Biology

ชีววิทยาของเซลล์

การหายใจระดับเซลล์

การสังเคราะห์ด้วยแสง

ผศ.ดร.สมาน แก้วไวยุทธ

แบบทดสอบวิทยาศาสตร์ : ชีววิทยาของเซลล์

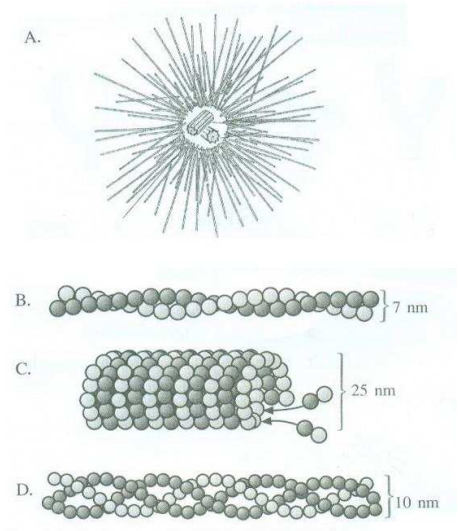
1. เซลล์ที่มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้ : ดีเอ็นเอ อาร์เอนเอ ไรโบโซม เยื่อหุ้มเซลล์ และไมโทคอนเดรียเป็นเซลล์ของสิ่งมีชีวิตในข้อใด

   1. แบคทีเรีย หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
   2. พืช และโพรทิสต์
   3. สัตว์ และเห็ด รา ยีสต์
   4. เป็นไปได้ทั้งข้อ 2 และข้อ 3

2. ออร์แกเนลล์ใดในเซลล์พืชที่ไม่พบดีเอ็นเอ

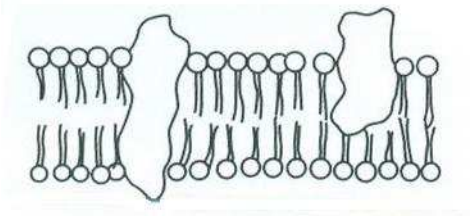
   1. นิวเคลียส และคลอโรพลาสต์
   2. แซบแวคิวโอล และโครโมพลาสต์
   3. คลอโรพลาสต์ และไมโทคอนเดรีย
   4. ไมโทรคอนเดรีย และนิวเคลียส

3. โครงสร้างคู่ใดสัมพันธ์กันมากที่สุด



   1. A กับ B
   2. A กับ C
   3. C กับ D
   4. B กับ D

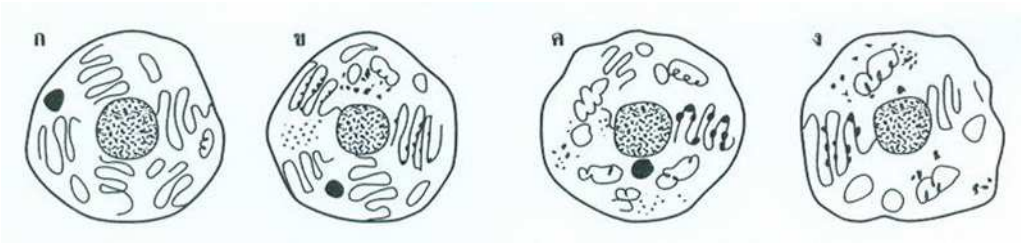
4. โครงสร้างในภาพนี้คือเยื่อหุ้มเซลล์ออร์แกเนลล์ใดบ้างที่ห่อหุ้มด้วยเยื่อนี้



   ก. mitochondria
   ข. chloroplast
   ค. nucleus
   ง. ribosome
   1. ค
   2. ก , ข
   3. ก , ข , ค
   4. ก , ข , ค , ง

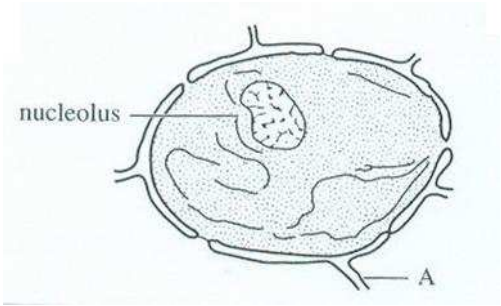
5. โครงสร้างใดในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสะสมอาหารและการสะสมพิษ ตามลำดับ

1. ลิวโคพลาสต์และไลโซโซม
2. ฟูดแวคิวโอลและไลโซโซม
3. ฟูดแวคิวโอลและแซบแวคิวโอล
4. ลิวโคพลาสต์และแซบแวคิวโอล

6. 

เซลล์จากตับของคนที่เป็นโรคพิษสุรา ควรมีลักษณะอย่างแผนภาพใด

1. ก
2. ข
3. ค
4. ง

7. 

ท่อ A ในแผนภาพนี้เชื่อมโยงกับโครงสร้างใดบ้าง

ก. endoplasmic reticulum

ข. spindle fibre

ค. Ribosome

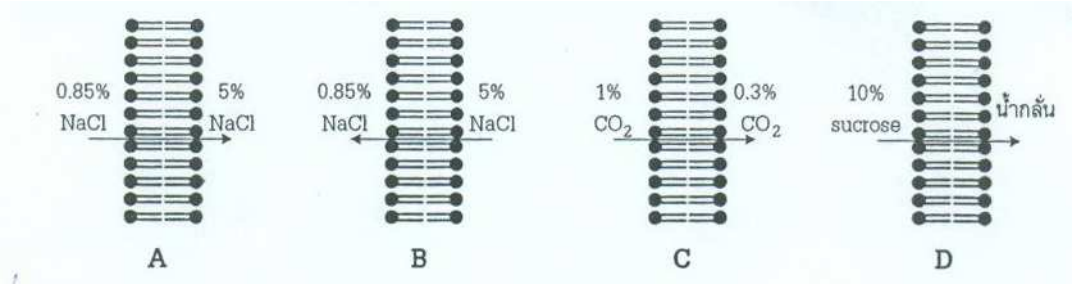
ง. microtubule

1. ก
2. ข
3. ก , ค
4. ข , ง

8. จากการนำแผ่นสไลด์ที่มีอักษร “P” ที่เรียงกันตามยาว 20 ตัว ไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่มีกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 10 เท่า เห็นภาพอักษรตัว “P” 12 ตัวเรียงต่อกัน เมื่อเพิ่มกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุเป็น 40 เท่า จะเห็นอักษรตัว “P” กี่ตัว และจะเห็นภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์เป็นลักษณะใด

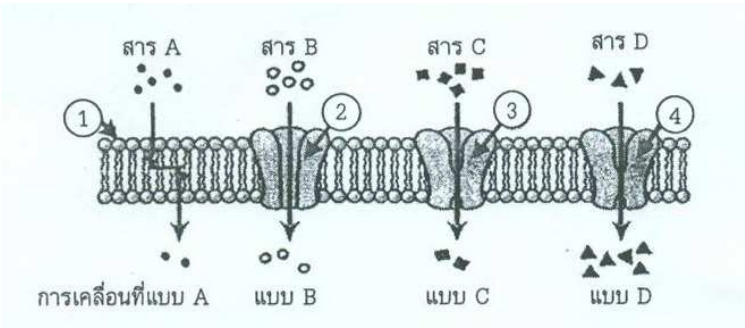
1. 3 และ q
2. 3 และ d
3. 4 และ b
4. 4 และ P

9. จากรูป ถ้ามีเยื่อหุ้มเซลล์ชนิดหนึ่งคั่นกลางสารละลายสองข้างที่กำหนดให้ และลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ที่เกิดขึ้น รูปใดแสดงการเกิดออสโมซิส (osmosis) ได้ถูกต้องที่สุด



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

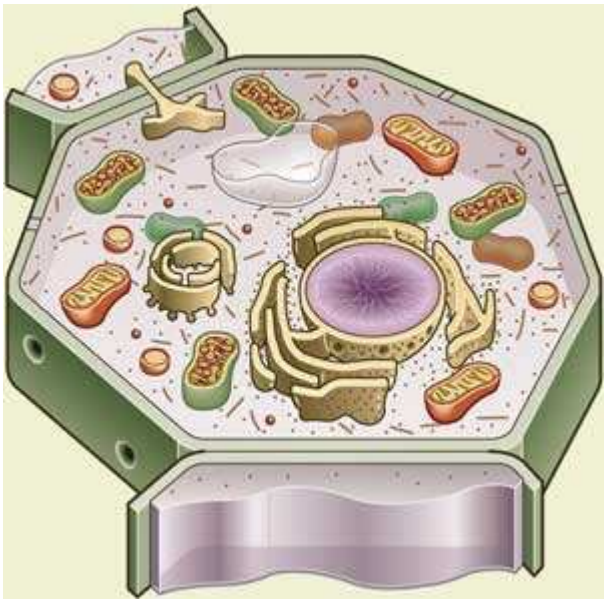
10. จากรูปแสดงการเคลื่อนที่ 4 แบบ ของสาร 4 ชนิด ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ที่เกิดขึ้นได้ตามทิศทางลูกศร โดยหมายเลข 1 – 4 เป็นสารประกอบชนิดต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์



การเคลื่อนที่แบบใดเป็นการแพร่แบบฟาซิลิเทต

1. B
2. C
3. A และ B
4. C และ D

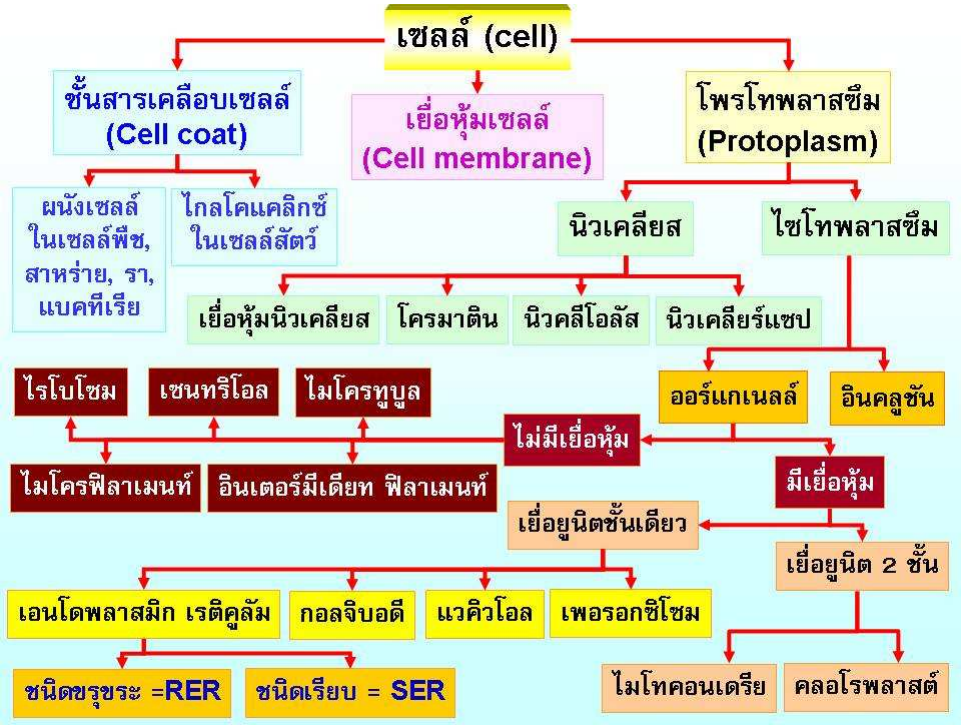
เซลล์ของสิ่งมีชีวิต



เซลล์สิ่งมีชีวิต (Cells of organisms)

โครงสร้างของเซลล์

โครงสร้างของเซลล์ ที่ได้จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน มีดังนี้



เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane)

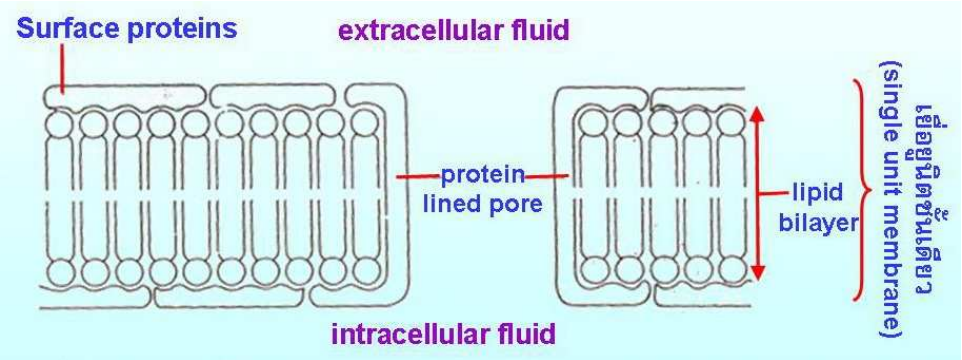
ประกอบด้วย ไขมัน (Phospholipid) โปรตีน นอกจากนี้ยังมีคาร์โบไฮเดรตเล็กน้อย

โครงสร้าง

สมมติฐานอธิบายโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์มี 2 แนวคิดที่สำคัญ คือ Unit membrane และ Fluid mosaic model

1. เยื่อยูนิต (Unit membrane)

