วิชา วิชาสามัญ ชีววิทยา

ม. ปลาย ตอนที่ 04 - 05

เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

โดย พี่วิเวียน นพ วีรวัช อเนกจำนงพร สถาบันกวดวิชา ออนดีมานด์

สามารถรับชม **รายการสอนศาสตร์** ได้ทาง
ทรูปลูกปัญญา TrueVisions 37 | HD 111 | PSI 188
www.trueplookpanya.com/tv : sonsart

PAT 2

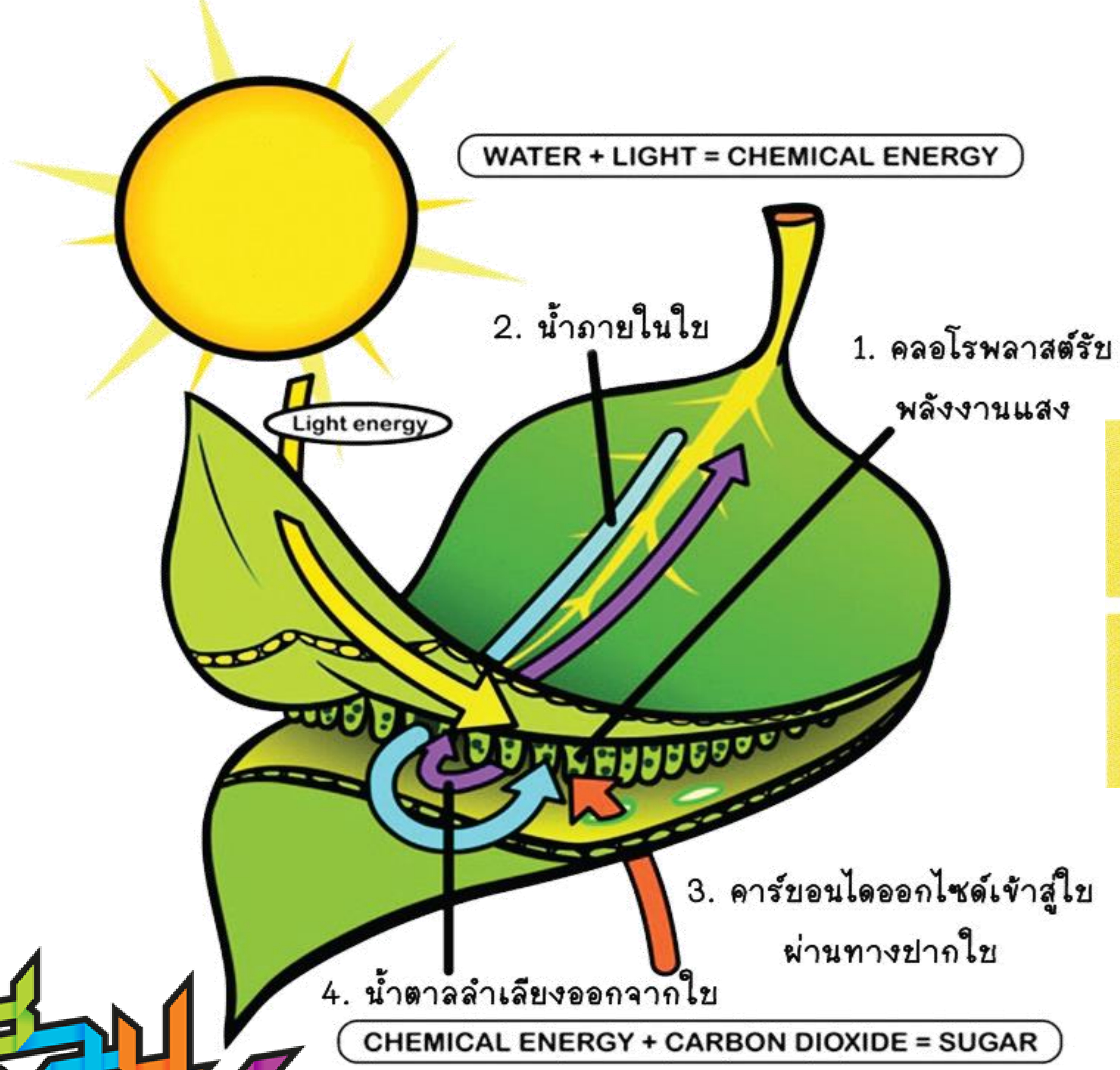
ชีววิทยา : การสังเคราะห์ด้วยแสง

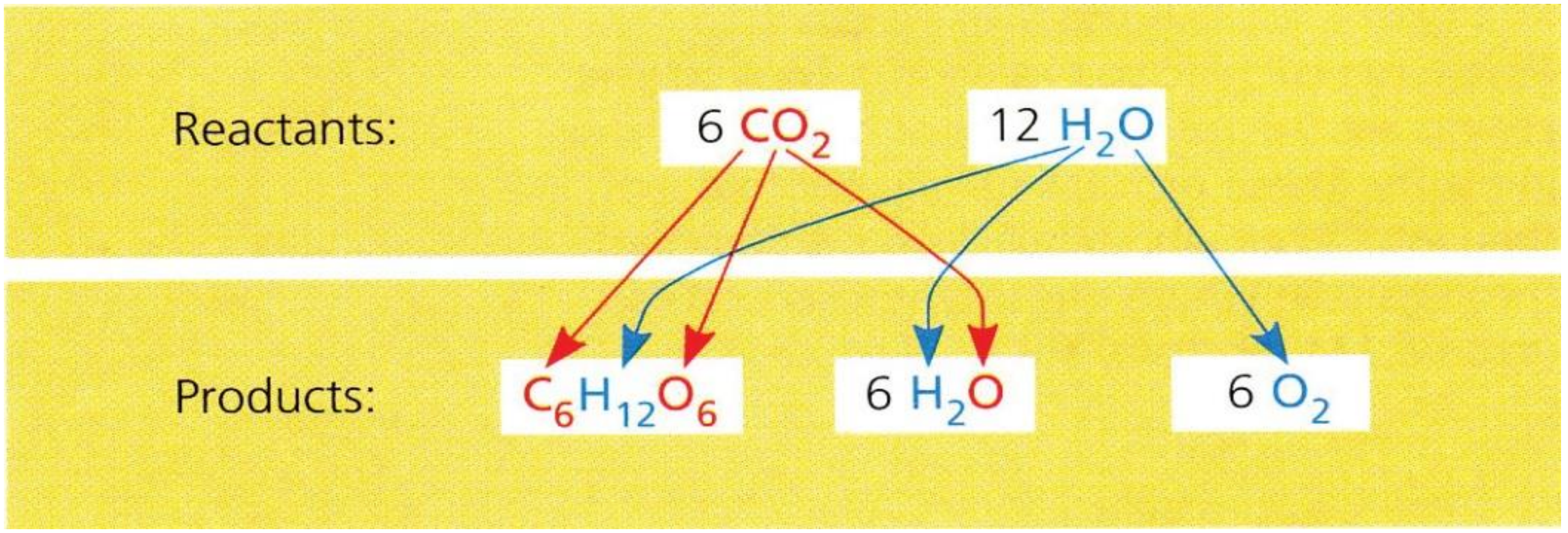
การสังเคราะห์ด้วยแสง

definition

- เป็นการนำพลังงานแสงมาใช้ในการสังเคราะห์น้ำตาล
  - มีผลต่อ osmolarity ของเซลล์
  - เปลี่ยน glucose เป็น sucrose เพื่อใช้ลำเลียงใน phloem
  - เปลี่ยนเป็นแป้งอย่างรวดเร็วที่แหล่งเก็บ
  - มีการผลิต O_2 เป็นผลพลอยได้ (by product)
  - มีการผลิต ATP ระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสง
- ถือเป็น anabolism/ endergonic reaction (ปฏิกิริยาดูดพลังงาน)

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{accessory pigment}]{\text{chlorophyll}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

