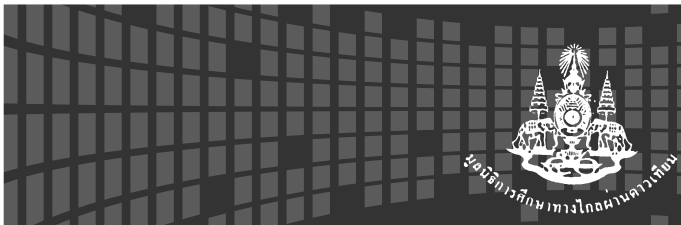


แบรนด์ ซัมเมอร์แคมป์ 2011

ครั้งที่ 22

จัดโดย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร่วมกับ มูลนิธิการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม
มูลนิธิเพื่อพัฒนาการศึกษาไทย

สนับสนุนโดย แบรนด์ซุปไก่สกัด

ด้วยความร่วมมือจาก

- บริษัท เซเรบอส (ประเทศไทย) จำกัด
- เครือเบทาโกร
- บริษัท ไทยยามาฮ่ามอเตอร์ จำกัด

เอกสารประกอบคำบรรยาย

วิชา ชีววิทยา

ส่วนที่ 1 (O NET).....โดย อ.เกรียงไกร อภัยวงศ์..... หน้า 2-89
ส่วนที่ 2 (PAT 2)..... โดย ดร.สมพิศ สามิภักดิ์..... หน้า 90-164
ส่วนที่ 3 (PAT 2)..... โดย ดร.ชัชวาล จันทราสุริยารัตน์..... หน้า 165-208

ประสานงานอาจารย์และจัดพิมพ์โดย **ชมรมบัณฑิตแนะแนว**
แจกฟรี ห้ามจำหน่าย

โครงสร้างของเซลล์

ทฤษฎีเซลล์ (Cell Theory)

ทฤษฎีเซลล์กล่าวไว้ว่า “สิ่งมีชีวิตประกอบด้วยเซลล์ 1 เซลล์ หรือมากกว่า ซึ่งเซลล์เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต และเซลล์ที่มีอยู่เดิมจะเป็นต้นกำเนิดของเซลล์ใหม่ที่จะเกิดขึ้น”

เซลล์ทุกเซลล์ (All Cells) จะมีองค์ประกอบพื้นฐานดังต่อไปนี้

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

ส่วนประกอบของเซลล์

ส่วนประกอบของเซลล์มี 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้

1. **ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์** แบ่งออกเป็น
   - 1.1 ผนังเซลล์ (Cell Wall)
   - 1.2 เยื่อหุ้มเซลล์ (Plasma Membrane)
2. **ไซโทพลาซึม (Cytoplasm)** ประกอบด้วย
   - 2.1 ไซโทซอล (Cytosol)
   - 2.2 ออร์แกเนลล์ (Organelles)

3. นิวเคลียส (Nucleus) ประกอบด้วย

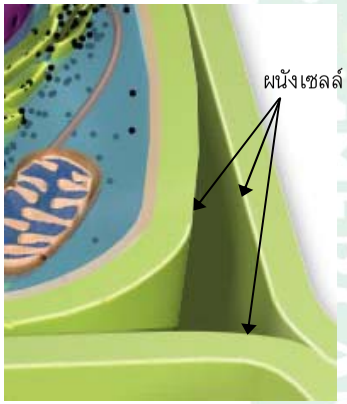
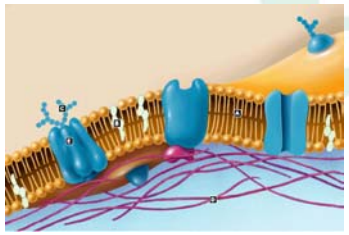
3.1 เยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nuclear Membrane)

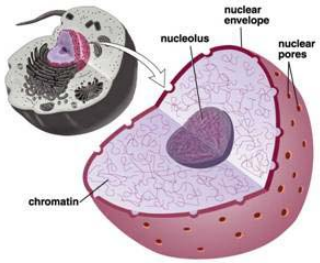
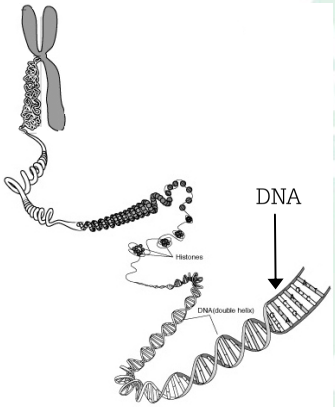
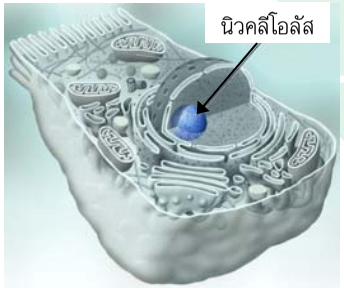
3.2 นิวคลีโอพลาซึม (Nucleoplasm)

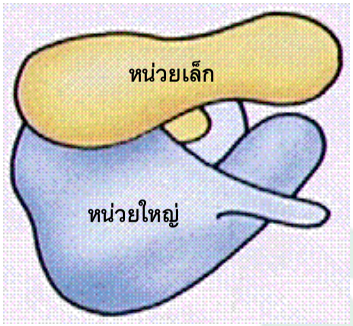
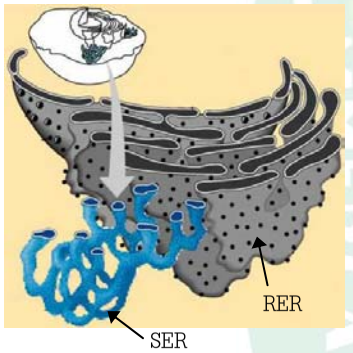
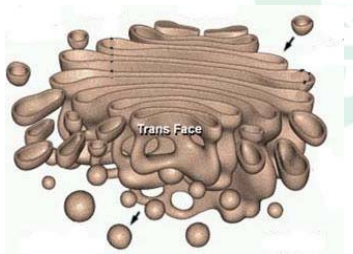
3.3 โครมาทิน (Chromatin)

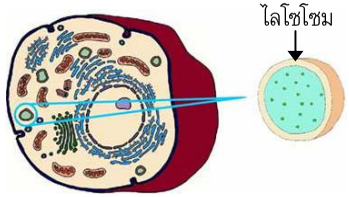
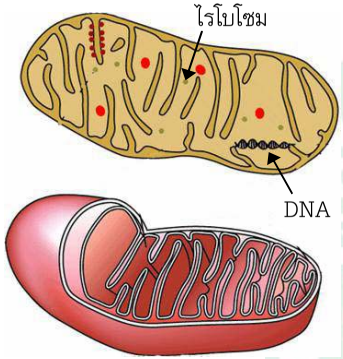
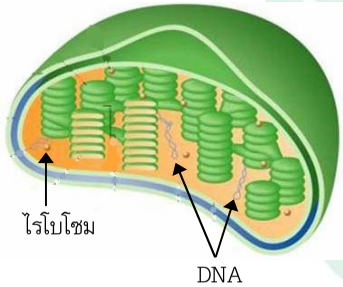
3.4 นิวคลีโอลัส (Nucleolus)

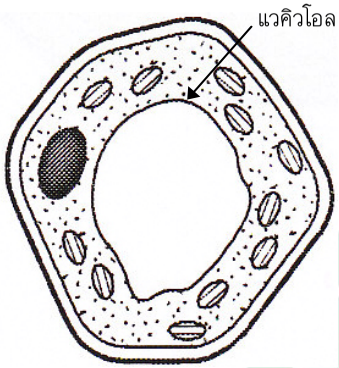
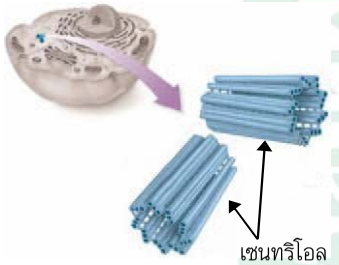
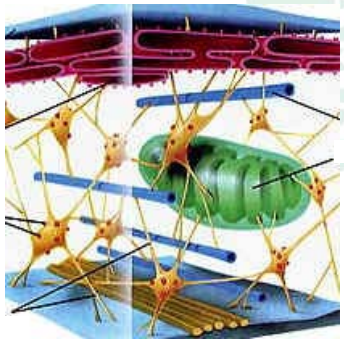
ตารางโครงสร้างเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจำพวกยูคาริโอต และหน้าที่

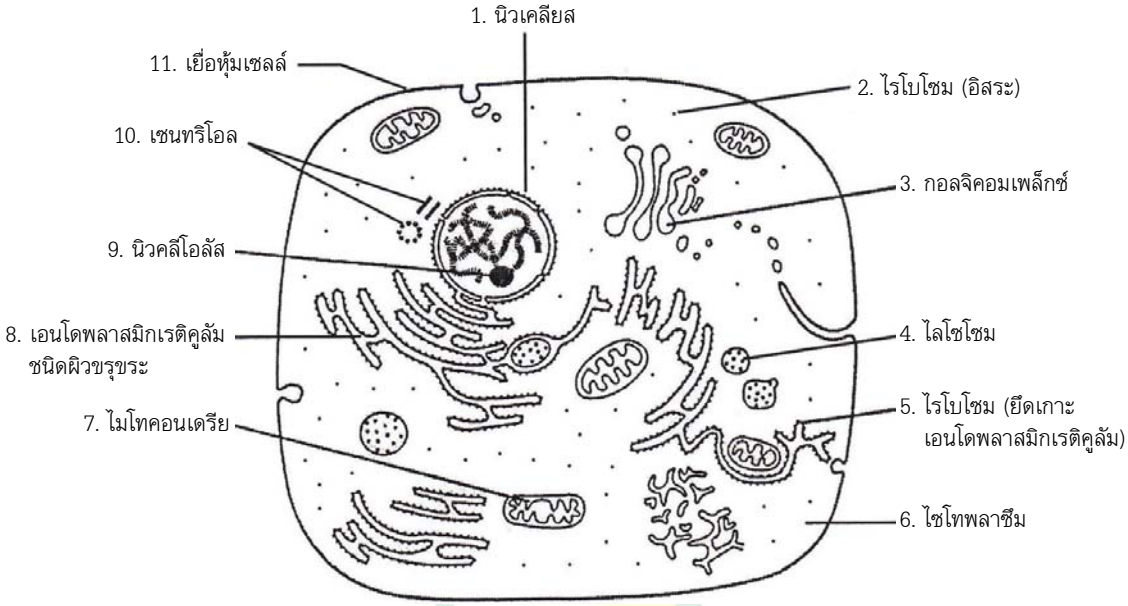
โครงสร้าง		ข้อมูลที่ควรทราบ	หน้าที่
1. ผนังเซลล์		- อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มเซลล์ออกไป (ผนังเซลล์พบที่เซลล์ของสิ่งมีชีวิตบางประเภท เช่น พืช สาหร่าย เห็ด รา และแบคทีเรีย) - ยอมให้สารผ่านได้หมด (ซึ่งจะแตกต่างจากเยื่อหุ้มเซลล์)	- ปกป้องและค้ำจุนเซลล์
2. เยื่อหุ้มเซลล์		- ประกอบด้วยฟอสโฟลิพิด (Phospholipid) เรียงตัวกัน 2 ชั้น และมีโปรตีนแทรกตัวอยู่ - มีคุณสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน (Semipermeable Membrane)	- ควบคุมการผ่านเข้า-ออกของสารระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก - จดจำโครงสร้างของเซลล์บางชนิด - สื่อสารระหว่างเซลล์

โครงสร้าง		ข้อมูลที่ควรทราบ	หน้าที่
3. นิวเคลียส		- เป็นโครงสร้างที่มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น และมีโครโมโซมอยู่ภายใน	- ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนและการสืบพันธุ์ของเซลล์ - เป็นแหล่งเก็บโครโมโซม
4. โครโมโซม		- ประกอบด้วยดีเอ็นเอ (DNA) และโปรตีน	- เป็นแหล่งเก็บข้อมูลทางพันธุกรรมที่ใช้เป็นรหัสในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน
5. นิวคลีโอลัส		- ควบคุมการสังเคราะห์ rRNA	- เป็นแหล่งสังเคราะห์ rRNA และไรโบโซม

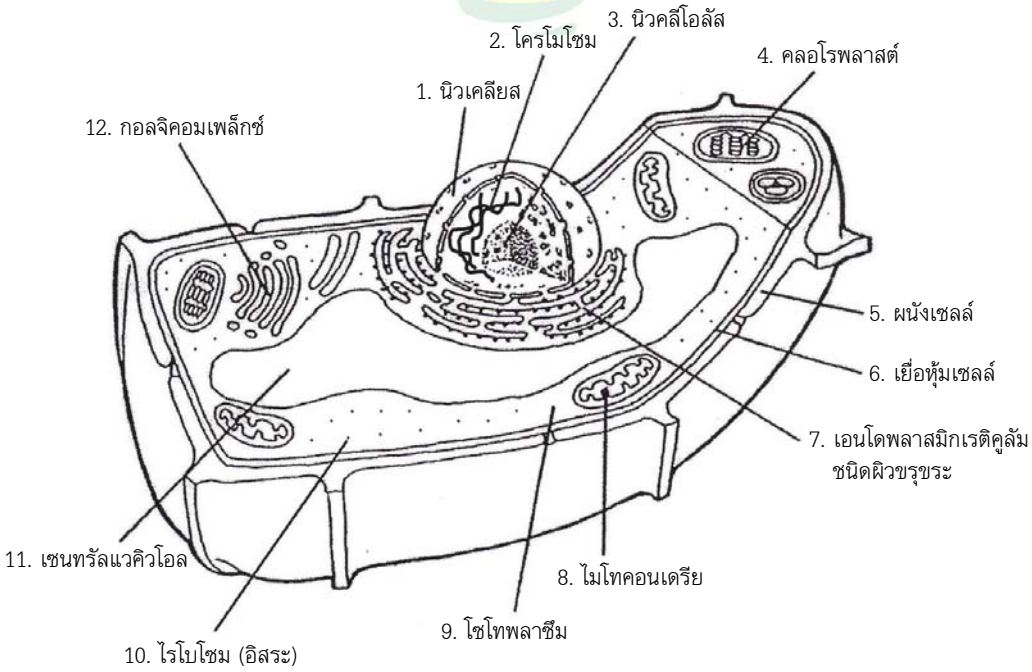
โครงสร้าง		ข้อมูลที่ควรทราบ	หน้าที่
6. ไรโบโซม		- มีขนาดเล็ก ประกอบด้วยโปรตีนและ RNA - มีทั้งไรโบโซมอิสระ (ลอยอยู่ในไซโทพลาซึม) และไรโบโซมยึดเกาะ เช่น เกาะอยู่ที่เอนโด-พลาสมิกเรติคูลัม (ER)	- สร้างสารประเภทโปรตีนสำหรับใช้ภายในเซลล์
7. เอนโดพลาส-มิกเรติคูลัม (ER)		- เป็นระบบเยื่อหุ้มภายในเซลล์ มองดูคล้ายร่างแห - แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้ 1) เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดผิวขรุขระ (RER) เป็น ER ที่มีไรโบโซมมาเกาะ 2) เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดผิวเรียบ (SER) เป็น ER ที่ไม่มีไรโบโซมเกาะ	- RER สร้างสารประเภทโปรตีนสำหรับส่งออกไปใช้ภายนอกเซลล์ - SER สร้างสารประเภทลิพิด (Lipid) และกำจัดสารพิษ
8. กอลจิคอม-เพล็กซ์		- มีลักษณะคล้ายถุงแบนๆ เรียงซ้อนกันเป็นชั้น	- สร้างเวสิเคิลหุ้มโปรตีนที่ RER สร้างขึ้น แล้วลำเลียงไปยังเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อส่งโปรตีนออกไปนอกเซลล์

โครงสร้าง		ข้อมูลที่ควรทราบ	หน้าที่
9. ไลโซโซม		- มีลักษณะเป็นถุงกลมๆ เรียกว่า เวสิเคิล ซึ่งภายในมีเอนไซม์ที่ใช้สำหรับย่อยสารต่างๆ บรรจุอยู่	- ย่อยสลายออร์แกเนลล์และเซลล์ที่เสื่อมสภาพ - ย่อยสารต่างๆ ที่เซลล์นำเข้ามาด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส (Endocytosis)
10. ไมโทคอน-เดรีย		- มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น - มีของเหลวอยู่ภายใน เรียกว่า เมทริกซ์ (Matrix) ซึ่งมีไรโบโซม และ DNA ลอยอยู่ในเมทริกซ์ - นักชีววิทยาตั้งสมมติฐานว่า “ไมโทคอนเดรียน่าจะเป็นแบคทีเรียที่เข้ามาอาศัยอยู่ภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในอดีตกาล แล้วมีวิวัฒนาการร่วมกันมาจนถึงปัจจุบัน”	- เป็นแหล่งสร้างพลังงานให้แก่เซลล์ (ไมโทคอน-เดรีย สร้างพลังงานจากกระบวนการสลายสารอาหารภายในเซลล์แบบใช้ออกซิเจน หรือที่เรียกกันว่า การหายใจระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน)
11. คลอโร-พลาสต์		- มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น - มีของเหลวอยู่ภายใน เรียกว่า สโตรมา (Stroma) ซึ่งมีไรโบโซม และ DNA ลอยอยู่ในสโตรมา - นักชีววิทยาตั้งสมมติฐานว่า “คลอโรพลาสต์น่าจะเป็นแบคทีเรียที่เข้ามาอาศัยอยู่ภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในอดีตกาล แล้วมีวิวัฒนาการร่วมกันมาจนถึงปัจจุบัน”	- เป็นแหล่งสร้างอาหารกลูโคสให้แก่เซลล์ (คลอโรพลาสต์สร้างอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง)

โครงสร้าง		ข้อมูลที่ควรทราบ	หน้าที่
12. แวคิวโอล		- มีหลายชนิด หลายขนาด หลายรูปร่าง และมีหน้าที่แตกต่างกันออกไป 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		- ประกอบด้วยไมโครทูบูลเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ มองดูคล้ายทรงกระบอก 2 อัน	- สร้างเส้นใยสปินเดิลในกระบวนการแบ่งเซลล์
14. ไซโทสเก-เลตอน		- มีลักษณะเป็นร่างแหของเส้นใยโปรตีน	- ช่วยค้ำจุนเซลล์ - ช่วยในการเคลื่อนที่ของเซลล์ - ช่วยในการเคลื่อนที่ของเวสิเคิลภายในเซลล์



ภาพโครงสร้างและส่วนประกอบของเซลล์สัตว์



ภาพโครงสร้างและส่วนประกอบของเซลล์พืช

ออร์แกเนลล์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามการมีเยื่อหุ้ม ดังนี้

1. **ออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม** ได้แก่
   - ไรโบโซม
   - เซนทริโอล
   - ไซโทสเกเลตอน
2. **ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้**

   2.1 ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ได้แก่
   - นิวเคลียส
   - ไมโทคอนเดรีย
   - คลอโรพลาสต์

   2.2 ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว เช่น
   - เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (ร่างแหเอนโดพลาซึม)
   - กอลจิคอมเพล็กซ์
   - ไลโซโซม
   - แวคิวโอล

ตารางเปรียบเทียบโครงสร้างเซลล์พืช และเซลล์สัตว์

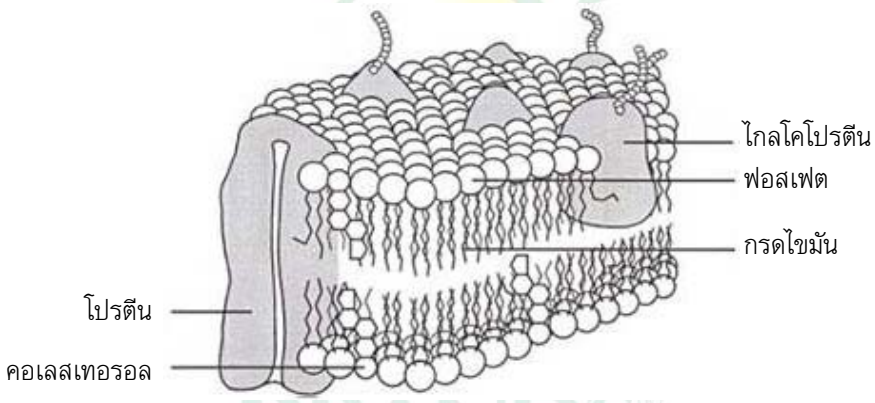
	เซลล์พืช	**เซลล์สัตว์**
โครงสร้างภายนอก		
1. ผนังเซลล์	มี	ไม่มี
2. เยื่อหุ้มเซลล์	มี	มี
3. แฟลเจลลัมหรือซิเลีย	ไม่มี (**ยกเว้น** สเปิร์มของพืชบางชนิด)	มี (ในบางเซลล์)
โครงสร้างภายใน		
1. นิวเคลียส	มี	มี
2. ไรโบโซม	มี	มี
3. ไลโซโซม	ไม่มี	มี
4. เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม	มี	มี
5. กอลจิคอมเพล็กซ์	มี	มี
6. แวคิวโอล	มี (มีขนาดใหญ่กว่านิวเคลียส)	ไม่มีหรือมี (แต่ขนาดเล็ก)
7. เซนทริโอล	ไม่มี	มี
8. ไซโทสเกเลตอน	มี	มี
9. ไมโทคอนเดรีย	มี	มี
10. คลอโรพลาสต์	มี	ไม่มี

การเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์

การรักษาดุลยภาพของเซลล์เป็นหน้าที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยเยื่อหุ้มเซลล์จะควบคุมการเคลื่อนที่ผ่านเข้า-ออกของสารระหว่างภายในเซลล์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก

โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์

เยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยสารหลัก 2 ชนิด คือ ฟอสโฟลิพิดและโปรตีน โดยฟอสโฟลิพิดจะจัดเรียงตัวเป็น 2 ชั้น ซึ่งจะหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (ส่วนหาง) เข้าหากัน และหันส่วนที่ชอบน้ำ (ส่วนหัว) ออกจากกัน โดยมีโมเลกุลของโปรตีนกระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลของฟอสโฟลิพิด นอกจากนี้ยังมีคอเลสเทอรอล ไกลโคโปรตีน และไกลโคลิพิดเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ด้วย



ภาพโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์

เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่ห่อหุ้มเซลล์ และรักษาสมดุลของสารภายในเซลล์โดยควบคุมการผ่านเข้า-ออกของสารระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก ดังนั้นเยื่อหุ้มเซลล์จึงมีคุณสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน (Semipermeable Membrane)

การเคลื่อนที่ของสารเข้า-ออกเซลล์มี 2 รูปแบบ ได้แก่

1. การเคลื่อนที่แบบผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นการเคลื่อนที่ของสารผ่านฟอสโฟลิพิดหรือโปรตีนของเยื่อหุ้มเซลล์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1.1 การเคลื่อนที่แบบพาสซีฟ (Passive Transport) หมายถึง การเคลื่อนที่ของสารเข้า-ออกเซลล์โดย**ไม่ต้องใช้พลังงาน** ซึ่งไอออน (Ion) และโมเลกุลของสารบางชนิดสามารถเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์จากบริเวณที่มีความเข้มข้นมากไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อย ซึ่งมีอยู่ 3 วิธี ดังนี้

1. การแพร่ (Diffusion)
2. ออสโมซิส (Osmosis)
3. การแพร่แบบฟาซิลิเทต (Facilitated Diffusion)

1.2 การเคลื่อนที่แบบแอกทีฟ (Active Transport) หมายถึง การเคลื่อนที่ของสารเข้า-ออกเซลล์จากบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อยไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นมาก ซึ่ง**ต้องใช้พลังงาน**ในการเคลื่อนที่

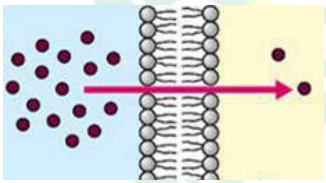
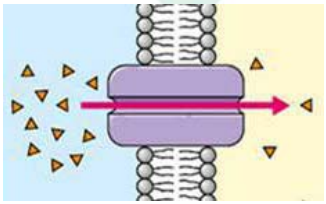
2. การเคลื่อนที่แบบไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นกระบวนการลำเลียงสารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่เข้า-ออกเซลล์ โดยอาศัยโครงสร้างที่เรียกว่า “เวสิเคิล (Vesicle)” ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

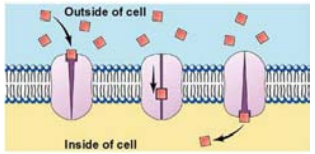
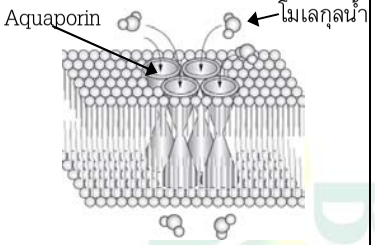
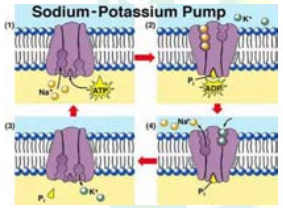
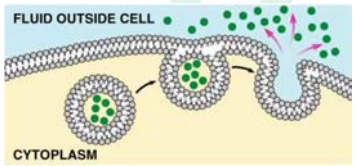
2.1 เอกโซไซโทซิส (Exocytosis)

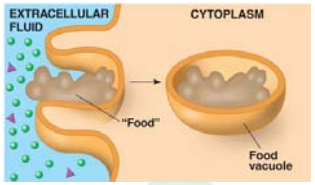
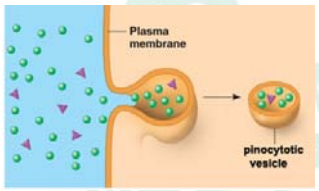
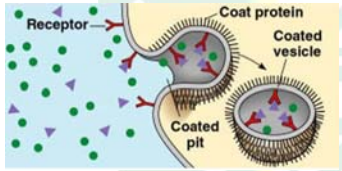
2.2 เอนโดไซโทซิส (Endocytosis) ซึ่งมีอยู่ 3 วิธี ดังนี้

1. ฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis)
2. พิโนไซโทซิส (Pinocytosis)
3. การนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ (Receptor-Mediated Endocytosis)

ตารางกระบวนการเคลื่อนที่ของสารเข้า-ออกเซลล์

กระบวนการ		วิธีการทำงาน	ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของสาร
การเคลื่อนที่ของสารแบบผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยไม่ใช้พลังงาน			
1. การแพร่			
1.1 การแพร่ผ่านฟอสโฟลิพิด		- โมเลกุลของสาร (ไม่มีขั้ว) เช่น แก๊สออกซิเจน จะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นมากไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อย โดยเคลื่อนที่ผ่านฟอสโฟลิพิดของเยื่อหุ้มเซลล์	- การเคลื่อนที่ของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ - การเคลื่อนที่ของแอลกอฮอล์
1.2 การแพร่ผ่านช่องโปรตีน (Protein Channel)		- สาร (มีขั้ว) เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) คลอไรด์ไอออน (Cl^-) จะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นมากไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อย โดยเคลื่อนที่ผ่านช่องโปรตีน (Protein Channel) ของเยื่อหุ้มเซลล์	- การเคลื่อนที่ของไอออนบางชนิด เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}), คลอไรด์ไอออน (Cl^-), โซเดียมไอออน (Na^+), และโพแทสเซียมไอออน (K^+)

กระบวนการ		วิธีการทำงาน	ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของสาร
2. **การแพร่แบบฟาซิลิเทต : เป็นการแพร่ที่อาศัยโปรตีนตัวพา (Protein Carrier)**		- โมเลกุลของสารจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นมากไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อย โดยอาศัยโปรตีนเป็นตัวพา (Protein Carrier) ที่เยื่อหุ้มเซลล์	- การเคลื่อนที่ของกลูโคสเข้าสู่เซลล์
3. **ออสโมซิส (การเคลื่อนที่ของน้ำโดยอาศัยโปรตีนเฉพาะที่ชื่อว่า Aquaporins)**		- โมเลกุลของน้ำจะเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ตรงบริเวณโปรตีน Aquaporins	- การเคลื่อนที่ของน้ำ
การเคลื่อนที่ของสารแบบผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยใช้พลังงาน			
แอกทีฟทรานสปอร์ต		- โมเลกุลของสารจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อยไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นมาก โดยผ่านโปรตีนตัวพา (Protein Carrier) และมีการใช้พลังงานจาก ATP	- กระบวนการโซเดียมโพแทสเซียมปั๊มของเซลล์ประสาท
การเคลื่อนที่ของสารแบบไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์			
1. **เอกโซไซโทซิส**		- เป็นการเคลื่อนที่ของสารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ โดยสารเหล่านั้นจะบรรจุอยู่ในเวสิเคิล (Vesicle) จากนั้นเวสิเคิลจะค่อยๆ เคลื่อนเข้ามาเชื่อมรวมกับเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้สารที่บรรจุอยู่ในเวสิเคิลถูกปล่อยออกสู่นอกเซลล์	- การหลั่งเอนไซม์ของเซลล์ต่างๆ - การหลั่งเมือก - การหลั่งฮอร์โมน - การหลั่งสารสื่อประสาทของเซลล์ประสาท

กระบวนการ		วิธีการทำงาน	ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของสาร
2. เอนโดไซโทซิส			
2.1 ฟาโกไซโทซิส		- เซลล์จะยื่นส่วนของไซโทพลาซึมไปโอบล้อมสารที่มีโมเลกุลใหญ่มีสถานะเป็นของแข็ง และสร้างเวสิเคิลหุ้มสารนั้นแล้วนำเข้าสู่เซลล์	- การกินแบคทีเรียของเซลล์เม็ดเลือดขาวบางชนิด - การกินอาหารของอะมีบา
2.2 พิโนไซโทซิส		- เกิดการเว้าของเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อนำสารที่มีสถานะเป็นของเหลวเข้าสู่เซลล์ในรูปของเวสิเคิล	- การนำสารอาหารเข้าสู่เซลล์ไข่ของมนุษย์
2.3 การนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ		- เป็นการเคลื่อนที่ของสารเข้าสู่เซลล์ เกิดขึ้นโดยมีโปรตีนที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวรับ (สาร) ซึ่งสารที่เคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีนี้จะต้องมีความจำเพาะในการจับกับโปรตีนตัวรับ(Protein Receptor) ที่เยื่อหุ้มเซลล์จึงจะสามารถเข้าสู่เซลล์ได้	- การนำคอเลสเทอรอลเข้าสู่เซลล์

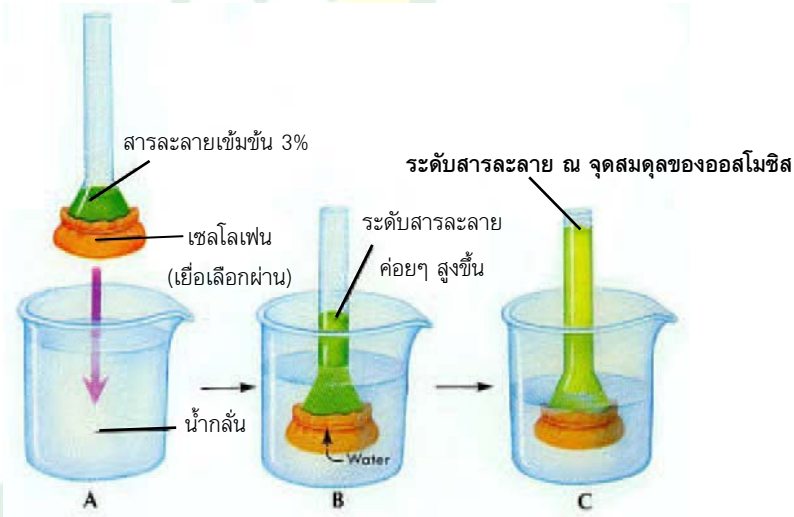
ไซโทพลาซึมของเซลล์มีสภาพเป็นสารละลายโดยมีน้ำเป็นตัวทำละลาย (Solvent) ส่วนไอออนและโมเลกุลของสารต่างๆ เช่น กลูโคส กรดอะมิโน เป็นตัวละลาย (Solute) ในขณะเดียวกันสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบๆ เซลล์ก็มีสภาพเป็นสารละลายเช่นเดียวกัน ดังนั้นโมเลกุลของน้ำและสารที่เป็นตัวละลายมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นมากไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อย

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

1. สารละลายไฮเพอร์โทนิก (Hypertonic Solution) หมายถึง สารละลายที่มีความเข้มข้นของตัวละลายมากกว่าความเข้มข้นของสารละลายบริเวณข้างเคียง

2. สารละลายไฮโพโทนิก (Hypotonic Solution) หมายถึง สารละลายที่มีความเข้มข้นของตัวละลายน้อยกว่าความเข้มข้นของสารละลายบริเวณข้างเคียง

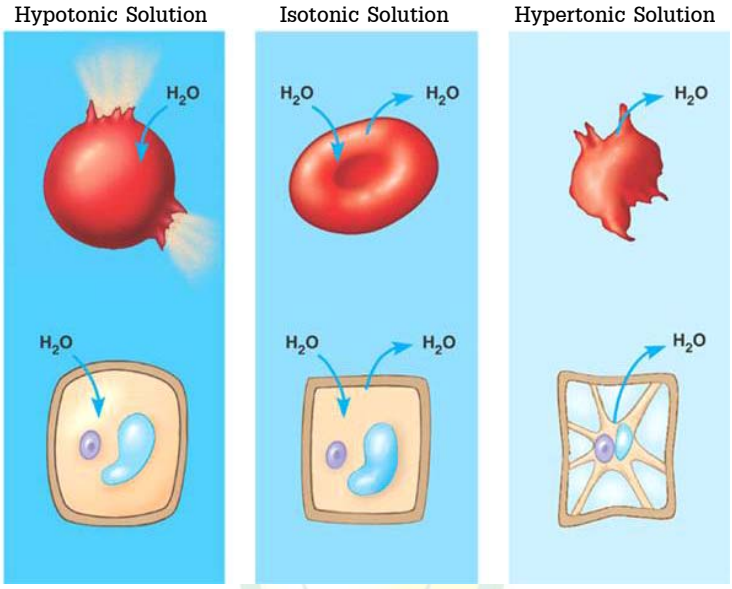
3. สารละลายไอโซโทนิก (Isotonic Solution) หมายถึง สารละลายที่มีความเข้มข้นของตัวละลายเท่ากับความเข้มข้นของสารละลายบริเวณข้างเคียง



ภาพออสโมมิเตอร์บรรจุสารละลายเข้มข้น 3% ที่แช่ในน้ำกลั่นแล้วเกิดการออสโมซิสของน้ำ

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

การเปลี่ยนแปลงของเซลล์สัตว์และเซลล์พืชเมื่ออยู่ในสารละลายแต่ละประเภท



ภาพการเปลี่ยนแปลงของเซลล์สัตว์และเซลล์พืชเมื่ออยู่ในสารละลายแต่ละประเภท

การรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต

กลไกการรักษาดุลยภาพ

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีการรักษาดุลยภาพของสภาวะและสารต่างๆ ภายในร่างกาย ดังนี้

1. การรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิ
2. การรักษาดุลยภาพของน้ำ
3. การรักษาดุลยภาพของกรด-เบส
4. การรักษาดุลยภาพของแร่ธาตุ

สาเหตุที่สิ่งมีชีวิตต้องมีกลไกการรักษาดุลยภาพของร่างกาย เพราะว่าสภาวะและสารต่างๆ ภายในร่างกายมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ซึ่งมีหน้าที่เร่งปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์และร่างกาย

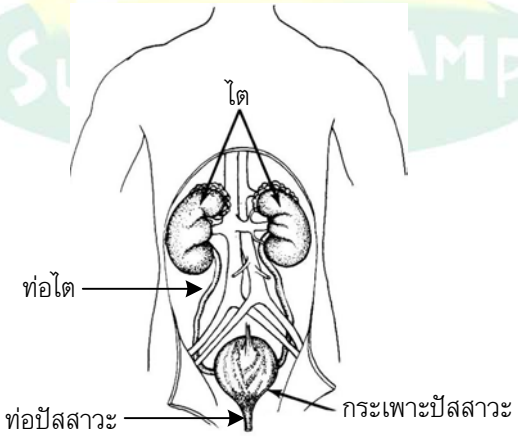
ในที่นี้จะนำเสนอตัวอย่างการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต ดังต่อไปนี้

1. การรักษาดุลยภาพของน้ำและสารต่างๆ ในร่างกายคน
2. การรักษาดุลยภาพของกรด-เบสในร่างกายคน
3. การรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ
4. การรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิร่างกายของสัตว์

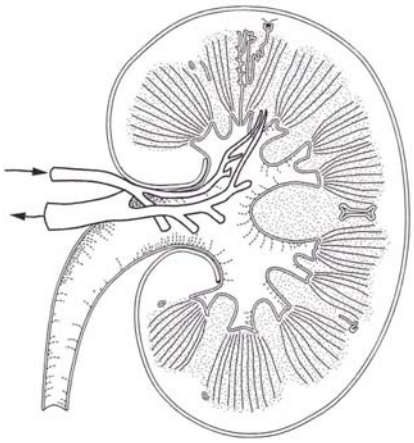
1. การรักษาดุลยภาพของน้ำและสารต่างๆ ในร่างกายคน

อวัยวะสำคัญในการรักษาดุลยภาพของน้ำและสารต่างๆ ในร่างกาย คือ ไต (Kidneys) ไตพบในสัตว์มีกระดูกสันหลัง

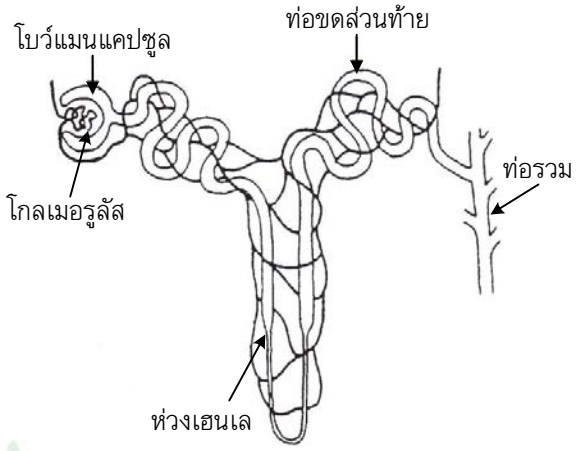
- ไตคนมีลักษณะคล้ายเมล็ดถั่วแดง 2 เมล็ด อยู่ในช่องท้องด้านหลังของลำตัว เมื่อผ่าไตตามยาวจะสังเกตเห็นเนื้อไต 2 ชั้น คือ ชั้นนอกและชั้นใน ซึ่งในเนื้อไตแต่ละข้างประกอบด้วยหน่วยไต (Nephron) ประมาณ 1 ล้านหน่วย ทำหน้าที่กำจัดของเสียในรูปของปัสสาวะ



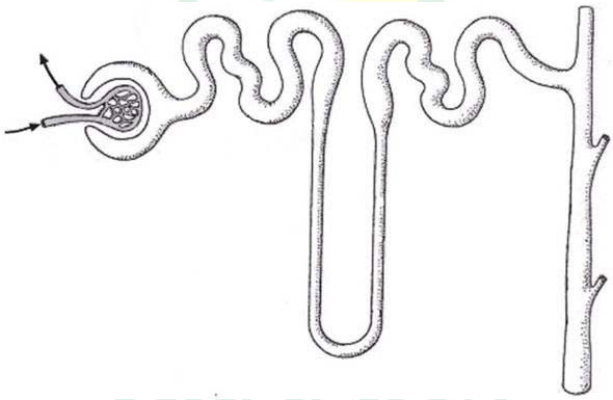
ภาพลักษณะและตำแหน่งของไตในร่างกายคน



ภาพภาคตัดตามยาว (Long Section) ของไต



ภาพโครงสร้างของหน่วยไต (เวอร์ชันมีหลอดเลือดฝอยล้อมรอบ)



ภาพโครงสร้างของหน่วยไต (เวอร์ชันไม่มีหลอดเลือดฝอยล้อมรอบ)

หน่วยไตแต่ละหน่วยประกอบด้วยโครงสร้างย่อย ดังนี้

1. **โบว์แมนส์ แคปซูล (Bowman's Capsule)** ลักษณะทรงกลมมีผนังบาง ห่อหุ้มกลุ่มหลอดเลือดฝอย (โกลเมอรูลัส)

2. **หลอดเลือดฝอย** มี 2 ส่วน ได้แก่
   - กลุ่มหลอดเลือดฝอยที่อยู่ใน Bowman's Capsule เรียกว่า โกลเมอรูลัส (Glomerulus)
   - หลอดเลือดฝอยที่พันอยู่ตามท่อของหน่วยไต

3. **ท่อหน่วยไต (Convoluted Tubule)** แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่
   - ท่อ (ขด) หน่วยไตส่วนต้น มีการดูดสารที่มีประโยชน์กลับเข้าสู่ร่างกายมากที่สุด เช่น กลูโคส กรดอะมิโน วิตามิน และน้ำ

- ท่อหน่วยไตส่วนกลาง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้อยกว่าท่อหน่วยไตส่วนต้นและส่วนท้าย ลักษณะคล้ายอักษรตัวยู (U) มีชื่อเรียกเฉพาะว่า เฮนเล ลูป (Loop of Henle) หรือห่วงเฮนเล เป็นอีกบริเวณหนึ่งที่มีการดูดน้ำกลับเข้าสู่ร่างกาย
- ท่อ (ขด) หน่วยไตส่วนท้าย เป็นบริเวณที่มีการดูดโซเดียมไอออน (Na^+) ภายใต้การควบคุมของฮอร์โมนแอลโดสเทอโรน (Aldosterone)

4. ท่อรวม (Collecting Duct) เป็นบริเวณที่มีการดูดน้ำกลับเข้าสู่ร่างกายภายใต้การควบคุมของฮอร์โมน ADH จากต่อมใต้สมอง และเป็นแหล่งรวมของเหลวที่เกิดจากการทำงานของหน่วยไต ซึ่งสุดท้ายแล้วจะกลายเป็นปัสสาวะก่อนที่จะส่งต่อไปยังกรวยไต

กลไกการผลิตปัสสาวะของหน่วยไต ประกอบด้วย 2 กระบวนการ ดังนี้

(1) การกรองสารที่โกลเมอรูลัส (Glomerulus Filtration)

ผนังของกลุ่มหลอดเลือดฝอย “โกลเมอรูลัส” มีคุณสมบัติพิเศษในการยอมให้สารโมเลกุลเล็กที่มีอยู่ในเลือด เช่น น้ำ แร่ธาตุ วิตามิน ยูเรีย กรดยูริก กลูโคส และกรดอะมิโนผ่าน ส่วนสารโมเลกุลใหญ่โดยปกติแล้วจะไม่สามารถผ่านไปได้ เช่น เม็ดเลือดแดง โปรตีนขนาดใหญ่ และไขมัน

การกรองสารบริเวณนี้จะอาศัยแรงดันเลือดเป็นสำคัญ โดยวันหนึ่งๆ จะมีการกรองสารได้ประมาณ 180 ลิตร (180 ลูกบาศก์เดซิเมตร)

(2) การดูดสารกลับเข้าสู่ร่างกาย (Reabsorption) บริเวณท่อหน่วยไต

การดูดสารกลับเข้าสู่กระแสเลือดเกิดขึ้นที่ท่อของหน่วยไตซึ่งมีหลอดเลือดฝอยพันล้อมรอบท่ออยู่ โดยใช้วิธีแอกทีฟทรานสปอร์ต (Active Transport) พาสซีฟทรานสปอร์ต (Passive Transport) และพิโนไซโทซิส (Pinocytosis) วันหนึ่งๆ ร่างกายจะมีการดูดสารกลับประมาณ 178.5 ลิตร (178.5 ลูกบาศก์เดซิเมตร)

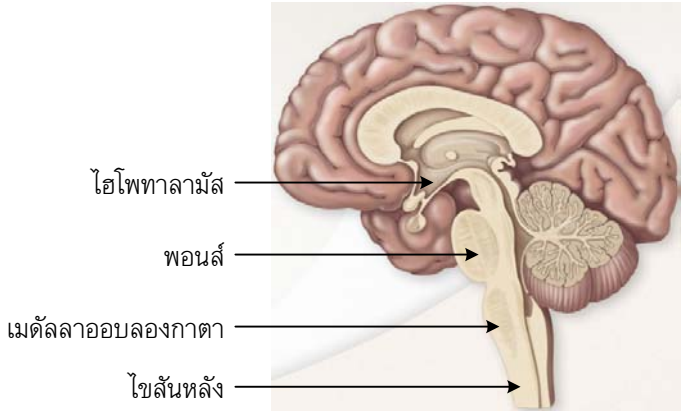
แอนติไดยูเรติกฮอร์โมน (Antidiuretic Hormone; ADH) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า วาโซเพรสซิน (Vasopressin) เป็นฮอร์โมนสำคัญที่ทำหน้าที่กระตุ้นการดูดน้ำกลับเข้าสู่ร่างกายบริเวณท่อรวมของหน่วยไต

2. การรักษาดุลยภาพของกรด-เบสในร่างกายคน

ถ้าร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบสมากๆ จะทำให้เอนไซม์ (Enzyme) ภายในเซลล์หรือร่างกายไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้นร่างกายจึงมีกลไกการรักษาดุลยภาพความเป็นกรด-เบสให้คงที่ ซึ่งมี 3 วิธี คือ

2.1 การเพิ่มหรือลดอัตราการหายใจ

ถ้า CO_2 ในเลือดมีปริมาณมาก เช่น หลังจากที่ออกกำลังกายอย่างหนักจะส่งผลให้ศูนย์ควบคุมการหายใจ ซึ่งคือ สมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา (Medulla Oblongata) ส่งกระแสประสาทไปควบคุมให้กล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครงทำงานมากขึ้น เพื่อจะได้หายใจออกถี่ขึ้น ทำให้ปริมาณ CO_2 ในเลือดลดลง และเมื่อ CO_2 ในเลือดมีปริมาณน้อยจะไปยับยั้ง Medulla Oblongata ซึ่งจะมีผลให้กล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครงทำงานน้อยลง



ภาพโครงสร้างสมองของคน

2.2 ระบบบัฟเฟอร์ (Buffer) คือ ระบบที่ทำให้เลือดมีค่า pH คงที่ แม้ว่าจะมีการเพิ่มของสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดหรือเบสก็ตาม

สารที่เป็นบัฟเฟอร์ในเลือด ได้แก่

1. ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดง
2. โปรตีน (Protein) ในพลาสมา เช่น อัลบูมิน โกลบูลิน

2.3 การควบคุมกรดและเบสของไต

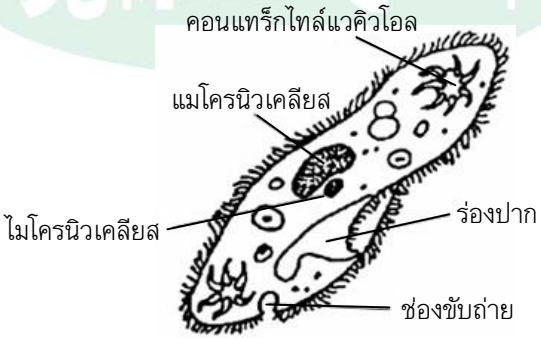
ไต (Kidneys) สามารถปรับระดับกรดหรือเบสออกทางปัสสาวะได้มาก ระบบนี้จึงมีการทำงานมาก สามารถแก้ไข pH ที่เปลี่ยนแปลงไปมากให้เข้าสู่ภาวะปกติ (สมดุล) ได้ แต่ใช้เวลานาน

3. การรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

การรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกายของสิ่งมีชีวิตเกี่ยวข้องกับแรงดันออสโมติก (Osmotic Pressure) โดยสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีกลไกการรักษาสมดุลของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย ดังนี้

3.1 โพรทิสต์ (Protist)

ใช้คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล (Contractile Vacuole) กำจัดน้ำส่วนเกินออกจากเซลล์



ภาพคอนแทร็กไทล์แวคิวโอลในพารามีเซียม

3.2 **ปลาน้ำจืด** (Osmotic Pressure ของของเหลวในร่างกายมากกว่าน้ำจืด)

กลไกการรักษาสมดุล คือ

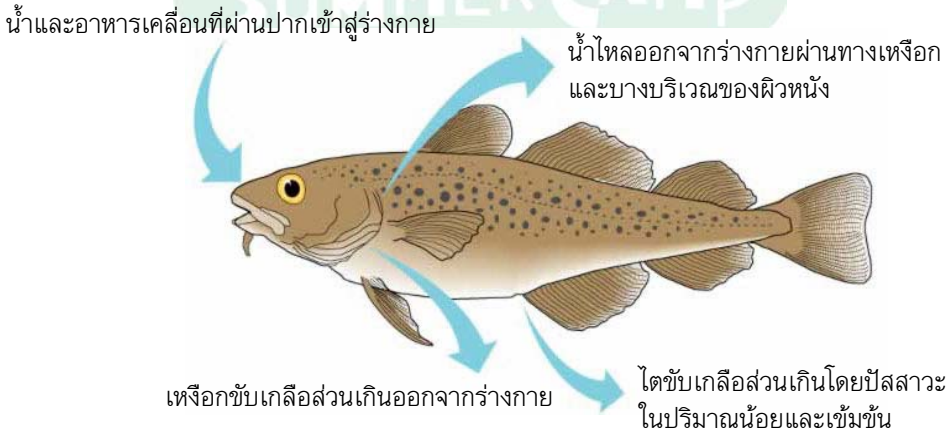
- มีผิวหนังและเกล็ดป้องกันน้ำซึมเข้า
- ขับปัสสาวะมากและปัสสาวะเจือจาง
- มีโครงสร้างพิเศษที่เหงือกทำหน้าที่ดูดแร่ธาตุกลับคืนสู่ร่างกาย

3.3 **ปลาน้ำเค็ม** (Osmotic Pressure ของของเหลวในร่างกายน้อยกว่าน้ำทะเล)

กลไกการรักษาสมดุล คือ

- มีผิวหนังและเกล็ดป้องกันน้ำซึมออก
- ขับปัสสาวะน้อยและปัสสาวะมีความเข้มข้นสูง
- มีเซลล์ซึ่งอยู่บริเวณเหงือกทำหน้าที่ขับแร่ธาตุส่วนเกินออกโดยวิธีแอกทีฟทรานสปอร์ต (Active Transport)
- ขับแร่ธาตุส่วนเกินออกทางทวารหนัก

ภาพกลไกการรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุในปลาน้ำจืด



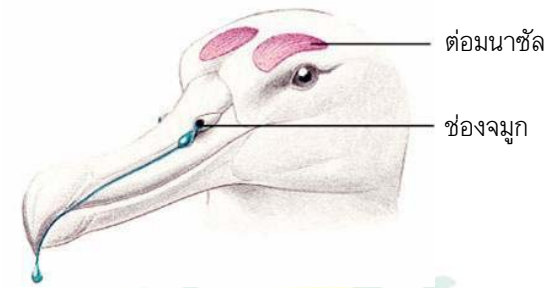
ภาพกลไกการรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุในปลาน้ำเค็ม

3.4 สัตว์ทะเลชนิดอื่นๆ (Osmotic Pressure ของของเหลวในร่างกาย**ใกล้เคียงกับ**น้ำทะเล จึงไม่ต้องมีกลไกในการปรับสมดุลเหมือนปลาทะเล)

3.5 นกทะเล

กลไกการรักษาสมดุล คือ

- มีต่อมนาซัล (Nasal Gland) หรือต่อมเกลือ (Salt Gland) ขับเกลือส่วนเกินออกจากร่างกาย



ภาพต่อมนาซัลของนกทะเล

4. การรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิร่างกายของสัตว์

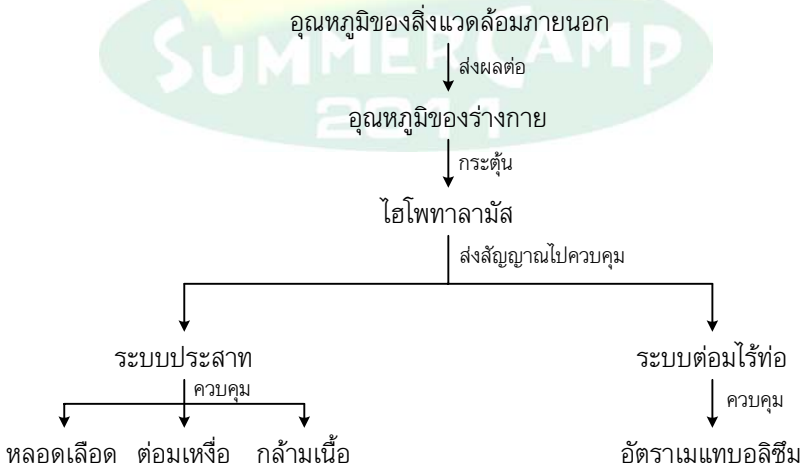
สัตว์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของร่างกาย ดังนี้

1. สัตว์เลือดเย็น หมายถึง สัตว์ที่มีอุณหภูมิร่างกาย**ไม่คงที่** เพราะจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอก ตัวอย่างเช่น ไส้เดือนดิน หอย แมลง ปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และสัตว์เลื้อยคลาน

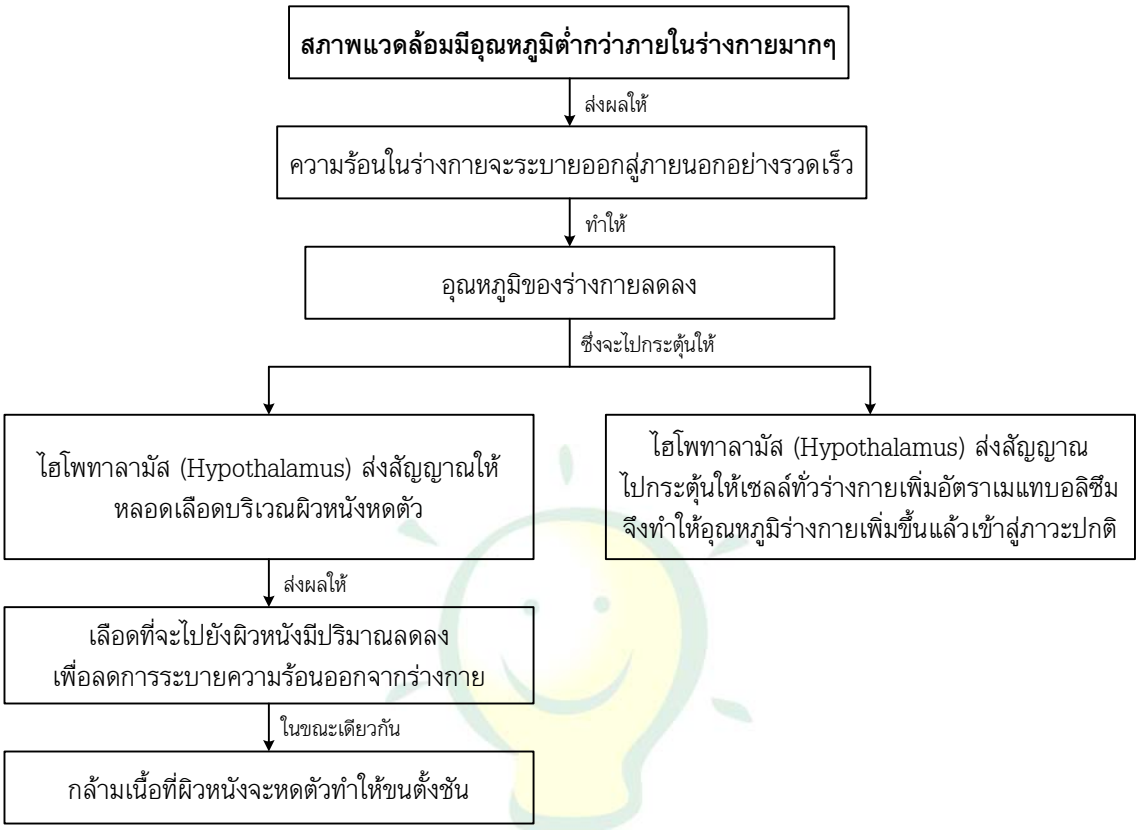
2. สัตว์เลือดอุ่น หมายถึง สัตว์ที่มีกลไกรักษาอุณหภูมิร่างกายให้**คงที่** ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

กลไกการรักษาอุณหภูมิร่างกายของสัตว์เลือดอุ่น

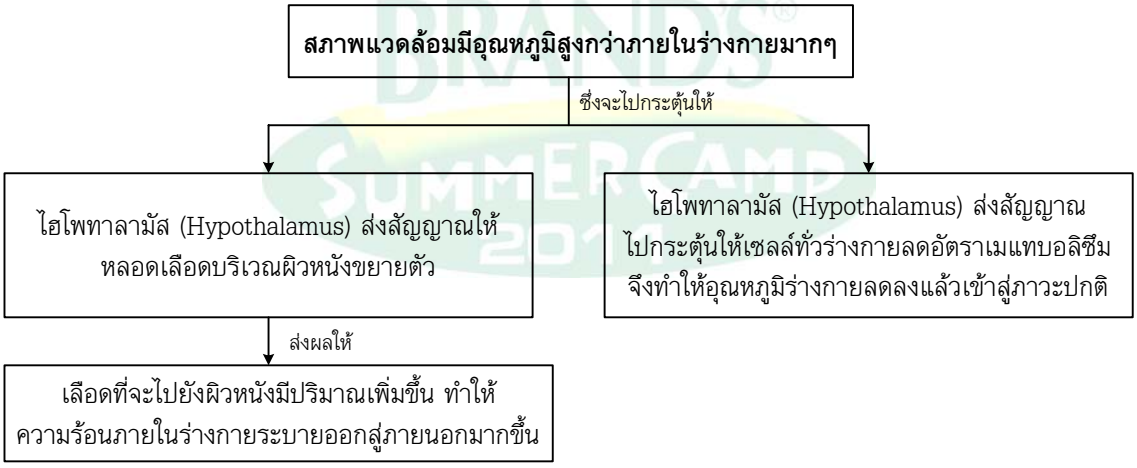
ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย คือ สมองส่วนไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) ซึ่งจะส่งสัญญาณไปตามระบบประสาทและระบบต่อมไร้ท่อ ดังนี้



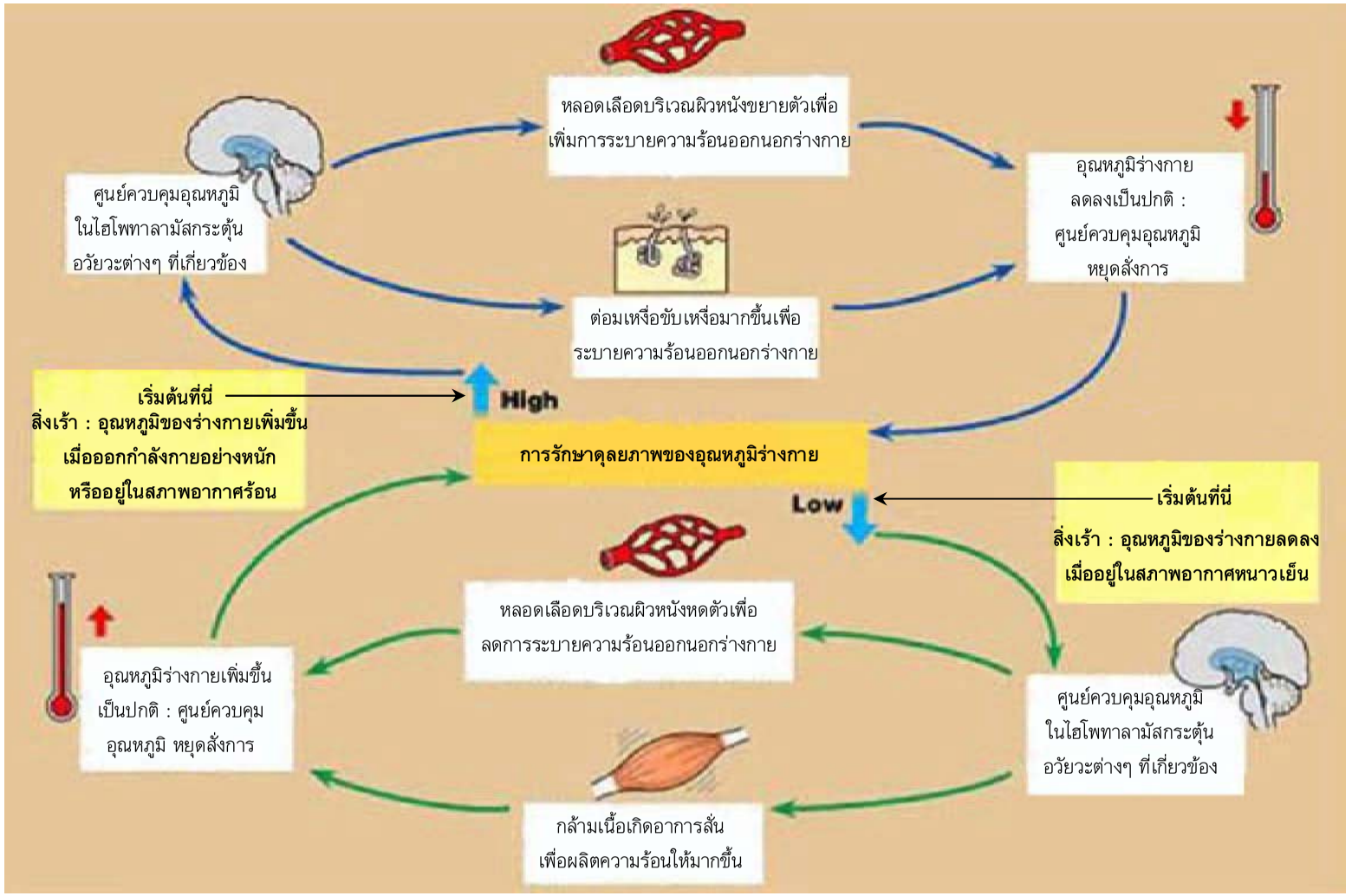
แผนผังผลของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีต่อการทำงานของไฮโพทาลามัส



แผนผังกลไกการรักษาดุลยภาพอุณหภูมิในร่างกายคน เมื่อสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายในร่างกาย



แผนผังกลไกการรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิในร่างกายคน เมื่อสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงกว่าภายในร่างกาย



ภาพกลไกการรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิร่างกายของสัตว์เลือดอุ่น

ภูมิคุ้มกันร่างกาย

ภูมิคุ้มกัน (Immunity) คือ ความสามารถของร่างกายในการต่อต้านและกำจัดจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ที่เข้าสู่ร่างกาย

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) ของร่างกาย และจัดเป็นภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (Specific Immunity)

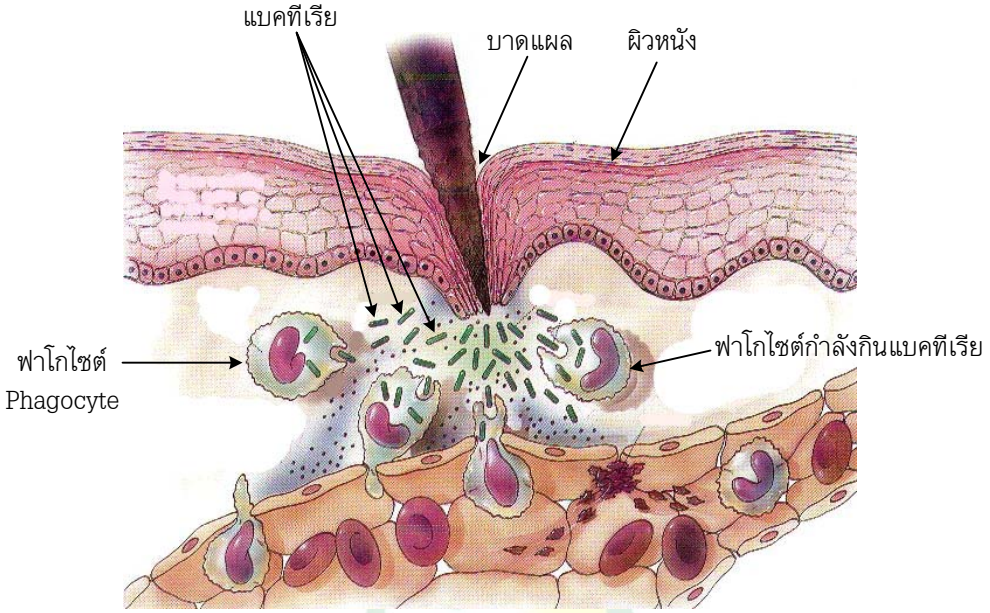
1. ภูมิคุ้มกันที่มีมาแต่กำเนิด (Innate Immunity)

1.1 ระบบปกคลุมร่างกาย (ผิวหนัง)

- ต่อมผลิตน้ำมันและต่อมเหงื่อจะหลั่งสารช่วยทำให้ผิวหนังมีค่า pH 3-5 ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หลายชนิดได้
- เหงื่อ น้ำตา และน้ำลายมีไลโซไซม์ (Lysozyme) ซึ่งสามารถทำลายแบคทีเรียบางชนิดได้
- ผิวหนังเป็นแหล่งที่อยู่ของแบคทีเรียและเชื้อราที่ไม่ก่อให้เกิดโรค ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเข้าไปในร่างกายได้ง่าย
- ผนังด้านในของอวัยวะทางเดินอาหาร อวัยวะหายใจ และอวัยวะขับถ่าย (ปัสสาวะ) ประกอบด้วยเซลล์ที่สามารถสร้างเมือก (Mucus) เพื่อดักจับจุลินทรีย์ได้ รวมถึงกรดไฮโดรคลอริกในกระเพาะอาหารก็สามารถทำลายแบคทีเรียบางชนิดได้

1.2 ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (Nonspecific Immunity)

- เม็ดเลือดขาว 3 ชนิด ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ มีดังนี้
  1. นิวโทรฟิล (Neutrophil)
  2. แมโครฟาจ (Macrophage)
  3. Natural Killer Cell (NK Cell)
- การอักเสบ เกิดโดยการหลั่งสารฮิสตามีน (Histamine) ซึ่งจะทำให้เลือดไหลไปยังบริเวณที่อักเสบมากขึ้น รวมทั้งหลอดเลือดฝอยบริเวณดังกล่าวจะยอมให้สารต่างๆ ผ่านเข้าออกได้มากขึ้น
- การเป็นไข้ (Fever) จะไปกระตุ้นการทำงานของเม็ดเลือดขาวกลุ่มฟาโกไซต์ (Phagocyte) เพื่อไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นั้นๆ
- อินเทอร์เฟอรอน (Interferon) จะป้องกันการติดเชื้อจากไวรัสโดยการทำลาย RNA ของไวรัสชนิดนั้นๆ



ภาพการกินแบคทีเรียของเซลล์เม็ดเลือดขาวกลุ่มฟาโกไซต์

2. ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นหลังกำเนิด (Acquired Immunity)

ภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (Specific Immunity)

- เป็นการทำงานของเม็ดเลือดขาวกลุ่มลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) โดยการสร้างแอนติบอดี (Antibody) ซึ่งเป็นสารประเภทโปรตีนขึ้นมาต่อต้านเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอม (Antigen) ที่เข้าสู่ร่างกาย

- เม็ดเลือดขาวกลุ่มลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) มีตัวรับอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งสามารถจดจำชนิดของแอนติเจนได้และทำให้เกิดภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ

- อวัยวะที่ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะประกอบด้วย อวัยวะน้ำเหลืองปฐมภูมิ และอวัยวะน้ำเหลืองทุติยภูมิ

อวัยวะน้ำเหลืองปฐมภูมิ ทำหน้าที่สร้างเซลล์เม็ดเลือดขาว ได้แก่

- ไขกระดูก (Bone Marrow)
- ต่อมไทมัส (Thymus)

อวัยวะน้ำเหลืองทุติยภูมิ ทำหน้าที่กรองแอนติเจน (จุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย) ได้แก่

- ม้าม (Spleen)
- ต่อมน้ำเหลือง (Lymph Node)
- เนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเมือก (Mucosal-Associated Lymphoid Tissue ; MALT) ได้แก่ ต่อมทอนซิล ไส้ติ่ง และกลุ่มเซลล์ฟอลลิเคิลในชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ด้านใต้ของชั้นเนื้อเยื่อสร้างเมือก

คู่หู...Duo : 3 คู่ชู้ชื่น เรื่องภูมิคุ้มกัน

คู่ที่ 1 Vaccine และ Serum

วัคซีน (Vaccine) คือ เชื้อโรคที่ถูกทำให้อ่อนกำลังหรือตายลง สารสกัดจากเชื้อโรครวมทั้งสารพิษ ซึ่งหมดสภาพความเป็นพิษแล้วที่ฉีดเข้าไปในร่างกายของคนหรือสัตว์ เพื่อกระตุ้นให้ร่างกายสร้างแอนติบอดี (Antibody) ขึ้นมาต่อต้าน

เซรุ่ม (Serum) คือ น้ำเลือดของสัตว์ที่มีแอนติบอดีเป็นองค์ประกอบ ซึ่งฉีดเข้าไปในร่างกายเพื่อให้มีภูมิคุ้มกันทันที โดยจะใช้สำหรับรักษาโรคบางชนิดที่อาการรุนแรงเฉียบพลัน

คู่ที่ 2 Antigen และ Antibody

แอนติเจน (Antigen) คือ สารหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่หรือเกิดขึ้นในร่างกาย แล้วไปกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน เช่น ละอองเรณูดอกไม้ แบคทีเรีย ไวรัส เซลล์มะเร็ง แม้แต่วัคซีนที่ฉีดเข้าไปในร่างกายก็ถือว่าเป็นแอนติเจน...นะจ๊ะ

แอนติบอดี (Antibody) คือ โปรตีนที่เม็ดเลือดขาวสร้างขึ้น ทำหน้าที่ต่อต้านและทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย

คู่ที่ 3 Active Immunity และ Passive Immunity

ภูมิคุ้มกันก่อเอง (Active Immunity) คือ ภูมิคุ้มกันที่เกิดจากร่างกายเราสร้างแอนติบอดีขึ้นมาเอง ซึ่งอาจเกิดจากการฉีดวัคซีนเข้าไปกระตุ้น หรือการได้รับเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคนั้นๆ มาจากผู้ป่วยท่านอื่น

ภูมิคุ้มกันรับมา (Passive Immunity) คือ ภูมิคุ้มกันที่เกิดจากร่างกายรับแอนติบอดีจากภายนอกเข้ามา เช่น การฉีดเซรุ่ม ซึ่งมีแอนติบอดีรักษาโรคนั้นๆ เข้าสู่ร่างกาย

ภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามแหล่งที่มาของแอนติบอดี ได้แก่

1. ภูมิคุ้มกันก่อเอง หมายถึง ภูมิคุ้มกันที่เกิดจาก**ร่างกายสร้างแอนติบอดี (Antibody) ขึ้นมาเอง** โดยเป็นภูมิคุ้มกันระยะยาว ซึ่งถูกกระตุ้นจากปัจจัยต่อไปนี้

- การฉีดวัคซีนป้องกันโรคต่างๆ
- การฉีกทอกซอยด์ (Toxoid) ป้องกันโรคบางชนิด
- การคลุกคลีหรือใกล้ชิดกับบุคคลที่เป็นโรคนั้นๆ

ประเภทของวัคซีน

วัคซีนแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามวัตถุดิบ ดังนี้

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

2. ภูมิคุ้มกันรับมา หมายถึง ภูมิคุ้มกันที่เกิดจาก**ร่างกายรับแอนติบอดี (Antibody) จากภายนอกเข้ามา** เพื่อต่อต้านเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกายได้ทันที และเป็นภูมิคุ้มกันในระยะสั้น ตัวอย่างภูมิคุ้มกันรับมา เช่น

- การฉีดเซรุ่มเพื่อรักษาโรคบางชนิด เช่น เซรุ่มป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า
- การดื่มน้ำนมแม่ของทารก
- การได้รับภูมิคุ้มกันจากแม่ของทารกที่อยู่ในครรภ์

ระบบน้ำเหลือง (Lymphatic System)

หน้าที่ของระบบน้ำเหลือง

1. นำของเหลวที่อยู่ระหว่างเซลล์กลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด
2. ดูดซึมสารอาหารประเภทไขมันบริเวณลำไส้เล็ก
3. เป็นส่วนหนึ่งของระบบภูมิคุ้มกันร่างกาย

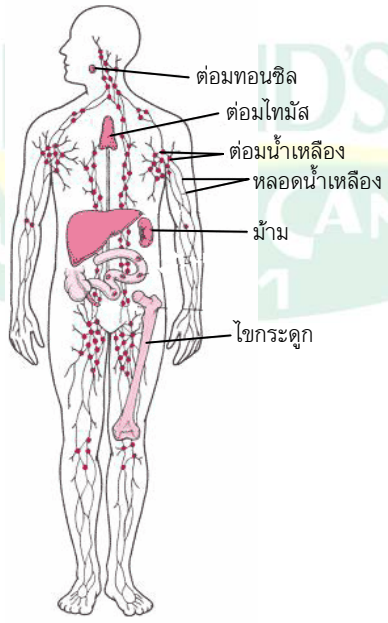
ส่วนประกอบของระบบน้ำเหลือง ได้แก่

1. น้ำเหลือง
2. หลอดน้ำเหลือง
3. อวัยวะน้ำเหลือง แบ่งออกเป็น 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**ไม่มี**เม็ดเลือดแดงและเกล็ดเลือด

ทิศทางของน้ำเหลือง

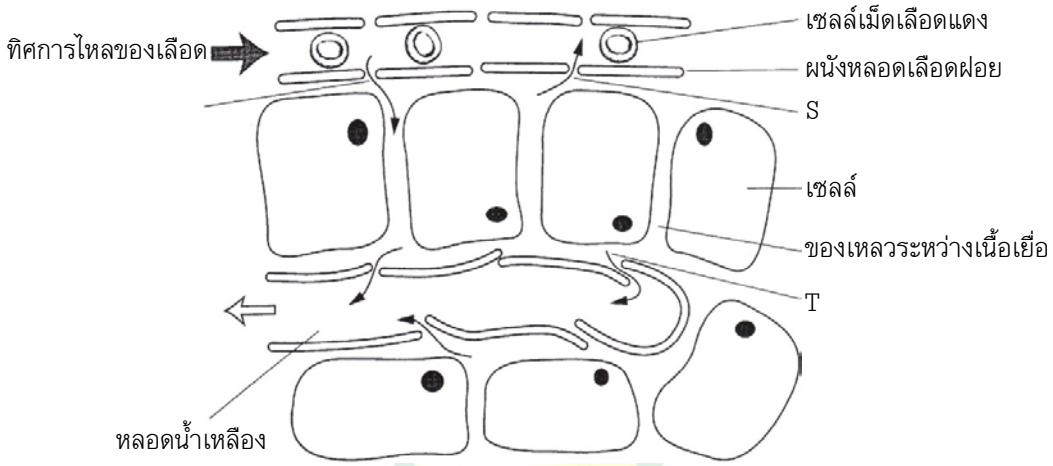
น้ำเหลืองจะเข้าสู่หัวใจห้องบนขวาร่วมกับเลือดเสียจากส่วนต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งการไหลเวียนของน้ำเหลืองภายในหลอดน้ำเหลืองจะอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อที่อยู่รอบๆ โดยภายในหลอดน้ำเหลืองจะมีลิ้นกั้นเพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำเหลืองให้ไปในทิศทางเดียวกัน



ภาพระบบน้ำเหลืองของมนุษย์

2. หลอดน้ำเหลือง (Lymphatic Vessels)

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



ภาพโครงสร้างหลอดน้ำเหลืองและทิศทางการไหลของน้ำเหลือง

3. อวัยวะน้ำเหลือง (Lymphoid Organs) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1 อวัยวะน้ำเหลืองปฐมภูมิ ได้แก่ ไขกระดูก และต่อมไทมัส

1. ไขกระดูก (Bone Marrow) เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ในโพรงกระดูก ทำหน้าที่สร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวและเม็ดเลือดแดง รวมทั้งเกล็ดเลือดด้วย

2. ต่อมไทมัส (Thymus) เป็นอวัยวะน้ำเหลืองที่เป็นต่อมไร้ท่อ (สร้างฮอร์โมนได้) อยู่ตรงทรวงอกรอบหลอดเลือดเอออร์ตา (Aorta)

ต่อมไทมัสมีหน้าที่ดังนี้

- สร้างและพัฒนาเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) : ลิมโฟไซต์ที่ไทมัสไม่สามารถต่อสู้กับเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกายได้ แต่เมื่อโตเต็มที่จะเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อไปยังอวัยวะน้ำเหลืองอื่นๆ และสามารถต่อสู้กับเชื้อโรคได้

3.2 อวัยวะน้ำเหลืองทุติยภูมิ ได้แก่ ม้าม ต่อมน้ำเหลือง และต่อมทอนซิล

1. ม้าม (Spleen) เป็นอวัยวะน้ำเหลืองที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีลักษณะนุ่ม สีม่วง อยู่ในช่องท้องด้านซ้ายใต้กะบังลมติดกับด้านหลังของกระเพาะอาหาร ภายในม้ามมีแมโครฟาจ (Macrophage) และเม็ดเลือดแดงอยู่เป็นจำนวนมาก

ม้ามมีหน้าที่ดังนี้

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

2. ต่อมน้ำเหลือง (Lymph Node) มีลักษณะค่อนข้างกลม มีหลากหลายขนาด กระจายตัวอยู่ภายในหลอดน้ำเหลืองทั่วร่างกาย พบมากตามบริเวณคอ รักแร้ และขาหนีบ เป็นต้น ซึ่งภายในต่อมน้ำเหลืองจะพบเซลล์เม็ดเลือดขาวอยู่รวมกันเป็นกระจุก มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ

ต่อมน้ำเหลืองมีหน้าที่ดังนี้

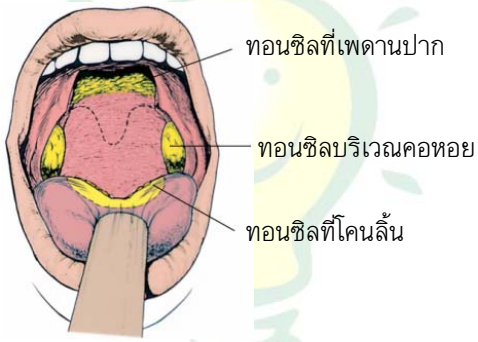
- กรองเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมออกจาก**น้ำเหลือง**
- ทำลายแบคทีเรียและไวรัส

3. ต่อมทอนซิล (Tonsils) มีหน้าที่ปกป้องไม่ให้เชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่หลอดอาหารและกล่องเสียง ซึ่งมีอยู่ 3 บริเวณ ดังนี้

3.1 ต่อมทอนซิลบริเวณเพดานปาก

3.2 ต่อมทอนซิลบริเวณคอหอย

3.3 ต่อมทอนซิลบริเวณลิ้น



ภาพต่อมทอนซิล

การแบ่งเซลล์

ความรู้และคำศัพท์พื้นฐานที่ควรรู้ก่อนเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์

1. เซลล์ในร่างกายของเราแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้
   1.1 เซลล์ร่างกาย (Somatic Cell) 1.2 เซลล์สืบพันธุ์ (Sex Cell)
2. โครโมโซมในเซลล์แต่ละประเภท แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้
   2.1 โครโมโซมร่างกาย หรือออโตโซม (Autosome) 2.2 โครโมโซมเพศ (Sex Chromosome)
3. เซลล์ที่มีโครโมโซม 2 ชุด เรียกว่า ดิพลอยด์เซลล์ (Diploid Cell)
4. เซลล์ที่มีโครโมโซม 1 ชุด เรียกว่า แฮพลอยด์เซลล์ (Haploid Cell)
5. เซลล์เริ่มต้นในการแบ่งเซลล์ เรียกว่า เซลล์แม่
6. เซลล์ใหม่ที่เกิดจากการแบ่งเซลล์ เรียกว่า เซลล์ลูก
7. การแบ่งเซลล์ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ตามลำดับ ดังนี้
   7.1 การแบ่งนิวเคลียส (Karyokinesis) 7.2 การแบ่งไซโทพลาซึม (Cytokinesis)
8. คำศัพท์ที่ควรรู้
   8.1 โครมาทิน (Chromatin) 8.2 เซนโทรเมียร์ (Centromere)
   8.3 โครมาทิด (Chromatid) 8.4 โครโมโซม (Chromosome)
   8.5 โฮโมโลกัสโครโมโซม (Homologous Chromosome)

วัฏจักรของเซลล์ (Cell Cycle)