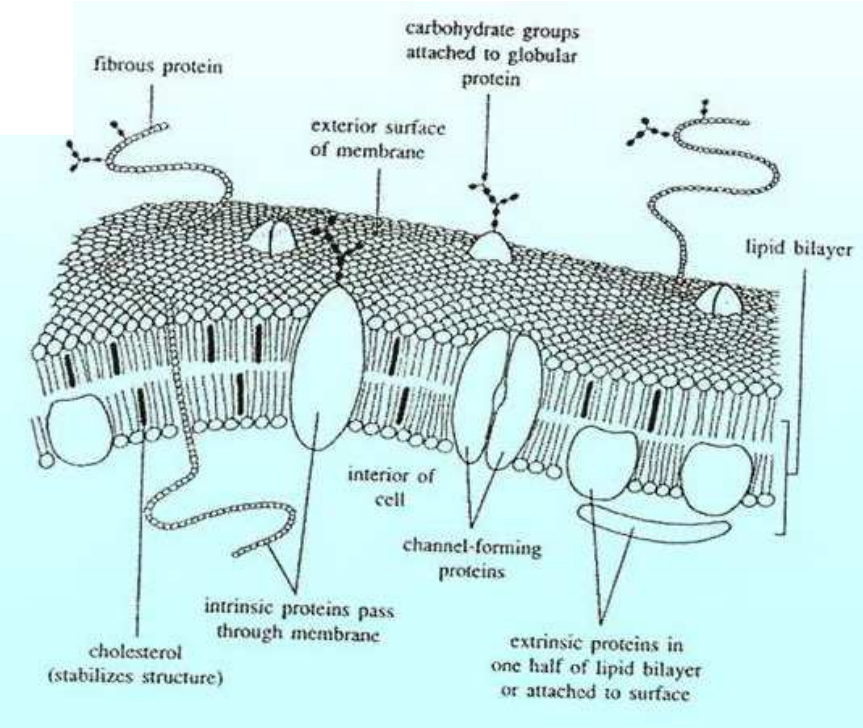
ไขมันจะเรียงตัวเป็น 2 ชั้น และมีโปรตีนขนาบอยู่ 2 ข้างของไขมัน



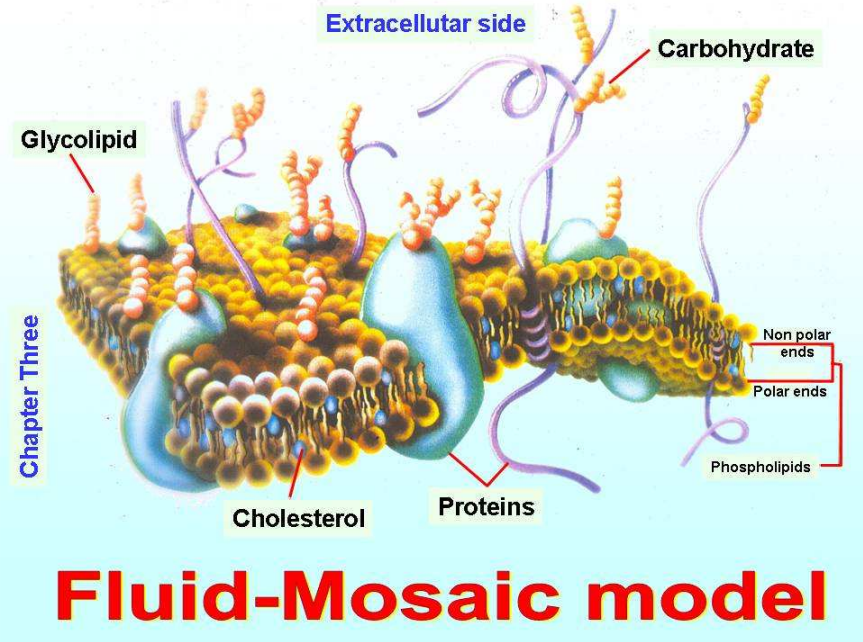
เยื่อยูนิตของเยื่อหุ้มเซลล์ตามโครงแบบของ Davson - Danielli

2. ฟลูอิด-โมเสค โมเดล (Fluid-mosaic model)

ไขมันจะเคลื่อนที่ได้ และมีโปรตีนลักษณะเป็นก้อนแทรกอยู่ในระหว่างชั้นของไขมัน

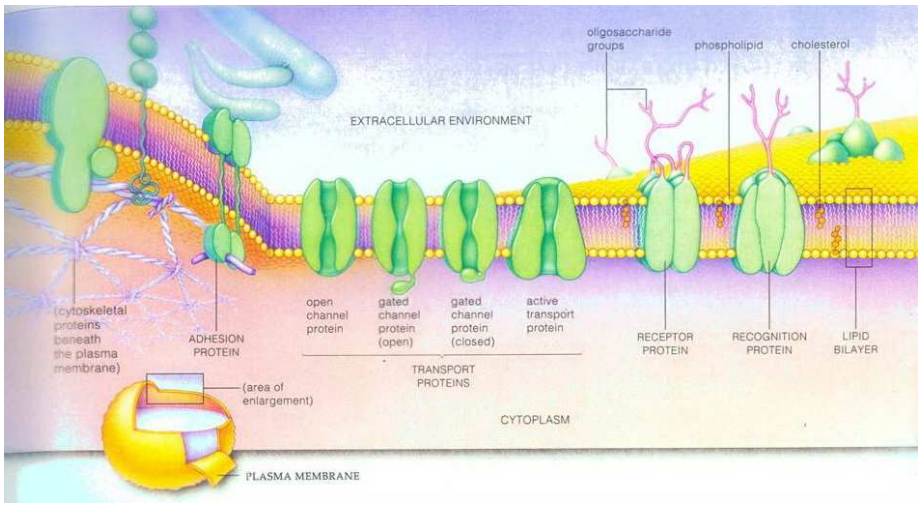


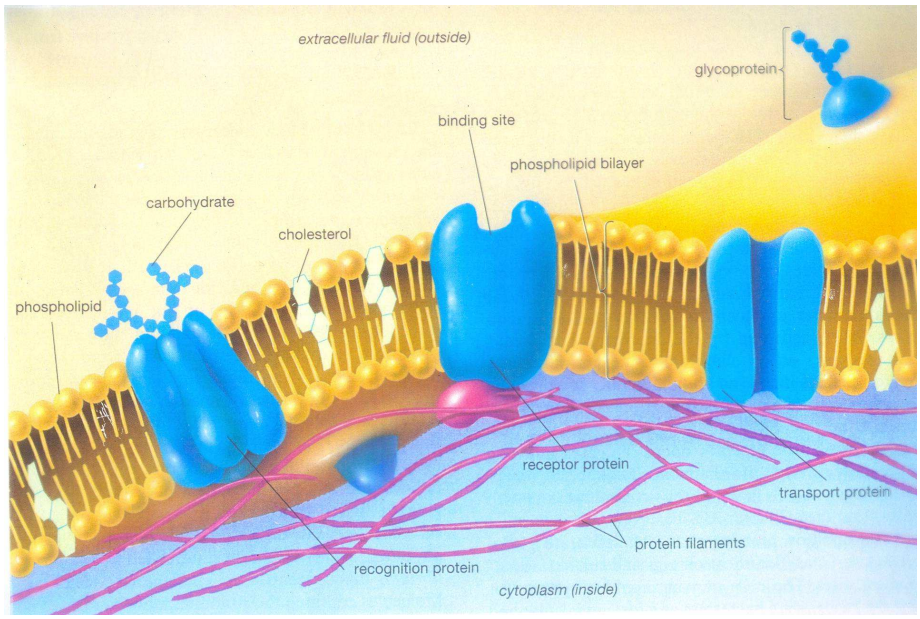
นักวิทยาศาสตร์ ยอมรับ ฟลูอิด-โมเสค โมเดล มากกว่า



หน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์

1. เป็นเยื่อเลือกผ่าน (Semi-permeable membrane) ⟶ เป็นคุณสมบัติสำคัญที่สุด
2. เป็น receptor site ⟶ รับสาร
3. Recognition ⟶ จดจำสาร
4. Carrier protein





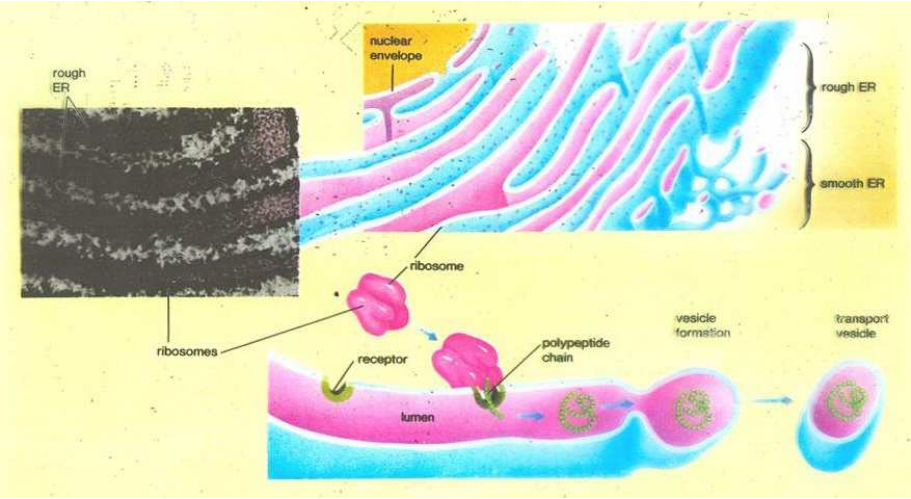
ไซโทพลาซึม (cytoplasm)

- Cytoplasmic inclusion เป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น อาหารสะสม ได้แก่ หยดไขมัน เม็ดแป้งหรือพวกผลึกต่างๆ
- Organelle (ออร์แกเนลล์) เป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่เฉพาะอย่างของเซลล์ เปรียบเสมือนบุคลากรในบริษัท หรือคนงานในโรงงานอุตสาหกรรม

หน้าที่ของออร์แกเนลล์ต่างๆ

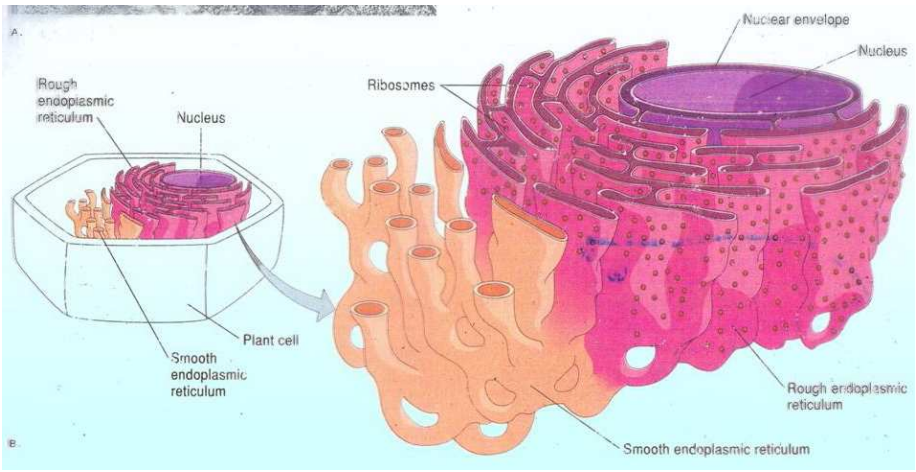
ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อยูนิตชั้นเดียว

ออร์แกเนลล์	หน้าที่
1. เอนโดพลาสมิก เรติคิวลัม (endoplasmic reticulum) มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ ชั้นเดียว พับซ้อนไปมา แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ **1.1 เอ็นโดพลาสมิก เรติคิวลัม ชนิดขรุขระ หรือชนิดหยาบ (rough endoplasmic reticulum = RER)** **โครงสร้าง** เป็น ER ที่มีไรโบโซมเกาะอยู่มากมาย	- สร้างโปรตีนส่งออกไปใช้นอกเซลล์ (exoprotein) - พบมากในตับอ่อน ลำไส้เล็ก ต่อมใต้สมอง - ลำเลียงสารภายในเซลล์ (Intracellular transport)