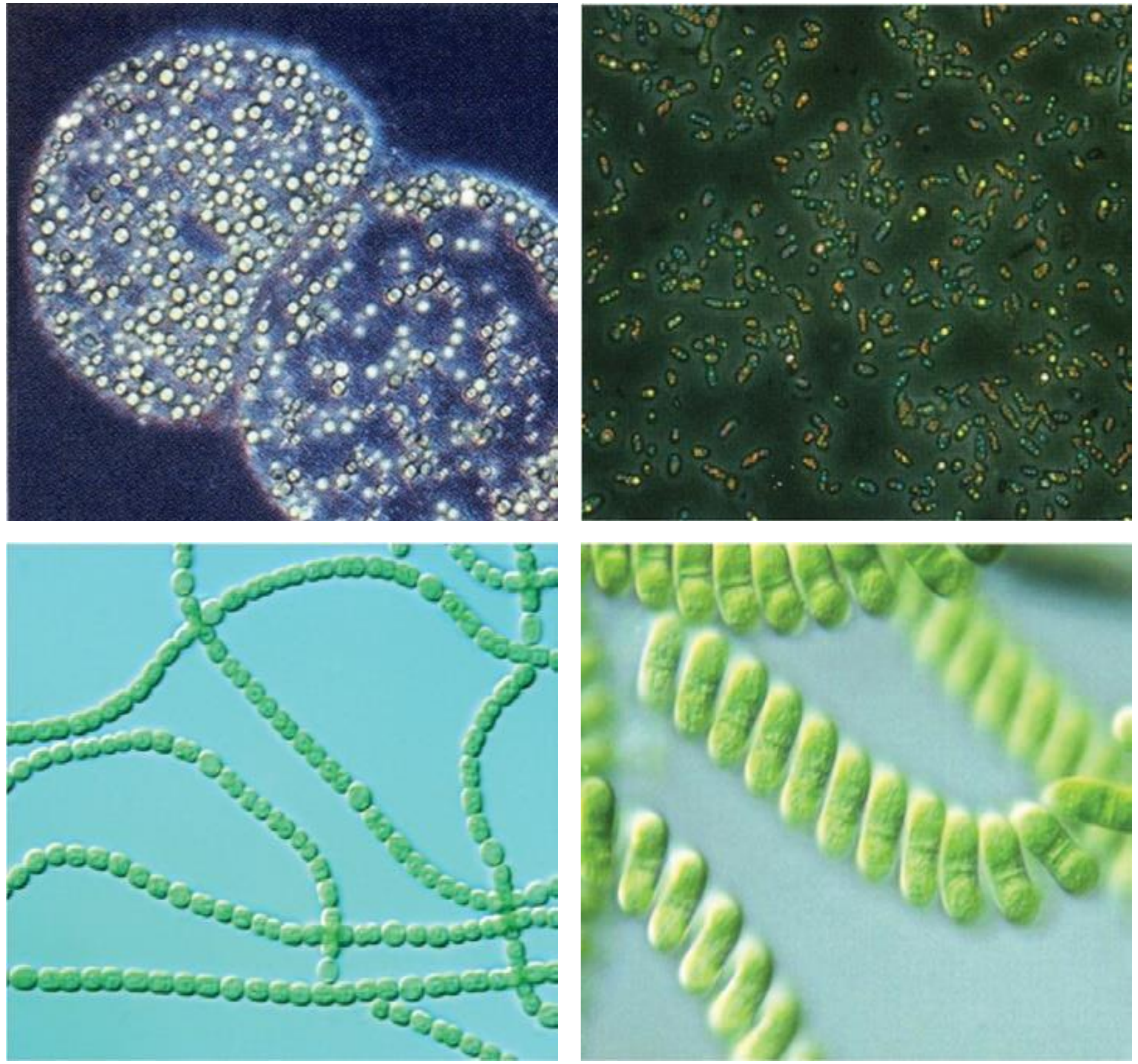

WATER + LIGHT = CHEMICAL ENERGY
Light energy
2. น้ำภายในใบ
1. คลอโรพลาสต์รับ
พลังงานแสง
3. คาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ใบ
ผ่านทางปากใบ
4. น้ำตาลลำเลียงออกจากใบ
CHEMICAL ENERGY + CARBON DIOXIDE = SUGAR


Reactants:
6 CO2
12 H2O
Products:
C6H12O6
6 H2O
6 O2

สิ่งมีชีวิตประเภทไหนบ้างที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ?