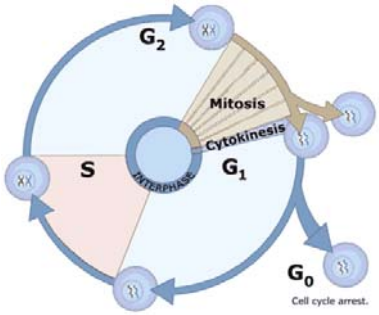
วัฏจักรของเซลล์ คือ วงจรการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์รุ่นใหม่ขึ้นมาทดแทนเซลล์รุ่นเก่าที่หมดอายุขัยหรือเสียหายไป ซึ่งพบในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเท่านั้น

วัฏจักรของเซลล์ประกอบด้วย 3 ระยะใหญ่ ได้แก่

1. ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase) มี 3 ระยะย่อยตามลำดับ ดังนี้
   1.1 G_1 1.2 S 1.3 G_2

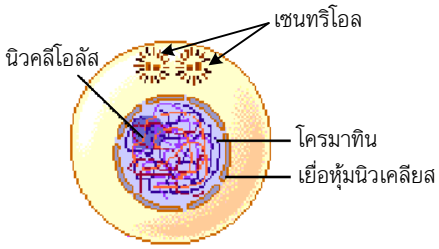
2. ระยะไมโทซิส (Mitosis) มี 4 ระยะย่อยตามลำดับ ดังนี้
   2.1 โพรเฟส (Prophase) 2.2 เมทาเฟส (Metaphase)
   2.3 แอนาเฟส (Anaphase) 2.4 เทโลเฟส (Telophase)

3. ระยะแบ่งไซโทพลาซึม (Cytokinesis)



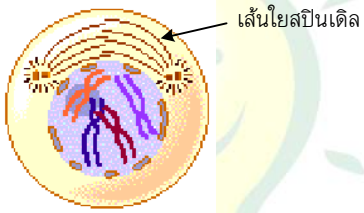
ภาพวัฏจักรของเซลล์

วัฏจักรของเซลล์สัตว์ (การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์สัตว์)



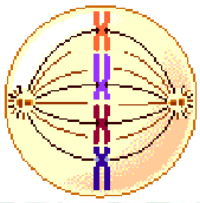
ระยะอินเตอร์เฟส

- โครมาทิน (แต่ละหน่วย) จำลองตัวเองขึ้นมาอีก 1 Copy ทำให้โครมาทินแต่ละหน่วยประกอบด้วย 2 โครมาทิด
- เซนทริโอล (ในเซลล์สัตว์) จำลองตัวเองขึ้นมาอีก 1 คู่



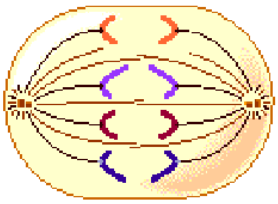
โพรเฟส

- โครมาทินขดสั้น อัดแน่น เห็นเป็นแท่งชัดเจน เรียกว่า โครโมโซม
- เยื่อหุ้มนิวเคลียส และนิวคลีโอลัสสลายไป ไม่ปรากฏให้เห็น
- เซนทริโอลเคลื่อนที่ออกจากกันเพื่อไปยังขั้วเซลล์ และมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล



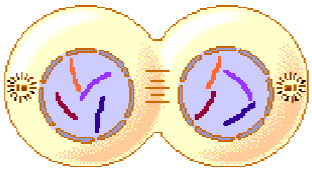
เมทาเฟส

- โครโมโซมแต่ละแท่งมาเรียงตัวในแนวกึ่งกลางเซลล์ โดยมีเส้นใยสปินเดิลยึดจับตรงตำแหน่งเซนโทรเมียร์ของโครโมโซม



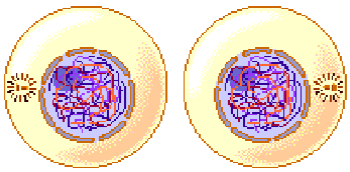
แอนาเฟส

- โครมาทิดของโครโมโซมแต่ละแท่งถูกเส้นใยสปินเดิลดึงให้แยกออกจากกันเพื่อไปยังขั้วเซลล์



เทโลเฟส

- เยื่อหุ้มเซลล์ (สัตว์) จะคอดเข้าหากัน
- เยื่อหุ้มนิวเคลียสปรากฏให้เห็น



ระยะแบ่งไซโทพลาซึม (Cytokinesis)

- การแบ่งเซลล์เสร็จสมบูรณ์ โดยเกิด 2 เซลล์ลูก ต่อ 1 เซลล์แม่ และจำนวนโครโมโซมในเซลล์ลูกเท่ากับเซลล์แม่ ซึ่งโครโมโซมจะคลายตัวกลายเป็นเส้นใยโครมาทินดังเดิม

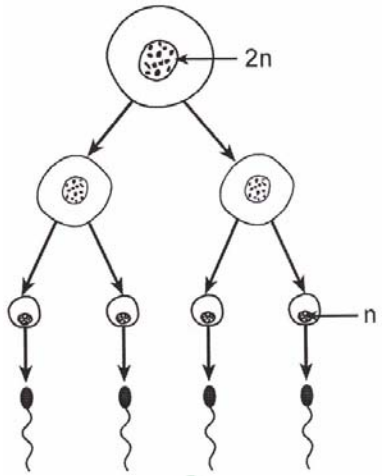
การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis)

การแบ่งแบบไมโอซิสมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนโครโมโซมและปริมาณดีเอ็นเอ (DNA) ของเซลล์ใหม่ที่จะเกิดขึ้นให้เหลือเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนโครโมโซมและปริมาณดีเอ็นเอในเซลล์เริ่มต้น ในสัตว์จะพบการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสที่อัณฑะและรังไข่ ส่วนในพืชดอกจะพบการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสที่อับเรณูและรังไข่

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสมีการแบ่งนิวเคลียส 2 ครั้งต่อเนื่องกัน คือ ไมโอซิส I และ ไมโอซิส II

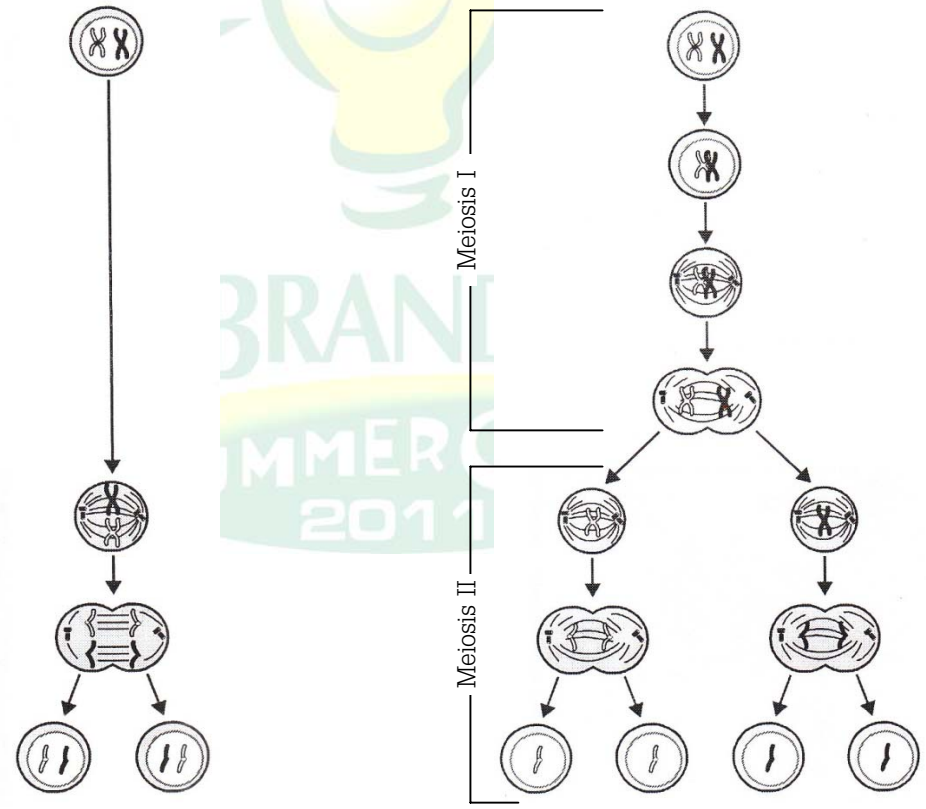
ไมโอซิส I เป็นขั้นตอนของการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรม (ยีน) ระหว่างโฮโมโลกัสโครโมโซม (Homologous Chromosome) และในระยะท้ายสุดของไมโอซิส I จะได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ ต่อ 1 เซลล์แม่ ซึ่งจำนวนโครโมโซมและปริมาณดีเอ็นเอในเซลล์ลูกจะลดลงเหลือเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์แม่

ไมโอซิส II เป็นขั้นตอนต่อเนื่องจากไมโอซิส I โดยเซลล์ลูกที่เกิดขึ้นในระยะไมโอซิส I จะเข้าสู่การแบ่งนิวเคลียสครั้งที่ 2 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสและโครโมโซมในระยะนี้จะคล้ายคลึงกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส แต่ต่างกันตรงที่โครโมโซมในแต่ละเซลล์จะไม่มีคู่เหมือน (Homologous) อยู่ และเมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์ในระยะไมโอซิส II จะได้เซลล์ลูกทั้งหมด 4 เซลล์ที่มีข้อมูลทางพันธุกรรมแตกต่างกัน



ภาพการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างสเปิร์ม

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) **การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส** (Meiosis)



ภาพเปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

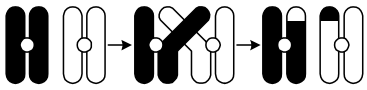
ความรู้พื้นฐานสำคัญที่ควรรู้เกี่ยวการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

1. ไมโทซิสจะเกิดขึ้นเมื่อร่างกายต้องการซ่อมแซมเนื้อเยื่อส่วนที่สึกหรอจากการเกิดบาดแผลต่างๆ หรือจากการสิ้นอายุขัยของเซลล์

2. อวัยวะสำคัญที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสอยู่เสมอ ได้แก่ ผิวหนัง กระเพาะอาหาร ไขกระดูก

ความรู้พื้นฐานสำคัญที่ควรรู้เกี่ยวการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

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

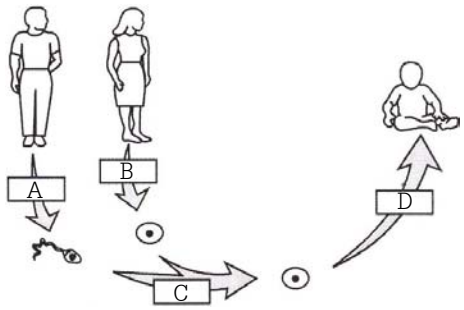


ภาพการเกิดครอสซิงโอเวอร์ของโฮโมโลกัสโครโมโซมและผลที่เกิดขึ้น

2. ครอสซิงโอเวอร์เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมของเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งจะนำไปสู่ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

ตารางเปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

ลักษณะเปรียบเทียบ	ไมโทซิส	ไมโอซิส
1. วัตถุประสงค์ของการแบ่ง	เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์	เพื่อลดจำนวนโครโมโซม
2. จำนวนครั้งในการแบ่งนิวเคลียส	1 ครั้ง	2 ครั้ง
3. จำนวนเซลล์ลูกที่ได้ต่อ 1 เซลล์แม่	2 เซลล์	4 เซลล์
4. จำนวนโครโมโซมในนิวเคลียสของเซลล์ลูก	เท่าเซลล์แม่	เป็น $\frac{1}{2}$ ของเซลล์แม่
5. ปริมาณดีเอ็นเอ (สารพันธุกรรม)	เท่าเซลล์แม่	เป็น $\frac{1}{2}$ ของเซลล์แม่
6. ข้อมูลทางพันธุกรรมของเซลล์ลูก	เหมือนกับเซลล์แม่ทุกประการ	แตกต่างจากเซลล์แม่
7. ตัวอย่างแหล่งที่พบ	ผิวหนัง, กระเพาะอาหาร, ไขกระดูก, บริเวณเนื้อเยื่อเจริญของพืช (ปลายยอด ปลายราก)	อัณฑะ, รังไข่ของคน, อับเรณูและรังไข่ของพืชดอก



ภาพวงจรชีวิตของมนุษย์

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ความรู้พื้นฐานในการเรียนเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1. เซลล์ที่เป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตจำพวกยูคาริโอตสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามหน้าที่ดังนี้

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

2. เซลล์สืบพันธุ์ (Sex Cells) หมายถึง เซลล์ที่จะเกิดการปฏิสนธิในกระบวนการสืบพันธุ์ เช่น อสุจิ (Sperm) ไข่ (Egg Cell) เป็นต้น ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นๆ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า มีโครโมโซมเท่ากับ n (1 ชุดโครโมโซม)

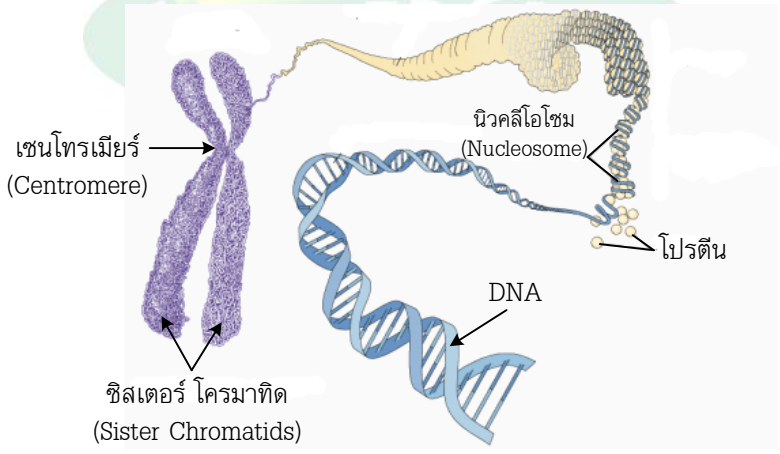
2. โครโมโซม

2.1 รูปร่าง ลักษณะ และจำนวนโครโมโซม

- โครโมโซมของเซลล์ที่ยังไม่มีการแบ่งเซลล์ จะมีลักษณะเป็นเส้นเล็กยาวขดพันกันอยู่ภายในนิวเคลียส เรียกว่า โครมาทิน (Chromatin)
- โครโมโซมของเซลล์ที่กำลังแบ่งตัว จะมีลักษณะขดสั้น อัดแน่น เห็นเป็นแท่งชัดเจน
- สิ่งมีชีวิตที่มีโครโมโซม 2 ชุด เรียกว่า ดิพลอยด์ (Diploid) เช่น คน โดยโครโมโซมชุดหนึ่งได้รับมาจากพ่อ อีกชุดหนึ่งได้รับมาจากแม่ ซึ่งเมื่อมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครโมโซมที่เป็นคู่เหมือน (Homologous Chromosome) จะมาเข้าคู่กัน เกิดการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมซึ่งกันและกัน แล้วแยกออกจากกันไปยังเซลล์ลูกที่ถูกสร้างขึ้น เมื่อเสร็จสิ้นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสโครโมโซมในเซลล์ลูกจะเหลือเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์แม่ เรียกว่า แฮพลอยด์ (Haploid)

2.2 ส่วนประกอบของโครโมโซม

โครโมโซม หมายถึง โครงสร้างที่อยู่ภายในนิวเคลียสประกอบด้วย DNA และโปรตีน



ภาพโครงสร้างของโครโมโซม

➢ โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตจำพวกยูคาริโอต (สิ่งมีชีวิตที่เซลล์มีนิวเคลียส) โครโมโซมจะประกอบด้วย DNA 1 ใน 3 และอีก 2 ใน 3 เป็นโปรตีน ซึ่งประกอบด้วยฮิสโตนโปรตีน (Histone Protein) และนอนฮิสโตนโปรตีน (Non-Histone Protein)

➢ นิวคลีโอโซม (Nucleosome) คือ โครงสร้างของโครโมโซมที่มีลักษณะคล้ายเม็ดลูกปัด ประกอบด้วยโปรตีนฮิสโตน 8 โมเลกุล พันรอบด้วยสายเกลียวของ DNA ยาวประมาณ 150 คู่เบส

➢ โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตจำพวกโพรคาริโอต (แบคทีเรีย) มีจำนวนโครโมโซมชุดเดียว และมีเพียงโครโมโซมเดียวเป็นรูปวงแหวน ลอยอยู่ในไซโทพลาซึม ประกอบด้วย DNA 1 โมเลกุล และไม่มีฮิสโตนเป็นองค์ประกอบ

➢ จีโนม (Genome) หมายถึง สารพันธุกรรมทั้งหมดของโครโมโซม 1 ชุด ของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งๆ

2.3 โครโมโซมที่อยู่ในเซลล์แต่ละประเภท แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามบทบาทหน้าที่ ดังนี้

1. โครโมโซมร่างกาย หรือออโตโซม (Autosome) เป็นโครโมโซมที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมลักษณะทั่วไปของร่างกายซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับเพศ

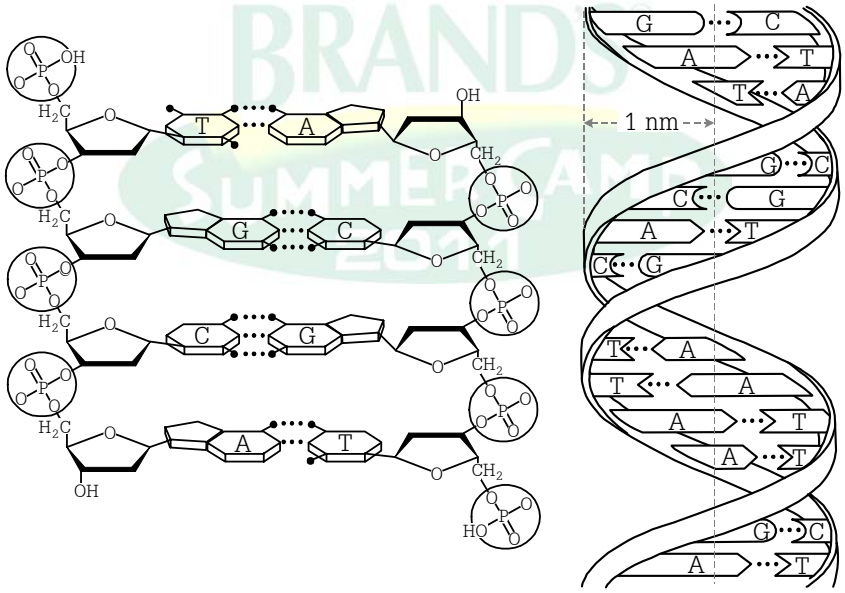
2. โครโมโซมเพศ (Sex Chromosome) เป็นโครโมโซมที่กำหนดเพศ และเกี่ยวข้องกับการควบคุมลักษณะที่เกี่ยวเนื่องกับเพศ

มนุษย์มีโครโมโซมทั้งหมด 46 แท่ง (2n = 46) หรือ 23 คู่ โดย 44 แท่งแรก (22 คู่แรก) เป็นออโตโซม และ 2 แท่งสุดท้าย (คู่สุดท้าย) เป็นโครโมโซมเพศ เพศชายและเพศหญิงมีจำนวนโครโมโซมเท่ากันแต่ไม่เหมือนกัน ดังนี้

เพศชายมีโครโมโซม 46 แท่ง เป็นแบบ 44 + XY หรือ 46, XY

เพศหญิงมีโครโมโซม 46 แท่ง เป็นแบบ 44 + XX หรือ 46, XX

3. องค์ประกอบทางเคมีของ DNA



ภาพโครงสร้างของ DNA

จากภาพพอลินิวคลีโอไทด์ของ DNA มีข้อมูลที่ควรรู้ ดังนี้

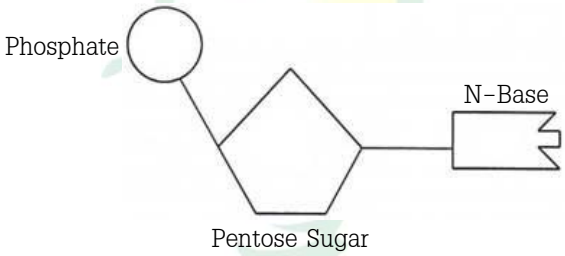
➢ การเชื่อมต่อกันของนิวคลีโอไทด์แต่ละโมเลกุลใน DNA เกิดจากการสร้างพันธะโคเวเลนซ์ระหว่างหมู่ฟอสเฟตของนิวคลีโอไทด์หนึ่งกับหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของโมเลกุลน้ำตาลในอีกนิวคลีโอไทด์หนึ่ง

➢ การเรียกตำแหน่งปลายของพอลินิวคลีโอไทด์แต่ละสายของ DNA มีรายละเอียด ดังนี้

- เรียกปลายด้านที่มีหมู่ฟอสเฟตซึ่งเกาะอยู่กับน้ำตาลดีออกซีไรโบสตรงคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ว่า ปลาย 5′ (5 ไพร์ม)
- เรียกปลายด้านที่มีหมู่ไฮดรอกซิลตรงคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลดีออกซีไรโบสว่า ปลาย 3′ (3 ไพร์ม)

DNA ทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต และบางส่วนของ DNA แต่ละโมเลกุลทำหน้าที่เป็นยีน (Gene) คือ สามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้

DNA เป็นกรดนิวคลีอิกชนิดหนึ่ง มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ (Polymer) สายยาวประกอบด้วยมอนอเมอร์ (Monomer) ที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ ซึ่งแต่ละนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอ ประกอบด้วยสาร 3 ชนิด ดังต่อไปนี้



ภาพองค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์

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(**G**uanine) และอะดีนีน (**A**denine)
   2.2 เบสไพริมิดีน (Pyrimidine) มี 2 ชนิด คือ ไซโทซีน (**C**ytosine) และไทมีน (**T**hymine)
3. **หมู่ฟอสเฟต (PO_4^{3-})**

รู้ไว้...Hiso

Hiso 1 : กรดนิวคลีอิก (Nucleic Acid) มี 2 ชนิด ได้แก่

1. RNA (**R**ibo**N**ucleic **A**cid)
2. DNA (**D**eoxyribo**N**ucleic **A**cid)

Hiso 2 : หน่วยย่อย (Monomer) ของกรดนิวคลีอิก คือ นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide)

Hiso 3 : ตารางเปรียบเทียบองค์ประกอบของ RNA Nucleotide และ DNA Nucleotide

ชนิดของนิวคลีโอไทด์ / องค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์	RNA Nucleotide	DNA Nucleotide	หมายเหตุ
1. หมู่ฟอสเฟต	PO_4^{3-}	PO_4^{3-}	เหมือนกัน
2. ไนโตรจีนัสเบส	**A, U, C, G**	**A, T, C, G**	ต่างกัน
3. น้ำตาลคาร์บอน 5 อะตอม (เพนโทส)	Ribose sugar ($C_5H_{10}O_5$)	**Deoxy**ribose sugar ($C_5H_{10}O_4$)	ต่างชนิดกัน

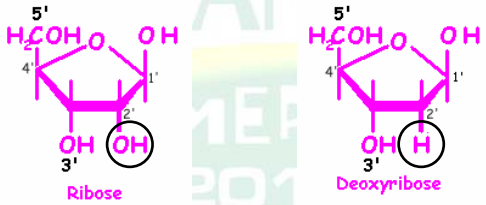
Hiso 4 : ไนโตรจีนัสเบสที่เป็นองค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์ 1 โมเลกุล มีเพียง 1 ชนิดเท่านั้น หมายความว่า **1 นิวคลีโอไทด์ : 1 ไนโตรจีนัสเบส**

Hiso 5 : เบสทั้ง 4 ชนิดที่พบในสายเกลียวคู่ DNA จะอยู่กันเป็นคู่ๆ โดยมีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวกันไว้ ดังนี้

A คู่ T ยึดกันด้วย 2 พันธะไฮโดรเจน

C คู่ G ยึดกันด้วย 3 พันธะไฮโดรเจน

Hiso 6 : น้ำตาลไรโบสที่พบใน RNA และน้ำตาลดีออกซีไรโบสที่พบใน DNA เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม **แต่**ต่างกันที่โครงสร้าง ดังภาพด้านล่างจ๊า...



Hiso 7 : ถ้าเปรียบสายเกลียวคู่ของ DNA เป็นบันไดเวียน จะได้ว่า

คู่เบส (Complementary Basepair) = ขั้นบันได

หมู่ฟอสเฟตและน้ำตาล = ราวบันได

Hiso 8 : ลำดับของเบสบนสาย DNA จะเป็นตัวกำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ดังนั้น ลักษณะที่แตกต่างกันของสิ่งมีชีวิตเกิดจากลำดับหรือการเรียงตัวของเบสบนสาย DNA ต่างกันนั่นเอง

คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1. เซลล์สืบพันธุ์ (Gamete) หมายถึง อสุจิ (Sperm) เซลล์ไข่ (Egg Cell) และรวมถึงโครงสร้างอื่นๆ ที่ทำหน้าที่เช่นเดียวกันซึ่งจะพบในพืช

2. ยีน (Gene) หมายถึง หน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตซึ่งอยู่เป็นคู่ และจะถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูก โดยในทางพันธุศาสตร์ได้มีการกำหนดสัญลักษณ์แทนยีนไว้หลายแบบ แต่ที่นิยมใช้ คือ อักษรภาษาอังกฤษชนิดตัวพิมพ์ เช่น อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ แทน ยีนเด่น และตัวพิมพ์เล็ก แทน ยีนด้อย

3. แอลลีล (Allele) หมายถึง รูปแบบของยีนแต่ละยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม เช่น

ยีนเอ เป็นยีนควบคุมลักษณะผิวของคน ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ A และ a (กล่าวได้ว่ายีนเอมี 2 แอลลีล) โดยแอลลีล A ควบคุมผิวปกติ และแอลลีล a ควบคุมผิวเผือก

ยีนไอ เป็นยีนควบคุมหมู่เลือดระบบ ABO ซึ่งมีอยู่ 3 แบบ คือ I^A, I^B และ i (กล่าวได้ว่ายีนไอมี 3 แอลลีล)

4. โฮโมไซกัสยีน (Homozygous Gene) หมายถึง คู่ของยีนที่เหมือนกันอยู่ในตำแหน่งเดียวกันบนโฮโมโลกัสโครโมโซมเพื่อควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต เช่น TT, tt, I^AI^A เป็นต้น โฮโมไซกัสยีน เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า พันธุ์แท้

โฮโมไซกัสยีน แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

4.1 โฮโมไซกัส โดมิแนนท์ (Homozygous Dominance) หมายถึง คู่ของยีนเด่นที่เหมือนกันอยู่ด้วยกัน หรือเรียกว่า เป็นพันธุ์แท้ของลักษณะเด่น เช่น AA, TT เป็นต้น

4.2 โฮโมไซกัส รีเซสซีฟ (Homozygous Recessive) หมายถึง คู่ของยีนด้อยที่เหมือนกันอยู่ด้วยกัน หรือเรียกว่า เป็นพันธุ์แท้ของลักษณะด้อย เช่น aa, tt เป็นต้น

5. เฮเทอโรไซกัสยีน (Heterozygous Gene) หมายถึง คู่ของยีนที่ต่างกันอยู่ในตำแหน่งเดียวกันบนโฮโมโลกัสโครโมโซมเพื่อควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต เช่น Tt, Rr, I^Ai เป็นต้น เฮเทอโรไซกัสยีน เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า พันธุ์ทาง

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

7. ลักษณะด้อย (Recessive Trait) หมายถึง ลักษณะที่ถูกข่มเมื่ออยู่ในรูปของเฮเทอโรไซกัส แต่จะแสดงออกเมื่ออยู่ในรูปของโฮโมไซกัส รีเซสซีฟ (Homozygous Recessive)

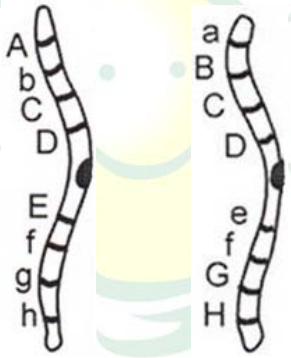
8. ฟีโนไทป์ (Phenotype) หมายถึง ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัส (ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง) เช่น สีของดอกถั่ว สีผิวของคน จำนวนชั้นของหนังตา ลักษณะของเส้นผม หมู่เลือด กลิ่นของดอกกุหลาบ รสขมของบอระเพ็ด เป็นต้น

9. จีโนไทป์ (Genotype) หมายถึง รูปแบบของคู่ยีน (คู่แอลลีล) หรือกลุ่มยีนที่ควบคุมฟีโนไทป์ต่างๆ เช่น จีโนไทป์ที่ควบคุมการมีติ่งหูของมนุษย์มีได้ 3 แบบ ได้แก่ EE, Ee, และ ee

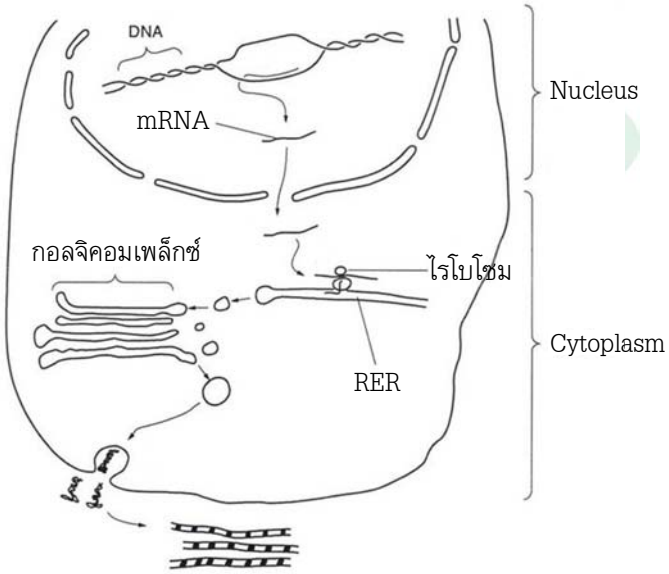
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3
ฟีโนไทป์			
จีโนไทป์	EE	Ee	ee

ยีน (Gene)

ยีน คือ ส่วนของโมเลกุลดีเอ็นเอ (DNA) ทำหน้าที่เป็นหน่วยควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต เนื่องจาก DNA เป็นส่วนประกอบของโครโมโซม ดังนั้นยีนจึงมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะเป็นจำนวนคู่ และมีคู่เหมือน (Homologous) ดังนั้นยีนจึงอยู่กันเป็นคู่ๆ บนโครโมโซมที่เป็นคู่เหมือน (Homologous Chromosome) ดังภาพ

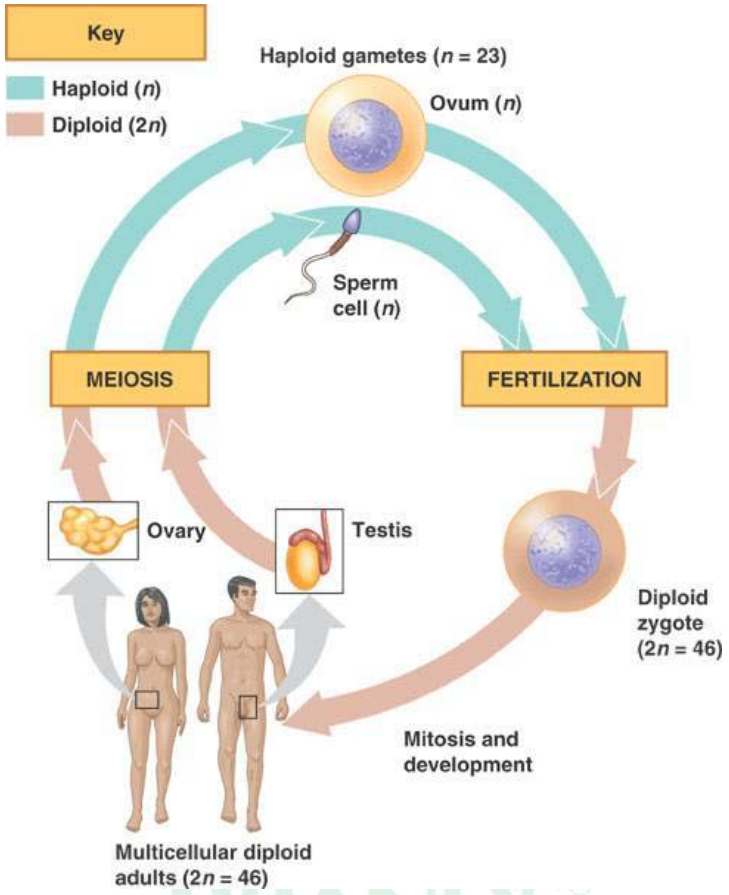


ภาพตำแหน่งคู่ยีนที่อยู่บนโฮโมโลกัสโครโมโซม (Homologous Chromosome)

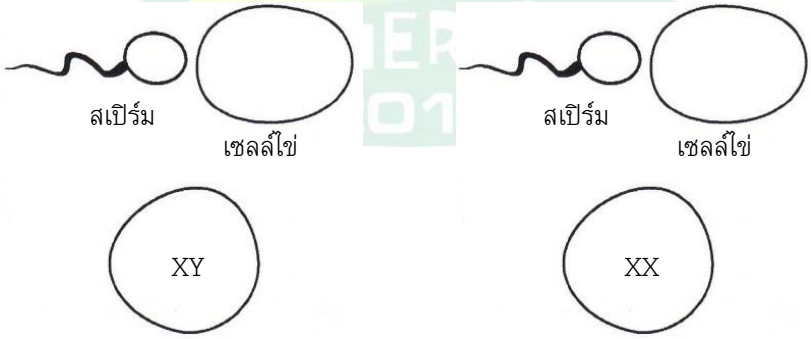


ภาพการทำงานของยีน

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม



ภาพวงจรชีวิตของมนุษย์



เซลล์ไข่ที่ผ่านการปฏิสนธิ **เซลล์ไข่ที่ผ่านการปฏิสนธิ**

เพศ ..... **เพศ** .....

ภาพการถ่ายทอดโครโมโซม X และโครโมโซม Y ของมนุษย์

กฎของเมนเดล

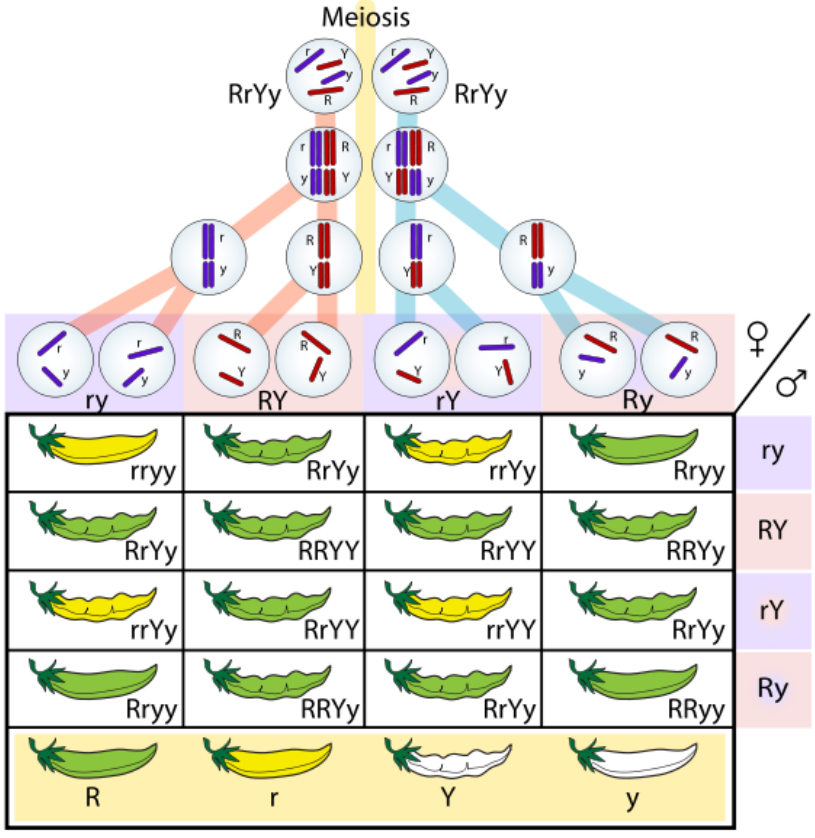
เมนเดลทำการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของถั่วลันเตา จนสามารถสรุปเป็นกฎ (Law) ที่ใช้อธิบายกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้ 2 ข้อ ดังนี้

กฎข้อที่ 1 กฎแห่งการแยกตัว (Law of Segregation) สรุปได้จากการผสมโดยพิจารณา 1 ลักษณะ

กฎแห่งการแยกตัว มีใจความสำคัญสรุปได้ดังนี้ ยีนที่อยู่กันเป็นคู่จะแยกออกจากกันในระหว่างกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (เกิดขึ้นในระยะแอนาเฟส I ของไมโอซิส) จึงทำให้เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์มียีนควบคุมลักษณะนั้นๆ เพียง 1 แอลลีล

กฎข้อที่ 2 กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระของยีน (Law of Independent Assortment) สรุปได้จากการผสมโดยพิจารณา 2 ลักษณะ

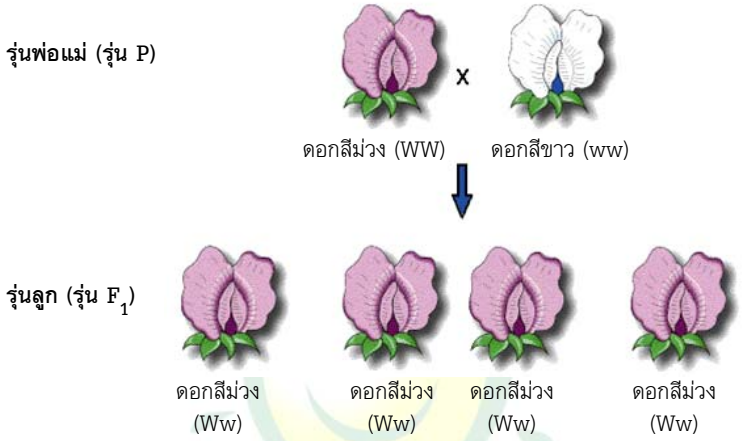
กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระของยีน มีใจความสำคัญสรุปได้ดังนี้ ยีนที่แยกออกจากคู่ของมันจะไปรวมกลุ่มอย่างอิสระกับยีนอื่นๆ ที่แยกออกจากคู่เช่นเดียวกัน เพื่อเข้าไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์



ภาพประกอบการอธิบายกฎข้อที่ 1 และ 2 ของเมนเดล

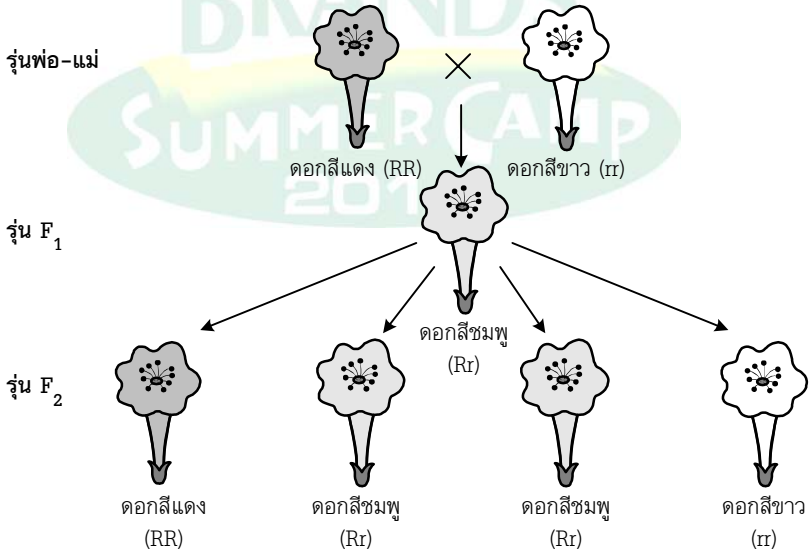
ระดับการแสดงลักษณะเด่น

1. ลักษณะเด่นสมบูรณ์ (Complete Dominance) หมายถึง การแสดงออกของลักษณะเด่นที่เกิดจากการที่ยีนเด่นสามารถข่มการแสดงออกของยีนด้อยได้ 100% ทำให้จีโนไทป์ที่เป็นโฮโมไซกัสยีนของลักษณะเด่น (Homozygous Dominance) และเฮเทอโรไซกัสยีน มีการแสดงออกของฟีโนไทป์ที่เหมือนกัน เช่น WW และ Ww ควบคุมดอกสีม่วงของถั่วลันเตาเหมือนกัน เป็นต้น



ภาพการถ่ายทอดลักษณะเด่นแบบสมบูรณ์

2. ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ (Incomplete Dominance) หมายถึง การแสดงออกของลักษณะเด่นเป็นไปไม่เต็ม 100% ทั้งนี้เกิดจากการทำงานของยีนเด่นร่วมกับยีนด้อย เพราะยีนเด่นไม่สามารถข่มการแสดงออกของยีนด้อยได้ 100% จึงทำให้จีโนไทป์ที่เป็นเฮเทอโรไซกัสมีลักษณะค่อนไปทางโฮโมไซกัสของลักษณะเด่น เช่น ดอกลิ้นมังกรสีชมพู ที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างดอกลิ้นมังกรสีแดงและดอกลิ้นมังกรสีขาว เป็นต้น



ภาพการถ่ายทอดลักษณะเด่นแบบไม่สมบูรณ์

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

มัลติเปิลแอลลีล (Multiple Allele)

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 ดังนี้

แอลลีล I^A ควบคุมการสร้างแอนติเจน A

แอลลีล I^B ควบคุมการสร้างแอนติเจน B

แอลลีล i ควบคุมไม่ให้มีการสร้างแอนติเจนทั้ง 2 ชนิด

แอลลีล i เป็นแอลลีลด้อย ส่วนแอลลีล I^A และ I^B เป็นแอลลีลเด่น ซึ่งแอลลีลเด่นทั้ง 2 แบบ สามารถข่มแอลลีล i ไม่ให้แสดงออกได้ แต่ไม่สามารถข่มซึ่งกันและกันได้ และจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่า ยีนที่ควบคุมการแสดงออกของหมู่เลือดระบบ ABO จะอยู่กันเป็นคู่ ซึ่งรูปแบบของคู่ยีน (จีโนไทป์) มีทั้งหมด ดังนี้

จีโนไทป์	ผลที่เกิดขึ้นกับเซลล์เม็ดเลือดแดง	ชนิดหมู่เลือด (ฟีโนไทป์)
1. I^AI^A	มีการสร้างแอนติเจน A ที่ผิวเม็ดเลือดแดง	หมู่เลือด A
2. I^Ai	มีการสร้างแอนติเจน A ที่ผิวเม็ดเลือดแดง	หมู่เลือด A
3. I^BI^B	มีการสร้างแอนติเจน B ที่ผิวเม็ดเลือดแดง	หมู่เลือด B
4. I^Bi	มีการสร้างแอนติเจน B ที่ผิวเม็ดเลือดแดง	หมู่เลือด B
5. I^AI^B	มีการสร้างทั้งแอนติเจน A และ แอนติเจน B ที่ผิวเม็ดเลือดแดง	หมู่เลือด AB
6. ii	ไม่มีการสร้างแอนติเจนที่ผิวเม็ดเลือดแดง	หมู่เลือด O

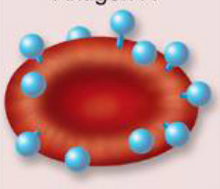
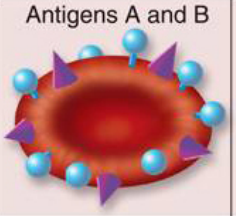
จากตารางจะเห็นว่า ชนิดหมู่เลือดจะตรงกับชนิดของแอนติเจนที่ถูกสร้างขึ้นที่ผิวเม็ดเลือดแดง กล่าวคือ บุคคลที่มีหมู่เลือด A จะมีแอนติเจน A ที่ผิวเม็ดเลือดแดง บุคคลที่มีหมู่เลือด AB จะมีทั้งแอนติเจน A และแอนติเจน B ที่ผิวเม็ดเลือดแดง ส่วนบุคคลที่มีหมู่เลือด O ไม่มีแอนติเจนที่ผิวเม็ดเลือดแดง

จากการศึกษาพบว่าในพลาสมา (น้ำเลือด) มีแอนติบอดี (Antibody) ที่จำเพาะต่อหมู่เลือด ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ แอนติบอดี A และแอนติบอดี B โดยชนิดของแอนติบอดีในพลาสมาของบุคคลใดบุคคลหนึ่งจะตรงข้ามกับชนิดของแอนติเจนที่ผิวเม็ดเลือดแดง เช่น บุคคลที่มีหมู่เลือด A จะมีแอนติเจน A ที่ผิวเม็ดเลือดแดง และมีแอนติบอดี B ในพลาสมา ส่วนบุคคลที่มีหมู่เลือด O ไม่มีแอนติเจนที่ผิวเม็ดเลือดแดง แต่มีแอนติบอดี A และแอนติบอดี B ในพลาสมา

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมู่เลือด แอนติเจนที่ผิวเม็ดเลือดแดง และแอนติบอดีในพลาสมาของหมู่เลือดระบบ ABO

หมู่เลือด	แอนติเจนที่ผิวเม็ดเลือดแดง	แอนติบอดีในพลาสมา
A	A	B
B	B	A
AB	A และ B	ไม่มี
O	ไม่มี	A และ B

ตารางชนิดของแอนติเจนและแอนติบอดีของแต่ละหมู่เลือดในระบบ ABO

	Antigen A	Antigen B	Antigens A and B	Neither antigen A nor B
Erythrocytes (เม็ดเลือดแดง)				
Plasma (น้ำเลือด)	Anti-B antibodies	Anti-A antibodies	Neither anti-A nor anti-B antibodies	Both anti-A and anti-B antibodies
Blood type (หมู่เลือด)	A	B	AB	O

การให้เลือด

บุคคลที่เกี่ยวข้องกับการให้เลือด คือ ผู้ให้ (เลือด) และผู้รับ (เลือด) ซึ่งในการให้เลือด ผู้ที่มีความเสี่ยงต่อชีวิต คือ ผู้รับ เพราะถ้าเลือดของผู้รับไม่สามารถเข้ากับเลือดของผู้ให้ได้จะทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงของผู้รับจับตัวกันเป็นกลุ่มแล้วตกตะกอนอุดตันหลอดเลือด ซึ่งจะนำไปสู่การเสียชีวิตได้ในที่สุด ดังนั้นผู้ให้และผู้รับควรมีเลือดหมู่เดียวกันจึงจะปลอดภัยที่สุด

หลักการสำคัญในการให้และรับเลือดอย่างปลอดภัย คือ แอนติเจน (Antigen) ของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดี (Antibody) ของผู้รับ

ตารางแสดงหมู่เลือดของผู้ให้และผู้รับที่สามารถให้และรับเลือดกันได้ โดยไม่เกิดอันตราย

หมู่เลือดของผู้ให้	หมู่เลือดของผู้รับ			
	A	B	AB	O
A	✓	×	✓	×
B	×	✓	✓	×
AB	×	×	✓	×
O	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ :
✓ หมายถึง ให้และรับเลือดกันได้
× หมายถึง ให้และรับเลือดกันไม่ได้

พอลิยีน (Polygene)

พอลิยีน คือ กลุ่มของยีนหรือยีนหลายๆ คู่ ที่อยู่บนโครโมโซมคู่เดียวกัน หรือต่างคู่กัน (ก็ได้) ทำหน้าที่ร่วมกันในการควบคุมลักษณะพันธุกรรมหนึ่งๆ ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน เช่น ลักษณะสีผิวของคน ความสูง สติปัญญา โดยการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมด้วย

ตัวอย่างพอลิยีน มีดังนี้

- การถ่ายทอดลักษณะสีของเมล็ดข้าวสาลี แบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้
  1. กรณีถูกควบคุมโดยยีน 2 ตำแหน่ง
     A, B ควบคุมเมล็ดสีแดง (Red)
     a, b ควบคุมเมล็ดสีขาว (White)
  2. กรณีที่ถูกควบคุมโดยยีน 3 ตำแหน่ง
     A, B, C ควบคุมเมล็ดสีแดง (Red)
     a, b, c ควบคุมเมล็ดสีขาว (White)
- การถ่ายทอดลักษณะสีตาของคน

ประเภทของลักษณะทางพันธุกรรม

การแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันต่อเนื่อง (Continuous Variation Trait) คือ ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีปริมาณลดหลั่นกันและไม่สามารถบอกความแตกต่างออกเป็นกลุ่มๆ ได้อย่างชัดเจน ถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ และสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของยีน เช่น ความสูง สติปัญญา สีผิว เป็นต้น

ลักษณะเหล่านี้สามารถตรวจวัดเชิงปริมาณได้ จึงเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า ลักษณะเชิงปริมาณ (Quantitative Trait)

2. ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Variation Trait) คือ ลักษณะทางพันธุกรรมที่สามารถบอกความแตกต่างเป็นกลุ่มๆ ได้อย่างชัดเจน ถูกควบคุมโดยยีน 1 คู่ (1 ตำแหน่ง) สิ่งแวดล้อมไม่มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของยีน เช่น หมู่เลือด ลักษณะห่อลิ้นได้และห่อลิ้นไม่ได้ ลักษณะผิวเผือกและผิวปกติ เป็นต้น

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมโดยยีนด้อยบนออโตโซม (Autosome) และโครโมโซมเพศ (Sex Chromosome)

ตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมโดยยีนด้อยบนออโตโซม

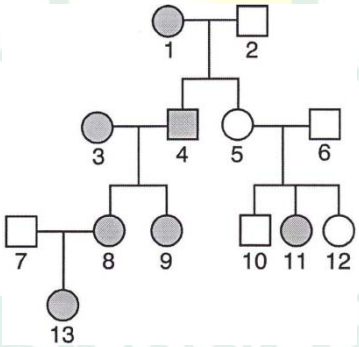
1. อาการผิวเผือก (Albino)
2. โรคทาลัสซีเมีย (Thalassemia)
3. โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ (Sickle Cell Anemia)

ตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซม X

1. โรคฮีโมฟิเลีย (Hemophilia)
2. โรคตาบอดสี (Color Blindness)
3. โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ ชนิดดูเชนน์ (Duchenne Muscular Dystrophy)
4. โรค G-6-PD

เพดิกรีหรือพันธุประวัติ (Pedigree)

เพดิกรี คือ แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของครอบครัวหรือตระกูลหนึ่งๆ ตัวอย่างเช่น



ภาพเพดิกรีการถ่ายทอดลักษณะที่ถูกควบคุมโดยยีนเด่นบนออโตโซม

มิวเทชัน (Mutation)

มิวเทชัน คือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับยีนหรือโครโมโซม ซึ่งจะก่อให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีหรือไม่ดีก็ได้

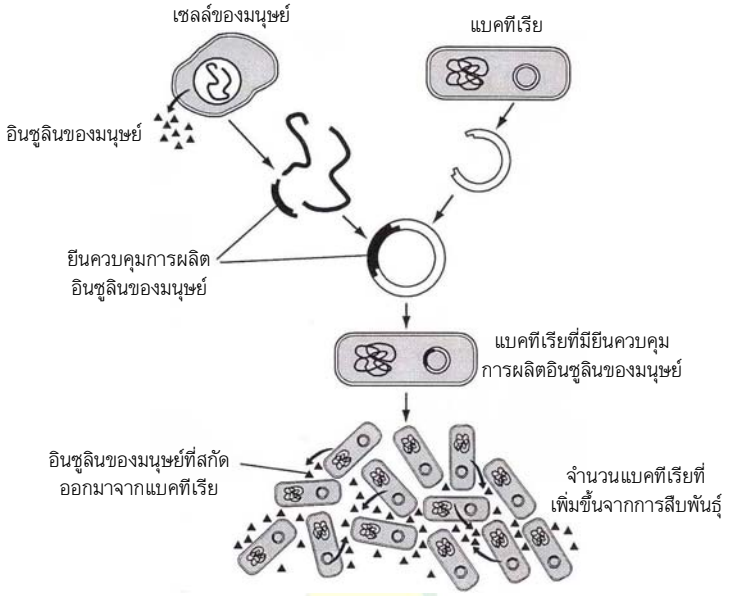
มิวเทชันที่เกิดขึ้นกับยีน (Gene Mutation หรือ DNA Mutation) คือ การเปลี่ยนแปลงของยีนใน DNA อย่างถาวร ซึ่งจะส่งผลต่อการทำงานของยีน

พันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering)

พันธุวิศวกรรม เป็นเทคนิคการสร้าง DNA สายผสม หรือรีคอมบิแนนท์ ดีเอ็นเอ (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

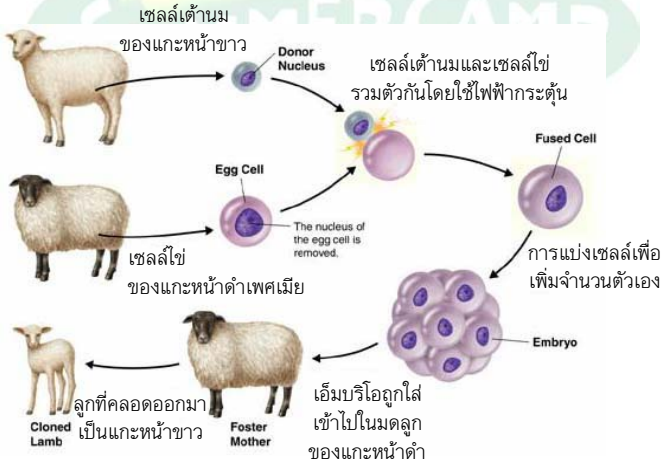


ภาพการสร้างแบคทีเรีย GMO ที่สามารถผลิตฮอร์โมนอินซูลินของคนได้

การโคลน (Cloning)

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

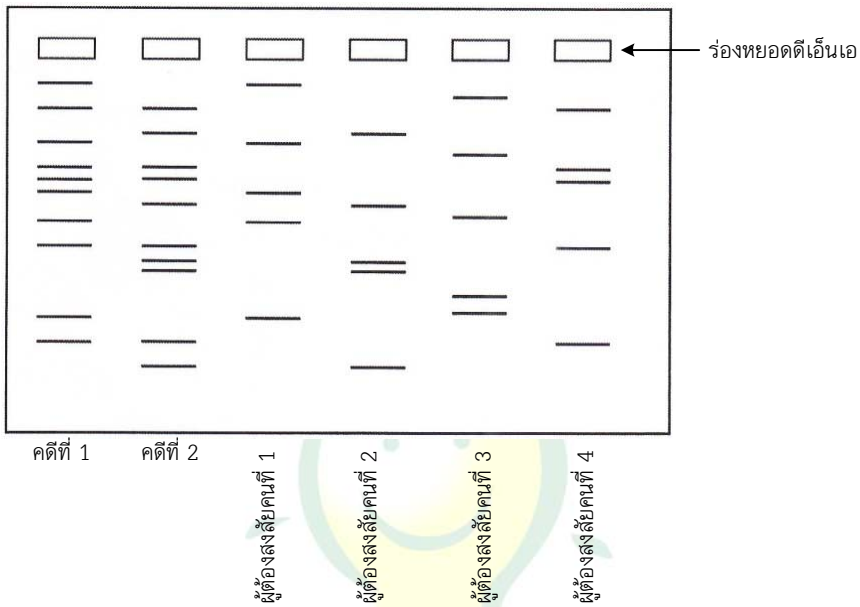
วิธีการโคลนสัตว์ คือ การนำนิวเคลียสของเซลล์ร่างกาย (Somatic Cell) ใส่เข้าไปในเซลล์ไข่ที่ถูกดูดเอานิวเคลียสออกแล้ว



ภาพการโคลนแกะ

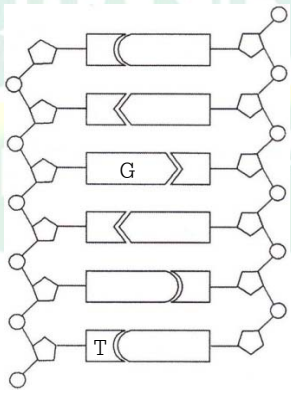
ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA Fingerprint)

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ คือ รูปแบบของแถบดีเอ็นเอ ซึ่งแสดงความแตกต่างของขนาดโมเลกุลดีเอ็นเอในสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวหรือแต่ละบุคคลได้ ดังนั้นลายพิมพ์ดีเอ็นเอจึงเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล



ภาพลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เก็บได้จากคดีฆาตกรรม 2 คดี และผู้ต้องสงสัย 4 คน

ทบทวนโครงสร้างและส่วนประกอบดีเอ็นเอกันหน่อยนะจ๊ะ...



ความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biological Diversity)

ความหลากหลายทางชีวภาพ คือ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในการดำรงชีวิตอยู่ในแหล่งที่อยู่อาศัยเดียวกันหรือแตกต่างกัน ซึ่งสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันจะมีความแตกต่างกันทั้งในด้านชนิดและจำนวน หรือแม้เป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันก็อาจมีความแตกต่างหลากหลายได้เช่นกัน

ความหลากหลายทางชีวภาพแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ความหลากหลายทางพันธุกรรม
2. ความหลากหลายทางสปีชีส์
3. ความหลากหลายทางระบบนิเวศ

ประเภทของสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามจำนวนเซลล์ ดังนี้

1. สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบา ยูกลีนา พารามีเซียม และแบคทีเรีย เป็นต้น
2. สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ เช่น คน สัตว์ และพืช เป็นต้น

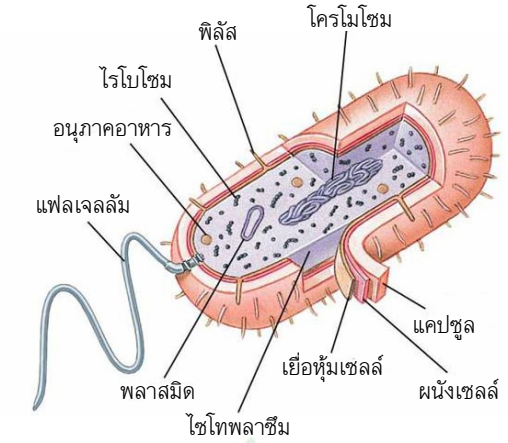
สิ่งมีชีวิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามการมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ดังนี้

1. โพรคาริโอต (Prokaryotic Cells) เป็นสิ่งมีชีวิตที่เซลล์**ไม่มี**เยื่อหุ้มนิวเคลียส เช่น แบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นต้น

2. ยูคาริโอต (Eukaryotic Cells) เป็นสิ่งมีชีวิตที่เซลล์**มี**เยื่อหุ้มนิวเคลียส ได้แก่ เห็ด รา สาหร่ายชนิดต่างๆ (**ยกเว้น** สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) โพรโทซัว พืช และสัตว์

สิ่งมีชีวิตแบ่งออกเป็น 5 อาณาจักร ตามลักษณะร่วมภายนอกและภายในเซลล์ ดังนี้

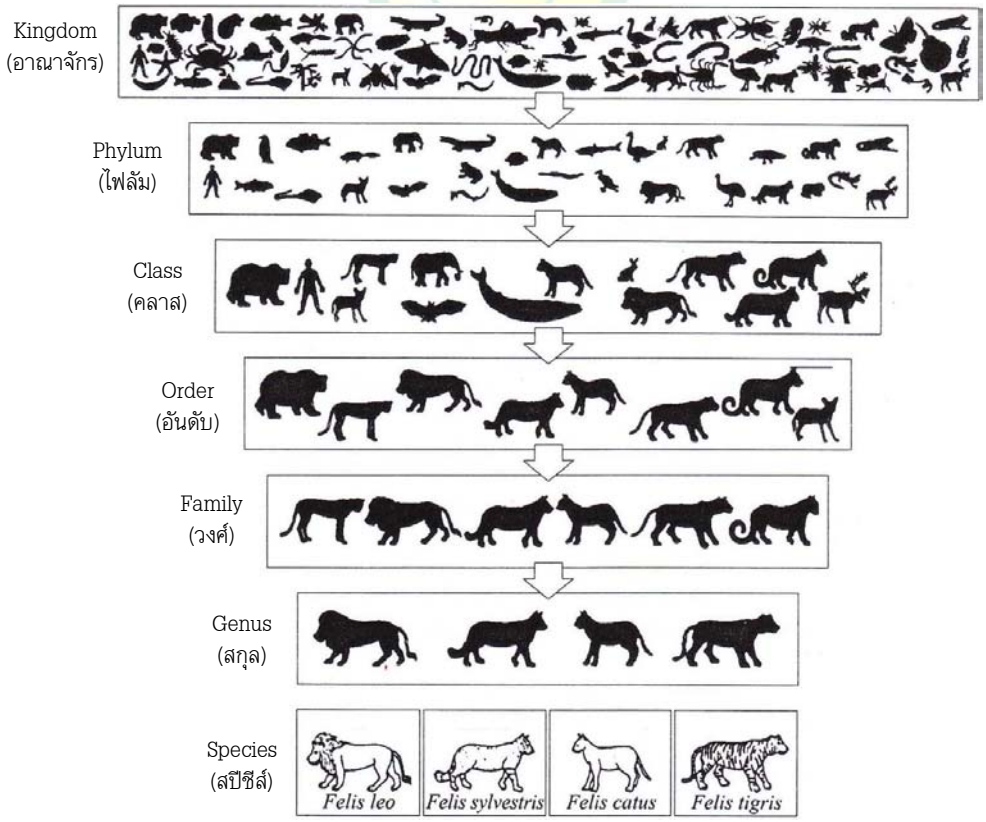
1. อาณาจักรมอเนอรา (Monera Kingdom) — **โพรคาริโอต**
2. อาณาจักรโพรทิสตา (Protista Kingdom) — **ยูคาริโอต**
3. อาณาจักรฟังไจ (Fungi Kingdom) — **ยูคาริโอต**
4. อาณาจักรพืช (Plantae Kingdom) — **ยูคาริโอต**
5. อาณาจักรสัตว์ (Animalia Kingdom) — **ยูคาริโอต**



ภาพโครงสร้างเซลล์ของแบคทีเรีย

การจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต

เราสามารถจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตออกเป็น 7 หมวดหมู่หลักๆ จาก**ใหญ่**ไป**เล็ก**ได้ ดังนี้



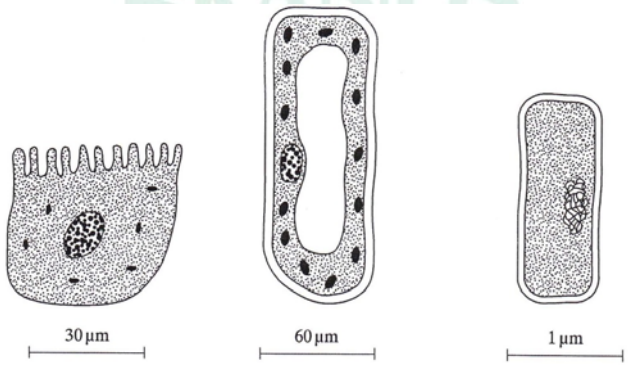
สปีชีส์ (Species) คือ กลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันสามารถผสมพันธุ์กันแล้วได้ลูกที่ไม่เป็นหมัน

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	×	✓	×	✓	×

ข้อมูลพื้นฐานที่ควรรู้

1. ความรู้เกี่ยวกับสารที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์
   - เซลลูโลส เป็นสารองค์ประกอบของผนังเซลล์พืช และสาหร่าย
   - ไคทิน เป็นสารองค์ประกอบของผนังเซลล์สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ
   - เพปทิโดไกลแคน เป็นสารองค์ประกอบของผนังเซลล์แบคทีเรีย
2. สิ่งมีชีวิตที่ทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลาย (Decomposer) ในระบบนิเวศอยู่ในอาณาจักรมอเนอรา และฟังไจ
3. แบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้**มีแต่**คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) **ไม่มี**คลอโรพลาสต์ (Chloroplast)



ภาพเซลล์ของสิ่งมีชีวิต 3 อาณาจักร

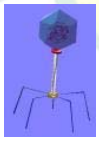
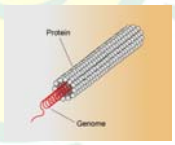
รู้ไว้...ไวรัส

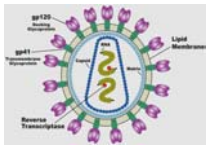
➢ **ไวรัส (Virus) ไม่มีลักษณะเป็นเซลล์** เนื่องจากไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และไรโบโซม แต่เป็นอนุภาคที่ประกอบด้วยโปรตีนซึ่งห่อหุ้มสารพันธุกรรมเอาไว้ ไวรัสมีขนาดเล็กมากซึ่งเราจะมองเห็นได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเท่านั้น

➢ ไวรัสสามารถเพิ่มจำนวนตัวเองได้เมื่อเข้าไปอยู่ในเซลล์หรือร่างกายของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ดังนั้นในสภาวะดังกล่าว จึงถือว่าไวรัสเป็นสิ่งมีชีวิต **ในทางตรงกันข้าม**ถ้าไวรัสไม่ได้อยู่ภายในเซลล์หรือร่างกายของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ไวรัสก็ไม่สามารถเพิ่มจำนวนตัวเองได้ ดังนั้นในสภาวะเช่นนี้จะถือว่า ไวรัสไม่ใช่สิ่งมีชีวิต

➢ โรคต่างๆ ที่เกิดจากไวรัส ไม่สามารถรักษาด้วยยาปฏิชีวนะ (Antibiotic) ได้ ตัวอย่างเช่น

- ไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่ 2009
- เอดส์
- ไข้เลือดออก
- ไข้หวัดนก
- โรคชิคุนกุนยา
- ไข้สมองอักเสบ
- โรคตับอักเสบ
- โรคหัด
- โรคอีสุกอีใส
- โรคตาแดง
- โรคพิษสุนัขบ้า
- งูสวัด



ภาพไวรัสชนิดต่างๆ

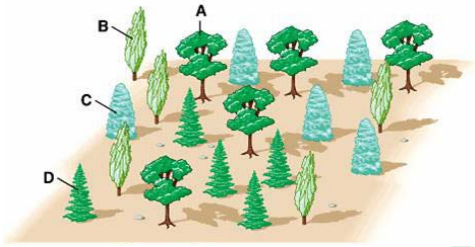
สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

นิยามศัพท์เกี่ยวกับระบบนิเวศ

ระบบนิเวศ (Ecosystem) คือ หน่วยของความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมทั้งที่เป็นสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ของแหล่งที่อยู่อาศัยแหล่งใดแหล่งหนึ่ง

ประชากร (Population) คือ สิ่งมีชีวิตชนิด (Species) เดียวกันทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในแหล่งเดียวกันในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

กลุ่มสิ่งมีชีวิต (Community) คือ สิ่งมีชีวิตตั้งแต่ 2 ชนิด (Species) ขึ้นไป ทั้งหมดมาอยู่ร่วมกันในแหล่งใดแหล่งหนึ่ง ณ ช่วงเวลาใดๆ



A : 25% B : 25% C : 25% D : 25%
กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ 1

A : 80% B : 5% C : 5% D : 10%
กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ 2

ภาพกลุ่มสิ่งมีชีวิต

แหล่งที่อยู่อาศัย (Habitat) คือ สถานที่ซึ่งสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ชั่วคราวหรือถาวร เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหาร หลบภัย ผสมพันธุ์ วางไข่ และเลี้ยงตัวอ่อน (สิ่งมีชีวิตจะต้องมีปฏิสัมพันธ์กับสถานที่นั้นๆ จึงจะถือว่าสถานที่แห่งนั้นเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย)

ชีวบริเวณ (Biosphere) คือ ผลรวมของทุกบริเวณบนโลกที่มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่

องค์ประกอบของระบบนิเวศ

1. องค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต หรือปัจจัยทางกายภาพ (Physical Factor) เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิ ความกดดัน น้ำ ดิน ลม เป็นต้น

2. องค์ประกอบที่มีชีวิต หรือปัจจัยทางชีวภาพ (Biotic Factor) เป็นปัจจัยที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต ซึ่งมี 2 แบบ คือ

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในเชิงอาหาร

2.2 ความสัมพันธ์ในการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในเชิงอาหาร

สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมีความสัมพันธ์เชิงอาหารต่างบทบาทกัน ดังนี้

1) ผู้ผลิต (Producers) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยส่วนใหญ่ใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) เป็นวัตถุดิบ

สิ่งมีชีวิตที่ทำหน้าที่เป็นผู้ผลิต ได้แก่

- ไซยาโนแบคทีเรีย (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน)
- แพลงก์ตอนพืช
- สาหร่ายชนิดต่างๆ เช่น ไดอะตอม (สาหร่ายสีน้ำตาลแกมเหลือง) สไปโรไจรา และคลอเรลลา (สาหร่ายสีเขียว)
- พืช

2) ผู้บริโภค (Consumers) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่กินผู้ผลิตหรือผู้บริโภคด้วยกันเองเป็นอาหาร แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

2.1 ผู้บริโภคพืช (Herbivores)

2.2 ผู้บริโภค (เนื้อ) สัตว์ (Carnivores)

2.3 ผู้บริโภคทั้งพืชและสัตว์ (Omnivores)

2.4 ผู้บริโภคซากอินทรีย์ (Detritivores) เช่น ไส้เดือน กิ้งกือ ปลวก เป็นต้น

3) ผู้ย่อยสลาย (Decomposers) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ทำหน้าที่หลั่งเอนไซม์ออกมาย่อยซากสิ่งมีชีวิตเพื่อให้ตนเองได้รับพลังงาน ซึ่งการทำหน้าที่ของผู้ย่อยสลายนั้นถือได้ว่าเป็นขั้นตอนสำคัญของวัฏจักรของสารบางชนิด เช่น วัฏจักรคาร์บอน

สิ่งมีชีวิตที่ทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลาย เช่น แบคทีเรีย เห็ด รา และจุลินทรีย์อื่นๆ เป็นต้น

2.2 ความสัมพันธ์ในการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต

การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติส่วนใหญ่แล้วก็จะเป็นการเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน แต่ก็มีบ้างที่ฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์อีกฝ่ายหนึ่งเสียประโยชน์ หรืออีกฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์ส่วนอีกฝ่ายไม่ได้ไม่เสียประโยชน์ ทั้งนี้ก็เป็นไปเพื่อการรักษาสมดุลของระบบนิเวศในธรรมชาติ

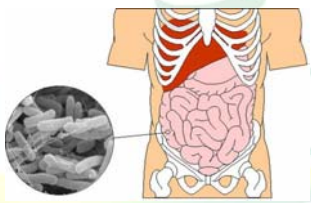
การศึกษาหรือการอธิบายการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตนิยมใช้สัญลักษณ์ ดังนี้

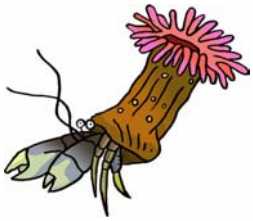
เครื่องหมาย + แทนการได้ประโยชน์

เครื่องหมาย – แทนการเสียประโยชน์

เลข 0 แทนการไม่ได้และไม่เสียประโยชน์

ตัวอย่างรูปแบบความสัมพันธ์ในการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต

รูปแบบความสัมพันธ์	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
1. ซิมไบโอซิส (Symbiosis)		
1.1) ภาวะเกื้อกูล (Commensalism)	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ ร่วมกัน โดยมีฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์แต่อีกฝ่ายไม่ได้-ไม่เสียประโยชน์	➢ การอยู่ร่วมกันของพืชอิงอาศัย เช่น ชายผ้าสีดา กับพืชยืนต้น ➢ ดอกไม้ทะเล (ซีแอนีโมนี) กับปลาการ์ตูน ➢ เหาฉลามกับปลาฉลาม
1.2) ภาวะพึ่งพา (Mutualism) 	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ร่วมกัน โดยต่างฝ่ายต่างได้ประโยชน์ ซึ่งถ้าแยกออกจากกันจะเกิดการตาย  	➢ ไลเคนส์ ➢ แบคทีเรียไรโซเบียมกับรากพืชตระกูลถั่ว ➢ โพรโทซัวในลำไส้ปลวก ➢ แบคทีเรีย *E.coli* ในลำไส้ใหญ่ของคน ➢ แบคทีเรียในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ➢ แหนแดงกับแอนาบีนา

รูปแบบความสัมพันธ์	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
1.3) ภาวะได้ประโยชน์ร่วมกัน (Protocooperation) 	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดที่อยู่ร่วมกัน โดยต่างฝ่ายต่างได้ประโยชน์ แต่ก็สามารถแยกกันอยู่ได้โดยไม่มีการตายเกิดขึ้น	➢ นกเอี้ยงกับควาย ➢ ดอกไม้กับแมลง ➢ ปูเสฉวนกับซีแอนิโมนี (ดอกไม้ทะเล) ➢ มดดำกับเพลี้ย ➢ กุ้งพยาบาลกับปลาผีเสื้อ ➢ จระเข้ลุ่มแม่น้ำไนล์กับนกจระเข้
2. แอนทาโกนิซึม (Antagonism)		
2.1) ภาวะปรสิต (Parasitism)	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งอาศัยอยู่กับ สิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง โดยผู้อาศัย (Parasite) ได้ประโยชน์ แต่ผู้ถูกอาศัย (Host) เสียประโยชน์	➢ พยาธิใบไม้ในตับของคน ➢ กาฝากกับต้นไม้ ➢ พยาธิตัวตืดในอวัยวะทางเดินอาหารของสัตว์ ➢ เห็บกับสุนัข ➢ เหากับหัวคน
2.2) ภาวะล่าเหยื่อ (Predation)	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิตหนึ่งเป็นผู้ล่า (Predator) จับสิ่งมีชีวิตที่เป็นเหยื่อ (Prey) กินเป็นอาหาร โดยผู้ล่าได้ประโยชน์ เหยื่อเสียประโยชน์ (ตาย)	➢ กบกินแมลง ➢ งูกินกบ ➢ นกกินงู ➢ แมงมุมกินแมลง
2.3) ภาวะแข่งขัน (Competition)	เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ที่สิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ฝ่าย ต่างแก่งแย่งชิงปัจจัยบางอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด	➢ ภาวะแข่งขันเพื่อให้ได้มาเพื่ออาหาร แสงสว่าง แหล่งที่อยู่อาศัย แก๊สออกซิเจน สัตว์เพศเมีย เป็นต้น

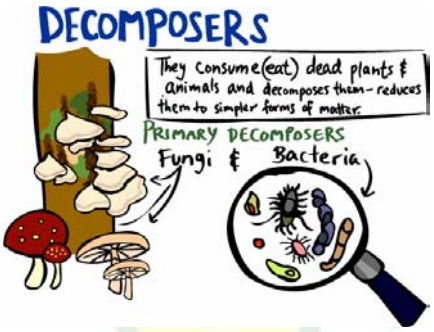
บทบาทของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

1. สิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้ (Autotroph) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ซึ่งมีบทบาทเป็นผู้ผลิตอาหาร (Producer) ได้แก่ พืชทุกชนิด โพรทิสต์บางชนิด (สาหร่าย) และแบคทีเรียบางชนิด

2. สิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองไม่ได้ (Heterotroph) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้จึงมีบทบาทเป็นผู้บริโภค (Consumer) หรือผู้ย่อยสลาย (Decomposer)

ผู้บริโภคแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. ผู้บริโภคพืช (Herbivores)
2. ผู้บริโภคสัตว์ (Carnivores)
3. ผู้บริโภคทั้งพืชและสัตว์ (Omnivores)
4. ผู้บริโภคซากอินทรีย์ (Detritivores)

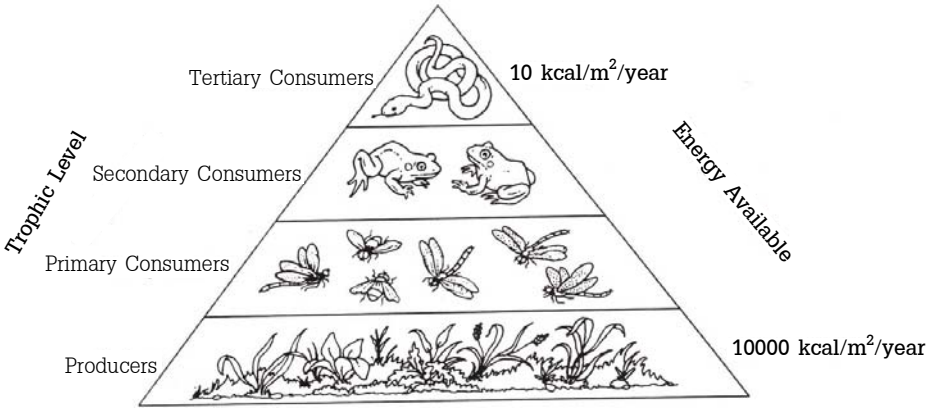


ภาพผู้ย่อยสลายในระบบนิเวศ

การถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ

ผู้ผลิตสามารถนำพลังงานแสงมาเก็บไว้ในโมเลกุลของอาหารได้เพียง 0.5-3.5% โดยพลังงานแสงบางส่วนจะสะท้อนออกสู่บรรยากาศ 10-15%

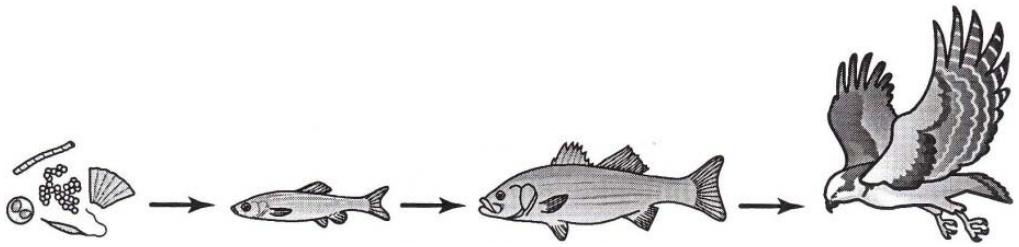
ผู้บริโภคได้รับพลังงานจากการกินผู้ผลิต โดยพลังงานส่วนหนึ่งจะใช้ไปในการประกอบกิจกรรม บางส่วนกลายเป็นกากอาหารขับถ่ายทิ้งไป แต่ส่วนใหญ่จะกลายเป็นพลังงานความร้อนจากการหายใจ **พลังงานที่ผู้บริโภคนำไปสร้างเนื้อเยื่อของตนเองจึงเหลือเพียง 10% ของพลังงานศักย์ทั้งหมดในสิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหารของตนเอง**



ภาพกฎ 10% ของการถ่ายทอดพลังงานในโซ่อาหาร

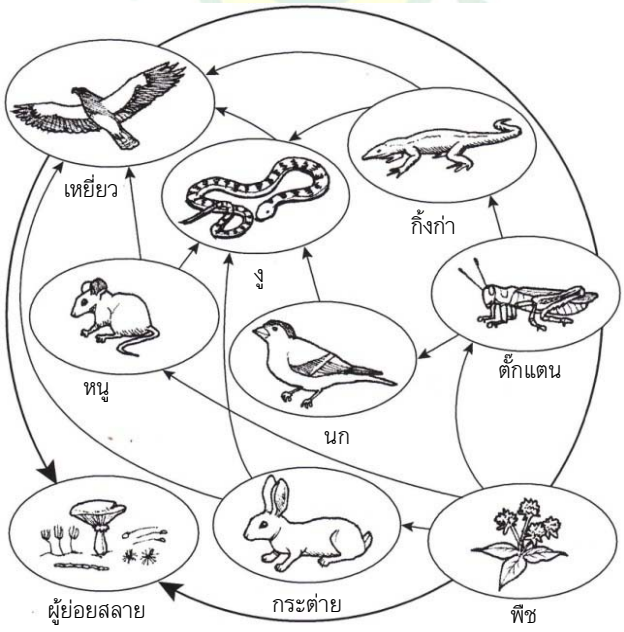
รูปแบบของการถ่ายทอดพลังงาน

1. โซ่อาหาร (Food Chain) คือ ความสัมพันธ์เชิงอาหารซึ่งมีการถ่ายทอดพลังงานเคมีโดยการกินกันเป็นทอดๆ จากผู้ผลิตสู่ผู้บริโภค และจากผู้บริโภคสู่ผู้บริโภคลำดับถัดไป



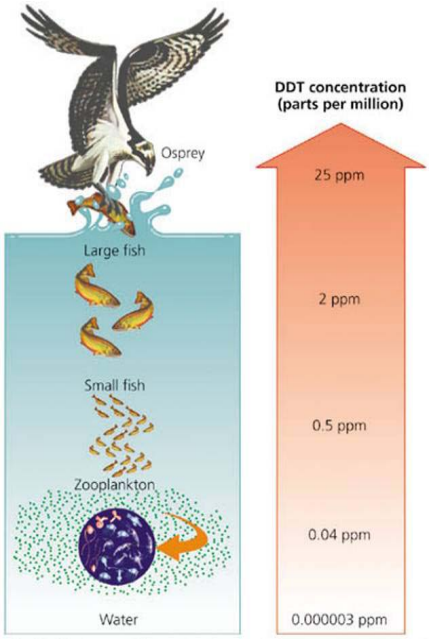
ภาพโซ่อาหาร

2. สายใยอาหาร (Food Web) คือ ความสัมพันธ์ระหว่างโซ่อาหารตั้งแต่ 2 โซ่อาหารขึ้นไป ทำให้มีโอกาสถ่ายทอดพลังงานได้หลายทิศทาง และสิ่งมีชีวิตบางชนิดอาจมีหลายบทบาท เช่น เป็นทั้งผู้บริโภคอันดับ 1 และ 2 เป็นต้น



ภาพสายใยอาหาร

การถ่ายทอดสารปนเปื้อนในโซ่อาหารและสายใยอาหาร

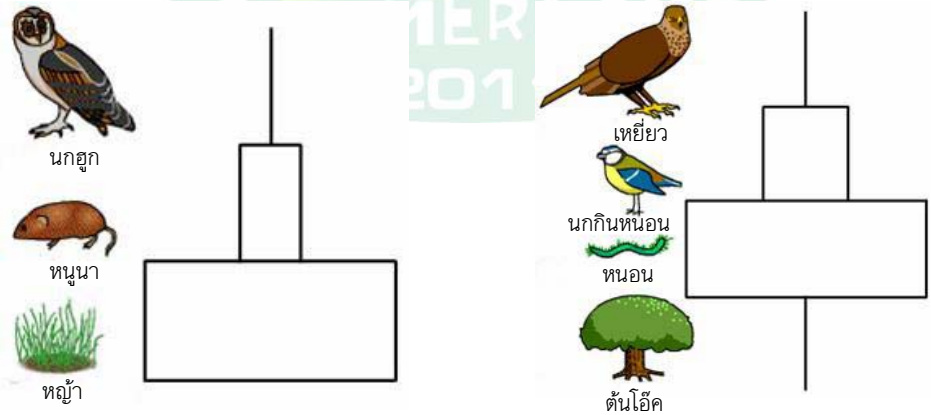


ภาพการถ่ายทอดสาร DDT ในโซ่อาหาร

พีระมิดปริมาณของสิ่งมีชีวิตหรือพีระมิดนิเวศ (Ecological Pyramid)

พีระมิดนิเวศเป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในด้านปริมาณของผู้ผลิตกับผู้บริโภคลำดับต่างๆ ในแหล่งที่อยู่อาศัยเดียวกัน ช่วงเวลาเดียวกัน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามหน่วยที่ใช้วัดปริมาณของแต่ละลำดับขั้นเชิงอาหาร ได้แก่

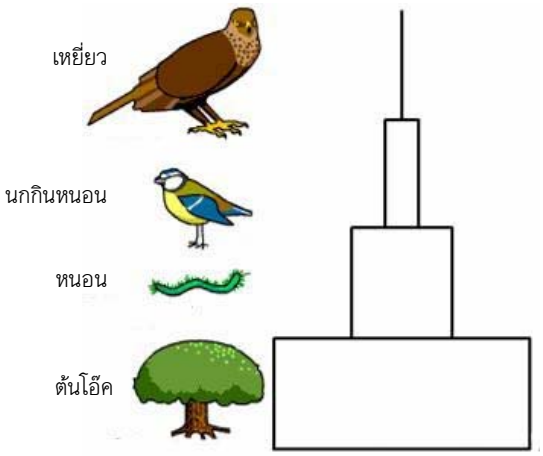
1. **พีระมิดจำนวน** (Pyramid of Number) เป็นพีระมิดที่บอกจำนวนสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นเชิงอาหาร ในหน่วยต้นหรือตัว ต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตร



a. b.