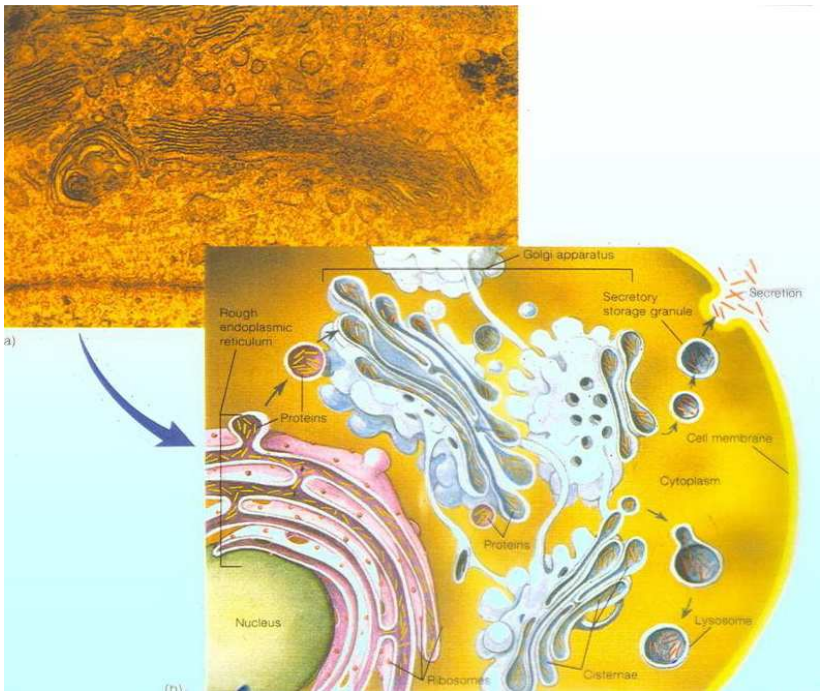


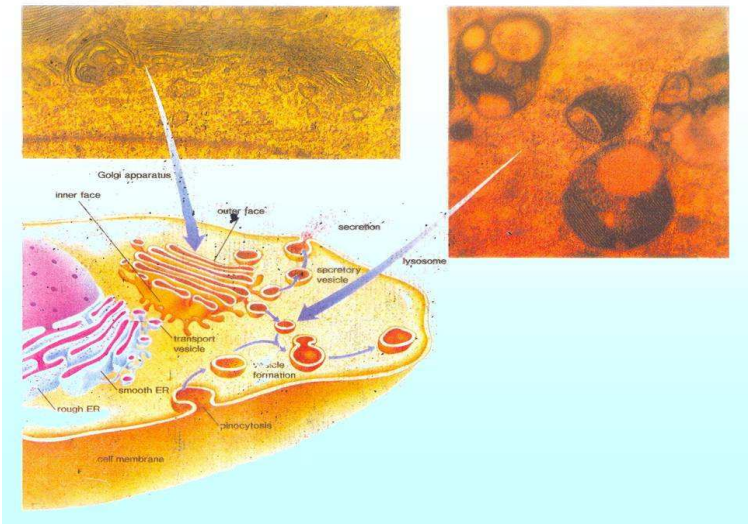
ERE = intracellular transport

ออร์แกเนลล์	หน้าที่
1.2 เอ็นโดพลาสมิก เรติคิวลัม ชนิดเรียบ (Smooth endoplasmic reticulum = SER) **โครงสร้าง** เป็น ER ที่ไม่มีไรโบโซมเกาะอยู่	1. สร้างไขมันเติมเข้าไปในโปรตีนที่สร้างจาก RER กลายเป็น lipoprotein 2. สร้างสารสเตียรอยด์ จึงพบมากในต่อมหมวกไตชั้นนอก คอร์ปัสลูเทียมในรังไข่และเซลล์อินเตอร์สติเชียลในอัณฑะ 3. กำจัดสารพิษในร่างกายจึงพบ SER มากในเซลล์ตับ 4. ดูดซึมไขมัน พบมากในเซลล์ผนังของวิลลัส



ออร์แกเนลล์	หน้าที่
2. กอลจิ คอมเพลกซ์ (Golgi complex) **โครงสร้าง** ลักษณะเป็นถุงแบนๆ โดยปลายถุงพองเป็นกระเปาะ และเรียงซ้อนกันเป็นตั้งๆ ตั้งละ 5-15 ถุง	1. รับโปรตีนมาจาก RER แล้วนำมาตกแต่งโดย - อัดให้แน่น - สร้างคาร์โบไฮเดรตเพิ่มเติมเข้าไปกลายเป็น glycoprotein - สร้างเยื่อล้อมรอบโปรตีนและหลุดออกมาเป็นถุง (Transport vesicle) 2. สร้างคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ เช่น แป้ง ไกลโคเจน และเซลลูโลส 3. สร้างสารอีนาเมล (enamel) เคลือบฟัน 4. สร้างเมือก จึงพบมากในต่อมสร้างเมือกต่อมน้ำลาย

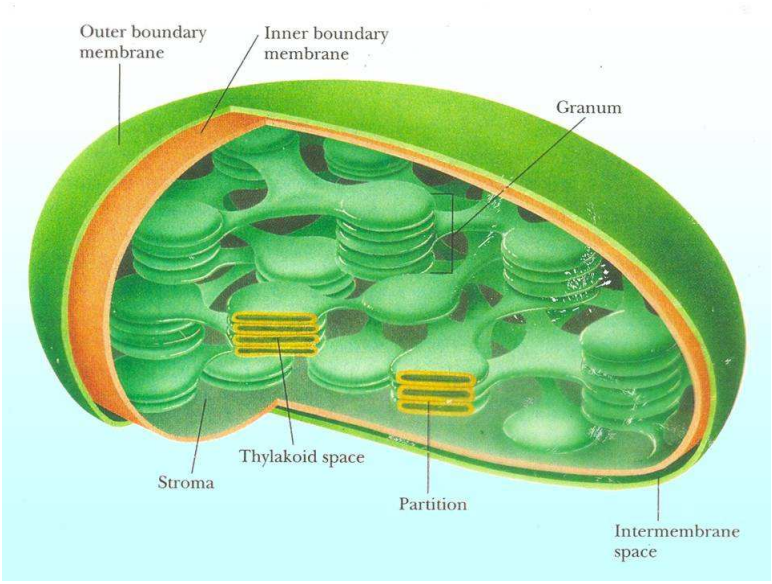


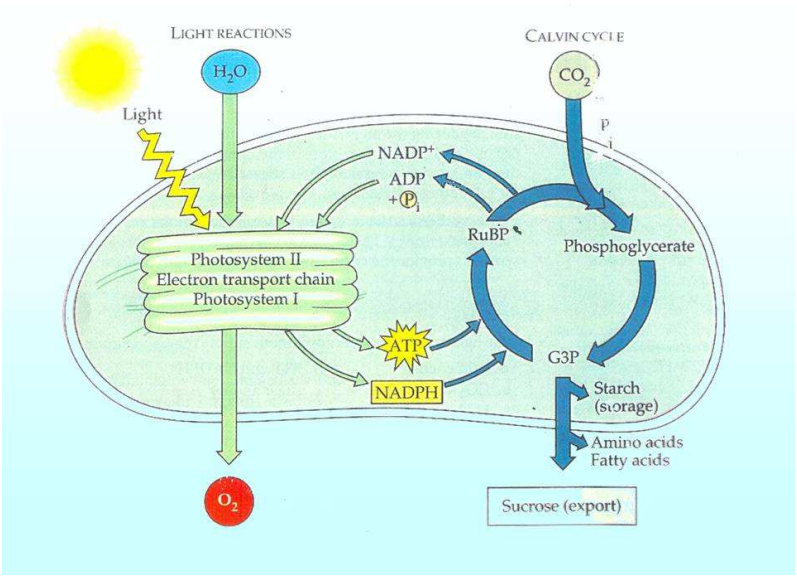


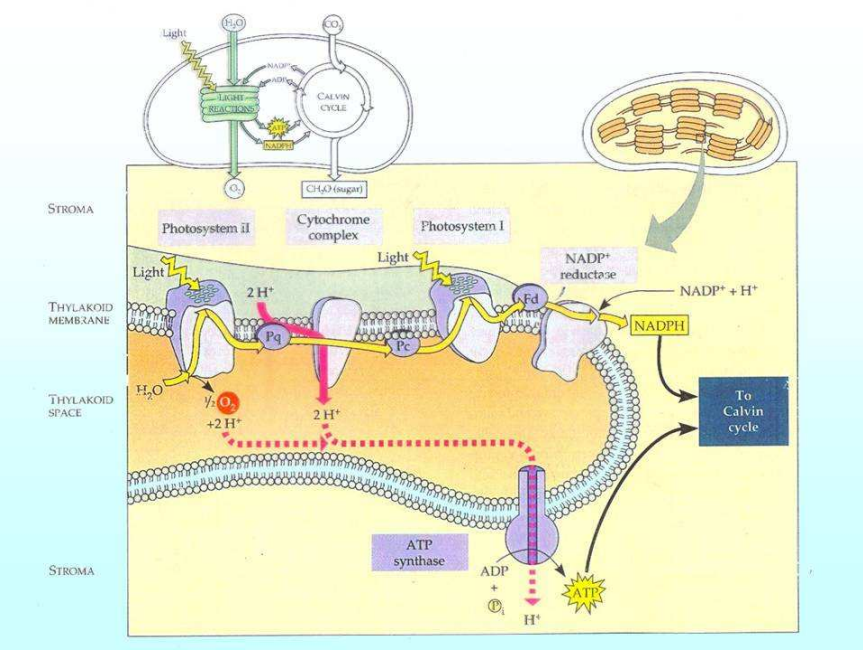
ออร์แกเนลล์	หน้าที่
3. ไลโซโซม (lysosome) **โครงสร้าง** เป็นถุงกลมๆ ภายในบรรจุเอนไซม์ hydrolytic สำหรับย่อยอาหารและบรรจุเอนไซม์ acid phosphatase - พบเฉพาะในเซลล์สัตว์	1. ย่อยอาหารที่เซลล์กินเข้าไป ซึ่งย่อยได้ทั้งโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เทียบได้กับลำไส้เล็กและตับอ่อน 2. ย่อยสลายออร์แกเนลล์ตัวเอง และย่อยสลายเซลล์เมื่อเซลล์หมดอายุ เรียกกระบวนการนี้ว่า Autolysis 3. กำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้าไปในเซลล์ เช่น แบคทีเรีย จึงพบมากในเซลล์เม็ดเลือดขาว พวก Moncyte และ Neutrop
4. แวคิวโอล (Vacuole) มี 4 ชนิด คือ 1. Sap vacuole พบในเซลล์พืช 2. Food vacuole พบในโพรโตซัว และสัตว์ชั้นต่ำ 3. Contracttile vacuole พบเฉพาะในโพรโตซัวน้ำจืด 4. Fat vacuole พบในเซลล์ไขมัน	1. เก็บสะสมของเสีย เช่น ผลึก Calcium oxalate 2. บรรจุรงควัตถุ Anthocyanin ทำให้กลีบดอกมี สีแดง ชมพู ม่วง น้ำเงิน 3. สะสม Sucrose, คาเฟอีน, น้ำมันหอมระเหย - บรรจุอาหารที่เซลล์กินเข้ามาเพื่อรอการย่อยจากน้ำย่อยของโลโซโซม - ขจัดน้ำที่มากเกินพอออกจากเซลล์ เทียบได้กับไตคนเรา - เก็บสะสมไขมัน
5. เพอรอกซิโซม (Peroxisome)	ภายในบรรจุเอนไซม์ Catalase ใช้ย่อยสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ให้เป็น H_2O และ O_2 $2H_2O_2 \xrightarrow{\text{Catalase}} 2H_2O + O_2$

ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อยูนิต 2 ชั้น

ออร์แกเนลล์	หน้าที่
1. ไมโทคอนเดรีย (mitochondria)	- เป็นแหล่งสร้างพลังงานในรูปสารอินทรีย์พลังงานสูง (ATP = Adenosine triphosphate) จากการหายใจแบบใช้ O_2 ของเซลล์ เปรียบเสมือนเป็นโรงผลิตไฟฟ้าของเซลล์ (Powerhouse of cell) - พบมากในแคมเบียมของพืช ในคนมีมากที่สุดในเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ
2. คลอโรพลาสต์ (Chloroplast)	- เป็นเม็ดสี (plastid) ที่มีสีเขียวทำหน้าที่สังเคราะห์แสงพบเฉพาะในสาหร่าย (ยกเว้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) และพืช

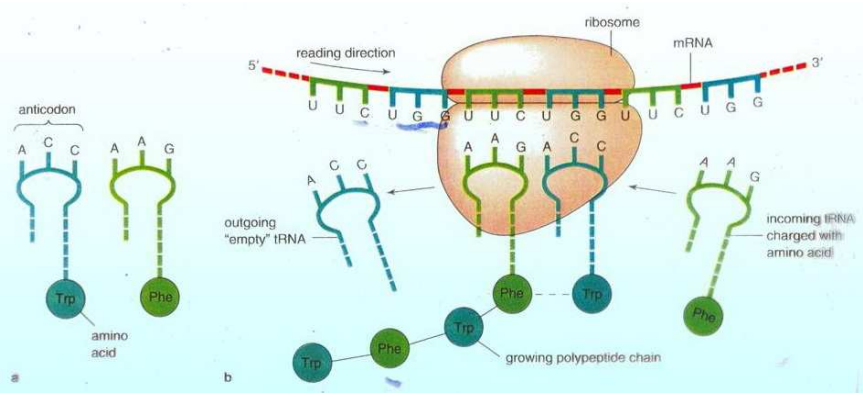


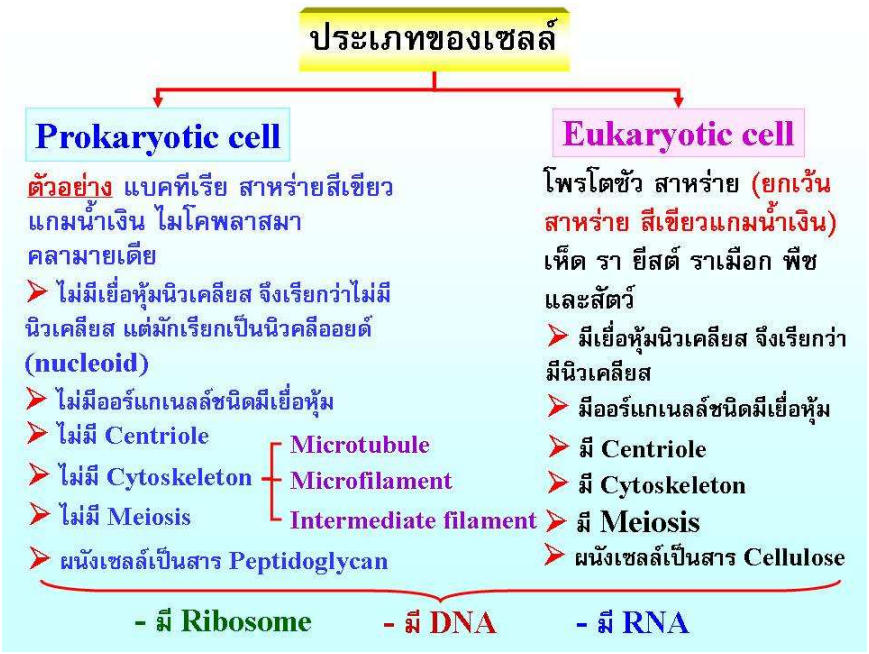




ออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มรอบ

ออร์แกเนลล์	หน้าที่
1. ไรโบโซม (ribosome)	- เป็นออร์แกเนลล์ที่มีขนาดเล็กสุด - สร้างโปรตีนโดยพบอยู่ในโครงสร้างต่อไปนี้ 1. ลอยเป็นอิสระในไซโทพลาซึม สร้างโปรตีนไว้ใช้ในเซลล์เอง เช่น พบในเซลล์กล้ามเนื้อ 2. เกาะอยู่ที่ผิวนอกของ ER กลายเป็น RER ทำหน้าที่สร้างโปรตีนส่งไปใช้นอกเซลล์ 3. เกาะอยู่ที่เยื่อหุ้มนิวเคลียสบรรจุอยู่ในไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์




