดกัตเตชันได้**มากที่สุด**

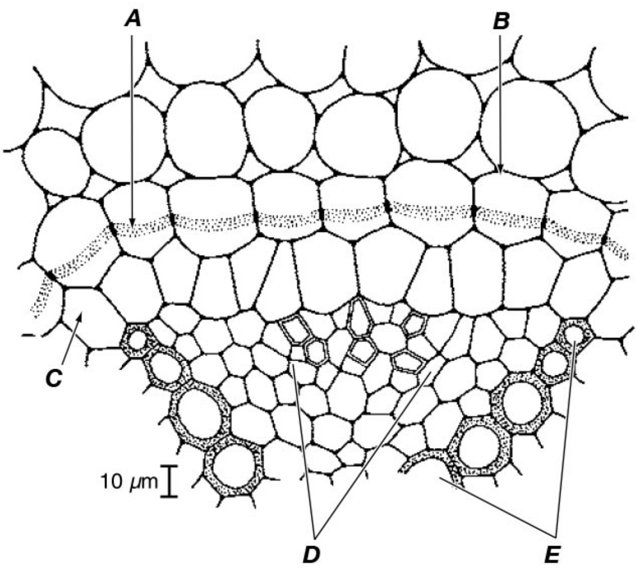
1) อุณหภูมิต่ำ ความชื้นต่ำ
2) อุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง
3) อุณหภูมิสูง ความชื้นต่ำ
4) อุณหภูมิสูง ความชื้นสูง

99. จากแผนภาพ W X Y และ Z เป็นโครงสร้างของเนื้อเยื่อพืช นักเรียนคิดว่าสารละลายที่จะไหลผ่าน W นั้นจะไหลจากเนื้อเยื่อใดไปสู่เนื้อเยื่อใด



	ท่อลำเลียงอาหาร	ท่อลำเลียงน้ำ	ราก	ใบ	ทิศทางการไหลผ่าน W
1)	W	X	Y	Z	จาก Z ไป Y
2)	W	X	Z	Y	จาก Y ไป Z
3)	X	W	Y	Z	จาก Y ไป Z
4)	X	W	Z	Y	จาก Z ไป Y

พิจารณาภาพวาดแสดงโครงสร้างพืชตัดตามขวางต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 100–101



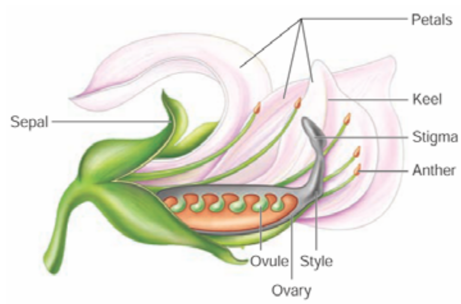
100. โครงสร้างในภาพได้มาจากส่วนใดของพืชและเป็นพืชในกลุ่มใด

1) ราก พืชใบเลี้ยงเดี่ยว
2) ราก พืชใบเลี้ยงคู่
3) ลำต้น พืชใบเลี้ยงเดี่ยว
4) ลำต้น พืชใบเลี้ยงคู่

101. โครงสร้างใดต่อไปนี้ที่สามารถย้อมติดสี Safranin ได้

1) โครงสร้าง B
2) โครงสร้าง C
3) โครงสร้าง D
4) โครงสร้าง E

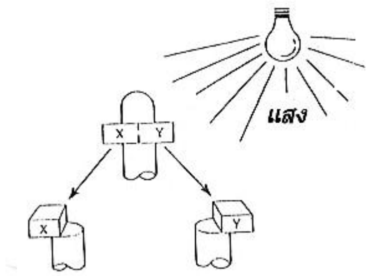
102. พิจารณาโครงสร้างของดอกไม้ต่อไปนี้



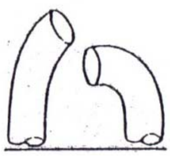
ข้อใดต่อไปนี้น่าจะเป็นข้อสรุปที่**ถูกต้องที่สุด**