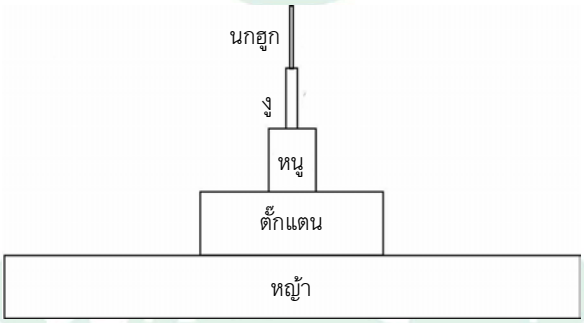
ภาพพีระมิดจำนวน

2. พีระมิดมวลชีวภาพ (Pyramid of Biomass) เป็นพีระมิดแสดงปริมาณสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นเชิงอาหาร ในหน่วยน้ำหนักแห้งหรือจำนวนแคลอรี ต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตร



ภาพพีระมิดมวลชีวภาพ

3. พีระมิดพลังงาน (Pyramid of Energy) เป็นพีระมิดแสดงปริมาณสิ่งมีชีวิตโดยบอกเป็นอัตราการถ่ายทอดพลังงาน หรืออัตราผลิตของแต่ละลำดับขั้นเชิงอาหาร ในหน่วยของพลังงาน ต่อหน่วยพื้นที่หรือปริมาตรต่อหน่วยเวลา



ภาพพีระมิดพลังงาน

ประชากร (Population)

ประชากร คือ กลุ่มสิ่งมีชีวิตสปีชีส์เดียวกัน ที่อาศัยอยู่ในแหล่งเดียวกันในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

สมบัติของประชากรที่ควรรู้เป็นพื้นฐาน

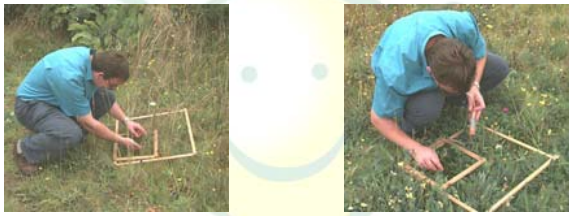
1. ขนาดของประชากร หมายถึง จำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่กำหนด ซึ่งการหาขนาดประชากรมักใช้การสุ่มตัวอย่างเนื่องจากประชากรของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีมากเกินไป **ทั้งนี้ขนาดประชากร**จะขึ้นอยู่กับอัตราการเกิด อัตราการตาย การอพยพเข้า และการอพยพออก

2. ความหนาแน่นประชากร คือ จำนวนสิ่งมีชีวิตสปีชีส์เดียวกันต่อพื้นที่หรือปริมาตร

การหาความหนาแน่นของประชากร ทำได้ดังนี้

1. การนับจำนวนประชากรทั้งหมด
2. การสุ่มตัวอย่าง วิธีการที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ

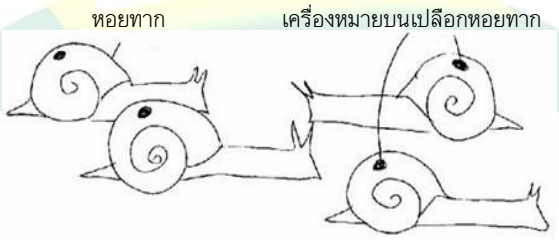
2.1 การใช้ควอแดรท (Quadrat)



ภาพการศึกษาความหนาแน่นประชากรโดยใช้ควอแดรท

2.2 การทำเครื่องหมายแล้วปล่อยไปเพื่อจับใหม่ (Marking Recapture Method) โดยมีสูตรคำนวณหาประชากร ดังนี้

$$\textbf{จำนวนประชากรทั้งหมด} = \frac{\text{จำนวนสัตว์ตัวอย่างที่จับมาติดเครื่องหมาย}\textbf{ทั้งหมดในครั้งแรก} \times \text{จำนวนสัตว์ตัวอย่าง}\textbf{ทั้งหมด}\text{ที่จับได้}\textbf{ในครั้งที่สอง}}{\text{จำนวนสัตว์ตัวอย่าง}\textbf{ที่มีเครื่องหมาย}\text{ที่จับได้}\textbf{ในครั้งที่สอง}}$$



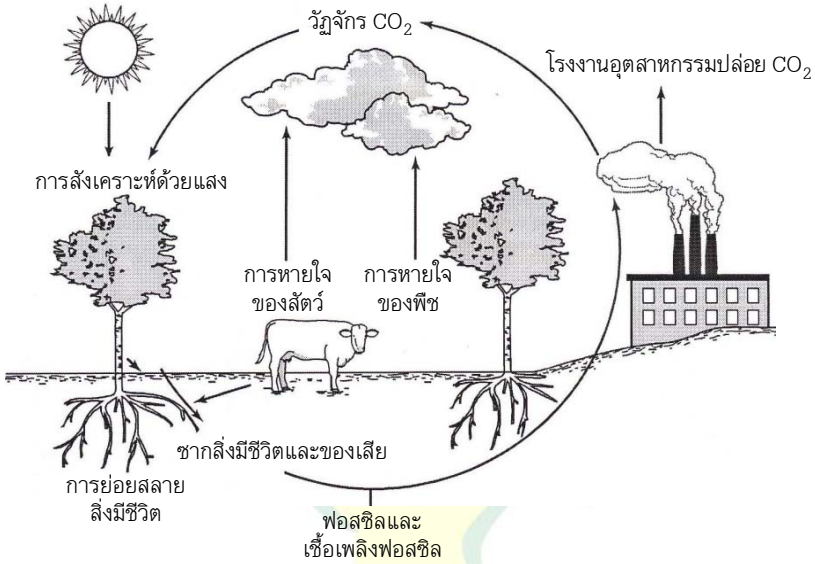
ภาพการทำเครื่องหมายแล้วปล่อยไปเพื่อจับใหม่

3. การแพร่กระจายของประชากร ซึ่งจะสัมพันธ์กับปัจจัยจำกัดของประชากรนั้นๆ ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพ (อุณหภูมิ แสง pH) และปัจจัยทางชีวภาพ (ผู้ล่า อาหาร)

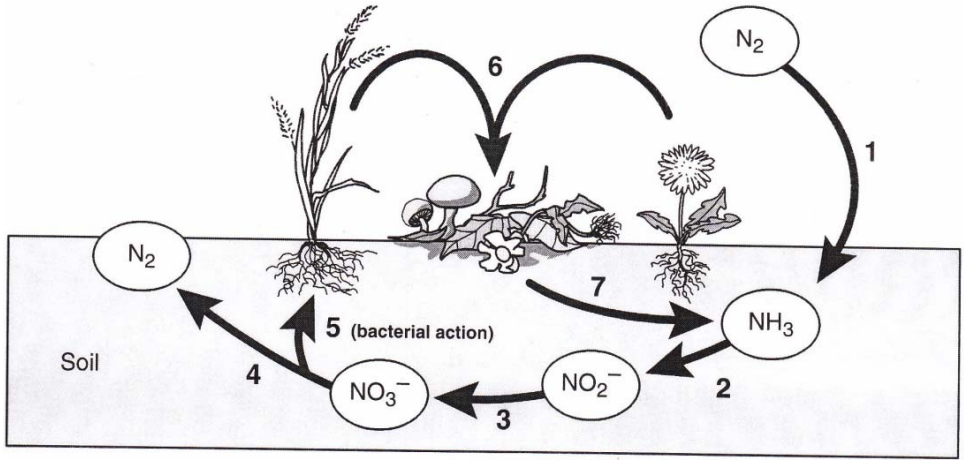
การหมุนเวียนของสารที่สำคัญในระบบนิเวศ

วัฏจักรของสารแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. วัฏจักรแบบแก๊ส (Gaseous Cycle) เป็นการหมุนเวียนของสารที่มีบรรยากาศเป็นแหล่งหมุนเวียนที่สำคัญ ได้แก่ น้ำ คาร์บอน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และออกซิเจน



ภาพวัฏจักรคาร์บอน



ภาพวัฏจักรไนโตรเจน

แบคทีเรีย 3 กลุ่มที่มีบทบาทสำคัญในวัฏจักรไนโตรเจน

1. แบคทีเรียตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixing Bacteria) ทำหน้าที่ตรึงแก๊สไนโตรเจนจากอากาศให้อยู่ในรูปของแอมโมเนีย (NH_3) เช่น ไรโซเบียม (*Rhizobium*), อะโซโตแบคเตอร์ (*Azotobacter*)

2. ไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Nitrifying Bacteria) ทำหน้าที่เปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรต์ (NO_2^-) และไนเตรต (NO_3^-) ตามลำดับ

3. ดีไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Denitrifying Bacteria) ทำหน้าที่เปลี่ยนไนเตรตให้เป็นแก๊สไนโตรเจนคืนสู่อากาศ

2. วัฏจักรแบบตะกอน (Sedimentary Cycle) เป็นการหมุนเวียนของสารที่มีแผ่นดินเป็นแหล่งหมุนเวียนที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส

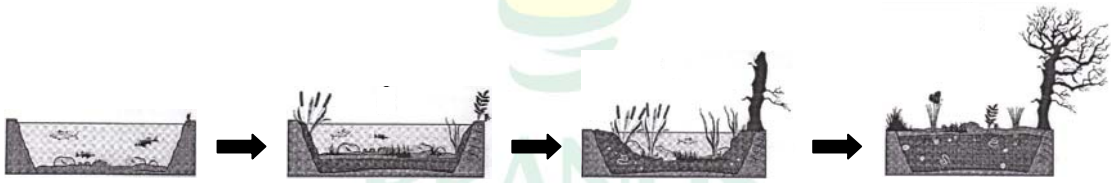
การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ (Ecological Succession)

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ หมายถึง การแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตเป็นยุคๆ จากยุคแรกจนถึงยุคสังคมสิ่งมีชีวิตขั้นสุด (Climax Community) เนื่องจากสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป

การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบ่งตามลักษณะการเกิดออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิ (Primary Succession) คือ การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในสถานที่ที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตใดอาศัยอยู่ก่อนเลย

2. การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ (Secondary Succession) คือ การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในบริเวณที่เคยมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ก่อน แต่ถูกทำลายด้วยปัจจัยบางอย่าง เช่น น้ำท่วมนานๆ ไฟไหม้ป่า เป็นต้น



ภาพการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ

มนุษย์กับสภาวะแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติ

สภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาซึ่งเป็นปกติ แต่ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงไปมากจนเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตในด้านใดด้านหนึ่งแล้วจนถึงเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จะเรียกว่า มลพิษ (Pollution)

มลพิษทางน้ำ

วิธีการตรวจน้ำเสียทำได้ 2 วิธีหลัก ดังนี้

1. วัดปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม
2. วัดปริมาณแก๊สออกซิเจนในน้ำ ซึ่งทำได้ 3 วิธี ดังนี้

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 ที่ใช้ในการสลายสารอินทรีย์ในน้ำโดยใช้สารเคมี เช่น โพแทสเซียมไดโครเมต เป็นต้น

มลพิษทางอากาศ

อากาศที่มีส่วนประกอบเปลี่ยนแปลงไปจากปกติมีสาเหตุหลายประการ สาเหตุสำคัญ เช่น การปล่อยสารต่างๆ เข้าสู่ชั้นบรรยากาศของโรงงานอุตสาหกรรม หรือบริเวณที่มีการก่อสร้าง ซึ่งอาจทำให้มีสารเจือปนอยู่ในอากาศปริมาณมากจนก่อให้เกิดผลเสียต่อการดำรงชีวิตของคน สัตว์ พืช รวมถึงสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นในบริเวณนั้น

ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) คือ ปรากฏการณ์ที่แก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศมีปริมาณมากเกินไป ซึ่งแก๊สเหล่านั้นจะดูดซับความร้อนและคายความร้อนคืนสู่โลกจึงทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น

แก๊สเรือนกระจกที่สำคัญ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊สมีเทน (CH_4) ออกไซด์ของไนโตรเจน และไอน้ำ (H_2O) แก๊สเหล่านี้มีความสามารถในการเก็บกักความร้อนได้ดี

การทำลายโอโซนในบรรยากาศ

การลดลงของโอโซน (O_3) ในบรรยากาศจะส่งผลให้รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์ส่องผ่านมายังโลกได้มากขึ้น และสาร CFC เป็นสาเหตุสำคัญในการทำลายโอโซน ซึ่งสารดังกล่าวจะอยู่ในบรรจุภัณฑ์แบบฉีดพ่น (สเปรย์ต่างๆ) และสารทำความเย็นในผลิตภัณฑ์หลายชนิด

พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol)

พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) คือ สนธิสัญญาเกี่ยวกับภูมิอากาศของโลก ซึ่งกำหนดเป็นมาตรการทางกฎหมายที่ใช้ในการดำเนินการเพื่อนำไปสู่เป้าหมายการลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกให้ได้ โดยประเทศไทยได้ลงนามรับรองพิธีสารเกียวโต เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 และได้ให้สัตยาบันเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2545

แบบฝึกหัด

ตอนที่ 1 : โครงสร้างของเซลล์

1. สิ่งมีชีวิตใดต่อไปนี้**ไม่ได้**มีลักษณะตามทฤษฎีเซลล์

1) แบคทีเรีย 2) ไวรัส 3) อะมีบา 4) ยีสต์

2. เซลล์ที่ประกอบด้วยเอนไซม์, ดีเอ็นเอ, ไรโบโซม, ไมโทคอนเดรีย และเยื่อหุ้มเซลล์จัดเป็นเซลล์ใด

1) แบคทีเรีย 2) เซลล์สัตว์ 3) เซลล์พืช 4) เซลล์พืชหรือเซลล์สัตว์

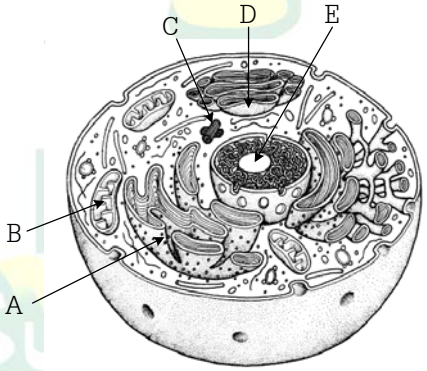
3. ส่วนประกอบใดที่พบได้ทั้งในเซลล์พืช, เซลล์สัตว์ และแบคทีเรียทุกชนิด

1) นิวเคลียส 2) ผนังเซลล์ 3) ไมโทคอนเดรีย 4) ไรโบโซม

4. เยื่อหุ้มเซลล์ของสัตว์ประกอบด้วยสารใด

1) ฟอสโฟลิพิด และโปรตีนเท่านั้น
2) ฟอสโฟลิพิด, คาร์โบไฮเดรต และโปรตีนเท่านั้น
3) ฟอสโฟลิพิด, คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน และคอเลสเทอรอล
4) ฟอสโฟลิพิด, คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน และดีเอ็นเอ

5. ส่วนประกอบใดที่บ่งชี้ว่าเซลล์ดังภาพด้านล่าง**ไม่ใช่**เซลล์พืช



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

6. ออร์แกเนลล์คู่ใดที่มีระบบเยื่อหุ้มแบบเดียวกัน

1) แวคิวโอลและเซนทริโอล
2) ไลโซโซมและไรโบโซม
3) ไรโบโซมและร่างแหเอนโดพลาซึม
4) ร่างแหเอนโดพลาซึมและกอลจิแอปพาราตัส

7. โครงสร้างในข้อใดที่**ไม่มี**เยื่อหุ้ม

ก. แวคิวโอล ข. เซนทริโอล ค. ไลโซโซม ง. ไมโครทิวบูล
จ. ไรโบโซม

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

8. ออร์แกเนลล์กลุ่มใดที่สามารถเพิ่มจำนวนตัวเองได้
1) นิวคลีโอลัส ไมโทคอนเดรีย ร่างแหเอนโดพลาซึม
2) ไมโทคอนเดรีย เซนทริโอล คลอโรพลาสต์
3) ไมโทคอนเดรีย กอลจิคอมเพล็กซ์ ร่างแหเอนโดพลาซึม
4) ไลโซโซม ไรโบโซม เพอรอกซิโซม

9. ข้อใดคือหน้าที่ของนิวคลีโอลัส
1) สร้างและสลายเยื่อหุ้มนิวเคลียส
2) สร้างเซนโทรเมียร์ของโครโมโซม
3) สร้างไรโบโซม
4) สร้างเส้นใยสปินเดิลในกระบวนการแบ่งเซลล์

10. กิจกรรมของเซลล์ใดจะต้องใช้ไลโซโซมจำนวนมาก
1) เซลล์บุผิวที่มีซิเลีย 2) เซลล์สร้างเมือก 3) ลิมโฟไซต์ 4) ฟาโกไซต์

11. กรดอินทรีย์ที่สะสมในเซลล์พืชจะถูกเก็บไว้ที่ใด
1) ไซโทซอล 2) แวคิวโอล 3) คลอโรพลาสต์ 4) ไมโทคอนเดรีย

12. ออร์แกเนลล์ใดมีโปรตีนและฟอสโฟลิพิดเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้ม, มีเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการสร้างพลังงาน และมีไรโบโซมอยู่ภายใน
1) ไลโซโซม
2) เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดผิวขรุขระ
3) กอลจิคอมเพล็กซ์
4) ไมโทคอนเดรีย

13. ภายในเซลล์พืชมีโครงสร้างที่มีเยื่อหุ้ม ลักษณะคล้ายถุงขนาดใหญ่ทำหน้าที่เก็บสารต่างๆ ของเซลล์ เช่น น้ำ, เกลือ, โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เมื่อโครงสร้างคล้ายถุงนี้จุสารเต็มที่จะส่งผลให้เซลล์มีความแข็งขึ้นจนทำให้เซลล์เหยียดตรงได้ โครงสร้างที่กล่าวถึงนี้คือออร์แกเนลล์ใด
1) นิวเคลียส 2) แวคิวโอล 3) ไมโทคอนเดรีย 4) คลอโรพลาสต์

14.
จากโครงสร้างภายในเซลล์ดังภาพ ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**
1) เป็นเซลล์เยื่อบุข้างแก้มของมนุษย์
2) เป็นเซลล์เม็ดเลือดแดงที่โตเต็มที่
3) ต้องการใช้ออกซิเจนในปริมาณมาก
4) สังเคราะห์น้ำตาลได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง

15. สิ่งมีชีวิตใดที่**ไม่สามารถ**สร้าง ATP ได้ด้วยตนเอง
1) ไลเคนส์ 2) แบคทีเรีย 3) ไวรัส 4) โพรโทซัว

16. ตารางลักษณะของเซลล์ 4 ชนิด

ชนิดของเซลล์	ไรโบโซม	ผนังเซลล์	คลอโรพลาสต์	เยื่อหุ้มนิวเคลียส	เยื่อหุ้มเซลล์
A	✓	✓	✓	✓	✓
B	✓	–	–	✓	✓
C	✓	✓	–	–	✓
D	✓	✓	–	✓	✓

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

17. สิ่งใดต่อไปนี้พบในเซลล์โพรคาริโอต

1) คลอโรพลาสต์, ดีเอ็นเอ และเยื่อหุ้มนิวเคลียส
2) โครโมโซม, ไมโทคอนเดรีย และเยื่อหุ้มนิวเคลียส
3) ไซโทพลาซึม, ดีเอ็นเอ และไมโทคอนเดรีย
4) ไซโทพลาซึม, ดีเอ็นเอ และไรโบโซม

18. ลักษณะใดพบในโพรคาริโอตทุกชนิด

1) ไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์
2) แบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
3) มีไมโทคอนเดรีย
4) มีไรโบโซม

19. เซลล์ชนิดหนึ่งสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย **ไม่มี**นิวเคลียส และเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว เป็นเซลล์ของสิ่งมีชีวิตใด

1) สัตว์
2) พืช
3) ยูคาริโอต
4) โพรคาริโอต

20. สิ่งใดต่อไปนี้พบในยูคาริโอต แต่**ไม่พบ**ในโพรคาริโอต

1) อาร์เอ็นเอ
2) ไมโทคอนเดรีย
3) คลอโรฟิลล์
4) ไรโบโซม

21. ข้อใด**เป็นจริง**เกี่ยวกับเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

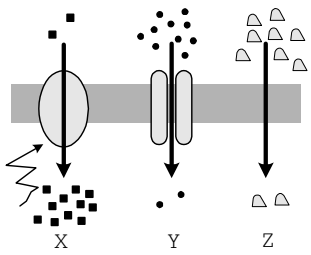
1) ทั้งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีผนังเซลล์ที่ให้ความแข็งแรงแก่เซลล์
2) ทั้งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีแวคิวโอลขนาดใหญ่เพื่อเก็บสะสมน้ำ
3) ทั้งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ใช้คลอโรพลาสต์เป็นแหล่งเก็บพลังงาน
4) ทั้งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ใช้ไมโทคอนเดรียในการผลิตพลังงานให้แก่เซลล์

ตอนที่ 2 : การเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์

1. เมื่อหยดสีย้อมสีแดงลงในเซลล์พืชที่กำลังเพาะเลี้ยงซึ่งมีทั้งเซลล์ที่มีชีวิตและเซลล์ที่ตายแล้ว เฉพาะเซลล์ที่ตายแล้วเท่านั้นที่จะย้อมติดสีดังกล่าว โครงสร้างใดของเซลล์พืชที่มีชีวิตที่ทำหน้าป้องกัน**ไม่ให้**สีย้อมเข้าไปภายในเซลล์

1) เยื่อหุ้มเซลล์
2) ผนังเซลล์
3) ไซโทพลาซึม
4) แวคิวโอล

2. จากภาพแสดงการเคลื่อนที่ของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ 3 วิธี



ข้อใด**ถูกต้อง**

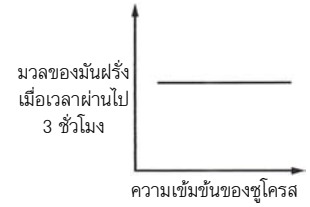
	X	Y	Z
1)	แอกทีฟทรานสปอร์ต	การแพร่	การแพร่แบบฟาซิลิเทต
2)	แอกทีฟทรานสปอร์ต	การแพร่แบบฟาซิลิเทต	การแพร่
3)	การแพร่แบบฟาซิลิเทต	แอกทีฟทรานสปอร์ต	การแพร่
4)	การแพร่	แอกทีฟทรานสปอร์ต	การแพร่แบบฟาซิลิเทต

3. สารใดต่อไปนี้สามารถผ่านเยื่อหุ้ม (Membrane) ได้อย่างรวดเร็วโดย**ไม่ต้อง**ใช้โปรตีนตัวพา

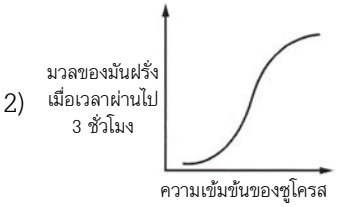
1) ฮีโมโกลบิน 2) แก๊สออกซิเจน 3) กลูโคส 4) โซเดียมไอออน

4. มันฝรั่งขนาดเท่ากันทุกประการจำนวนหลายชิ้นถูกใส่ลงในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีความเข้มข้น**แตกต่างกัน** เมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง นำมันฝรั่งแต่ละชิ้นมาวัดมวล กราฟในข้อใดแสดงผลการทดลองดังกล่าว

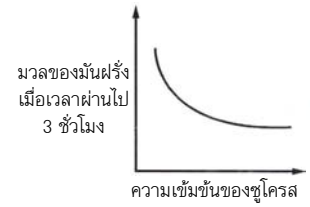
1)



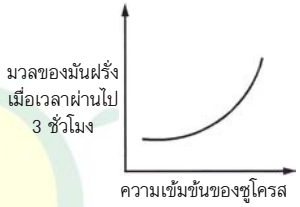
2)



3)



4)



5. นำผิวใบที่ปากใบเปิดอยู่ไปแช่ในสารละลายในข้อใดจึงจะทำให้ปากใบปิด

ก. ไฮเพอร์โทนิก ข. ไฮโพโทนิก ค. ไอโซโทนิก

1) ก. 2) ข. 3) ก. และ ค. 4) ข. และ ค.

6. เซลล์เม็ดเลือดแดงถูกนำไปใส่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีแรงดันออสโมติก**ต่ำกว่า**ภายในเซลล์ ปรากฏว่าฮีโมโกลบินถูกปล่อยออกมาจากเซลล์ ทั้งนี้เป็นเพราะกระบวนการใด

1) แอกทีฟทรานสปอร์ต 2) เอกโซไซโทซิส
3) การแพร่แบบฟาซิลิเทต 4) เซลล์แตก

7. ในกระบวนการสร้างกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการย่อยอาหารของกระเพาะ ATP จะถูกนำมาใช้ในการลำเลียงไฮโดรเจนไอออน (H^+) ออกจากเลือดที่มาหล่อเลี้ยงผนังด้านในของกระเพาะอาหาร ข้อมูลข้างต้นเป็นตัวอย่างของอะไร

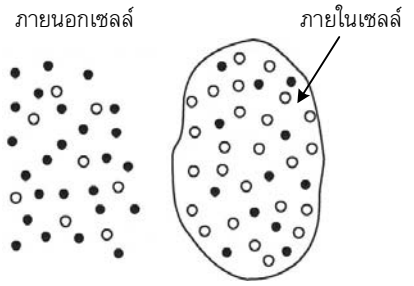
1) แอกทีฟทรานสปอร์ต 2) พาสซีฟทรานสปอร์ต
3) การแพร่แบบฟาซิลิเทต 4) เอกโซไซโทซิส

8. พารามีเซียมมีลักษณะดังภาพ

พารามีเซียมอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ ซึ่งน้ำจะเคลื่อนที่เข้าไปภายในเซลล์ของพารามีเซียมตลอดเวลา พารามีเซียมจะใช้แวคิวโอลชนิดพิเศษในการปั๊มน้ำบางส่วนออกจากเซลล์ กระบวนการที่ใช้ในการปั๊มน้ำส่วนเกินออกจากเซลล์คืออะไร

1) ออสโมซิส 2) การแพร่ 3) แอกทีฟทรานสปอร์ต 4) การแพร่แบบฟาซิลิเทต

9. ภาพแสดงโมเดลจำลองเยื่อเลือกผ่านของเซลล์ และความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์และภายนอกเซลล์



สัญลักษณ์
● = โมเลกุลของตัวละลาย
○ = โมเลกุลของน้ำ

ข้อความใดกล่าวถึงการเคลื่อนที่ของโมเลกุลได้**ถูกต้อง**

1) โมเลกุลน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากเซลล์
2) โมเลกุลน้ำจะเคลื่อนที่เข้าไปภายในเซลล์
3) โมเลกุลของตัวละลายและโมเลกุลน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากเซลล์
4) โมเลกุลของตัวละลายและโมเลกุลน้ำจะเคลื่อนที่เข้าไปภายในเซลล์

10. ข้อใดเป็นตัวอย่างของออสโมซิส

1) เอนไซม์ในระบบย่อยอาหารถูกหลั่งเข้าสู่ช่องว่างภายในลำไส้เล็ก
2) เม็ดเลือดขาวกินจุลินทรีย์และซากเซลล์ที่ตายแล้วตรงบริเวณที่มีการติดเชื้อ
3) แคลเซียมไอออนถูกปั๊มเข้าสู่ภายในเซลล์กล้ามเนื้อหลังจากกล้ามเนื้อหดตัวอย่างสมบูรณ์
4) น้ำเคลื่อนที่ออกจากท่อของหน่วยไตเพื่อตอบสนองต่อของเหลวไฮเพอร์โทนิกที่อยู่รอบๆ ท่อ

11. ข้อใดเกี่ยวข้องกับแอกทีฟทรานสปอร์ต

1) คาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ใบพืชผ่านทางปากใบ
2) ไอออนของแร่ธาตุถูกนำเข้าสู่เซลล์ขนราก
3) ไอออนของแร่ธาตุลำเลียงไปตามเวสเซลของไซเล็ม
4) น้ำเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ในเนื้อเยื่อมีโซฟิลล์

12. ข้อใดระบุการเคลื่อนที่ของโซเดียมไอออน และโพแทสเซียมไอออนในขณะเกิดโซเดียม-โพแทสเซียมปั๊มได้**ถูกต้อง**

	โพแทสเซียมไอออน	โซเดียมไอออน
1)	เข้าในเซลล์	ออกจากเซลล์
2)	เข้าในเซลล์	เข้าในเซลล์
3)	ออกจากเซลล์	เข้าในเซลล์
4)	ออกจากเซลล์	ออกจากเซลล์

13. การลำเลียงสารเข้าออกเซลล์วิธีใด**ไม่เกี่ยวข้อง**กับโปรตีนที่เยื่อหุ้มเซลล์

1) แอกทีฟทรานสปอร์ต
2) การแพร่แบบฟาซิลิเทต
3) ฟาโกไซโทซิส
4) โซเดียม-โพแทสเซียมปั๊ม

14. ภาพด้านล่างแสดงเซลล์พืชในน้ำประปาที่ส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

ภาพใดแสดงสภาพของเซลล์หลังจากนำไปแช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 15% 5 นาที

1) 2) 3) 4)

15. ถ้าไข่กบถูกนำจากน้ำจืดในสระไปไว้ในน้ำทะเลแล้วจะเกิดอะไรขึ้น

1) น้ำจะออกจากเซลล์ไข่ 2) เกลือจะออกจากเซลล์ไข่
3) น้ำไม่เข้าและไม่ออกจากเซลล์ไข่ 4) เซลล์ไข่จะแตก

16. นักวิทยาศาสตร์ใส่สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวลงในสารละลายไฮโพโทนิกเมื่อเทียบกับภายในเซลล์ เขาสังเกตพบว่าเซลล์แตกอย่างรวดเร็ว เซลล์ดังกล่าวน่าจะเป็นเซลล์ของสิ่งมีชีวิตประเภทใด

1) แบคทีเรีย 2) สัตว์ 3) ไวรัส 4) พืช

ตอนที่ 3 : การรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต

3.1 การรักษาดุลยภาพของน้ำและสารต่างๆ ภายในร่างกาย

1. เหตุใดขณะที่นอนหลับตอนกลางคืน ไตจึงทำหน้าที่กรองและขับปัสสาวะออกมาได้**น้อยกว่า**ขณะทำงานตอนกลางวัน

1) มีอัตราการหายใจต่ำกว่ากลางวัน 2) มีความดันโลหิตต่ำกว่าขณะตื่น
3) มี CO_2 ในเลือดน้อยกว่า 4) ร่างกายขับเกลือแร่ออกมาได้น้อยกว่า

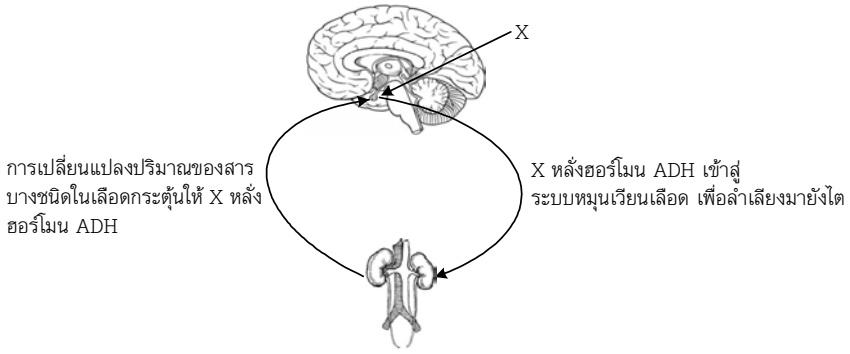
2. คนที่ดื่มเบียร์มักจะปัสสาวะ**บ่อยกว่า**ปกติเนื่องจากสาเหตุใด

1) แอลกอฮอล์มีผลไปห้ามการหลั่งฮอร์โมนออกซีโทซิน แต่ไปกระตุ้นการหลั่งวาโซเพรสซิน
2) แอลกอฮอล์มีผลไปกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนออกซีโทซินและวาโซเพรสซิน
3) แอลกอฮอล์มีผลไปห้ามการหลั่งฮอร์โมนแอนติไดยูเรติกของต่อมใต้สมองส่วนหลัง
4) แอลกอฮอล์มีผลไปยับยั้งการหลั่งฮอร์โมน ADH ของหน่วยไต

3. คนที่ดื่มเบียร์มากจะปัสสาวะบ่อยและปริมาณมากเป็นเพราะเหตุใด

1) ร่างกายสร้างแอลโดสเทอโรนมากขึ้น 2) แรงดันเลือดเพิ่มมากขึ้น
3) ร่างกายลดการหลั่งฮอร์โมนแอนติไดยูเรติก 4) ท่อหน่วยไตส่วนต้นดูดน้ำกลับมากขึ้น

พิจารณาภาพแสดงกลไกการรักษาสมดุลของน้ำในร่างกายของมนุษย์ แล้วตอบคำถาม ข้อ 4-5



4. X คืออวัยวะใด

1) Salivary Gland 2) Pituitary Gland 3) Thyroid Gland 4) Prostate Gland

5. สภาวะใดของร่างกายที่จะไปกระตุ้นให้ร่างกายหลั่ง ADH เข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด

1) ความดันเลือดต่ำ
2) ปริมาณน้ำในเลือดมาก
3) ปริมาณกลูโคสในเลือดมาก
4) ปริมาณกลูโคสในเลือดน้อย

6. ถ้าร่างกายของเราปกติ**ไม่ควร**พบกลูโคสในโครงสร้างใดของหน่วยไต

1) โกลเมอรูลัส 2) โบว์แมนแคปซูล 3) ท่อหน่วยไตส่วนต้น 4) ท่อรวม

7. ข้อใดเป็นผลจากการขับโฮโดรเจนไอออน (H^+) ออกไปพร้อมกับปัสสาวะ

1) pH ของเลือดลดลง
2) pH ของเลือดเพิ่มขึ้น
3) มีการหลั่งแอลโดสเทอโรน
4) มีการหลั่งแอนติไดยูเรติกฮอร์โมน

3.2 การรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

1. ข้อใดเป็นลักษณะร่วมในการควบคุมสมดุลน้ำในร่างกายของปลาน้ำจืดและปลาทะเล

ก. สูญเสียน้ำทางเหงือก
ข. ได้รับเกลือทางเหงือก
ค. ปัสสาวะมีปริมาณมาก
ง. น้ำเข้าสู่ร่างกายเพิ่มขึ้นจากอาหารที่กิน
จ. ไม่ดื่มน้ำ

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

2. เหงือกปลานอกจากจะมีบทบาทในการแลกเปลี่ยนแก๊สแล้วยังมีหน้าที่ดังข้อใด

1) กำจัดกรดยูริก
2) ควบคุมปริมาณเกลือในเลือด
3) ควบคุมปริมาณน้ำในเลือด
4) ควบคุมอุณหภูมิร่างกาย

3. ปลาอินทรีมีวิธีรักษาสภาพสมดุลของเหลวในร่างกายอย่างไร

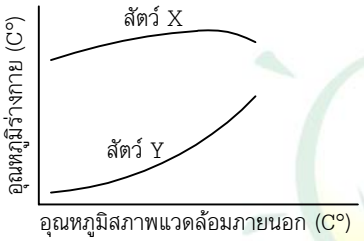
1) เคลื่อนย้ายทั้งน้ำและเกลือแร่เข้าสู่ร่างกาย
2) กำจัดน้ำออกจากร่างกายแต่รักษาเกลือแร่ไว้
3) กำจัดทั้งน้ำและเกลือแร่ส่วนเกินออกจากร่างกาย
4) กลืนน้ำเข้าร่างกายและกำจัดเกลือแร่ส่วนเกินออกจากร่างกาย

3.3 การรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิร่างกาย

1. อากาศร้อนกลางเดือนเมษายน เราจะรู้สึกกระสับกระส่ายและอึดอัดเป็นเพราะเหตุใด
1) อุณหภมิในร่างกายจะสูงขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในร่างกายเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ
2) อุณหภูมิที่สูงมักมีความชื้นของอากาศสูงด้วย ร่างกายจึงระบายความร้อนได้ไม่ดี
3) มีกลูโคสในเลือดเพิ่มสูงขึ้น ทำให้รู้สึกอึดอัด
4) อุณหภูมิภายนอกเป็นปัจจัยสำคัญไปกระตุ้นให้ร่างกายผลิตฮอร์โมนเกี่ยวกับเมแทบอลิซึมเพิ่มมากขึ้น

2. ข้อใดเป็นวิธีการระบายความร้อนออกจากร่างกาย
1) การหดตัวของกล้ามเนื้อบริเวณโคนขน
2) การลดอัตราการหายใจ
3) การขยายตัวของหลอดเลือดบริเวณผิวหนัง
4) การเพิ่มอัตราเมแทบอลิซึมของร่างกาย

3.



สัตว์ในข้อใดมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสอดคล้องกับสัตว์ X

ก. ปลาโลมา ข. จระเข้
ค. ปลาวาฬ ง. ปลาดุก
จ. ปลาพะยูน

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

4. ร่างกายของสัตว์เลือดอุ่น เช่น นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ถูกรักษาให้คงที่โดยระบบประสาทอัตโนวัติซึ่งศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายอยู่ที่ใด
1) หัวใจ 2) ต่อมใต้สมอง 3) ไฮโพทาลามัส 4) กล้ามเนื้อและผิวหนัง

5. ข้อใด**ไม่**เป็นการรักษาสมดุลของร่างกาย
1) ผิวหนังของพยาธิไส้เดือนผลิตสารเคลือบป้องกันสภาพความเป็นกรดเบสได้
2) คิวติเคิลของไส้เดือนดินป้องกันการเข้าออกของน้ำผ่านทางผิวลำตัว
3) แมวน้ำมีไขมันอยู่ในชั้นใต้ผิวหนังจึงดำรงชีวิตอยู่ในบริเวณขั้วโลกได้
4) งูมีผิวหนังเป็นเกล็ด ช่วยรักษาอุณหภูมิของร่างกาย

ตอนที่ 4 : ภูมิคุ้มกันร่างกาย

1. จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogen) ส่วนใหญ่มักจะ**ไม่**ทำให้เราเป็นโรคเมื่อเรากินเข้าไปพร้อมอาหารเพราะเหตุใด
1) มันถูกทำลายโดยกรดและเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร
2) มันทำให้เราอาเจียนออกมาทุกครั้งที่กินเข้าไป
3) เม็ดเลือดขาวกำจัดมันออกจากระบบย่อยอาหาร
4) มันถูกทำลายโดยแอนติไบโอติกในลำไส้เล็ก

2. ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**เกี่ยวกับระบบน้ำเหลือง
1) ควบคุมการแข็งตัวของเลือด
2) มีเม็ดเลือดแดงเป็นส่วนประกอบ
3) ประกอบด้วยท่อน้ำเหลืองที่มีผนังหนา
4) มีฟาโกไซต์เป็นส่วนประกอบ

3. ข้อใด**เป็นจริง**เกี่ยวกับม้ามในผู้ใหญ่ทั่วไป

ก. สร้างลิมโฟไซต์ ข. สร้างเม็ดเลือดแดง

ค. เป็นแหล่งเก็บเลือดไว้ใช้เมื่อจำเป็น ง. ทำลายเซลล์เม็ดเลือดแดงที่หมดอายุแล้ว

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

4. ข้อใดเป็นหน้าที่ของน้ำเหลือง

ก. ลำเลียงลิพิดจากทางเดินอาหาร

ข. ลำเลียง CO_2 จากเซลล์

ค. ลำเลียงฮีโมโกลบินจากเลือด

ง. ลำเลียงของเหลวส่วนเกินกลับคืนสู่ระบบหมุนเวียนเลือด

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

5. เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ สามารถทำลายแบคทีเรียด้วยวิธีการฟาโกไซโทซิส จึงน่าจะมีออร์แกเนลล์ใดอยู่เป็นจำนวนมาก

1) เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดผิวเรียบ 2) เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดผิวขรุขระ

3) ไลโซโซม 4) ไมโทคอนเดรีย

6. ข้อใดเป็นภูมิคุ้มกันด่านแรกในการกำจัดจุลินทรีย์ที่เข้าสู่ร่างกาย

1) ฟาโกไซโทซิสจุลินทรีย์โดยนิวโทรฟิล 2) ฟาโกไซโทซิสจุลินทรีย์โดยลิมโฟไซต์

3) การสร้างแอนติเจนของลิมโฟไซต์ 4) การสร้างแอนติบอดีของเซลล์เม็ดเลือดขาว

7. เชื้อโรคที่เข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิต ส่วนใหญ่จะถูกดักจับและทำลายในอวัยวะใด

1) ต่อมไทมัส 2) ต่อมน้ำเหลือง 3) ม้าม 4) ไขกระดูก

8. ต่อมใด**ไม่มี**บทบาทเกี่ยวกับการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย

1) ต่อมน้ำลาย 2) ต่อมไขมัน 3) ต่อมเหงื่อ 4) ต่อมไทรอยด์

9. ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่โตเต็มวัย อวัยวะใดที่เป็นแหล่งพัฒนาลิมโฟไซต์ชนิดทีให้เจริญเติบโตเต็มที่

1) ม้าม 2) ไขกระดูก 3) ตับ 4) ต่อมไทมัส

10. การสร้างภูมิคุ้มกันในคน ข้อใด**ถูกต้อง**

ก. การฉีดวัคซีนเพื่อป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ เป็นการสร้างภูมิคุ้มกันแบบภูมิคุ้มกันก่อเอง

ข. การเลี้ยงทารกด้วยน้ำนมแม่ เป็นการให้ภูมิคุ้มกันเทียบได้กับการเล่นกับเพื่อนที่เป็นหวัด

ค. การเป็นโรคหัดตั้งแต่เด็ก เป็นการสร้างภูมิคุ้มกันแบบภูมิคุ้มกันรับมา ทำให้ไม่เป็นโรคนี้อีกตลอดชีวิต

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

11. การเลี้ยงทารกด้วยน้ำนมแม่เป็นการให้ภูมิคุ้มกันแก่ทารกเปรียบเทียบได้กับข้อใด

1) การฉีดวัคซีน 2) การฉีดซีรัม

3) การฉีดทอกซอยด์ 4) การเล่นกับเพื่อนที่เป็นโรคติดต่อ

12. ข้อใดต่อไปนี้จะทำให้มีภูมิคุ้มกันก่อเอง

ก. การติดเชื้อไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่ 2009 จากเพื่อนที่เป็นโรคดังกล่าว

ข. การฉีดเซรุ่มป้องกันพิษงูเมื่อถูกงูกัด

ค. การฉีดวัคซีนป้องกันโรคบาดทะยัก

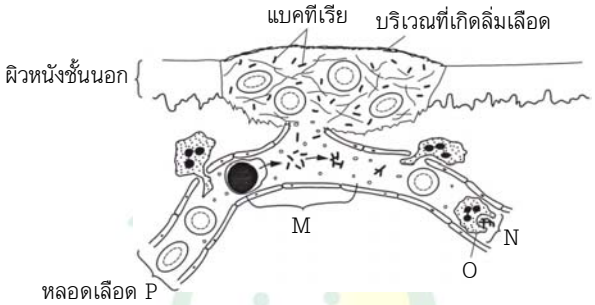
ง. การดื่มน้ำนมจากอกแม่ของทารกแรกเกิด

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

13. การฉีดจุลินทรีย์ที่ถูกฆ่าด้วยความร้อนเข้าไปในร่างกายคนก่อให้เกิดภูมิคุ้มกันดังข้อใด

1) ภูมิคุ้มกันรับมา เพราะเกิดการกระตุ้นให้แมโครฟาจในร่างกายสร้างแอนติบอดี
2) ภูมิคุ้มกันก่อเอง เพราะเป็นการรับแอนติบอดีเข้าสู่ร่างกาย
3) ภูมิคุ้มกันก่อเอง เพราะเกิดการกระตุ้นให้ร่างกายสร้างแอนติบอดีและเมมโมรีเซลล์
4) ภูมิคุ้มกันก่อเอง เพราะเกิดการกระตุ้นให้แมโครฟาจในร่างกายสร้างแอนติบอดี

14. ภาพบริเวณผิวหนังที่เกิดถลอกจากการหกล้ม



กระบวนการกำจัดแบคทีเรียที่บริเวณ N เรียกว่าอย่างไร

1) ฟาโกไซโทซิส 2) เอกโซไซโทซิส 3) การหลั่งแอนติเจน 4) การหลั่งแอนติบอดี

15. สารตัวอย่างใดที่แพทย์จะนำมาตรวจหาว่าคนไข้ติดเชื้อปรสิตมาลาเรียหรือไม่

1) เม็ดเลือดขาว 2) เม็ดเลือดแดง 3) ปัสสาวะ 4) น้ำลาย

16. วัคซีนที่ถูกนำมาใช้ในการต่อต้านจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอาจมีสิ่งใดเป็นส่วนประกอบ

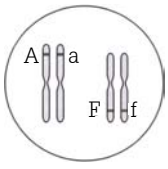
1) เซลล์เม็ดเลือดขาวบางชนิด
2) เอนไซม์ที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์
3) แอนติบอดีหลายชนิด
4) จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคที่อ่อนฤทธิ์ลง

ตอนที่ 5 : การแบ่งเซลล์

1. ข้อใด**เป็นจริง**เกี่ยวกับระยะอินเตอร์เฟส

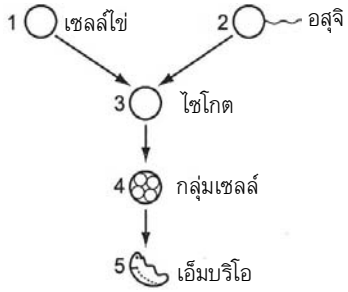
1) โครโมโซมมีลักษณะคล้ายร่างแห
2) เป็นระยะที่เกิดขึ้นในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเท่านั้น
3) เป็นระยะที่เซลล์อยู่ในระยะพักตัว ไม่มีกิจกรรมเมแทบอลิซึม
4) เป็นระยะที่มองไม่เห็นนิวเคลียส เนื่องจากสลายตัวไปจนหมดแล้ว

2. โครโมโซม 2 คู่ ของสิ่งมีชีวิตดิพลอยด์ชนิดหนึ่งในเพศเมียเป็นดังภาพ



ถ้าเกิดไมโอซิสและเกิดการปฏิสนธิ แอลลีลใดที่ลูกมีโอกาสจะได้รับการถ่ายทอดมาจากแม่

1) A และ a 2) F และ f 3) A และ f 4) ข้อ 1) และ 2) ถูก

3. 

แผนภาพแสดงบางระยะของกระบวนการสืบพันธุ์ ระยะใดที่ประกอบด้วยแฮพลอยด์เซลล์

1) 1 และ 2
2) 1 และ 3
3) 3 และ 4
4) 4 และ 5

4. ข้อใดกล่าวถึงบทบาทของไมโอซิสในกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้**ถูกต้อง**

1) เพื่อสร้างเซลล์ที่มีโครโมโซมเหมือนและเท่ากับเซลล์เริ่มต้น
2) เพื่อสร้างเซลล์ที่มีปริมาณดีเอ็นเอเพียงครึ่งหนึ่งของเซลล์เริ่มต้น
3) เพื่อรวมดีเอ็นเอของเซลล์ 2 เซลล์ที่มีข้อมูลทางพันธุกรรมต่างกัน
4) เพื่อรวมดีเอ็นเอของเซลล์ 2 เซลล์ที่มีข้อมูลทางพันธุกรรมเหมือนกันทุกประการ

5. เพราะเหตุใดไมโอซิสจึงเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์

1) ไมโอซิสสร้างเซลล์ลูกที่มีโครโมโซมเหมือนกัน
2) ไมโอซิสลดจำนวนมิวเทชันที่จะเกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต
3) ไมโอซิสเกิดกระบวนการครอสซิ่งโอเวอร์ เป็นเหตุให้เกิดยีนลูกผสมใหม่ๆ ขึ้น
4) ไมโอซิสเป็นเหตุให้เกิดลูกที่มีแอลลีลจากเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อหรือแม่ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งเท่านั้น

ตอนที่ 6 : การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1. พืชสปีชีส์ A มีจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกาย 12 แท่ง พืชสปีชีส์ B มีจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกาย 16 แท่ง ถ้านำพืชทั้งสองสปีชีส์มาผสมพันธุ์กันพืชชนิดใหม่ที่เกิดขึ้นจะมีโครโมโซมกี่แท่ง

1) 14 แท่ง 2) 24 แท่ง 3) 28 แท่ง 4) 56 แท่ง

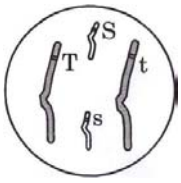
2. ไซโกตของมนุษย์คือเซลล์ 1 เซลล์ที่เกิดจากการปฏิสนธิระหว่างอสุจิและไข่บริเวณท่อนำไข่ของเพศหญิงมีโครโมโซม 46 แท่ง ซึ่งเป็นโครโมโซมที่ได้รับมาจากอสุจิร้อยละเท่าใด

1) 23% 2) 25% 3) 46% 4) 50%

3. เฮเทอโรไซโกตมีความหมาย**ถูกต้องที่สุด**ดังข้อใด

1) หนึ่งโลคัสมีสองแอลลีลที่เหมือนกัน 2) สองโลคัสมีสองแอลลีลที่ต่างกัน
3) หนึ่งโลคัสมีสองแอลลีลที่ต่างกัน 4) สองโลคัสมีสองแอลลีลที่เหมือนกัน

4. ภาพด้านล่างแสดงดิพลอยด์เซลล์ที่มีโฮโมโลกัสโครโมโซม 2 คู่



ถ้าเซลล์นี้เกิดการแบ่งแบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ จีโนไทป์ของเซลล์สืบพันธุ์ที่จะเป็นไปได้คือข้อใด

1) SsTt 2) Ss, Tt 3) S, s, T, t 4) ST, St, sT, st

5. ลักษณะที่สามารถสังเกตได้ที่ปรากฏในสิ่งมีชีวิตเป็นผลมาจากพันธุกรรมเรียกว่าอย่างไร

1) แอลลีล 2) จีโนไทป์ 3) ฟีโนไทป์ 4) คาริโอไทป์

6. ในพืชชนิดหนึ่งเมื่อผสมกันระหว่างพันธุ์ที่มีดอกสีม่วงกับดอกสีน้ำเงิน จะได้ลูกดอกสีม่วงและดอกสีน้ำเงินจำนวนเท่าๆ กัน และเมื่อผสมกันระหว่างดอกสีน้ำเงินกับดอกสีน้ำเงิน ลูกที่ได้จะมีดอกสีน้ำเงินทั้งหมด จีโนไทป์ของพืชชนิดนี้เป็นดังข้อใด

1) ดอกสีม่วงเป็นลักษณะเด่นแบบโฮโมไซกัส ดอกสีน้ำเงินเป็นลักษณะด้อยแบบโฮโมไซกัส
2) ดอกสีม่วงเป็นลักษณะด้อยแบบโฮโมไซกัส ดอกสีน้ำเงินเป็นลักษณะเด่นแบบโฮโมไซกัส
3) ดอกสีม่วงเป็นเฮเทอโรไซกัส ดอกสีน้ำเงินเป็นลักษณะเด่นแบบโฮโมไซกัส
4) ดอกสีม่วงเป็นเฮเทอโรไซกัส ดอกสีน้ำเงินเป็นลักษณะด้อยแบบโฮโมไซกัส

7. ในถั่วลันเตาฝักเรียบเป็นลักษณะเด่นต่อฝักย่น อัตราส่วนจีโนไทป์ของลูกที่จะเกิดขึ้นเมื่อผสมถั่วลันเตาฝักเรียบโฮโมไซกัสและฝักย่นจะเป็นดังข้อใด

1) 4 RR : 0 Rr : 0 rr 2) 0 RR : 4 Rr : 0 rr 3) 0 RR : 0 Rr : 4 rr 4) 1 RR : 2 Rr : 1 rr

8. เมื่อผสมวัวขนสีแดงกับวัวพันธุ์เดียวกันขนสีขาว ลูกที่มีขนสีแดงและสีขาวอยู่ในตัวเดียวกันจะเรียกว่า สีสวาด (Roan) ถ้าวัวตัวเมียขนสีสวาดผสมกับวัวตัวผู้ขนสีแดง อัตราส่วนฟีโนไทป์ของลูกจะเป็นเท่าใด

1) ลูกทั้งหมดขนสีแดง
2) ลูกทั้งหมดขนสีสวาด
3) 1 ขนสีแดง : 1 ขนสีสวาด
4) 3 ขนสีแดง : 1 ขนสีสวาด

9. ลักษณะนิ้วหัวแม่มือโค้งงอไปด้านหลังได้ดังภาพเป็นลักษณะด้อย และลักษณะที่นิ้วหัวแม่มือโค้งงอ**ไม่ได้**เป็นลักษณะเด่น ผู้หญิงที่นิ้วหัวแม่มือโค้งงอไปด้านหลังได้แต่งงานกับชายที่นิ้วหัวแม่มือโค้งงอไปทางด้านหลัง**ไม่ได้**เฮเทอโรไซกัส ข้อใดเป็นอัตราส่วนจีโนไทป์ของลูกที่จะเกิดขึ้น

1) 0% Hh : 100% hh 2) 50% Hh : 50% hh 3) 75% Hh : 25% hh 4) 100% Hh : 0% hh

10. ถั่วลันเตามีลักษณะเมล็ดอยู่ 2 แบบ คือ เมล็ดกลม และเมล็ดย่น ในการผสมถั่วลันเตาที่มีจีโนไทป์ดังตารางพันเน็ทท์ (Punnett Square) อัตราส่วนฟีโนไทป์ของลูกจะเป็นดังข้อใด

ตารางพันเน็ทท์

	R	R
R		
r		

1) 50% RR และ 50% Rr
2) 25% RR, 50% Rr, และ 25% rr
3) 50% เมล็ดกลม และ 50% เมล็ดย่น
4) 100% เมล็ดกลม

11. ข้อใดเป็นลักษณะเด่นในมนุษย์

1) เลือดหมู่ O 2) เลือดหมู่ Rh^+ 3) ผิวเผือก 4) ตาบอดสี

12. ยีนที่ทำให้เกิดโรคฮีโมฟิเลียเป็นยีนด้อยบนโครโมโซม X หากครอบครัวหนึ่งมีแม่เป็นฮีโมฟิเลียและพ่อมีลักษณะเป็นปกติ ข้อใด**ถูกต้อง**

1) พ่ออาจเป็นพาหะของโรคฮีโมฟิเลีย 2) ลูกชายทุกคนจะเป็นโรคฮีโมฟิเลีย
3) ลูกสาวทุกคนจะเป็นโรคฮีโมฟิเลีย 4) ลูกชายทุกคนอาจเป็นพาหะของโรคฮีโมฟิเลีย

13. ชายผู้หนึ่งเป็นโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบชนิดดูเชนน์ ซึ่งเป็นลักษณะที่เกี่ยวเนื่องกับโครโมโซมเพศ อยากทราบว่าชายคนนี้มีแนวโน้มได้รับการถ่ายทอดลักษณะนี้มาจากใคร

1) พ่อ 2) ปู่ 3) ตา 4) ย่า

14. ในหอยแมลงภู่สีน้ำตาลเป็นลักษณะเด่นถูกควบคุมโดยแอลลีล B และสีน้ำเงินเป็นลักษณะด้อยถูกควบคุมโดยแอลลีล b ถ้าหอยแมลงภู่สีน้ำเงินมีพ่อและแม่สีน้ำตาล โอกาสที่หอยแมลงภู่สีน้ำตาลที่เป็นพ่อแม่จะให้ลูกสีน้ำเงินมีเท่าใด

1) 100% 2) 75% 3) 50% 4) 25%

15. ยีนเอและยีนบีควบคุมลักษณะที่**ต่างกัน**อยู่บนโครโมโซม**ต่างแท่งกัน** ถ้าผสมสิ่งมีชีวิตที่มีจีโนไทป์ AaBb กับ aabb โอกาสที่ลูกจะมีจีโนไทป์เป็น aabb เป็นเท่าใด

1) 0 2) 0.50 3) 0.25 4) 0.125

16. สีแดงของดอกกุหลาบเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ต่อสีขาว เมื่อนำกุหลาบดอกสีแดงผสมกับกุหลาบดอกสีขาวจะได้ลูกที่มีดอกสีชมพู ถ้านำกุหลาบดอกสีชมพูผสมกับกุหลาบดอกสีขาว โอกาสที่จะได้กุหลาบดอกสีแดงมีเท่าใด

1) 100% 2) 75% 3) 25% 4) 0%

17. ลักษณะเมล็ดกลมเรียบของถั่วสายพันธุ์หนึ่งเป็นลักษณะเด่นต่อลักษณะเมล็ดขรุขระ และลักษณะเมล็ดสีเขียวเป็นลักษณะเด่นต่อเมล็ดสีเหลือง ถ้านำถั่วสายพันธุ์ดังกล่าวที่มีจีโนไทป์แบบเฮเทอโรไซกัสมาผสมกัน โอกาสที่จะได้ลูกเมล็ดขรุขระสีเขียวมีเท่าใด

1) $\frac{1}{16}$ 2) $\frac{3}{16}$ 3) $\frac{4}{16}$ 4) $\frac{9}{16}$

18. แพทย์แจ้งให้หญิงตั้งครรภ์รายหนึ่งทราบว่าลูกของเธอมีโอกาสที่จะมีเลือดหมู่ A หรือหมู่ AB เท่านั้น แสดงว่าจีโนไทป์ของเธอและสามีเป็นดังข้อใด ตามลำดับ

1) I^AI^A และ I^Bi 2) I^AI^B และ I^Bi 3) I^Ai และ I^BI^B 4) I^AI^B และ I^Ai

19. พ่อ–แม่คู่ใดที่มีโอกาสมีลูกเลือดหมู่ O

1) พ่อเลือดหมู่ AB และแม่เลือดหมู่ A
2) พ่อเลือดหมู่ AB และแม่เลือดหมู่ O
3) พ่อเลือดหมู่ O และแม่เลือดหมู่ A โฮโมไซกัส
4) พ่อเลือดหมู่ A เฮเทอโรไซกัส และแม่เลือดหมู่ B เฮเทอโรไซกัส

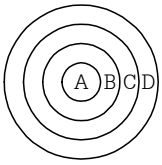
20. ยีนควบคุมตาบอดสีแดง-เขียวเป็นยีนด้อยและมักจะแสดงออกในเพศชาย**มากกว่า**เพศหญิง ยีนดังกล่าวอยู่ที่ใด

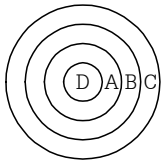
1) อยู่บนออโตโซม 2) บนโครโมโซม Y
3) บนโครโมโซม X 4) อยู่ทั้งบนโครโมโซม Y และ โครโมโซม X

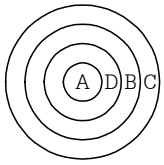
21. แผนภาพในข้อใดที่แสดงความสัมพันธ์ของ 4 สิ่งต่อไปนี้ได้**ถูกต้อง**

A – โครโมโซม B – นิวเคลียส C – เซลล์ D – ยีน

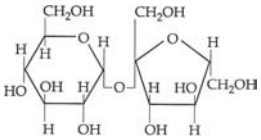
1)

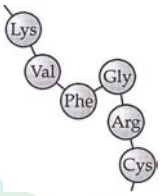
2) 

3) 

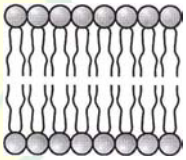
4) 

22. โมเลกุลในข้อใดมีข้อมูลทางพันธุกรรม

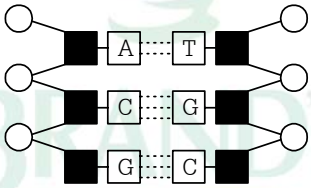
1) 

2) 

3)

4) 

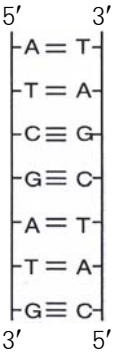
23. ภาพโครงสร้างส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ

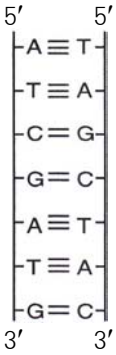


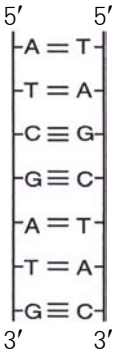
สัญลักษณ์ ■ และ ○ คืออะไร ตามลำดับ

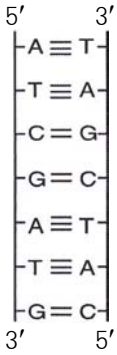
1) ฟอสเฟตและเบส
2) ฟอสเฟตและนิวคลีโอไทด์
3) น้ำตาลและเบส
4) น้ำตาลและฟอสเฟต

24. ภาพใดแสดงพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายที่เป็นส่วนประกอบของโมเลกุลดีเอ็นเอในข้อใด**ถูกต้อง**

1) 

2) 

3) 

4) 

25. โมเลกุลของสารใดจะสร้างพันธะเชื่อมต่อกันเป็นสายดีเอ็นเอ

1) กรดอะมิโน 2) นิวคลีโอไทด์ 3) พอลิแซ็กคาไรด์ 4) อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต

26. น้ำตาลชนิดใดที่เป็นองค์ประกอบของดีเอ็นเอ

1) ไรโบส 2) กลูโคส 3) เพนโทส 4) เฮกโซส

27. น้ำตาล, หมู่ฟอสเฟต และไนโตรจีนัสเบส เป็นองค์ประกอบของสารใด

1) คาร์โบไฮเดรต 2) ลิพิด 3) นิวคลีโอไทด์ 4) โปรตีน

28. RNA และ DNA เป็นสารชีวโมเลกุลประเภทใด

1) คาร์โบไฮเดรต 2) ลิพิด 3) โปรตีน 4) กรดนิวคลีอิก

29. สารพันธุกรรม (Genetic Material) เป็นสารประเภทใด

1) โปรตีน 2) คาร์โบไฮเดรต 3) กรดนิวคลีอิก 4) โมโนแซ็กคาไรด์

30. ลักษณะในข้อใดที่ทำให้โมเลกุลของดีเอ็นเอมีความหลากหลาย

1) การมีโครงสร้างเป็นสายเกลียวคู่
2) การมีคู่สมระหว่างเบสเพียวรีนและเบสไพริมิดีน
3) การจัดเรียงตัวของโมเลกุลน้ำตาลและหมู่ฟอสเฟต
4) การเรียงลำดับเบสบนสายนิวคลีโอไทด์ที่เป็นส่วนประกอบของดีเอ็นเอ

31. เซลล์ของสิ่งมีชีวิตถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมไปยังเซลล์รุ่นลูกที่เกิดขึ้นในรูปใด

1) น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2) โมเลกุลของโปรตีนที่มีลักษณะขดไปขดมา
3) ลำดับของเบส A, T, C และ G 4) ATP ที่เกิดจากการทำงานของไมโทคอนเดรีย

32. สิ่งใดต่อไปนี้ถูกกำหนดโดย DNA

1) ปริมาณของโปรตีนที่แต่ละบุคคลต้องการ 2) สารที่ต้องใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน
3) ลำดับกรดอะมิโนในโมเลกุลของโปรตีน 4) ตำแหน่งที่มีการสังเคราะห์โปรตีน

33. โครโมโซมคืออะไร

1) โมเลกุลขนาดใหญ่มีหน้าที่เพียงหน้าที่เดียว 2) สายยาวของกลูโคสที่มีลักษณะขดไปขดมา
3) เซลล์สืบพันธุ์ที่มีเบสเป็นองค์ประกอบ 4) สายขดของสารพันธุกรรม

34. มิวเทชัน (Mutation) ที่เกิดขึ้นกับสิ่งใดต่อไปนี้จะถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้

1) เลือด 2) เซลล์ไข่ 3) เซลล์สมอง 4) เซลล์ร่างกายทุกชนิด

35. มิวเทชันในข้อใดที่สามารถถ่ายทอดไปยังลูกได้

1) รังสีอัลตราไวโอเลตทำลายเซลล์ผิวหนัง
2) การแทนที่เบสในเซลล์สืบพันธุ์ในระหว่างไมโอซิส
3) เซลล์ปอดที่ผิดปกติเกิดขึ้นเนื่องจากสารพิษในบุหรี่
4) การหักออกเป็นส่วนๆ ของโครโมโซมในนิวเคลียสของเซลล์ตับ

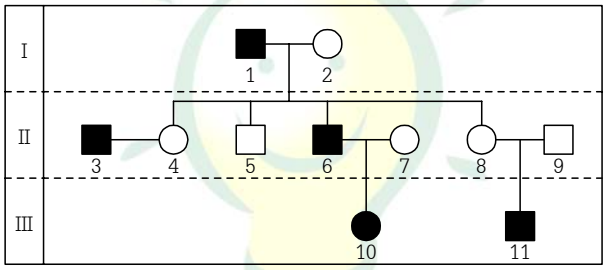
36. มิวเทชันก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของยีนในเซลล์กระเพาะอาหารของสิ่งมีชีวิต มิวเทชันนี้จะเป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับสิ่งมีชีวิตตัวใด

1) สิ่งมีชีวิตตัวนั้น และถ่ายทอดมิวเทชันนั้นไปยังรุ่นลูก
2) สิ่งมีชีวิตตัวนั้น แต่ไม่ถ่ายทอดไปยังรุ่นลูก
3) ไม่เกิดกับสิ่งมีชีวิตตัวนั้น แต่จะถ่ายทอดไปยังรุ่นลูก
4) ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในสิ่งมีชีวิตตัวนั้นและรุ่นลูก

37. คนที่เป็นดาวน์ซินโดรมมีโครโมโซม 47 แท่งในแต่ละเซลล์ที่เป็นส่วนประกอบของร่างกาย ทั้งนี้เป็นเพราะเหตุใด

1) มิวเทชันเกิดขึ้นระหว่างการผลิตเซลล์ไข่
2) มีสเปิร์มมากกว่า 1 ตัวรวมตัวกับเซลล์ไข่ 1 เซลล์ในกระบวนการปฏิสนธิ
3) รังสีบางชนิดเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนโครงสร้างยีนในสเปิร์มของพ่อ
4) แม่ได้รับสารเคมีที่เป็นอันตรายในขณะที่ตั้งครรภ์

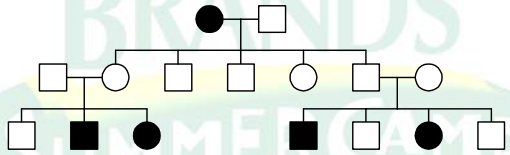
38. เพดิกรีด้านล่างแสดงการถ่ายทอดโรคทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมโดยยีนด้อยบนโครโมโซมเพศ



ข้อใดคือจีโนไทป์ของบุคคลที่ 6

1) X^HX^H 2) X^HX^h 3) X^HY 4) X^hY

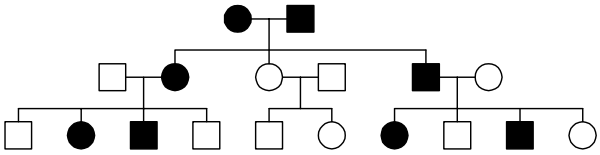
39. เพดิกรีด้านล่างแสดงการถ่ายทอดลักษณะความผิดปกติของเลือดในครอบครัวหนึ่ง



กลไกการควบคุมลักษณะดังกล่าวเป็นแบบใด

1) ลักษณะเด่นบนโครโมโซม X
2) ลักษณะด้อยบนโครโมโซม X
3) ลักษณะเด่นบนออโตโซม
4) ลักษณะด้อยบนออโตโซม

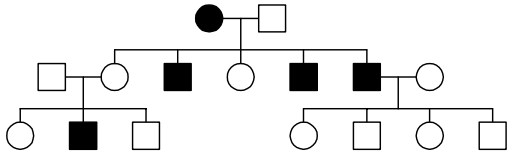
40. ภาพด้านล่างแสดงเพดิกรีการถ่ายทอดลักษณะผิดปกติในมนุษย์



จากเพดิกรีข้างต้นกลไกควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมดังกล่าวเป็นแบบใด

1) ยีนเด่นบนออโตโซม
2) ยีนด้อยบนออโตโซม
3) ยีนเด่นบนโครโมโซม X
4) ยีนด้อยบนโครโมโซม X

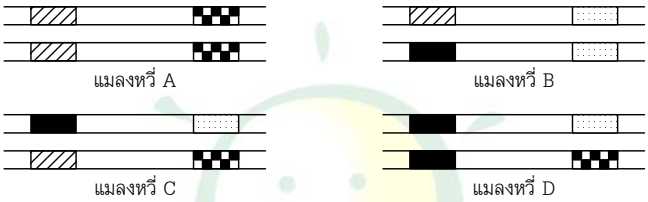
41. เพดิกรีด้านล่างแสดงการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นความผิดปกติของกล้ามเนื้อในครอบครัวหนึ่ง



กลไกการควบคุมลักษณะดังกล่าวเป็นดังข้อใด

1) ยีนเด่นบนออโตโซม
2) ยีนด้อยบนออโตโซม
3) ยีนเด่นบนโครโมโซม X
4) ยีนด้อยบนโครโมโซม X

42. ภาพแสดงตำแหน่งเดียวกันของโฮโมโลกัสโครโมโซมที่พบในแมลงหวี่สปีชีส์หนึ่งจำนวน 4 ตัว



▨ แทน **ยีนเด่น**ควบคุมการมีแถบสีดำบนลำตัว
■ แทน **ยีนด้อย**ควบคุมการไม่มีแถบสีดำบนลำตัว
▭ แทน **ยีนเด่น**ควบคุมลักษณะหนวดปกติ
▪ แทน **ยีนด้อย**ควบคุมลักษณะหนวดผิดปกติ

แมลงหวี่ตัวใดที่ลำตัวมีแถบสีดำและหนวดผิดปกติ

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

43. ฝ้าย Bt เป็นพืชดัดต่อพันธุกรรม Bt ย่อมาจากคำใด

1) *Biotechnology*
2) *Beta*
3) *Bacillus thurungiensis*
4) *Botanical*

ตอนที่ 7 : ความหลากหลายทางชีวภาพ

1. ข้อใด**ไม่ใช่**ลักษณะของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

1) พบทั้งชนิดที่เป็นเซลล์เดียวและหลายเซลล์ต่อกันเป็นสาย
2) มีรงควัตถุทั้งสีเขียวและสีน้ำเงินในคลอโรพลาสต์
3) บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้
4) บางชนิดมีโปรตีนสูงมาก สามารถใช้เป็นอาหารได้ดี

2. ข้อใดเป็นลักษณะของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

ก. มีออร์แกเนลล์สำหรับสังเคราะห์ด้วยแสง
ข. ไม่มีออร์แกเนลล์สำหรับสร้าง ATP
ค. บางชนิดสามารถตรึงแก๊สไนโตรเจนจากอากาศได้
ง. สร้างเซลล์สืบพันธุ์โดยใช้การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
จ. ผนังเซลล์ประกอบด้วยสารเซลลูโลสและลิกนิน

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

3. ข้อใดเป็นลักษณะร่วมกันระหว่างพารามีเซียม, ยีสต์ และสไปโรไจรา

1) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว
2) มีผนังเซลล์
3) มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส
4) มีฟูดแวคิวโอล

4. ไรโซเบียม, นอสตอก และแอนาบีนาทำกิจกรรมใดได้เหมือนกัน

ก. ตรึงไนโตรเจน
ข. ย่อยสลายสารในระบบนิเวศ
ค. สังเคราะห์ด้วยแสง

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

5. นักอนุกรมวิธานพบสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งในขณะที่เดินทางเข้าไปในป่าฝนเขตร้อน ทำการตรวจสอบพื้นฐานพบว่าสิ่งมีชีวิตชนิดนี้มีไคทินเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ และได้รับสารอาหารโดยการดูดซึม สิ่งมีชีวิตนี้น่าจะอยู่ในอาณาจักรใด

1) โพรทิสตา
2) แบคทีเรีย
3) ฟังไจ
4) พืช

6. สิ่งมีชีวิตจำพวกยูคาริโอต มีหลายเซลล์ สร้างอาหารเอง**ไม่ได้** และมีผนังเซลล์จัดอยู่ในอาณาจักรใด

1) สัตว์
2) ฟังไจ
3) พืช
4) โพรทิสตา

7. สิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้มีเส้นใยยาวๆ เป็นร่างกาย เซลล์มีนิวเคลียส และบางชนิดผลิตแอนติไบโอติกได้ สิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้คืออะไร

1) แบคทีเรีย
2) ฟังไจ
3) พืช
4) ไวรัส

8. ลักษณะใดของไวรัสที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด

1) ขนาดเล็กมากต้องมองด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน
2) ไม่มีนิวเคลียส
3) มีกรดนิวคลีอิกเป็นองค์ประกอบ
4) ต้องการเข้าไปอยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น

9. คีย์ (key) จำแนกประเภทของสิ่งมีชีวิต

1. มีผนังเซลล์.....2
   ไม่มีผนังเซลล์.....3
2. ผนังเซลล์ประกอบด้วยไคทิน.....สิ่งมีชีวิต A
   ผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส.....สิ่งมีชีวิต B
3. มีโปรตีนหุ้ม.....สิ่งมีชีวิต C
   มีเยื่อหุ้มเซลล์.....สิ่งมีชีวิต D

จากการศึกษาคีย์ดังกล่าว สิ่งมีชีวิตใดคือไวรัส

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

10. ข้อใดต่อไปนี้ระบุสิ่งมีชีวิตที่ก่อให้เกิดโรคได้**ถูกต้องที่สุด**

	อหิวาตกโรค	**มาลาเรีย**	**วัณโรค**
1)	แบคทีเรีย	ยุง	ไวรัส
2)	แบคทีเรีย	โพรโทซัว	แบคทีเรีย
3)	ไวรัส	ยุง	ไวรัส
4)	ไวรัส	โพรโทซัว	แบคทีเรีย

ตอนที่ 8 : สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

1. ข้อใดกล่าวถึงระบบนิเวศ**ไม่ถูกต้อง**

1) มีการถ่ายทอดพลังงานผ่านทางสายใยอาหาร
2) มีการหมุนเวียนพลังงานและแร่ธาตุเป็นวัฏจักร
3) กลุ่มสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กันในทางใดทางหนึ่ง
4) สิ่งมีชีวิตบางชนิดอาจมีได้หลายบทบาทในระบบนิเวศหนึ่งๆ

2. ข้อใด**ไม่เป็นจริง**เกี่ยวกับโซ่อาหาร

1) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตกับผู้บริโภค
2) แสดงภาวะพึ่งพาอาศัยระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ
3) แสดงความสัมพันธ์ด้านการได้รับอาหารในสังคมของสิ่งมีชีวิต
4) แสดงความเกี่ยวข้องระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในสังคมของสิ่งมีชีวิต

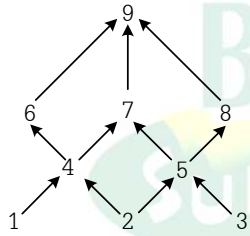
3. ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**เกี่ยวกับการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ

1) พลังงานแสงที่โลกได้รับส่วนใหญ่จะเข้าสู่ผู้ผลิต
2) พลังงานที่ถ่ายทอดในโซ่อาหารอยู่ในรูปพลังงานแสงและความร้อน
3) ระบบนิเวศรับพลังงานแสงได้โดยไม่ผ่านผู้ผลิต
4) ผู้ผลิตจะนำพลังงานแสงที่ได้รับไปใช้ได้เพียง 10% เท่านั้น

4. กลุ่มของสาหร่ายประเภทใดมีบทบาท**มากที่สุด**ในการเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ

1) สาหร่ายสีน้ำตาล
2) สาหร่ายสีเขียว
3) สาหร่ายสีน้ำตาลแกมเหลือง
4) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

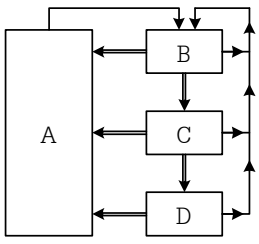
5.



ภาพแสดงสายใยอาหารที่ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิต 9 ชนิด สิ่งมีชีวิตใดเป็น Producer และ Carnivore ตามลำดับ

1) 1 และ 4
2) 2 และ 6
3) 5 และ 8
4) 7 และ 9

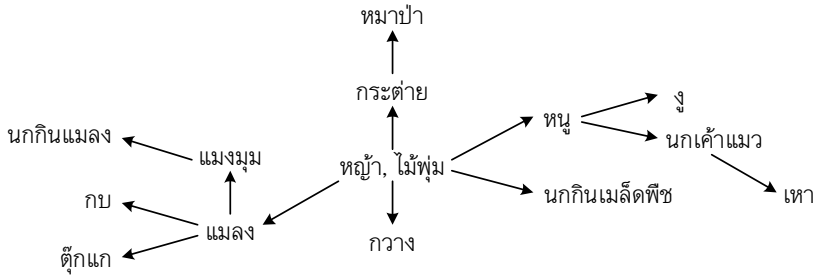
6.



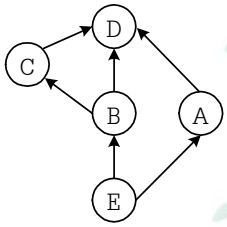
แผนภาพแสดงการไหลเวียนของสารในระบบนิเวศที่สมดุล กล่องสี่เหลี่ยมแต่ละอันแทนลำดับขั้นเชิงอาหาร (Trophic Level) กล่องสี่เหลี่ยมใดคือสิ่งมีชีวิตกินพืช (Herbivores)

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

7. จากแผนภาพด้านล่าง สิ่งมีชีวิตในข้อใดที่ทั้งหมดเป็นผู้บริโภคอันดับที่ 2



1) แมงมุม, งู, กวาง
2) กบ, หมาป่า, นกเค้าแมว
3) หนู, หมาป่า, นกกินแมลง
4) แมงมุม, นกเค้าแมว, นกกินเมล็ดพืช

8. 