ประเภทของเซลล์
Prokaryotic cell
ตัวอย่าง แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไมโคพลาสมา คลามายเดีย
ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส จึงเรียกว่าไม่มีนิวเคลียส แต่มักเรียกเป็นนิวคลีออยด์ (nucleoid)
ไม่มีออร์แกเนลล์ชนิดมีเยื่อหุ้ม
ไม่มี Centriole
ไม่มี Cytoskeleton
ไม่มี Meiosis
Microtubule
Microfilament
Intermediate filament
ผนังเซลล์เป็นสาร Peptidoglycan
Eukaryotic cell
โพรโตซัว สาหร่าย (ยกเว้นสาหร่าย สีเขียวแกมน้ำเงิน) เห็ด รา ยีสต์ ราเมือก พืช และสัตว์
มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส จึงเรียกว่ามีนิวเคลียส
มีออร์แกเนลล์ชนิดมีเยื่อหุ้ม
มี Centriole
มี Cytoskeleton
มี Meiosis
ผนังเซลล์เป็นสาร Cellulose
- มี Ribosome
- มี DNA
- มี RNA

การหายใจระดับเซลล์ Cellular Respiration

1. ข้อใดถูกต้อง
    1. กระบวนการหมักในยีสต์เกิดขึ้นเมื่อเซลล์มีความต้องการใช้เอทิลแอลกอฮอล์
    2. กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในไมโทคอนเดรียเกิดขึ้นเฉพาะในภาวะที่มีออกซิเจน
    3. การเกิดคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการสลายอาหาร เกิดขึ้นเฉพาะในไมโทคอนเดรีย
    4. การสร้าง ATP ในกระบวนการสลายอาหารแบบใช้ออกซิเจนมาจากการทำงานของ ATP synthase เท่านั้น

2. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับกระบวนการสลายสารอาหารระดับเซลล์
    1. เมื่อได้รับออกซิเจนเพียงพอเซลล์สัตว์ทั่วไปจะมีกระบวนการสลายลิพิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ
    2. ตัวนำอิเล็กตรอนที่สำคัญในกระบวนการสลายอาหาร คือ NAD^+ และ FAD
    3. NADH เป็นตัวให้อิเล็กตรอน และ NAD^+ เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในไมโทรคอนเดรีย
    4. ไกลโคไลซิสเกิดในไซโทพลาซึมของเซลล์ยูคาริโอต (eukaryote)

3. ข้อใดถูก
    1. การสลายกลูโคส 1 โมเลกุลในเซลล์ทุกชนิดให้พลังงานเท่ากัน
    2. การสลายกลูโคสในวัฏจักรเครบส์ของเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้เกิดกรดซึ่งเป็นสาเหตุของการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ
    3. ในการสลายโปรตีน หมู่อะมิโนจะถูกตัดออกจากโมเลกุลของกรดอะมิโน แล้วถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียและยูเรีย
    4. ในการหายใจแบบใช้ออกซิเจนนั้น ออกซิเจนจะถูกใช้ในกระบวนการการถ่ายทอดอิเล็กตรอน โดยเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวแรก

4. ปฏิกิริยาไกลโคลิซิส วัฏจักรเครบส์ และกระบวนการการถ่ายทอดอิเล็กตรอน เกิดขึ้นที่ตำแหน่งใดในเซลล์ตามลำดับ
    1. ไซโทซอล เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย และเยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย
    2. ไซโทซอล เยื่อหุ้มชั้นนอกของไมโทคอนเดรีย และ เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย
    3. นิวเคลียส เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย และช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มไมโทรคอนเดรีย
    4. นิวเคลียส เยื่อหุ้มชั้นนอกของไมโทคอนเดรีย และช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มไมโทคอนเดรีย

5. สารในข้อใดอยู่ในวัฏจักรเครบส์
    1. ไพรูเวต
    2. แอซิทิลโคเอนไซม์ เอ
    3. NADH
    4. ซัคซิเนต

6. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจระดับเซลล์

ก. FAD เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในวัฏจักรเครบส์

ข. กรดไพรูวิกสามารถรับอิเล็กตรอนจาก NADH

ค. NAD^+ เป็นตัวรับอิเล็กตรอนที่อยู่ที่เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย

ง. ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มในไมโทคอนเดรีย

1. ก ข
2. ข ค
3. ค ง
4. ก ง

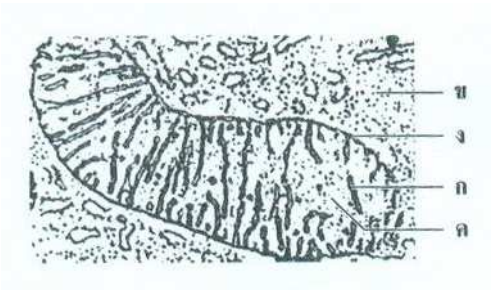
7. ไมโทคอนเดรียสร้าง ATP โดยใช้พลังงานที่ได้จากการไหลของ H^+ ผ่านเยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรียเข้าสู่เมทริกซ์ โดยมีโปรตีน ATP synthase ทำหน้าที่เสมือนท่อที่ยอมให้ H^+ ไหลผ่านเยื่อหุ้มได้ กลไกแบบนี้เป็นการขนส่งสารแบบใด

1. osmosis
2. diffusion
3. active transport
4. facilitated diffusion

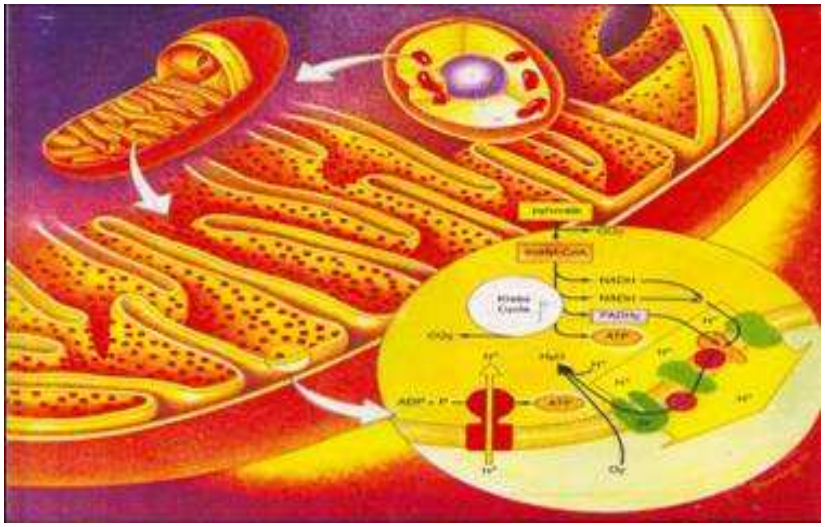
8. ระดับพลังงานของสารต่างๆ ในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเป็นอย่างไร

1. FAD $\longrightarrow$ NADH $\longrightarrow$ ไซโทโครม b $\longrightarrow$ a $\longrightarrow$ c
2. NADH $\longrightarrow$ FAD $\longrightarrow$ ไซโทโครม b $\longrightarrow$ c $\longrightarrow$ a
3. ไซโทโครม a $\longrightarrow$ b $\longrightarrow$ c $\longrightarrow$ FAD $\longrightarrow$ NADH
4. ไซโทโครม b $\longrightarrow$ a $\longrightarrow$ c $\longrightarrow$ NADH $\longrightarrow$ FAD

9. จากภาพข้างล่างนี้ บริเวณใดที่มีปฏิกิริยา glycolysis



1. ก
2. ข
3. ค
4. ง



การหายใจระดับเซลล์ : CELLULAR RESPIRATION

There are two types of cellular respiration

I. Aerobic respiration

1.1 Glycolysis

1.2 Pyruvate oxidation

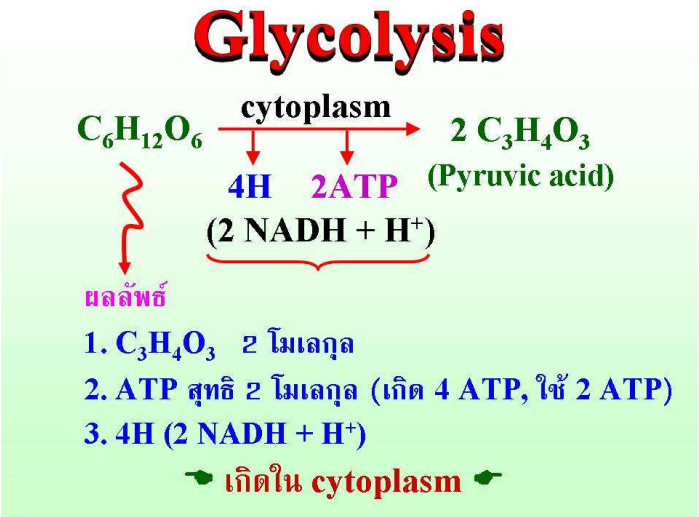
1.3 Krebs cycle

1.4 Electron transport system (ETS)

II. Anareobic respiration

2.1 Glycolsis

2.2 Fermentation { Alcoholic fermentation / Lactic acid fermentation

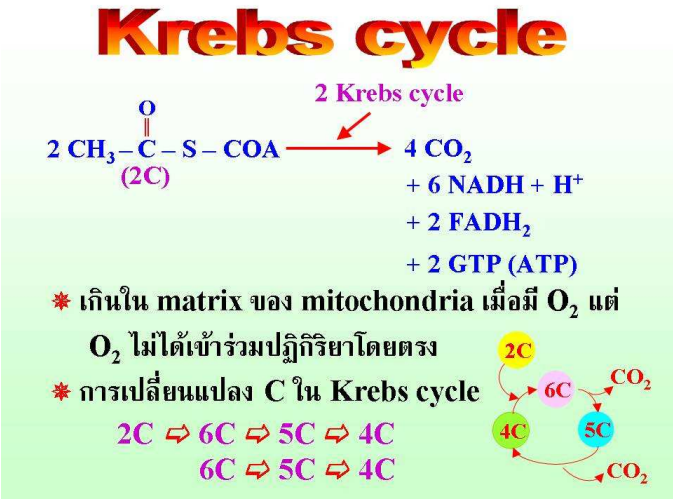


ไกลโคลิซิส

1. ไกลโคลิซิส เป็นกระบวนการสลายกลูโคสหรือไกลโคเจนไปเป็นกรดไพรูวิก ($C_3H_4O_3$) ซึ่งเกิดในไซโทพลาซึมของเซลล์ทุกเซลล์ไม่ว่าจะมีแก๊สออกซิเจน (O_2) หรือไม่มีก็ตาม แต่ไม่ใช้แก๊สออกซิเจนเข้าร่วมปฏิกิริยา
2. ถ้าเริ่มต้นจากกลูโคส 1 โมเลกุล จะได้
   2.1 กรดไพรูวิก 2 โมเลกุล
   2.2 NADH + H^+ 2 โมเลกุล (4H)
   2.3 ATP สุทธิ 2 โมเลกุล

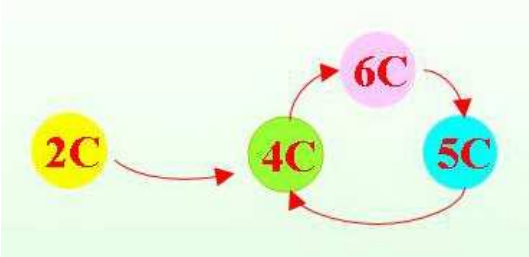
การออกซิเดชันกรดไพรูวิก

1. การออกซิเดชันกรดไพรูวิกหรือการสร้างอะซิติลโคเอนไซม์ เอ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไพรูวิกไปเป็นอะซิติลโคเอนไซม์ เอ ($CH3 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - S - COA$) ซึ่งเกิดในแมทริกซ์ (matrix) ของไมโทคอนเดรียเมื่อมี O_2 เป็นตัวเหนี่ยวนำ (inducer) ไม่ใช้ O_2 เข้าร่วมปฏิกิริยา
2. ถ้าเริ่มต้นจากกลูโคส 1 โมเลกุล หรือกรดไพรูวิก 2 โมเลกุล จะได้
   2.1 อะซิติลโคเอนไซม์ เอ 2 โมเลกุล
   2.2 CO_2 2 โมเลกุล
   2.3 NADH + H^+ 2 โมเลกุล (4H)