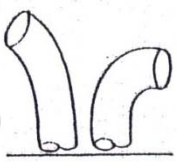
1) พืชชนิดนี้มีการถ่ายละอองเรณูในดอกเดียวกันและอาศัยลมเป็นตัวพา
2) พืชชนิดนี้มีการถ่ายละอองเรณูในดอกเดียวกันและอาศัยแมลงหรือสัตว์อื่นเป็นตัวพา
3) พืชชนิดนี้มีการถ่ายละอองเรณูข้ามดอกและอาศัยลมเป็นตัวพา
4) พืชชนิดนี้มีการถ่ายละอองเรณูข้ามดอกและอาศัยแมลงหรือสัตว์อื่นเป็นตัวพา

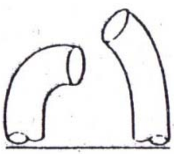
103. นำแท่งวุ้นใส่เข้าไปใต้ปลายยอดของต้นอ่อนของพืชชนิดหนึ่งและนำไปวางไว้ในที่มีแสงส่องโดยให้แสงส่องเข้าทางด้านขวา จากนั้นนำแท่งวุ้นออกมาและผ่าตามยาว (ตามเส้นประ) ให้เป็น 2 ส่วน เท่าๆ กัน แล้วนำไปวางบนเยื่อหุ้มยอดอ่อน (Coleoptiles) ของต้นโอ๊ตที่ตัดส่วนปลายออกมาแล้ว (ดังภาพ) เยื่อหุ้มยอดอ่อนทั้งคู่นี้ได้ถูกนำไปวางไว้ในที่มืด

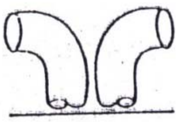


ข้อใดต่อไปนี้ควรจะเป็นผลที่เกิดขึ้น

1) 

2) 

3) 

4) 

104. พืชชนิดหนึ่งดอกเป็นดอกเดี่ยว สมบูรณ์เพศ มีเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียจำนวนมากใน 1 ดอก เมื่อติดผลพบว่ามีลักษณะเป็นลูกเล็กๆ เรียงกันบนก้านประมาณ 8-10 ลูก พืชชนิดนี้จัดเป็นผลชนิดใด

1) ผลเดี่ยว
2) ผลรวม
3) ผลกลุ่ม
4) ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะระบุได้

105. การตอบสนองของพืชในข้อใดใช้กลไกเดียวกับการควบคุมการเปิดและปิดของปากใบ

1) การงอกเข้าหาน้ำของรากข้าว
2) การเอนเข้าหาแสงของยอดมะเขือเทศ
3) การหลับของใบจามจุรีในตอนกลางคืน
4) การเจริญหนีแรงโน้มถ่วงของยอดต้นถั่ว

เฉลย

ชุดที่ 1

1. 4)	2. 2)	3. 2)	4. 4)	5. 1)	6. 3)	7. 3)	8. 2)	9. 4)	10. 1)
11. 1)	12. 3)	13. 4)	14. 3)	15. 4)	16. 2)	17. 2)	18. 3)	19. 1)	20. 2)
21. 1)	22. 3)	23. 3)	24. 3)	25. 2)	26. 1)	27. 1)	28. 3)	29. 1)	30. 2)
31. 3)	32. 3)	33. 4)	34. 2)	35. 4)					

ชุดที่ 2

36. 4)	37. 4)	38. 3)	39. 2)	40. 3)	41. 4)	42. 3)	43. 4)	44. 3)	45. 2)
46. 3)	47. 1)	48. 2)	49. 1)	50. 1)	51. 1)	52. 2)	53. 2)	54. 3)	55. 2)
56. 1)	57. 3)	58. 4)	59. 2)	60. 1)	61. 1)	62. 1)	63. 2)	64. 3)	65. 3)
66. 4)	67. 1)	68. 3)	69. 1)	70. 1)					

ชุดที่ 3

71. 3)	72. 1)	73. 3)	74. 3)	75. 3)	76. 4)	77. 1)	78. 3)	79. 2)	80. 4)
81. 3)	82. 3)	83. 2)	84. 4)	85. 3)	86. 2)	87. 1)	88. 2)	89. 3)	90. 2)
91. 2)	92. 2)	93. 2)	94. 2)	95. 1)	96. 2)	97. 4)	98. 2)	99. 2)	100. 2)
101. 4)	102. 2)	103. 3)	104. 3)	105. 3)					

✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