จากแผนภาพสายใยอาหารด้านล่าง A และ B จะมีความสัมพันธ์แบบใด

1) Mutualism
2) Competition
3) Commensalism
4) Protocooperation

9. สิ่งมีชีวิตในข้อใดที่มีความสัมพันธ์แบบพึ่งพากัน (Mutualism)

ก. ไรโซเบียมในปมรากถั่ว
ข. สาหร่ายสีเขียวในเนื้อเยื่อปะการัง
ค. ราไมคอร์ไรซาที่เจริญอยู่บนรากของพืชบางชนิด
ง. โปรโตซัวในลำไส้ปลวก

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

10. ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในข้อใดที่คล้ายคลึงกับความสัมพันธ์ระหว่างเห็บกับสุนัข**มากที่สุด**

1) ชายผ้าสีดากับต้นไม้ใหญ่
2) นกเค้าแมวกับสัตว์ที่เป็นเหยื่อ
3) หนอนผีเสื้อกับต้นไม้ที่เป็นอาหาร
4) ปลวกกับสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่อาศัยอยู่ในลำไส้

11. การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตในข้อใดที่**แตกต่าง**จากข้ออื่น**มากที่สุด**

1) โพรโทซัวอาศัยอยู่ในลำไส้ปลวก
2) ผักตบชวาแข่งขันกันแพร่พันธุ์ในสระน้ำ
3) กาฝากขึ้นอยู่บนต้นไม้ใหญ่
4) นกพิราบและนกเขาแย่งกันกินเมล็ดหญ้า

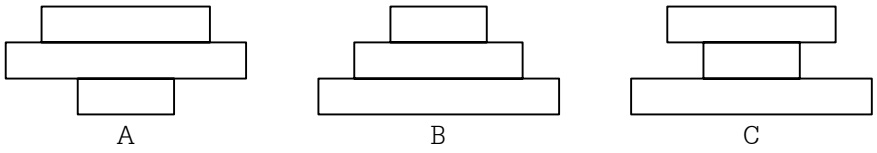
12. ภาวะพึ่งพา (Mutualism) ระหว่างสิ่งมีชีวิต 2 ชนิด เป็นความสัมพันธ์ที่ได้ประโยชน์ร่วมกัน ข้อใดเป็นตัวอย่างของภาวะพึ่งพา

1) สาหร่ายเจริญอยู่บนกระดองเต่า
2) พยาธิตัวแบนที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของแกะ
3) แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้คน
4) หนอนแมลงบนซากกระต่ายที่ตายแล้ว

13. ลักษณะรูปร่างและสีตัวตลอดจนพฤติกรรมที่คล้ายใบไม้ของแมลงที่กินใบไม้เป็นอาหาร เป็นหลักฐานของความสัมพันธ์ทางชีวภาพแบบใด

1) ภาวะพึ่งพา
2) ภาวะเกื้อกูล
3) ภาวะผู้ล่า
4) ภาวะแข่งขันระหว่างสปีชีส์

14. กำหนดพีระมิดจำนวนให้ดังนี้



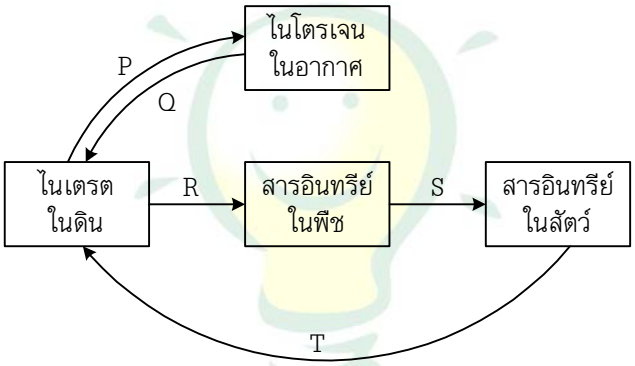
สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ก. และ ข. สอดคล้องกับพีระมิดจำนวนแบบใด

ระบบนิเวศ ก. คือ งูและหนูในนาข้าว

ระบบนิเวศ ข. คือ เต่าทองและเพลี้ยบนต้นน้อยหน่า

1) ก – A, ข – B 2) ก – A, ข – C 3) ก – B, ข – A 4) ก – B, ข – C

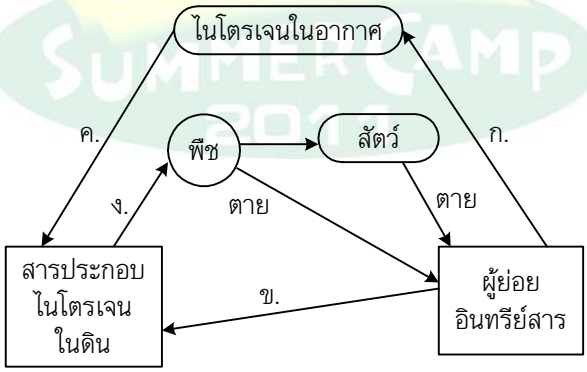
15. แผนภาพส่วนหนึ่งของวัฏจักรไนโตรเจน



ขั้นตอนใดเกี่ยวข้องกับแบคทีเรีย

1) P, Q, และ T 2) P, R, และ S 3) Q, S, และ T 4) R, S, และ T

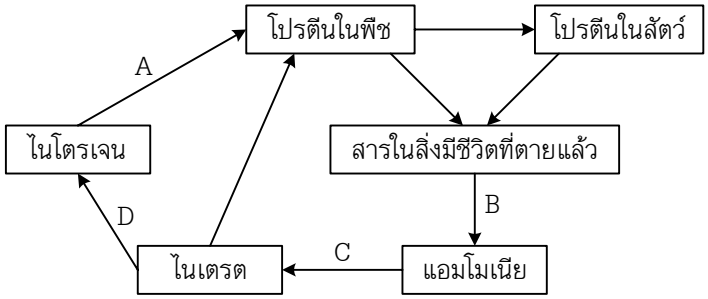
16. ไดอะแกรมด้านล่างแสดงวัฏจักรไนโตรเจน



จากไดอะแกรม ไรโซเบียมจะทำหน้าที่ในช่วงใด

1) ก. 2) ข. 3) ค. 4) ง.

17. แผนภาพวัฏจักรไนโตรเจน



ช่วงใดที่ต้องอาศัยไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Nitrifying Bacteria)

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

18. Biochemical Oxygen Demand (BOD) เป็นตัวชี้คุณภาพของน้ำในข้อใด

1) เป็นค่าแสดงปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ
2) เป็นค่าแสดงว่าในน้ำนั้นมีปริมาณจุลินทรีย์ที่จะย่อยสลายสารอินทรีย์มากน้อยเพียงไร
3) เป็นค่าแสดงว่าในน้ำนั้นมีออกซิเจนที่จะให้จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มากน้อยเพียงไร
4) เป็นค่าแสดงปริมาณออกซิเจนที่ต้องเติมลงไปเพื่อให้จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ

19. เครื่องตีน้ำในนากุ้งมีประโยชน์อย่างไร

1) ลดค่า DO ในน้ำ
2) ลดค่า BOD ในน้ำ
3) เพิ่มค่า OD ในน้ำ
4) เพิ่ม CO_2 ให้แก่สาหร่ายที่เป็นอาหารของกุ้ง

20. Greenhouse Effect มีสาเหตุมาจากอะไร

1) การทำลายโอโซนในบรรยากาศมากเกินไป
2) การลดปริมาณของสารคลอโรฟลูโอโรคาร์บอนในบรรยากาศ
3) การเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนในบรรยากาศ
4) การเกิดหมอกปนควันเมื่อเชื้อเพลิงธรรมชาติถูกเผาไหม้ในขณะที่มีแสงแดดจัด

21. สารใด**ไม่ใช่**กรีนเฮ้าส์แก๊ส

1) คาร์บอนไดออกไซด์ 2) มีเทน 3) ออกซิเจน 4) ไอน้ำ

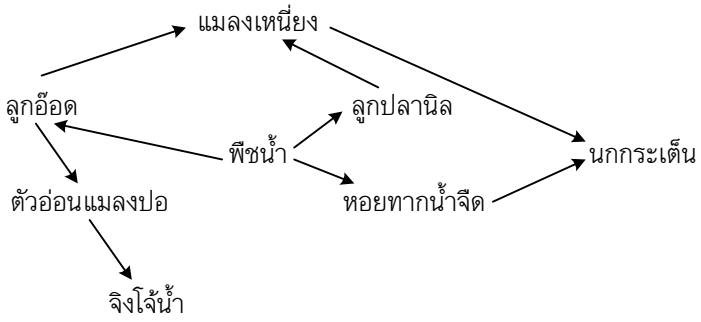
22.

ในการสำรวจเพื่อประเมินจำนวนประชากรของตัวกะปิ ได้ข้อมูลดังนี้
ตัวกะปิที่จับมาได้และทำเครื่องหมายในครั้งแรก = 40 ตัว
ตัวกะปิที่จับมาได้ในครั้งที่สองและมีเครื่องหมาย = 12 ตัว
ตัวกะปิที่จับมาได้ในครั้งที่สองแต่ไม่มีเครื่องหมาย = 48 ตัว

ประชากรตัวกะปิโดยประมาณมีเท่าใด

1) 100 ตัว 2) 160 ตัว 3) 200 ตัว 4) 1,920 ตัว

พิจารณาสายใยอาหารต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 23-24



23. สายใยอาหารข้างต้นประกอบด้วยโซ่อาหารจำนวนเท่าใด

1) 3 โซ่อาหาร 2) 4 โซ่อาหาร 3) 5 โซ่อาหาร 4) 6 โซ่อาหาร

24. สัตว์ชนิดใดเป็นทั้งเหยื่อและผู้ล่า

1) ลูกอ๊อด และลูกปลานิล
2) ตัวอ่อนแมลงปอ และแมลงเหนี่ยง
3) หอยทากน้ำจืด, ตัวอ่อนแมลงปอ และแมลงเหนี่ยง
4) นกกระเต็น, จิงโจ้น้ำ, ตัวอ่อนแมลงปอ และแมลงเหนี่ยง

เฉลยแบบฝึกหัด

ตอนที่ 1 : โครงสร้างของเซลล์

1. 2) **2.** 4) **3.** 4) **4.** 3) **5.** 3) **6.** 4) **7.** 4) **8.** 2) **9.** 3) **10.** 4)
11. 2) **12.** 4) **13.** 2) **14.** 3) **15.** 3) **16.** 3) **17.** 4) **18.** 4) **19.** 4) **20.** 2)
21. 4)

ตอนที่ 2 : การเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์

1. 1) **2.** 2) **3.** 2) **4.** 3) **5.** 1) **6.** 4) **7.** 1) **8.** 3) **9.** 1) **10.** 4)
11. 2) **12.** 1) **13.** 3) **14.** 3) **15.** 1) **16.** 2)

ตอนที่ 3 : การรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต

3.1 การรักษาดุลยภาพของน้ำและสารต่างๆ ภายในร่างกาย

1. 2) **2.** 3) **3.** 3) **4.** 2) **5.** 1) **6.** 4) **7.** 1)

3.2 การรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

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

3.3 การรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิร่างกาย

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

ตอนที่ 4 : ภูมิคุ้มกันร่างกาย

1. 1) **2.** 4) **3.** 4) **4.** 2) **5.** 3) **6.** 1) **7.** 3) **8.** 4) **9.** 4) **10.** 1)
11. 2) **12.** 1) **13.** 3) **14.** 1) **15.** 2) **16.** 4)

ตอนที่ 5 : การแบ่งเซลล์

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

ตอนที่ 6 : การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1. 1) **2.** 4) **3.** 3) **4.** 4) **5.** 3) **6.** 4) **7.** 2) **8.** 3) **9.** 2) **10.** 4)
11. 2) **12.** 2) **13.** 3) **14.** 4) **15.** 3) **16.** 4) **17.** 2) **18.** 1) **19.** 4) **20.** 3)
21. 3) **22.** 3) **23.** 4) **24.** 1) **25.** 2) **26.** 3) **27.** 3) **28.** 4) **29.** 3) **30.** 4)
31. 3) **32.** 3) **33.** 4) **34.** 2) **35.** 2) **36.** 2) **37.** 1) **38.** 4) **39.** 4) **40.** 1)
41. 4) **42.** 1) **43.** 3)

ตอนที่ 7 : ความหลากหลายทางชีวภาพ

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

ตอนที่ 8 : สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

1. 2) **2.** 2) **3.** 1) **4.** 2) **5.** 2) **6.** 3) **7.** 2) **8.** 2) **9.** 4) **10.** 3)
11. 1) **12.** 3) **13.** 3) **14.** 3) **15.** 1) **16.** 3) **17.** 3) **18.** 4) **19.** 2) **20.** 3)
21. 3) **22.** 3) **23.** 2) **24.** 2)

✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧

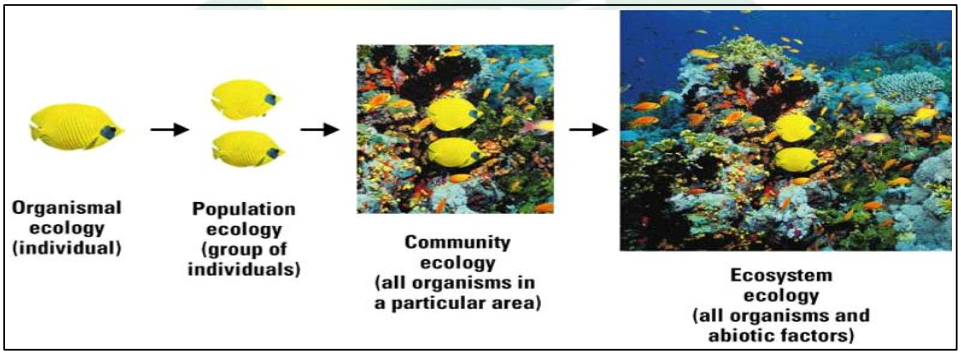
ความรู้พื้นฐานทางชีววิทยา

ชีววิทยา คือ การศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต

มาจากภาษากรีก : Bios หมายถึง สิ่งมีชีวิต และ Logos หมายถึง ความคิดและเหตุผลการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต

สามารถศึกษาได้หลายระดับ

- ศึกษาในระดับใหญ่ เช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประชากรสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มต่างๆ การศึกษาลักษณะรูปร่าง การดำรงชีวิต และการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต
- ศึกษาในระดับย่อยลงมา เช่น การศึกษาองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ อวัยวะ เนื้อเยื่อ และเซลล์ ทั้งในด้านโครงสร้างและหน้าที่การทำงาน



นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตในระดับโมเลกุล อะตอม ที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของเซลล์ เช่น โมเลกุล DNA, RNA โมเลกุลของสารอินทรีย์และอะตอมของธาตุต่างๆ ที่พบในสิ่งมีชีวิต รวมถึงการศึกษาเรื่องปฏิกิริยาเคมี และพลังงานที่เกิดขึ้นในร่างกายของสิ่งมีชีวิตอีกด้วย

- ชีววิทยา จึงเกี่ยวข้องกับความรู้ต่างๆ หลายสาขา ทั้งทางด้านเคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ ที่สามารถประยุกต์นำมาใช้อธิบาย หรือจำลองความเป็นไปของสิ่งมีชีวิต เพื่อตอบปัญหาต่างๆ ที่มนุษย์สงสัยเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตได้

คุณสมบัติของสิ่งมีชีวิต

1. มีโครงสร้างและการทำหน้าที่อย่างเป็นระบบ (Specific Organization)

● ในสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตชั้นสูง จะมีการทำงานประสานกันตั้งแต่ระดับหน่วยย่อย ภายในเซลล์ (Organelle) กลุ่มเซลล์ (Tissue) และอวัยวะ (Organ) ต่างๆ อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

2. มีการรักษาสมดุลภายในร่างกาย (Homeostasis)

● การรักษาสมดุลภายในร่างกาย เช่น ระดับอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) และความเข้มข้นของสารต่างๆ ให้อยู่ในจุดที่ไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์

3. มีการปรับตัว (Adaptation)

● การปรับตัวของสิ่งมีชีวิตเป็นไปเพื่อให้สามารถอยู่รอดในสิ่งแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ และสามารถสืบทอดลูกหลานต่อไปได้

● สิ่งมีชีวิตพยายามปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมอยู่เสมอ เช่น
  - การเปลี่ยนสีของผิวหนังในสัตว์เลื้อยคลานเพื่ออำพรางศัตรู
  - การที่ปลามีรูปร่างเพรียวไม่ต้านกระแสน้ำ
  - การลดรูปของใบจนมีลักษณะคล้ายเข็มในต้นกระบองเพชร เพื่อลดการสูญเสียน้ำ

4. มีการสืบพันธุ์และถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Reproduction and Heredity)

- สิ่งมีชีวิตต้องสามารถสืบพันธุ์ได้ เพื่อดำรงเผ่าพันธุ์ไว้ไม่ให้สูญสิ้นไป โดยอาจอาศัยวิธีสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศหรือไม่อาศัยเพศ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองวิธีก็ได้

- เมื่อมีการสืบพันธุ์ สิ่งมีชีวิตจะถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปยังลูกหลาน โดยอาศัยสารพันธุกรรม ซึ่งได้แก่ DNA และ RNA ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นตัวเก็บรหัสทางพันธุกรรมของรุ่นพ่อ-แม่ไว้

5. มีการเจริญเติบโตและพัฒนารูปร่าง (Growth and Development)

- ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว หลังจากมีการสืบพันธุ์ได้เซลล์ลูกแล้ว เซลล์ลูกเริ่มแรกจะมีขนาดเล็ก หลังจากได้รับสารอาหาร จะมีการเจริญเติบโตขยายขนาดใหญ่ขึ้น และพัฒนาจนเป็นเซลล์ที่พร้อมจะสืบพันธุ์ได้ (Mature Cell)

- ในสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ จะมีกระบวนการเจริญเติบโต และพัฒนาที่ซับซ้อนมากขึ้น ประกอบด้วยกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ (Cell Differentiation) เพื่อให้เหมาะกับการทำหน้าที่แต่ละอย่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเซลล์ต้นกำเนิดของเซลล์กล้ามเนื้อเพื่อให้เหมาะสมกับการทำหน้าที่เคลื่อนไหวของร่างกาย เป็นต้น

6. มีความต้องการพลังงาน (Energy) และสร้างพลังงาน

สิ่งมีชีวิตต้องการพลังงานเพื่อนำมาสร้างสาร ATP (Adenosine Triphosphate) โดยผ่านกระบวนการ Metabolism

- ATP เป็นสารที่ใช้ในการขับเคลื่อนกิจกรรมต่างๆ ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิต เช่น การสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต การเคลื่อนไหว ฯลฯ

- พลังงานที่สิ่งมีชีวิตต้องการ อาจได้มาจากแหล่งต่างๆ เช่น พืชได้พลังงานจากแสงอาทิตย์ สัตว์ได้พลังงานจากปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ไวรัสได้พลังงานจากสิ่งมีชีวิตอื่น

7. มีการรับรู้ต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้น (Sensitivity)

– สิ่งมีชีวิตสามารถรับรู้ และตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ในลักษณะต่างๆ กัน เช่น การเจริญเข้าหาแสงของต้นพืช การเจริญเติบโตที่ช้าลงของจุลินทรีย์เมื่ออยู่ในที่อุณหภูมิต่ำ 4 องศาเซลเซียส การเคลื่อนที่เข้าหาสารอาหารของพารามีเซียม

8. มีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กับสิ่งแวดล้อม

– สิ่งมีชีวิตมีลักษณะเป็นระบบเปิด (Open System) ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมได้ตลอดเวลา โดยมีการรับพลังงานสารอาหารเข้าสู่ร่างกาย และขับถ่ายของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่นในรูปแบบต่างๆ เช่น การอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย (Symbiosis) การเป็นปฏิปักษ์ต่อกัน (Antagonism) และการเบียดเบียนสิ่งมีชีวิตอื่น (Parasitism) เป็นต้น

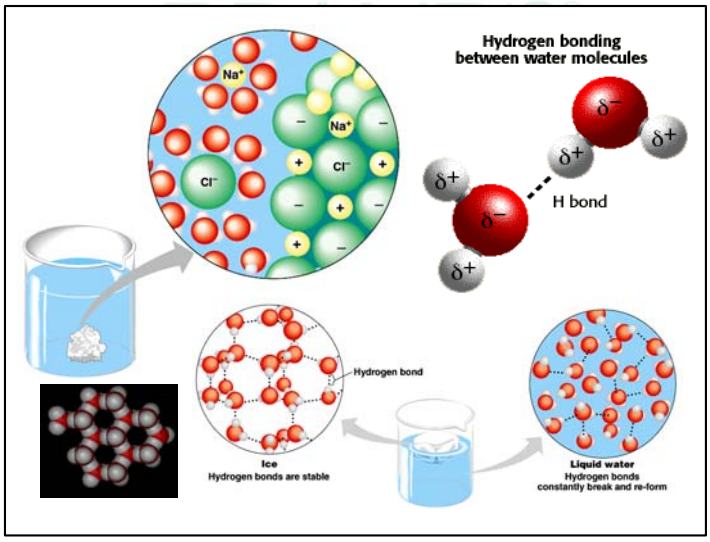
เคมีพื้นฐานในสิ่งมีชีวิต

ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยสารหลายชนิด สารอนินทรีย์ประกอบด้วย น้ำ แร่ธาตุ ออกซิเจน สารอินทรีย์ประกอบด้วย ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต กรดนิวคลีอิก และวิตามิน

สารอนินทรีย์

– เป็นสารที่ไม่มีธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบโมเลกุลขนาดเล็ก โครงสร้างไม่ซับซ้อน

– น้ำ (H_2O) เป็นสารที่พบมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต ประกอบด้วยอะตอมของ H และ O มีสูตร H_2O อะตอมของ H และ O ยึดด้วย Covalent Bond โมเลกุลของน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว โดยอะตอมของ O แสดงประจุลบ ส่วนอะตอมของ H แสดงประจุบวก มีสมบัติเป็นตัวทำละลาย (Solvent) ที่ดี เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ Protoplasm เป็นตัวทำละลายที่ดีในสิ่งมีชีวิต ควบคุมอุณหภูมิร่างกายให้สม่ำเสมอช่วยในการลำเลียงสารอาหาร อวัยวะที่มีปริมาณน้ำมากที่สุด คือ สมอง (> 70%) น้อยที่สุด คือ ฟัน (5%)



แร่ธาตุ (Minerals)

เป็นสารอนินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์อื่นๆ โดยเฉพาะเอนไซม์และโปรตีนต่างๆ

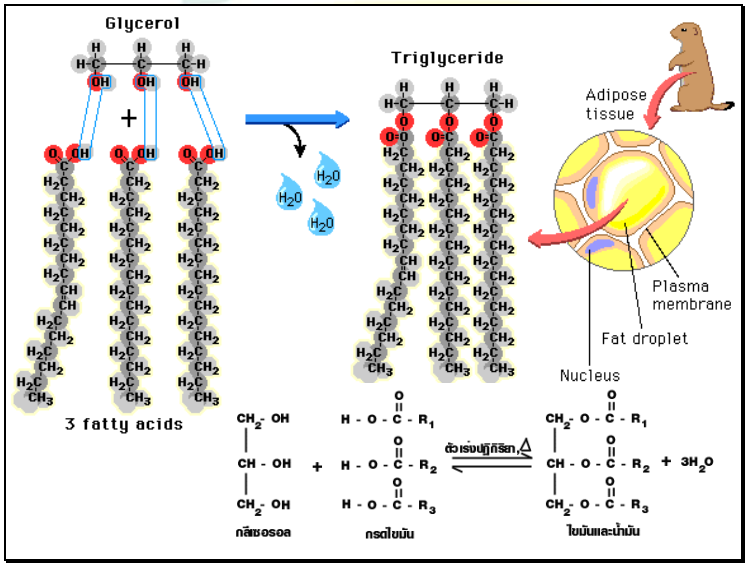
- แร่ธาตุจะอยู่ในรูปของอิออน เช่น Na^{+} Mg^{2+} NO^{3-}
- ทำให้ของเหลวในร่างกายมีคุณสมบัติเป็นกรด-เบสตามต้องการ
- รักษาความเข้มข้นของเซลล์
- Ca^{2+} เป็นแร่ธาตุที่พบมากที่สุดในร่างกาย
- เกลือ Oxalate ในกระเฉด ชะอม จะตกตะกอน เกิดนิ่ว
- Goitrin ในกระหล่ำปลี จะขัดขวางการดูดซึม Iodine ของร่างกาย

สารอินทรีย์ (สารชีวโมเลกุล (Biomolecules))

- เป็นสารที่มีธาตุ Carbon และ Hydrogen เป็นองค์ประกอบ บางชนิดอาจมีธาตุอื่น เช่น Nitrogen Phosphorus Sulfur เป็นองค์ประกอบร่วมด้วย
- มีขนาดโมเลกุลใหญ่ เกิดจากปฏิกิริยาควบแน่นของ Monomer แต่ละชนิด พบอยู่ในสิ่งมีชีวิตเท่านั้น
- แบ่งเป็นหลายประเภท ได้แก่ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน DNA และ RNA

ไขมันและน้ำมัน (Lipid)

- ประกอบด้วย CHO แต่ H : O = 2 : 1
- ให้พลังงานมากที่สุด (1 gm ให้พลังงาน 9 Calories)
- ละลายได้น้อยในน้ำ ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ (Benzene, Hexane, Ether, Ethanol)
- ช่วยควบคุมอุณหภูมิในร่างกาย ป้องกันอวัยวะภายใน
  - มีชื่อทางเคมีว่า ไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides)
  - เป็นสารประกอบประเภทเอสเทอร์ โดยไขมันมีสถานะของแข็ง ส่วนน้ำมันมีสถานะของเหลว ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
- เป็นสารประกอบที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง Glycerol 1 โมเลกุล กับกรดไขมัน 3 โมเลกุล

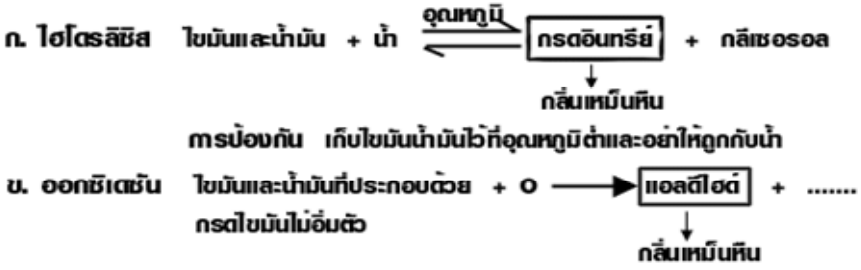


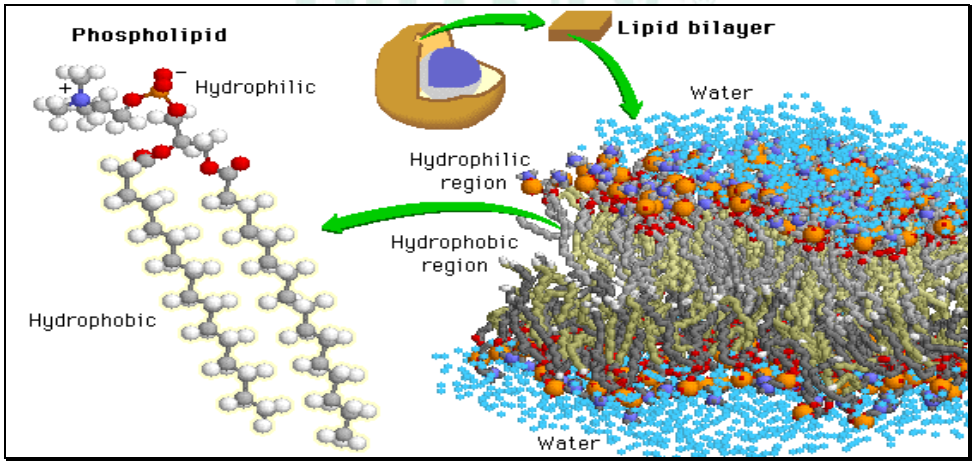
กรดไขมัน (Fatty Acid)

- กรดอินทรีย์ ประกอบด้วยโซ่คาร์บอนที่มีจำนวนแตกต่างกัน และมีหมู่คาร์บอกซิล (—COOH) เป็นหมู่ฟังก์ชัน
- พบในไขมันหรือน้ำมันจากเซลล์พืชหรือสัตว์ แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่
  1. กรดไขมันอิ่มตัว เป็นกรดไขมันที่ไม่มีพันธะ C=C อยู่ในโมเลกุล
  2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว เป็นกรดไขมันที่มีพันธะ C=C อย่างน้อย 1 พันธะในโมเลกุล
- จะเป็นไขมันหรือน้ำมัน ถ้าเป็นกรดไขมันอิ่มตัวมาก จะเป็นไขมัน เช่น กรดปาล์มิติก (C16) กรดสเตียริก (C18)
- ถ้าเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว จะเป็นน้ำมัน เช่น กรดโอเลอิก (C18)

สมบัติของไขมันและน้ำมัน

- ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้ว
- เกิดกลิ่นเหม็นหืนเมื่ออากาศร้อน เพราะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ตำแหน่งพันธะคู่ ได้แอลดีไฮด์และกรดไขมัน หรือเกิดไฮโดรลิซิสโดยจุลินทรีย์ ได้กรดไขมันอิสระ



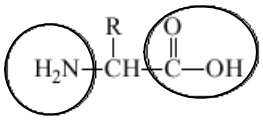


ข้อควรรู้

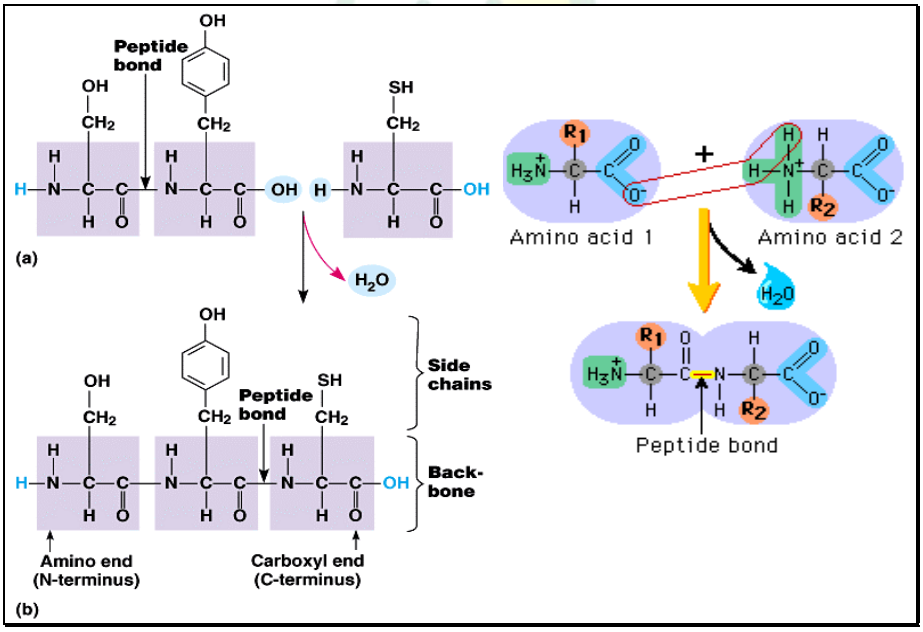
- สารประเภทไขมันหรือน้ำมันจะมีความสามารถในการละลายแตกต่างกัน คือ เฮกเซน > เอทานอล > น้ำ
- กรดไขมันจำเป็น ได้แก่ กรดไขมันที่ร่างกายจะขาดไม่ได้ และต้องได้รับจากสารอาหารที่รับประทาน ได้แก่ กรดไลโนเลนิก (Linolenic Acid) และกรดไลโนเลอิก (Linoleic Acid)

โปรตีน (Protein)

- มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกที่แปลว่า “สิ่งสำคัญอันดับแรก” ประกอบด้วยธาตุ C, H, O, N เป็นองค์ประกอบสำคัญ และมีธาตุอื่นๆ เช่น S, P, Fe, Zn
- เป็นสารพวก Polymer เกิดจากการเรียงตัวของกรด Amino ด้วย Peptide Bond ได้สารประกอบเชิงซ้อน เรียกว่า Polypeptide



- กรดอะมิโน มีหมู่อะมิโน (—NH_2) และหมู่คาร์บอกซิล (—COOH) เป็นหมู่ฟังก์ชั่น ในสิ่งมีชีวิตมีกรดอะมิโนประมาณ 20 ชนิด
- เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็น ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้ 10 ชนิด คือ อาร์จินีน ฮิสทิดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมไทโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน และแวลีน



โปรตีนแบ่งตามหน้าที่

- เอนไซม์ (Enzyme) มีหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในร่างกาย เช่น เอนไซม์ในกระบวนการหายใจ การสังเคราะห์โปรตีน
- ถ้าเอนไซม์ทำหน้าที่ย่อยอาหารจะเรียกว่า น้ำย่อย เช่น อะไมเลส เพปซิน ไลเปส
- โปรตีนขนส่ง (Transport Protein) ได้แก่ โปรตีนที่ทำหน้าที่ในการขนส่งสารต่างๆ ในร่างกาย เช่น เฮโมโกลบิน (Hemoglobin) ขนส่งออกซิเจนในเลือด ไมโอโกลบิน (Myoglobin) ช่วยลำเลียงออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อลาย อัลบูมิน (Albumin) ช่วยขนส่งไขมัน

- โปรตีนโครงสร้าง (Structural Protein) เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างของร่างกาย เช่น เคราติน (Keratin) ในเส้นผมและขนสัตว์ คอลลาเจน (Collagen) ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและกระดูก โปรตีนพวกนี้จะมีกรดอะมิโน Cysteine ซึ่งมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่มากทำให้คงตัวมาก

- โปรตีนสะสม (Storage Protein) เป็นโปรตีนที่สะสมเป็นคลังอาหาร เช่น อัลบูมินในไข่ (Albumin)

- โปรตีนเคลื่อนไหว (Contractile Protein) เป็นโปรตีนที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ เช่น โปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของไมโครทูบูล (Microtubule) ซีเลีย (Cilia) แฟลกเจลลา (Flagella) โปรตีนในเซลล์กล้ามเนื้อ ได้แก่ แอกทิน (Actin) และไมโอซิน (Myosin)

- พิษ (Toxin) เป็นโปรตีนที่เป็นสารพิษต่างๆ เช่น พิษงู พิษจากเชื้อแบคทีเรียบางชนิด

ไฮโดรลิซิส โปรตีน + น้ำ $\xrightarrow[\text{หรือเอนไซม์}]{\text{กรด }\Delta}$ กรดอะมิโนจำนวนมากมาย

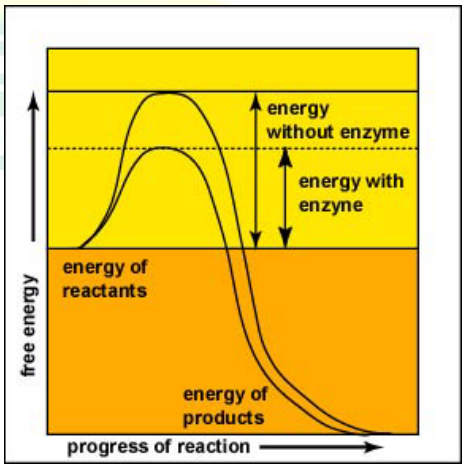
โปรตีน หรือสารที่มีพันธะเพปไทด์ตั้งแต่ 2 แห่งขึ้นไป + สารละลายไบยูเร็ต $\longrightarrow$ เกิดตะกอนสีม่วง สีม่วงอมชมพู หรือสีน้ำเงิน

กรดอะมิโน + สารละลายไบยูเร็ต $\not\longrightarrow$ ไม่เกิดปฏิกิริยา

Enzyme คือ สารเคมีพวกโปรตีนที่เซลล์ผลิตขึ้นเพื่อทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีให้เกิดเร็วขึ้น โดยลดพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา

คุณสมบัติในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์

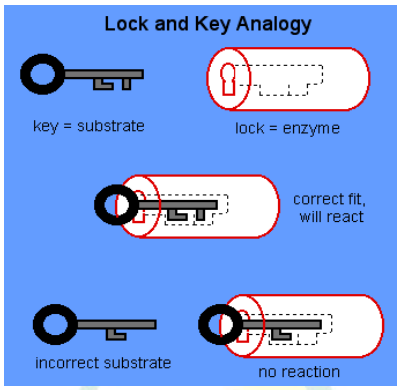
1. ทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุด เอนไซม์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น สามารถเร่งปฏิกิริยาได้อีก
2. ความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ต้องใช้ในการเปลี่ยน Substrate ไปเป็น Product ของปฏิกิริยาจะน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของ Substrate
3. มีความจำเพาะกับสารที่เป็น Substrate
4. เร่งปฏิกิริยาได้โดยไม่ต้องใช้อุณหภูมิและความดันที่สูง



ปฏิกิริยาระหว่าง Enzyme และ Substrate

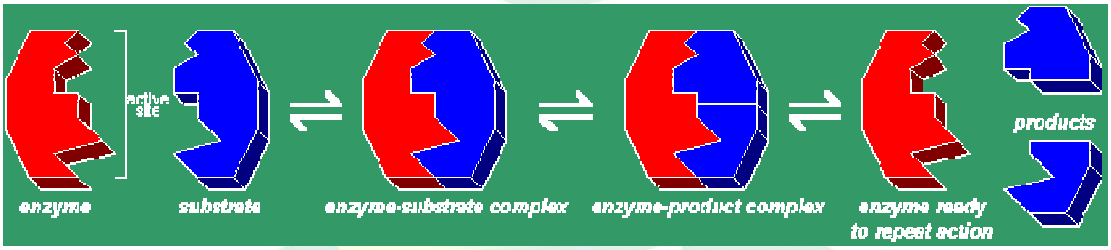
1. Lock and Key Theory

Substrate ที่เข้ารวมกับ Enzyme ที่ Active Site ของ Enzyme ได้จะต้องมีโครงสร้างที่สวมพอดี เหมือนแม่กุญแจและลูกกุญแจ



2. Induced Fit Theory

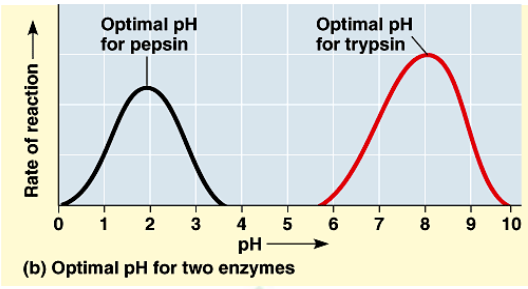
Substrate จะไปเหนี่ยวนำให้ Active Site ของ Enzyme เปลี่ยนแปลงมาสวมกับ Substrate ได้พอดี แต่ Enzyme จะเปลี่ยนโครงสร้างไปในขณะที่รวมกับ Substrate (ES-Complex) แต่เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา Enzyme จะกลับมามีโครงสร้างเหมือนเดิม



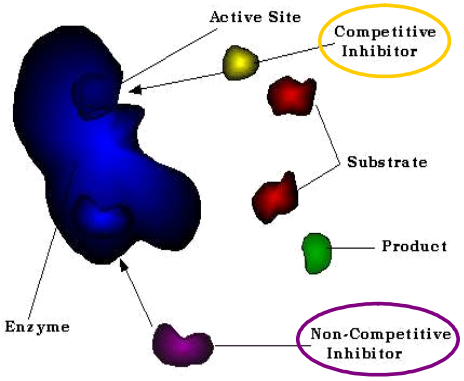
ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

1. ความเข้มข้นของ Substrate
   - ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของ Substrate ให้สูงขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะสูงขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจะคงที่
2. ความเข้มข้นของ Enzyme
   - ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของ Enzyme ให้สูงขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะสูงขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจะคงที่
3. อุณหภูมิ
   - เอนไซม์แต่ละชนิดจะทำงานที่อุณหภูมิที่เหมาะสม (Optimum Temperature)
   - ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ Active Site ของ Enzyme เสียสภาพไป (Denature) และไม่สามารถทำงานได้

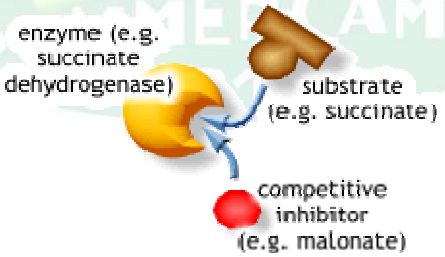
4. ความเป็นกรด-เบส
   - เอนไซม์แต่ละชนิดจะทำงานที่ความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสม (Optimum pH)
   - เอนไซม์ที่ทำงานในเซลล์ จะทำงานที่ pH ประมาณ 7



5. ตัวยับยั้งเอนไซม์ (Enzyme Inhibitor)
   - เป็นสารเคมีที่ทำให้ปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เกิดได้ช้าลง หรือหยุดปฏิกิริยา



5.1 ยับยั้งแบบแข่งขัน (Competitive Inhibitor)
   - โครงสร้างคล้าย Substrate แย่งจับที่ Active Site ของ Enzyme



5.2 ยับยั้งแบบไม่แข่งขัน (Non-Competitive Inhibitor)
   - ส่วนใหญ่เป็นโลหะหนัก จับที่ Allosteric Site ของ Enzyme
   - ทำให้โครงสร้างของเอนไซม์เปลี่ยนไป จึงจับกับ Substrate ไม่ได้

5.3 ตัวยับยั้งแบบจับกับ Enzyme-Substrate (Uncompetitive Inhibitor)
   - จับกับ ES-Complex เกิดเป็น ESI-Complex จึงเกิดปฏิกิริยาไม่ได้

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

เป็นทั้งแหล่งพลังงาน และส่วนประกอบโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต

- ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนอัตราส่วนโดยอะตอมของ H : O = 2 : 1 อาจเขียนสูตรได้เป็น $(CH_2O)n$–Polyhydroxy Aldehydes หรือ Ketones เป็นสารที่สามารถถูกไฮโดรไลซ์ (เติมน้ำ) ให้เป็นน้ำตาล

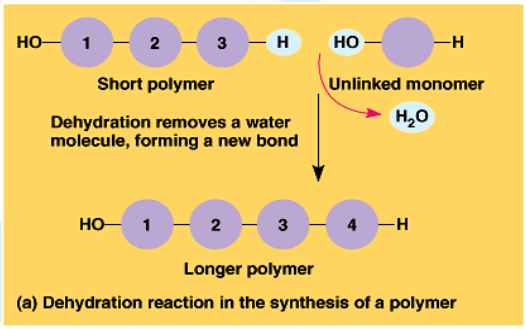
$$\text{Polysaccharide} \xrightarrow[H_2O]{H^+} \text{Oligosaccharides} \xrightarrow[H_2O]{H^+} \text{Monosaccharides}$$

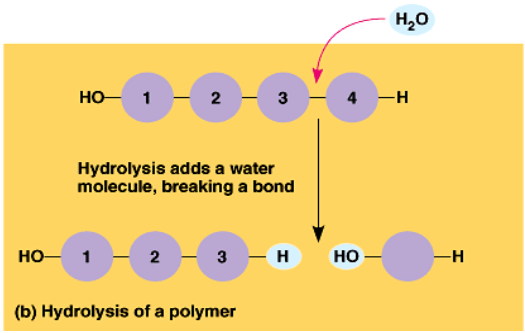
$$[C_{12}H_{20}O_{10}]_n \xrightarrow[H^+]{nH_2O} nC_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow[H^+]{nH_2O} 2nC_6H_{12}O_6$$

starch (a polysaccharide) — maltose (a disaccharide) — glucose (a monosaccharide)

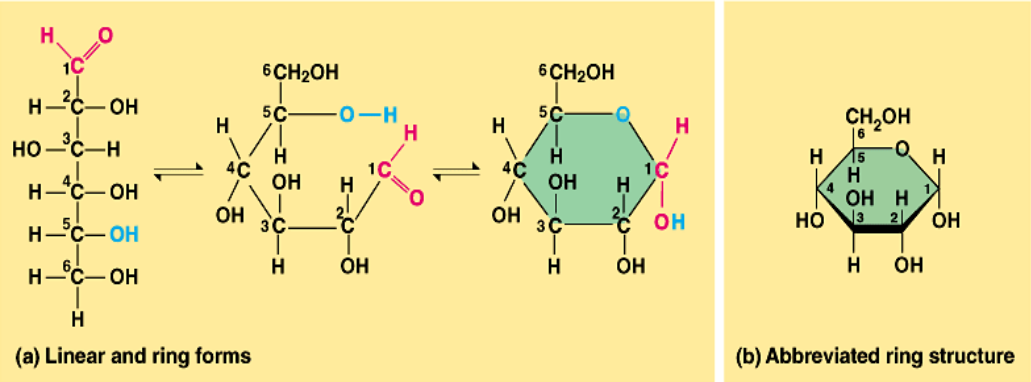
คาร์โบไฮเดรต แบ่งตามขนาดของโมเลกุล ได้ 3 ประเภท คือ

1. Monosaccharide
2. Disaccharide
3. Polysaccharide





Monosaccharide = เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่ไม่สามารถแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กได้อีก มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลตั้งแต่ 3 ถึง 8 อะตอม เช่น $C_3H_6O_3$, $C_6H_{12}O_6$ (เฮกโซส) มีกลูโคส ฟรักโทส กาแลกโทส

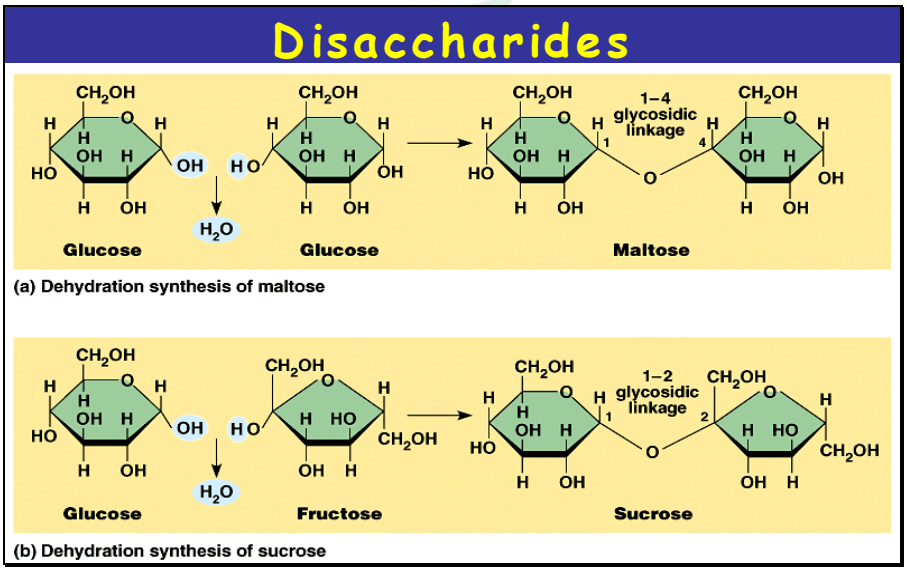


Disaccharide = เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 โมเลกุล และเสียโมเลกุลของน้ำออกไป เมื่อถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรดจะกลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว

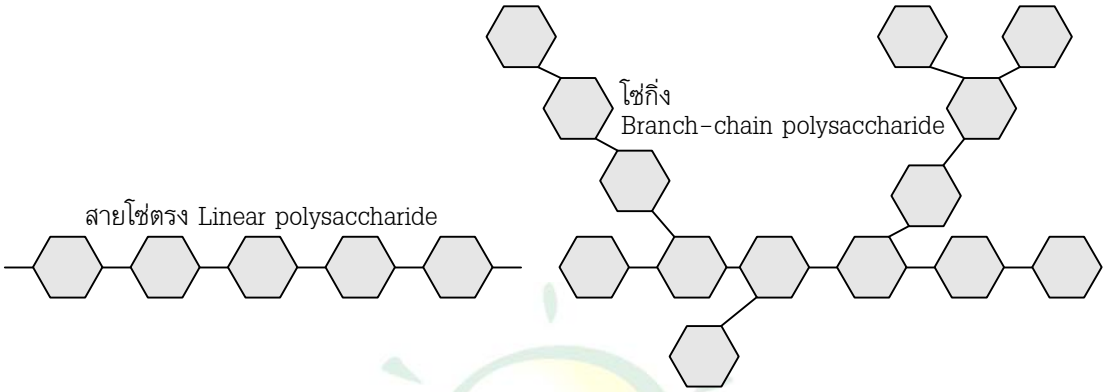
ซูโครส + H_2O, H^+ $\longrightarrow$ กลูโคส + ฟรักโทส

แลกโทส + H_2O, H^+ $\longrightarrow$ กลูโคส + กาแลกโทส

มอลโทส + H_2O, H^+ $\longrightarrow$ กลูโคส + กลูโคส



Polysaccharide = เป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลขนาดใหญ่ เกิดจาก Monosaccharide จำนวนมาก ตั้งแต่ 100–10,000 หน่วยมารวมตัวกันและเสียน้ำออกไป เช่น แป้ง ไกลโคเจน วุ้น เซลลูโลส และอินซูลิน เป็นต้น โครงสร้างอาจเป็นโซ่ตรงหรือโซ่กิ่ง



พอลิแซ็กคาไรด์ที่สำคัญ

1. แป้ง (Starch) ประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ 2 ชนิด ได้แก่ Amylose กับ Amylopectin มีสูตรทั่วไปเป็น $(C_6H_{10}O_5)_n$

การหมัก $C_{12} + H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4C_2H_5OH + 4CO_2$

2. เซลลูโลส (Cellulose) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่พบมากที่สุดในธรรมชาติ เป็นโครงสร้างของพืชที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 5,000 หน่วย ต่อกันเป็นเส้นยาวตรงมีลักษณะเป็นไฟเบอร์เหนียว ทนทาน และไม่ละลายน้ำ

3. ไกลโคเจน

- เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่สะสมอยู่ในคนและสัตว์ โดยเฉพาะในตับและในกล้ามเนื้อของคน
- มีสูตรเช่นเดียวกับแป้ง แต่มี n ต่างกัน $(C_6H_{10}O_{5n})_n$

การทดสอบคาร์โบไฮเดรต

การทดสอบน้ำตาล (Benedict Test) เป็นการทดสอบการเป็นตัวรีดิวซ์ มอนอแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่ H−C=O หรือ 2R−C=O

น้ำตาลพวกมอนอแซ็กคาไรด์ กับไดแซ็กคาไรด์ ยกเว้นซูโครส + สารละลายเบเนดิกต์ $\xrightarrow{\Delta}$ เกลือของกรดอินทรีย์ + Cu_2O + น้ำ

ตะกอนสีแดงอิฐ

การทดสอบแป้ง (Iodine Test)

เป็นการทดสอบแป้งด้วยสารละลายไอโอดีน

สารตัวอย่าง + สารละลายไอโอดีน → สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

วิตามิน (Vitamin)

- กลุ่มของสารอินทรีย์แต่เป็นสารที่ไม่ให้พลังงาน ร่างกายต้องการน้อยแต่จำเป็นต่อร่างกาย เพื่อช่วยให้ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในร่างกายดำเนินไปตามปกติ

แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1. วิตามินที่ละลายในน้ำ เป็นวิตามินที่ประกอบด้วยธาตุ C, H, O และธาตุอื่นๆ เช่น N, S, Co ได้แก่ วิตามิน B รวมต่างๆ วิตามิน C

2. วิตามินที่ละลายในน้ำมันหรือไขมัน เป็นวิตามินที่ประกอบด้วยธาตุ C, H, O เท่านั้น ได้แก่ วิตามิน A, D, E และ K หน้าที่สำคัญของวิตามิน

- เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ และ Coenzyme (ถือเป็นหน้าที่หลัก) โดยทำหน้าที่ร่วมกับเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยา

วิตามิน A (Retinol)

- พบมากในผักใบเขียว ตับ
- เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูก เยื่อบุผิว กระจกตา และเป็นส่วนประกอบของสารที่ช่วยในการมองเห็นในที่มืด (อยู่ที่ Retina ของตา)
- ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เกิดโรค Night Blindness ในเด็กจะเจริญเติบโตช้า

วิตามิน B1 (Thiamine)

- พบมากในข้าวซ้อมมือ เนื้อสัตว์ นม ถั่วเหลือง
- เป็นองค์ประกอบของ Thiamine Pyrophosphate Coenzyme ในปฏิกิริยาการหายใจระดับเซลล์
- ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เกิดโรคเหน็บชา (Beriberi)

วิตามิน B2 (Riboflavin)

- พบมากในเนื้อสัตว์ นม ไข่ ยีสต์
- เป็นองค์ประกอบของ FAD Coenzyme ในปฏิกิริยาการหายใจระดับเซลล์
- ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เกิดโรคปากนกกระจอก

วิตามิน B12 (Cyanocobalamin)

- พบมากในเนื้อสัตว์ ไข่ เนย
- ช่วยในการสังเคราะห์ DNA ร่วมกับกรดโฟลิก และการสร้างเม็ดเลือดแดง
- ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เกิดโรคโลหิตจางที่เม็ดเลือดแดงมี Hemoglobin น้อย (Pernicious Anemia)

วิตามิน C (Ascorbic acid)

- พบมากในผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว ผักใบเขียว
- ช่วยในการสร้าง Collagen และกระดูกอ่อน
- ช่วยเพิ่มการดูดซึมเหล็กที่ลำไส้เล็ก ช่วยในการป้องกันจากโรคหวัด
- ช่วยลดระดับของซีรัมคอเลสเทอรอล (เพราะวิตามินซีจะรวมตัวกับคอเลสเทอรอลและแคลเซียม ทำให้คอเลสเทอรอลแตกกระจายในน้ำได้)
- ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันต่อโรคหัด คางทูม หากได้รับวิตามินซีในปริมาณสูงมาก จะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อเซลล์มะเร็ง และสามารถทำลายเซลล์มะเร็งแบบ Melanoma ได้ มีผลให้สามารถยืดอายุของผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็ง
- ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เกิดเลือดออกตามไรฟัน (Scurvy) ภูมิต้านทานร่างกายลดลง

วิตามิน D (Calciferol)

- พบมากในน้ำมันตับปลา ไข่ เนย
- ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้จากรังสีอัลตราไวโอเลตซึ่งมีอยู่ในแสงแดด ช่วยในการดูดซึม Ca และ P ที่ลำไส้ และการเกาะจับของ Ca และ P ที่กระดูกและฟัน และควบคุมปริมาณของแคลเซียมในเลือด
- ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เกิดโรคกระดูกอ่อนในเด็ก โรคกระดูกพรุนในผู้ใหญ่

วิตามิน E (Tocopherol)

- พบมากในไขมันจากพืช (รำ, ถั่วเหลือง) และพืชใบเขียว
- ช่วยป้องกันการแตกสลายของเยื่อหุ้มเซลล์ ป้องกันการเป็นหมันในสัตว์เพศผู้
- ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เกิดโรคโลหิตจางเนื่องจากเม็ดเลือดแดงแตกง่าย เป็นหมันในเพศชาย

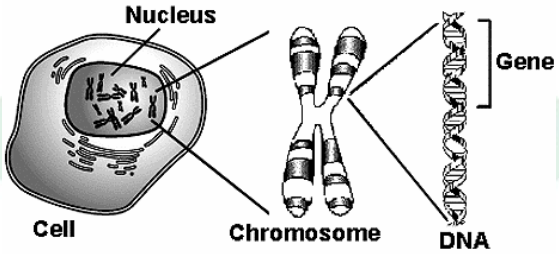
วิตามิน K (Naphthoquinone)

- พบมากในผักใบเขียว เนื้อสัตว์ การสังเคราะห์ของ E. coli ในลำไส้
- ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด
- ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เลือดออกง่ายและแข็งตัวช้า

Nucleic acid

สารชีวโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ เป็นพอลิเมอร์ที่พบบนโครโมโซมในนิวเคลียสของเซลล์ มีสมบัติเป็นกรด

- หน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งนำไปสู่การทำหน้าที่เก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไป
- เพื่อให้แสดงลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งยังทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโต และกระบวนการต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต
- มี 2 ชนิด คือ DNA (Deoxyribonucleic Acid) และ RNA (Ribonucleic Acid) โดยปกติ DNA ประกอบด้วยเกลียวสายพอลิเมอร์ 2 สาย ที่ยึดติดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนลักษณะคล้ายบันไดวน



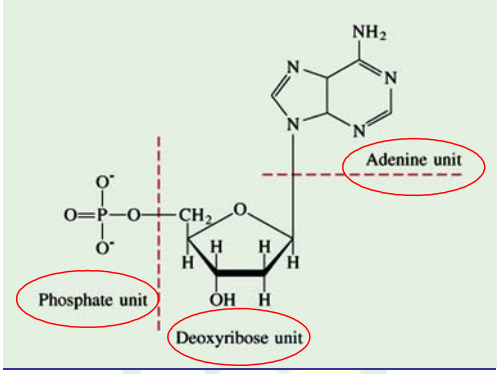
โดยแต่ละสายของพอลิเมอร์เกิดจากมอนอเมอร์ที่เรียกว่า Nucleotides

โมเลกุลของกรดนิวคลีอิกประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide)

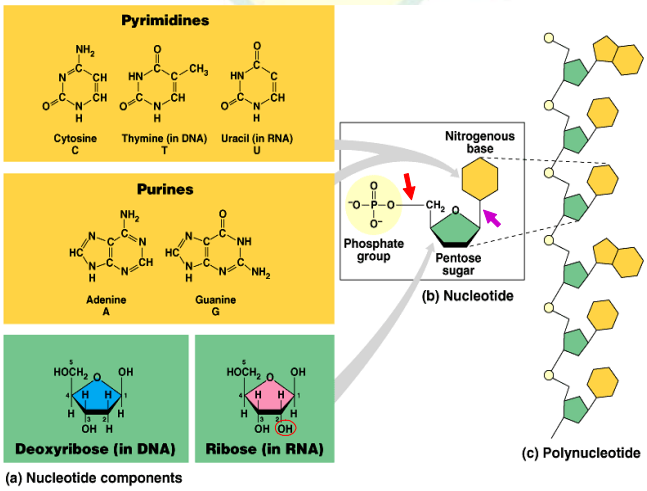
โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยส่วนย่อย 3 ส่วน ได้แก่

- หมู่ฟอสเฟต (กรดฟอสฟอริก)
- น้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (Pentose) มีอยู่ 2 ชนิด คือ น้ำตาลไรโบส และน้ำตาลดีออกซีไรโบส น้ำตาลทั้งสองต่างกันตรงที่น้ำตาลดีออกซีไรโบสขาดหมู่ไฮดรอกซี (—OH) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สอง
- เบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบนิวคลีโอไทด์มีอยู่ด้วยกัน 5 ชนิด ซึ่งแตกต่างกันที่องค์ประกอบที่เป็นเบส นิวคลีโอไทด์จะเรียงตัวต่อกันเป็นสายยาว เรียกว่า พอลินิวคลีโอไทด์ (Polynucleotide)

- เบสไนโตรเจน มีอยู่ 2 กลุ่ม คือ เบสพิวรีน (Purine) ได้แก่ Adenine กับ Guanine อีกกลุ่มหนึ่ง คือ เบสไพริมิดีน (Pyrimidine) ได้แก่ Thymine, Cytosine และ Uracil
- หน่วยย่อยทั้ง 3 มาประกอบกันขึ้นเป็น Nucleotide โดยมีน้ำตาลเป็นตัวเชื่อม กรดฟอสฟอริกเชื่อมต่อกับน้ำตาลเพนโทสด้วยพันธะ Ester ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ของน้ำตาล ส่วนเบสไนโตรเจนนั้นจะมาเชื่อมต่อกับน้ำตาลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ด้วยพันธะ Glycosidic



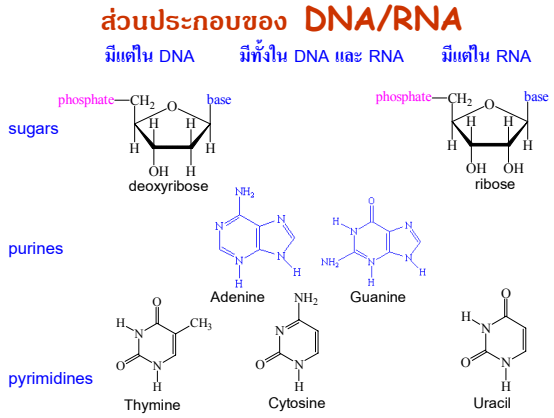
โครงสร้างของ DNA



- ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สายเรียงตัวสลับทิศทางกัน และมีส่วนของเบสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โมเลกุลบิดเป็นเกลียวคล้ายบันไดเวียน ส่วน RNA เป็นพอลินิวคลีอิกเพียงสายเดียว
- DNA และ RNA มีน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบต่างกัน ใน DNA เป็นน้ำตาลดีออกซีไรโบส (Deoxyribose Sugar) ส่วนใน RNA เป็นน้ำตาลไรโบส (Ribose Sugar) เบสที่พบใน DNA และ RNA มีบางชนิดที่เหมือนกัน และบางชนิดต่างกัน

โครงสร้างของ RNA

- มีโครงสร้างคล้าย DNA คือ ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์เรียงต่อกันด้วยพันธะ Phosphodiester เป็น Polynucleotide แต่องค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์แตกต่างกันที่น้ำตาล และเบส



- โดยน้ำตาลใน RNA เป็นไรโบส ส่วนเบสใน RNA มี Uracil (U) มาแทน Thymine (T)
- RNA ยังเป็นโพลีนิวคลีโอไทด์สายเดี่ยว ซึ่งต่างจาก DNA ซึ่งเป็นเกลียวคู่

หน้าที่ทางชีวภาพของนิวคลีโอไทด์

1. เป็นหน่วยย่อยสำหรับการสร้างกรดนิวคลีอิก โดยที่ไรโบนิวคลีโอไทด์เป็นหน่วยโครงสร้างของ RNA และดีออกซีไรโบนิวคลีโอไทด์เป็นหน่วยโครงสร้างของ DNA
2. เป็นสารตัวกลางเก็บพลังงาน พลังงานที่ได้จากการเผาผลาญสารอาหาร สามารถเก็บไว้ในรูปพลังงานพันธะเคมี ระหว่างหมู่ฟอสเฟต (Anhydride Bond) ภายในโมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ที่มีฟอสเฟตมากกว่า 1 หมู่ สารตัวกลางเก็บพลังงานที่รู้จักกันดี ได้แก่ ATP
3. เป็นตัวกลางในการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน เช่น cAMP
4. เป็น Coenzyme เช่น FAD FMN NAD NADP

การแบ่งเซลล์

- เป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ เซลล์ที่ได้จะมีขนาดเล็กลง แต่มีจำนวนเซลล์มากขึ้น สิ่งมีชีวิตนั้นจึงเจริญเติบโตขึ้น
- Chromosome คือ ส่วนสำคัญในเซลล์ที่ทำหน้าที่นำคุณสมบัติของเซลล์แม่ไปยังเซลล์ลูก
- ในช่วงที่ยังไม่แบ่งเซลล์ Chromosome จะอยู่ในสภาพของ Chromatin
- มีทั้งการแบ่งนิวเคลียส (Karyokinesis) และแบ่งไซโทพลาซึม (Cytokinesis) ในสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอต การแบ่งเซลล์จะประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1. การแบ่งนิวเคลียส (Karyokinesis) จะเกิดขึ้นก่อนเพื่อแบ่งปริมาณสารพันธุกรรมในนิวเคลียส มี 2 แบบ คือ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis) และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis)
2. การแบ่งไซโทพลาซึม (Cytokinesis) จะเกิดขึ้นหลังจากมีการแบ่งนิวเคลียสเสร็จสิ้นลง โดยในเซลล์สัตว์จะเว้าเข้า ส่วนเซลล์พืชจะแบ่งออกมาจากด้านในเซลล์

การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส (Mitosis)

- เป็นการแบ่งเซลล์ เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ของเซลล์ร่างกาย (Somatic Cell)
- ไม่มีการลดจำนวนชุดโครโมโซม (เช่น จากเซลล์เริ่มต้น 2n จะได้เซลล์ใหม่ เป็น 2n หรือเซลล์เริ่มต้น n จะได้เซลล์ใหม่เป็น n เหมือนเดิม)
- เมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์จะได้ 2 เซลล์ใหม่ที่มีโครโมโซมเท่าๆ กัน และเท่ากับเซลล์ตั้งต้น
- ในพืชพบที่เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด, ปลายราก, แคมเบียม
- ในสัตว์ เช่น คนที่โตเต็มวัยแล้วพบในเนื้อเยื่อบุผิว เซลล์ไขกระดูก เซลล์ผิวหนัง ขน ผม เล็บ ส่วนในเด็กที่ยังอายุไม่ถึง 20 ปี พบในทุกเซลล์ที่ยังมีการเพิ่มขนาดและจำนวน เช่น เซลล์หัวใจ ตับ กล้ามเนื้อ **ยกเว้น** เซลล์สมองที่ไม่แบ่งเซลล์เพิ่มอีก

โดยเซลล์จะมีการเปลี่ยนแปลงหมุนเวียนไปตลอด เรียกว่า “วัฏจักรเซลล์” (Cell Cycle) หมายถึง ช่วงระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ ในขณะที่เซลล์มีการแบ่งตัว ซึ่งประกอบด้วย 2 ระยะ ได้แก่ อินเตอร์เฟส (Interphase) เป็นการเตรียมตัวให้พร้อมที่จะแบ่งตัว และระยะที่มีการแบ่งเซลล์ไมโตซิส (Mitotic Phase / M phase)

ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase)

ระยะนี้เป็นระยะเตรียมตัว ภายในนิวเคลียสจะมีการเปลี่ยนแปลงของสารพันธุกรรม

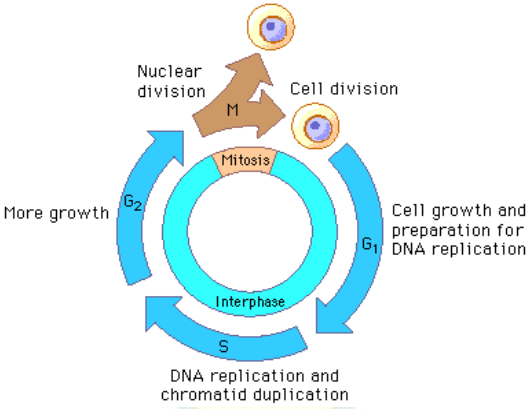
- เซลล์เติบโตเติมที่ใช้เวลานานที่สุด มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีมากที่สุด จึงเรียกว่า Metabolic Stage
- โครโมโซมเป็นเส้นใยยาวขดไปมา เรียกว่า เส้นใยโครมาทิน (Chromatin)
- มีการสังเคราะห์ DNA ขึ้นมาอีก 1 เท่าตัว ดังนั้นโครโมโซม 1 แท่งจะมี 2 ขา เรียกแต่ละขานั้นว่า Chromatid
- Nucleus เป็นก้อนกลมและเห็น Nucleolus ชัดเจน

แบ่งออกเป็น 3 ระยะย่อย คือ

1. ระยะ G1 เป็นระยะก่อนการสร้าง DNA ซึ่งเซลล์มีการเจริญเติบโตเต็มที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ระยะนี้จะมีการสร้างสารบางอย่างโดยเฉพาะโปรตีน เอนไซม์ เพื่อใช้สร้าง DNA ในระยะต่อไป และมีการแบ่งตัวของเซนโทรโซม เพิ่มขึ้น (1 เซนโทรโซมมีเซนทริโอล 1 คู่) จึงเป็นช่วงที่มีเมแทบอลิซึมสูง เรียกว่า “Metabolic Stage” นิวคลีโอลัสมีขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจน
   - ใช้ระยะยาวนานที่สุด
2. ระยะ S เป็นระยะที่มีการสร้าง DNA จากการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ หรือโครโมโซม (DNA Replication / Chromosome Replication) จึงได้ DNA เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งเท่าตัว แต่โครโมโซมที่จำลองขึ้น ยังติดกับท่อนเก่า ที่ปมเซนโทรเมียร์ (Centromere) หรือไคนีโทคอร์ (Kinetochore) และมองเห็นเป็นลักษณะเส้นใย เรียก “โครมาทิน”
   - ใช้เวลาน้อยกว่า G1 แต่นานกว่า G2
3. ระยะ G2 เป็นระยะหลังสร้าง DNA ซึ่งเซลล์มีการเตรียมพร้อมที่จะแบ่ง มีการสร้างโปรตีน และออร์แกแนลล์ต่างๆ เพิ่มขึ้น
   - มี DNA เป็น 2 เท่าของระยะ G1

สรุปอินเตอร์เฟส (Interphase)

- มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีมากที่สุด (Metabolic Stage) เพื่อสร้างสารสำคัญสำหรับการแบ่งเซลล์ โดยเฉพาะช่วง G1
- มีการเพิ่มจำนวนโครโมโซม (Chromosome Replication / DNA Replication) ขึ้นมาอีกชุดหนึ่ง และเชื่อมกันด้วยเซนโทรเมียร์ มีลักษณะเป็นเส้นใยเรียก “โครมาติน” โดย 1 โครโมโซม จะมี 2 โครมาทิด ในช่วง S
- มองเห็นนิวเคลียสมีขนาดใหญ่เกือบเต็มเซลล์
- ใช้เวลานานที่สุด, โครโมโซมมีความยาวมากที่สุด



ระยะ M (M-phase)

ระยะ M (M-phase) เป็นระยะที่มีการแบ่งนิวเคลียส และแบ่งไซโทพลาซึม ซึ่งโครโมโซมจะมีการเปลี่ยนแปลงหลายขั้นตอนก่อนที่จะถูกแบ่งแยกออกจากกันประกอบด้วย 4 ระยะย่อย คือ โพรเฟส (Prophase) เมทาเฟส (Metaphase) แอนาเฟส (Anaphase) และเทโลเฟส (Telophase) หลังจากที่เซลล์มีการแบ่งนิวเคลียสเสร็จสิ้นลงในช่วงของ Telophase จะมีการแบ่งไซโทพลาซึมออกเป็น 2 ส่วนให้กับ 2 เซลล์ลูกที่เกิดขึ้น โดยมีกระบวนการ ดังนี้

- เซลล์สัตว์จะเกิดโดยเยื่อหุ้มเซลล์จะคอดกิ่วจาก 2 ข้าง เข้าใจกลางเซลล์ จนเกิดเป็นเซลล์ 2 เซลล์ (Daughter Cell)
- เซลล์พืชจะเกิดโดยกอลจิคอมเพลกซ์สร้างเซลลูโลส มาก่อตัวเป็นเซลล์เพลท (Cell Plate) หรือแผ่นกั้นเซลล์ตรงกลางเซลล์ขยายไป 2 ข้างของเซลล์ ซึ่งต่อมาเซลล์เพลทจะกลายเป็นส่วนของผนังเซลล์ ผลสุดท้ายจะได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์ ที่มีขนาดเท่ากันเสมอ

ในเซลล์บางชนิด เช่น เซลล์เนื้อเยื่อเจริญของพืช เซลล์ไขกระดูกเพื่อสร้างเม็ดเลือดแดง เซลล์บุผิว พบว่าเซลล์จะมีการแบ่งตัวอยู่เกือบตลอดเวลา จึงกล่าวได้ว่าเซลล์เหล่านี้อยู่ในวัฏจักรของเซลล์ตลอด แต่เซลล์บางชนิดเมื่อแบ่งเซลล์แล้วจะไม่แบ่งตัวอีกต่อไป นั่นคือเซลล์จะไม่เข้าสู่วัฏจักรของเซลล์อีก เข้าสู่ G0 จนกระทั่งเซลล์ชราภาพ (Cell Aging) และตายไป (Cell Death) ในที่สุด แต่เซลล์บางชนิด จะพักตัวหรืออยู่ใน G0 ชั่วระยะเวลาหนึ่ง ถ้าจะกลับมาแบ่งตัวอีกก็จะเข้าวัฏจักรของเซลล์ต่อไป

การแบ่งแบบไมโทซิส

- เกิดขึ้นที่เซลล์ร่างกาย (Somatic Cell)
- เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ ทำให้จำนวนเซลล์ของร่างกายมีจำนวนมากขึ้น สิ่งมีชีวิตจึงเจริญเติบโตขึ้น
- แบ่งได้ 4 ระยะย่อย คือ Prophase, Metaphase, Anaphase และ Telophase
- หลังจากแบ่งเซลล์โครโมโซมของ Daughter Cell จะมีโครโมโซมเท่ากับ Mother Cell

Prophase

การเปลี่ยนแปลง คือ Chromatid เริ่มหดสั้น ไม่เป็นระเบียบ Nucleolus หายไป Nucleus ยังมีเยื่อหุ้ม

- โครมาทินหดสั้น ทำให้มองเห็นเป็นแท่งโครโมโซมชัดเจนขึ้น
- ในเซลล์สัตว์ Centriole เคลื่อนที่อยู่ตรงข้ามกันในแต่ละขั้วเซลล์และสร้าง Microtubule เรียกว่า Mitotic Spindle และไปเกาะที่ Centromere ดังนั้นรอบ Centriole จึงมี Mitotic Spindle ยื่นออกมาโดยรอบ เรียกว่า Aster
- ไมโทติก สปินเดิลไปเกาะที่ไคนีโทคอร์ ซึ่งเป็นโปรตีนที่จุด เซนโทรเมียร์
- เซลล์พืชไม่มี Centriole แต่มี Mitotic Spindle กระจายออกจากขั้วที่อยู่ตรงข้ามกัน (Polar Cap) ใช้ระยะเวลานานที่สุดของ Mitosis

Metaphase

- Nuclear Membrane สลายตัว, Mitotic Spindle หดตัว ดึงให้ Chromatid เรียงตัวอยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์ (Equatorial Plate)
- Chromatid หดสั้นมากที่สุด สะดวกต่อการเคลื่อนที่
- โครโมโซมหดตัวสั้นและหนาที่สุด เห็นได้ชัดเจน เหมาะต่อการนับโครโมโซม และศึกษารูปร่างโครงสร้างของโครโมโซม ระยะที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษาการจัดเรียงโครโมโซมเป็นคู่ๆ (Karyotype) เหมาะต่อการศึกษารูปร่าง ความผิดปกติของโครโมโซม
- ตอนปลายระยะมีการแบ่งตัวของ Centromere ทำให้ Chromatid พร้อมที่จะแยกจากกัน
- โครโมโซมหดสั้นมากที่สุด สะดวกต่อการเคลื่อนที่

แอนาเฟส (Anaphase)

- ไมโทติก สปินเดิลหดตัว โครมาทิดซึ่งมีเซนโทรเมียร์ของตัวเอง จะถูกดึงแยกออกจากกันไปยังขั้วเซลล์กลายเป็นโครโมโซมอิสระ
- โครโมโซมเพิ่มเป็น 2 เท่าตัว หรือจาก 2n เป็น 4n (Tetraploid) ใช้เวลาสั้นที่สุด โครโมโซมที่แยกจากกันจะเรียกว่า Daughter Chromosome และมีเพียง 1 Chromatid

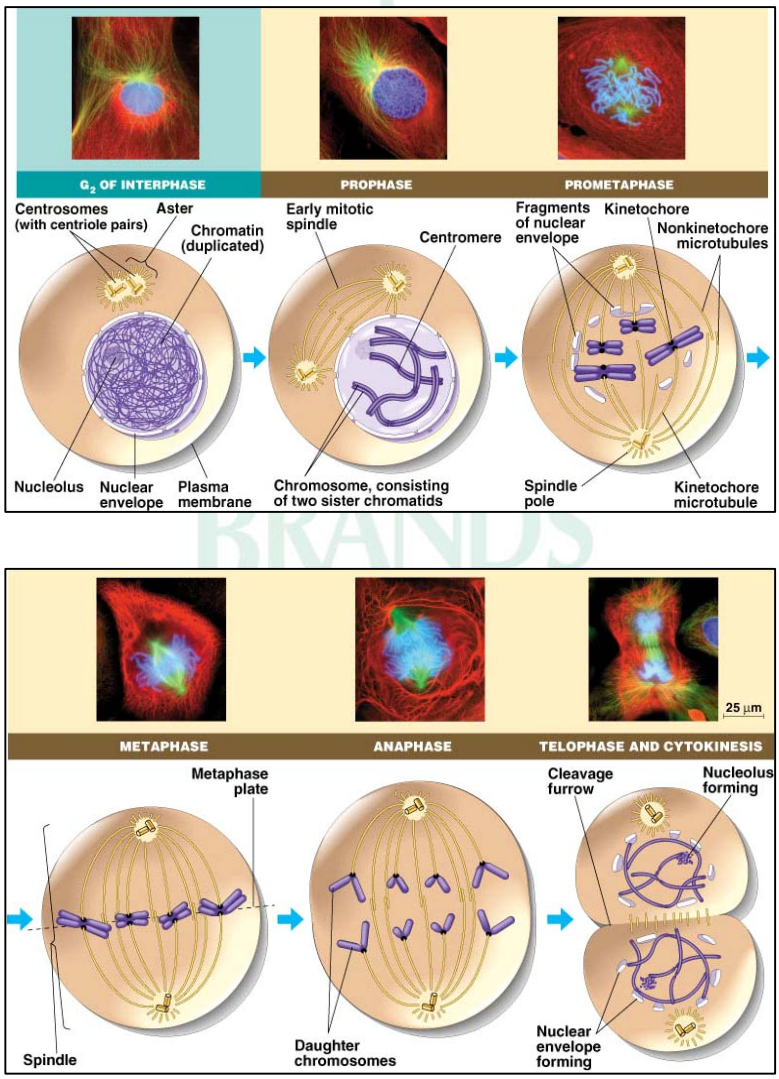
เทโลเฟส (Telophase)

- Chromosome รวมกลุ่มในแต่ละขั้วของเซลล์
- มีการสร้าง Nuclear Membrane ล้อมรอบโครโมโซม Nucleolus ปรากฏขึ้น Mitotic Spindle สลายไป
- มีการแบ่งไซโทพลาซึมออกเป็น 2 ส่วน ได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์มีขนาดเท่ากันเสมอ
- Nucleus เซลล์ใหม่มีองค์ประกอบและสมบัติเหมือนกับนิวเคลียสในระยะ Interphase ของเซลล์เริ่มต้น
- เยื่อหุ้มนิวเคลียส และนิวคลีโอลัสเริ่มปรากฏ

Cytokinesis

มีการแบ่งไซโทพลาซึมตามมา โดยเซลล์สัตว์เยื่อหุ้มเซลล์คอดเข้าไปบริเวณกลางเซลล์ เซลล์พืชเกิดเซลล์เพลท (Cell Plate) กั้นแนวกลางเซลล์ ขยายออกไปติดกับผนังเซลล์เดิมได้ 2 เซลล์ใหม่ เซลล์ละ 2n เหมือนเดิมทุกประการ

- ในพืชมีการสร้างถุงที่หลุดจาก Golgi Body ภายในบรรจุ Pectin
- ถุงมาเรียงอยู่กลางเซลล์ เรียกว่า Middle Lamella ต่อมามี Cellulose มาสะสมด้านข้าง Middle Lamella เกิดเป็น Cell Wall
- ในสัตว์ Cell Membrane จะคอดเว้าเข้า เรียกว่า Cleavage Furrow เกิดจากการเคลื่อนตัวของ Microfilament ที่อยู่ใต้ Cell Membrane เข้าหากัน



การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส (Meiosis)

เป็นการแบ่งเซลล์ของเซลล์ต้นกำเนิดเซลล์เพศ (Germ Line Cells) ในสัตว์พบที่อัณฑะ (Testis) และรังไข่ (Ovary) ในพืชพบที่อับเรณู (Anther) และรังไข่ (Ovule) เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยมีการแบ่งนิวเคลียส 2 ครั้ง ผลลัพธ์คือได้เซลล์สืบพันธุ์ (Gametes) 4 เซลล์ ที่มีสารพันธุกรรมหรือโครโมโซมเพียงครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม มีกระบวนการแบ่งนิวเคลียสและไซโทพลาซึม 2 ครั้ง แต่ DNA มีการจำลองตัวเองครั้งเดียว

จุดประสงค์ของการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส

1. เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
2. เพื่อให้ได้ลูกที่มีโครโมโซมเท่ากับพ่อและแม่
3. เพื่อให้ได้ลูกที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างจากรุ่นพ่อและแม่ (พันธุ์ทาง)