วัฏจักรเครบส์

1. วัฏจักรเครบส์ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของอะซิติล โคเอนไซม์ เอ ไปเป็น CO_2 ซึ่งเกิดที่เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรียเมื่อมี O_2 แต่ไม่ใช้ O_2 เข้าร่วมปฏิกิริยา
2. ถ้าเริ่มต้นจากกลูโคส 1 โมเลกุล หรืออะซิติลโคเอนไซม์ เอ 2 โมเลกุล จะได้
   2.1 CO_2 4 โมเลกุล (2 CO_2 / วัฏจักรเครบส์)
   2.2 NADH + H^+ 6 โมเลกุล (3 NADH + H^+ / วัฏจักรเครบส์)
   2.3 $FADH_2$ 2 โมเลกุล (1 $FADH_2$ / วัฏจักรเครบส์)
   2.4 GTP 2 โมเลกุล (1 GTP / วัฏจักรเครบส์)
   (GTP เมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสจะให้พลังงานเท่ากับ ATP)
3. ลำดับการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอน (C) ในวัฏจักรเครบส์เป็นดังนี้ คือ 6C ⟶ 5C ⟶ 4C หรือ 2C ⟶ 6C ⟶ 5C ⟶ 4C หรือ



4. วัฏจักรเครบส์ เป็นปฏิกิริยาที่สลายสารอาหารอินทรีย์ให้เป็น CO_2 โดยสมบูรณ์ และเป็นปฏิกิริยาที่เกิดไฮโดรเจนพลังงานสูง (H) มากที่สุดถึง 2 ใน 3 ของ H ทั้งหมดจากกลูโคส (16/24)

ความสำคัญของ Krebs cycle

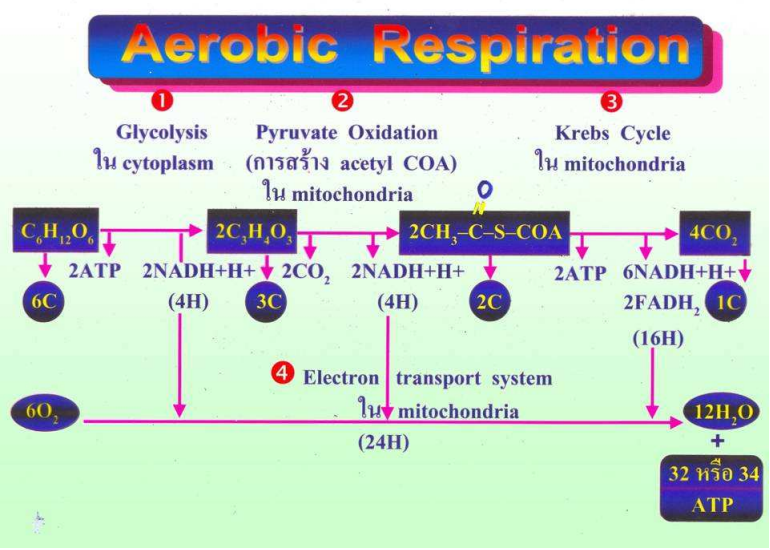
1. สลายสารอาหารอินทรีย์ (C – อินทรีย์) ให้เป็นสารอนินทรีย์ (CO_2) ได้หมดสิ้นสมบูรณ์
2. เกิด H พลังงานสูงมากที่สุด

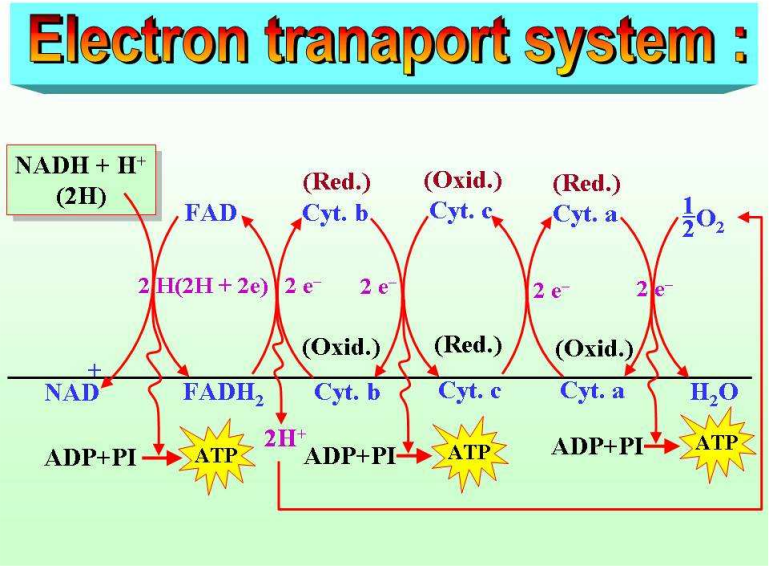
↓

2/3 ของ H จาก $C_6H_{12}O_6$

(16/24 H)

3. ปฏิกิริยากลางของการสลายทั้ง Carbohydrate, Lipid, Protein





Electron tranaport system (ETS)

$$2H + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O + ATP$$

$(NADH + H^+ , FADH_2)$

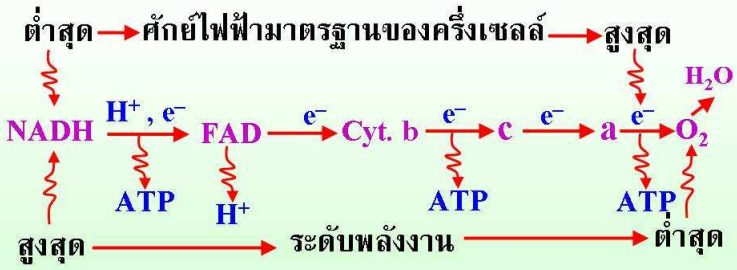
$$NADH + H^+ \xrightarrow{ETS} 3\ ATP$$

$$FADH_2 \xrightarrow{ETS} 2\ ATP$$

O_2 = Hydrogen acceptor

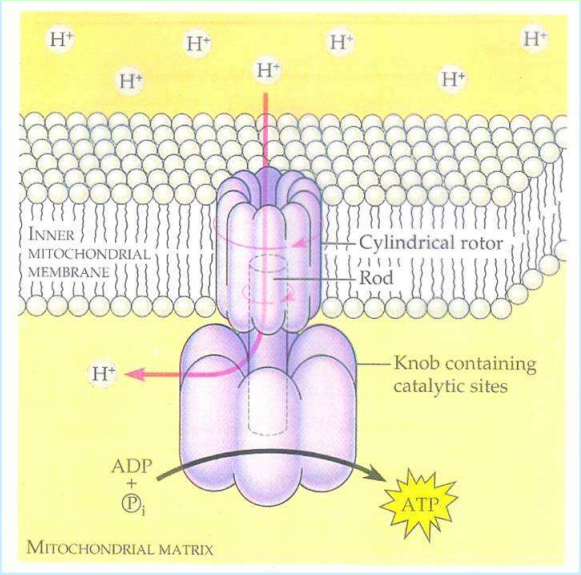
เกิดที่ Innermembrane of cristae of mitochondria

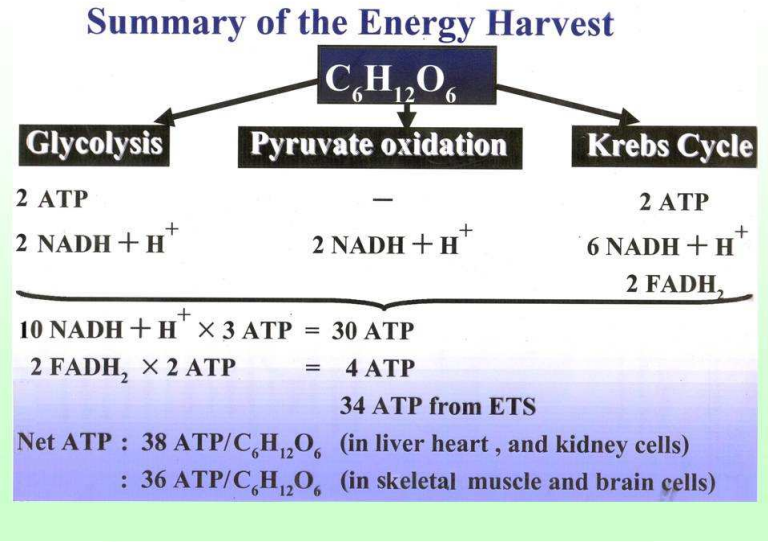
ลำดับการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

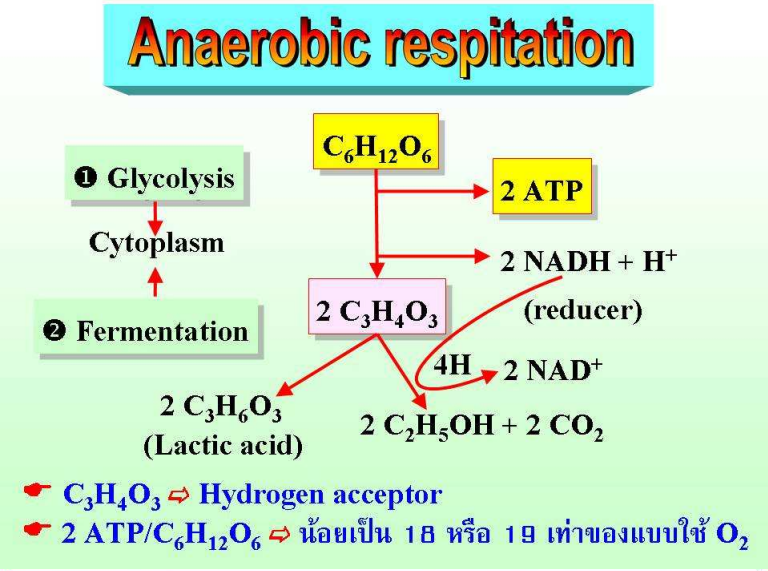


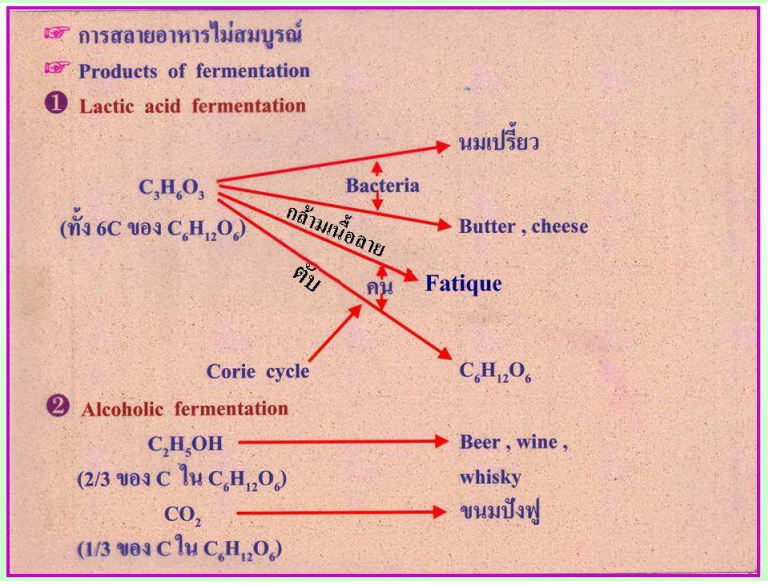
ผลิต ATP มากที่สุด

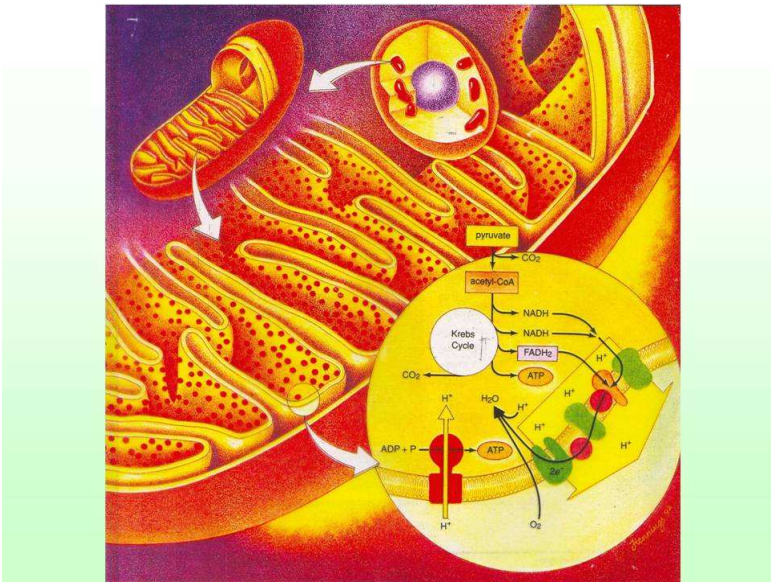
O_2 = Hydrogen accepton




Summary of the Energy Harvest
$C_6H_{12}O_6$
Glycolysis
Pyruvate oxidation
Krebs Cycle
2 ATP
2 NADH + H+
—
2 NADH + H+
2 ATP
6 NADH + H+
2 FADH2
10 NADH + H+ × 3 ATP = 30 ATP
2 FADH2 × 2 ATP = 4 ATP
34 ATP from ETS
Net ATP : 38 ATP/$C_6H_{12}O_6$ (in liver heart , and kidney cells)
: 36 ATP/$C_6H_{12}O_6$ (in skeletal muscle and brain cells)