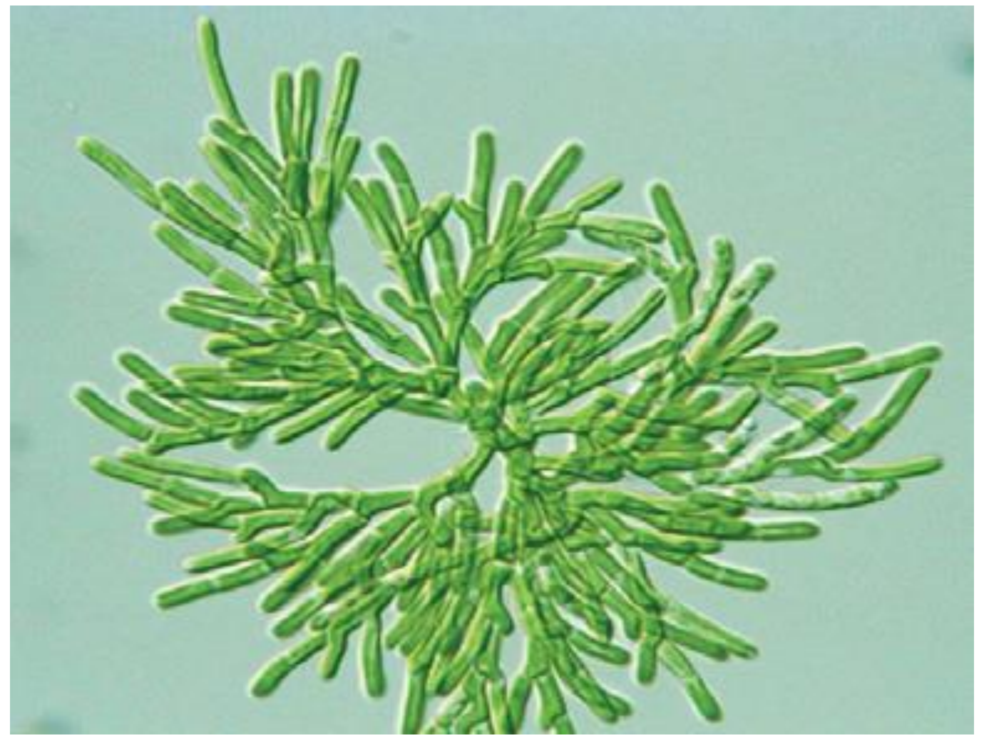
prokaryote ที่มีรงควัตถุ

- bacteria
  - purple sulfur bacteria
  - green sulfur bacteria
- cyanobacteria
  - *Chroococcus turgidus*
  - *Hapalosiphon hibernicus*
  - *Spirulina*
  - *Nostoc*
  - *Anabaena*
  - *Oscillatoria*



eukaryote ที่มีรงควัตถุ

- unicellular protist
  - euglena
- algae ทุกสี
- พืช (เกิดเฉพาะเซลล์ที่มี chloroplast เท่านั้น = มีสีเขียว/ ม่วงทับเขียว)
  - mesophyll cell (palisade + spongy)
  - guard cell/ ~~stoma~~
  - bundle sheath cell ของพืช ~~C3~~, C4, ~~CAM~~
  - ~~epidermis~~
  - รากที่มีสีเขียว เช่น epiphyte, กล้วยไม้
  - ลำต้นที่มีสีเขียว เช่น กระบองเพชร
  - กลีบเลี้ยง