การแบ่งนิวเคลียสแบบ Meiosis มี 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ เช่นเดียวกับการแบ่งนิวเคลียสแบบ Mitosis คือ ระยะเตรียมความพร้อม (Interphase) และระยะ M หรือ (M phase) แต่จะมีการแบ่งติดต่อกัน 2 ครั้ง จึงแบ่งเป็น

- Meiosis I แบ่งเพื่อลดจำนวนโครโมโซมจาก 2 ชุดเหลือ 1 ชุด แต่ละโครโมโซมในเซลล์ลูกจะมี 2 Chromatid
- Meiosis II แบ่งเหมือน Mitosis เพื่อแยกแต่ละ Chromatid ออกจากกันไปอยู่ในเซลล์ใหม่ เริ่มจากเซลล์ที่มีโครโมโซม 1 ชุดแต่มี 2 Chromatid แบ่งแล้วเหลือ 1 Chromatid
- เมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ที่มีโครโมโซม 1 ชุด

Interphase

เซลล์เตรียมพร้อมเช่นเดียวกับ Mitosis มี G1, S และ G2 การจำลองตัวเองของ DNA อาจจะยังไม่สิ้นสุดในระยะ S อาจจะเลยไปถึง Meiosis I ปริมาตรของนิวเคลียสมีขนาดใหญ่กว่าของเซลล์ Mitosis

การแบ่งไมโอซิสครั้งที่ 1 (Meiosis I) แบ่งเป็นช่วงต่างๆ คือ Interphase I (ช่วงเตรียมความพร้อมก่อนการแบ่งเซลล์) → Prophase I → Metaphase I → Anaphase I → Telophase I จะได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ที่มีชุดโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง (Diploid 2n → Haploid n)

Prophase I

เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและใช้ระยะเวลานานมากกว่า Prophase ของ Mitosis มีการจับคู่ของ Homologous Chromosome

- Leptotene เริ่มมีการพันเกลียวของโครโมโซมให้สั้นเข้าและหนาขึ้น โครโมโซมมีลักษณะเป็นสายยาวบาง ยังเห็น Nucleolus ชัดเจน
- Zygotene โครโมโซมที่เป็นคู่กันจะมาแนบชิดกันตามความยาวของโครโมโซม โครโมโซมคู่เหมือนจะมาเข้าคู่กัน (Synapsis) คู่ของโครโมโซมที่เข้าคู่กัน เรียกว่า Bivalent
- Pachytene ไบวาเลนท์หดตัวสั้นเข้าและหนาขึ้น และการแนบชิดของโครโมโซม ที่เป็นคู่กันจะสมบูรณ์และสิ้นสุดลง บางตำแหน่งของโครโมโซมคู่เหมือนเกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครโมโซม (Crossing Over) ของ Non-sister Chromatid เกิดการจัดเรียงยีนบนโครโมโซมแตกต่างไป จากเดิมที่เรียกว่า Gene Recombination ทำให้เกิด Genetic Variation

- Diplotene โครโมโซมที่เป็นคู่กันจะเริ่มแยกออกและถ้ามี Crossing Over เกิดขึ้นใน Bivalent อาจพบจุดตัดกันของ Non-sister Chromatid เรียกจุดตัดกันนี้ว่า Chiasma (pl. Chiasmata)

- Diakinesis คล้ายกับดิโพลทีน แต่โครโมโซมหดตัวสั้นกว่า โครโมโซมเป็นรูปวงแหวนกากบาท เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มสลายตัวเป็นระยะสุดท้ายของ Prophase I ; Nuclear Membrane และ Nucleolus เริ่มสลายตัวในช่วงปลาย Diakinesis และมีการสร้าง Mitotic Spindle ขึ้น Bivalent ทั้งหมดเคลื่อนตัวเข้าสู่บริเวณกลางเซลล์

Metaphase I

จุดสังเกต จะเห็นไบวาเลนท์อยู่กลางเซลล์ Nuclear Membrane สลายตัวหมดไป Homologous ปลายด้านหนึ่งของ Kinetochore Microtubule จะเกาะที่ Kinetochore ของแต่ละโครโมโซม

Anaphase I

Homologous Chromosome แยกตัวออกจากกันไปยังขั้วของเซลล์ โดยไม่มีการแบ่งตัวของ Centromere ในโครโมโซมแต่ละแท่ง Chromosome ที่แยกออกไปยังขั้วเซลล์ประกอบด้วย 2 Chromatid อาจเรียกว่า Diad ทำให้จำนวนโครโมโซมที่ขั้วเซลล์ทั้งสองต่างลดจำนวนลงครึ่งหนึ่ง

Telophase I

มีการสร้าง Nuclear Membrane ที่บริเวณขั้วเซลล์ ได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ที่มีโครโมโซมเป็น Haploid (n) เซลล์ส่วนใหญ่ยังไม่แบ่งไซโทพลาซึมตามในระยะนี้

ระยะอินเตอร์เฟส II (Interphase II)

เป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ หรืออาจไม่มีเลยในบางเซลล์ จะผ่านเข้า Prophase II ไม่มีการจำลอง DNA เพิ่ม

Meiosis II

คล้ายกับ Mitosis มากแต่มีข้อแตกต่างกัน คือ Meiosis II มี Chromosome ชุดเดียว Chromatid ทั้งสองชนิดของแต่ละโครโมโซมมีหน่วยพันธุกรรมไม่เหมือนกัน

- Metaphase II โครโมโซมมาเรียงกันที่บริเวณกึ่งกลางเซลล์
- Anaphase II โครมาทิดของแต่ละโครโมโซมแยกตัวเคลื่อนไปที่ขั้ว
- Telophase II ได้นิวเคลียส 4 หน่วย แต่ละหน่วยมีคุณสมบัติทางพันธุกรรมเฉพาะตัว

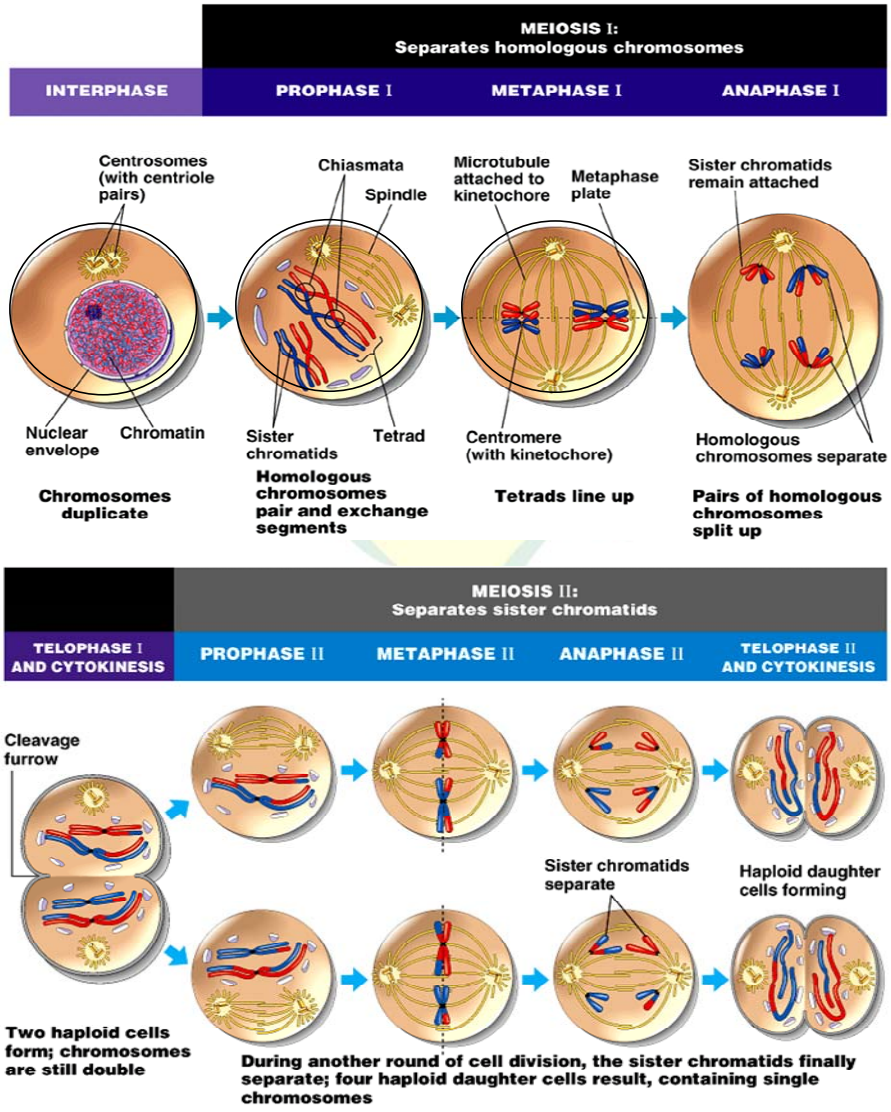
การแบ่งในช่วง M phase II จะคล้ายคลึงกับการแบ่งเซลล์แบบไมโตซิส มีการแยกตัวของโครมาทิด เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดระยะนี้จะได้ 4 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งเป็นแฮพลอยด์ และ 4 เซลล์ที่ได้มี จำนวนโครโมโซมและพันธุกรรมแตกต่างจากเซลล์เริ่มต้น

1. โปรเฟส II (Prophase II) โครโมโซมของแต่ละเซลล์จะเริ่มปรากฏขึ้นมาใหม่โครมาทิดจะหดสั้นมากขึ้น ไม่มีการเกิดไซแนปซิส, ไคแอสมา ครอสซิ่งโอเวอร์ เหมือน Prophase I แต่จะคล้ายไมโตซิส

2. เมตาเฟส II (Metaphase II) เยื่อหุ้มนิวเคลียสลายไป แต่ละโครโมโซมที่ประกอบด้วย 2 โครมาทิด จะเคลื่อนตัวมาเรียงบริเวณตรงกลางเซลล์ มีเส้นใยสปินเดิลยึดระหว่างไคนีโทคอร์ของเซนโทรเมียร์แต่ละโครมาทิด

3. แอนาเฟส II (Anaphase II) เซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซมจะแบ่งตัว จาก 1 เป็น 2 และโครมาทิดจะแยกออกจากกันไปยังขั้วของเซลล์ ทำหน้าที่เป็นโครโมโซมใหม่

4. เทโลเฟส II (Telophase II) เกิดเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นมาล้อมรอบโครโมโซมที่ขั้ว เมื่อเกิดการแบ่งไซโทพลาซึมอีกจะได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์ และมีพันธุกรรมแตกต่างจากเซลล์เริ่มต้น



การประสานงานในร่างกาย

1. การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

การเคลื่อนไหวแบบอะมีบา (Amoeboid Movement)

เกิดจากการแปรสภาพกลับไปมาของเอ็กโทพลาซึม (Ectoplasm) ซึ่งมีลักษณะข้นหนืดกับเอนโดพลาซึม (Endoplasm) ซึ่งมีลักษณะเหลวและไหลได้ โดยการหดและคลายตัวของเส้นใยโปรตีนในไซโทพลาซึม คือ ไมโครฟิลาเมนต์ (Microfilament) ซึ่งประกอบด้วยแอกทิน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) ทำให้เกิดเท้าเทียม (Pseudopodium) ยื่นออกมา พบในโพรทิสต์หลายชนิด เช่น *Amoeba, Arcella, Difflugia, Foraminifera* นอกจากนี้ยังพบในราเมือก (Slime Mold) เซลล์อะมีโบไซต์ (Amoebocyte) ของฟองน้ำ เซลล์เม็ดเลือดขาวของมนุษย์ เป็นต้น

การเคลื่อนไหวโดยใช้แฟลเจลลัม (Flagellum)

พบในพวกยูกลีนา *(Euglena), Ceratium, Volvox, Chlamydomonas, Trypanosoma* เป็นต้น

➢ แฟลเจลลัมโบกพัดจากโคนไปสู่ปลาย ทำให้แฟลเจลลัมเคลื่อนไหวแบบลูกคลื่นและเกิดแรงผลักให้โพรทิสต์เคลื่อนที่ไปยังทิศต่างๆ ได้

➢ โครงสร้างภายในประกอบด้วย ไมโครทิวบูล (Microtubule) เรียงตัวแบบ 9 + 2 (อยู่ตรงแกนกลาง 2 หลอด ล้อมรอบด้วยไมโครทิวบูลที่อยู่กันเป็นคู่เรียงโดยรอบ 9 คู่)

การเคลื่อนไหวโดยใช้ซิเลีย (Cilia)

พบในพวกพารามีเซียม *(Paramecium), Vorticella, Didinium* เป็นต้น

➢ การโบกพัดกลับไปมาของซิเลียคล้ายกรรเชียงเรือ ทำให้โพรทิสต์เคลื่อนที่ได้ทุกทิศทาง

➢ โครงสร้างภายในประกอบด้วยไมโครทิวบูลเรียงตัวแบบ 9 + 2 เช่นเดียวกับแฟลเจลลัม

การเคลื่อนไหวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง มีรูปแบบแตกต่างกัน ดังนี้

➢ **แมงกะพรุน (Jelly Fish)** เคลื่อนที่โดยการหดตัวของเนื้อเยื่อบริเวณของกระดิ่งและผนังลำตัว ทำให้เกิดการพ่นน้ำออกจากลำตัว เกิดแรงดันให้เคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางที่น้ำพ่นออกมา

➢ **พลานาเรีย (Planaria)** เคลื่อนที่โดยอาศัยการหด และคลายตัวสลับกันของกล้ามเนื้อวงกลม (Circular Muscle) และกล้ามเนื้อตามยาว (Longitudinal Muscle) และมีกล้ามเนื้อยึดระหว่างส่วนบนกับส่วนล่างของลำตัว (Dorsoventral Muscle) ช่วยทำให้ลำตัวแนบพลิ้วไปในน้ำ

➢ **ไส้เดือนดิน (Earth Worm)** เคลื่อนที่โดยการหด และคลายตัวสลับกันแบบแอนตาโกนิซึม (Antagonism) ของกล้ามเนื้อวงกลมซึ่งอยู่ชั้นนอก และกล้ามเนื้อตามยาวซึ่งอยู่ชั้นใน โดยแต่ละปล้องมีเดือย (Setae) ช่วยยึดพื้น ทำให้การเคลื่อนที่มีทิศทางแน่นอน

➢ **หอยฝาเดียว (Gastropods)** เคลื่อนที่โดยใช้เท้า (Foot) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อหนาและแบนอยู่ด้านท้อง ส่วนหอยสองฝา (Bivalves) นอกจากเคลื่อนที่โดยใช้เท้าซึ่งเป็นกล้ามเนื้อยื่นออกมาเพื่อคืบคลานแล้ว ยังว่ายน้ำโดยการปิดเปิดฝาสลับกันอีกด้วย

➢ **หมึก** (Squid) เคลื่อนที่โดยการหดตัวของกล้ามเนื้อรอบท่อพ่นน้ำ ซึ่งเรียกว่า “ไซฟอน (Siphon)” ทำให้น้ำถูกพ่นออกมาเกิดแรงดันให้หมึกเคลื่อนที่ไปในทิศตรงกันข้าม

การเคลื่อนไหวของมนุษย์ ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของระบบอวัยวะ ดังต่อไปนี้

ระบบโครงกระดูก กระดูกมนุษย์มีทั้งหมด 206 ชิ้น แบ่งออกเป็น

1. **กระดูกแกน (Axial Skeleton)** เป็นโครงกระดูกแกนกลางของร่างกาย ได้แก่
   - กะโหลกศีรษะ (Skull)
   - กระดูกสันหลัง (Vertebrae)
2. **กระดูกรยางค์ (Appendicular Skeleton)** เชื่อมต่อกับกระดูกแกน ได้แก่
   - กระดูกแขน
   - กระดูกขา
   - กระดูกไหปลาร้า
   - กระดูกสะบัก
   - กระดูกเชิงกราน

ระบบกล้ามเนื้อ ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยกล้ามเนื้อมากกว่า 500 มัด แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. **กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth Muscle)**
   - เซลล์มีรูปร่างเรียว หัวท้ายแหลม มี 1 นิวเคลียส เห็นเด่นชัด
   - อยู่นอกอำนาจจิตใจ (Involuntary Muscle)
   - การหดและคลายตัวเกิดช้าๆ พบในอวัยวะภายใน เช่น ระบบย่อยอาหาร ระบบขับถ่าย ระบบสืบพันธุ์ และหลอดเลือด
2. **กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac Muscle)**
   - เซลล์มีหลายนิวเคลียส มักแยกเป็น 2 แฉกเรียงติดต่อกับแฉกของเซลล์อื่นๆ ดูคล้ายร่างแห เห็นเป็นลาย
   - อยู่นอกอำนาจจิตใจ
   - ทำงานติดต่อกันตลอดเวลา พบเฉพาะที่หัวใจเท่านั้น
3. **กล้ามเนื้อลาย (Striated Muscle)**
   - เซลล์มีหลายนิวเคลียส ลักษณะเป็นเส้นใยคล้ายทรงกระบอกยาว
   - อยู่ในอำนาจจิตใจ (Voluntary Muscle) สั่งงานได้โดยการควบคุมของระบบประสาทส่วนกลาง
   - พบมากที่สุดในร่างกายโดยยึดเกาะกับกระดูก ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้

2. การรับรู้และการตอบสนอง

โพรโทซัว ยังไม่มีเซลล์ประสาท แต่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น แสง อุณหภูมิ สารเคมี ได้เพราะมีเส้นใย-ประสานงาน (Coordinating Fiber) ควบคุมการพัดโบกของซิเลียได้ เช่น พารามีเซียม เป็นต้น

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เกือบทั้งหมดมีระบบประสาท **ยกเว้นพวกฟองน้ำ** ซึ่งการรับรู้และการตอบสนองขึ้นกับการทำงานของเซลล์แต่ละเซลล์

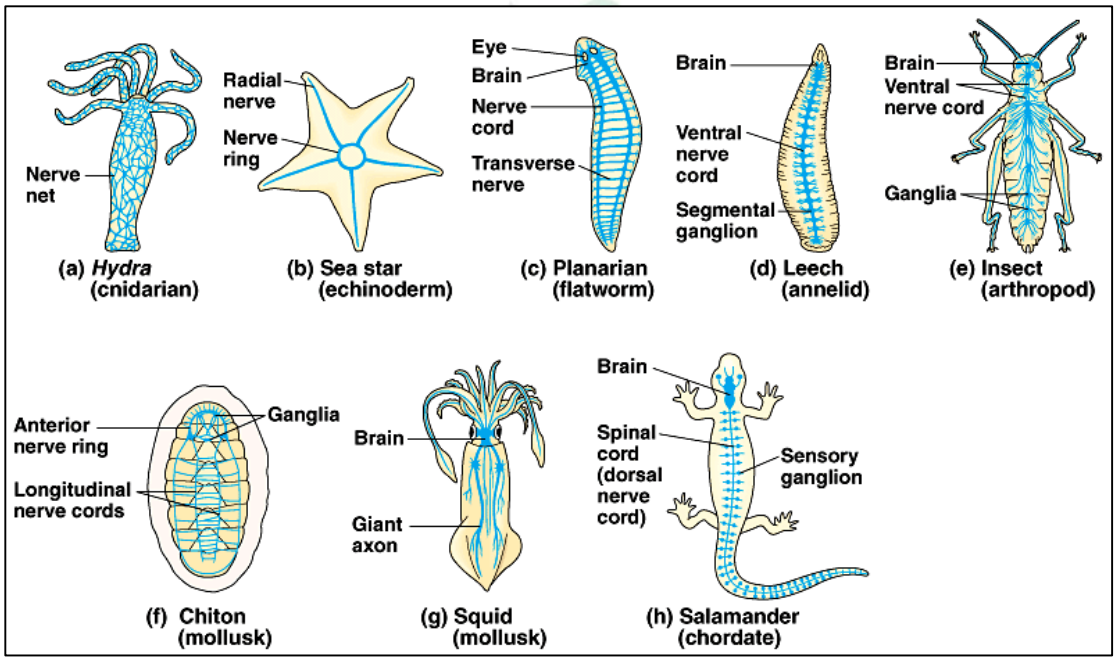
➢ พวกไนดาเรียน เช่น ไฮดรา เป็นพวกแรกที่มีระบบประสาทเป็นแบบ**ร่างแหประสาท** (Nerve Net) โดยเซลล์ประสาทจะเชื่อมโยงประสานกันทั่วร่างกาย เมื่อมีสิ่งเร้ากระตุ้นจะนำความรู้สึกไปทุกทิศทาง ดังนั้นการนำกระแสประสาทจะช้า และมีทิศทางไม่แน่นอน

➢ พวกดาวทะเล มี**วงแหวนประสาท** (Nerve Ring) ซึ่งมี**เส้นประสาทตามแนวรัศมี** (Radial Nerve) แยกไปตามแฉก และเชื่อมโยงถึงกัน (คล้ายกับร่างแหประสาทของไฮดรา)

➢ พวกหนอนตัวแบน เช่น พลานาเรีย มี**ปมประสาท** (Nerve Ganglion) เป็นศูนย์รวมของระบบประสาท ซึ่งพัฒนาไปเป็นสมอง และมีเส้นประสาททอดยาวตลอดแนวลำตัวทั้ง 2 ด้าน

➢ พวกแอนเนลิด (ไส้เดือนดิน) และพวกอาร์โทรพอด (แมลง) มี**ปมประสาทสมอง** (Cerebral Ganglia) และ**เส้นประสาทด้านท้อง** (Ventral Nerve Cord) ทอดตามยาวลำตัว ปมประสาทของสัตว์กลุ่มนี้มีจำนวนเซลล์ประสาทมากกว่าพยาธิตัวแบน

➢ สัตว์มีกระดูกสันหลังและมนุษย์มีระบบประสาทเจริญดี ประกอบด้วย**สมอง** (Brain) และ**ไขสันหลัง** (Spinal Cord) ซึ่งมีเซลล์ประสาท (Nerve Cell หรือ Neuron) จำนวนมากทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้ และตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม



ภาพแสดงระบบประสาทของสัตว์แต่ละกลุ่ม

เซลล์ประสาท ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. ตัวเซลล์ (Cell Body) มีรูปร่างต่างกันตามชนิดเซลล์ มีขนาด 4-25 ไมครอน ประกอบด้วยนิวเคลียส ไซโทพลาซึม หรือนิวโรพลาซึม (Neuroplasm) และออร์แกเนลล์หลายชนิด

2. ใยประสาท (Nerve Fiber) เป็นแขนงเล็กๆ ที่ยื่นออกมาจากตัวเซลล์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 เดนไดรต์ (Dendrite) เป็นใยประสาทที่นำกระแสประสาทเข้าสู่ตัวเซลล์ อาจมีเพียงหนึ่งใย หรือหลายใยก็ได้

2.2 แอกซอน (Axon) เป็นใยประสาทที่นำกระแสประสาทออกจากตัวเซลล์ เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์จะมีเพียงแอกซอนเดียวเท่านั้น

- แอกซอนเส้นยาวๆ จะมี**เยื่อไมอีลิน (Myelin Sheath)** ซึ่งเป็นสารพวกไขมันและเกิดจาก **เซลล์ชวาน (Schwann Cell)** หุ้มอยู่ รอยต่อระหว่างเซลล์ชวาน เรียกว่า **"โนดออฟแรนเวียร์ (Node of Ranvier)"**
- ใยประสาทที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม จะส่งกระแสประสาทได้เร็วถึง 120 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ใยประสาท ซึ่งไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม ส่งกระแสประสาทได้เร็วเพียง 12 เมตรต่อวินาทีเท่านั้น

เซลล์ประสาทมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันหลายแบบ จำแนกเป็น 3 ประเภท คือ

1. เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (Sensory Neuron หรือ Afferent Neuron)
- ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากอวัยวะต่างๆ แล้วส่งกระแสประสาทไปยังระบบประสาทส่วนกลาง
- มีทั้งเซลล์ประสาทขั้วเดียว และเซลล์ประสาทสองขั้ว

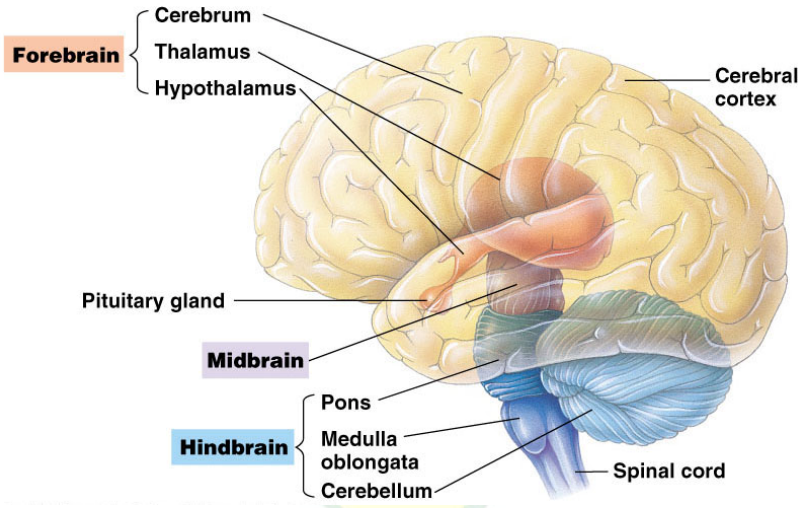
2. เซลล์ประสาทสั่งการ (Motor Neuron หรือ Efferent Neuron)
- ทำหน้าที่นำกระแสประสาทจากสมอง หรือไขสันหลังไปยังอวัยวะต่างๆ
- เป็นเซลล์ประสาทหลายขั้ว

3. เซลล์ประสาทประสานงาน (Association Neuron หรือ Interneuron)
- ทำหน้าที่นำกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาทรับความรู้สึกกับเซลล์ประสาทสั่งการ
- เป็นเซลล์ประสาทหลายขั้ว

สมอง (Brain)

เจริญมาจากหลอดประสาทส่วนหน้าที่พองออกจนโตเต็มกะโหลกศีรษะ ภายในมีเซลล์ประสาทมากกว่า 90% ของเซลล์ประสาททั้งหมด (ส่วนใหญ่เป็นเซลล์ประสาทประสานงาน)

สมองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ



ภาพแสดงโครงสร้างสมองมนุษย์

1. **สมองส่วนหน้า (Forebrain หรือ Prosencepalon)** ประกอบด้วย

1.1 เซรีบรัม (Cerebrum) เป็นส่วนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ผิวด้านนอกมีรอยหยักเป็นร่องมากมาย มีหน้าที่เป็น

- ศูนย์ควบคุมการรับความรู้สึก เช่น การมองเห็น การรับรส การได้ยิน การดมกลิ่น การพูด และการรับรู้ภาษา
- ศูนย์กลางการเรียนรู้ด้านความคิด ความจำ เชาวน์ปัญญา การคิดแก้ปัญหา
- ศูนย์ควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ โดยสมองซีกขวาควบคุมกล้ามเนื้อซีกซ้าย และสมองซีกซ้ายควบคุมกล้ามเนื้อซีกขวา

1.2 ออลแฟกทอรีบัลบ์ (Olfactory Bulb) อยู่ด้านหน้าสุดของสมอง

- มีหน้าที่เกี่ยวกับการดมกลิ่น
- สัตว์มีกระดูกสันหลังพวกปลา, สุนัข สมองส่วนนี้เจริญดี เพราะต้องดมกลิ่น เพื่อหาอาหาร แต่ในคนสมองส่วนนี้ไม่เจริญ

1.3 ทาลามัส (Thalamus) มีลักษณะกลมรี อยู่ถัดจากเซรีบรัมเหนือสมองส่วนกลาง

- เป็นศูนย์รวมกระแสประสาทที่ผ่านเข้ามาแล้วแยกกระแสประสาทไปยังสมองส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
- บอกความรู้สึกอย่างหยาบๆ ได้ โดยเฉพาะความรู้สึกเจ็บปวด แต่บอกตำแหน่งความเจ็บปวดไม่ได้

1.4 ไฮโพทาลามัส (Hypothalamus) อยู่ใต้สมองส่วนทาลามัส มีหน้าที่

- สร้างฮอร์โมนประสาทเพื่อควบคุมการสร้างฮอร์โมนของต่อมใต้สมอง
- เป็นศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย การนอนหลับ การเต้นของหัวใจ ความดันเลือด ความหิว ความอิ่ม ฯลฯ
- เป็นศูนย์ควบคุมอารมณ์และความรู้สึกต่างๆ เช่น โศกเศร้า ดีใจ ความรู้สึกทางเพศ

2. สมองส่วนกลาง (Midbrain หรือ Mesencephalon) อยู่ถัดจากสมองส่วนหน้า มีหน้าที่

- ควบคุมการเคลื่อนไหวของนัยน์ตา และการปิดเปิดของม่านตา
- ในสัตว์พวกปลา สัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบก และสัตว์เลื้อยคลาน มีสมองส่วนนี้ขนาดใหญ่ยื่นออกมาเรียกว่า **"Optic Lobe"** ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็นและการได้ยิน

3. สมองส่วนท้าย (Hind Brain หรือ Rhombencephalon) อยู่ท้ายสุดติดต่อกับไขสันหลัง ประกอบด้วย

3.1 เซรีเบลลัม (Cerebellum) อยู่หลังเซรีบรัม ผิวด้านนอกเป็นคลื่นหยักน้อยกว่าเซรีบรัม มีหน้าที่

- ควบคุมการทรงตัวของร่างกาย
- เป็นศูนย์ประสานการเคลื่อนไหวให้เป็นไปอย่างราบรื่น และสละสลวย (สัตว์ที่เคลื่อนไหว 3 มิติ เช่น นก ปลา มีสมองส่วนนี้เจริญดีมาก)

3.2 พอนส์ (Pons) อยู่ด้านหน้าเซรีเบลลัมติดกับสมองส่วนกลาง มีหน้าที่

- ควบคุมการทำงานของอวัยวะบริเวณศีรษะ เช่น การเคี้ยวอาหาร การหลั่งน้ำลาย การหลับตา การยักคิ้ว การยิ้ม การเคลื่อนไหวบริเวณใบหน้า เป็นต้น
- ควบคุมการหายใจ
- เป็นทางผ่านของกระแสประสาทจากเซรีบรัมไปเซรีเบลลัม และเซรีเบลลัมไปไขสันหลัง

3.3 เมดัลลาออบลองกาตา (Medulla Oblongata) อยู่ท้ายสุดติดกับไขสันหลัง มีหน้าที่

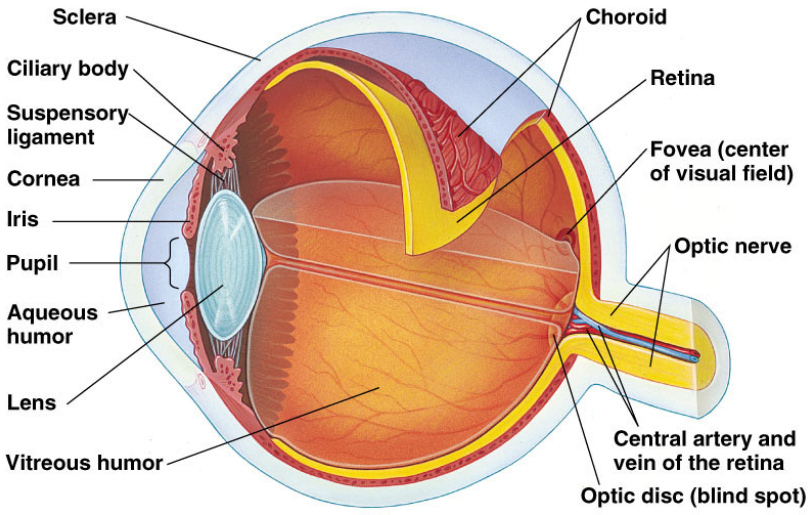
- ควบคุมการเต้นของหัวใจ การหายใจ และความดันเลือด
- เป็นศูนย์ควบคุมการกลืน การไอ การจาม การสะอึก การอาเจียน
- เป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างสมองกับไขสันหลัง

อวัยวะรับสัมผัส (Sense Organ)

นัยน์ตา

- เป็นอวัยวะรับแสงทำให้มองเห็นสิ่งต่างๆ และบอกสีของวัตถุนั้นๆ ได้
- มีส่วนประกอบป้องกันอันตราย **ลูกนัยน์ตา (Eyeball)** ดังนี้
  - คิ้วและขนตา ป้องกันฝุ่นละออง
  - หนังตา ป้องกันอันตรายจากสิ่งแปลกปลอมเข้าตา
  - น้ำตา ผลิตจากต่อมน้ำตาที่ขอบบนของหางตา ช่วยหล่อเลี้ยงลูกตาให้ชุ่มชื้น (ภายในน้ำตามีสารช่วยฆ่าจุลินทรีย์ และน้ำมันเคลือบลูกนัยน์ตา)

➢ นัยน์ตาคนค่อนข้างกลมอยู่ในเบ้าตา ขนาด 2.5 เซนติเมตร ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ดังนี้



ภาพแสดงโครงสร้างนัยน์ตามนุษย์

1. **สเคลอรา** (Sclera)

- เป็นเยื่อเหนียวไม่ยืดหยุ่นอยู่ชั้นนอกสุดของนัยน์ตา มีสีขาวจึงเห็นเป็นสีขาว
- ส่วนหน้าสุดเยื่อชั้นนี้โปร่งใสและนูน เรียกว่า **"กระจกตา** (Cornea)" เป็นทางผ่านของแสงเข้าสู่ด้านในตา (ปัจจุบันสามารถเปลี่ยนกระจกตาให้กับผู้ป่วยที่มีกระจกตาพิการได้)

2. **โครอยด์** (Choroid)

- เป็นเยื่อบางๆ มีเส้นเลือดฝอยมาเลี้ยง และมีรงควัตถุกระจายอยู่จำนวนมาก ป้องกันไม่ให้แสงผ่านไปด้านหลังนัยน์ตา
- ด้านหน้าเลนส์ตามีแผ่นกล้ามเนื้อยื่นออกมาจากชั้นโครอยด์ เรียกว่า **"ม่านตา** (Iris)" ซึ่งมีสีต่างกันขึ้นกับรงควัตถุ เช่น มีเมลานิน (Melanin) มากทำให้เห็นตาสีดำ มีกวานีน (Guanine) ปนกับเมลานินทำให้เห็นตาสีฟ้า ส่วนคนเผือกไม่มีรงควัตถุที่ม่านตา จึงเห็นม่านตาเป็นสีแดงของเส้นเลือด
- ช่องกลางม่านตา คือ ปิวปิล (Pupil) จะเปลี่ยนขนาดตามความเข้มแสง กล่าวคือ ในที่มีแสงสว่างจ้าม่านตาจะคลายตัว ทำให้ปิวปิลแคบลง แต่ในที่มืดสลัวม่านตาจะหดตัว ทำให้ปิวปิลกว้างขึ้น ม่านตาจึงทำหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงเข้าสู่นัยน์ตา

3. **เรตินา** (Retina) อยู่ชั้นในสุด ทำหน้าที่เป็นจอรับภาพ ประกอบด้วยเซลล์รับแสง 2 ชนิด คือ

3.1 เซลล์รูปแท่ง (Rod Cell)

- มีความไวต่อแสงมาก ทำงานได้ดีแม้ในที่มีแสงสลัวๆ แต่ไม่สามารถบอกความแตกต่างของสีได้
- ภายในเซลล์รูปแท่งมีสารสีม่วงแดง เรียกว่า **"โรดอปซิน** (Rhodopsin)" เมื่อได้รับแสงจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็น Lumirhodopsin ทำให้เกิดกระแสประสาทขึ้น ถ่ายทอดไปตามใยประสาทจากนั้น Lumirhodopsin ก็จะเปลี่ยนเป็น Metarhodopsin แล้วสลายเป็นออปซิน (Opsin) กับเรตินีน (Retinine) ซึ่งจะรวมตัวกลับไปเป็นโรดอปซินตามเดิม

3.2 เซลล์รูปกรวย (Cone Cell)

- ทำงานได้ดีในที่มีแสงสว่างมาก สามารถบอกความแตกต่างของสีต่างๆ ได้
- ภายในเซลล์รูปกรวย มีสารไวแสง คือ ไอโอดอปซิน (Iodopsin หรือ Photopsin)
- เรตินาแต่ละข้างมีเซลล์รูปกรวยประมาณ 7 ล้านเซลล์ กระจายอยู่มากทางด้านหลังเรตินา
- เซลล์รูปกรวยแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดที่รับแสงสีแดง สีน้ำเงิน และสีเขียว ซึ่งอาจทำให้เกิดสีผสมได้ เช่น หากกระตุ้นเซลล์รูปกรวยด้วยความเข้มแสงเท่ากันจะเกิดสีใหม่ ดังนี้

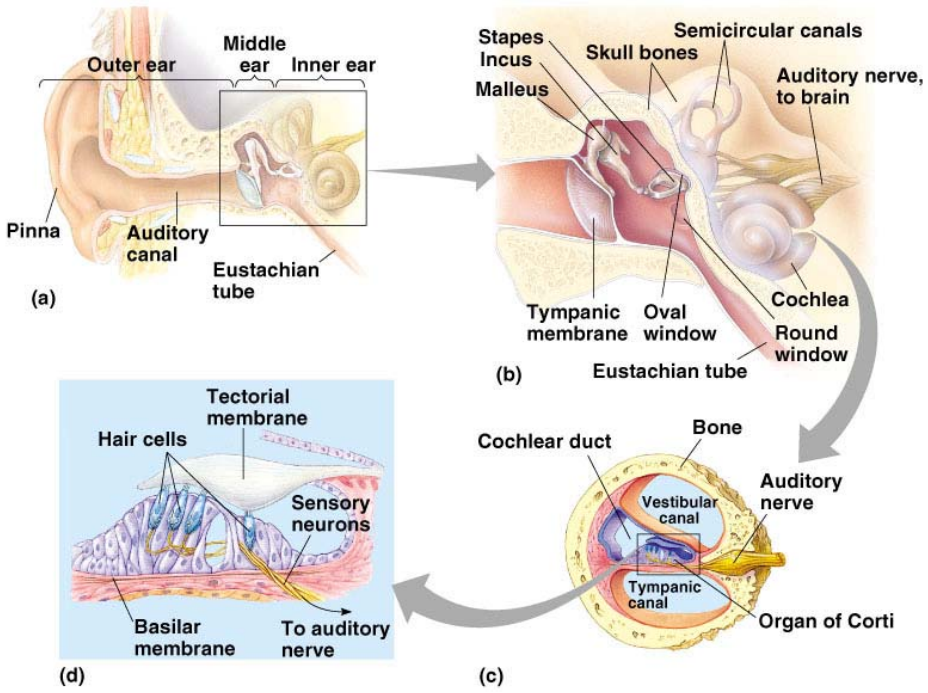
  สีแดง + สีเขียว เห็นเป็นสีเหลือง

  สีแดง + สีน้ำเงิน เห็นเป็นสีม่วง

- บริเวณที่มีเซลล์รูปกรวยหนาแน่นที่สุด คือ จุดกึ่งกลางของเรตินา เรียกว่า **"โฟเวีย (Fovea)"** หากภาพตกที่จุดนี้จะเห็นภาพชัดเจนที่สุด
- บริเวณที่ไม่มีเซลล์รับแสงอยู่เลย คือ จุดบอด (Blind Spot) ซึ่งมีเส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 มารับกระแสประสาท จะไม่สามารถรับภาพได้เลย

หู

- เป็นอวัยวะรับฟังเสียง โดยการรับความถี่คลื่นเสียงระดับต่างๆ และควบคุมการทรงตัว
- หูของคนแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ



ภาพแสดงโครงสร้างหูมนุษย์

1. หูส่วนนอก (Outer Ear) ประกอบด้วย

- ใบหู (Pinna) เป็นกระดูกอ่อนยืดหยุ่นได้ พบเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม มีหน้าที่รับและรวบรวมคลื่นเสียงผ่านรูหู
- รูหู (External Auditary Canal) เป็นท่อกลวง ภายในมีขนเล็กๆ และต่อมสร้างขี้หู (Ceruminous Gland) สร้างสารคล้ายขี้ผึ้งเคลือบไม่ให้รูหูแห้ง นานๆ เข้าจะสะสมรวมกับฝุ่นละออง กลายเป็นขี้หูหลุดออกมาเองโดยไม่ต้องแคะ
- เยื่อแก้วหู (Tympanic Membrane) เป็นเยื่อบางๆ กั้นระหว่างรูหูกับหูส่วนกลาง เมื่อคลื่นเสียงผ่านเข้ามาจะสั่นสะเทือน และส่งแรงสั่นสะเทือนไปยังหูส่วนกลาง

2. หูส่วนกลาง (Middle Ear) ประกอบด้วย

- กระดูกหูรูปค้อน (Malleus) ทั่ง (Incus) และโกลน (Stapes) มีหน้าที่ขยายระดับคลื่นเสียงเพิ่มจากหูส่วนนอกประมาณ 22 เท่า
- ท่อยูสเตเชียน (Eustachian Tube) เป็นท่อเชื่อมต่อกับคอหอย มีหน้าที่ปรับความดันระหว่างภายนอกกับภายในหูให้เท่ากัน

3. หูส่วนใน (Inner Ear) ประกอบด้วย

- คอเคลีย (Cochlea) เป็นหลอดยาวขดซ้อนกันคล้ายก้นหอย ภายในมีของเหลว เรียกว่า **"Endolymph"** และอวัยวะรับเสียง เรียกว่า **"Organ of Corti"** ซึ่งมีความไวต่อการสั่นสะเทือนมาก และส่งคลื่นไปยังเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 เพื่อส่งต่อไปยังเซรีบรัมต่อไป
- เซมิเซอร์คิวลาร์แคแนล (Semicircular Canal) เป็นหลอดครึ่งวงกลม 3 หลอด วางตั้งฉากกัน ปลายหลอดพองเป็นกระเปาะ เรียกว่า **"Ampulla"** ภายในกระเปาะมีกลุ่มเซลล์ประสาทรับความรู้สึก เรียกว่า **"Crista"** และก้อนหินปูนเล็กๆ เรียกว่า **"Otolith"** ทำหน้าที่ควบคุมการทรงตัว รับรู้ตำแหน่งและสมดุลของร่างกายได้

➢ โรคซิฟิลิส และยาพวกสเตร็ปโตมัยซิน กานามัยซิน อาจทำลายเส้นประสาทรับฟัง และการทรงตัวได้

จมูก

➢ เป็นอวัยวะสำหรับดมกลิ่น ประกอบด้วยรูจมูกและโพรงจมูก เป็นทางผ่านของอากาศ

➢ เยื่อบุจมูก (Olfactory Membrane) มีเซลล์รับกลิ่น (Olfactory Cell) ซึ่งส่งกระแสประสาทไปยังสมองส่วน Olfactory Bulb และ Cerebrum ตามลำดับ

ลิ้น

➢ เป็นอวัยวะรับรส บริเวณผิวด้านบนลิ้นมีปุ่มเล็กๆ มากมาย เรียกว่า **"ปาปิลลา (Papilla)"** ซึ่งภายในมีตุ่มรับรส (Taste Bud) ทำหน้าที่รับรสชาติของอาหาร

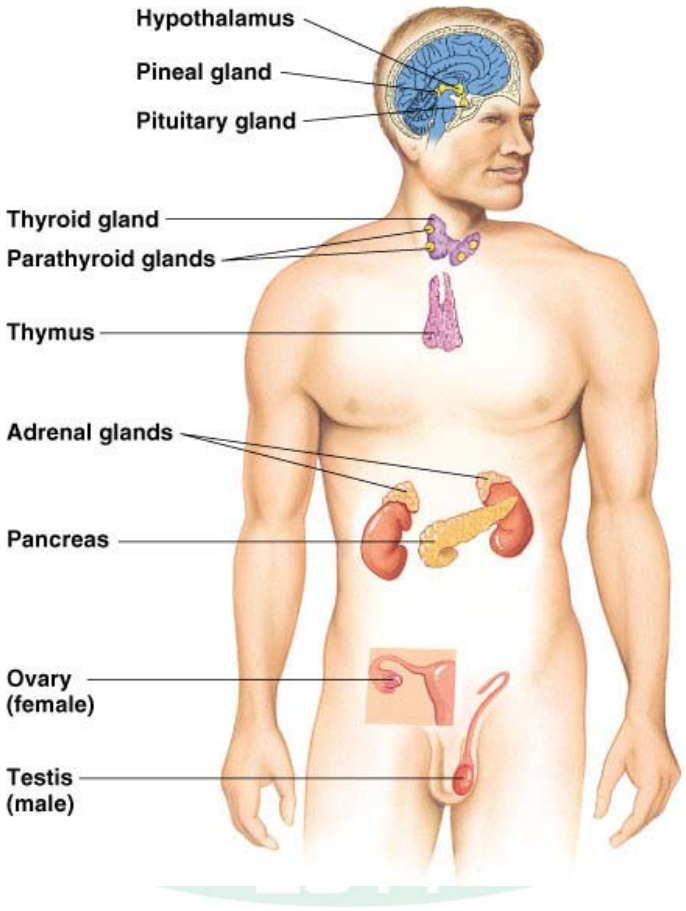
➢ ตุ่มรับรสมี 4 ชนิด คือ
- ตุ่มรับรสเปรี้ยวอยู่บริเวณข้างลิ้น
- ตุ่มรับรสเค็มอยู่บริเวณปลายลิ้นและข้างลิ้น
- ตุ่มรับรสหวานอยู่บริเวณปลายลิ้น
- ตุ่มรับรสขมอยู่บริเวณโคนลิ้น

➢ เซลล์รับรส ในตุ่มรับรสจะส่งกระแสประสาทไปตามเส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 และ 9 ไปยังเซรีบรัม

3. ระบบต่อมไร้ท่อ

1. ระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine System) สร้างสารเคมี เรียกว่า **"ฮอร์โมน (Hormone)"** เข้าสู่กระแสเลือด ลำเลียงไปยังอวัยวะเป้าหมาย (Target Organ) เพื่อควบคุมการทำงานของอวัยวะให้เป็นปกติ

2. ต่อมไร้ท่อ (Endocrine Gland) มีขนาดเล็ก ประกอบด้วยเซลล์มีลักษณะพิเศษ ไม่มีท่อลำเลียง ฮอร์โมนที่สร้างขึ้นต้องใช้กระแสเลือดช่วยหมุนเวียน มีต้นกำเนิดจากเนื้อเยื่อชั้นต่างๆ ดังนี้

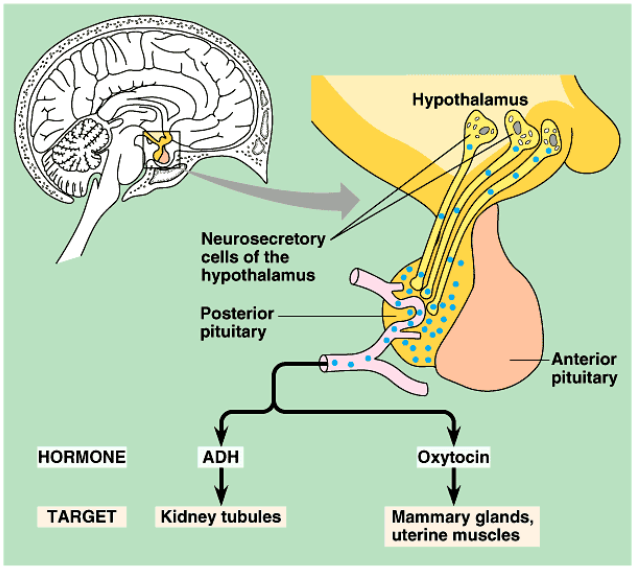


ภาพแสดงระบบต่อมไร้ท่อ

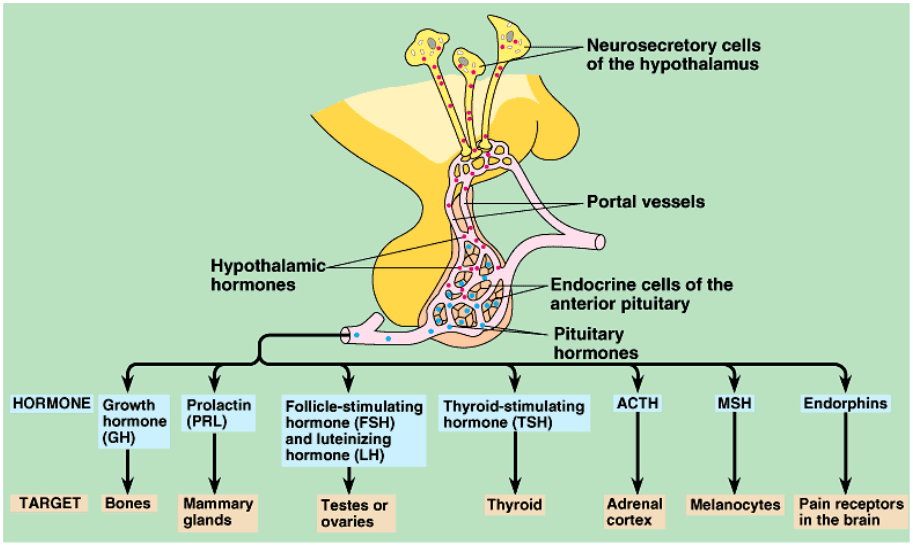
เนื้อเยื่อ	ต่อมไร้ท่อ
เอกโทเดิร์ม	ต่อมใต้สมอง, ต่อมไพเนียล, อะดรีนัลเมดัลลา
มีโซเดิร์ม	อัณฑะ, รังไข่, อะดรีนัลคอร์เทกซ์
เอนโดเดิร์ม	ไทรอยด์, พาราไทรอยด์, ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์

ฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อต่างๆ มีบทบาทต่อมนุษย์ ดังนี้

1. ต่อมใต้สมอง (Pituitary Gland หรือ Hypophysis) มีขนาดเล็กเท่าเมล็ดถั่ว อยู่ด้านล่างสมองส่วนไฮโพทาลามัส แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้



(a) The posterior pituitary



(b) The anterior pituitary

ภาพแสดงต่อมใต้สมอง

1.1 ต่อมใต้สมองส่วนหน้า สร้างฮอร์โมนมาควบคุมการทำงานของต่อมไร้ท่ออื่นๆ จึงอาจเรียกว่า **"Master Gland"** ก็ได้ ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมองส่วนนี้ ได้แก่

โกรทฮอร์โมน (Growth Hormone : GH หรือ Somatotrophin Hormone : STH)

➢ ควบคุมการเจริญเติบโตโดยทั่วไปของร่างกาย โดยเฉพาะการแบ่งเซลล์ การสังเคราะห์โปรตีน และการสร้างกระดูก

➢ ถ้าขาดฮอร์โมนนี้ในวัยเด็ก จะเป็นโรคเตี้ยแคระ (Dwarfism) แต่ถ้าขาดในวัยผู้ใหญ่ จะเป็นโรคซิมมอน (Simmon's Disease) ถ้ามีฮอร์โมนนี้มากเกินไปในวัยเด็ก จะเป็นโรคยักษ์ (Gigantism) แต่ถ้ามีมากในผู้ใหญ่จะเป็นโรคอะโครเมกาลี (Acromegaly)

โกนาโดโทรฟิน (Gonadotrophin) ประกอบด้วยฮอร์โมน 2 ชนิด คือ

1. ฟอลลิเคิล สติมิวเลติงฮอร์โมน (Follicle Stimulating Homone : FSH)

➢ กระตุ้นการเจริญของฟอลลิเคิลในรังไข่ของเพศหญิง และร่วมกับฮอร์โมน LH กระตุ้นให้ฟอลลิเคิลสร้างฮอร์โมนเอสโทรเจน (Estrogen)

➢ กระตุ้นการเจริญของอัณฑะและหลอดสร้างอสุจิของเพศชาย

2. ลูทิไนซิงฮอร์โมน (Luteinizing Hormone : LH)

➢ ทำให้เกิดการตกไข่ (Ovulation) และทำให้ฟอลลิเคิลกลายเป็นคอร์ปัสลูเทียม ซึ่งจะหลั่งฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน (Progesterone) ออกมากระตุ้นผนังมดลูกชั้นใน (Endometrium) ให้เตรียมรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ

➢ กระตุ้นกลุ่มเซลล์อินเตอร์สติเชียล (Interstitial Cell) ในอัณฑะให้หลั่งฮอร์โมนเทสโทสเทอโรน (Testosterone) จึงอาจเรียก LH อีกชื่อว่า **"Interstitial Cell Stimulating Hormone"** หรือ **"ICSH"**

1.2 ต่อมใต้สมองส่วนกลาง มีขนาดเล็กเห็นชัดในสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบก ผลิตฮอร์โมนเพียงชนิดเดียว คือ เมลาโนไซต์สติมิวเลติงฮอร์โมน (Melanocyte Stimulating Hormone : MSH)

➢ กระตุ้นรงควัตถุเมลานิน (Melanin) ที่ผิวหนังให้กระจายไปทั่วเซลล์ ทำให้ผิวมีสีเข้มขึ้น พบในสัตว์พวกปลา สัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบก และสัตว์เลื้อยคลาน ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม แต่การเปลี่ยนสีผิวเกิดขึ้นเพียงชั่วคราวและค่อนข้างช้า

1.3 ต่อมใต้สมองส่วนหลัง ไม่ใช่ต่อมไร้ท่อที่แท้จริง เพราะสร้างฮอร์โมนเองไม่ได้ แต่รับฮอร์โมนมาจากไฮโพทาลามัส ได้แก่

ออกซีโทซิน (Oxytocin)

➢ กระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบ เช่น กล้ามเนื้อมดลูกบีบตัวขณะคลอดบุตร กล้ามเนื้อรอบต่อมน้ำนมบีบตัวให้น้ำนมหลั่งออกมาเลี้ยงลูกอ่อน

วาโซเพรสซิน (Vasopressin) หรือแอนติไดยูเรติกฮอร์โมน (Antidiuretic Hormone : ADH)

➢ ควบคุมการดูดน้ำกลับของท่อหน่วยไตเพื่อรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย หากมี ADH ในเลือดน้อยเกินไป จะเกิดโรคเบาจืด คือ มีน้ำในปัสสาวะมากกว่าปกติ

2. ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮานส์ (Islets of Langerhans)

2.1 อินซูลิน (Insulin)

➢ ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้เป็นปกติ โดยกระตุ้นการนำกลูโคสเข้าสู่เซลล์ตับ และกล้ามเนื้อ เพิ่มอัตราการสลายกลูโคสเพื่อสร้างพลังงาน และเปลี่ยนกลูโคสเป็นไกลโคเจนสะสมไว้

➢ ถ้าร่างกายขาดอินซูลิน จะทำให้ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดสูงเกิน 400 mg ต่อเลือด 100 cm^3 เกิดเป็นโรคเบาหวาน (Diabetes Millitus) มีอาการปัสสาวะมาก มีน้ำตาลปนในปัสสาวะ น้ำหนักลด อ่อนเพลีย บาดแผลหายยาก มองภาพไม่ชัด

2.2 กลูคากอน (Glucagon) กระตุ้นการสลายไกลโคเจนจากตับเป็นกลูโคส เข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด และกระตุ้นการสร้างกลูโคสจากสารชนิดอื่น (Gluconeogenesis) จะเห็นว่าการหลั่งฮอร์โมนอินซูลิน และกลูคากอน ถูกควบคุมโดยระดับน้ำตาลในเลือด

3. ต่อมหมวกไต (Adrenal Gland)

➢ เป็นต่อมไร้ท่อ รูปสามเหลี่ยมขนาดเล็ก อยู่ส่วนบนของไตทั้ง 2 ข้าง

➢ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น คือ

3.1 อะดรีนัลคอร์เทกซ์ (Adrenal Cortex)

เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกของต่อมหมวกไตเจริญมาจากเนื้อเยื่อ Mesoderm ผลิตฮอร์โมนประเภทสเตียรอยด์ มากกว่า 50 ชนิด แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

กลูโคคอร์ติคอยด์ฮอร์โมน (Glucocorticoid Hormone)

➢ ควบคุมเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โดยกระตุ้นให้ตับเปลี่ยนไกลโคเจนเป็นกลูโคส ทำให้ระดับกลูโคสในเลือดสูงขึ้น

➢ มีหลายชนิด เช่น คอร์ติซอล (Cortisol) คอร์ติโซน (Cortisone) คอร์ติคอสเตอโรน (Corticosterone) เป็นต้น

มิเนราโลคอร์ติคอยด์ฮอร์โมน (Mineralocorticoid Hormone)

➢ ควบคุมสมดุลของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย โดยกระตุ้นให้ท่อหน่วยไต ต่อมเหงื่อ ผนังลำไส้ดูดน้ำ และ Na^+ เข้าสู่เส้นเลือดและขับ K^+ ออกจากท่อหน่วยไต

ฮอร์โมนเพศ (Sex Hormone)

➢ มีบทบาทน้อยเมื่อเทียบกับฮอร์โมนเพศที่สร้างจากอวัยวะสืบพันธุ์

➢ หากอะดรีนัลคอร์เทกซ์สร้างฮอร์โมนเพศมากเกินปกติจะทำให้เป็นหนุ่มสาวเร็วขึ้น เสียงห้าว มีขนตามร่างกายมากกว่าปกติ ผู้หญิงบางคนมีหนวดเคราเกิดขึ้น

3.2 อะดรีนัลเมดัลลา (Adrenal Medulla)

เป็นเนื้อเยื่อชั้นในสุดของต่อมหมวกไต เจริญมาจากเนื้อเยื่อ Ectoderm ผลิตฮอร์โมนที่สำคัญ 2 ชนิด คือ

อะดรีนาลินฮอร์โมน (Adrenalin Hormone) หรือเอพิเนฟรินฮอร์โมน (Epinephrine Hormone)

➢ กระตุ้นการสลายไกลโคเจนจากตับและกล้ามเนื้อเป็นกลูโคส ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น

➢ กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางให้ตื่นตัว ตัดสินใจเร็ว และมีความกล้า ขณะที่เปลี่ยนอารมณ์รุนแรง เช่น โกรธ กลัว ตกใจ เป็นต้น

นอร์อะดรีนาลินฮอร์โมน (Noradrenalin Hormone) หรือนอร์เอพิเนฟรินฮอร์โมน (Norepinephrine Hormone)

➢ หลั่งจากอะดรีนัลเมดัลลาและปลายประสาทของเส้นประสาทซิมพาเทติก

➢ มีหน้าที่คล้ายอะดรีนาลิน เช่น กระตุ้นการเต้นของหัวใจและเพิ่มระดับกลูโคสในเลือด โดยสลายไกลโคเจน แต่มีผลน้อยกว่าอะดรีนาลินมาก

4. ต่อมไทรอยด์ (Thyroid Gland)

➢ เป็นต่อมไร้ท่อขนาดใหญ่ที่สุด ลักษณะเป็นพู 2 พู อยู่สองข้างคอหอย มีเยื่อบางๆ เรียกว่า **"Isthmus"** เชื่อมต่อกันระหว่าง 2 พู

➢ กลุ่มเซลล์ภายในต่อมไทรอยด์ สร้างฮอร์โมนได้ 2 กลุ่ม คือ

4.1 ไทรอกซิน (Thyroxin)

➢ ควบคุมอัตราเมแทบอลิซึมในการใช้ออกซิเจนสลายอาหารให้เกิดพลังงาน

➢ ควบคุมการเจริญเติบโตของร่างกายโดยเฉพาะพัฒนาการของสมอง

➢ กระตุ้นเมทามอร์โฟซิสของสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบก ทำให้ลูกอ๊อดเปลี่ยนเป็นกบ (หากขาดฮอร์โมนนี้ลูกอ๊อดจะไม่เปลี่ยนเป็นกบ หากได้รับมากจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างเร็วขึ้น และกบมีขนาดเล็กกว่าปกติ)

4.2 แคลซิโทนิน (Calcitonin)

➢ มีหน้าที่ลดระดับแคลเซียมในเลือด โดยดึงแคลเซียมส่วนเกินไปสะสมในกระดูก ทำให้กระดูกหนาขึ้น

5. ต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid Gland)

➢ สร้างฮอร์โมนพาราทอร์โมน (Parathormone : PTH) ทำหน้าที่รักษาสมดุลของแคลเซียมโดยดึง Ca^{2+} และ PO_4^{3-} ออกจากกระดูก และเพิ่มการดูดกลับ Ca^{2+} ที่ท่อหน่วยไต

➢ พาราทอร์โมนจะทำงานตรงข้ามกับแคลซิโทนินเพื่อควบคุมสมดุลของแคลเซียม

6. อวัยวะสืบพันธุ์ (Gonad) สร้างฮอร์โมนเพศออกมาควบคุมลักษณะทางเพศ ดังนี้

6.1 อัณฑะ (Testis)

➢ กลุ่มเซลล์เรียกว่า **"เลย์ดิกเซลล์ (Leydig's Cell)"** ซึ่งแทรกอยู่ระหว่างหลอดสร้างอสุจิ จะสร้างฮอร์โมนเพศชาย เรียกว่า **"แอนโดรเจน (Androgen)"** ซึ่งมีหลายชนิด เช่น เทสโทสเทอโรน (Testosterone) แอนโดรสทีนไดโอน (Androstenedione) ดีไฮโดรเอพิแอนโดรสเตอโรน (Dehydroepiandrosterone)

➢ ฮอร์โมนเพศชายมีหน้าที่ควบคุมลักษณะเพศขั้นที่สอง (Secondary Sexual Characteristic) ของเพศชาย เช่น เสียงแตกห้าว นมขึ้นพาน ลูกกระเดือกแหลม มีหนวดเครา มีขนบริเวณรักแร้ หน้าอก หน้าแข้ง และอวัยวะเพศ กระดูกหัวไหล่กว้าง กล้ามเนื้อแขนขาแข็งแรง เป็นต้น

6.2 รังไข่ (Ovary)

➢ กลุ่มเซลล์ เรียกว่า **"ฟอลลิคูลาร์ เซลล์ (Follicular Cell)"** ในรังไข่จะสร้างฮอร์โมนเพศหญิง เรียกว่า **"เอสโทรเจน (Estrogen)"** มีหน้าที่ดังนี้

➢ ควบคุมลักษณะเพศขั้นที่สองของเพศหญิง เช่น มีเสียงแหลม สะโพกผาย เต้านมและอวัยวะสืบพันธุ์ขยายใหญ่ มีขนบริเวณรักแร้และอวัยวะเพศ

➢ ร่วมกับฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนกระตุ้นการเจริญของต่อมน้ำนม ควบคุมการมีประจำเดือน

➢ ร่วมกับฮอร์โมนออกซิโทซิน กระตุ้นการบีบตัวของมดลูกขณะคลอดบุตร

➢ คอร์ปัสลูเทียม (Corpus Luteum) ที่เปลี่ยนแปลงมาจากฟอลลิเคิลภายในรังไข่ จะสร้างฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน (Progesterone) มีหน้าที่ดังนี้

➢ ร่วมกับเอสโทรเจนกระตุ้นการเจริญของเยื่อบุผนังมดลูก เตรียมรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ

➢ การกินสารสังเคราะห์ ซึ่งเรียกว่า **"โพรเจสทิน (Progestin)"** จะยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนโกนาโดโทรฟินจากต่อมใต้สมองได้ดี จึงช่วยยับยั้งการตกไข่ได้

7. ฟีโรโมน (Pheromone) เป็นสารเคมีที่สัตว์หลั่งออกมาภายนอกร่างกายแล้วทำให้สัตว์ตัวอื่นที่เป็นชนิดเดียวกันเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมหรือสรีระของร่างกายได้ แบ่งออกเป็นกลุ่ม คือ

7.1 รีลีสเซอร์ฟีโรโมน (Releaser Pheromone)

➢ สารดึงดูดเพศตรงข้าม (Sex Attractant) พบในผีเสื้อกลางคืนบางชนิด ชะมด สร้างสารดึงดูดเพศตรงข้ามมาผสมพันธุ์ได้

➢ สารนำทาง (Trail Substance) พบในมด ช่วยให้เดินทางไปบริเวณต่างๆ และกลับรังได้โดยไม่หลงทาง

➢ สารเตือนเหตุ (Alarm Substance) พบในมด เมื่อตายจะหลั่งสารออกมากระตุ้นให้ตัวอื่นช่วยกันขนไปทิ้งนอกรัง

7.2 ไพรเมอร์ฟีโรโมน (Primer Pheromone)

➢ หลั่งออกมาทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระ

➢ พบในแมลงสังคมพวกมด ปลวก ผึ้ง เช่น ผึ้งราชินี จะหลั่งสาร Queen Substance ออกมาให้ผึ้งงานกินทำให้เป็นหมัน

4. พฤติกรรมของสัตว์

พฤติกรรม (Behavior) เป็นปฏิกิริยาที่สิ่งมีชีวิตแสดงออกมา เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทั้งภายนอกและภายในของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ

กลไกการเกิดพฤติกรรม มีลำดับขั้นดังแผนภาพ

สิ่งเร้า → หน่วยรับความรู้สึก → ระบบประสาทส่วนกลาง → หน่วยปฏิบัติงาน → พฤติกรรม

พฤติกรรมที่มีมาแต่กำเนิด (Inherited Behavior)

➢ เป็นพฤติกรรมแบบง่ายๆ ที่มีแบบแผนแน่นอน และมีลักษณะเฉพาะในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้โดยไม่ต้องเรียนรู้ก่อน

➢ พฤติกรรมที่ตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต เรียกว่า **"โอเรียนเทชัน (Orientation)"** แบ่งออกเป็น

1. **พฤติกรรมแบบไคนีซีส (Kinesis)**
   - ➢ เป็นการเคลื่อนที่เข้าหาหรือหนีสิ่งเร้า โดยไม่มีทิศทางแน่นอน
   - ➢ พบในพวกโพรทิสต์หรือสัตว์ชั้นต่ำที่ยังไม่มีระบบประสาทเจริญดีพอ

   ตัวอย่างเช่น
   - การเคลื่อนที่เข้าหาฟองแก๊ส CO_2 หรือบริเวณที่มีสภาพเป็นกรดอ่อนๆ ของพารามีเซียม
   - การเคลื่อนที่หนีแสงสว่างของอะมีบา
   - การเคลื่อนที่ของเหาไม้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นน้อยๆ

2. **พฤติกรรมแบบแทกซิส (Taxis)**
   - ➢ เป็นการเคลื่อนที่เข้าหาหรือหนีสิ่งเร้าอย่างมีทิศทางแน่นอน เพราะมีหน่วยรับความรู้สึกเจริญดีพอสมควร
   - ➢ พบในโพรทิสต์และสัตว์ชั้นต่ำบางชนิด

   ตัวอย่างเช่น
   - การเคลื่อนที่เข้าหาแสงสว่างของยูกลีนา พลานาเรีย แมลงเม่า และเห็บบางชนิด
   - การเคลื่อนที่หนีแสงของหนอนแมลงวันและลูกน้ำยุงลาย
   - การบินเข้าหาแหล่งอาหารของค้างคาวตามเสียงสะท้อน

3. **พฤติกรรมแบบรีเฟลกซ์ (Reflex)**
   - ➢ เป็นการตอบสนองทันทีทันใดต่อสิ่งเร้า โดยไม่ต้องรอคำสั่งจากสมอง มีแบบแผนการตอบสนองที่แน่นอนไม่ซับซ้อน
   - ➢ พบในสัตว์ที่มีระบบประสาทเจริญดีแล้ว

   ตัวอย่างเช่น
   - การชักเท้าหนีเมื่อเหยียบตะปู การหดมือหนีไฟ การกะพริบตาเมื่อมีฝุ่น การไอจามเมื่อเกิดระคายเคือง
   - การหดตัวของหอยไปอยู่ในเปลือก

4. พฤติกรรมแบบรีเฟลกซ์ต่อเนื่อง (Chain Of Reflex)

➢ เป็นพฤติกรรมที่มีมาแต่กำเนิด แสดงออกได้โดยไม่ผ่านการเรียนรู้ มีแบบแผนที่แน่นอนในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด จึงอาจเรียกว่า **"พฤติกรรมสัญชาติญาณ** (Instinctive Behavior)"

➢ มีการตอบสนองโดยการแสดงออกต่อเนื่องเป็นลำดับ โดยพฤติกรรมรีเฟลกซ์ที่เกิดก่อนจะกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมต่อไปต่อเนื่องกันเป็นลำดับ

➢ ส่วนใหญ่เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ การเลี้ยงดูตัวอ่อน การสร้างที่อยู่อาศัย การหาอาหาร การอพยพ พบในพวกแมลง ปลา สัตว์เลื้อยคลาน และนก

ตัวอย่างเช่น

- การสร้างรังของนก
- การชักใยและการสร้างปลอกหุ้มไข่ของแมงมุม
- การฟักไข่และการเลี้ยงลูกอ่อนของไก่
- การดูดนมของเด็กอ่อน
- การกลิ้งไข่เข้ารังของห่านเกรย์แลค

พฤติกรรมที่เกิดจากการรับรู้ (Learning Behavior) เกิดจากประสบการณ์ตั้งแต่แรกเกิด จนถึงตัวเต็มวัยทำให้มีการแสดงออกที่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพ มีหลายรูปแบบ คือ

1. พฤติกรรมแบบแฮบบิชูเอชัน (Habituation)

เป็นพฤติกรรมของสัตว์ที่ลดปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ไม่เป็นอันตรายทั้งๆ ที่สิ่งเร้ายังคงกระตุ้นอยู่ พบในสัตว์ที่มีระบบประสาทเจริญดี ซึ่งสามารถจดจำสิ่งเร้าที่มากระตุ้น และแยกได้ว่าสิ่งเร้าใดมีอันตรายหรือไม่ ตัวอย่างเช่น

- สุนัขจะเห่าและหอน หรือตกใจเมื่อได้ยินเสียงเครื่องบินในครั้งแรก ต่อมาเมื่อได้ยินซ้ำๆ จนเคยชิน ก็ไม่ตอบสนองอีกเพราะไม่มีผลต่อตัวเอง
- ลูกนกจะตกใจกลัวทุกสิ่งที่ผ่านเหนือหัวจึงหมอบลง ต่อมาจึงเรียนรู้ที่จะหมอบเฉพาะศัตรู เช่น เหยี่ยว แต่ถ้าเป็นนกชนิดอื่นที่ไม่เป็นอันตราย หรือใบไม้หล่นลงมาก็จะไม่มีปฏิกิริยาตอบสนอง
- นกจะตกใจบินหนีเมื่อเห็นหุ่นไล่กาเคลื่อนไหวในครั้งแรกๆ ต่อมาก็ไม่มีปฏิกิริยาตอบสนอง เพราะเรียนรู้ว่าไม่มีอันตราย

2. พฤติกรรมแบบฝังใจ (Imprinting Behavior)

เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ประสบเป็นครั้งแรกของชีวิต ความฝังใจที่เกิดขึ้นอาจจดจำไปตลอดชีวิตหรือฝังใจเพียงระยะหนึ่งก็ได้ ตัวอย่างเช่น

- การเดินตามวัตถุที่เคลื่อนไหวและมีเสียงได้จากการมองเห็นครั้งแรกของลูกเป็ด ไก่ หรือห่านหลังฟักออกจากไข่
- การวางไข่ที่ดอก หรือผลไม้ที่ยังอ่อนของแมลงวันทองหรือแมลงหวี่

3. พฤติกรรมแบบลองผิดลองถูก (Trial And Error)

เป็นพฤติกรรมที่เรียนรู้จากการได้ทดลองทำดูก่อน แล้วเลือกตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เกิดผลดีและหลีกเลี่ยงการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เกิดผลเสียหรือเกิดอันตราย ตัวอย่างเช่น

- การเคลื่อนที่ของไส้เดือนดินในกล่องรูปตัว T หลังการทดลองซ้ำๆ ประมาณ 200 ครั้ง ไส้เดือนดินจึงเลือกทางที่ถูกต้อง คือ ทางที่มืดและชื้นถึง 90% ในขณะที่ก่อนฝึก การเลือกทางที่เหมาะสมของไส้เดือนดินถูกต้องเพียงประมาณ 50% เท่านั้น

4. **พฤติกรรมแบบมีเงื่อนไข** (Conditioning)

เป็นพฤติกรรมที่เรียนรู้จากการตอบสนอง**สิ่งเร้าแท้และสิ่งเร้าที่เป็นเงื่อนไข**ร่วมกัน และเมื่อกระตุ้นโดยสิ่งเร้าที่เป็นเงื่อนไขเพียงอย่างเดียวก็สามารถแสดงพฤติกรรมเช่นเดิมได้ ตัวอย่างเช่น

สุนัข + อาหาร (สิ่งเร้าแท้) → น้ำลายไหล

สุนัข + อาหาร + เสียงกระดิ่ง (สิ่งเร้าที่เป็นเงื่อนไข) → น้ำลายไหล

สุนัข + เสียงกระดิ่ง → น้ำลายไหล

5. **พฤติกรรมแบบใช้เหตุผล** (Reasoning)

เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ขั้นสูงสุด โดยการนำประสบการณ์ในอดีตมารวมเป็นประสบการณ์ใหม่เพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้า หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

พฤติกรรมแบบนี้ไม่พบในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ส่วนสัตว์มีกระดูกสันหลังเห็นได้ชัดในคนและลิงเท่านั้น ตัวอย่างเช่น

- ลิงชิมแปนซี ใช้กล่องมาวางซ้อนกันเพื่อให้สามารถหยิบกล้วยในที่สูงๆ ได้
- เด็กสามารถเดินอ้อมรั้ว หรือไขกุญแจออกมาหยิบอาหารนอกรั้วได้

พฤติกรรมทางสังคม เป็นการส่งสัญญาณให้สัตว์ชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน แสดงพฤติกรรมออกมาทำให้สัตว์ในสังคมนั้นดำรงชีวิตอยู่เป็นระบบได้ ตัวอย่างเช่น

➢ **การสื่อสารด้วยท่าทาง** (Visual Communication)

- การขยับปีกขึ้นลงและถูขาตัวเองของแมลงวันเพศผู้ เพื่อเกี้ยวพาราสีก่อนจะผสมพันธุ์
- การรำแพนอวดหางของนกยูงเพศผู้ หรือการเต้นรำส่ายตัวไปมาของนกกระเรียน เพื่อเกี้ยวพาราสีเพศเมีย
- การเต้นรำของผึ้งเพื่อบอกแหล่งอาหาร โดยพบว่า เต้นแบบวงกลม เริ่มเต้นตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา แสดงว่าอาหารอยู่ใกล้ๆ ห่างรังไม่เกิน 70 เมตร เต้นแบบเลขแปด หรือเต้นส่ายท้อง (Waggle Dance) เริ่มเต้นตามเข็มนาฬิกาในวงแรก และทวนเข็มนาฬิกาในวงที่สองแสดงว่าอาหารอยู่ไกลจากรังมากกว่า 70 เมตร

➢ **การสื่อสารด้วยเสียง** (Sound Communication)

- การใช้เสียงร้องของกบตัวผู้ ชะนีตัวเมีย กระตุ้นให้เพศตรงข้ามได้ยินเพื่อการผสมพันธุ์
- การใช้เสียงสะท้อนกลับของค้างคาวเพื่อหาแหล่งอาหาร

➢ **การสื่อสารด้วยการสัมผัส** (Tactile Communication)

พบในสัตว์ชั้นสูงเป็นส่วนใหญ่ แสดงถึงความเป็นมิตร ความอ่อนน้อม และมีผลต่อพัฒนาการทางอารมณ์ ตัวอย่างเช่น

- สุนัขเลียปากสุนัขตัวอื่นที่เหนือกว่า
- ลิงชิมแปนซียื่นมือให้ตัวอื่นที่มีอำนาจเหนือกว่าจับในลักษณะหงายมือ
- ลูกนกนางนวลใช้จะงอยปากจิกที่จะงอยปากแม่ เพื่อให้แม่คายอาหารออกมา

การสืบพันธุ์

การสร้างสมาชิกใหม่แก่ประชากรพร้อมกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เพื่อดำรงเผ่าพันธุ์ไม่ให้สูญหาย มี 2 ระดับ คือ

1. ระดับเซลล์ (การแบ่งเซลล์)
2. ระดับสิ่งมีชีวิต (ตัวของสิ่งมีชีวิต)

Types of Reproduction

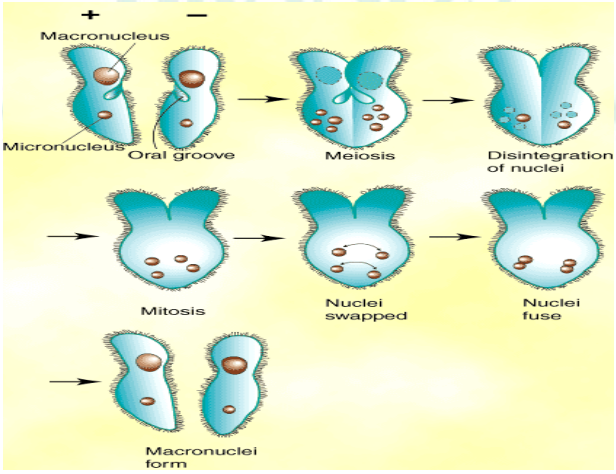
- **Asexual Reproduction**
  1. Fission
  2. Fragmentation
  3. Budding
  4. Regeneration
  5. Sporulation
  6. Vegetative Propagation

Fission ส่วนใหญ่พบใน Protists หลังจากแบ่งเซลล์จะแยกไปเจริญเติบโต

Sporulation เซลล์แบ่งนิวเคลียสหลายครั้ง (Mitosis) จนได้เซลล์ขนาดเล็กจำนวนมาก และแต่ละเซลล์เรียกว่า Spore

- **Sexual Reproduction** มีองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ
  1. อวัยวะสืบพันธุ์ (Reproductive Organs)
  2. การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (Gametogenesis)
  3. การปฏิสนธิ (Fertilization)

Conjugation เป็นการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพารามีเซียมโดยพารามีเซียม 2 ตัวจับคู่กัน Micronucleus ของแต่ละตัวแบ่ง Meiosis ได้ 4 นิวเคลียส (สลาย 3 เหลือ 1) Micronucleus (n) แบ่ง Mitosis ได้ 2 นิวเคลียสแล้วมีการแลกเปลี่ยน Micronucleus (Micronucleus เก่าสลายไป) Micronucleus เก่าและใหม่รวมกันได้ Zygote (2n) แล้วแยกตัวจากกัน (Exconjugant) แต่ละตัวแบ่ง Mitosis นิวเคลียส 3 ครั้งได้ 8 นิวเคลียส (Macronucleus 4 + Micronucleus 4) จากนั้นจะแบ่ง Mitosis ต่อจนกระทั่งได้ 4 เซลล์ โดยแต่ละพารามีเซียมจะมี 1 Macronucleus + 1 Micronucleus



ภาพแสดงการ Conjugation ของพารามีเซียม

ตารางแสดงความแตกต่างของการสืบพันธุ์แบบ Asexual Reproduction และแบบ Sexual Reproduction

ประเภท	ลักษณะ
Asexual Reproduction	- ไม่ต้องการอวัยวะพิเศษเฉพาะ - ส่วนต่างๆ ของร่างกายมีการสร้างเซลล์ใหม่โดยการแบ่งเซลล์แบบ Mitosis - ไม่มีการรวมกันของนิวเคลียสในเซลล์สืบพันธุ์ - ลักษณะทางพันธุกรรมรุ่นลูกไม่เปลี่ยนแปลงจากรุ่นพ่อ-แม่ - รุ่นลูกทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้น้อย
Sexual Reproduction	- มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของเพศผู้และเพศเมีย - มีการแบ่งเซลล์แบบ Meiosis เพื่อลดจำนวนโครโมโซม - จำนวน Chromosome ลดลงครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย - มีการผสมกันของเซลล์สืบพันธุ์ทั้งสองเพศ เรียกว่า การปฏิสนธิ (Fertilization) - พบได้ในสิ่งมีชีวิตที่มีร่างกายซับซ้อน

Gamete

Isogamete

- มีรูปร่างและขนาดเหมือนกัน แยกเพศยาก พบในโพรทิสต์บางชนิด

Heterogamete

- Anisogamete รูปร่างเหมือนกันแต่ขนาดต่างกัน พบในโพรทิสต์บางชนิด
- Oogamete แตกต่างกันทั้งขนาดและรูปร่าง

Gametogenesis

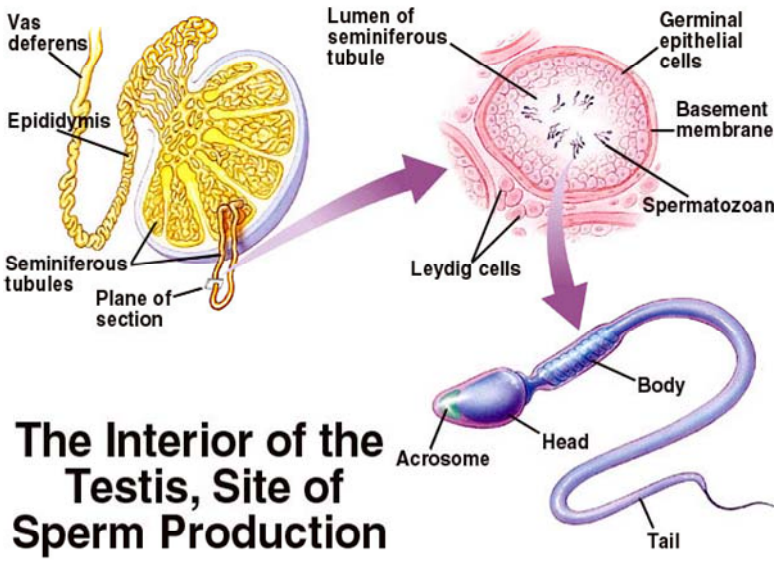
การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในสัตว์ (Animal Gametogenesis) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- การสร้างอสุจิ (Spermatogenesis)
- การสร้างไข่ (Oogenesis)