Anaerobic respitation
$C_6H_{12}O_6$
2 ATP
2 NADH + H+
(reducer)
❶ Glycolysis
Cytoplasm
❷ Fermentation
2 $C_3H_4O_3$
4H
2 NAD+
2 $C_3H_6O_3$
(Lactic acid)
2 C_2H_5OH + 2 CO_2
$C_3H_4O_3$ ⇨ Hydrogen acceptor
2 ATP/$C_6H_{12}O_6$ ⇨ น้อยเป็น 18 หรือ 19 เท่าของแบบใช้ O_2

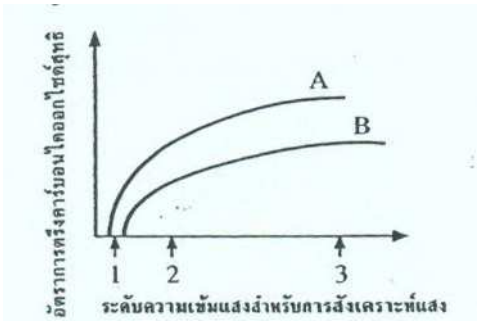

การสลายอาหารไม่สมบูรณ์
Products of fermentation
❶ Lactic acid fermentation
นมเปรี้ยว
$C_3H_6O_3$
(ทั้ง 6C ของ $C_6H_{12}O_6$)
Bacteria
กล้ามเนื้อลาย
Butter , cheese
ตับ
คน
Fatique
Corie cycle
$C_6H_{12}O_6$
❷ Alcoholic fermentation
C_2H_5OH
(2/3 ของ C ใน $C_6H_{12}O_6$)
Beer , wine , whisky
CO_2
(1/3 ของ C ใน $C_6H_{12}O_6$)
ขนมปังฟู


pyruvate
CO_2
acetyl-CoA
NADH
NADH
$FADH_2$
Krebs Cycle
ATP
CO_2
H^+
H_2O
H^+
H^+
H^+
H^+
ADP + P
ATP
$2e^-$
H^+
O_2

การสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis)

1. ข้อใดเรียงขนาดของสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจากใหญ่ไปเล็ก
   1. คลอโรฟิลล์ แอนเทนนา คลอโรพลาสต์
   2. คลอโรพลาสต์ คลอโรฟิลล์ แอนเทนนา
   3. คลอโรพลาสต์ แอนเทนนา คลอโรฟิลล์
   4. แอนเทนนา คลอโรฟิลล์ คลอโรพลาสต์

2. จากภาพข้างล่างซึ่งทำการทดลองในภาวะที่ปัจจัยอื่นๆ เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งสองชนิด ข้อใดถูกต้อง



   ก. จุดอิ่มตัวของแสงของพืช A ต่ำกว่าพืช B
   ข. ที่ระดับความเข้มแสง 1 2 และ 3 พืช A ควรมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าพืช B
   ค. ที่ระดับความเข้มแสง 1 พืช A สามารถอยู่รอดได้แต่พืช B จะตายในที่สุด

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

3. แหล่งพลังงานที่นำมาสร้าง ATP จาก ADP + Pi ในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรของปฏิกิริยาแสง (light reaction) ของพืชเกิดจากข้อใด
   1. พลังงานที่รงควัตถุดูดจับไว้
   2. พลังงานที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดอิเล็กตรอน
   3. ความแตกต่างของความเข้มข้นของโปรตอนระหว่างภายนอกและภายในของไทลาคอยด์
   4. ความแตกต่างของความเข้มข้นของอิเล็กตรอนระหว่างภายนอกและภายในของไทลาคอยด์

4. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับอิทธิพลของความเข้มแสงที่มีต่อใบโกสนที่เติบโตในธรรมชาติ
   1. เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ใบจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อพื้นที่ลดลง
   2. เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น อัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิจะเพิ่มขึ้นเสมอ
   3. เมื่อความเข้มแสงลดลง ใบจะสร้างแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นเพื่อช่วยในการรับแสง
   4. เมื่อความเข้มแสงลดลง ใบจะสร้างคิวทิเคิลเพิ่มขึ้นเพื่อทำหน้าที่เป็นเลนส์รวมแสงช่วยให้แพลิเซดเซลล์ได้รับแสงเต็มที่

5. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช เกิดขึ้นที่ใด
    1. ทุกเซลล์ของพืช C_3 และพืช CAM
    2. มีโซฟิลล์ของพืช C_3 และพืช C_4
    3. เฉพาะที่บันเดิลชีทของพืช C_4 และทุกเซลล์ของพืช CAM
    4. เฉพาะที่บันเดิลชีทของพืช C_4 และมีโซฟิลล์ของพืช CAM

6. ข้อใดถูกต้องสำหรับปฏิกิริยาแสง (light reaction)
    1. กลุ่มโปรตีนสำคัญในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาแสงมีเพียง 2 กลุ่ม คือ ระบบแสง I และระบบแสง II
    2. คลอโรฟิลล์ทุกโมเลกุลในระบบแสง สามารถเป็นตัวให้อิเล็กตรอนในปฏิกิริยาแสง หากได้รับคลื่นแสงที่เหมาะสม
    3. ATP synthase ที่อยู่บริเวณเยื่อไทลาคอยด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสร้าง ATP ในปฏิกิริยาแสง
    4. การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรทำให้ได้ NADH

7. ข้อใดถูก สำหรับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
    1. ผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงคือ แก๊สออกซิเจน และ G3P (PGAL)
    2. ในวัฏจักรคัลวิน RuBP สามารถตรึงได้ทั้งคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน
    3. Rubisco เป็นโปรตีนที่พบมากที่สุดในพืช และพบในทุกเซลล์ที่มีชีวิตของพืช
    4. เซลล์บันเดิลชีทของพืช C_4 มี PEP carboxylase และ Rubisco ช่วยกันตรึงคาร์บอนไดออกไซด์

8. ข้อใดถูกสำหรับปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์
    1. PGA เป็นสารเสถียรตัวแรกที่เกิดจากขั้นตอนการรวมกันของ RuBP และ CO_2 โดยได้พลังงานจาก ATP
    2. ผลผลิตสุดท้ายของปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ คือ G3P หรือ PGAL
    3. ขั้นตอนรีเจนเนอเรชัน คือขั้นตอนที่นำ PGAL 2 โมเลกุล สร้างน้ำตาล C_6 1 โมเลกุล
    4. น้ำตาล C_6 ที่เกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ สามารถลำเลียงไปยังไมโทคอนเดรียได้โดยตรงเพื่อสลายให้ได้พลังงาน

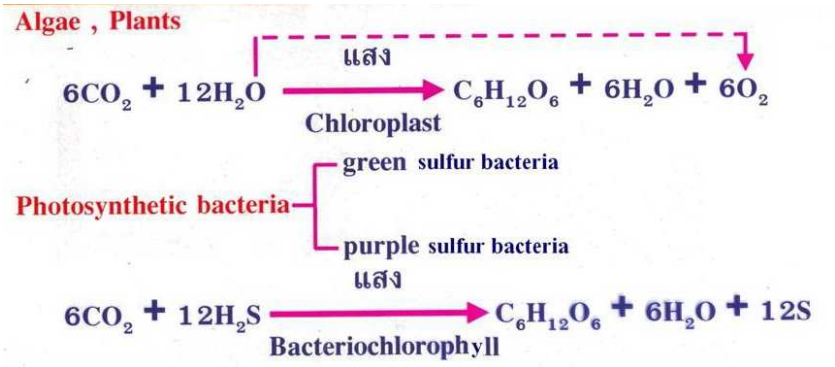
9. ในสภาวะปกติข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง
    1. พืช C_3 สังเคราะห์แสงในเวลากลางวัน ส่วนพืช CAM สังเคราะห์แสงในเวลากลางคืน
    2. พืช C_3 สังเคราะห์แสงในเวลากลางวัน ส่วนพืช C_4 สังเคราะห์แสงในเวลากลางคืน
    3. พืช C_4 สังเคราะห์แสงในเวลากลางวัน ส่วนพืช CAM สังเคราะห์แสงในเวลากลางคืน
    4. พืช C_4 และ CAM สังเคราะห์แสงในเวลากลางวัน

10. ข้อเปรียบเทียบระหว่างพืช C_3 และพืช C_4 ข้อใดไม่ถูกต้อง

	ข้อเปรียบเทียบ	พืช C_3	พืช C_4
1.	บันเดิลชีทของใบ	อาจมีหรือไม่มี	มี
2.	คลอโรพลาสต์ที่เซลล์บันเดิลชีท	ไม่มี	มี
3.	การได้ CO_2 จำนวนครั้งของการตรึง CO_2 และแหล่งที่เกิด ปฏิกิริยาตรึง	ได้จากอากาศ 1 ครั้ง ซึ่งเกิดการตรึงที่เซลล์มีโซฟิลล์	ได้จากอากาศ 1 ครั้ง ซึ่งเกิดการตรึงที่เซลล์มีโซฟิลล์และได้จากการเกิดภายในใบอีก 1 ครั้ง ซึ่งเกิดการตรึงที่เซลล์บันเดิลชีท
4.	สารตัวแรกที่เกิดจากการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์	กรดฟอสโฟกลีเซอริก	กรดมาลิก

การสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis)

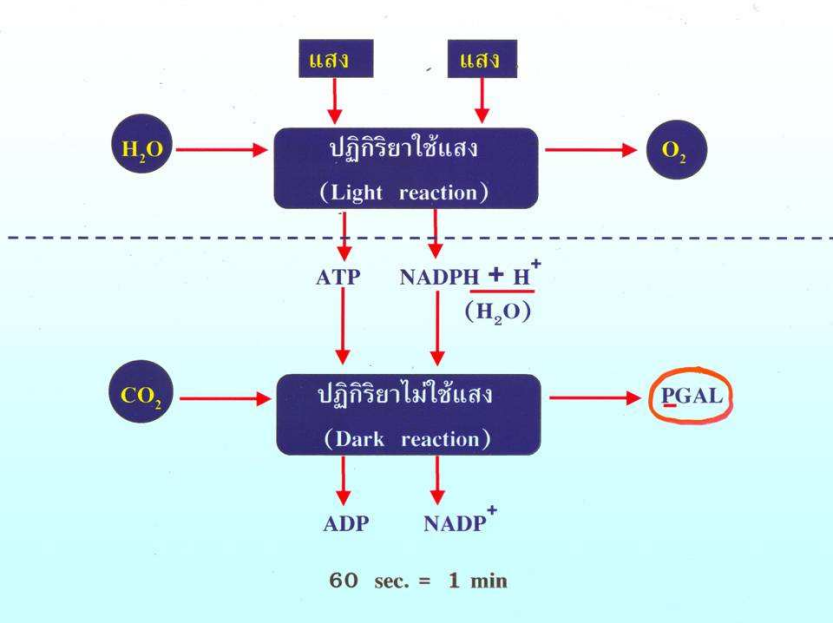
ปฏิกิริยาการสร้าง PGAL จาก CO_2 กับ H ของ H_2O หรือ H_2S โดยอาศัยพลังงานแสง และได้ O_2 หรือ S เป็น by products



การสังเคราะห์ด้วยแสง แบ่งเป็น 2 ขั้น คือ

1. ปฏิกิริยาใช้แสง (light reaction หรือ photochemical reaction) เป็นปฏิกิริยาขั้นที่พืชรับพลังงานแสงมาใช้สร้างสารอินทรีย์พลังงานสูง 2 ชนิด คือ $NADPH + H^+$ และ ATP โดยใช้ H_2O เป็นวัตถุดิบและเกิด O_2 เป็นผลิตผลพลอยได้

2. ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง (dark reaction หรือ enzyme reaction) เป็นปฏิกิริยาขั้นตอนการสร้างน้ำตาล PGAL จาก CO_2 กับ H ของ H_2O ที่อยู่ในรูป $NADPH + H^+$ โดยพลังงานจาก ATP



ความสำคัญของ Photosynthesis

1. สร้างสารประกอบอินทรีย์ได้มากสุดในโลก
2. ช่วยลด CO_2 และช่วยเพิ่ม O_2

ข้อสรุป : Photosynthesis

ต้องเกิดน้ำตาลเสมอไม่จำเป็นต้องเกิด O_2 เสมอไป

ปัจจัยที่ต้องใช้ในปฏิกิริยาใช้แสง

1. **ระบบแสง (Photosystem)** อยู่ที่เยื่อหุ้มไทลาคอยด์มี 2 ระบบคือ :-

1.1 ระบบแสง 1 (Photosystem I) ประกอบด้วย chlorophyll a ชนิดดูดแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 700 nm ซึ่งจัดเป็นสารที่ระบบ 1 (pigment system 1)