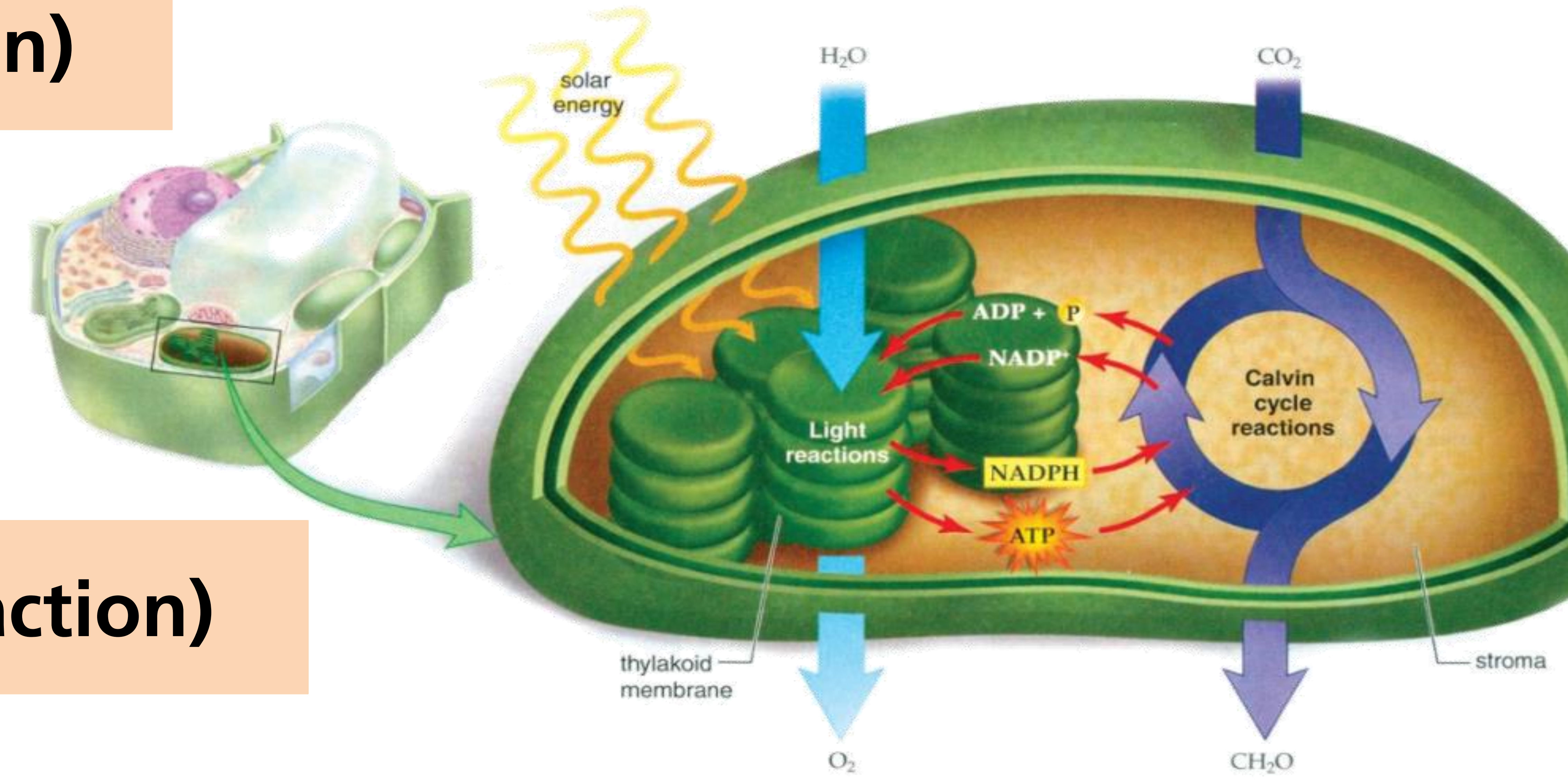
กลไกการสังเคราะห์ด้วยแสง

ปฏิกิริยาใช้แสง (light dependent reaction)

- noncyclic photophosphorylation
- cyclic photophosphorylation

ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง (light independent reaction)