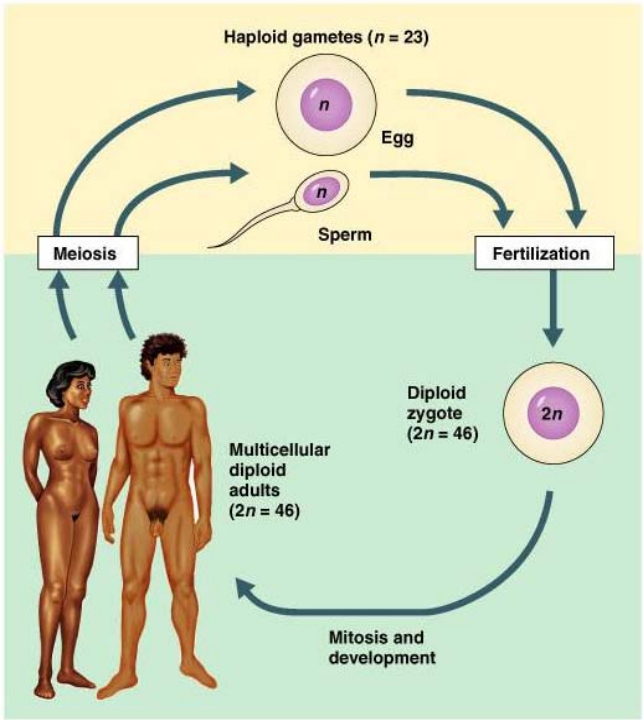
ตารางเปรียบเทียบระหว่างการสร้างอสุจิและการสร้างไข่

ความแตกต่าง	Spermatogenesis	Oogenesis
ตำแหน่งที่เกิด	Seminiferous Tubules	Ovary Oogonium (2n) และพัฒนาเป็น 1° Oocyte (2n)
เซลล์เริ่มต้น	1 Spermatogonium (2n)	ในช่วงก่อนคลอด 1 เดือน
Meiosis I	2 2° Spermatocyte (n)	2° Oocyte (n) และ 1^{st} Polar Body (n)
Meiosis II	4 Spermatid (n)	Ootid (n) ในระยะ Metaphase II และ 1^{st} Polar Body (n) และจะแบ่งเซลล์ต่อไปจนได้ Ovum และ 2^{nd} Polar Body (n) เมื่อมีการปฏิสนธิ
Differentiation	Spermatozoa (n)	Ovum (n)

* 1^{st} Polar Body (n) และ 2^{nd} Polar Body (n) จะสลายไป



ภาพแสดงตำแหน่งที่มีการสร้างเซลล์อสุจิ



ภาพแสดงการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในคน

ภาพแสดงองค์ประกอบของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชาย

ภาพแสดงองค์ประกอบของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศหญิง

ตารางแสดงชนิดและการทำงานของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์ในเพศชาย

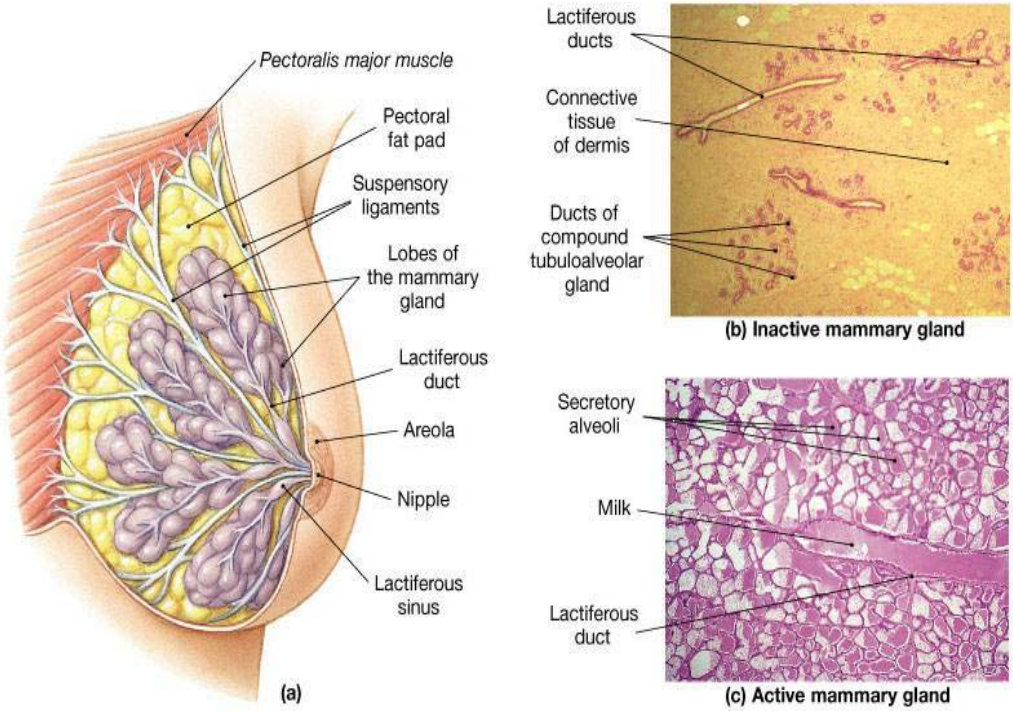
ชนิด	อวัยวะเป้าหมาย	การทำงาน
GnRH	ให้ Ant. Pituitary Gland	กระตุ้นให้หลั่ง FSH และ ICSH (LH)
Follicular Stimulating Hormone (FSH)		กระตุ้นการเจริญของ Seminiferous tub.
Interstitial Cell Stimulating Hormone (ICSH)	Leydig Cell	สร้าง Androgen
Androgen		กระตุ้นการเกิด 2° Male Characteristics
- Testosterone		ยับยั้งการหลั่ง ICSH, Hypothalamus
- Aldosterone		

ตารางแสดงชนิดและการทำงานของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์ในเพศหญิง

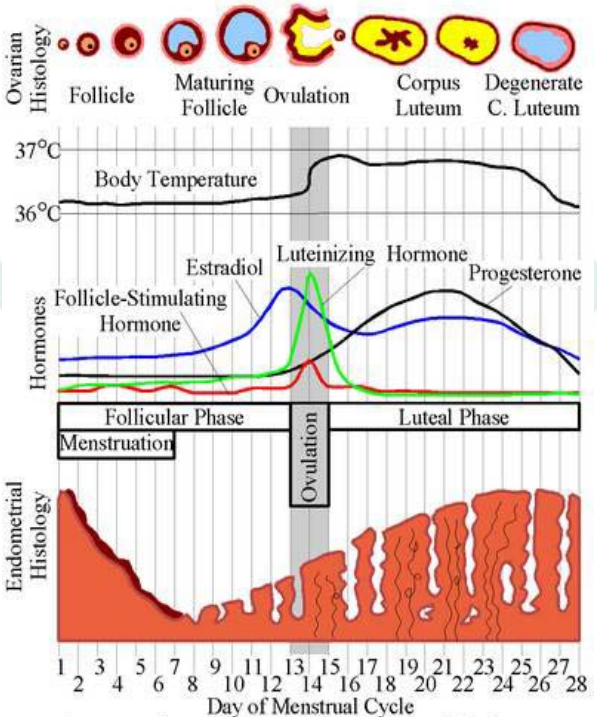
ชนิด	อวัยวะเป้าหมาย	การทำงาน
GnRH	Ant. Pituitary Gland	กระตุ้นให้ Ant. Pituitary Gland หลั่ง FSH และ LH
Follicle Stimulating Hormone (FSH)	1° Oocyte ที่มี Follicle Cell	กระตุ้นให้ 1° Oocyte ที่มี Follicle Cell ล้อมรอบมีการแบ่ง Mitosis
Estrogen		กระตุ้นการเกิด 2° Female Characteristics และผนังมดลูกหนาตัว
Luteinizing Hormone (LH)	เซลล์ไข่	ทำงานร่วมกับ FSH กระตุ้นให้ไข่เจริญเป็น Corpus Luteum
Progesterone	ผนังมดลูก	ทำงานร่วมกับ Estrogen กระตุ้นผนังมดลูกให้หนาตัว ยับยั้งการสร้าง FSH และ LH
Oxytocin	มดลูก	ทำงานร่วมกับ Prostaglandin ช่วยในการบีบตัวของมดลูกทำให้เด็กคลอด
Prolactin	ต่อมน้ำนม	กระตุ้นต่อมน้ำนมสร้างน้ำนม
		กระตุ้น Corpus Luteum สร้าง Progesterone

ภาพแสดงการทำงานของฮอร์โมนในระบบสืบพันธุ์เพศหญิง

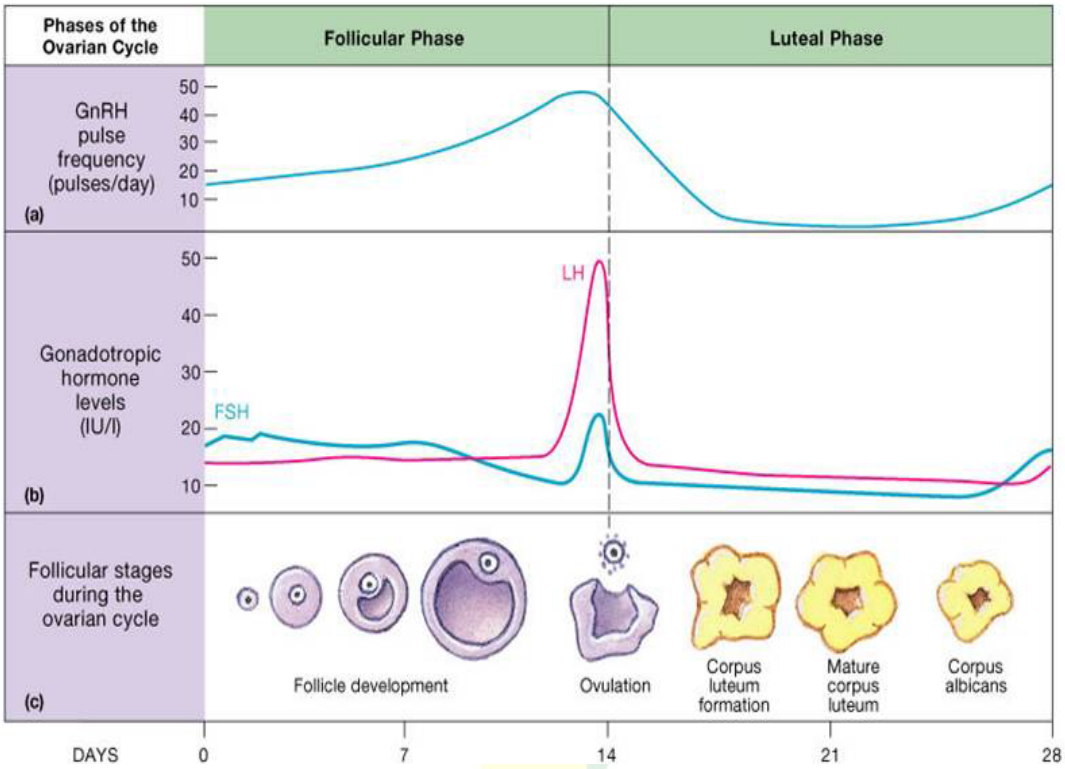
ภาพแสดงการทำงานของฮอร์โมนในระบบสืบพันธุ์เพศชาย



ภาพแสดงการกระตุ้นการทำงานของต่อมน้ำนม



ภาพแสดงระดับของฮอร์โมนชนิดต่างๆ



ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ไข่และการทำงานของฮอร์โมนในระบบสืบพันธุ์เพศหญิง

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์

สัตว์ที่ระบบร่างกายไม่ซับซ้อน จะอาศัยปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกกระตุ้นให้มีการสร้างฮอร์โมน จึงมี 2 ปัจจัย คือ สิ่งแวดล้อมภายนอกและฮอร์โมน แต่สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมไม่อาศัยปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก แต่จะขึ้นกับฮอร์โมนเพียงอย่างเดียว โดยที่ตัวเมียจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์เป็น Cycle มี 2 แบบ คือ

1. Estrus Cycle เมื่อตัวเมียไข่ตก จะไม่มีการสลายตัวของมดลูก เช่น หมา แมว หมู
2. Menstrual Cycle เมื่อไข่ตก ถ้าไม่มีการปฏิสนธิจะมีเลือดประจำเดือนออกมา มีการสลายตัวของมดลูก เช่น คน ลิง มีฮอร์โมนที่เกี่ยวข้อง 4 ชนิด คือ

- FSH จาก Pituitary gl. ส่วนหน้า กระตุ้น Follicle Cell ให้เจริญเติบโต
- LH จาก Pituitary gl. ร่วมกับ FSH กระตุ้นให้ไข่สุกและสร้าง Corpus Luteum
- Estrogen จาก Follicle Cell และ Corpus Luteum กระตุ้นผนังมดลูกหนาตัว รวมทั้งยับยั้งการสร้าง FSH และ LH
- Progesterone จาก Corpus Luteum ทำงานร่วมกับ Estrogen

รูปแบบการพัฒนาของตัวอ่อน

Oviparous หมายถึง สัตว์ที่ออกลูกเป็นไข่ Embryo เจริญนอกตัวแม่และได้รับอาหารจาก Yolk

Ovoviviparous หมายถึง สัตว์ที่ออกลูกเป็นตัว Embryo เจริญในตัวแม่ แต่ได้รับอาหารจาก Yolk

Viviparous หมายถึง สัตว์ที่ออกลูกเป็นตัว Embryo เจริญในตัวแม่ และได้รับอาหารจากตัวแม่

การปฏิสนธิ (Fertilization) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

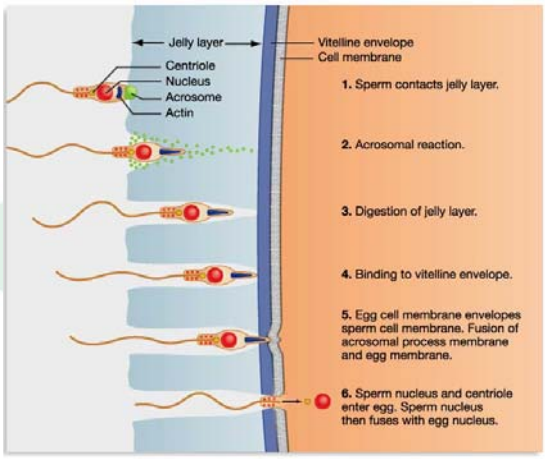
การปฏิสนธิภายนอก (External Fertilization) คือ การรวมตัวระหว่างไข่กับอสุจิ โดยที่เพศเมียปล่อยไข่ออกมาภายนอกและเพศผู้ปล่อยอสุจิออกมาผสม โดยมีน้ำเป็นสื่อ เช่น ในปลา กบ ซึ่งเพศเมียนั้นมักผลิตไข่ออกมาเป็นจำนวนมาก และได้ตัวอ่อนมากมาย เพื่อให้เหลือรอดชีวิตในสภาพแวดล้อมที่เต็มไปด้วยศัตรู และการดิ้นรนต่อสู้ ในกลุ่มตัวอ่อนที่ต้องมาเจริญอยู่ภายนอก มักมีกรรมวิธีในการอยู่รอด เช่น การสร้างเปลือกแข็งหุ้มตัวอ่อนไว้จนกว่าจะเจริญเติบโตพอที่จะช่วยตัวเองได้ จึงหลุดจากเปลือกออกมา

การปฏิสนธิภายใน (Internal Fertilization) คือ การที่เพศผู้ปล่อยอสุจิออกเข้าไปผสมกับไข่ที่อยู่ภายในเพศเมีย พบมากในสัตว์บก เมื่อผสมแล้วตัวอ่อนอาจถูกส่งมาเจริญภายนอก เช่น นก ไก่ สัตว์ปีก และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกบางชนิด หรือเจริญอยู่ภายในจนถึงระยะหนึ่งแล้วหลุดออกมาอยู่ภายนอก

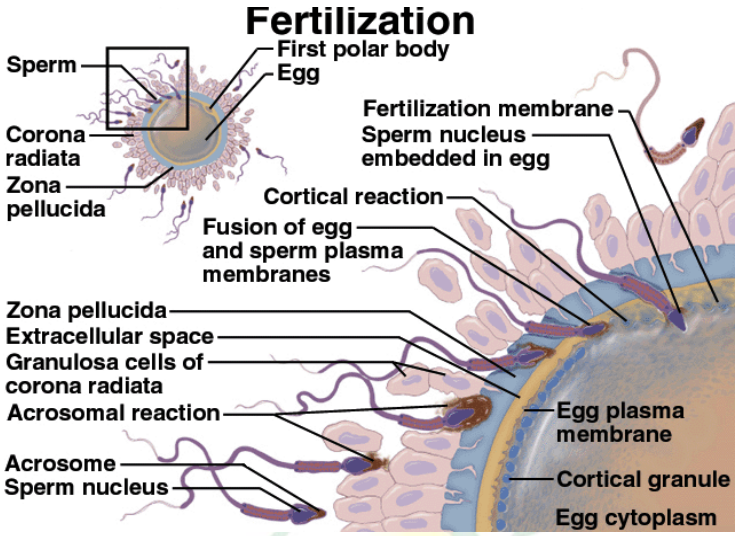
ในกรณีที่เพศเมียเลี้ยงตัวอ่อนภายในครรภ์ พบว่าจำนวนตัวอ่อนที่เกิดจากการผสมครั้งหนึ่งๆ ไม่มากนัก เพราะตัวอ่อนเหล่านี้จะได้รับการเลี้ยงดูปกป้องอย่างดี

การปฏิสนธิของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

- เริ่มจาก Acrosomal Reaction โดย Sperm ว่ายมาที่ไข่ที่มี Zona Pellucida หุ้ม (คล้าย Vitelline Layer) และมี Receptor แล้ว Sperm ปล่อย Hydrolytic Enzyme เพื่อเข้าไป Egg Plasma Membrane
- เกิดการเชื่อมรวมกันของ Cell Membrane ของ Sperm และ Egg เกิด Membrane Potential ป้องกัน Sperm ตัวอื่นเข้ามาผสม เกิดการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าที่บริเวณผิว Membrane อย่างรวดเร็ว เรียกว่า Fast Block to Polyspermy
- Cortical Granule ปล่อยสารออกมาและไม่ทำให้ Fertilization Membrane หนาตัว แต่จะแข็งตัว โดยที่ Fertilization Membrane ขัดขวางไม่ให้ Sperm ตัวอื่นเข้าผสม เป็น Slow Block to Polyspermy



คือ เกิดการหนาตัวขึ้นอย่างช้าๆ Microvilli ของ Egg จะนำ Sperm เข้าไปทั้งเซลล์ (Basal Body ใน Tail จะบีบตัวเป็น Centriole ของ Zygote) แล้ว Sperm Nucleus กระตุ้นไข่ (2^{nd} Oocyte) แบ่ง Meiosis ต่อแล้วนิวเคลียส Sperm กับไข่จะหลอมรวมกันได้ Zygote (2n) แล้วแบ่ง Mitosis เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ต่อไป



ภาพแสดงการปฏิสนธิระหว่างไข่กับอสุจิ

การตั้งครรภ์ (Pregnancy)

ขณะที่เริ่มตั้งครรภ์จนคลอด ระดับฮอร์โมนในเลือดจะเปลี่ยนแปลงไป เริ่มจากรกลูก (Fetal Placenta) สร้าง Human Chorionic Gonadotropin (HCG) ช่วยยืดอายุ Corpus Luteum ให้อยู่ 3-4 เดือน หลังจากนั้นรกก็จะสร้าง Estrogen และ Progesterone แทนเพื่อช่วยให้ Embryo ไม่หลุดจากมดลูกตลอดการตั้งครรภ์ อย่างไรก็ดีฮอร์โมน Progesterone ต้องมีระดับสูงกว่า Estrogen เพราะว่าสมบัติของ Estrogen ไปทำให้มดลูกบีบตัว ส่วน Progesterone ทำให้มดลูกลดการบีบตัวลง

ขณะตั้งครรภ์ ฮอร์โมน Prolactin จะค่อยๆ เพิ่มระดับขึ้น และจะขึ้นสูงมากเมื่อใกล้กำหนดคลอด เมื่อทารกคลอดออกมาแล้วถ้าแม่ให้ลูกดูดนม ระดับฮอร์โมน Prolactin ยังคงสูงอยู่

เมื่อใกล้คลอด ฮอร์โมน Estrogen จะมีระดับสูงขึ้นทันทีทันใด จนมีระดับสูงกว่า Progesterone มดลูกจะบีบตัวอย่างแรงจนถุงน้ำคร่ำแตก ดันให้ทารกหลุดออกมาจากมดลูกผ่านช่องคลอด และรกหลุดตามออกมา เมื่อรกหลุดออกมา ระดับฮอร์โมน Estrogen และ Progesterone จะลดระดับลงมาทันทีอยู่ในระดับปกติ

ในระหว่างที่ลูกดูดนม แรงกระตุ้นจากการดูดนม (Suckling Stimulus) จะผ่านเข้าสู่ระบบประสาทไปยับยั้งการหลั่งของ Gonadotropins (FSH, LH) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ทำให้ไม่มีการเจริญของถุงไข่และไม่มีการตกไข่ ถ้าลูกเลิกดูดนมจะไม่มีตัวยับยั้งการหลั่งของ Gonadotropins ต่อมใต้สมองส่วนหน้าจะหลั่ง FSH, LH ออกมา วงจรก็เริ่มขึ้นใหม่

Multiple Pregnancy

ในการปฏิสนธิบางครั้งอาจทำให้เกิดตัวอ่อนได้มากกว่า 1 อาจเกิดจากไข่และอสุจิมากกว่า 1 เช่น ไข่ 2 ใบ อสุจิ 2 ตัวเรียกว่า Dizygotic (Fraternal) Twins อาจเป็นเพศเดียวกันหรือต่างเพศกันก็ได้ ลักษณะทางพันธุกรรมต่างกัน หรือเกิดจากไข่ 1 ใบ อสุจิ 1 ตัว เรียกว่า Monozygotic (Identical) Twins แต่เกิดความผิดปกติในการแบ่งเซลล์ เช่น เกิดการแยกของ Blastomere หรือ Inner Cell Mass ออกเป็น 2 กลุ่ม การแบ่งหลังเกิดช่อง Amniotic Cavity แล้วเจริญเป็นตัวอ่อน (Embryo) เพิ่มขึ้น ซึ่งมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกัน และเป็นเพศเดียวกัน

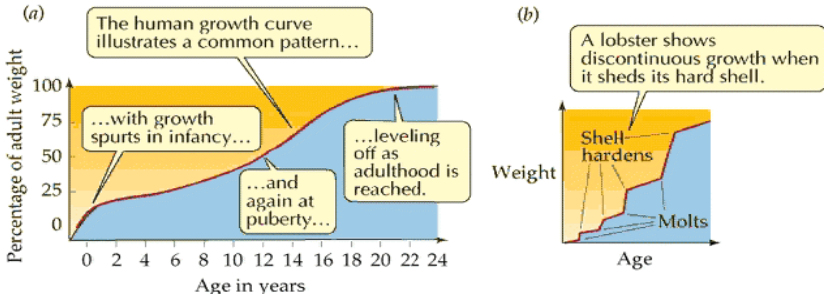
การผสมเทียม

วิธีการ	สาเหตุ	ลักษณะทั่วไป	ขั้นตอน
In Vitro Fertilization (IVF)	แม่มี Fallopian Tube ที่ตีบตัน	ปฏิสนธินอกร่างกาย (ในหลอดแก้ว)	เจาะไข่ที่สุกใสในจานเพาะเชื้อ นำ Sperm เข้าผสมกับไข่ในจานแก้ว นำ Zygote (2 วัน) ใส่กลับเข้ามดลูกแม่
Gamete Intra Fallopian Tube Transfer (GIFT)		ต้องมีท่อนำไข่ปกติ	กระตุ้นให้ไข่ตกหลายใบ ดูดไข่ผู้หญิงออกมาเก็บไว้ในหลอด ดูด Sperm ใส่ในหลอดโดยมีฟองอากาศกั้น ฉีดไข่และ Sperm เข้าไปที่ท่อนำไข่ นำ Blastocyst Cell มาฝังที่ผนังมดลูก
ZIFT		คล้าย IVF	ผสมอสุจิและไข่นอกร่างกาย จนได้ระยะ Zygote ฉีด Zygote กลับเข้าไปในท่อนำไข่
ICSI	เพศชายมีอสุจิน้อยมาก คุณภาพของอสุจิไม่ดี		ใช้เข็มแก้วเล็กๆ ดูดอสุจิ 1 ตัว ฉีดเข้าไปในไข่โดยตรง เลี้ยงในตู้อบจนได้ตัวอ่อนประมาณ 4-8 เซลล์ นำตัวอ่อนนี้กลับเข้าไปในโพรงมดลูก

การเจริญเติบโตของสัตว์ กระบวนการที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต มี 4 ขั้นตอน คือ

1. การแบ่งเซลล์ เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ (Cell Multiplication) แต่ยังไม่พัฒนาเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ
2. การเพิ่มขนาดของเซลล์ (Cell Growth) เกิดจากเซลล์ได้รับอาหารที่เพียงพอ
3. การเปลี่ยนแปลงเซลล์เพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่าง (Cell Differentiation) มีการรวมกลุ่มเซลล์ที่ทำหน้าที่เหมือนกัน กลายเป็นเนื้อเยื่อ
4. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นอวัยวะและเกิดรูปร่าง (Morphogenesis)

เส้นโค้งของการเติบโต (Growth Curve) เส้นโค้งที่แสดงอัตราการเติบโตอาจจะวัดออกมาเป็นหน่วยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยเวลาที่เปลี่ยนไป สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะมีเส้นโค้งของการเติบโตเป็นรูปตัว S หรือ Sigmoid Curve เสมอ



ภาพแสดงเส้นโค้งการเจริญเติบโตของคนเปรียบเทียบกับกุ้ง

เซลล์ไข่ของสัตว์ประเภทต่างๆ พร้อมที่จะเกิด Fertilization ในระยะต่างๆ กัน เช่น

1. ตั้งแต่ยังไม่เกิด Meiosis เช่น หนอน
2. ระยะ Meiosis I เช่น Ascaris
3. ระยะ Meiosis II เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม คน
4. เมื่อเกิด Meiosis สมบูรณ์ เช่น สัตว์พวก Echinoderms

Embryonic Development

เป็นการศึกษาช่วงระยะการเจริญของเอ็มบริโอ ซึ่งจะเริ่มต้นหลังจากไข่เกิดการปฏิสนธิแล้ว เอ็มบริโอระยะแรก คือ Zygote ระยะเอ็มบริโอจะสิ้นสุดเมื่อเกิดอวัยวะต่างๆ ครบ ในสัตว์ชนิดต่างๆ จะมีช่วงเวลาของการเกิดเอ็มบริโอแตกต่างกัน เช่น ในคนประมาณ 8-10 สัปดาห์ ไก่ประมาณ 4 วัน และกบประมาณ 2 วัน เป็นต้น จากไซโกตซึ่งเป็นเซลล์เดี่ยวไปสู่สภาพที่ซับซ้อนขึ้น โดยเกิดขึ้นเป็นลำดับขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

Cleavage เป็นกระบวนการที่ไซโกตมีการแบ่งเซลล์แบบ Mitotic Division อย่างรวดเร็ว ทำให้ได้เอ็มบริโอที่มีหลายเซลล์ เรียกว่า Blastula ระยะ Cleavage เซลล์จะผ่าน S และ M phase ของ Cell Cycle โดยไม่เกิด G1 และ G2 และเอ็มบริโอไม่เพิ่มขนาดขึ้น Cytoplasm ของ Zygote จะแบ่งจนได้เซลล์เล็กๆ จำนวนมาก เรียก Blastomere องค์ประกอบในเซลล์ (mRNA, Proteins, Yolk) กระจายไม่สม่ำเสมอ (Polarity) Yolk เป็น Key Factor ในการกำหนด Polarity และมีผลต่อ Cleavage Zygote ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ Vegetal Pole และ Animal Pole โดยที่การเกิด Cleavage ที่ Animal Pole เกิดขึ้นเร็วกว่าที่ Vegetal Pole ผลของ Cleavage ได้เอ็มบริโอมีลักษณะเป็นก้อนกลมตัน เรียกว่า Morula ต่อมาเกิดช่องว่างที่มีของเหลวบรรจุอยู่ (Blastocoel) ภายใน Morula เรียกเอ็มบริโอระยะนี้ว่า Blastula

ใน Cytoplasm ของไข่กบจัดเรียงตัวใหม่ขณะเกิด Fertilization ทำให้เกิดบริเวณสีเทา ที่เรียกว่า Gray Crescent ซึ่งเกิดบริเวณตรงกลางของไข่ด้านตรงข้ามกับที่ Sperm เจาะเข้าไป

ตารางแสดงความแตกต่างปริมาณ Yolk ที่อยู่ในไข่มีผลต่อ Cleavage

ปริมาณไข่	ลักษณะการเกิด Cleavage
น้อยหรือปานกลาง	การแบ่งเซลล์เกิดขึ้นตลอดทั้งไข่ เรียก Holoblastic Cleavage
มาก	แบ่งเฉพาะส่วนที่ไม่มี Yolk ด้าน Animal Pole เรียก Meroblastic Cleavage

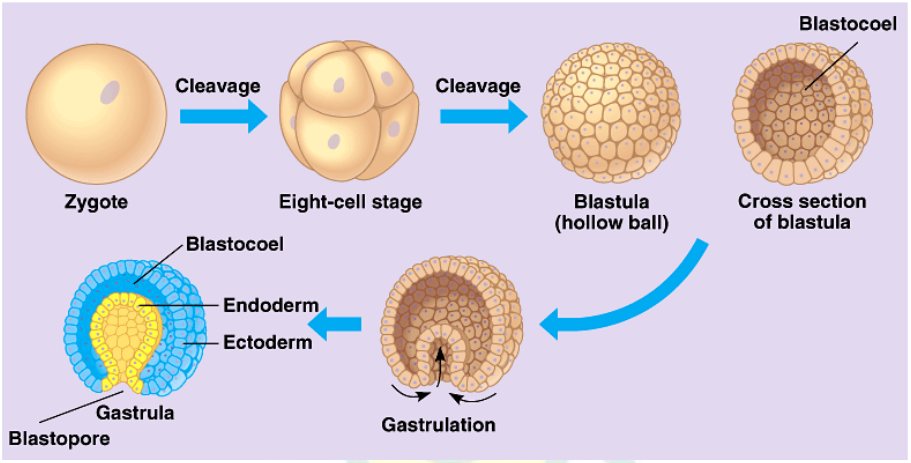
ตารางแสดงลักษณะการเกิด Cleavage ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด

สิ่งมีชีวิต	รูปแบบของ Clevage
เม่นทะเล คน	Equal Holoblastic Cleavage
กบ	Unequal Holoblastic Cleavage
ไก่	Meroblastic Cleavage

Gastrulation เป็นกระบวนการเกิดเนื้อ 3 ชั้น เรียกว่า Embryonic Germ Layers แบ่งออกเป็น Ectoderm เนื้อชั้นนอกของ Gastrula Mesoderm เนื้อชั้นกลาง และ Endoderm เนื้อชั้นใน ซึ่งเป็นท่อยาว นอกจากนั้นระยะนี้เป็นระยะที่เกิด Cell Motility ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง 2 รูปแบบ คือ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์และการเปลี่ยนแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซลล์

Organogenesis การเกิดอวัยวะต่างๆ จากเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ

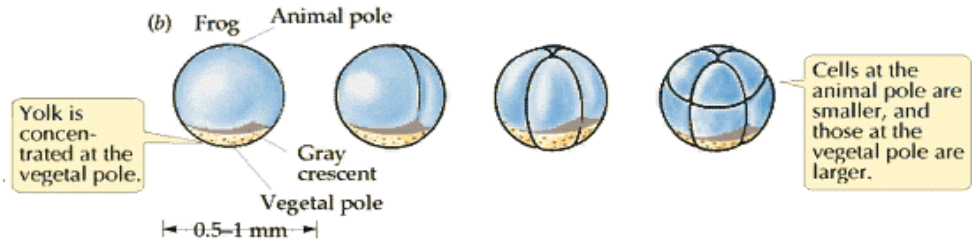
- Neural Tube และ Notochord เป็นอวัยวะแรกที่เกิดขึ้นในกบ และสัตว์พวก Chordate อื่นๆ
- Dorsal Mesoderm เหนือ Archenteron รวมกันเกิดเป็น Notochord
- Ectoderm เหนือ Notochord หนาตัวขึ้นเกิดเป็น Neutral Plate แล้วบุ๋มลงไปเป็น Neutral Tube ซึ่งต่อไปจะเจริญเป็น Brain, Spinal Cord และมีอวัยวะอื่นๆ เกิดขึ้นตามมา



ภาพแสดงการแบ่งเซลล์ของเอ็มบริโอในระยะต่างๆ

การเจริญเติบโตของกบ

ไข่กบเป็นไข่ชนิด Telolecithal Egg ซึ่งเป็นไข่ที่มีไข่แดงรวมกัน อยู่ทางด้านใดด้านหนึ่งของไข่ โดยด้านบนของไข่มีไข่แดงน้อย มีนิวเคลียสอยู่ด้วย เรียกบริเวณนี้ว่า Animal Pole ด้านล่างจะมีไข่แดงสะสมอยู่มาก เรียกว่า Vegetal Pole ไข่กบที่ออกมานอกตัวแม่อยู่ในระยะ Metaphase II เมื่อถูกผสมจากอสุจิเป็น Zygote แล้วจะแบ่งเซลล์แบบ Mitosis ไปเรื่อยๆ โดยที่ขนาดของเซลล์เล็กลงทุกที และมีจำนวนเพิ่มขึ้น ระยะนี้เรียกว่า Cleavage Stage จนได้เอ็มบริโอรูปร่างคล้ายน้อยหน่าเรียกว่า Morula จากนั้นเซลล์ที่อยู่ด้านในจะเคลื่อนที่แยกออกจากกัน ทำให้เกิดช่องว่าง Blastocoel ที่มีของเหลวอยู่ เอ็มบริโอระยะนี้เรียกว่า Blastula Stage ต่อมาเซลล์ด้านบนมีการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็วกว่าเซลล์ด้านล่าง ทำให้เซลล์ด้านบนเคลื่อนที่ลงมาคลุมด้านล่างไว้ พร้อมทั้งดันเซลล์ด้านล่างให้บุ๋มเข้าไปข้างใน แล้วเซลล์ด้านบนที่แบ่งลงมาก็เคลื่อนที่ตามเข้าไปทำให้เซลล์ต่างๆ ของตัวอ่อนเรียงกันเป็นชั้นๆ และมีช่องใหม่เกิดขึ้น คือ Gastrocoel เอ็มบริโอระยะนี้เรียกว่า Gastrula Stage



ภาพแสดงการพัฒนาของตัวอ่อนกบ

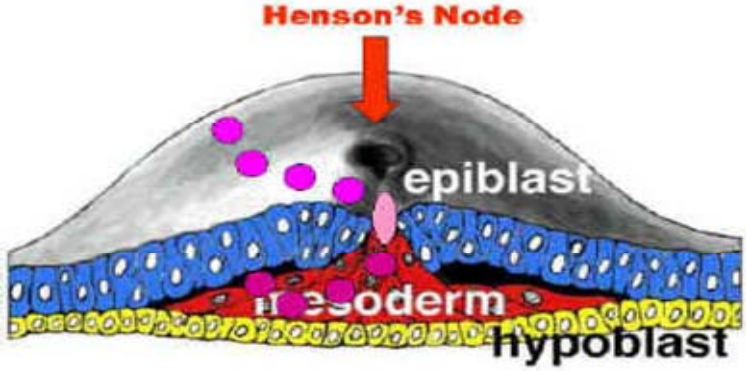
Blastocoel จะมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ เนื่องจากถูกเบียดและหายไป ในขณะที่ช่อง Gastrocoel ขยายใหญ่ขึ้น บริเวณปากช่อง Gastrocoel คือ Blastopore พบว่า ส่วนของ Blastopore จะเจริญเป็นทวารหนัก ส่วนตรงข้ามกับ Blastopore จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นปาก ดังนั้นกบจึงเป็นสัตว์ที่มีทวารหนักเกิดก่อนปาก (Deuterostome) Gastrocoel จะพัฒนาเป็นทางเดินอาหาร และการพัฒนาของระบบประสาทโดยเริ่มจาก Ectoderm ที่อยู่เหนือ Notochord หนาตัวขึ้นเป็น Neural Plate จากนั้นขอบด้านซ้ายและด้านขวาของ Neural Plate ยกตัวขึ้นเป็น Neural Folds จนในที่สุดเมื่อ Neural Folds โค้งเข้าชิดกันเกิดเป็น Neural Tube ขณะที่ Mesoderm ที่อยู่ด้านข้างของ Notochord จะแปรสภาพไปเป็น Somites (อยู่ 2 ข้างของ Neural Tube)

การเจริญเติบโตของไก่

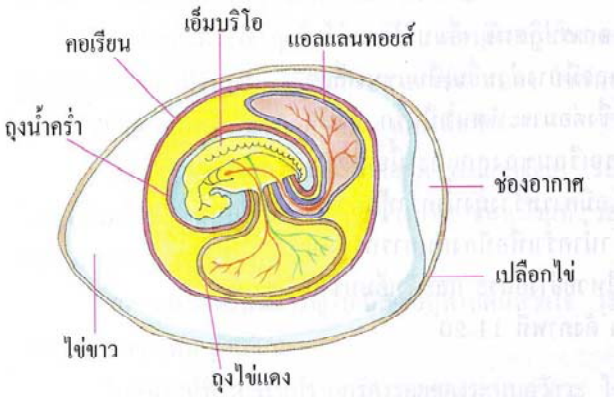
ไข่เป็นชนิด Polylecithal Egg ได้แก่ ไข่ที่มีไข่แดงบรรจุเป็นอาหารสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก มีเพียงบริเวณเล็กๆ ใกล้ผิวเซลล์เท่านั้นที่ไม่มีไข่แดงอยู่ ส่วนนี้มีนิวเคลียสและไซโทพลาซึมอยู่ (Germinal Spot) เซลล์ของไข่ไก่ คือ ส่วนที่เรียกว่าไข่แดงเท่านั้น ไข่ขาวและเปลือกไข่เป็นส่วนประกอบที่อยู่ภายนอกเซลล์ ไก่เป็นสัตว์ที่มีการปฏิสนธิภายในตัว อสุจิจะเข้าปฏิสนธิกับไข่ก่อนที่จะมีไข่ขาวและเปลือกไข่มาหุ้ม เมื่ออสุจิปฏิสนธิกับนิวเคลียสไข่ จะได้ Zygote และ Cleavage จนได้เอ็มบริโอระยะ Blastula และ Gastrula ตามลำดับ ทำให้จุดบนไข่แดงเกิดเป็นบริเวณกว้าง เรียกว่า Germinal Disc

การเจริญเติบโตของตัวอ่อนเริ่มด้วยการแยกชั้นของเซลล์ในระยะ Blastula ออกเป็น 2 ชั้น ชั้นบน เรียกว่า Epiblast เจริญเปลี่ยนแปลง ไปเป็นเนื้อเยื่อชั้นนอก ส่วนชั้นล่าง คือ Hypoblast เจริญไปเป็นเนื้อเยื่อชั้นในช่องระหว่างชั้นทั้งสอง คือ Blastocoel ระยะ Gastrula จะเกิดการเคลื่อนที่ของ Epiblast เข้าไปใน Blastocoel ซึ่งจะเจริญพัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อชั้นกลาง กลุ่มเซลล์ Epiblast ด้านขวาและซ้ายเคลื่อนที่เข้าสู่แนวกลาง และม้วนตัวเข้าไปข้างใน เรียกว่า Primitive Streak โดยกลุ่มเซลล์ทางด้านหน้าสุด เรียกว่า Hensen's Node ม้วนตัวเข้าไปก่อนเกิดเป็นแท่ง Notochord เนื้อเยื่อทั้ง 3 ชั้น จะเจริญไปเป็นอวัยวะต่างๆ ของไก่ และเจริญไปเป็นโครงสร้างที่อยู่นอกเอ็มบริโอ (Extraembryonic Structure) ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตที่ออกลูกเป็นไข่ 4 อย่าง คือ

- ถุงไข่แดง (Yolk Sac)
- ถุงน้ำคร่ำ (Amnion)
- Chorion
- Allantois



ภาพแสดงการพัฒนาของเซลล์ในระยะ Blastula ของตัวอ่อนไก่



ภาพแสดงโครงสร้างไข่

โครงสร้างของไข่

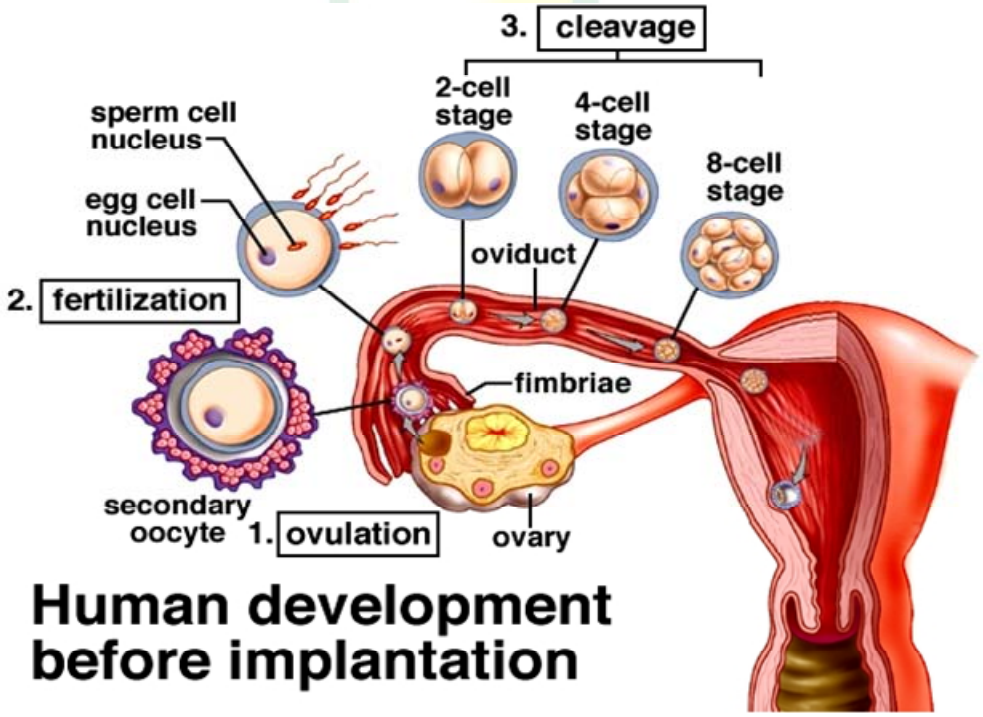
ตารางแสดงโครงสร้างของไข่ไก่

องค์ประกอบ	ลักษณะ	บทบาท
ถุงไข่แดง (Yolk Sac)	- เป็นส่วนที่มีเส้นเลือด เพื่อลำเลียงอาหารจาก Endodermal Cell - เจริญมาจากเนื้อเยื่อชั้นใน และบางส่วนของเนื้อเยื่อชั้นกลาง	ภายในบรรจุอาหารสำหรับตัวอ่อน
Allantoids	- เจริญจากเนื้อเยื่อชั้นใน - เจริญออกจากตัวเอ็มบริโอแทรกซิดไปกับเปลือกไข่ - มีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเอ็มบริโอมีอายุมากขึ้น	แลกเปลี่ยนแก๊สกับภายนอก, เก็บของเสียพวก Uric Acid
ถุงน้ำคร่ำ (Amnion)	- เป็นถุงชั้นใน อยู่ใกล้เอ็มบริโอ มีของเหลวบรรจุ	ป้องกันการกระทบกระเทือน
Chorion	- เป็นถุงชั้นนอก ล้อมรอบเอ็มบริโอ และโครงสร้างที่อยู่นอกเอ็มบริโอทั้งหมด - อยู่ใกล้เปลือกไข่	แลกเปลี่ยนแก๊ส
Chorionic Cavity	- ช่องระหว่างถุงน้ำคร่ำและคอเรียน ติดต่อไปถึงช่องเอ็มบริโอได้	
เปลือกไข่ (Shell)		ป้องกันส่วนประกอบทั้งหมดภายในไข่ ป้องกันการสูญเสียน้ำได้อย่างดี

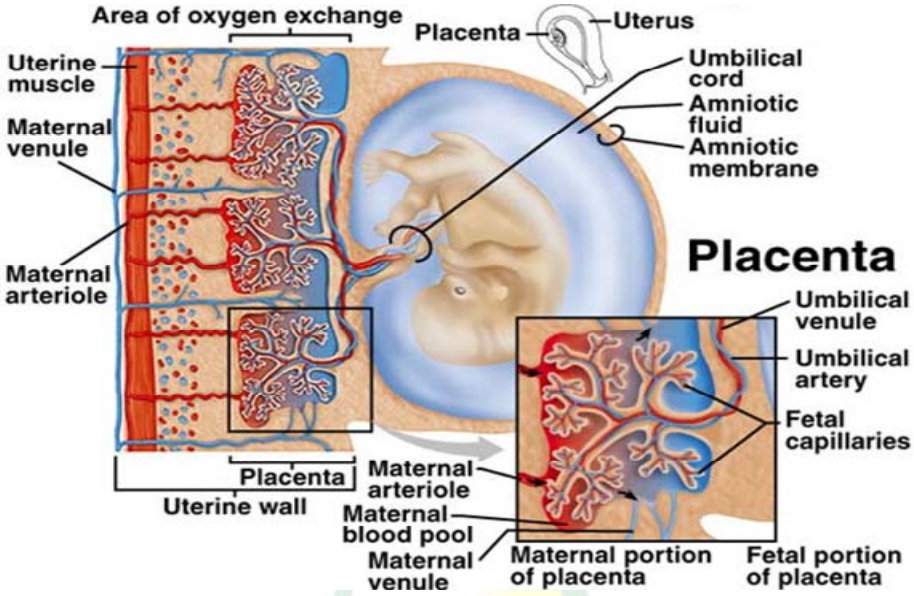
การเจริญเติบโตของคน

ไข่เป็นชนิด Alecithal Egg คือ มีไข่แดงสะสมอยู่น้อยมาก การปฏิสนธิเกิดที่ Fallopian Tube ส่วนต้น แล้ว Embryo จะเคลื่อนตัวจนกระทั่งมาฝังที่ผนังมดลูก (Endometrium) ระยะที่มีการฝังตัวของเซลล์ คือ ระยะ Blastocyst

Blastocyst มีเซลล์ 2 กลุ่ม คือ Trophoblast เรียงตัวอยู่รอบๆ และ Inner Cell Mass อยู่ตรงกลาง ฝังตัว (Implantation) ที่ผนังมดลูกจะฝังในวันที่ 7 หลังปฏิสนธิแล้วจึงเกิดรก (Placenta) ซึ่งมี 2 ส่วน คือ รกแม่ (Maternal Placenta) เกิดจาก Endometrium ของแม่ และรกลูก (Fetal Placenta) ประกอบด้วยส่วนถุง Chorion ที่พัฒนาจาก Embryo ระยะ Blastocyst นี้ Blastomere แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม Trophoblast ที่ล้อมรอบช่อง Blastocyst Cavity ซึ่งจะเจริญเป็นส่วนหนึ่งของรกและหาอาหารเลี้ยงตัวอ่อน อีกกลุ่มหนึ่งอยู่ทางด้านบนเรียกว่า Inner Cell Mass เจริญเป็นตัวอ่อนต่อไป หลังจากปฏิสนธิ Embryo จะสร้างถุง Chorion ล้อมรอบ บางส่วนของถุงยื่นเป็นแขนงเล็กๆ เรียกว่า Chorionic Villi แทรกไปใน Endometrium ของมดลูก และพัฒนาเป็นรก Embryo สร้างถุงน้ำคร่ำห่อหุ้มตัวเองป้องกันกระแทก ซึ่งประกอบด้วยฮอร์โมนและเอนไซม์ รวมทั้งสารอาหารต่างๆ



ภาพแสดงการพัฒนาของทารกในครรภ์



การคุมกำเนิด (Contraception)

การคุมกำเนิดมีได้หลายวิธี สามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมของสุขภาพ ความสะดวก และร่างกายของแต่ละบุคคล ประสิทธิภาพในการคุมกำเนิดแต่ละวิธีนั้น ขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการใช้ ซึ่งอธิบายพอสังเขปได้ดังนี้

ผู้หญิง

- ป้องกันไม่ให้ไข่สุก ไม่ให้เกิด Ovulation โดยทานยาคุมกำเนิดที่มี Estrogen / Progesterone
- ป้องกันบริเวณที่มีการปฏิสนธิ โดยการผูกหรือตัดท่อนำไข่
- ป้องกันการปฏิสนธิจาก Sperm โดยการใช้ยาฆ่า Sperm หรือการใช้แผ่นครอบกั้นปากมดลูก การใช้ถุงยางอนามัย
- ป้องกันการฝังตัวของ Blastocyst โดยใส่ห่วงคุมกำเนิด
- การนับวันปลอดภัย
- การทำแท้ง
- การทำหมัน

ยาเม็ดคุมกำเนิด

เป็นการป้องกันการตกไข่ ประกอบด้วยฮอร์โมน 2 ชนิด คือ Progestin (โพรเจสเทอโรนสังเคราะห์) และเอสโทรเจน ซึ่งจะมีผลไปยับยั้งการหลั่ง LH และ FSH วิธีใช้ คือ รับประทานครั้งละ 1 เม็ดเป็นเวลา 3 สัปดาห์ แล้วหยุด สัปดาห์ต่อไปจะเว้นการรับประทาน หลังจากนั้นเมื่อขาดฮอร์โมนประจำเดือนจะไหล วิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 99.7 เปอร์เซ็นต์

การฉีดยาคุมกำเนิด

เป็นการป้องกันการตกไข่ได้อีกวิธีหนึ่ง โดยฉีดฮอร์โมน Progestin ฮอร์โมนนี้ โดยออกฤทธิ์กดการทำงานของต่อมใต้สมองส่วนหน้า ฉีดเข้ากล้ามเนื้อของสตรีที่ต้องการคุมกำเนิดทุกๆ 3 เดือน

การฝังแคปซูลเข้าใต้ผิวหนัง

เป็นการฝังฮอร์โมน Progestin ที่เป็นแคปซูลบริเวณใต้ท้องแขน ฮอร์โมนถูกปล่อยออกจากแคปซูล ในปริมาณน้อยๆ อย่างต่อเนื่องในกระแสเลือด มีผลยับยั้งการตกไข่และกระตุ้นการหลั่งเมือกเหนียวในช่องคลอด การฝังแคปซูลจะอยู่ได้ 5 ปี มีผลข้างเคียงสำหรับผู้ใช้

การใช้ Diaphragm

เป็นวิธีการคุมกำเนิดโดยใช้ฝาครอบปากมดลูก เพื่อป้องกันการเข้าไปปฏิสนธิของอสุจิ ก่อนใช้มักจะทาครีมลงบน Diaphragm เพื่อฆ่าอสุจิ อัตราการตั้งครรภ์โดยวิธีการใช้ไดอะแฟรมน้อยกว่า 10%

การป้องกันการฝังตัวของตัวอ่อน (Prevent Implantation)

เป็นวิธีการคุมกำเนิดโดยวิธีการใส่ห่วง (Intra-Uterine Device หรือ IUD) เป็นพลาสติกรูปกลม หรือโค้ง ขนาดเล็กสอดเข้าไปในมดลูก การใส่ครั้งหนึ่งอาจทิ้งไว้ได้นานถึง 10 ปี หรือจนต้องการมีบุตร กลไกการทำงานของวิธีการนี้ยังไม่สามารถระบุได้ชัด แต่พบว่าร่างกายผลิตเม็ดเลือดขาวออกมาต่อต้านสิ่งแปลกปลอม ข้อเสีย คือ เลือดไหลกระปิดกระปอยและเป็นลิ่ม เสี่ยงต่อการอักเสบของมดลูก ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมใช้ และเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพถึง 90 เปอร์เซ็นต์

การคุมกำเนิดแบบนับวัน (Rhythm Method)

เป็นการหลีกเลี่ยงการมีเพศสัมพันธ์ในช่วงไข่ตก จากการศึกษาพบว่า ไข่ที่ตกสามารถมีชีวิตอยู่ในท่อนำไข่ได้นาน 24 ถึง 48 ชั่วโมง ส่วนอสุจิอยู่ในท่อนำไข่ได้นานถึง 72 ชั่วโมง ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการมีเพศสัมพันธ์ในช่วง 7 วันก่อนและหลังไข่ตก ประสิทธิภาพของการคุมกำเนิดด้วยวิธีนี้ ต้องใช้ควบคู่ไปกับความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในร่างกาย การเปลี่ยนแปลงของเมือกในช่องคลอด เป็นต้น อัตราการตั้งครรภ์จากการคุมกำเนิดแบบนับวัน คือ 10 ถึง 20%

การแท้ง (Abortion)

ภาวะสิ้นสุดการตั้งครรภ์ก่อนถึงกำหนดคลอดตามปกติ เนื่องจากการตายของตัวอ่อนหรือทารก แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. การแท้งเอง (Spontaneous Abortion) เกิดจากความผิดปกติของตัวอ่อนเอง พบประมาณ 1 ใน 3 ของหญิงตั้งครรภ์

2. การทำแท้งเพื่อการรักษา (Therapeutic Abortion) เป็นวิธีการทำแท้งเพื่อรักษาชีวิตของแม่ที่มีปัญหาด้านสุขภาพทางกายหรือจิตใจ หรือเมื่อพบความผิดปกติของตัวอ่อน

3. การทำแท้งเพื่อการคุมกำเนิด ซึ่งเป็นการทำแท้งที่ใช้วิธีแตกต่างกันตามอายุทารก เช่น ช่วง 3 เดือนแรก ใช้วิธีการดูดออก หลังจาก 3 เดือนขึ้นไป ใช้วิธีการถ่างขยายปากมดลูกและดูดออก เป็นต้น

ผู้ชาย

- การหลั่งภายนอก โดยฝ่ายชายจะหลั่งน้ำกามภายนอกระบบสืบพันธุ์เพศหญิง พบว่าโอกาสในการตั้งครรภ์ในเพศหญิงมีสูงถึง 22 เปอร์เซ็นต์
- ป้องกันไม่ให้อสุจิออกมาภายนอก โดยการทำหมัน ตัดที่ Vas Deferens (Vasectomy)
- ป้องกันการปฏิสนธิ โดยการใช้ถุงยางอนามัย

ตารางแสดงความแตกต่างการทำหมันชายและการทำหมันหญิง

ความแตกต่าง	ชาย (Vasectomy)	หญิง (Tubal Ligation)
จุดมุ่งหมาย	ไม่ให้อสุจิผ่านท่ออสุจิออกมา	ไม่ให้ไข่ผ่านท่อนำไข่มาผสมกับอสุจิ
วิธีการ	ตัดท่อ Vas Deferens ออกส่วนหนึ่ง	ตัดท่อนำไข่ออกส่วนหนึ่งและผูกปลายไว้
ผล	อสุจิถูกดูดซึมกลับเข้าไปในอัณฑะ น้ำอสุจิจะไม่มีอสุจิอยู่	ไข่ยังคงมีการเจริญแต่ผ่านออกไปผสมไม่ได้
การแก้หมัน	การเชื่อมต่อท่อ Vas Deferens	การเชื่อมต่อท่อนำไข่

พืชดอก มีองค์ประกอบของระบบสืบพันธุ์ ดังนี้

- กลีบเลี้ยง (Sepal) มีสีเขียวลักษณะคล้ายใบ
- กลีบดอก (Petal) เป็นชั้นที่มีสีสวยงาม
- เกสรเพศผู้ (Stamen) ประกอบด้วย อับเรณู (Anther) และก้านชูอับเรณู (Filament)
- เกสรเพศเมีย (Pistil) ประกอบด้วย ยอดเกสรเพศเมีย (Stigma) ก้านเกสรเพศเมีย (Style) และรังไข่ (Ovary)

กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก

Microsporogenesis

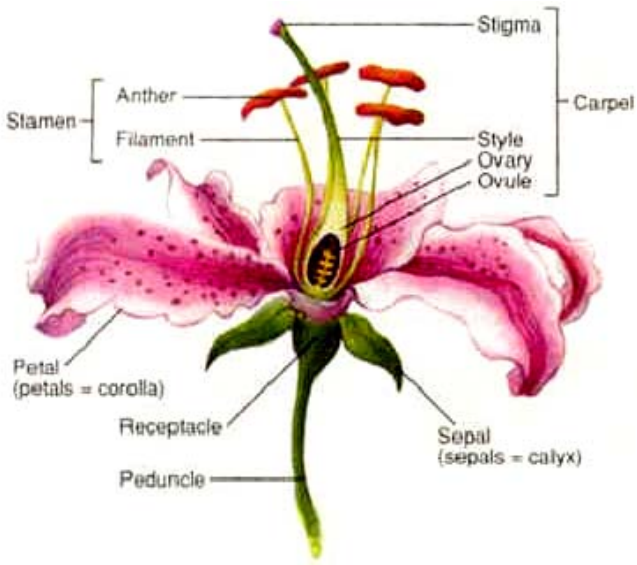
Anther มี Pollen Sac ภายในประกอบด้วย Microspore Mother Cells แบ่งเซลล์แบบ Meiosis I และ II ได้เป็น Diad และ Tetrad Microspores ตามลำดับ ในแต่ละ Tetrad Microspore แตกออกเป็น 4 Microspores แต่ละ Microspore แบ่งนิวเคลียสแบบ Mitosis ได้ Generative Nucleus และ Tube Nucleus เรียก Microspore ที่มี 2 นิวเคลียสว่า ละอองเรณู (Pollen Grain, Pollen, Male Gametophyte)

Megasporogenesis

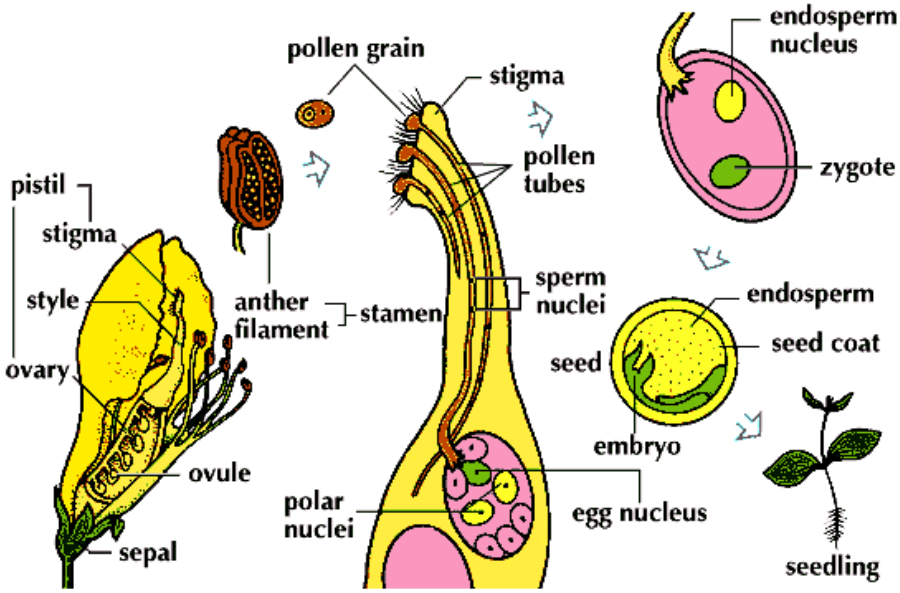
Ovary มี Ovule ซึ่งมี Megaspore Mother Cell แบ่งแบบ Meiosis I และ II ได้ 4 นิวเคลียส (n) ซึ่ง 3 นิวเคลียส สลายไปส่วน 1 นิวเคลียสที่เหลือแบ่งแบบ Mitosis 3 ครั้ง ได้ 8 นิวเคลียส มีการจัดเรียงตัวของนิวเคลียสได้เป็น Embryo Sac (Female Gametophyte) ประกอบด้วย 3 Antipodal Cells อยู่ทางด้าน Antipodal End ส่วนทางด้าน Micropyle ประกอบด้วย 1 Egg Cell และ 2 Synergid Cells ส่วนตรงกลางประกอบด้วย 2 Polar Nuclei

การถ่ายละอองเรณู (Pollination)

Tube Nucleus สร้างหลอดละอองเรณู (Pollen Tube) เข้าสู่รังไข่ทาง Micropyle จากนั้น Generative Nucleus แบ่ง Mitosis ได้ 2 Sperm Nuclei โดย 1 Sperm Nucleus ผสมกับเซลล์ไข่ได้เป็น Zygote (2n) อีก 1 Sperm Nucleus ผสมกับ Polar Nuclei ได้เป็น Endosperm (3n) การผสมที่เกิดขึ้น 2 ครั้งใน Embryo Sac เรียกว่า การเกิดปฏิสนธิซ้อน (Double Fertilixation)



ภาพแสดงองค์ประกอบของดอก

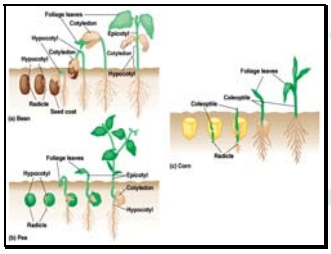


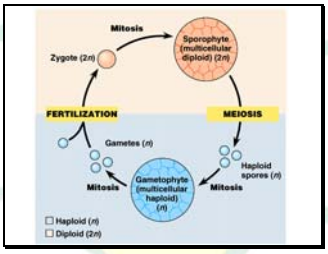
ภาพแสดงการเกิดปฏิสนธิซ้อนของพืชมีดอก

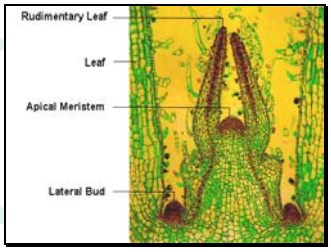
การดำรงชีวิตของพืช

คุณสมบัติของพืช

- มีเนื้อเยื่อ (Tissue) และอวัยวะ (Organ) ที่ทำหน้าที่เฉพาะอย่าง
- มีระยะต้นอ่อน (Embryo) ก่อนพัฒนาเป็นต้นเต็มวัย
- มี Cell Wall แข็งแรง ประกอบด้วยสาร Cellulose เป็นหลัก
- มี Chloroplast เป็น Organelle ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง
- มีวงชีวิตแบบสลับ (Alternation of Generation) คือ มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ สลับกับแบบไม่อาศัยเพศ



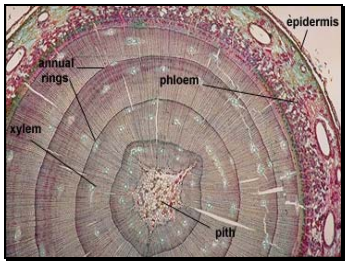




เนื้อเยื่อพืช

Meristematic Tissue เป็นเนื้อเยื่อเจริญที่เกิดจากกลุ่มเซลล์ยังคงมีการแบ่งตัวอยู่ตลอดเวลา

- เซลล์มีขนาดเล็ก ผนังเซลล์บาง นิวเคลียสขนาดใหญ่ มีเมแทบอลิซึมสูง
- เป็นเซลล์ที่พืชมีกลุ่มเนื้อเยื่อเจริญ ทำให้สามารถสร้างเซลล์เนื้อเยื่อ และส่วนต่างๆ ได้ตลอดชีวิต เช่น ใบ กิ่ง
- สามารถพบกลุ่มเนื้อเยื่อเจริญ
  - ที่บริเวณปลายยอด ปลายราก ตา (Apical Meristem)
  - เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง (Lateral Meristem) ที่เส้นรอบวงของลำต้นและราก เมื่อแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวน ต้นพืชและรากจะมีเส้นรอบวงเพิ่มมากขึ้น พบมากในพืชไม้เนื้อแข็ง ได้แก่ Vascular Cambium และ Cork Cambium
  - เนื้อเยื่อบริเวณข้อ (Intercalary Meristem) พบบริเวณเหนือข้อของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จะทำให้ปล้องของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวยาวขึ้น



เนื้อเยื่อถาวร

- เกิดจากเนื้อเจริญที่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อทำหน้าที่จำเพาะ เช่น มีสารไขมัน (Wax) มาปกคลุมผิวเซลล์ มีขนรูปร่างต่างๆ ยื่นออกไปจากผิวเซลล์ หรือมีต่อมผลิตน้ำมัน เป็นต้น
- ไม่มีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนอีกแล้ว รูปร่างคงที่
- สามารถแบ่งเนื้อเยื่อถาวรได้เป็น 3 ประเภท คือ

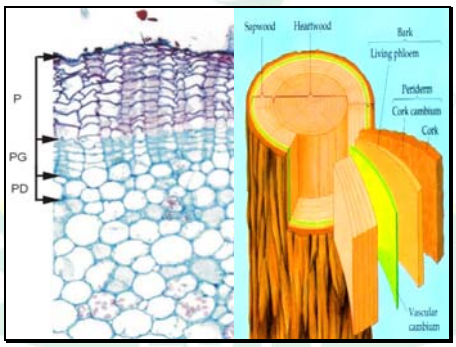
1. เนื้อเยื่อผิว (Surface or Protective Tissue)

มีการจัดเรียงตัวอยู่ชั้นนอกตามส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ลำต้น ราก ใบ อวัยวะสืบพันธุ์ ทำหน้าที่ปกคลุมและป้องกันอันตรายในพืช แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ Epidermis และ Periderm

– Epidermis ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่เรียงตัวเพียงชั้นเดียว พบทั่วไปตามส่วนต่างๆ ของพืชที่มีอายุน้อย เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงโดยขึ้นอยู่กับหน้าที่ เช่น มีสารพวก Cutin มาเคลือบ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ เปลี่ยนแปลงเป็นปากใบ ประกอบด้วย เซลล์คุม (Guard Cell) และช่องปากใบ (Stoma) หรือเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดสารอาหารในรากขนอ่อน (Root Hair)

– Periderm พบในพืชที่มีอายุมากขึ้น เกิดจากการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อ Cork Cambium (Phellogen) ทำให้ Epidermis แตกออก เนื้อเยื่อที่มาแทนที่เรียกว่า Periderm ทำให้ลำต้นและรากขยายขนาดขึ้น ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ชั้นนอกสุด คือ Cork (Phellem) ทำหน้าที่สร้าง Suberin มาสะสมเหนือผนังเซลล์ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ เมื่อเซลล์แก่จะตาย และมีอากาศเข้ามาแทนที่ Protoplasm

– ชั้นถัดมาจาก Cork คือ กลุ่มเซลล์ Cork Cambium ที่ทำหน้าที่สร้าง Periderm และชั้นถัดเข้ามาอีก คือ Phelloderm ประกอบด้วยเซลล์ Parenchyma เกิดจากการแบ่งตัวของ Phellogen เข้ามาด้านใน



2. เนื้อเยื่อพื้นฐาน (Fundamental Tissue)

เป็นเนื้อเยื่อส่วนใหญ่ และพบได้ตามส่วนต่างๆ ของพืชมีหน้าที่สำคัญ คือ สร้างและสะสมอาหาร ค้ำจุน ให้ความแข็งแรงกับพืช ประกอบด้วยเซลล์ 3 ประเภท คือ

2.1 Parenchyma เซลล์มีผนังเซลล์บาง เซลล์มีขนาดความกว้างและยาวใกล้เคียงกัน พบได้ทั่วไป ทำหน้าที่สร้างอาหาร เช่น เซลล์ Parenchyma ที่มีคลอโรฟิลล์อยู่ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง (Chlorenchyma) บางชนิดทำหน้าที่สะสมอาหารในต้น ราก และ Endosperm ของเมล็ด เป็นต้น

2.2 Collenchyma เป็นกลุ่มเซลล์ที่มีผนังหนาไม่สม่ำเสมอ ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับพืช พบมากบริเวณใต้ชั้น Epidermis ก้านใบ ส่วนในรากไม่ค่อยพบ

2.3 Sclerenchyma เป็นเนื้อเยื่อที่มีความแข็งแรง ผนังหนา ช่องว่างภายในเซลล์น้อย

- แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

  1) Sclereid หรือ Stone Cell เซลล์ชนิดนี้มี Lignin มาพอกบริเวณผนังเซลล์

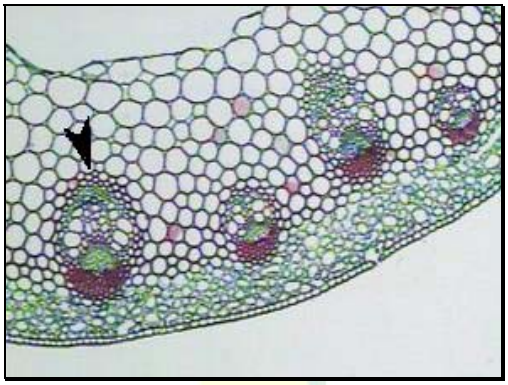
  2) Fiber เซลล์มีลักษณะยาวและยืดหยุ่นมากกว่า Sclereid

  ทั้งสองชนิดมีหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ส่วนต่างๆ ของพืช

  - พบมากตามส่วนแข็งในพืช เช่น เปลือก เมล็ด และกะลามะพร้าว

3. เนื้อเยื่อลำเลียง (Vascular Tissue)

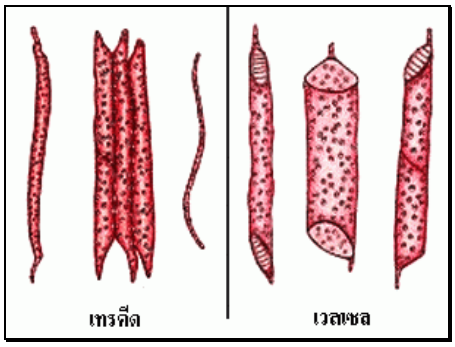
- เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ขนส่งน้ำ เกลือแร่ อาหารที่สังเคราะห์ขึ้นไปยังส่วนต่างๆ ของพืช ประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะเป็นท่อยาวเรียงตัวต่อกันไป ได้แก่ เนื้อเยื่อ 2 ชนิด คือ Xylem และ Phloem

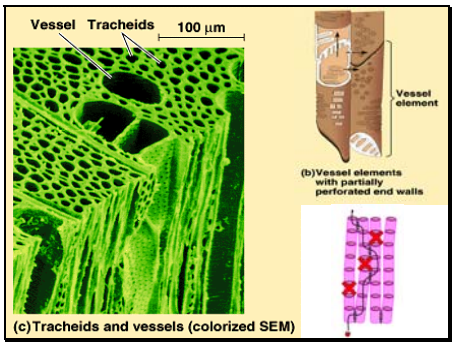


3.1 Xylem ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและเกลือแร่ จากรากไปยังส่วนต่างๆ ของพืช ประกอบไปด้วยกลุ่มเซลล์ 4 ประเภท คือ

1) Tracheid

- เป็นกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะยาว ปลายแหลมเสี้ยม ผนังเซลล์หนา ขรุขระ ซึ่งเกิดจากการพอกของสาร Lignin ไม่สม่ำเสมอ
- เมื่อเซลล์โตเต็มที่ Cytoplasm และ Nucleus จะสลายไป ทำให้ภายในเซลล์กลวง เหมาะต่อการลำเลียงน้ำ
- ผนังเซลล์พบช่องว่าง (Pit) กระจายอยู่ ทำให้เซลล์สามารถลำเลียงน้ำทางด้านข้างไปยังเซลล์ข้างเคียงได้
- หน้าที่อย่างหนึ่ง คือ ช่วยค้ำจุนต้นพืช เนื่องจากเซลล์มีลักษณะที่แข็งแรงมาก





2) Vessel
- เป็นกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะสั้นและกว้างกว่า Tracheid
- ปลายเซลล์มีรูพรุน เซลล์เรียงต่อเนื่องกัน สามารถลำเลียงน้ำได้สะดวกกว่า Tracheid

3) Xylem Parenchyma
- เป็นกลุ่มเซลล์ที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของสารไปทางด้านข้างของ Xylem
- กระจายอยู่ระหว่าง Tracheid และ Vessel ตามแนวรัศมี

4) Xylem Fiber
- เป็นกลุ่มเซลล์ที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับ Xylem

3.2 Phloem
- ทำหน้าที่ลำเลียงสารโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ที่พืชสังเคราะห์ขึ้นจากใบไปยังส่วนต่างๆ ของพืช
- ประกอบไปด้วยเซลล์ 4 ประเภท คือ

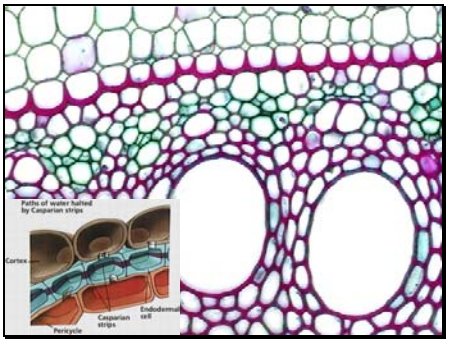
1) Sieve Tube Member
- ประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะยาวเป็นท่อต่อกัน
- นิวเคลียสสลายไปเมื่อเซลล์เจริญเติบโตเต็มที่ แต่ยังมี Cytoplasm อยู่ และทำหน้าที่ลำเลียงสารได้
- เซลล์ถูกควบคุมโดยนิวเคลียสของ Companion Cell ที่อยู่ข้างเคียง
- ปลายเซลล์ Sieve Tube มีลักษณะคล้ายตะแกรง เรียกว่า Sieve Plate

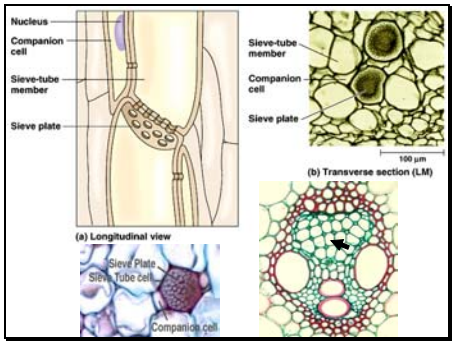
2) Companion cell
- เป็นเซลล์ Parenchyma ชนิดหนึ่ง ที่อยู่ติดกับ Sieve Tube
- เป็นเซลล์ที่มีชีวิต ทำหน้าที่ให้อาหารแก่ Sieve Tube โดยส่งผ่านทาง Plasmodesmata

3) Phloem Parenchyma
- ทำหน้าที่สะสมสารอินทรีย์ เช่น แป้ง รวมทั้ง Tannin และ Resin
- กระจายใน Phloem ทั้งในแนวตั้งและแนวนอนของรากและลำต้น

4) Phloem Fiber
- มีลักษณะยาวมาก ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับ Phloem **จัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อพืช**
- การจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อในรากและลำต้น เมื่อมองจากภายนอกจะพบชั้นเนื้อเยื่อ Epidermis เป็นลำดับแรก
- บางเซลล์เจริญไปเป็นเซลล์คุมและเซลล์ต่อมสร้างสารต่างๆ สำหรับลำต้นของพืชยืนต้น
- อาจพบเซลล์ Cork ซึ่งมีความแข็งแรงกว่าเจริญทดแทนชั้น Epidermis ในระยะที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่
- ในรากพืชนั้น บางเซลล์ของ Epidermis เปลี่ยนไปเป็นขนราก (Root Hair)
- ชั้นถัดไป เรียกว่า ชั้น Cortex ซึ่งประกอบด้วยเซลล์พื้นฐาน เช่น Parenchyma เรียงตัวอยู่หลายชั้น

● ชั้นต่อไป คือ Endodermis ส่วนใหญ่พบในรากพืช เซลล์เรียงตัวเพียง 1 ชั้น ผนังเซลล์หนา เพราะมีสาร Lignin และ Suberin มาสะสม ทำให้ขัดขวางการลำเลียงน้ำ

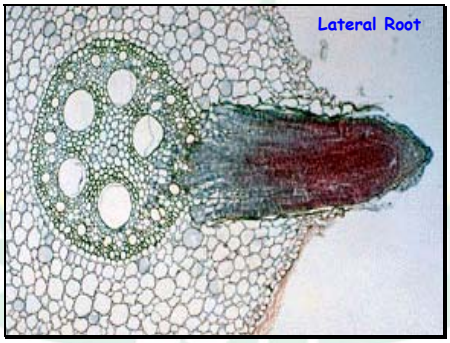




● ถัดเข้ามา คือ ชั้น Stele ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่สำคัญ คือ Pericycle ประกอบด้วยเซลล์ Parenchyma เรียงตัว 1-2 ชั้น พบเฉพาะในรากเท่านั้น และสามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญและเป็นที่เกิดรากแขนง

● ชั้นในของรากและลำต้น คือ ชั้นของเนื้อเยื่อลำเลียงหรือมัดท่อน้ำท่ออาหาร ประกอบด้วย เนื้อเยื่อ Xylem (มัดท่อน้ำ) และ Phloem (มัดท่ออาหาร)

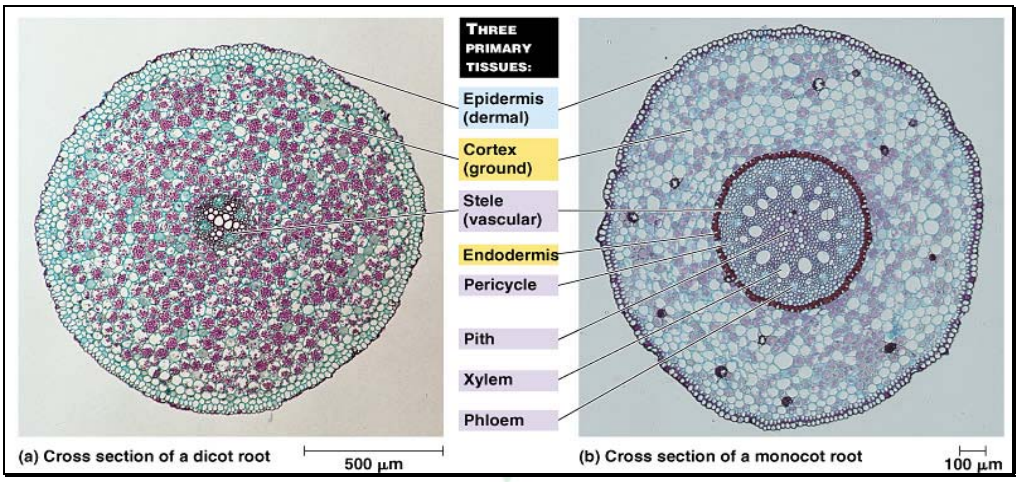
● ในลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ท่อน้ำและอาหารจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเรียงตัวกระจัดกระจายไม่เป็นวงอย่างเป็นระเบียบเหมือนในพืชใบเลี้ยงคู่ และไม่พบเนื้อเยื่อ Cork Cambium ในลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

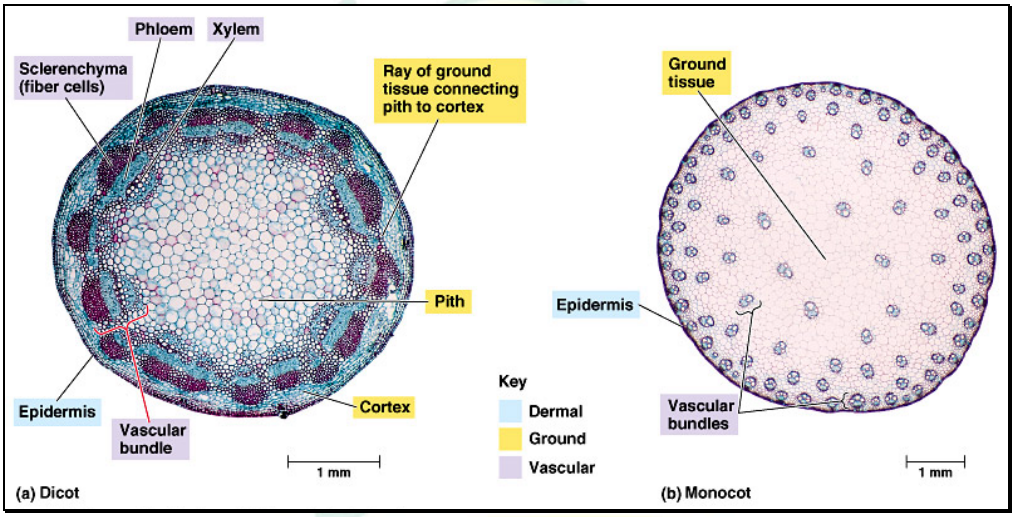


● การจัดเรียงตัวของมัดท่อน้ำท่ออาหารในราก จะแยกกันอยู่คนละแนวรัศมี

● ในรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว การเรียงตัวของท่อน้ำมีลักษณะเป็นแฉกหลายแฉก และท่ออาหารเรียงตัวอยู่ระหว่างแฉกของท่อน้ำ