1.2 ระบบแสง 2 (Photosystem II) ประกอบด้วย

1.2.1 Chlorophyll

a ชนิดดูดแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 680 nm

b ในพืชและสาหร่ายสีเขียว

c ในสาหร่ายสีน้ำตาลและสีน้ำตาลแกมเหลือง

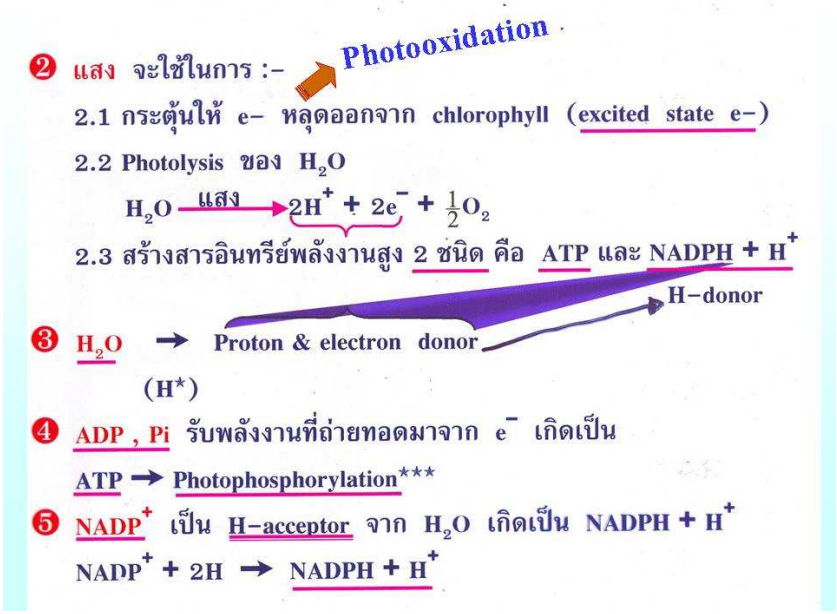
d ในสาหร่ายสีแดง

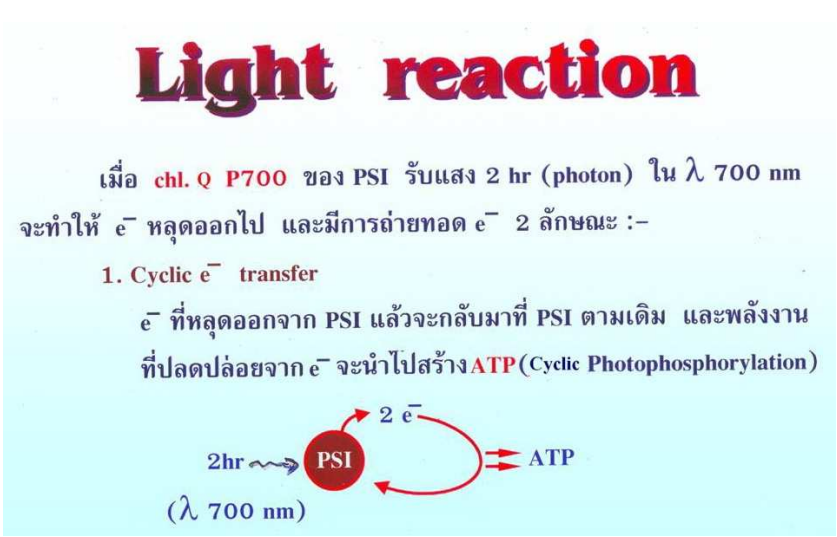
1.2.2 Carotenoid

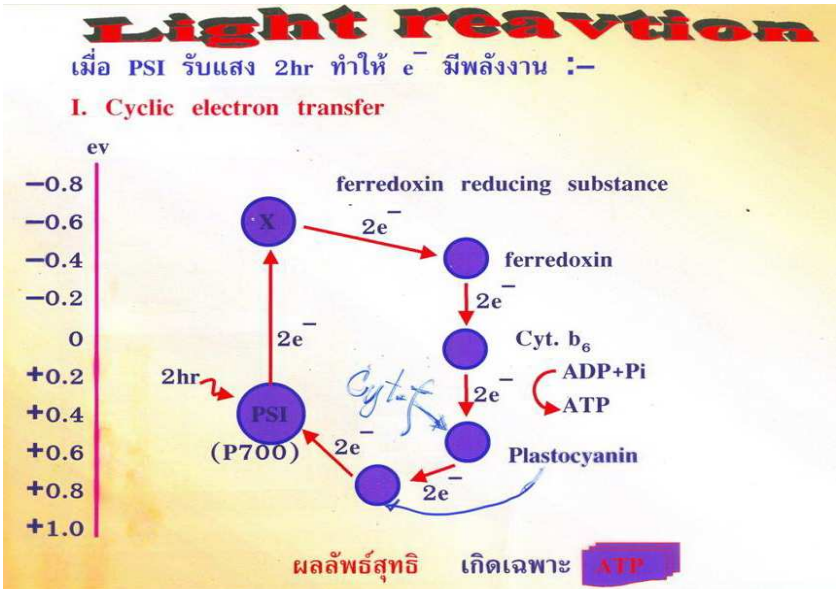
- Carotene
- Xanthophyll

1.2.3 Phycocydnin ในสาหร่ายสีเขียวแกมฟ้า

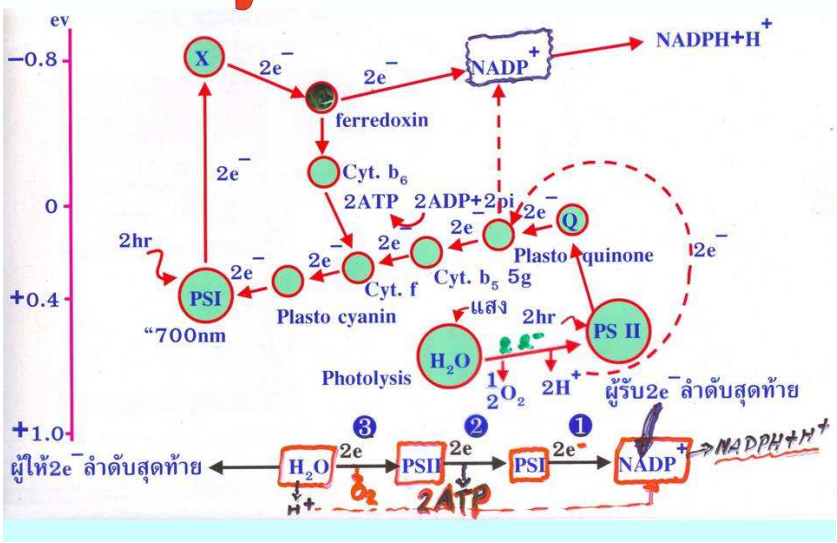
1.2.4 Phycoerythrin ในสาหร่ายสีแดง







II. Noncyclic electron transfer



สิ่งเปรียบเทียบ	Cyclic	Noncyclic
1. ระบบแสง	เฉพาะ PSI	ทั้ง PSI & PSII
2. λ	700 nm	680 , 700 nm
3. Photolysis ของ H_2O	ไม่เกิด	เกิด
4. O_2	ไม่เกิด	เกิด
5. ATP	เกิด	เกิด
6. $NADPH+H^+$	ไม่เกิด	เกิด
ผลลัพธ์สุทธิ	เกิดเฉพาะ ATP	เกิดทั้ง ATP, $NADPH+H^+$, O_2

Dark reaction

➲ การตรึง CO_2 จะเกิดได้ 3 Pathways :-

1. C_3 – Plants ⟹ PGA (3C)
2. C_4 – Plants ⟹ OAA (4C)
3. CAM–Plants ⟹ กระบองเพชร สับปะรด ว่านหางจระเข้

C_3–Plants ⟹ สร้างสารที่มี 3C คือ PGA เป็นตัวแรก

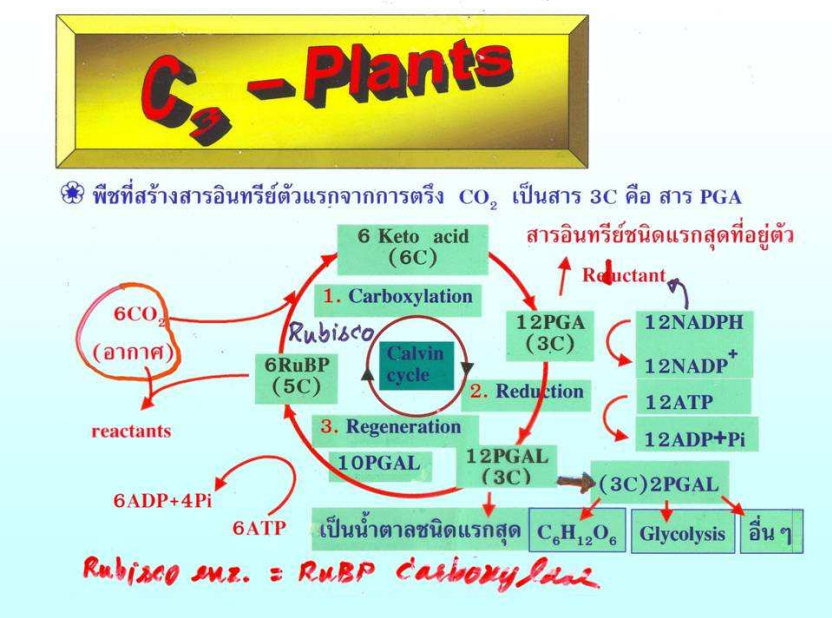
★ Ex Dicots , Monocots ส่วนใหญ่

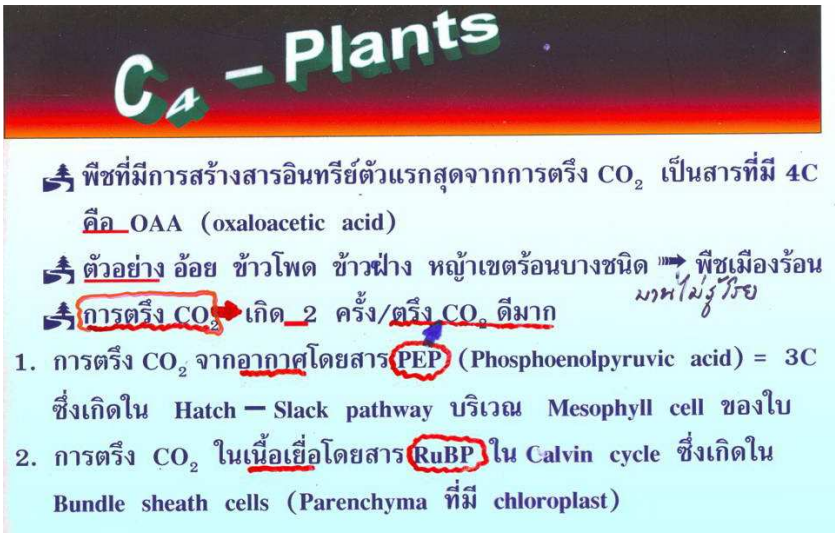
(CO_2 fixer)

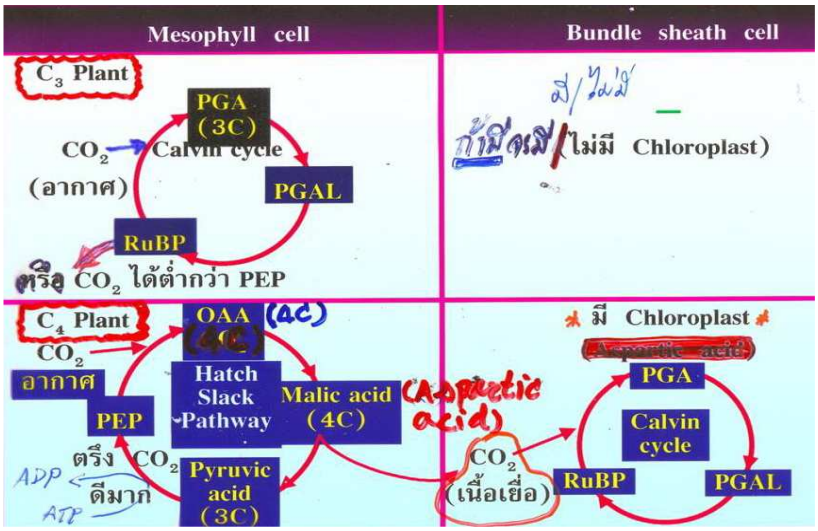
★ ตรึง CO_2 ครั้งเดียวโดยสาร RuBP = 5C (Ribulose bisphosphate)