- Calvincycle
- photorespiration
- Hatch-Slack pathway



ปฏิกิริยาใช้แสง (light dependent reaction)

concept

= เป็นปฏิกิริยาที่มีการดูดพลังงานแสงเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี เก็บสะสมในรูปสารพลังงานสูง 2 ชนิด คือ ATP และ NADPH ปฏิกิริยาเกิดขึ้นในสภาวะที่มีแสงเท่านั้น ⟶ แสงกระตุ้นให้ chlorophyll ทำงาน

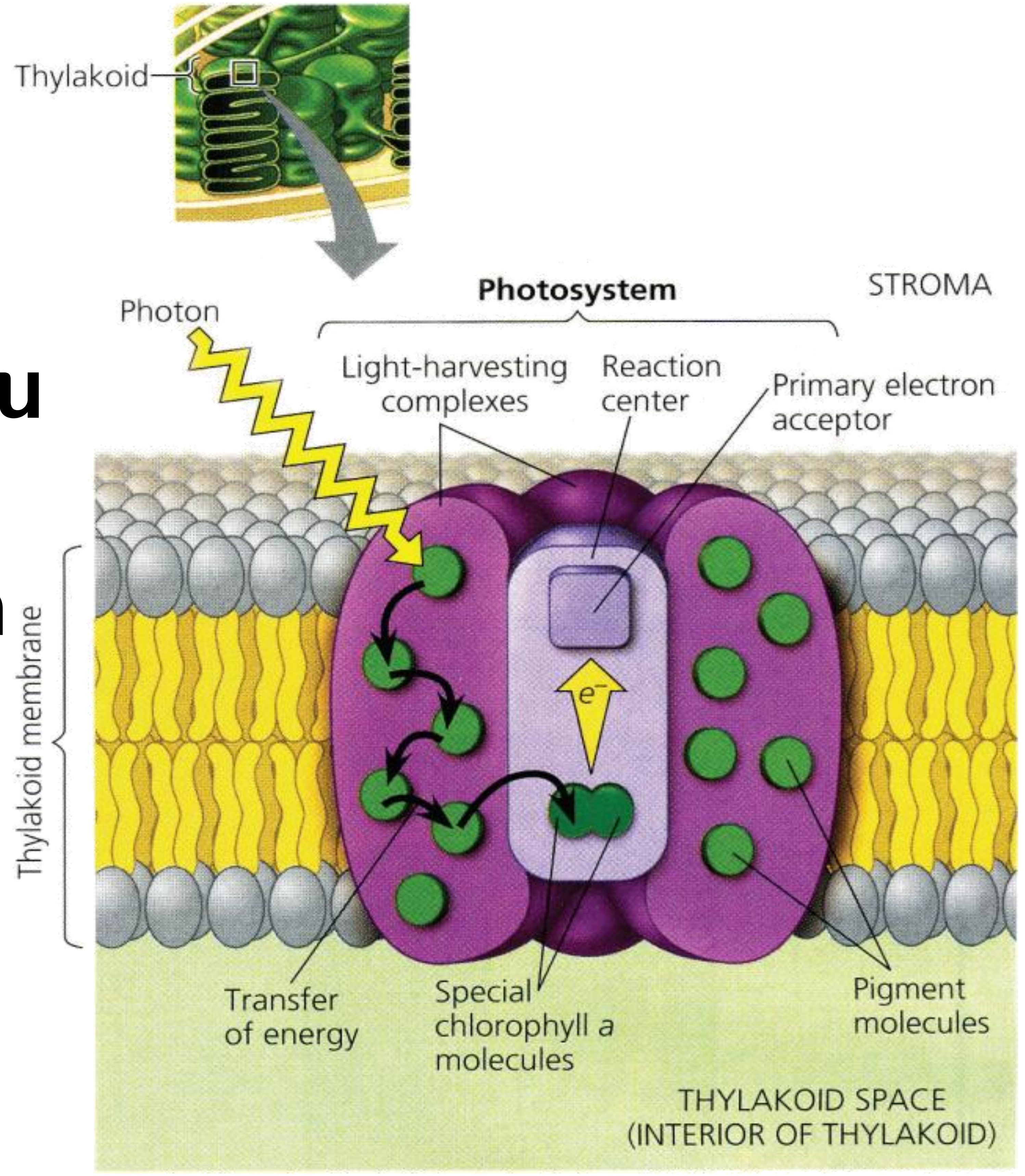
antenna ดูดซับพลังงานแสงในรูปโฟตอน

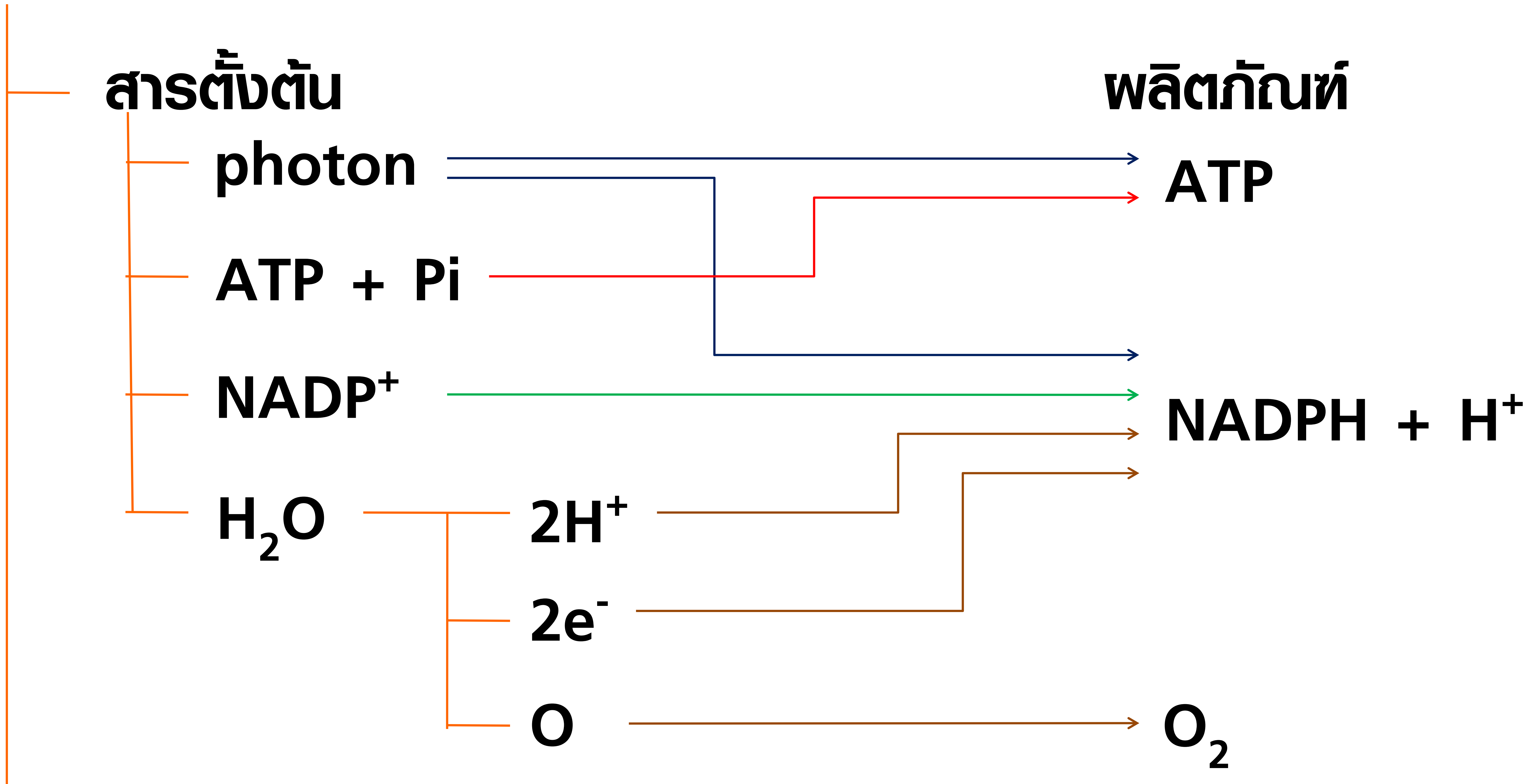
เกิดการส่งต่อพลังงานไปยังโมเลกุลศูนย์กลางปฏิกิริยา (Reaction Center = RC)