● ในรากพืชใบเลี้ยงคู่ ท่อน้ำเรียงตัวเป็นแฉก 2-5 แฉก ส่วนใหญ่พบเป็น 4 แฉก และท่ออาหารอยู่ระหว่างแฉกของท่อน้ำ พบส่วนของแคมเบียมในชั้นนี้ด้วย





- บริเวณใจกลางของรากและลำต้น เรียกว่า Pith เป็นกลุ่มเซลล์ Parenchyma
- ในลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด เช่น ไผ่ หญ้าขน เมื่อพืชโตเต็มที่ Pith จะสลายตัวทำให้กลางลำต้นกลวง เรียกว่า Pith Cavity
- ในรากพืชใบเลี้ยงคู่ ส่วนของ Xylem มักเจริญไปแทนที่ตั้งแต่ระยะที่พืชยังมีอายุน้อย ทำให้ไม่เกิดช่องว่างตรงบริเวณ Pith ขึ้น

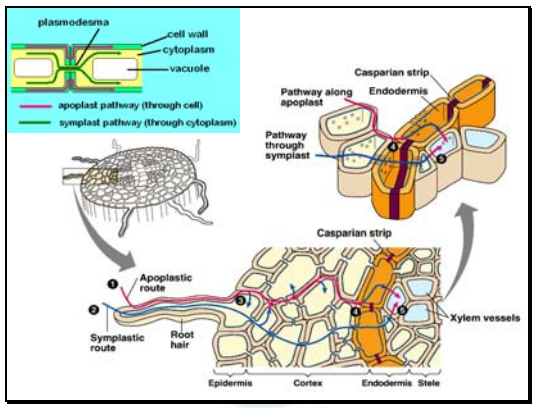
การเคลื่อนที่ของน้ำจากดินเข้าไปในต้นพืช

● เมื่อน้ำจากดินเคลื่อนเข้าสู่เซลล์ขนราก และ Epidermis แล้วจะเคลื่อนที่ต่อไปยัง Parenchyma ผ่าน Endodermis, Pericycle และเข้าสู่ท่อลำเลียงน้ำของลำต้นและใบ ตามลำดับ

● การเคลื่อนที่ของน้ำไปยังท่อลำเลียงน้ำ โดยผ่านทางผนังเซลล์ (Cell Wall) ของเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง หรืออาจผ่านช่องระหว่างเซลล์ เรียกว่า Apoplast

● การเคลื่อนที่ของน้ำไปยังท่อลำเลียงน้ำ โดยผ่านไซโทพลาซึมของเซลล์ไปยัง Plasmodesmata ระหว่างเซลล์ เรียกว่า Apoplast

● การเคลื่อนที่ของน้ำไปยังท่อลำเลียงน้ำ โดยผ่านไซโทพลาซึมของเซลล์ไปยัง Plasmodesmata ระหว่างเซลล์ เรียกว่า Symplast **การคายน้ำ**



● การที่พืชสูญเสียน้ำออกจากต้นในรูปของไอน้ำเป็นส่วนใหญ่

● แบ่งได้ 3 ประเภท คือ การคายน้ำทางปากใบ การคายน้ำทางผิวใบ และการคายน้ำทาง Lenticel

● น้ำที่พืชดูดขึ้นมาใช้ภายในวงชีวิตนั้นจะน้อยมาก เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่พืชสูญเสียออกไปจากต้นพืช

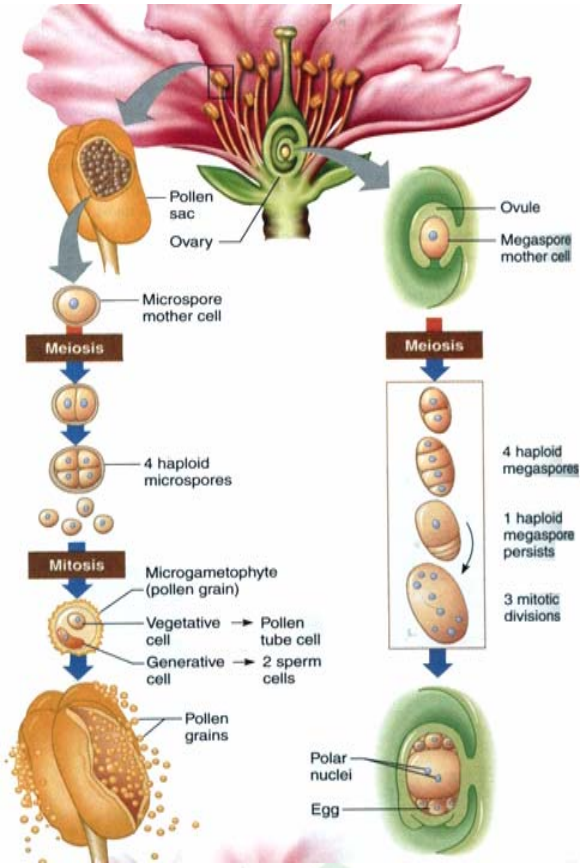
● จากการศึกษาพบว่า การคายน้ำเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้พืชเกิดการขาดน้ำชั่วคราวเกือบทุกวัน

● ในสภาวะที่ดินแห้ง การคายน้ำก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การดูดน้ำของรากช้าลง ผลก็คือ พืชเกิดการขาดน้ำอย่างถาวร กระบวนการต่างๆ ของพืชได้รับความเสียหาย และจะตายในที่สุด

● พืชจะคายน้ำออกทางใบเป็นส่วนใหญ่ โดยคายได้ 2 แบบ คือ

1. คายออกเป็นไอน้ำ (Transpiration) จะคายออกในเวลากลางวัน หรือเวลาที่มีอุณหภูมิสูง ลมแรง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ โดยแพร่ออกผ่านทาง Stomata

2. คายออกเป็นหยดน้ำ (Guttation) จะคายออกเวลาที่มีอุณหภูมิต่ำ ลมสงบ ความชื้นสัมพัทธ์สูง เช่น ช่วงใกล้รุ่ง โดยคายออกผ่านทางต่อมคายน้ำ (Hydathode Gland) ซึ่งอยู่บริเวณขอบใบ หรือปลายใบแร่ธาตุที่สำคัญของพืช



แร่ธาตุที่สำคัญของพืช

1. ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ Nitrogen, Phosphorus, Potassium เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมาก ซึ่งในดินอาจมีแร่ธาตุนี้ไม่เพียงพอ

2. ธาตุอาหารรอง ได้แก่ Calcium, Magnesium, Sulfur เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมากรองจากธาตุอาหารหลัก

3. ธาตุอาหารเสริม เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการน้อย แต่ขาดไม่ได้ เพราะจำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม ได้แก่ สังกะสี, เหล็ก, ทองแดง, แมงกานีส, โมลิบดินัม, โบรอน, คลอรีน

การสังเคราะห์แสง

การสังเคราะห์ด้วยแสงในพืช เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการออกซิไดซ์ (Oxidize) น้ำ สิ่งที่ได้จากการออกซิไดซ์น้ำ ได้แก่ ออกซิเจน ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นคาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล) ในขณะที่มีการรับและส่งอิเล็กตรอนในการออกซิเดชัน (Oxidation) และรีดักชัน (Reduction) จะมีพลังงานเกิดขึ้น พลังงานบางส่วนจะถูกเก็บไว้ในรูปของพลังงานเคมี เช่น ATP (Adenosine Triphosphate) และ NADPH (Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate) และบางส่วนจะสูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อน

รูปร่างคลอโรพลาสต์ของพืช มีลักษณะกลมรีมีเยื่อหุ้ม (Membrane) 2 ชั้น คือ เยื่อหุ้มชั้นใน (Inner Membrane) เรียกว่า Lamella ซึ่งจะเรียงตัวทบไปทบมาหลายครั้งจนมีลักษณะคล้ายถุงเรียกว่า Thylakoid โดยเรียงซ้อนกันเป็นตั้ง เรียกว่า Grana

บนเยื่อของไทลาคอยด์และลาเมลลาที่อยู่ระหว่างกรานา (Stroma Lamellae) มีรงควัตถุที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthetic Pigment) และเอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงของปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง (Light Reaction) คือ เอนไซม์ $NADP^+$ Reductase และ ATP Synthase

ภายในคลอโรพลาสต์มีของเหลวที่เรียกว่า Stroma ซึ่งจะมี Ribosome, DNA และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Fixation)

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่ต่อเนื่องกัน คือ

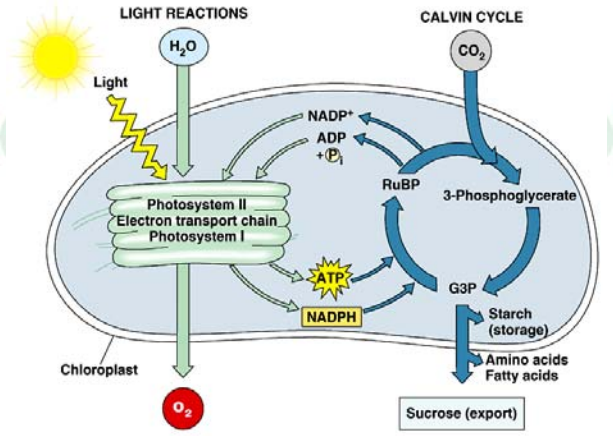
1. ขั้นตอนปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสงเพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมี

ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง เกิดขึ้นบนเยื่อหุ้ม Thylakoid เป็นขั้นตอนที่คลอโรฟิลล์ดูดแสงเอาไว้ และพลังงานแสงไปกระตุ้นให้เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอนและไฮโดรเจนจากน้ำ ไปยังตัวรับอิเล็กตรอนที่ชื่อ $NADP^+$ (Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate) ทำให้ $NADP^+$ ถูกรีดิวซ์กลายเป็น NADPH และมีโมเลกุลของออกซิเจนเกิดขึ้นจากการแตกตัวของน้ำ นอกจากนี้ ในปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสงยังมีการสังเคราะห์ ATP โดยกระบวนการ Photophosphorylation เกิดขึ้นอีกด้วย

2. ขั้นตอนปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสง ซึ่งเป็นขั้นตอนของการสังเคราะห์น้ำตาล (The Synthesis Part) ที่มีชื่อเรียกเฉพาะว่า วัฏจักรเคลวิน (Calvin Cycle)

วัฏจักรเริ่มต้นด้วย CO_2 จากบรรยากาศเข้ารวมตัวกับสารอินทรีย์ใน Stroma เรียกว่า การตรึงคาร์บอน (Carbon Fixation) เพื่อให้ได้สารตั้งต้นสำหรับนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์น้ำตาล

ขั้นตอนการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์เป็นคาร์โบไฮเดรตนี้ ถึงแม้ว่าจะไม่ต้องใช้แสงโดยตรงแต่ก็ต้องอาศัย NADPH และ ATP ที่ได้จากปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง



แบบฝึกหัด

1. จากตาราง ข้อใดแสดงสารตัวสุดท้ายที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในระบบการถ่ายทอดอิเล็กตรอนใน Mitochondria และ Chloroplast ได้**ถูกต้อง**

	Mitochondria	Chloroplast
1)	O_2	$NADP^+$
2)	O_2 และ NAD^+	$NADP^+$ และกรดอินทรีย์บางชนิด
3)	O_2 และ NAD^+	NAD^+ และกรดอินทรีย์บางชนิด
4)	O_2, NAD^+ และ $NADP^+$	$NADP^+$

2. อาการใบเหลืองเกิดจากการขาดธาตุอาหารในข้อใด

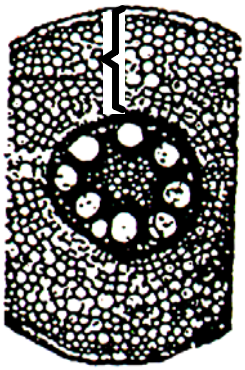
ก. N ข. P ค. K ง. Mg

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

3. นำพืชชนิดหนึ่งมาปลูกในดินที่มีแร่เหล็กอย่างอุดมสมบูรณ์ พบว่าพืชแสดงอาการขาดธาตุเหล็กเนื่องจากข้อใด

1) พืชต้องการธาตุเหล็กมากกว่าปริมาณที่พบในดิน
2) ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในดินมีมากเกินไป พืชไม่สามารถดูดเข้าไปใช้ได้
3) อนุภาคของดินในบริเวณนั้นดูดซับธาตุเหล็กอย่างเหนียวแน่น พืชไม่สามารถดึงไปใช้ได้
4) ธาตุเหล็กไม่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

4. บริเวณเครื่องหมายปีกกาประกอบด้วยเนื้อเยื่อพวกใด



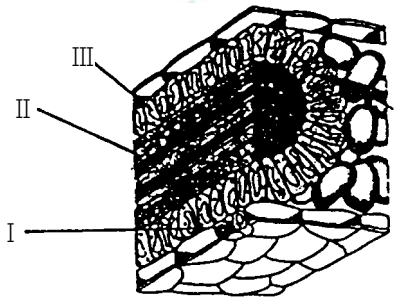
ก. Parenchyma
ข. Collenchyma
ค. Sclerenchyma
ง. Endodermis

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

5. ในวัฏจักรแคลวินการผลิตน้ำตาลที่มีคาร์บอน 3 อะตอม จำนวน 1 โมเลกุล และ RuBP 3 โมเลกุล จะใช้ CO_2, ATP และ NADPH จำนวนกี่โมเลกุล

	CO_2	ATP	NADPH
1)	1	3	2
2)	2	6	4
3)	3	9	6
4)	6	18	12

6. เซลล์ของใบตามหมายเลขใดสามารถเกิดฟอสฟอริเลชันได้



1) I 2) II 3) I และ II 4) I, II และ III

7. การผลิต ATP ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงคล้ายกับการผลิต ATP ในขั้นตอนใดของกระบวนการหายใจ

ก. ไกลโคลิซิส
ข. การถ่ายทอดอิเล็กตรอน
ค. วัฏจักรเครบส์

1) ก. 2) ข. 3) ก. และ ข. 4) ข. และ ค.

8. นำใบสาหร่ายหางกระรอกที่กำลังเจริญเติบโตไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าภายในเซลล์มีบริเวณที่เป็นสีขาวขนาดเล็กๆ จำนวนมากเรียงกระจายทั่วไป บริเวณสีขาวนี้คืออะไร

ก. แวคิวโอล
ข. ไมโทคอนเดรีย
ค. ร่างแหเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม

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

9. เมื่อตัดยอดต้นมะม่วงพบว่ามีกิ่งด้านข้างเกิดขึ้นจำนวนมากเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนใด

ก. ออกซิน ข. จิบเบอเรลลิน ค. ไซโตไคนิน ง. เอทิลีน

1) ก. 2) ข. 3) ก. และ ค. 4) ข. และ ง.

10. กระบวนการใดมีผลต่อการดูดและการลำเลียงน้ำจากรากไปยังใบ**มากที่สุด**

ก. ความเข้มข้นของสารภายในราก ข. การหายใจ

ค. การสังเคราะห์แสง ง. การคายน้ำ

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

เฉลย

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

1. เฉลย 1) **Mitochondria** = O_2 และ **Chloroplast** = $NADP^+$

ตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย คือ ออกซิเจนในไมโทคอนเดรีย และ $NADP^+$ ในคลอโรพลาสต์

2. เฉลย 2) ก. และ ง.

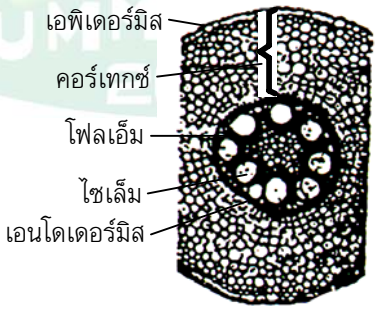
ไนโตรเจนบำรุงใบ ส่วน Mg^{++} เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์

3. เฉลย 4) ธาตุเหล็กไม่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ธาตุเหล็กทำหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และเป็นองค์ประกอบของสารเฟอริดอกซิน ซึ่งเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง และยังเกี่ยวข้องโดยตรงกับไซโทโครมเอนไซม์ของกระบวนการหายใจอีกด้วย

4. เฉลย 1) ก., ข. และ ค.

บริเวณเครื่องหมายปีกกา คือ เนื้อเยื่อชั้นคอร์เทกซ์ (Cortex) ของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ซึ่งเป็นอาณาเขตระหว่างเอพิเดอร์มิสและสตีล ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ Parenchyma ที่ทำหน้าที่สะสมน้ำและอาหารเป็นส่วนใหญ่ มีเนื้อเยื่อ Collenchyma ที่มีผนังหนาไม่เท่ากัน และเนื้อเยื่อ Sclerenchyma ช่วยพยุงและให้ความแข็งแรง



5. เฉลย 3) CO_2 = 3, **ATP** = 9 และ **NADPH** = 6

แคลวิน (Melvin Calvin) เบนสัน (Andrew A. Benson) และคณะแห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียที่เบิร์กเลย์ ได้ทดลองและศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสง จากผลการทดลองพบว่าปฏิกิริยาเหล่านี้เกิดต่อเนื่องกันไปเป็นวัฏจักร เรียกวัฏจักรของปฏิกิริยานี้ว่า **วัฏจักรแคลวิน** (Calvin Cycle) และในการผลิตน้ำตาลที่มีคาร์บอน 3 อะตอม จำนวน 1 โมเลกุล และ RuBP 3 โมเลกุล จะใช้ CO_2 3 โมเลกุล ATP 9 โมเลกุล และ NADPH 6 โมเลกุล

6. เฉลย 4) I, II และ III

บริเวณที่เกิดการสังเคราะห์ ATP (Phosphorylation) คือ บริเวณที่มีคลอโรพลาสต์ ซึ่งจะมีการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง แล้วมีการสังเคราะห์ ATP เกิดขึ้น จากรูปบริเวณที่มีคลอโรพลาสต์ได้แก่ I = เซลล์คุม, II = บันเดิลชีทเซลล์ (ในพืช C_4 มีคลอโรพลาสต์), III = มีโซฟีลล์

7. เฉลย 2) ข.

การผลิต ATP ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นขณะมีการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง ซึ่งคล้ายกับการผลิต ATP ในขั้นตอนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (Electron Transfer System) ของกระบวนการหายใจระดับเซลล์

8. เฉลย 1) ก.

บริเวณเนื้อเยื่อเจริญของพืช เช่น ที่พบในปลายยอดและปลายราก ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กๆ จำนวนมาก โดยที่แต่ละเซลล์มีแวคิวโอลขนาดเล็กๆ จำนวนมากอยู่ภายในไซโทพลาซึม เมื่อเซลล์เริ่มขยายขนาดใหญ่ขึ้น น้ำจากเซลล์ข้างเคียงจะแพร่เข้าสู่แวคิวโอล

9. เฉลย 1) ก.

ฮอร์โมนออกซินส่วนมากจะถูกสังเคราะห์ขึ้นที่บริเวณปลายยอด เนื่องจากเป็นเนื้อเยื่อที่ยังอ่อนอยู่ ฮอร์โมนออกซินจะยับยั้งการเจริญของตาข้าง (Lateral Bud Inhibition) เมื่อตัดปลายยอดก็จะมีการเจริญของกิ่งด้านข้าง

10. เฉลย 4) ก. และ ง.

ถ้าความเข้มข้นของสารภายในเซลล์รากมีมากโมเลกุลของน้ำจะถูกดูดเข้าสู่เซลล์รากโดยวิธีออสโมซิส โดยทั่วไปพืชที่กำลังคายน้ำจะมีอัตราการลำเลียงน้ำประมาณ 1 เมตรต่อชั่วโมง แต่ถ้าอัตราการคายน้ำสูงกว่าปกติมาก เช่น ในวันที่อากาศร้อนจัดอัตราการลำเลียงน้ำจะสูงถึง 4–5 เมตรต่อชั่วโมง

✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧

การรักษาดุลยภาพร่างกายมนุษย์และสัตว์

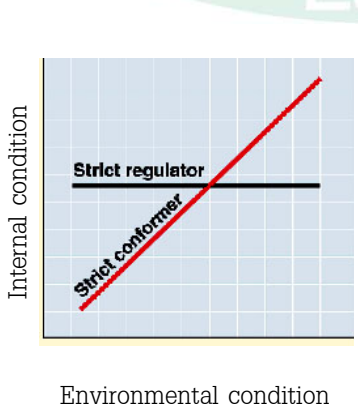
การรักษาดุลยภาพ

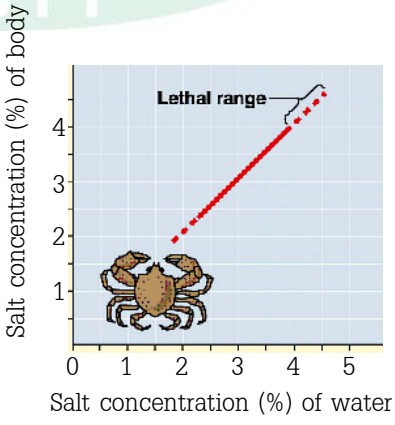
- สัตว์สามารถรักษาสภาวะภายในร่างกายไว้ได้แม้ว่าสภาพแวดล้อมภายนอกจะมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก จนอาจเป็นอันตรายต่อเซลล์ได้ เรียกลักษณะนี้ว่า Homeostasis

1. Thermoregulation เป็นการรักษาสมดุลของอุณหภูมิภายในร่างกาย
2. Osmoregulation เป็นการรักษาสมดุลของสารละลายและน้ำในร่างกาย
3. Excretion คือ การกำจัดของเสียพวกไนโตรเจน (Nitrogen-Containing Waste) ออกนอกร่างกาย

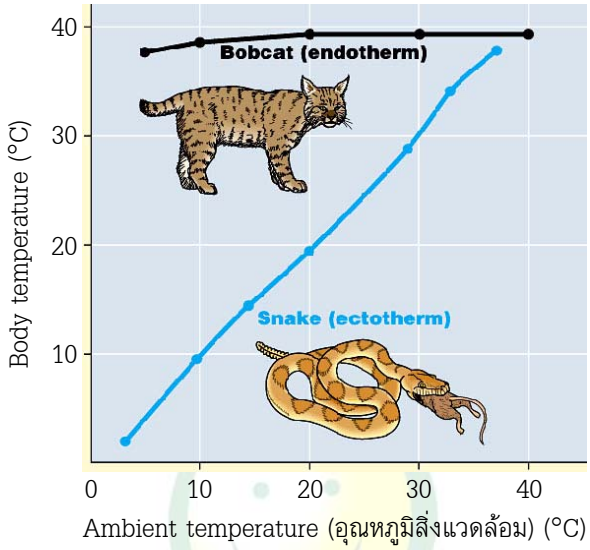
ประเภทของสิ่งมีชีวิตแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

1. สัตว์เลือดอุ่น (Regulator) : สัตว์ที่มีการรักษา Homeostasis ภายในร่างกายไม่ให้มีการเปลี่ยนไปมาก ในขณะที่สภาพแวดล้อมภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก (Thermoregulator, Osmoregulator) ได้แก่ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง, ปลา, สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และสัตว์เลื้อยคลาน



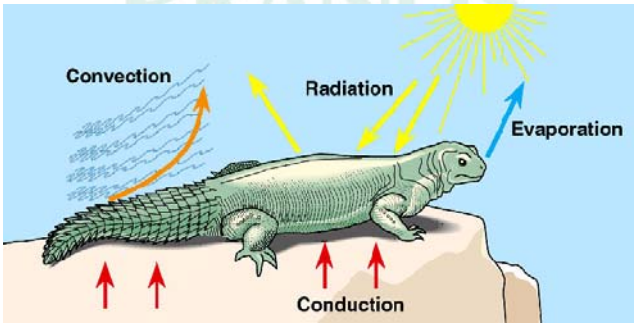


2. สัตว์เลือดเย็น (Conformer) : สัตว์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภายในร่างกายตามสภาพแวดล้อมภายนอก (Thermoconformer, Osmoconformer) ได้แก่ นกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม



Thermoregulation การได้รับหรือสูญเสียความร้อนของสัตว์ เกิดได้จากกระบวนการต่างๆ ดังนี้

1. Conduction : การถ่ายทอดความร้อนจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง (สูงไปต่ำ) โดยตรง
2. Convection : การนำพาความร้อนไปโดยการเคลื่อนผ่านของอากาศหรือของเหลว
3. Radiation : การแพร่กระจาย (Emission) ความร้อนจากวัตถุหนึ่งไปยังวัตถุหนึ่งในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยวัตถุนั้นไม่ต้องสัมผัสกันโดยตรง ไม่ต้องอาศัยตัวกลาง
4. Evaporation : การระเหยของของเหลวไปเป็นแก๊ส มีการใช้ความร้อนในการทำให้เกิดการระเหย



ผิวหนัง และ Thermoregulation

- ผิวหนัง เป็นส่วนกั้นสิ่งแวดล้อมภายนอกออกจากสภาวะแวดล้อมภายในร่างกาย ช่วยรักษาดุลยภาพให้คงที่
- ผิวหนัง ช่วยป้องกันเชื้อโรค รักษาอุณหภูมิของร่างกาย ขับถ่ายของเสียในรูปของเหงื่อ
- ต่อมเหงื่อ (Sweat) มีทั้ง Artery และ Vein มาหล่อเลี้ยง เพื่อขับถ่ายของเสียจากเลือดแพร่จากหลอดเลือดฝอยออกไปยังต่อมเหงื่อ
- เหงื่อ ถูกลำเลียงออกจากต่อมเหงื่อไปยังรูเหงื่อ
- ขณะที่เหงื่อระเหยออกจากผิวหนัง จะพาความร้อนของร่างกายออกมาด้วย เป็นการช่วยระบายความร้อน
- ไขมัน (Adipose) และขน ทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนออกนอกร่างกาย

ถ้าอุณหภูมิร่างกายลดลง

- Hypothalamus ส่งสัญญาณให้หลอดเลือดที่ผิวหนังหดตัว ปริมาณเลือดที่ผิวหนังลดลง จึงลดการระบายความร้อนจากเลือด
- กล้ามเนื้อที่ผิวหนังหดตัว เกิดการตั้งชัน (Erection) ของขน
- การหดและคลายตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วเพื่อผลิตความร้อน ทำให้เกิดการสั่น
- Hypothalamus ส่งสัญญาณให้เซลล์ร่างกายเพิ่มอัตรา Metabolism

ถ้าอุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น

- Hypothalamus ส่งสัญญาณให้หลอดเลือดที่ผิวหนังขยายตัว ปริมาณเลือดที่ผิวหนังเพิ่มขึ้น จึงระบายความร้อนจากเลือด
- ต่อมเหงื่อ ขับเหงื่อเพิ่มขึ้น ช่วยระบายความร้อน
- Hypothalamus ส่งสัญญาณให้เซลล์ร่างกายลดอัตรา Metabolism

Hibernation and Estivation

Hibernation :

การปรับตัวทางสรีรวิทยาที่ทำให้สัตว์อยู่รอดได้ในสภาพอากาศหนาวและขาดแคลนอาหารเป็นเวลานาน โดยการลดเมแทบอลิซึม, ระบบไหลเวียนเลือด, การหายใจ และอุณหภูมิร่างกาย

Estivation :

การปรับตัวทางสรีรวิทยาที่ทำให้สัตว์อยู่รอดได้ในสภาพอากาศร้อนและขาดแคลนน้ำเป็นเวลานาน โดยการลดเมแทบอลิซึม

Osmoregulation

- Osmosis : การเคลื่อนที่ของน้ำผ่าน Semipermeable Membrane โดยขึ้นกับความเข้มข้นของ osmolyte (Ion, Small Organic Molecules, Protein) ที่อยู่ระหว่างเยื่อกั้นทั้งสองด้าน
- นกทะเลหลายชนิด มีอวัยวะในการกำจัดเกลือที่หัว เรียกว่า Nasal Gland
- Countercurrent ของทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนของ NaCl ในท่อ Salt-Excreting Gland
- ปลาฉลาม มีอวัยวะพิเศษสำหรับกำจัดเกลือ เรียกว่า Rectal Gland

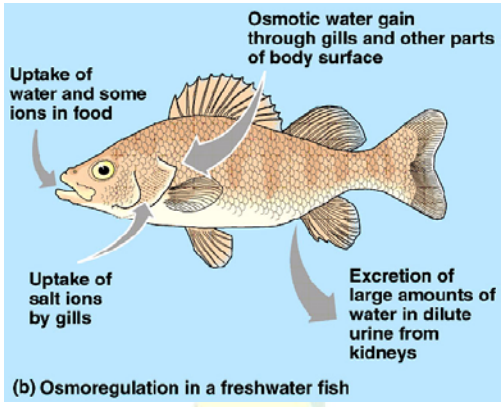
Osmoregulation ในปลาน้ำจืด

ปัญหา

- ได้รับน้ำเข้าสู่ร่างกายจำนวนมาก
- สูญเสียเกลือแร่ออกจากร่างกาย

การแก้ปัญหา

- ขับปัสสาวะปริมาณมากและเจือจาง
- รับเกลือจากอาหารและผ่านเหงือก
- เหงือกดูดแร่ธาตุเข้าร่างกายด้วย Active Transport



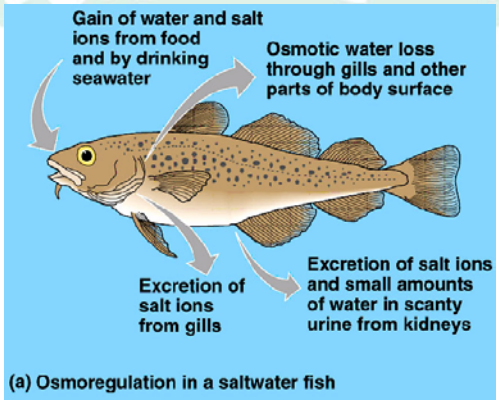
Osmoregulation ในปลาน้ำเค็ม

ปัญหา

- ได้รับเกลือเข้าสู่ร่างกายจำนวนมาก
- สูญเสียน้ำออกจากร่างกายจำนวนมาก

การแก้ปัญหา

- กำจัดเกลือออกจากเหงือกโดยวิธี Active Transport
- รับน้ำจากอาหารและน้ำทะเล ขับปัสสาวะปริมาณต่ำ และความเข้มข้นสูง



การกำจัดของเสียพวกไนโตรเจนที่ได้จากการสลายโปรตีนและกรดนิวคลิอิก ในรูปแบบต่างๆ ดังนี้

1. แอมโมเนีย (Ammonia)

- เป็นสารที่ละลายน้ำได้ดี แต่เป็นพิษต่อสัตว์ แม้จะมีปริมาณน้อย
- มักพบในสัตว์น้ำ เพราะแอมโมเนียสามารถแพร่ผ่านเยื่อเซลล์สู่น้ำได้ดี
- ในปลาน้ำจืด มักมีการขับแอมโมเนียในรูปของ NH_4^+ ผ่านทางเหงือก โดยแลกเปลี่ยนกับการนำ Na^+ เข้าสู่เซลล์
- แอมโมเนีย 1 g ต้องเจือจางในน้ำ 500 cm^3 จึงไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์

2. ยูเรีย (Urea)

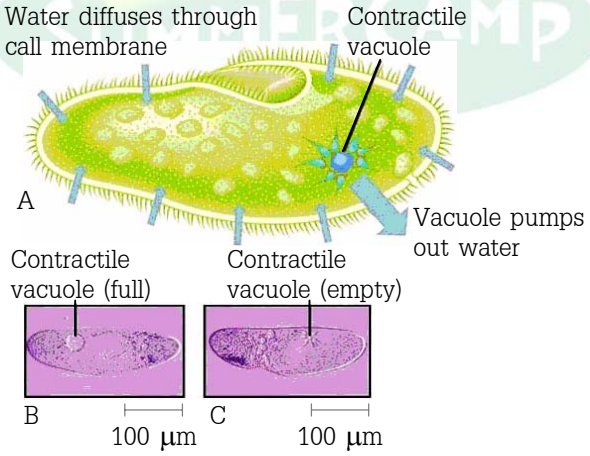
- พบในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม, สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกตัวเต็มวัย, ปลาทะเล และสัตว์เลื้อยคลานในน้ำ
- ยูเรียสร้างที่ตับโดยการรวมกันของแอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้สัตว์สิ้นเปลืองพลังงานในการสังเคราะห์
- ยูเรีย 1 g ต้องเจือจางในน้ำ 50 cm^3 จึงไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ จะเห็นว่ายูเรียมีอันตรายน้อยกว่าแอมโมเนียม

3. กรดยูริก (Uric acid)

- พบในหอยทากบก, แมลง, นก และสัตว์เลื้อยคลานหลายชนิด
- กรดยูริกไม่ค่อยละลายน้ำ จึงมีการขับออกจากร่างกายในรูป Semisolid จึงประหยัดการขับน้ำออก
- แต่การสังเคราะห์กรดยูริกจะสิ้นเปลืองพลังงาน (ATP) มาก
- กรดยูริก 1 g ต้องเจือจางในน้ำ 10 cm^3 จึงไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์

การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

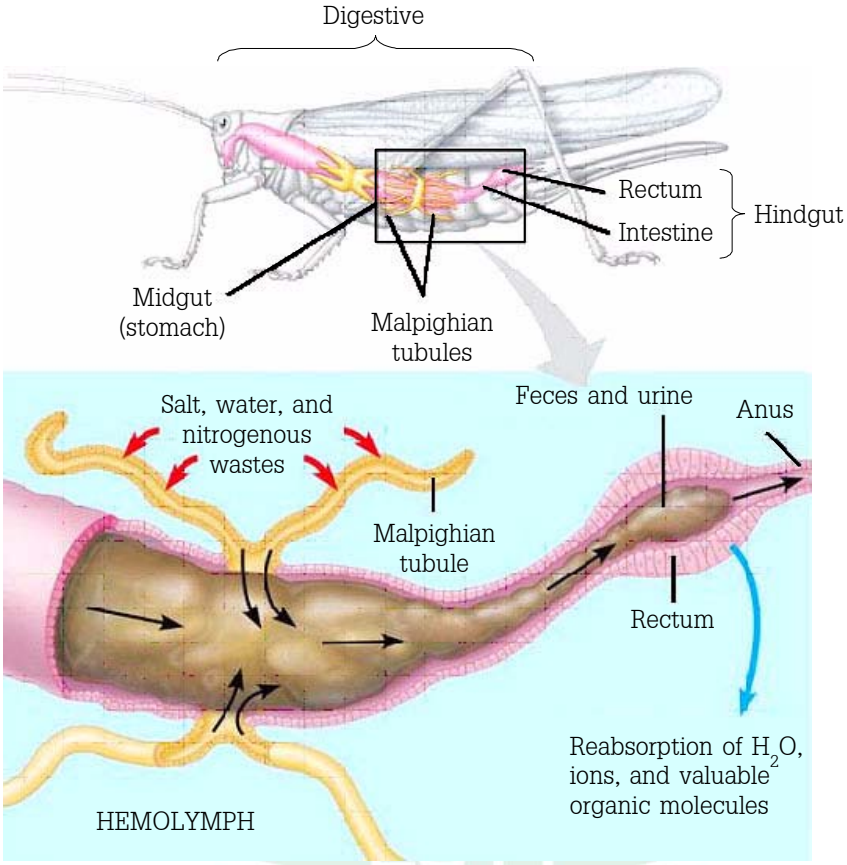
- ส่วนใหญ่อาศัยในน้ำ หรือที่มีความชื้นสูง
- ของเสียจะแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกสู่สิ่งแวดล้อม
- น้ำจากสิ่งแวดล้อมจะแพร่เข้าสู่เซลล์มากกว่าแพร่ออก
- Contractile Vacuole ช่วยรักษาสมดุลน้ำและแร่ธาตุ รวมทั้งกำจัดของเสียในเซลล์ด้วย



การขับถ่ายของสัตว์

อวัยวะที่ใช้ในการกำจัดของเสียจากร่างกายสัตว์ชนิดต่างๆ มีดังนี้

1. Protonephridia พบในหนอนตัวแบน, Rotifers, Annelids บางพวก, ตัวอ่อน Mollusk, Lancelet
2. Metanephridia พบใน Annelids ส่วนมาก
3. Malpighian Tubules พบในแมลง
4. Kidney พบในสัตว์มีกระดูกสันหลัง



ไต (Kidney)

- Vertebrates ทุกชนิดมีไตทำหน้าที่เป็นอวัยวะขับถ่าย
- ปลาน้ำจืด มีปัญหาน้ำมากเกินไป ไตจึงมีหน้าที่ดูดกลับแร่ธาตุ ไม่ดูดกลับน้ำ ปัสสาวะจึงมีน้ำมาก
- ปลาน้ำเค็ม ต้องดื่มน้ำเค็มจำนวนมาก เกลือสะสมในร่างกายมาก กำจัดเกลือออกทางเหงือก ไตมีน้ำผ่านเข้าน้อย ปัสสาวะขับออกน้อยและเข้มข้นมาก
- กบ น้ำแพร่ผ่านร่างกายทางผิวหนัง ไตขับปัสสาวะปริมาณมากและเจือจาง ของเสียในรูป Urea
- สัตว์เลื้อยคลานและนก สงวนน้ำในร่างกาย โดยมีโครงสร้างร่างกายป้องกันการสูญเสียน้ำ (เกล็ดและขน) และขับถ่ายของเสียในรูป Uric Acid (ของแข็งและใช้น้ำในการขับถ่ายน้อยมาก)
- น้ำที่ผ่านไต จะถูกดูดกลับหมดทางท่อไต
- สัตว์เลื้อยคลาน ไม่มีกระเพาะปัสสาวะ Uric Acid ผ่านไตไปยัง Cloaca ออกไปพร้อมกับกากอาหาร
- Mammals ขับถ่ายของเสียในรูป Urea ละลายในปัสสาวะ
- ท่อของหน่วยไต ดูดน้ำกลับคืนเพื่อปรับปริมาณและความเข้มข้นให้เหมาะสมต่อการรักษาสมดุลน้ำและแร่ธาตุ
- สัตว์ทะเลทราย จะมีท่อของหน่วยไตยาวเป็นพิเศษ สามารถดูดกลับน้ำได้เกือบหมด ปัสสาวะจึงมีความเข้มข้นมาก

ไตกับการรักษาสมดุลน้ำและแร่ธาตุ

- ฮอร์โมนที่ควบคุมการรักษาสมดุลน้ำ คือ Antidiuretic Hormone (ADH)
- ถ้าร่างกายขาดน้ำ เลือดจะมีแรงดันออสโมติกสูง ไปกระตุ้น Osmotic Receptor ที่ Hypothalamus
- Hypothalamus กระตุ้นให้ต่อมใต้สมองส่วนหลังหลั่ง ADH เข้าสู่กระแสเลือด
- ADH ทำหน้าที่กระตุ้นให้ท่อของหน่วยไตส่วนปลายและท่อรวม (Collecting Duct) ดูดน้ำกลับคืนเข้าสู่หลอดเลือด ปริมาณน้ำในเลือดจึงสูงขึ้น
- Hypothalamus กระตุ้นให้เกิดการกระหายน้ำ
- การดื่มน้ำมากขึ้น ทำให้แรงดันออสโมติกในเลือดเข้าสู่ปกติ
- ถ้าเลือดมีน้ำมาก แรงดันออสโมติกของเลือดจะลดลง
- Hypothalamus จะยับยั้งการหลั่ง ADH ทำให้ท่อของหน่วยไตลดการดูดน้ำกลับคืน
- การดูดกลับน้ำคืนจึงน้อยลง จึงปัสสาวะมากขึ้นและเจือจาง
- ถ้าร่างกายขาด ADH จะทำให้ถ่ายปัสสาวะมากและเจือจาง เกิดโรคเบาจืด (Diabetes Insipidus)
- Aldosterone จากต่อมหมวกไตชั้นนอก จะควบคุมสมดุลเกลือแร่พวกโซเดียม โพแทสเซียม ฟอสเฟต
- กระตุ้นให้มีการดูด Na^+ กลับเข้ากระแสเลือดโดย Active Transport ทำให้แรงดันออสโมติกสูงขึ้น จึงดูดกลับน้ำเพิ่มขึ้น

ตัวอย่างข้อสอบ

1. ข้อใด**ถูก**เกี่ยวกับการทำงานของหน่วยไตในคน

1) ภาวะที่ร่างกายขาดน้ำจะกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมน ADH มากขึ้น เพื่อลดการดูดน้ำกลับที่ท่อหน่วยไตและท่อรวม
2) ท่อหน่วยไตของคนเป็นเบาหวาน จะดูดกลับน้ำตาลได้น้อยกว่าของคนปกติ จึงทำให้มีน้ำตาลออกมาในปัสสาวะ
3) ปริมาณกลูโคส ยูเรีย และน้ำ ที่กรองผ่านโกลเมอรูลัส จะใกล้เคียงกับปริมาณในพลาสมา
4) การดูดกลับสารต่างๆ รวมทั้งน้ำเพื่อเข้าสู่เลือด เกิดที่บริเวณท่อขดส่วนต้นของหน่วยไต

2. ข้อใดเกิดขึ้นเมื่อขึ้นไปบนยอดเขาสูง

ก. อัตราการหายใจและการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น
ข. สร้างเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น
ค. เลือดไหลเวียนในเส้นเลือดเร็วขึ้น

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

3. ถ้าคนและกบไปอยู่ในห้องที่มีอุณหภูมิ 15°C จะมีอัตราการหายใจดังข้อใด

	อัตราการหายใจ	
	คน	**กบ**
1)	ลด	ลด
2)	เพิ่ม	เพิ่ม
3)	ลด	เพิ่ม
4)	เพิ่ม	ลด

4. สารในข้อใดที่ท่อของหน่วยไตดูดกลับคืนสู่เส้นเลือดฝอยที่ปกคลุมหน่วยไต แต่พบในน้ำปัสสาวะในปริมาณมากกว่า

ก. โปรตีน ข. กลูโคส ค. โซเดียม ง. คลอไรด์

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

5. โครงสร้างในข้อใดมีกระบวนการดูดกลับสารเข้าสู่กระแสเลือดหรือของเหลวของร่างกาย

ก. เฟลมเซลล์ ข. เนฟริเดียม ค. ท่อมัลพิเกียน ง. หน่วยไต

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

6. ข้อใดอธิบาย**ไม่ถูกต้อง**

1) คอนแทร็กไทล์แวคิวโอลทำหน้าที่กำจัดของเสียที่เป็นสารพวกไนโตรเจน
2) ไส้เดือนดินมีเนฟริเดียมกำจัดของเสียพวกแอมโมเนีย
3) เนฟริเดียมทำงานคล้ายหน่วยไตของสัตว์มีกระดูกสันหลัง
4) ท่อมัลพิเกียนกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนออกในรูปของกรดยูริก

7. พารามีเซียมที่เลี้ยงในน้ำเลี้ยงชนิดหนึ่ง มีการบีบตัวของคอนแทร็กไทล์แวคิวโอล X ครั้ง/วินาที ถ้าต้องการให้น้ำที่เลี้ยงมีแรงดันออสโมซิสสูงขึ้น จะต้องเติมสารใด และการบีบตัวของคอนแทร็กไทล์แวคิวโอลจะเป็นอย่างไร

	สารที่เติม	จำนวนครั้งของการบีบตัวของคอนแทร็กไทล์แวคิวโอล
1)	เกลือ	มากกว่า X
2)	เกลือ	น้อยกว่า X
3)	น้ำกลั่น	มากกว่า X
4)	น้ำกลั่น	น้อยกว่า X

8. ข้อใดเป็นการรักษาสมดุลของแร่ธาตุและน้ำในสัตว์ที่**ถูกต้อง**

	สัตว์	วิธีการ
1)	ปลาทะเล	ขับแร่ธาตุที่เกินพอออกไปด้วยกระบวนการแอกทีฟทรานสปอร์ต
2)	ปลาน้ำจืด	มีเกล็ดแข็งและขับแร่ธาตุต่างๆ ออกทางปัสสาวะและอุจจาระด้วยกระบวนการพาสซีฟทรานสปอร์ต
3)	สัตว์ชั้นต่ำในทะเล	ปรับแรงดันออสโมติกในตัวให้น้อยกว่าแรงดันออสโมติกของน้ำทะเล
4)	นกทะเล	มีต่อมนาสิกช่วยดึงแร่ธาตุเข้าทางจมูก

9. การขับถ่ายของเสียที่ได้จากโปรตีนของสัตว์ในข้อใด**ถูกต้อง**

	ปลา	ไก่	ม้า
1)	ยูเรีย	แอมโมเนีย	กรดยูริก
2)	แอมโมเนีย	กรดยูริก	ยูเรีย
3)	กรดยูริก	ยูเรีย	แอมโมเนีย
4)	แอมโนเนีย	ยูเรีย	กรดยูริก

10. ระบบขับถ่ายชนิดใดที่มีความเกี่ยวข้องกับทางเดินอาหาร**มากที่สุด**

1) เฟรมเซลล์ 2) เนฟริเดียม 3) ท่อมัลพิเกียน 4) ไต

11. สัตว์ในข้อใดมีอัตราเมแทบอลิซึมสูงขึ้นกว่าปกติ

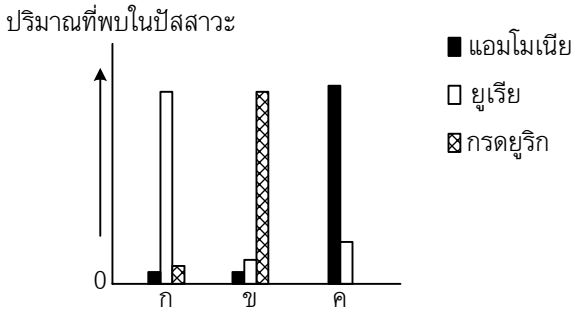
ก. กบขณะจำศีล

ข. หนูทดลองขณะถูกใส่ไว้ในตู้เย็น

ค. หนูทดลองขณะถูกใส่ไว้ในตู้ 50 องศาเซลเซียส

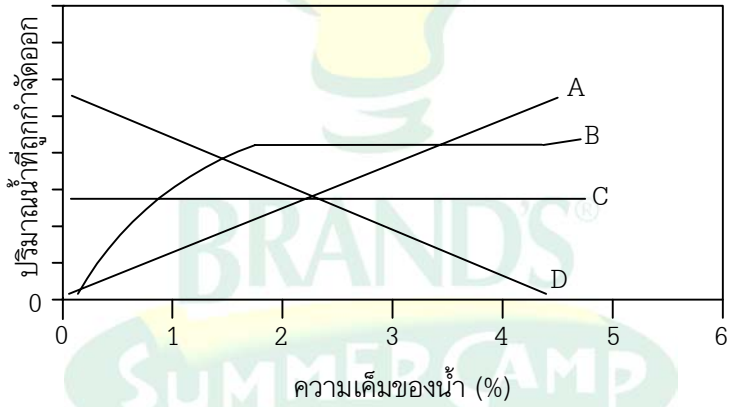
1) ก. 2) ข. 3) ก. และ ข. 4) ก. และ ค.

12. กราฟแสดงปริมาณของเสียที่มีไนโตรเจนที่ถูกขับออกทางไตเป็นของสัตว์ในคลาสข้อใด



	ก	ข	ค
1)	แมมมาเลีย	แอมฟิเบีย	ออสติอิคไทอิส
2)	แมมมาเลีย	เอวีส	ออสติอิคไทอิส
3)	แมมมาเลีย	เอวีส	แอมฟิเบีย
4)	แอมฟิเบีย	แอมฟิเบีย	ออสติอิคไทอิส

13. จากกราฟข้อใดแสดงการกำจัดน้ำของอะมีบา**ถูกต้อง** เมื่อน้ำภายนอกเซลล์มีความเค็มเพิ่มขึ้น



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

14. อวัยวะขับถ่ายของสัตว์ในข้อใดที่สามารถทำหน้าที่กรองและดูดสารกลับคล้ายกับไต

ก. พลานาเรีย ข. ไส้เดือนดิน ค. ผีเสื้อ

1) ก. 2) ข. 3) ก. และ ค. 4) ข. และ ค.

15. ท่อมัลพิเกียนกำจัดของเสียพวกใด

ก. แอมโมเนีย ข. กรดยูริก ค. ยูเรีย

1) ก. 2) ข. 3) ก. และ ข. 4) ข. และ ค.

เฉลย

1. **เฉลย 3)** ปริมาณกลูโคส ยูเรีย และน้ำ ที่กรองผ่านโกลเมอรูลัส จะใกล้เคียงกับปริมาณในพลาสมา

ภาวะที่ร่างกายขาดน้ำจะกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมน ADH มากขึ้น เพื่อเพิ่มการดูดน้ำกลับที่ท่อหน่วยไตและท่อรวม น้ำและสารจำนวนหนึ่งถูกดูดกลับจากบริเวณท่อขดส่วนต้นของหน่วยไต ส่วนคนที่เป็นเบาหวานมีระดับน้ำตาลในเลือดสูง เกินความสามารถสูงสุดในการดูดกลับของหน่วยไต หน่วยไตดูดกลับน้ำตาลไม่หมด ทำให้มีน้ำตาลในปัสสาวะมาก

2. **เฉลย 4)** ก., ข. และ ค.

บนยอดเขาสูงความหนาแน่นของอากาศลด ปริมาณออกซิเจนน้อยร่างกายจึงต้องมีการปรับตัวด้านสรีระ เพื่อให้มีการสร้างเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นสำหรับรวมตัวกับออกซิเจน เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย โดยเลือดจะไหลเวียนในเส้นเลือดเร็วขึ้น เพื่อนำออกซิเจนไปให้เซลล์มีผลทำให้อัตราการหายใจและการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น

3. **เฉลย 4)** อัตราการหายใจของคนเพิ่มขึ้น, อัตราการหายใจของกบลดลง

คน สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และสัตว์ปีก เป็นสัตว์เลือดอุ่น อุณหภูมิของร่างกายไม่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเมื่อไปอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ (อุณหภูมิ 15°C) อัตราเมแทบอลิซึมและอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้น เพราะมีการสร้างความร้อนชดเชยส่วนที่เสียไปให้สิ่งแวดล้อมเพื่อรักษาสมดุลของอุณหภูมิในร่างกายให้อยู่ในระดับปกติ (ประมาณ 37°C) แต่กบเป็นสัตว์เลือดเย็นอุณหภูมิของร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม เมื่อไปอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ อัตราเมแทบอลิซึม และอัตราการหายใจจะลดลง เพื่อทำให้อุณหภูมิของร่างกายลดลงตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

4. **เฉลย 3)** ค. และ ง.

ตารางเปรียบเทียบสารในของเหลว 3 ชนิด คือ พลาสมา ของเหลวที่กรองผ่านโกลเมอรูลัส และปัสสาวะ

สาร	พลาสมา (กรัม/100 cm^3)	ของเหลวที่กรองผ่านโกลเมอรูลัส (กรัม/100 cm^3)	ปัสสาวะ (กรัม/100 cm^3)
น้ำ	92	90–93	95
โปรตีน	6.0–8.4	0.01–0.02	0
ยูเรีย	0.0008–0.25	0.03	2
กรดยูริก	0.003–0.007	0.003	0.05
แอมโมเนีย	0.0001	0.0001	0.05
กลูโคส	0.07–0.11	0.1	0
โซเดียม	**0.31–0.33**	**0.32**	**0.6**
คลอไรด์	**0.35–0.40**	**0.37**	**0.6**

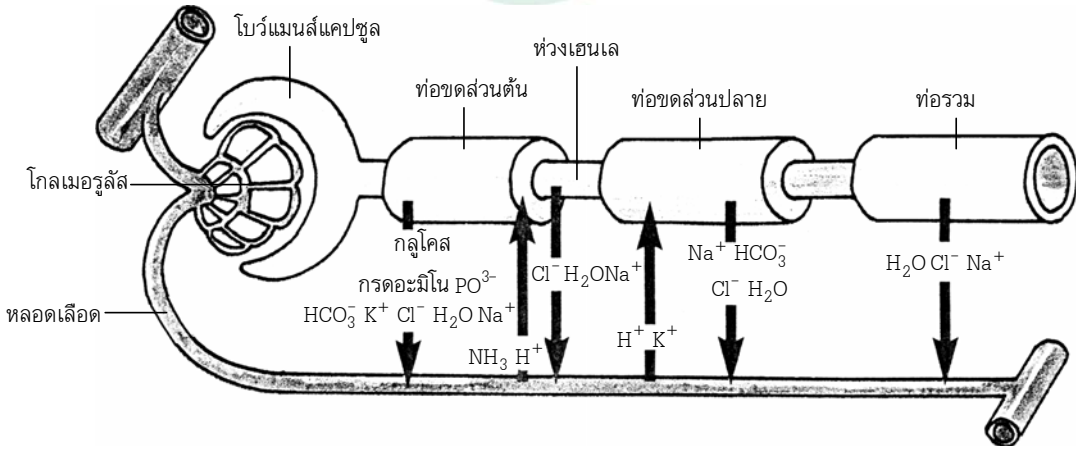
5. เฉลย 4) ข., ค. และ ง.

โครงสร้างที่ใช้ในการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตที่มีกระบวนการดูดกลับสารเข้าสู่กระแสเลือดหรือของเหลวของร่างกาย ได้แก่ เนฟริเดียม (Nephridium) ของไส้เดือนดิน, ท่อมัลพิเกียน (Malpighian tubule) ของแมลงและหน่วยไต (Nephron)

ข้อควรทราบเพิ่มเติม

ไส้เดือนดิน เป็นสัตว์ที่มีลำตัวเป็นปล้อง มีอวัยวะขับถ่ายของเสีย เรียกว่า **เนฟริเดียม** (Nephridium) ปล้องละ 1 คู่ เป็นท่อขดไปมา มีปลายเปิดสองข้าง ปลายข้างหนึ่งอยู่ในช่องของลำตัวมีลักษณะเหมือนปากแตร เรียกว่า **เนโพรสโตม** (Nephrostome) ทำหน้าที่รับของเหลวจากช่องของลำตัว ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งเป็นช่องเปิดออกสู่ภายนอกทางผิวหนัง เนฟริเดียมนี้จะทำหน้าที่ขับถ่ายของเสีย**พวกแอมโมเนีย และยูเรีย** ส่วนน้ำและแร่ธาตุบางชนิดที่มีประโยชน์จะถูกดูดกลับโดยผนังท่อของเนฟริเดียมเข้าสู่กระแสเลือด เนฟริเดียมจึงทำหน้าที่ทั้งกรองและดูดสารกลับ ซึ่งลักษณะการทำงานของเนฟริเดียมคล้ายคลึงกับหน่วยไตของสัตว์มีกระดูกสันหลังบางประเภท

แมลง มีอวัยวะขับถ่ายเรียกว่า **ท่อมัลพิเกียน** (Malpighian tuble) ประกอบด้วยท่อเล็กๆ จำนวนมาก ท่อเหล่านี้มีลักษณะคล้ายถุงยื่นออกมาจากทางเดินอาหารตรงบริเวณรอยต่อของทางเดินอาหารส่วนกลางกับส่วนท้าย ปลายของท่อมัลพิเกียนจะลอยเป็นอิสระอยู่ในของเหลวภายในช่องของลำตัว ในของเหลวจะมีของเสีย น้ำและสารต่างๆ ซึ่งจะถูกลำเลียงเข้าสู่ท่อมัลพิเกียนไปยังทางเดินอาหารโดยจะมีการดูดสารที่มีประโยชน์กลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด ส่วนของเสียพวกสารประกอบไนโตรเจนจะเปลี่ยนเป็นผลึกกรดยูริกขับออกมาพร้อมกากอาหาร



การกรองสารและการดูดสารกลับของหน่วยไต

6. เฉลย 1) คอนแทร็กไทล์แวคิวโอลทำหน้าที่กำจัดของเสียที่เป็นสารพวกไนโตรเจน

คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล (Contractile vacuole) มีหน้าที่รักษาสมดุลของน้ำและแร่ธาตุในเซลล์โดยการขับน้ำที่มากเกินไปออก *(แบบเรียนชีววิทยา เล่ม 2 หน้า 58)*

7. เฉลย 2) สารที่เติมเกลือ, จำนวนครั้งของการบีบตัวของคอนแทร็กไทล์แวคิวโอลน้อยกว่า X

พารามีเซียมที่อยู่ในน้ำที่มีแรงดันออสโมซิสสูง (มีความเข้มข้นมาก) คอนแทร็กไทล์แวคิวโอลจะทำงานน้อยลง เนื่องจากน้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์พารามีเซียมแพร่เข้าสู่เซลล์ไม่มาก

คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล (Contractile Vacuole) ทำหน้าที่กำจัดน้ำที่มากเกินพอออกนอกเซลล์

8. เฉลย 1) ปลาทะเล วิธีการ คือ ขับแร่ธาตุที่เกินพอออกไปด้วยกระบวนการแอกทีฟทรานสปอร์ต

ปลาทะเล แรงดันออสโมติกที่อยู่ภายในตัวปลาต่ำกว่าแรงดันออสโมติกของน้ำที่อยู่รอบๆ ทำให้น้ำในตัวปลาออสโมซิสออกมาข้างนอกตลอดเวลาจึงมีการปรับตัวดังนี้

1. มีเซลล์พิเศษที่เหงือกขับเกลือแร่ออกจากร่างกายแบบ Active Transport
2. ดื่มน้ำทะเลเข้าไปทดแทน
3. โกลเมอรูลัสของไต ขนาดเล็ก
4. ปัสสาวะน้อย และมีความเข้มข้นสูง
5. มีผิวหนังและเกล็ดป้องกันแร่ธาตุจากน้ำทะเลเข้าตัว
6. แร่ธาตุที่ปนมากับอาหารขับออกทางทวารหนัก

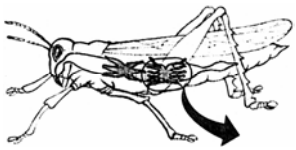
9. เฉลย 2) ปลา = แอมโมเนีย, ไก่ = กรดยูริก, ม้า = ยูเรีย

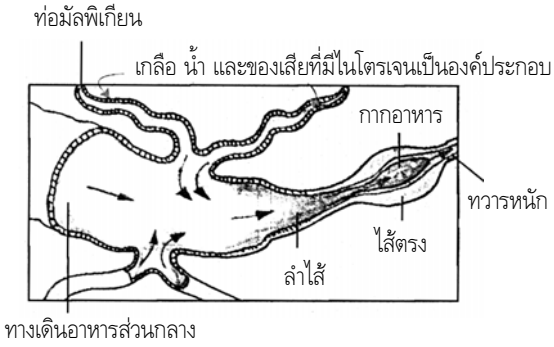
ให้พิจารณาจากตารางต่อไปนี้

สิ่งมีชีวิต	โครงสร้างที่ใช้ในการขับถ่าย	ของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจน
อะมีบา พารามีเซียม	Contractile vacuole	แอมโมเนีย (NH_3)
พลานาเรีย	Flame Cell	แอมโมเนีย
ไส้เดือนดิน	Nephridium	แอมโมเนีย และยูเรีย
แมลง	Malpighian tubule	กรดยูริก
กุ้ง	Green gland	แอมโมเนีย
ปลา	**ไต**	**แอมโมเนีย**
ลูกอ๊อด	ไต	แอมโมเนีย
กบ	ไต	ยูเรีย
คน สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม	**ไต**	**ยูเรีย**
สัตว์ปีก สัตว์เลื้อยคลาน	**ไต**	**กรดยูริก**

10. เฉลย 3) ท่อมัลพิเกียน

แมลงมีอวัยวะขับถ่ายที่เรียกว่า ท่อมัลพิเกียน (Malpighian Tubule) ประกอบด้วยท่อเล็กๆ จำนวนมาก ท่อเหล่านี้มีลักษณะคล้ายถุงยื่นออกมาจากทางเดินอาหารตรงบริเวณรอยต่อของทางเดินอาหารส่วนกลางกับส่วนท้าย ปลายท่อมัลพิเกียนจะลอยเป็นอิสระอยู่ในของเหลวภายในช่องของลำตัว ในของเหลวจะมีของเสีย น้ำและสารต่างๆ ซึ่งจะถูกลำเลียงเข้าสู่ท่อมัลพิเกียนไปยังทางเดินอาหาร โดยจะมีการดูดกลับสารที่เป็นประโยชน์ กลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด ส่วนของเสียพวกสารประกอบไนโตรเจนจะเปลี่ยนเป็นผลึกกรดยูริก ขับออกมาพร้อมกากอาหาร





ก. แสดงตำแหน่งของท่อมัลพิเกียน **ข. แผนภาพของกระบวนการขับถ่ายสารต่างๆ ของท่อมัลพิเกียน**

อวัยวะขับถ่ายของแมลง

(แบบเรียนชีววิทยา เล่ม 2 หน้า 59)

11. เฉลย 2) ข.

หนู เป็นสัตว์เลือดอุ่น (Homeothermic animal) จะมีกลไกในการรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ ทำให้อุณหภูมิของร่างกายไม่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเมื่อไปอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ในตู้เย็น อัตราเมแทบอลิซึมของร่างกายจะเพิ่มสูงขึ้นกว่าปกติ กลไกการกระตุ้นให้เพิ่มเมแทบอลิซึม ขึ้นอยู่กับศูนย์ควบคุมอุณหภูมิที่สมอง Hypothalamus กระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มเมแทบอลิซึม เช่น ฮอร์โมนไทรอกซิน อะดรีนาลิน นอร์อะดรีนาลิน เป็นต้น

(ชีววิทยา. ทบวงมหาวิทยาลัย. 2530. หน้า 461-462)

12. เฉลย 2) ก = แมมมาเลีย, ข = เอวีส, ค = ออสติอิคไทอิส

ของเสียที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (Nitrogenous waste) แอมโมเนีย ยูเรีย กรดยูริก การกำจัดของเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (Mammalia) จะกำจัดออกมาในรูปยูเรีย ในพวกนก (Aves) กำจัดออกมาในรูปกรดยูริก ในพวกปลากระดูกแข็ง (Osteichthyes) กำจัดออกมาในรูปแอมโมเนีย

13. เฉลย 4) D

ความเค็มของน้ำ (%) น้อย แรงดันออสโมติกต่ำ น้ำจากสิ่งแวดล้อมแพร่ผ่านเข้าไปในเซลล์ได้ตลอดเวลา อะมีบาต้องกำจัดน้ำออกโดยใช้คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล (Contractile vacuole) ซึ่งเป็นออร์แกเนลล์ชนิดพิเศษที่ทำหน้าที่รักษาสมดุลของน้ำ แต่ถ้าความเค็มของน้ำ (%) มาก แรงดันออสโมติกสูง น้ำจากสิ่งแวดล้อมแพร่เข้าสู่เซลล์น้อย การกำจัดน้ำออกนอกเซลล์ก็จะน้อยด้วย *(แบบเรียนชีววิทยา ว0410 หน้า 134)*

สรุปได้ว่า Contractile Vacuole จะทำงานมากในสภาวะแวดล้อมเจือจาง และจะทำงานน้อยในสภาวะแวดล้อมที่เข้มข้น

14. เฉลย 2) ข.

ไตของคนประกอบด้วยหน่วยไต (Nephron) ทำหน้าที่กรองของเสียจากเลือดและดูดกลับสารที่เป็นประโยชน์คล้ายกับเนฟริเดียม (Nephridium) ของไส้เดือนดิน

15. เฉลย 2) ข.

ท่อมัลพิเกียน (Malpighian tubule) เป็นโครงสร้างในการกำจัดของเสียของพวกแมลง โดยจะกำจัดของเสียออกมาในรูปของกรดยูริก

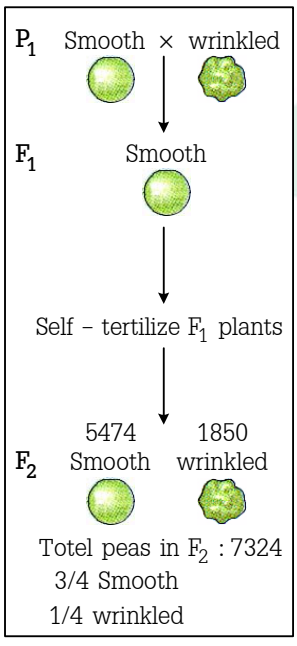
พันธุศาสตร์ (Genetics)

การถ่ายทอดลักษณะของเมนเดล

- ถั่วลันเตา (Pisum sativum) อายุสั้น

ลักษณะ	ผิวเมล็ด	สีเมล็ด	สีดอก	รูปฝัก	สีฝัก	ตำแหน่งดอก	ขนาดลำต้น
เด่น							
	เรียบ	เหลือง	ม่วง	เต็ม	เขียว	ตาข้าง	สูง
ด้อย							
	ย่น	เขียว	ขาว	คอด	เหลือง	ตายอด	เตี้ย

Monohybrid cross : การผสมลักษณะที่สนใจเพียงหนึ่งลักษณะ



ลักษณะเมล็ดเรียบ = ลักษณะเด่น S
ลักษณะเมล็ดย่น = ลักษณะด้อย s

เมล็ดถั่วพันธุ์แท้เมล็ดเรียบ = SS
เมล็ดถั่วพันธุ์แท้เมล็ดย่น = ss

ลูกผสมรุ่นที่หนึ่ง ได้เมล็ดเรียบทั้งหมด
ลูกผสมรุ่นที่ 2 ได้เมล็ดเรียบ : เมล็ดย่น = 3 : 1

กฎข้อที่หนึ่งของเมนเดล Law of Segregation

"ลักษณะแต่ละลักษณะถูกควบคุมด้วย Factor 1 คู่ เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ Factor ที่อยู่เป็นคู่นี้จะแยกออกจากกันเข้าสู่เซลล์สืบพันธุ์ (Gamate) เซลล์ละ 1 อันและจะกลับมาเข้าคู่อีกครั้งในลูก เมื่อมีการผสมระหว่างเซลล์สืบพันธุ์จากพ่อกับแม่"

กำหนดให้ ยีน S – ลักษณะเมล็ดเรียบ

ยีน s – ลักษณะเมล็ดย่น

P	เมล็ดเรียบพันธุ์แท้	×	เมล็ดย่นพันธุ์แท้
	SS		ss
เซลล์สืบพันธุ์	S		s
F_1	Ss เมล็ดเรียบ		
$F_1 \times F_1$	Ss	×	Ss
Gamete			
F_2	SS Ss Ss ss (1SS : 2Ss : 1ss)		
	3 เมล็ดเรียบ เมล็ดย่น 1		

Dihybrid cross : การผสมพ่อแม่ที่มีลักษณะที่ต่างกัน 2 ลักษณะ

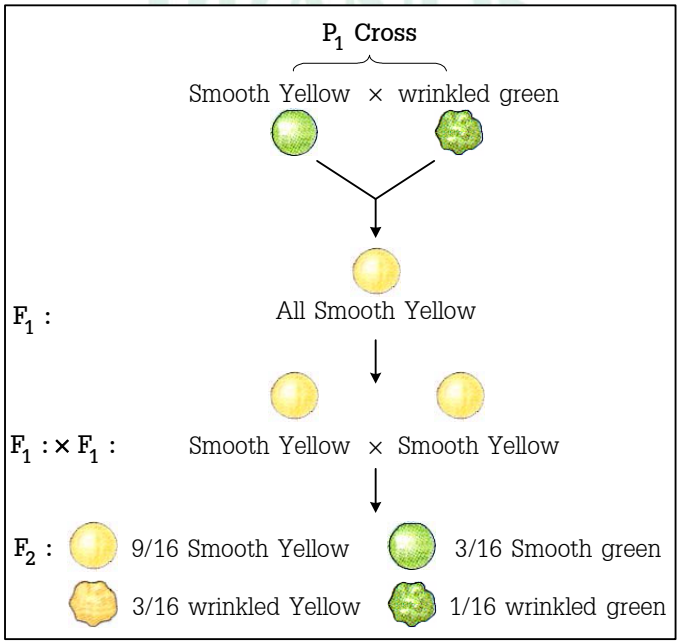
ตัวอย่าง

1. ลักษณะรูปร่างเมล็ด และ 2. ลักษณะสีเมล็ด

   เมล็ดเรียบ × เมล็ดย่น เมล็ดสีเหลือง × เมล็ดสีเขียว (สีเหลืองเป็นลักษณะเด่น)

   ทำการผสมพันธุ์ดังนี้

   เมล็ดเรียบสีเหลืองพันธุ์แท้ กับ เมล็ดย่นสีเขียวพันธุ์แท้



ถ้าแยกศึกษา

	ลักษณะรูปร่างเมล็ด		ลักษณะสีเมล็ด
P	เมล็ดเรียบ × เมล็ดย่น	P	เมล็ดสีเหลือง × เมล็ดสีเขียว
F_1	เมล็ดเรียบ	F_1	เมล็ดสีเหลือง
F_2	423 เมล็ดเรียบ : 133 เมล็ดย่น	F2	416 เมล็ดสีเหลือง : 140 เมล็ดสีเขียว
อัตราส่วน	3/4 เรียบ : 1/4 ย่น	อัตราส่วน	3/4 สีเหลือง : 1/4 สีเขียว

3/4 เมล็ดเรียบ × 3/4 เมล็ดสีเหลือง = 9/16 เมล็ดเรียบสีเหลือง

3/4 เมล็ดเรียบ × 1/4 เมล็ดสีเขียว = 3/16 เมล็ดเรียบสีเขียว

1/4 เมล็ดย่น × 3/4 เมล็ดสีเหลือง = 3/16 เมล็ดย่นสีเหลือง

1/4 เมล็ดย่น × 1/4 เมล็ดสีเขียว = 1/16 เมล็ดย่นสีเขียว

อัตราส่วน F_2 ใน dihybrid cross

9/16 เมล็ดเรียบสีเหลือง 3/16 เมล็ดย่นสีเหลือง

3/16 เมล็ดเรียบสีเขียว 1/16 เมล็ดย่นสีเขียว

กฎข้อที่สองของเมนเดล Law of Independence Assortment

ยีนที่อยู่บนโครโมโซมต่างคู่กัน มีความเป็นอิสระที่จะเข้าสู่เซลล์สืบพันธุ์เดียวกัน

ให้

ยีน S – เมล็ดเรียบ ยีน Y – เมล็ดสีเหลือง

ยีน s – เมล็ดย่น ยีน y – เมล็ดสีเขียว

ยีนนี้ตั้งอยู่บนโครโมโซมคนละคู่กัน

P เมล็ดเรียบสีเหลือง × เมล็ดย่นสีเขียว

Genotype SSYY ssyy

Gamete (เซลล์สืบพันธุ์) SY sy

F_1 SsYy (เรียบสีเหลือง)

$F_1 \times F_1$ SsYy × SsYy

Gamete SY Sy sY sy SY Sy sY sy

F_2

♂ \ ♀	SY	Sy	sY	sy
SY	SSYY	SSYy	SsYY	SsYy
Sy	SSYy	SSyy	SsYy	Ssyy
sY	SsYY	SsYy	ssYY	ssYy
sy	SsYy	Ssyy	ssYy	ssyy

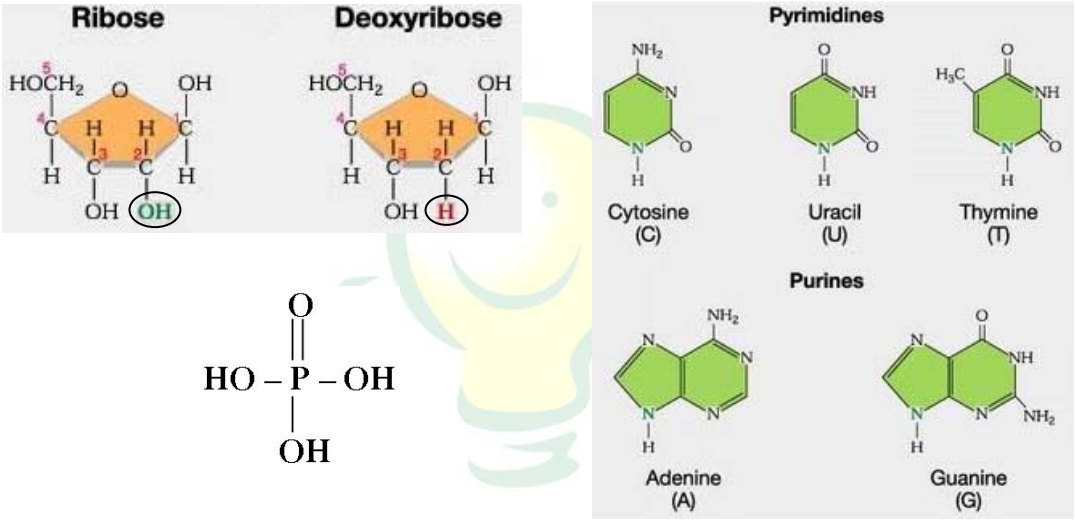
โครงสร้างของ DNA

- DNA – Deoxyribonucleic acid
- RNA – Ribonucleic acid

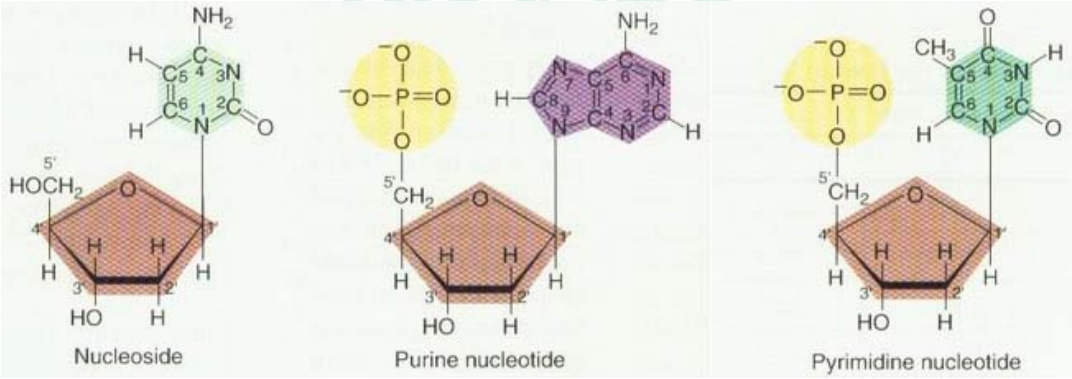
ดีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอ ประกอบด้วยหน่วยย่อยต่างๆ เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide)

Nucleotide ประกอบด้วยสารเคมี 3 กลุ่ม

- น้ำตาล (Sugar)
- เบส (Base)
- หมู่ฟอสเฟต (Phosphate)



โครงสร้างของนิวคลีโอไซด์และนิวคลีโอไทด์



พันธะที่เชื่อมระหว่างนิวคลีโอไทด์ คือ Phosphodiester Bond

ข้อแตกต่างระหว่างดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอ

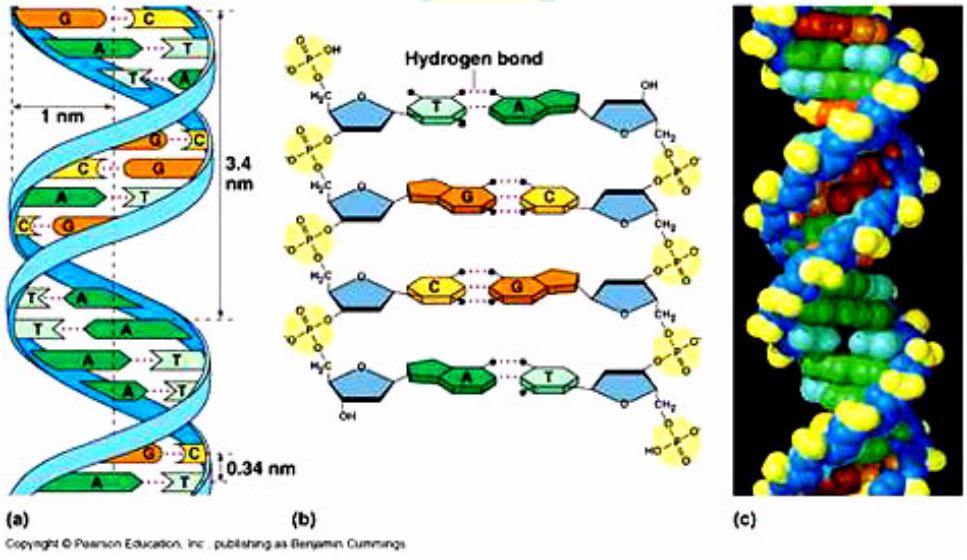
	ดีเอ็นเอ	อาร์เอ็นเอ
น้ำตาล	Ribose	Deoxyribose
เบส	A, G, C, T	A, G, C, U

กฎของ Chargaff

ดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ประกอบด้วยเบส

1. A = T, G = C
2. A + G (Purine) = T + C (Pyrimidine)
3. (A + G) / (T + C) = 1
4. (A + T) / (G + C) มีค่าเฉพาะในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด
5. องค์ประกอบของเบสจากดีเอ็นเอของคนที่สกัดมาจากต่างอวัยวะมีค่าเท่ากัน

โครงสร้างของ DNA Double stranded helix ของ James Watson & Francis Crick (1953)

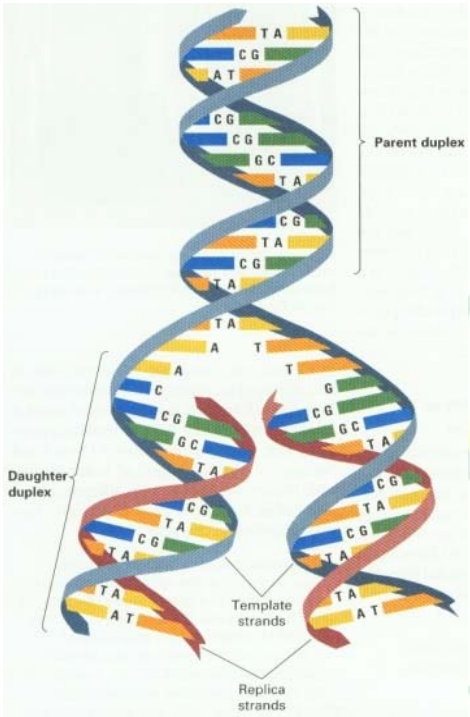


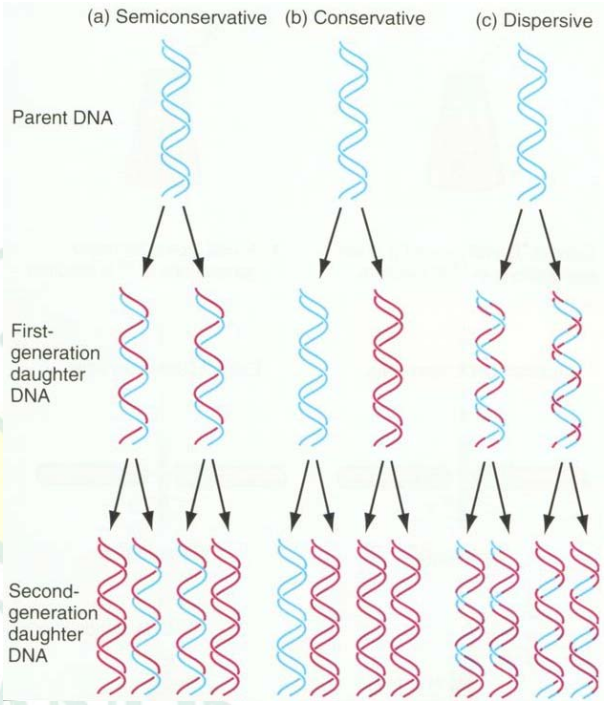
- เกลียวคู่ (Double Helix) เวียนขวา เหมือนบันไดเวียน
- Complementary Base มีการจับคู่ของเบสคู่สม A : T และ G : C ด้วยพันธะ Hydrogen
- Antiparallel สองสายมีทิศทางกลับหัวกลับหาง ซึ่งกันและกัน
- เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 อังสตรอม แต่ละคู่เบสห่างกัน 3.4 A
- แต่ละคู่เบสที่ติดกันทำมุม 36 องศา 1 รอบมี 10 คู่เบส

การจำลองโมเลกุลดีเอ็นเอ (DNA Replication)