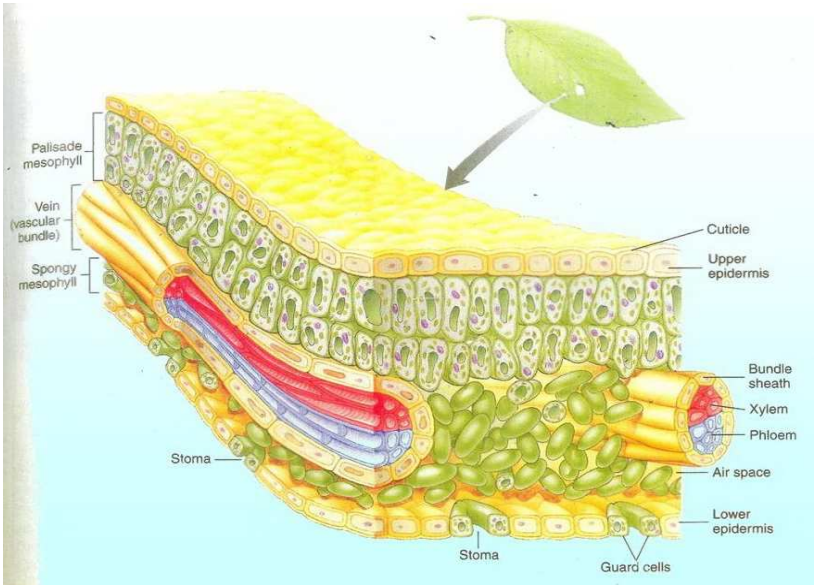
ใน Calvin cycle ซึ่งเกิดใน Mesophyll cell (Palisade , spongy cell) ของใบ

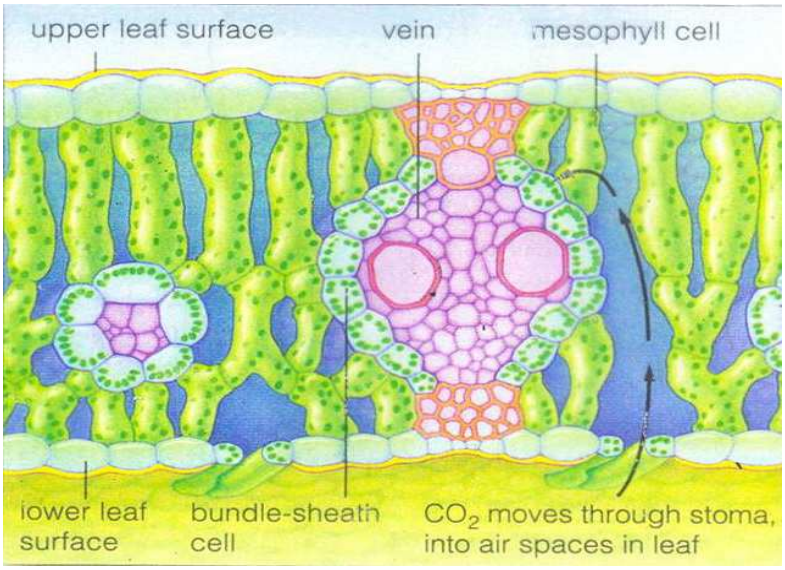
Parenchyma


C3 – Plants
พืชที่สร้างสารอินทรีย์ตัวแรกจากการตรึง CO_2 เป็นสาร 3C คือ สาร PGA
6 Keto acid (6C)
สารอินทรีย์ชนิดแรกสุดที่อยู่ตัว
Reductant
1. Carboxylation
6CO2 (อากาศ)
Rubisco
6RuBP (5C)
Calvin cycle
12PGA (3C)
12NADPH
12NADP+
2. Reduction
12ATP
12ADP+Pi
reactants
3. Regeneration
10PGAL
12PGAL (3C)
(3C)2PGAL
6ADP+4Pi
6ATP
เป็นน้ำตาลชนิดแรกสุด
C6H12O6
Glycolysis
อื่น ๆ
Rubisco enz. = RuBP carboxylase


C4 – Plants
พืชที่มีการสร้างสารอินทรีย์ตัวแรกสุดจากการตรึง CO_2 เป็นสารที่มี 4C คือ OAA (oxaloacetic acid)
ตัวอย่าง อ้อย ข้าวโพด ข้าวฟ่าง หญ้าเขตร้อนบางชนิด ⇒ พืชเมืองร้อน
การตรึง CO_2 เกิด 2 ครั้ง/ตรึง CO_2 ดีมาก
1. การตรึง CO_2 จากอากาศโดยสาร PEP (Phosphoenolpyruvic acid) = 3C ซึ่งเกิดใน Hatch – Slack pathway บริเวณ Mesophyll cell ของใบ
2. การตรึง CO_2 ในเนื้อเยื่อโดยสาร RuBP ใน Calvin cycle ซึ่งเกิดใน Bundle sheath cells (Parenchyma ที่มี chloroplast)


Mesophyll cell
Bundle sheath cell
C3 Plant
PGA (3C)
CO2 (อากาศ)
Calvin cycle
PGAL
RuBP
ตรึง CO2 ได้ต่ำกว่า PEP
(ไม่มี Chloroplast)
C4 Plant
OAA (4C)
CO2
อากาศ
PEP
Hatch Slack Pathway
Malic acid (4C)
มี Chloroplast
PGA
Calvin cycle
RuBP
PGAL
ตรึง CO2 ดีมาก
Pyruvic acid (3C)
ADP
ATP
CO2 (เนื้อเยื่อ)





Typical C4 plant leaf in cross-section

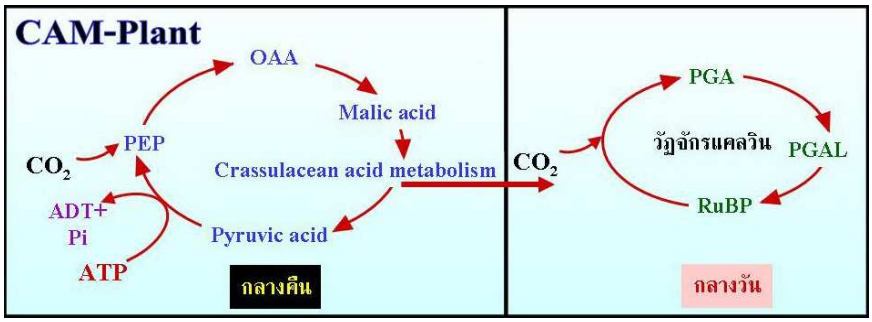
เปรียบเทียบพืช C_3 และ C_4

ชื่อเปรียบเทียบ	พืช C_3	พืช C_4
1. บันเดิลชีท	อาจมีหรือไมมี	มี
2. คลอโรพลาสต์ที่บันเดิลชีท	ไม่มี	มี
3. จำนวนครั้งของการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์	1 ครั้ง	2 ครั้ง
4. สารตัวแรกที่เกิดจากการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์	PGA (3C)	OAA (4C)
5. การเกิดโฟโตเรสไพเรชัน	มี	มีน้อยมาก
6. ประสิทธิภาพของการใช้น้ำ	ต่ำ เพราะใช้น้ำมากต่อการตรึง CO_2 1โมเลกุล	สูง เพราะใช้น้ำน้อยต่อการตรึง CO_2 1โมเลกุล

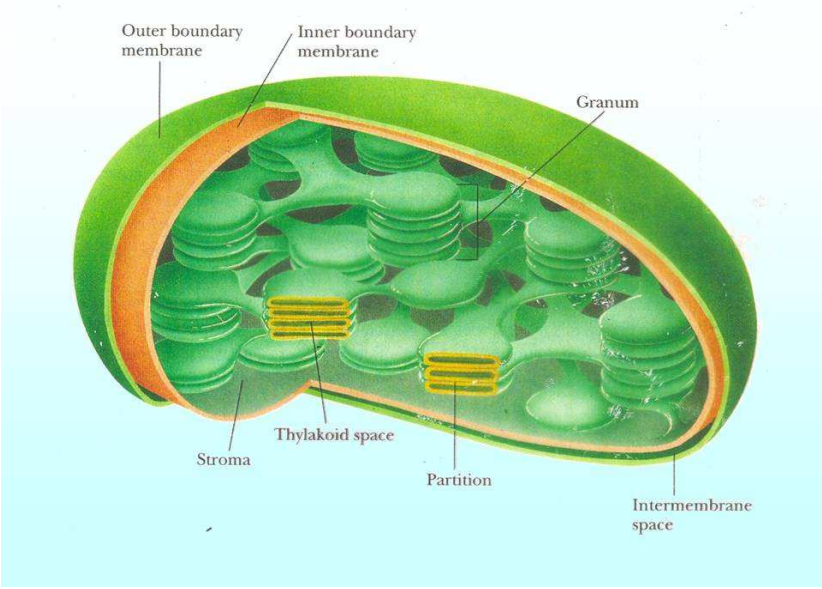
3. พืชซีเอเอ็ม (CAM-plants = Crassulacean acid metabolism plants)

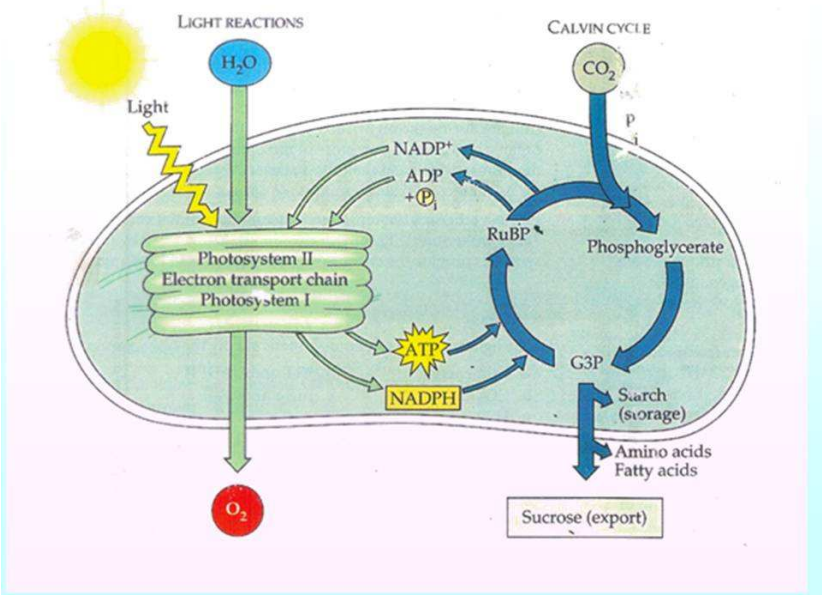
พืชซีเอเอ็ม เป็นพืชที่มีการตรึง CO_2 2 ครั้งเหมือนพืช ซี-4 แต่การตรึง CO_2 ครั้งแรกจะเกิดเวลากลางคืน การตรึง CO_2 ครั้งที่สองเกิดเวลากลางวัน โดยในเวลากลางคืนปากใบเปิด CO_2 จะถูกตรึงโดย PEP เกิดเป็น malic acid เก็บสะสมในแวคิวโอล พอถึงเวลากลางวัน malic acid จะถูกปล่อยออกจากแวคิวโอล และเกิดปฏิกิริยา decarboxylation ทำให้ได้ CO_2 ออกมา เพื่อเข้าสู่วัฏจักรแคลวินต่อไป ตัวอย่างพืช ซีเอเอ็มได้แก่ กระบองเพชร ว่านหางจระเข้ สับปะรด

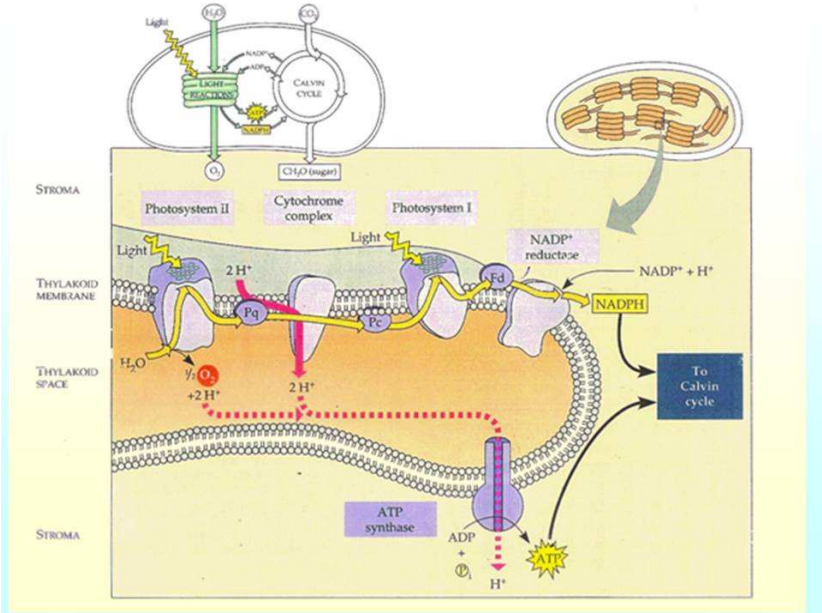
เซลล์มีโซฟิล



เปรียบเทียบปฏิกิริยาไม่ใช้แสงของพืช C-3 พืช C-4 และ CAM plant (Villee et. Al. ,1985)




LIGHT REACTIONS
CALVIN CYCLE
H_2O
CO_2
Light
NADP+
ADP
+Pi
RuBP
Phosphoglycerate
Photosystem II
Electron transport chain
Photosystem I
ATP
NADPH
G3P
Starch
(storage)
Amino acids
Fatty acids
O_2
Sucrose (export)


STROMA
Photosystem II
Cytochrome complex
Photosystem I
Light
Light
NADP+ reductase
NADP+ + H+
THYLAKOID MEMBRANE
2 H+
Pq
Pc
Fd
NADPH
THYLAKOID SPACE
H_2O
$\frac{1}{2}O_2$
+2 H+
2 H+
To Calvin cycle
ATP synthase
ADP
+
Pi
ATP
H+
STROMA