สามารถเกิดขึ้นได้ 3 แบบ

1. Conservative
2. Semi-Conservative
3. Dispersive





BRANDS SUMMER CAMP 2011

องค์ประกอบที่จำเป็นในกระบวนการจำลองโมเลกุลดีเอ็นเอ

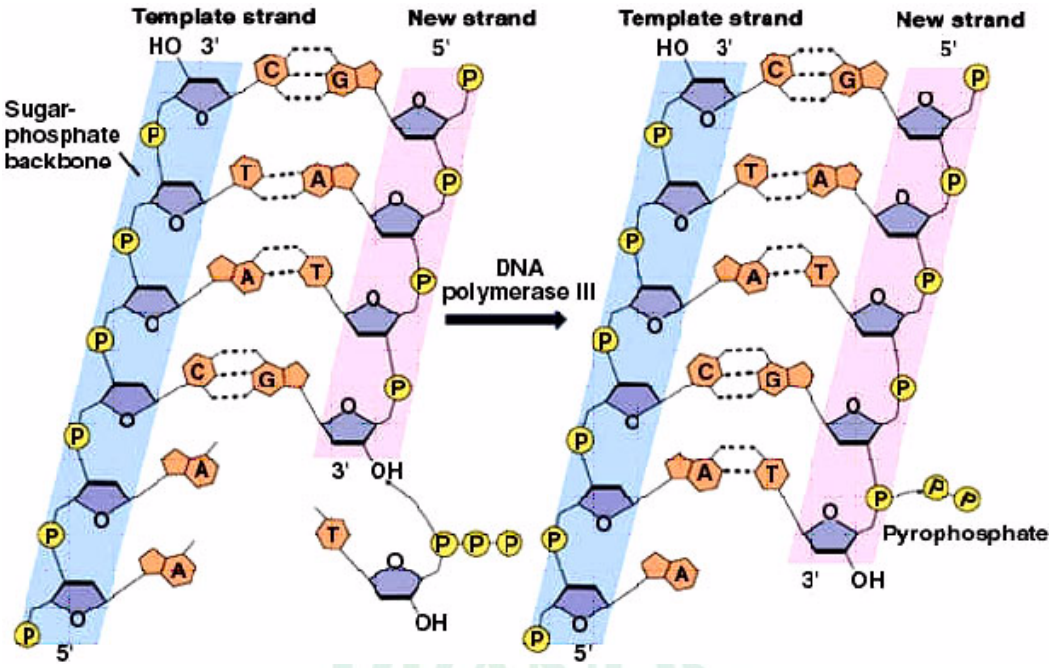
ดีเอ็นเอต้นแบบ (DNA Template)

ไพรเมอร์ (Primer) : โอลิโกนิวคลีโอไทด์สั้นๆ ที่เป็นจุดเริ่มต้น

นิวคลีโอไทด์ทั้ง 4 ชนิด (dNTP)

Magnesium ion (Mg2+)

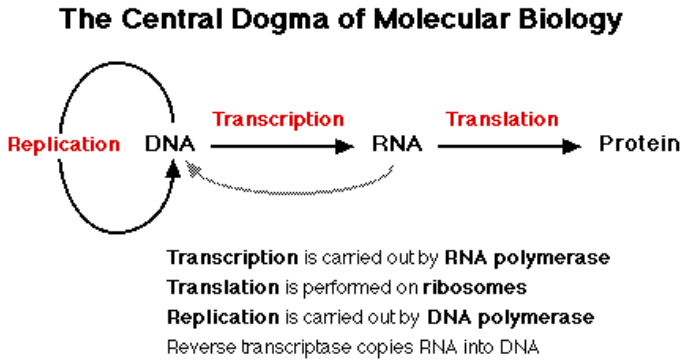
เอนไซม์ DNA Polymerase



เอนไซม์และโปรตีนที่เกี่ยวข้องในการจำลองโมเลกุลดีเอ็นเอ

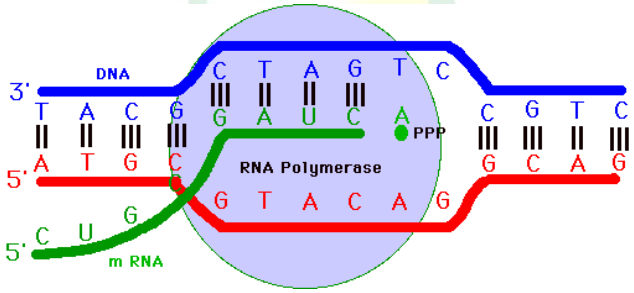
1. Helicase (H) สลายพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond) ที่จับกันระหว่างคู่เบส
2. DNA Binding Protein (ssb) จับกับดีเอ็นเอสายเดี่ยว
3. DNA Gyrase (Topoisomerase) คลายปมที่จุดแยก
4. Primase หรือ Primerase สร้าง RNA Primer
5. DNA Polymerase III สังเคราะห์ดีเอ็นเอต่อจาก Primer
6. DNA polymerase I ตัด Primer ออกโดยใช้คุณสมบัติ 5′-3′ Exonuclease
7. DNA Ligase เชื่อมรอยขาดของพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ (Nick)

Central dogma



การลอกรหัส (Transcription)

- เป็นการสร้าง RNA จาก DNA ต้นแบบ
- สังเคราะห์โดยเอนไซม์ RNA Polymerase ในทิศทางจาก 5′ → 3′



รหัสพันธุกรรม (Codon = Genetic Code)

- รหัสพันธุกรรม คือ รหัสที่กำหนดชนิดของกรดอะมิโน
- ประกอบด้วย 3 นิวคลีโอไทด์ (Triplet Codon) กำหนดโดย นิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด G, A, T, C ใน DNA หรือ G, A, U, C ใน RNA
- ทั้งหมด มี 64 รหัส (64 = 43 = 4 × 4 × 4)
  - มี 61 รหัสที่กำหนดกรดอะมิโน 20 ชนิด
  - 3 รหัส เป็น Stop/Terminator Codon (UGA, UAA, UAG)

คุณสมบัติของรหัสพันธุกรรม

- Triplet code ประกอบด้วย 3 เบส แปลให้กรดอะมิโน 1 ตัว
- Commaless ไม่มีการเว้นวรรค อ่านต่อเนื่องกัน เช่น
  - AUGUACGGCUGA

    met tyr gly stop
- Non-overlapping ไม่มีการซ้อนกัน
- Degeneracy กรดอะมิโนแต่ละชนิดมีได้หลายรหัสพันธุกรรม เช่น
  - CUU, CUC, CUA, CUG = Leucine
- Stop Codon มี 3 รหัส คือ UAG, UGA และ UAA

Second letter

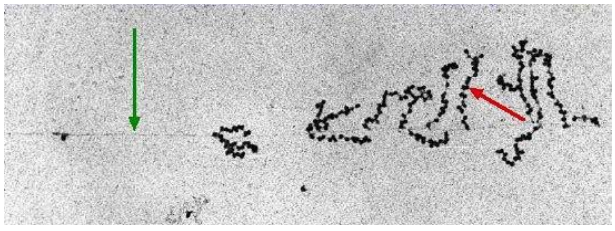
First letter	U	C	A	G	Third letter
U	UUU, UUC Phenylalanine UUA, UUG Leucine	UCU, UCC, UCA, UCG Serine	UAU, UAC Tyrosine UAA Stop codon UAG Stop codon	UGU, UGC Cysteine UGA Stop codon UGG Tryptophan	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG Leucine	CCU, CCC, CCA, CCG Proline	CAU, CAC Histidine CAA, CAG Glutamine	CGU, CGC, CGA, CGG Arginine	U C A G
A	AUU, AUC, AUA Isoleucine AUG Methionine; start codon	ACU, ACC, ACA, ACG Threonine	AAU, AAC Asparagine AAA, AAG Lysine	AGU, AGC Serine AGA, AGG Arginine	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG Valine	GCU, GCC, GCA, GCG Alanine	GAU, GAC Aspartic acid GAA, GAG Glutamic acid	GGU, GGC, GGA, GGG Glycine	U C A G

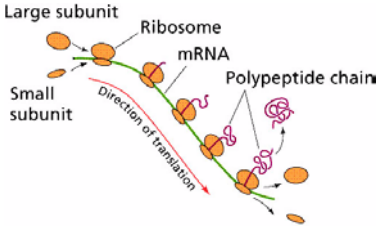
องค์ประกอบของการสังเคราะห์โปรตีน

1. mRNA ที่มีรหัสพันธุกรรม (Codon)
2. ไรโบโซม เลื่อนไปจนถึง Start Codon (AUG)
3. tRNA เป็นอาร์เอ็นเอที่มีรหัสคู่กับ Codon เรียก Anticodon เช่น Codon AUG, Anticodon UAC นำอะมิโน Methionine

โพลิโซม (Polysome)

ใน Prokaryote mRNA มีอายุสั้น การลอกรหัสจะเกิดพร้อมการแปลรหัส (Transcription-Translation Coupling) เราจึงเห็นสาย mRNA มีไรโบโซมเกาะอยู่จำนวนมาก จึงเรียกว่า Polyribosome หรือ Polysome





ตัวอย่างข้อสอบ

1. ข้อใด**ถูก**เกี่ยวกับหมู่เลือด

1) คนที่มีหมู่เลือด O สามารถรับเลือดจากคนหมู่เลือด B ได้โดยไม่เป็นอันตราย เพราะหมู่เลือด O ไม่มีแอนติเจน A ที่จะจับกับแอนติบอดี A ของหมู่เลือด B
2) คนที่มีหมู่เลือด A ไม่สามารถรับเลือดจากคนหมู่เลือด AB ได้ เพราะแอนติเจน B จากหมู่เลือด AB จะจับกับแอนติบอดี B ของหมู่เลือด A
3) คนที่มีหมู่เลือด Rh^- สามารถรับเลือดได้จากทั้งหมู่เลือด Rh^- และ Rh^+
4) แม่ที่มีหมู่เลือด Rh^+ ถ้ามีทารกในครรภ์คนที่ 2 หรือ 3 เป็น Rh^- อาจทำให้ทารกเกิดอีริโทรบลาสโทซิส-ฟีทาลิสได้

2. จาก mRNA ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์ 5′ UAC UCC AGU AUA CCA GAG3′ mRNA ข้างต้นถูกสังเคราะห์มาจาก DNA ต้นแบบ ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์อย่างไร

1) 5′ TAC TCC AGT ATA CCA GAG 3′
2) 5′ ATG AGG TCA TAT GGT CTC 3′
3) 5′ GAG ACC ATA TGA CCT CAT 3′
4) 5′ CTV TGG TAT ACT GGA GTA 3′

3. ตารางรหัสพันธุกรรม

First letter	Second letter: U	Second letter: C	Second letter: A	Second letter: G	Third letter
U	UUU, UUC Phenylalanine; UUA, UUG Leucine	UCU, UCC, UCA, UCG Serine	UAU, UAC Tyrosine; UAA, UAG Stop codon	UGU, UGC Cysteine; UGA Stop codon; UGG Tryptophan	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG Leucine	CCU, CCC, CCA, CCG Proline	CAU, CAC Histidine; CAA, CAG Glutamine	CGU, CGC, CGA, CGG Arginine	U C A G
A	AUU, AUC, AUA Isoleucine; AUG Methionine; start codon	ACU, ACC, ACA, ACG Threonine	AAU, AAC Asparagine; AAA, AAG Lysine	AGU, AGC Serine; AGA, AGG Arginine	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG Valine	GCU, GCC, GCA, GCG Alanine	GAU, GAC Aspartic acid; GAA, GAG Glutamic acid	GGU, GGC, GGA, GGG Glycine	U C A G

จากตาราง มิวเทชันที่ทำให้เบสลำดับที่ 5 ของ mRNA ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์เป็น 5′ AUGUCCGUA 3′ เปลี่ยนจาก C เป็น A จะส่งผลถึงชนิดของกรดอะมิโนในลำดับที่ 2 ของสายพอลิเพปไทด์ที่ถูกสร้างขึ้นจาก mRNA นี้อย่างไร

1) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของกรดอะมิโน
2) เปลี่ยนชนิดของกรดอะมิโนจาก Ser เป็น Tyr
3) เปลี่ยนชนิดของกรดอะมิโนจาก Arg เป็น Asp
4) เปลี่ยนชนิดของกรดอะมิโนจาก Pro เป็น Thr

4. ข้อใด**ไม่ถูกต้อง**

1) เกลียวคู่ของสายพอลินิวคลีโอไทด์เวียนขวาตามเข็มนาฬิกา
2) เบสคู่สมในสายพอลินิวคลีโอไทด์ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน
3) ถ้าเปรียบโครงสร้างของสายดีเอ็นเอเป็นบันไดเวียน ราวบันไดเกิดจากไนโตรจีนัสเบสจับกับหมู่ฟอสเฟต
4) โครงสร้างของเบสพิวรีน เป็นวงแหวนที่ประกอบด้วยคาร์บอนและไนโตรเจน 2 วง แต่เบสไพริมิดีนมีวงแหวนดังกล่าว 1 วง

5. ข้อใด**สอดคล้อง**กับกฎแห่งการแยก

1) กฎข้อนี้ได้มาจากการศึกษาลักษณะที่ได้จากการผสมพิจารณาสองลักษณะ
2) ยีนที่อยู่เป็นคู่จะแยกออกจากกันในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของการสร้างเซลล์สืบพันธุ์
3) ในการผสมของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเด่นแท้กับลักษณะด้อยแท้จะให้ลูกรุ่น F2 ที่มีลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อยเป็น 3 : 1
4) ยีนที่แยกออกจากยีนที่เป็นคู่กัน จะจัดกลุ่มอย่างอิสระกับยีนอื่นที่แยกออกจากคู่เช่นกัน ในการเข้าไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์

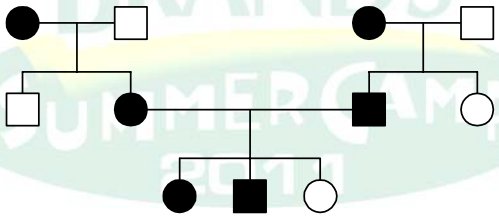
6. ถ้าประชากรในอำเภอหนึ่ง ซึ่งอยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก มีจำนวนทั้งหมด 10,000 คน มีผู้ป่วยเป็นโรคซิสติค ไฟโบรซิส ซึ่งเป็นโรคพันธุกรรมแบบยีนด้อยบนโครโมโซมร่างกาย 4 คน จะมีประชากรประมาณกี่คนที่เป็นพาหะของโรค

1) 49 คน 2) 98 คน 3) 196 คน 4) 392 คน

7. นักวิทยาศาสตร์นำข้าวสองต้นมาผสมกัน โดยต้นเพศเมียมีจีโนไทป์เป็น aa ส่วนต้นเพศผู้มีจีโนไทป์เป็น Aa ผลจากการผสมนี้จะทำให้ได้จีโนไทป์ของเอนโดสเปิร์มแบบใดบ้าง ในอัตราส่วนเท่าใด

1) 1 Aaa : 1 aaa 2) 3 Aaa : 1 aaa 3) 1 AAa : 1 aaa 4) 3 AAa : 1 aaa

8. การถ่ายทอดโรคทางพันธุกรรมชนิดหนึ่งที่ปรากฏในพันธุประวัติของครอบครัวมีลักษณะดังนี้



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมนี้มีแบบแผนอย่างไร

1) การถ่ายทอดยีนที่ไม่เกี่ยวเนื่องกับเพศ และลักษณะที่ผิดปกติเป็นลักษณะด้อย
2) การถ่ายทอดยีนที่ไม่เกี่ยวเนื่องกับเพศ และลักษณะที่ผิดปกติเป็นลักษณะเด่น
3) การถ่ายทอดยีนที่เกี่ยวเนื่องกับ X (X-linked Gene) และลักษณะที่ผิดปกติเป็นลักษณะด้อย
4) การถ่ายทอดยีนที่เกี่ยวเนื่องกับ X (X-linked Gene) และลักษณะที่ผิดปกติเป็นลักษณะเด่น

9. นักวิทยาศาสตร์พบว่า DNA ของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีปริมาณ Cytosine 38% ดังนั้นปริมาณของ Thymine คิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์

1) 12% 2) 24% 3) 31% 4) 38%

10. การศึกษาข้อมูลจากภาพที่เกิดจากการหักเหของรังสีเอกซ์ผ่านผลึก DNA ทำให้วัตสันและคริกได้ทราบคุณสมบัติของ DNA ได้แก่

ก. โมเลกุลมีรูปร่างเป็นเกลียว
ข. ระยะห่างของเกลียวแต่ละรอบ
ค. ลำดับของนิวคลีโอไทด์ในสาย DNA
ง. ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว DNA

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

11. สมมติว่ามีสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งสร้างโปรตีนจากกรดอะมิโนจำนวน 40 ชนิด โดย RNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จำนวน 3 ชนิด ดังนั้นรหัสพันธุกรรม (Codon) ที่สั้นที่สุดจะประกอบด้วยกี่นิวคลีโอไทด์

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

12. จากตารางรหัสพันธุกรรมด้านล่าง

	U		C		A		G		
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
	UUC	Phe	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys	C
	UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	Stop	UGA	Stop	A
	UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	Stop	UGG	Trp	G
C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
	CUC	Leu	CCC	Pro	CAC	His	CGC	Arg	C
	CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg	A
	CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg	G
A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
	AUC	Ile	ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser	C
	AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg	A
	AUG	Met	ACG	Thr	AAG	Lys	AGG	Arg	G
G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
	GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly	C
	GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	A
	GUG	Val	GCG	Ala	GAG	Glu	GGG	Gly	G

ถ้าเกิดมิวเทชันเฉพาะที่ (Point Mutation) ในสายของ DNA ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลำดับกรดอะมิโน

จาก Ile Thr Asn Cys His Asp Tyr Glu His

เป็น Ile Thr Ile Val Met Ile Ile Glu His

ข้อใดเป็นรูปแบบของมิวเทชันที่มีความเป็นไปได้**มากที่สุด**

1) การแทนที่คู่เบส (Substitution) 5 ตำแหน่ง
2) การเพิ่มขึ้นของนิวคลีโอไทด์ (Insertion) 1 ตำแหน่ง
3) การขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์ (Deletion) 1 ตำแหน่ง
4) การเพิ่มขึ้นของนิวคลีโอไทด์ (Insertion) และการขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์ (Deletion) อย่างละ 1 ตำแหน่ง

เฉลย

1. **เฉลย 2)** คนที่มีหมู่เลือด A ไม่สามารถรับเลือดจากคนหมู่เลือด AB ได้ เพราะแอนติเจน B จากหมู่เลือด AB จะจับกับแอนติบอดี B ของหมู่เลือด A

   ตามกฎการให้เลือด "ต้องไม่ให้แอนติเจนของผู้ให้ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ" ดังนั้น สำหรับคนหมู่เลือด AB ซึ่งมีทั้งแอนติเจน A และแอนติเจน B จึงไม่สามารถให้เลือดแก่ใครได้เลย เพราะแอนติเจนจากคนหมู่เลือด AB จะจับกับแอนติบอดีของผู้รับเลือดและทำให้เกิดการตกตะกอนขึ้น

2. **เฉลย 4)** 5′ CTC TGG TAT ACT GGA GTA 3′

   เนื่องจากสาย mRNA ที่ได้คือ 5′ UAC UCC AGU AUA CCA GAG3′ ดังนั้น สาย DNA ต้นแบบที่ใช้ในการสังเคราะห์ต้องมีลำดับนิวคลีโอไทด์ที่คู่สมกัน คือ ATG AGG TCA TAT GGT CTC แต่เนื่องจากทิศทางในการสังเคราะห์สาย mRNA และทิศทางของ DNA ต้นแบบนั้นต้องมีทิศทางที่ตรงข้ามกัน ดังนั้น ลำดับที่ถูกต้องของสาย DNA ต้นแบบจึงเป็น 5′ CTC TGG TAT ACT GGA GTA 3′

3. **เฉลย 2)** เปลี่ยนชนิดของกรดอะมิโนจาก Ser เป็น Tyr

   จากโจทย์เมื่อเกิดมิวเทชันที่ทำให้เบสลำดับที่ 5 ของ mRNA ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์เป็น 5′ AUGUCCGUA 3′ เปลี่ยนจาก C เป็น A จะส่งผลถึงชนิดของกรดอะมิโนในลำดับที่ 2 ของสายพอลิเพปไทด์ที่ถูกสร้างขึ้นจาก mRNA เปลี่ยนไปจาก Ser เป็น Tyr เพราะ Codon ที่ได้เปลี่ยนไปจาก UCC เป็น UAG ซึ่งกำหนดเป็นกดรอะมิโนไทโรซีน

4. **เฉลย 3)** ถ้าเปรียบโครงสร้างของสายดีเอ็นเอเป็นบันไดเวียน ราวบันไดเกิดจากไนโตรจีนัสเบสจับกับหมู่ฟอสเฟต

   ถ้าเปรียบโครงสร้างของสายดีเอ็นเอเป็นบันไดเวียน ราวบันไดเกิดจากน้ำตาลดีออกซีไรโบสเกาะกับหมู่ฟอสเฟต ส่วนไนโตรจีนัสเบสจะยื่นออกมาคล้ายขั้นบันได

5. **เฉลย 3)** ในการผสมของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเด่นแท้กับลักษณะด้อยแท้จะให้ลูกรุ่น F2 ที่มีลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อยเป็น 3 : 1

   ในการผสมของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเด่นแท้กับลักษณะด้อยแท้จะให้ลูกรุ่น F2 จะมีลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อยเป็น 3 : 1 สอดคล้องกับกฎแห่งการแยก (Law of Segregation) ซึ่งกล่าวว่า สิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะมีสิ่งที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมอยู่เป็นคู่ๆ แต่ละคู่จะแยกออกจากกันเมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และเมื่อเซลล์สืบพันธุ์ผสมกันสิ่งที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมนี้จะกลับมาเข้าคู่กันอีกครั้ง

6. **เฉลย 4)** 392 คน

   เนื่องจากประชากรอยู่ในสมดุล ความถี่ของบุคคลที่เป็นโรคเท่ากัน 4/10000 = 0.0004 ซึ่งจะเท่ากับค่า q^2 ของสมการ $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ ดังนั้น $q^2 = 0.0004$ จึงได้ $q = 0.02$

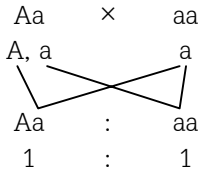
   ซึ่งก็จะได้ความถี่ของยีน(A) = 0.98 เพราะความถี่ของ A และ a ต้องรวมกันเท่ากับ 1

   ดังนั้น คนที่เป็นพาหะ จะเท่ากับ $2pq = 2 \times 0.98 \times 0.02 \times 10000 = 392$ คน

7. เฉลย 1) 1 Aaa : 1 aaa

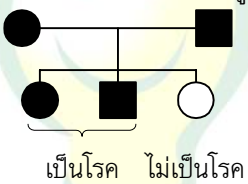
ต้นเพศเมียมีจีโนไทป์ aa เมื่อแบ่งเซลล์สืบพันธุ์แบบไมโอซิสจะได้ 8 นิวเคลียส แต่ละนิวเคลียสมีโครโมโซมครึ่งหนึ่ง คือ a ต้นเพศผู้มีจีโนไทป์ Aa ได้เซลล์สืบพันธุ์ 2 ชนิด A และ a

การเกิดเอนโดสเปิร์มเกิดจากการปฏิสนธิระหว่างโพลาร์นิวคลีไอ 2 นิวเคลียส (a, a) รวมกับสเปิร์ม 2 ชนิด (A, a) จะได้จีโนไทป์ 2 แบบ คือ Aaa และ aaa ในอัตราส่วน 1 : 1 เพราะเป็นการผสมระหว่างจีโนไทป์ที่เป็นเฮเทอโรไซกัส (Aa) และฮอโมโลกัสรีเซสสีพ (aa)



8. เฉลย 2) การถ่ายทอดยีนที่ไม่เกี่ยวเนื่องกับเพศ และลักษณะที่ผิดปกติเป็นลักษณะเด่น

จากพันธุประวัติของครอบครัวพบว่ามีทั้งผู้หญิงและผู้ชายเป็นโรค ดังนั้นการถ่ายทอดจะไม่เกี่ยวกับเพศและเป็นลักษณะเด่น เนื่องจากมีการแต่งงานกันระหว่างหญิงชายที่เป็นโรคทั้งคู่จะพบว่ามีลักษณะที่ไม่เป็นโรคด้วย แสดงว่าลักษณะไม่เป็นโรคเป็นลักษณะด้อยแฝงอยู่



9. เฉลย 1) 12%

ปริมาณ Cytosine = Guanine = 38%

∴ มีปริมาณ Adenine = Thymine = 12%

10. เฉลย 1) ก. และ ข.

เอ็ม เอช เอฟ วิลคินส์ (M.H.F. Wilkins) และโรซาลินด์ แฟรงคลิน (Rosalind Franklin) ได้ใช้เทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-Ray Diffraction) ผ่านผลึก DNA ทำให้เกิดภาพบนแผ่นฟิล์ม แปลผลได้ว่าโครงสร้างของ DNA ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ มีลักษณะที่คล้ายกันมาก คือ ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์มากกว่า 1 สาย มีลักษณะเป็นเกลียว เกลียวแต่ละรอบมีระยะห่างเท่าๆ กัน

11. เฉลย 3) 4

รหัสพันธุกรรม (Genetic Codon) ในสาย mRNA จะประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ทั้ง 3 ชนิด และต้องครอบคลุมชนิดของกรดอะมิโนทั้ง 40 ชนิด ดังนั้นรหัสพันธุกรรมควรเป็น 3^4 = 81 ชนิด จึงจะเพียงพอกับชนิดของกรดอะมิโน ถ้าเป็น 3^3 = 2y จะมีไม่พอชนิดของกรดอะมิโน

12. เฉลย 4) มีการเพิ่มขึ้นของนิวคลีโอไทด์ (Insertion) และการขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์ (Deletion) อย่างละ 1 ตำแหน่ง

จาก	Ile	Thr	Asn	Cys	His	Asp	Tyr	Glu	His
ลำดับเบส	–	–	AAU	UGU	CAU	GAU	UAU	–	–
เปลี่ยนแปลง			↓ หายไป				↑ เพิ่มขึ้นมา		
กลายเป็น	–	–	AUU	GUC	AUG	AUU	AUU	–	–
	Ile	Thr	Ile	Val	Met	Ile	Ile	–	–

นิเวศวิทยา

นิเวศวิทยา (Ecology) คือ วิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

ประชากร (Population) คือ สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่อยู่ร่วมกัน ณ สถานที่หนึ่ง เช่น ประชากรมนุษย์ในโลก

กลุ่มสิ่งมีชีวิต (Community)

กลุ่มสิ่งมีชีวิต หมายถึง สิ่งมีชีวิตหลายๆ ชนิดอยู่รวมกัน (Complex Species) เช่น จอก แหน ผักตบชวา บัว กระจับ ปลา ปู กบ กุ้ง หอย อยู่รวมกัน ถ้าสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันอยู่รวมกัน เราเรียกว่า ประชากร

ระบบนิเวศ (Ecosystem)

ระบบนิเวศ คือ หน่วยของความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต และสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นกับสภาพแวดล้อมของแหล่งที่อยู่ ความสัมพันธ์เหล่านั้นทำให้เกิด **การถ่ายทอดพลังงานและวัฏจักรของสาร** ซึ่งเป็นหัวใจของระบบนิเวศ

ตัวอย่างระบบนิเวศ

- บนขอนไม้ผุ มีมด ปลวก ด้วง หญ้า เห็ด รา เจริญอยู่มากมาย
- ในแอ่งน้ำรอยเท้าสัตว์ มีลูกน้ำ ไรน้ำ สาหร่าย แบคทีเรีย อาศัยอยู่
- หนองน้ำ มีจอก แหน ผักตบชวา กบ ปลา หอย กุ้ง อาศัยอยู่รวมกัน

สรุป

ระบบนิเวศ (Ecosystem) = กลุ่มสิ่งมีชีวิต (Community) + ถิ่นที่อยู่ (Habitat)

ระบบนิเวศตามธรรมชาติ

1. **ระบบนิเวศบนบก (Terrestrial Ecosystem)**

เป็นระบบนิเวศที่ปรากฏอยู่บนพื้นดินตามภูมิภาคต่างๆ ที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป การจำแนกประเภทใช้**ลักษณะเด่นของพืช**เป็นเกณฑ์ และขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ **อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน** ทำให้พืชพันธุ์ต่างๆ ในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน

2. **ระบบนิเวศในน้ำ (Aquatic Ecosystem)** แบ่งเป็น

2.1 ระบบนิเวศน้ำจืด (Fresh water ecosystem)

2.2 ระบบนิเวศน้ำกร่อย (Estuarine ecosystem) เป็นระบบนิเวศที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อระหว่างน้ำเค็มกับน้ำจืด มักเป็นบริเวณปากแม่น้ำต่างๆ จะมีตะกอนมาก

2.3 ระบบนิเวศน้ำเค็ม (Marine ecosystem) ระบบนิเวศน้ำเค็มนิยมแบ่งตามความลึกของน้ำ เช่น ระบบนิเวศชายฝั่ง (Coastal ecosystem) เป็นบริเวณที่ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง สิ่งมีชีวิตต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำได้ และระบบนิเวศทะเลลึกเป็นบริเวณที่แสงแดดส่องไปไม่ถึง จึงขาดแคลนผู้ผลิตของระบบ สัตว์น้ำต่างๆ จึงมีจำนวนน้อย และใช้ชีวิตรอซากของสิ่งมีชีวิตอื่นที่ตายจากด้านบน

องค์ประกอบที่มีชีวิต (Biotic component)

เราสามารถแยกประเภทของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศตามแหล่งของอาหารได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. Autotroph (Producer) สิ่งมีชีวิตประเภทนี้เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้

2. Heterotroph สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในประเภทนี้ ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ต้องบริโภคสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานในการดำรงชีวิต แบ่งได้เป็น 2 ประเภทย่อย คือ

1. **Consumer** (ผู้บริโภค) ได้แก่ สัตว์ต่างๆ แยกได้ตามอาหารที่กิน แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

   Herbivore ผู้บริโภคพืช เช่น ช้าง ม้า วัว ฯลฯ

   Carnivor ผู้บริโภคสัตว์ เช่น เสือ สุนัข สิงโต แมว ฯลฯ

   Omnivore ผู้บริโภคทั้งสัตว์และพืช เช่น คน ไก่ นก ฯลฯ

   Detretivore ผู้บริโภคซาก เช่น นกแร้ง กิ้งกือ ไส้เดือน ฯลฯ

2. **Decomposer** (ผู้ย่อยอินทรีย์สาร) ได้แก่ แบคทีเรีย เห็ด รา ยีสต์ ซึ่งจะย่อยซากสัตว์กลับไปเป็นอินทรีย์สาร และหมุนเวียนกลับไปสู่สิ่งแวดล้อม

ความสัมพันธุ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิต

สภาพแวดล้อมทางกายภาพ

1. แสงสว่าง พืชนำพลังงานจากแสงมาใช้ในการสร้างอาหาร โดยการสังเคราะห์แสง

2. อุณหภูมิ มีผลต่อกระบวนการคายน้ำ การงอกของเมล็ด ตลอดจนปริมาณผลผลิตที่ได้จากพืช เมื่อไม่มีพืช สัตว์ที่กินพืชเป็นอาหารก็ไม่สามารถอยู่ได้ไปด้วย พวกสัตว์เลือดเย็น เช่น งู หรือกิ้งก่า ไม่อาจอยู่ได้ในที่ที่มีอากาศหนาวหรือร้อนเกินไป เนื่องจากไม่อาจควบคุมอุณหภูมิร่างกายให้เหมาะสมได้

3. อากาศ สิ่งมีชีวิตต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจ พืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง และคายก๊าซออกซิเจนออกมา และในขณะเดียวกันพืชก็ต้องหายใจโดยใช้ออกซิเจนด้วยเช่นกัน

4. ดินและแร่ธาตุในดิน ดินเป็นที่ยึดเหนี่ยวของรากพืช พืชจะดูดเอาน้ำและแร่ธาตุจากในดินไปใช้ในการสร้างอาหาร

5. น้ำ น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญมากสำหรับสิ่งมีชีวิต ไม่มีน้ำสิ่งมีชีวิตก็ไม่อาจดำรงชีวิตอยู่ได้

การปรับตัวของสิ่งมีชีวิตให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากสภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา สิ่งมีชีวิตจึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มันอยู่เพื่อการอยู่รอด

การปรับตัว (Adaptation) หมายถึง กระบวนการที่สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะหรือพฤติกรรมให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการอยู่รอดและสืบพันธุ์

การปรับตัวสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบชั่วคราวและแบบถาวร

1. การปรับตัวแบบชั่วคราว เช่น ต้นไม้ที่อยู่บริเวณชายคาก็จะเลี้ยวเบนออกไปให้พ้นชายคาเพื่อหาแสง จิ้งจกเปลี่ยนสีเพื่อพรางตัว การจำศีลของหมี หรือสัตว์เลื้อยคลานต่างๆ ในฤดูหนาว การที่ปลามีปอดบางชนิดจำศีลอยู่ใต้โคลนในหน้าแล้งเพื่อรอหน้าฝนอีกครั้ง

2. การปรับตัวแบบถาวร เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงในระดับยีน ถูกถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษ เช่น การที่ยีราฟตัวสูง เป็นต้น

การปรับตัวแบบถาวรในพืช เช่น

- กระบองเพชรเปลี่ยนใบเป็นหนาม เพื่อลดอัตราการคายน้ำ ลำต้นป้อมเก็บสะสมน้ำ
- ผักกระเฉด มีนวมสีขาวหุ้มลำต้น เพื่อให้ต้นของมันลอยน้ำได้
- ผักตบชวา มีลำต้นเป็นทุ่น ทำให้มันลอยน้ำได้

การปรับตัวแบบถาวรในสัตว์

1. **การปรับตัวด้านสรีระ (Physiological adaptation)** หน้าที่การทำงานของอวัยวะต่างๆ เช่น
   - นกทะเลมีต่อมขับเกลือ (Nasal gland) สำหรับขับเกลือออกนอกร่างกาย
   - สัตว์เลือดอุ่นมีต่อมเหงื่อสำหรับขับเหงื่อระบายความร้อน
   - ผีเสื้อพัฒนาปากที่เหมาะกับการดูดน้ำหวาน
2. **การปรับตัวทางสัณฐาน (Morphological adaptation)** เป็นการปรับเปลี่ยนลักษณะรูปร่างและอวัยวะภายนอกของสิ่งมีชีวิต เช่น
   - ต้นโกงกางที่อยู่ตามป่าชายเลนมีรากค้ำจุนไม่ให้ล้มง่าย
   - ผักกระเฉดมีทุ่นเพื่อการลอยตัว
3. **การปรับตัวทางด้านพฤติกรรม (Behavior adaptation)**
   - การพันหลักของตำลึง
   - การออกหากินกลางคืนของสัตว์ทะเลทราย
   - การจำศีล

ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

\+ คือการได้ผลประโยชน์
\- คือการเสียผลประโยชน์
0 คือการไม่ได้ไม่เสีย ไม่มีผลใดๆ

ภาวะปรสิต Parasitism (+/-)

ปรสิตนั้นอาจอาศัยอยู่ในผู้ถูกอาศัย (Host) อยู่ 2 ลักษณะ คือ

1. **ปรสิตภายนอก (Ectoparasite)** ได้แก่ กาฝาก ฝอยทอง เหา หมัด โลน
2. **ปรสิตภายใน (Endoparasite)** ได้แก่ แบคทีเรีย ไวรัส พยาธิต่างๆ

ภาวะการล่าเหยื่อ Predation (+/-) ถ้าแยกกันอยู่จะกลายเป็น (-/+)

การล่าเหยื่อ เป็นกลไกก่อให้เกิดสมดุลทางธรรมชาติ

หมายเหตุ - เหยื่ออาจกลายเป็นผู้ล่าได้ ผู้ล่าอาจกลายเป็นเหยื่อได้
- พืชที่จับแมลงเป็นอาหาร จัดว่าเป็นการล่าเหยื่อเช่นกัน

ภาวะอิงกันหรือภาวะเกื้อกูล Commensalism +/0 ถ้าแยกกันจะกลายเป็น –/0

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต 2 ฝ่าย ฝ่ายหนึ่งได้รับผลประโยชน์ ส่วนอีกฝ่ายไม่ได้ไม่เสียประโยชน์ เช่น

- กล้วยไม้ ชายผ้าสีดากับต้นไม้ใหญ่
- เหาฉลามกับปลาฉลามหรือปลาวาฬ
- แบคทีเรียบนผิวหนังคน
- ลูกกุ้ง ลูกปู ลูกปลากับฟองน้ำ

ภาวะได้ประโยชน์ร่วมกัน Protocooperation +/+ หากแยกกันจะกลายเป็น 0/0

ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ฝ่ายโดยต่างฝ่ายต่างได้ประโยชน์จากการอยู่ร่วมกัน +/+ โดยสามารถแยกกันได้ ไม่เกิดผลเสียใดๆ ไม่จำเป็นต้องอยู่ด้วยกันตลอด เช่น ดอกไม้–แมลง และปูเสฉวน–ดอกไม้ทะเล

ภาวะที่ต้องพึ่งพากัน Mutualism +/+ หากแยกกันจะกลายเป็น –/–

ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตทั้งสองฝ่าย โดยทั้งสองฝ่ายต่างได้ประโยชน์ร่วมกัน แต่แยกกันแล้วจะเกิดผลเสีย เป็นสถานะการที่ผูกมัด เช่น โปรโตซัว–ลำไส้ปลวก และรา mycorrhiza–รากพืชตระกูลสนและกล้วยไม้

ภาวะการย่อยสลาย Saprophytes

การดำรงชีวิตของผู้ย่อยสลาย Decomposer บนซากสิ่งมีชีวิต โดยการหลั่งน้ำย่อยออกมานอกร่างกาย โดยสารที่ได้จากการย่อยสลายเหล่านี้ส่วนหนึ่งจะถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ ส่วนที่เหลือจะอยู่ในวัฏจักรในระบบนิเวศต่อไป

ภาวะการยับยั้งการเจริญ Antibiosis –/0

การดำรงชีพโดยฝ่ายหนึ่งจะหลั่งสารเคมีออกมาไปมีผลยับยั้งการเจริญของอีกฝ่ายหนึ่ง –/0 เช่น ราสีเขียวทำให้แบคทีเรียไม่เจริญ

ภาวะการแข่งขัน –/–

การแข่งขันโดยทั้งสองฝ่ายต้องการปัจจัยเดียวกัน แต่ปัจจัยนั้นมีจำกัดจึงต้องแข่งขันเพื่อให้ได้ปัจจัยที่ต้องการ จึงเป็น –/– เช่น จอกแหนในแหล่งน้ำ บัวกับผักตบชวา ต้นถั่วที่ปลูกมากๆ ในกระถางเล็กๆ

ภาวะเป็นกลาง Neutralism 0/0

การดำรงชีวิตโดยไม่มีผลใดๆ ต่อกันระหว่างสิ่งมีชีวิต 2 ชนิด

รูปแบบการบริโภคของสิ่งมีชีวิต

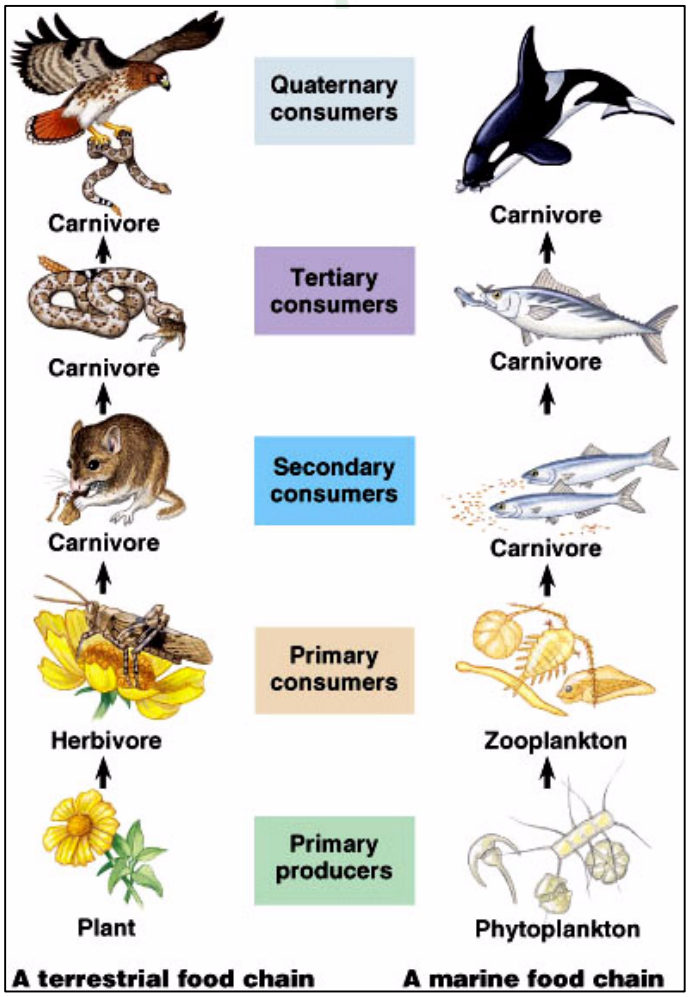
การกินกันเป็นทอดๆ มี 2 ลักษณะ คือ ห่วงโซ่อาหาร และข่ายใยอาหาร

โซ่อาหาร (Food chain) เป็นการเคลื่อนย้ายพลังงาน และธาตุอาหารในระบบนิเวศ ผ่านผู้ผลิต ผู้บริโภคในระดับต่างๆ โดยการกินกันเป็นทอดๆ ในลักษณะเป็นเส้นตรง กล่าวคือ สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งกินสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นเพียงชนิดเดียวเท่านั้น ห่วงโซ่อาหารแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. **ห่วงโซ่อาหารแบบจับกิน (Grazing Food chain)** เป็นห่วงโซ่อาหารที่เริ่มต้นที่พืช เช่น

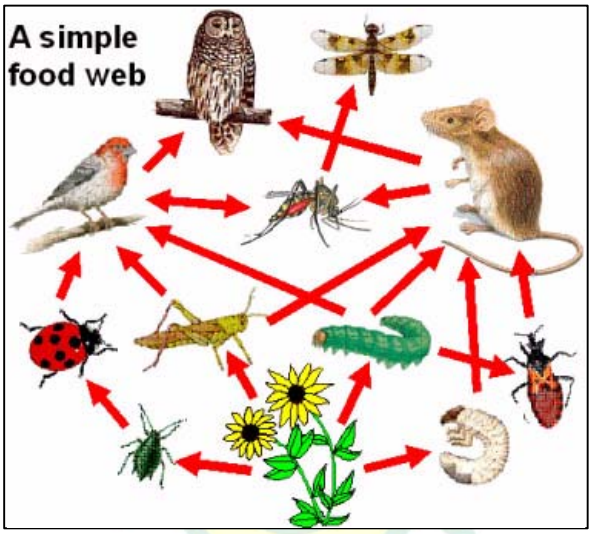
พืชผัก → แมลงกินพืช → กบ → งู → เหยี่ยว

การเขียนห่วงโซ่อาหารนั้นจะหันหัวลูกศรไปทางผู้บริโภคเสมอ เราเรียกผู้บริโภคที่กินผู้ผลิตเป็นอาหารว่า Primary consumer และเรียกผู้บริโภค Primary consumer ว่า Secondary consumer และเราเรียกผู้บริโภค Secondary consumer ว่า Tertiary consumer และเรียกผู้บริโภค Tertiary consumer ว่า Quarternary consumer ตามลำดับ



2. ห่วงโซ่อาหารแบบกินเศษอินทรีย์ (Detritus food chain) เป็นห่วงโซ่อาหารที่เริ่มจากซากของสิ่งมีชีวิตถูกย่อยสลายด้วยผู้ย่อยสลาย

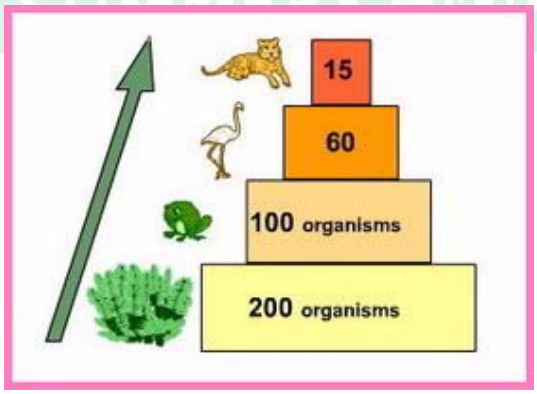
สายใยอาหาร (Food web)



เนื่องจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งอาจกินอาหารหลายชนิด และเหยื่อชนิดเดียวกันก็อาจถูกสิ่งมีชีวิตหลายชนิดกิน ลักษณะดังกล่าวได้เกิดความซับซ้อนกันในระบบของโซ่อาหารซึ่งเรียกว่า **สายใยอาหาร** (Food web) ซึ่งยิ่งสายใยอาหารมีความสลับซับซ้อนมากเพียงใด ก็ได้แสดงให้เห็นถึงระบบนิเวศที่มีระบบความสมดุลสูง อันเนื่องมาจากมีความหลากหลายของชีวิตในระบบ

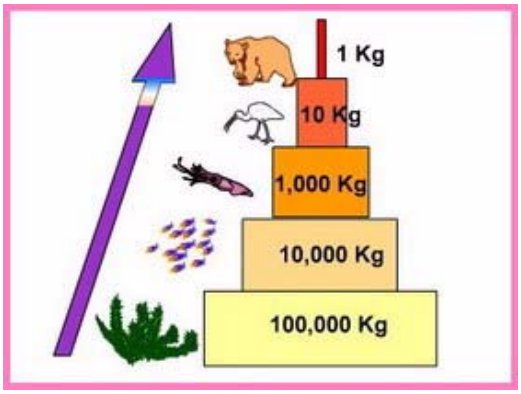
การถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหาร อาจแสดงในลักษณะของสามเหลี่ยมพีระมิดของสิ่งมีชีวิต (Ecological pyramid) แบ่งได้ 3 ประเภทตามหน่วยที่ใช้วัดปริมาณของลำดับขั้นในการกิน

1. พีระมิดจำนวนของสิ่งมีชีวิต (Pyramid of Number) ใช้สัดส่วนของผู้ผลิตและผู้บริโภคระดับต่างๆ แสดงจำนวนสิ่งมีชีวิตเป็นหน่วยตัวต่อพื้นที่



พีระมิดจำนวนของสิ่งมีชีวิต

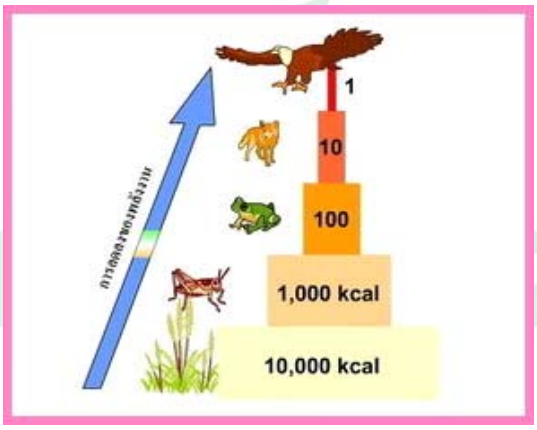
2. พีระมิดมวลของสิ่งมีชีวิต (Pyramid of mass) แสดงปริมาณของสิ่งมีชีวิตในแต่ละลำดับขั้นของการกินโดยใช้มวลรวมของน้ำหนักแห้ง (Dry weight) ของสิ่งมีชีวิตต่อพื้นที่



พีระมิดมวลของสิ่งมีชีวิต

3. พีระมิดพลังงาน (Pyramid of energy) เป็นพีระมิดที่สร้างขึ้นเพื่อแสดงปริมาณพลังงานของแต่ละลำดับขั้นของการกินซึ่งจะมีค่าลดลงตามลำดับขั้นของการโภค **พีระมิดพลังงานจะเป็นพีระมิดฐานกว้างเสมอ**

การถ่ายทอดพลังงานไปยังผู้บริโภคลำดับถัดไป พลังงานจะถูกถ่ายทอดไปเพียง 10% เท่านั้น 90% ที่เหลือถูกใช้ไปในกระบวนการการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด และบางส่วนเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนถ่ายเทเข้าสู่สิ่งแวดล้อม และพลังงานบางส่วนนำไปเก็บไว้ในส่วนที่บริโภคไม่ได้ เช่น เปลือก กระดูก ขน เล็บ



พีระมิดพลังงาน

ความสมดุลของระบบนิเวศ

ระบบนิเวศที่อยู่ในภาวะสมดุล หมายถึง สภาพสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันอย่างพอเหมาะ จำนวนสิ่งมีชีวิตต่างๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย โดยธรรมชาติระบบนิเวศต่างๆ มักไม่อยู่ในภาวะสมดุล เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

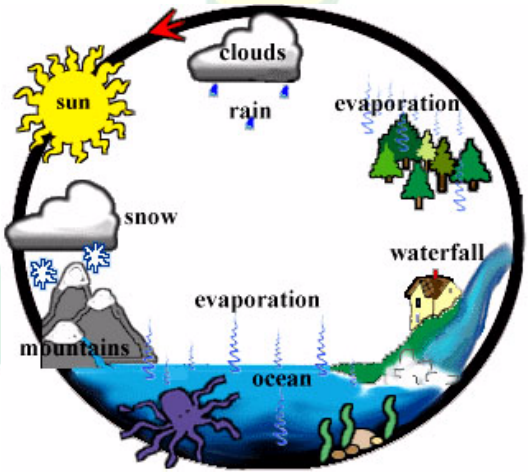
1. แบบค่อยเป็นค่อยไป เป็นการเปลี่ยนแปลงช้าๆ ตามธรรมชาติ ต้องใช้เวลานานจึงจะเห็นความเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน เช่น ที่ดินร้างเมื่อเวลาผ่านไปจะกลายเป็นทุ่งหญ้า มีไม้พุ่ม และไม้ยืนต้นค่อยๆ เจริญขึ้นกลายเป็นป่าไปในที่สุด

2. แบบกะทันหัน เป็นการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อมอย่างมาก อาจทำให้เกิดการเสียสมดุลได้ เช่น ไฟไหม้ป่า น้ำท่วม แผ่นดินไหว ฯลฯ

บริเวณทุ่งหิมะและขั้วโลกเป็นระบบนิเวศที่ง่ายและธรรมดาไม่ซับซ้อน เพราะมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ไม่กี่ชนิด ในบริเวณหิมะนี้ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนของสิ่งมีชีวิตในระดับหนึ่งจะมีผลรุนแรงต่อสิ่งมีชีวิตในระดับอื่นๆ ด้วย ดังนั้นระบบนิเวศที่ไม่ซับซ้อนจึงเสียดุลได้ง่ายมาก เหมือนกับการปลูกพืชชนิดเดียว (Mono cropping) เช่น การเกษตรสมัยปัจจุบันเวลาเกิดโรคระบาดจะทำให้เสียหายอย่างมากและรวดเร็ว

การหมุนเวียนของสารในระบบนิเวศ

วัฏจักรของน้ำ

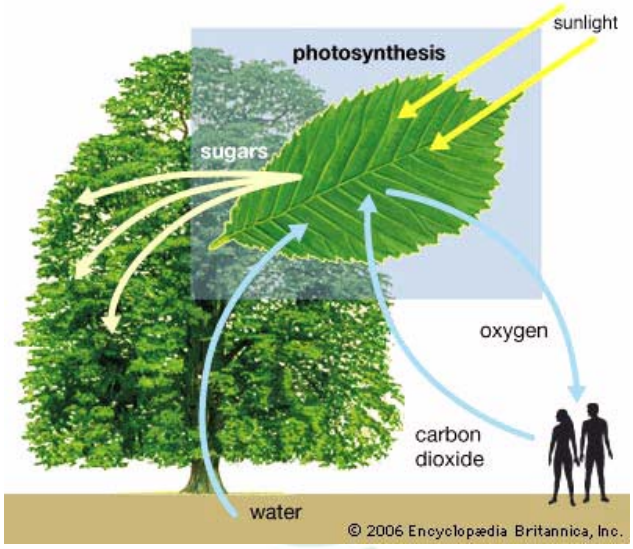


การหมุนเวียนของน้ำมี 2 รูปแบบ คือ หมุนโดยไม่ผ่านสิ่งมีชีวิตกับหมุนเวียนโดยผ่านสิ่งมีชีวิต การหมุนเวียนโดยไม่ผ่านสิ่งมีชีวิตจะเริ่มจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ เกิดการระเหยเป็นไอน้ำลอยตัวขึ้นสู่บรรยากาศและจับตัวกันเป็นก้อนเมฆ เมื่อเมฆกระทบความเย็นเบื้องบนก็จะควบแน่นกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกลงมาเป็นฝน คืนสู่สิ่งแวดล้อมต่อไป ส่วนการหมุนเวียนผ่านสิ่งมีชีวิตนั้นเกิดจากสิ่งมีชีวิตขับถ่ายน้ำออกจากร่างกาย รวมถึงการขับน้ำผ่านการหายใจในรูปแบบของไอน้ำ เช่น การหายใจของสัตว์และการคายน้ำของพืช

วัฏจักรคาร์บอน

พืชนำคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมาสังเคราะห์แสงกลายเป็นสารโมเลกุลใหญ่ สัตว์บริโภคพืชเข้าไปก็จะได้รับสารประกอบเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์และสร้างส่วนต่างๆ ของร่างกาย สัตว์หายใจเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาใหม่ ให้พืชใช้ในการสังเคราะห์แสงได้อีกครั้ง เมื่อพืชและสัตว์ตายลงก็จะถูกผู้ย่อยสลาย ได้คาร์บอนไดออกไซด์อิสระออกมาเช่นกัน

วัฏจักรออกซิเจน



สัตว์หายใจเข้าโดยใช้ออกซิเจนในอากาศ หายใจออกมาเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งพืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสารอาหารและได้ก๊าซออกซิเจนเป็นผลิตภัณฑ์

วัฏจักรไนโตรเจน

แบคทีเรียที่เรียกว่า **Nitrogen fixing bacteria** เช่น ไรโซเบียมในปมรากพืชตระกูลถั่ว/แอนนาบีนา ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดหนึ่งที่อาศัยอยู่ในแหนแดงและเชื้อราไมโครไรซาในรากสน จะตรึงไนโตรเจนที่อยู่ในอากาศมาเป็นไนเตรตในดิน ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ได้ แต่ไนเตรตนี้ก็อาจถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สไนโตรเจนได้โดย **Denitrifying bacteria** นอกจากนี้พืชและสัตว์จะขับเอาไนโตรเจนออกมาทางปัสสาวะ ซึ่งมักจะอยู่ในรูปของกรดยูริกทำให้ไนโตรเจนกลับคืนสู่ธรรมชาติ อีกทั้งเมื่อสัตว์และพืชตายผู้ย่อยสลายจะย่อยซากสัตว์และพืชเหล่านั้นเกิดเป็นสารประกอบแอมโมเนียม และจะถูกเปลี่ยนเป็นสารไนเตรตในดินจากการกระทำของ **Nitrifying bacteria**

วัฏจักรฟอสฟอรัส

พืชใช้ฟอสฟอรัสในรูปของสารประกอบฟอสเฟต เมื่อสัตว์กินพืช ฟอสฟอรัสเหล่านั้นจะถูกถ่ายทอดผ่านกระบวนการการกินอาหารเข้าสู่ร่างกายสัตว์ สัตว์จะนำฟอสฟอรัสไปใช้สร้างกระดูกและฟัน เมื่อสัตว์ตายลงฟอสฟอรัสจะทับถมลงสู่ดิน บางส่วนจะถูกดูดกลับคืนมาใช้ใหม่โดยพืชได้ วัฏจักรฟอสฟอรัส**ไม่มี**การหมุนเวียนในอากาศ มีเพียงหมุนเวียนในดินและน้ำเท่านั้น

วัฏจักรซัลเฟอร์

ซัลเฟอร์หรือกำมะถัน จะอยู่ในสภาพของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และซัลเฟต SO_4^{2-} สารประกอบอินทรีย์ในพืชและสัตว์จะถูกย่อยเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยแบคทีเรีย และถูกเปลี่ยนต่อไปเรื่อยๆ จนเป็นซัลเฟต ซึ่งพืชนำกลับไปใช้ได้ กำมะถันในซากของพืชและสัตว์บางส่วนจะถูกตรึงและสะสมไว้ในถ่านหิน และน้ำมันปิโตรเลียม เมื่อมีการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะได้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เมื่อก๊าซนี้อยู่ในบรรยากาศจะรวมตัวกับละอองน้ำตกลงมาเป็น**ฝนกรด** ซึ่งเป็นกรดกำมะถันหรือกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ซึ่งจะกัดและทำให้สิ่งก่อสร้างต่างๆ สึกกร่อนและเป็นอันตรายต่อการหายใจต่อคน

การเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร มี 2 แบบ คือ

1. การเกิดแทนที่ชั้นบุกเบิก Primary succession การเกิดแทนที่จะเริ่มขึ้นในพื้นที่ที่ไม่เคยมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ก่อน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 การเกิดแทนที่บนพื้นที่ว่างเปล่าบนบก

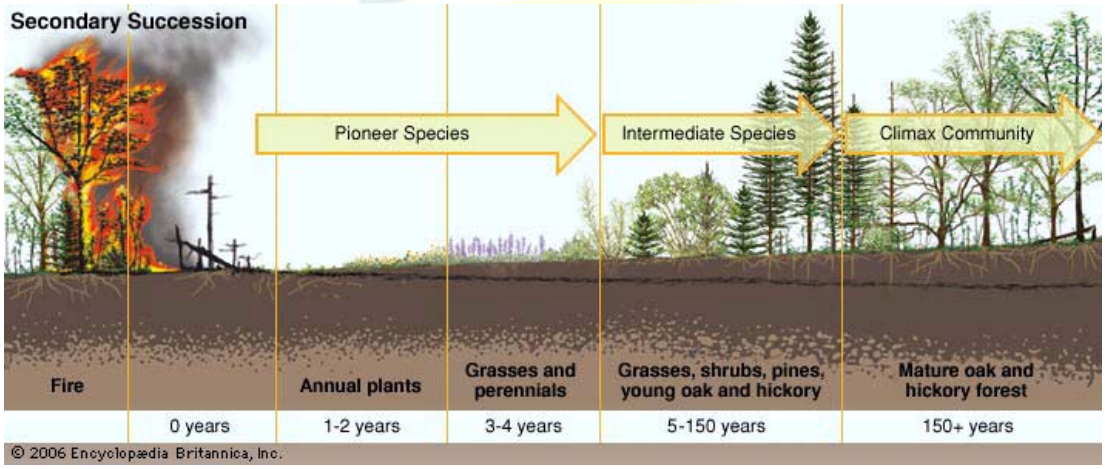
เริ่มจากไลเคนบนก้อนหิน ต่อมาหินเริ่มสึกกร่อน ทำให้เกิดอนุภาคเล็กๆ ของดินและทราย จากนั้นก็จะเกิดพืชจำพวกมอส ต่อมาเป็นพืชพวกหญ้า และพืชล้มลุก ต่อมาเกิดไม้พุ่มและต้นไม้เข้ามาแทนที่ และพัฒนาเป็นชั้นชุมชนสมบูรณ์ (Climax stage) เป็นไม้ใหญ่และมีสภาพเป็นป่าที่อุดมสมบูรณ์นั่นเอง

1.2 การแทนที่ในแหล่งน้ำ เช่น ในบ่อน้ำ ทะเลทราย หนอง บึง

เริ่มต้นจากบริเวณก้นสระมีแต่พื้นทราย มีสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ที่ล่องลอยอยู่ในน้ำ เช่น แพลงก์ตอน สาหร่ายเซลล์เดียว ต่อมาเกิดพืชใต้น้ำพวกสาหร่าย และสัตว์เล็กๆ ต่อมาจะเกิดพืชมีใบโผล่พ้นน้ำ เช่น กก พง อ้อ เตยน้ำ แล้วจากนั้นก็จะเกิดมีสัตว์จำพวก หอยโข่ง กบ เขียด กุ้ง หนอน ไส้เดือน และวิวัฒนาการเป็นขั้นชุมชนสมบูรณ์แบบสระน้ำนั้นจะตื้นเขินจนกลายสภาพเป็นพื้นดินในที่สุด

2. การแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในขั้นทดแทน (Secondary succession)

เป็นการเกิดแทนที่ของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในพื้นที่เดิมที่ถูกเปลี่ยนแปลงไป เช่น บริเวณพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกโค่นถางปรับเป็นพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่ป่าไม้ที่เกิดไฟป่า



มนุษย์กับสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ทรัพยากรธรรมชาติที่รื้อฟื้นได้ (Renewable nature resources) เช่น

1.1 บรรยากาศ ประกอบไปด้วยอากาศซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตบนโลก

1.2 น้ำ อยู่ในวัฏจักรน้ำที่หมุนเวียนเปลี่ยนไปโดยไม่มีที่สิ้นสุด

2. ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป (Unrenewable nature resources) เช่น

2.1 แร่ธาตุ มีทั้งที่เป็นโลหะและอโลหะ เช่น เหล็ก ทองแดง ถ่านหิน ปิโตรเลียมพวกนี้เป็นทรัพยากรที่ไม่สามารถงอกเงยได้ใช้ประโยชน์แล้วก็หมดสิ้นไป

2.2 ป่าไม้ ที่ดินในสภาพธรรมชาติ ได้แก่ ที่ดินที่เป็นป่าเขาห่างไกลชุมชน ถูกทำลายแล้วจะไม่สามารถสร้างขึ้นมาแทนใหม่ได้ เพราะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวตามธรรมชาติ เช่น น้ำตก หน้าผา

การใช้ทรัพยากร ปัญหาการใช้ทรัพยากร และการอนุรักษ์ทรัพยากร

การอนุรักษ์ดิน หมายถึง การใช้ดินอย่างระมัดระวัง เพื่อป้องกันการสึกกร่อน พังทลายและสามารถใช้ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและนานที่สุด ได้แก่

1. การปลูกพืชหมุนเวียน ในเขตที่มีการชลประทานดี
2. การปลูกพืชเป็นขั้นบันได บริเวณเชิงเขาที่มีพื้นที่ลาดชันน้อย
3. การปลูกป่าบริเวณลาดชันมากไม่เหมาะต่อการกสิกรรม

ทรัพยากรป่าไม้

ประเภทของป่าไม้ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. ป่าไม่ผลัดใบ ประกอบด้วยพันธุ์ไม้ที่มีใบสีเขียวตลอดเวลา แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1.1 ป่าดิบเมืองร้อน (Tropical evergreen forest) เป็นป่าที่อยู่ในเขตลมมรสุมพัดผ่านเกือบตลอดปี มีปริมาณน้ำฝนมาก แบ่งออกเป็น

- **ป่าดงดิบชื้น (Tropical rain forest)** ป่าดงดิบชื้นในประเทศไทยมีการกระจายส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศ
- **ป่าดงดิบแล้ง (Dry evergreen forest)** ป่าดงดิบแล้งของเมืองไทยพบกระจายตั้งแต่ตอนบนทางเหนือ ทางทิศตะวันตก
- **ป่าดงดิบเขา (Hill evergreen forest)** พบได้ในทุกภาคของประเทศไทยในบริเวณที่เป็นยอดเขาสูง

1.2 ป่าสน (Coniferous forest) มีสนสองใบหรือสนสามใบเจริญอยู่

1.3 ป่าพรุหรือป่าบึง (Swamp forest) พบตามที่ราบลุ่มมีน้ำขังอยู่เสมอ และตามริมฝั่งทะเลที่มีโคลนเลนทั่วๆ ไป แบ่งออกเป็น

- **ป่าพรุ (Peat Swamp)** อยู่ถัดจากป่าชายเลน พบในภาคใต้ของประเทศ
- **ป่าชายเลน (Mangrove swamp forest)** พบตามชายฝั่งทะเลในภาคใต้ ภาคกลาง และภาคตะวันออก และมีน้ำขึ้น-น้ำลงอย่างเด่นชัดในรอบวัน

1.4 ป่าชายหาด (Beach forest) แพร่กระจายอยู่ตามชายฝั่งทะเลที่เป็นดินกรด ทราย และโขดหิน ดินมีฤทธิ์เป็นด่าง

2. ป่าผลัดใบ ประกอบด้วยพันธุ์ไม้ที่ทิ้งใบในฤดูแล้ง แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

2.1 ป่าเบญจพรรณ เป็นป่าโปร่ง มีไม้สัก ไม้แดง ไม้ประดู่ ไม้มะค่า พบในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคอีสาน

2.2 ป่าแดง ป่าแพะ หรือป่าเต็งรัง เป็นป่าโปร่ง มีไม้ในวงศ์ยาง ฤดูแล้งจะผลัดใบ และมีไฟป่าเป็นประจำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อม

1. ปัญหามลพิษทางน้ำ

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์มาแล้ว มีคุณสมบัติต่างไปจากเดิม คือ มีสิ่งสกปรกต่างๆ เจือปนอยู่ ได้แก่ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารพิษ และจุลินทรีย์ต่างๆ

น้ำเน่า หมายถึง น้ำเสีย หรือแหล่งน้ำที่มีสภาวะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแบบแอนโรบิคเนื่องจากขาดออกซิเจนน้ำจะมีสีดำและกลิ่นเหม็น

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานของทางราชการ สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้

2. ปัญหามลพิษทางดิน

สาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางดิน ส่วนใหญ่เกิดจากมนุษย์ที่ใช้ประโยชน์จากสารเคมี ได้แก่ การใช้ปุ๋ยทางวิทยาศาสตร์ และการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Pesticides) เมื่อใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้ดินเปรี้ยว มีสภาพความเป็นกรดสูงไม่เหมาะสมแก่การปลูกพืช

3. ปัญหามลพิษทางอากาศ

อากาศ (Air) คือ ของผสมที่เกิดจากก๊าซหลายชนิด อากาศบริสุทธิ์จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส ส่วนผสมสำคัญโดยปริมาตร ได้แก่ ไนโตรเจน ร้อยละ 78.09 ออกซิเจน ร้อยละ 20.94 ก๊าซเฉื่อย ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ก๊าซอาร์กอน ร้อยละ 0.93 คาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 0.03 และส่วนผสมของก๊าซฮีเลียม ไฮโดรเจน นีออน คริปตอน ซีนอน โอโซน มีเทน ไอน้ำและสิ่งอื่นรวมกันร้อยละ 0.01

การเกิดอากาศเสียหรือมลพิษ คือ การที่ส่วนผสมของอากาศเปลี่ยนไปเนื่องจากความผันแปรของธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไอเสียรถยนต์

ข้อควรรู้

ก๊าซโมเลกุลใหญ่ เช่น ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์และโอโซนแม้จะมีอยู่ในบรรยากาศเพียงเล็กน้อย กลับมีความสามารถในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด และมีอิทธิพลทำให้อุณหภูมิของโลกอบอุ่นเรา เรียกก๊าซพวกนี้ว่า **“ก๊าซเรือนกระจก”** (Greenhouse gas)

ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโตมี 6 ชนิด ได้แก่

1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
2. ก๊าซมีเทน (CH_4)
3. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (NO_2)
4. ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC)
5. ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC)
6. ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกนั้น ส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้น ผลที่ตามมาคือ อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นด้วย

พิธีสารมอนทรีออล ระบุว่าแต่ละประเทศจะต้องควบคุมการใช้สารที่มีผลทำลายชั้นโอโซน โดยการลดการใช้สารซีเอฟซี ในฐานะที่เราเป็นส่วนหนึ่งของสังคมจึงควรให้ความร่วมมือด้วยการเลิกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารซีเอฟซีทุกชนิด เช่น โฟม กระป๋องสเปรย์ ครีมโกนหนวด ใช้เครื่องปรับอากาศรถยนต์ที่ใช้สาร R134a แทนซีเอฟซี ตลอดจนผลิตสารอื่นเพื่อใช้แทนซีเอฟซี

ตัวอย่างข้อสอบ

1. เราใช้ปัจจัยใดเป็นเกณฑ์ในการแบ่งไบโอมบนบก เป็นไบโอมแบบต่างๆ กัน (PAT2 มีนา'52)

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

2. วัตถุประสงค์สำคัญของการปลูกพืชวงศ์ถั่วหมุนเวียนกับพืชไร่อื่น คือข้อใด (PAT2 มีนา'52)

1) เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน
2) ป้องกันการพังทลายของหน้าดิน
3) ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน
4) เลือกใช้ประโยชน์จากที่ดินให้เหมาะสมกับลักษณะของดิน

3. เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิในพื้นที่ที่เคยทำไร่ข้าวโพดมาก่อน พืชกลุ่มแรกที่จะขึ้นในพื้นที่นี้น่าจะเป็นพวกใด (PAT2 มีนา'52)

1) มอสและไลเคน
2) หญ้า
3) ไม้ล้มลุก
4) ไม้พุ่ม

4. โซ่อาหารในข้อใดจัดเป็นโซ่อาหารแบบดีไทรทัส (Detritus food chain) (A-NET มีนา'49)

1) ต้นชบา → หนอนบุ้ง → นกกระจาบ
2) หญ้า → เพลี้ย → แมงมุม
3) สาหร่าย → หอยขม → เต่า
4) ขอนไม้ → ปลวก → กิ้งก่า

5. ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**เกี่ยวกับการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ (A-NET มีนา'50)

1) พลังงานแสงที่โลกได้รับส่วนใหญ่จะเข้าสู่ผู้ผลิต
2) พลังงานที่ถ่ายทอดในโซ่อาหารอยู่ในรูปพลังงานแสงและความร้อน
3) ระบบนิเวศรับพลังงานแสงได้โดยไม่ผ่านผู้ผลิต
4) ผู้ผลิตจะนำพลังงานแสงที่ได้รับไปใช้ได้เพียง 10% เท่านั้น

6. การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตในข้อใดที่**แตกต่าง**จากข้ออื่น (A-NET มีนา'49)

1) โพรโทซัว อาศัยอยู่ในลำไส้ปลวก
2) ผักตบชวาแข่งขันกันแพร่พันธุ์ในสระน้ำ
3) กาฝากขึ้นอยู่บนต้นไม้ใหญ่
4) นกพิราบและนกเขาแย่งกันกินเมล็ดหญ้า

7. ข้อใดเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สัตว์บางชนิดอาศัยอยู่ในถิ่นอาศัยได้หลายแบบ (A-NET มีนา'50)

1) สามารถทนต่อปัจจัยต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมได้ช่วงกว้าง
2) มีลูกครั้งละจำนวนมาก
3) มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ
4) เป็นผู้บริโภคอันดับสุดท้าย

8. ข้อใด**ถูกต้อง**เกี่ยวกับชนิดพันธุ์ต่างถิ่น (A-NET มีนา'50)

ก. อาจเป็นสาเหตุให้ความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศลดลง

ข. อาจเป็นสาเหตุให้ประชากรชนิดพันธุ์พื้นเมืองเดิมบางชนิดลดลง

ค. หลายชนิดมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ

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

9. กระบวนการใด**ไม่มี**บทบาทโดยตรงต่อการสร้างสารประกอบต่างๆ ภายในพืช (A-NET มีนา'50)

1) การตรึงไนโตรเจน
2) การเปลี่ยนแปลงไนเตรตกลับเป็นแก๊สไนโตรเจน
3) การเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย
4) การเปลี่ยนเกลือแอมโมเนียเป็นไนไตรต์และไนเตรต

10. ปรากฏการณ์ในข้อใดเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่**แตกต่าง**จากข้ออื่น (A-NET มีนา'50)

1) ผักตบชวาทำให้ผักตบไทยในแหล่งน้ำธรรมชาติจำนวนลดลง
2) หอยเชอร์รี่ทำให้หอยโข่งในแหล่งน้ำธรรมชาติหรือนาข้าวลดจำนวนลง
3) ไมยราพยักษ์ทำให้ต้นกระถินและพืชดั้งเดิมหลายชนิดบริเวณสองฝั่งแม่น้ำลำคลองลดจำนวนลง
4) นกปากห่างที่อพยพมาจากถิ่นทำให้หอยเชอร์รี่ในนาข้าวลดจำนวนลง

11. ข้อใด**ถูกต้อง**เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่จนเกิดสังคมสิ่งมีชีวิตขั้นสุดท้ายในพื้นที่ที่เคยทำไร่แล้วปล่อยให้รกร้าง (A-NET มีนา'49)

1) การเปลี่ยนแปลงแทนที่ที่เกิดขึ้นเป็นแบบปฐมภูมิ
2) สิ่งมีชีวิตที่เข้าอยู่ก่อนมักจะเป็นมอส และไลเคน
3) สังคมสิ่งมีชีวิตขั้นสุดท้ายที่เกิดขึ้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีก
4) จำนวนสปีชีส์ของไม้ยืนต้นในบริเวณนั้นจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ

12. ถ้านักวิทยาศาสตร์ใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรมสร้างข้าวโพดสปีชีส์ใหม่ที่สามารถชักนำให้แบคทีเรียกลุ่มไรโซเบียมมาอาศัยอยู่ในรากได้ ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดเจนของข้าวโพดพันธุ์ใหม่นี้คือข้อใด (A-NET มีนา'49)

1) ลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการเพาะปลูก 2) ไม่ต้องใส่ปูนมาร์ลในดินก่อนทำการปลูก
3) ไม่ต้องไถพรวนดินก่อนทำการปลูก 4) ลดการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูก

13. เมื่อนำเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในสระน้ำทั่วไปมาตรวจหาปริมาณสารกำจัดแมลงชนิดหนึ่งที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ พบว่ามีการสะสมของสารนี้สูงสุดในปลาช่อนเสมอ แสดงว่าปลาช่อนเป็น (O-NET กุมภา'50)

1) ผู้บริโภคพืชลำดับแรกของโซ่อาหาร 2) ผู้บริโภคทั้งสัตว์และพืช
3) ผู้บริโภคสัตว์ลำดับแรกของโซ่อาหาร 4) ผู้บริโภคสัตว์ลำดับสุดท้ายของโซ่อาหาร

14. แก๊สในข้อใดจัดเป็นแก๊สเรือนกระจก (O-NET กุมภา'50)

1) คาร์บอนไดออกไซด์ คลอโรฟลูออโรคาร์บอน มีเทน
2) มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน
3) ไนโตรเจน ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์
4) มีเทน ออกไซด์ของไนโตรเจน คลอโรฟลูออโรคาร์บอน

เฉลย

1. **เฉลย 2)** อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ย

ไบโอมบนบก ใช้เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนอุณหภูมิเป็นตัวกำหนด ไบโอมบนบกที่สำคัญ ได้แก่ ป่าดิบชื้น ป่าผลัดใบในเขตอบอุ่น ป่าสน ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น ทะเลทราย ทุนดรา เป็นต้น

2. **เฉลย 1)** เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน

หลักของการปลูกพืชหมุนเวียนมีเพื่ออนุรักษ์ดิน และรักษาธาตุอาหารในดิน เช่น การปลูกพืชวงศ์ถั่วจะทำให้มีการสร้างธาตุอาหารสมดุล

3. **เฉลย 2)** หญ้า

การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบทุติยภูมิ (Secondary succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในแหล่งที่เคยมีสิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ก่อนแล้วแต่ถูกทำลายไป จึงมีการเปลี่ยนแปลงแทนที่ขึ้นใหม่เพื่อกลับเข้าสู่สภาพสมดุล ซึ่งหญ้าจะเป็นพืชกลุ่มแรกที่จะเกิดขึ้นก่อน ต่อมามีไม้ล้มลุก ไม้พุ่ม ไม้ใหญ่เข้าแทนที่ตามลำดับ

4. **เฉลย 4)** ขอนไม้ → ปลวก → กิ้งก่า

1), 2) และ 3) เป็นโซ่อาหารแบบผู้ผลิต

5. **เฉลย 1)** พลังงานแสงที่โลกได้รับส่วนใหญ่จะเข้าสู่ผู้ผลิต

ในระบบนิเวศ ผู้ผลิตเป็นผู้รับพลังงานแสงเพื่อนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี และมีการถ่ายทอดพลังงานเคมีไปในห่วงโซ่อาหาร พืชสามารถดูดกลืนพลังงานจากแสงได้ร้อยละ 40 แต่นำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมร้อยละ 19, นำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงร้อยละ 5, สูญเสียความร้อนร้อยละ 8, แสงสะท้อนและส่องผ่านร้อยละ 8

6. **เฉลย 1)** โพรโทซัว อาศัยอยู่ในลำไส้ปลวก

โพรโทซัวในลำไส้ปลวก เป็นความสัมพันธ์แบบ Mutualism ใช้เครื่องหมาย +/+ คือโพรโทซัวช่วยย่อยเซลลูโลสที่ปลวกกิน

2) ผักตบชวาในสระน้ำ เป็นความสัมพันธ์แบบ Competition ใช้เครื่องหมาย −/− ผักตบชวาแต่ละต้นแก่งแย่งปัจจัยในการดำรงชีวิต ทำให้เจริญไม่เต็มที่

3) กาฝากบนต้นไม้ใหญ่ เป็นความสัมพันธ์แบบ Parasitism ใช้เครื่องหมาย +/− กาฝากจะงอกส่วนที่สามารถดูดน้ำและอาหารเข้าไปในต้นไม้ใหญ่

4) นกพิราบ นกเขา เป็นความสัมพันธ์แบบ Competition ใช้เครื่องหมาย −/− นกทั้งสองแก่งแย่งปัจจัยในการดำรงชีวิต ทำให้ได้ปัจจัยไม่เต็มที่

7. **เฉลย 1)** สามารถทนต่อปัจจัยต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมได้ในช่วงกว้าง

การปรับตัวของสิ่งมีชีวิตต่อสิ่งแวดล้อมได้ดี ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถอยู่รอดได้

8. เฉลย 4) ก., ข. และ ค.

ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น (Alien species) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นในที่ที่แตกต่างจากพื้นที่การกระจายตามธรรมชาติ แบ่งเป็น 2 ประเภท

1. ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ไม่รุกราน (Non-invasive alien species หรือ NIAS) พันธุ์ต่างถิ่นปรับตัวเข้ากับพันธุ์ที่มีอยู่เดิม

2. ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน (Invasive alien species หรือ IAS) พันธุ์ต่างถิ่นแพร่พันธุ์ได้เร็วและสามารถแข่งขันกับพันธุ์พื้นเมือง ทำให้พันธุ์พื้นเมืองลดลง ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง

9. เฉลย 2) การเปลี่ยนไนเตรตกลับเป็นแก๊สไนโตรเจน

การเปลี่ยนสารประกอบไนเตรตไปเป็นแก๊สไนโตรเจน ทำให้ดินสูญเสียธาตุไนโตรเจนไปจากดิน พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ การตรึงไนโตรเจนโดยแบคทีเรียในดิน ทำให้แก๊สไนโตรเจนกลับมาอยู่ในพืชในรูปของสารประกอบไนเตรต และการเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจน $\rightarrow$ แอมโมเนีย $\rightarrow$ ไนไตรท์และไนเตรต และสารประกอบเหล่านี้ พืชสามารถดูดซึมได้ ทำให้เกิดการสร้างสารประกอบภายในพืช

10. เฉลย 4) นกปากห่างที่อพยพมาจากถิ่นอื่นทำให้หอยเชอรี่ในนาข้าวลดจำนวนลง

เป็นภาวะผู้ล่า

1), 2) และ 3) เป็นความสัมพันธ์แบบแข่งขัน (Competition)

11. เฉลย 4) จำนวนสปีชีส์ของไม้ยืนต้นในบริเวณนั้นจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงแทนที่ (Succession) ในพื้นที่ที่เคยมีสิ่งมีชีวิตก่อน และจะมีการเปลี่ยนแปลงแทนที่จนกระทั่งได้ต้นไม้ยืนต้นเป็นป่า (Climax community)

12. เฉลย 1) ลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการเพาะปลูก

Rhizobium สามารถตรึง Nitrogen จากอากาศได้

13. เฉลย 4) ผู้บริโภคสัตว์ลำดับสุดท้ายของโซ่อาหาร

การสะสมสารพิษในระบบนิเวศจะสูงขึ้นในผู้บริโภคลำดับที่สูงขึ้น ดังนั้นถ้าพบสารกำจัดแมลงในปลาช่อนสูงสุดเสมอ แสดงว่าปลาช่อนเป็นผู้บริโภคลำดับที่สูงที่สุด (ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย)

14. เฉลย 2) มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน

ปรากฏการณ์เรือนกระจกเกิดจากการสะสมแก๊สที่สามารถกักเก็บความร้อนในบรรยากาศ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, แก๊สมีเทน และออกไซด์ของไนโตรเจน ทำให้เกิดการกักเก็บความร้อนไว้ในบรรยากาศของโลกมากคล้ายกับการเก็บความร้อนในเรือนกระจกที่ปลูกต้นไม้ในเขตหนาว

✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