e^- หลุดออกมาจาก RC

มีการส่งต่อ e^- ไปเป็นทอดๆ

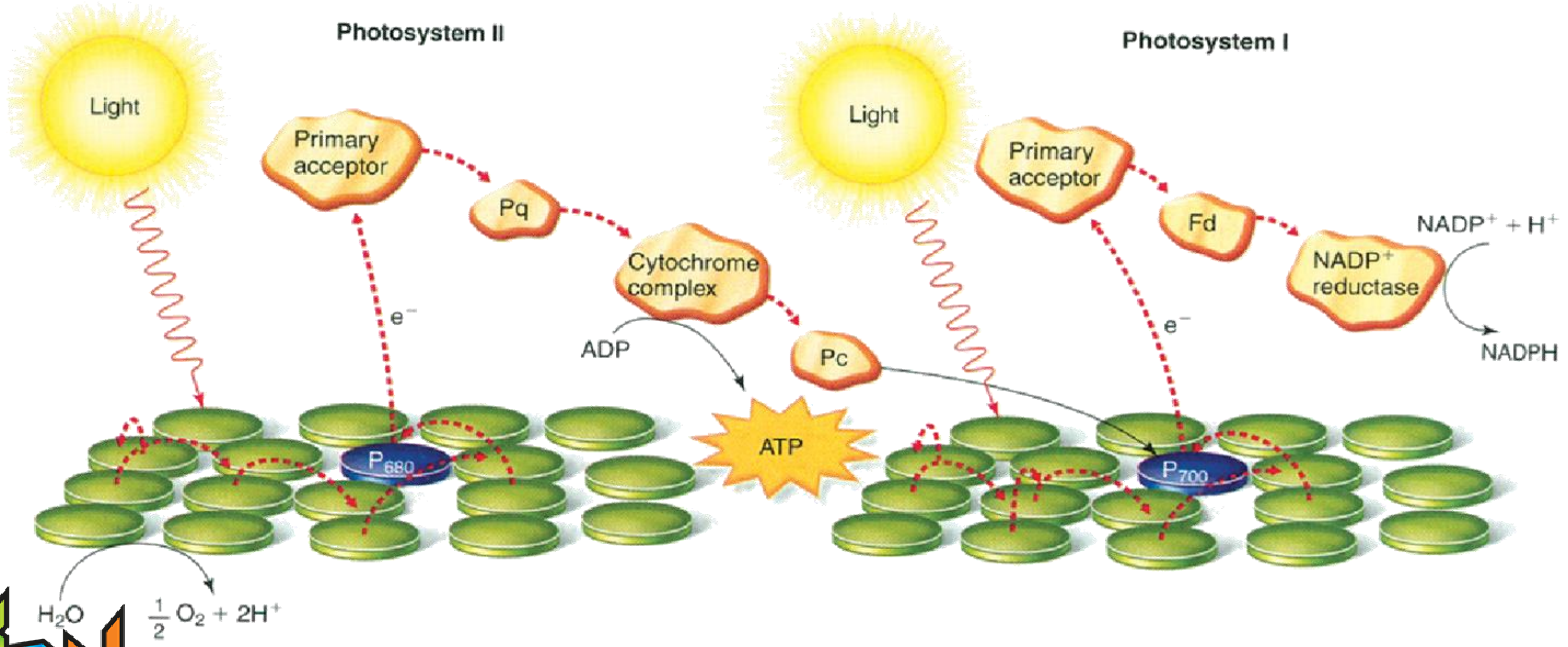
มีการสร้างสารให้พลังงานสูงระหว่างการขนส่ง e^-





เกิดขึ้นที่ thylakoid หรือ stroma lamella

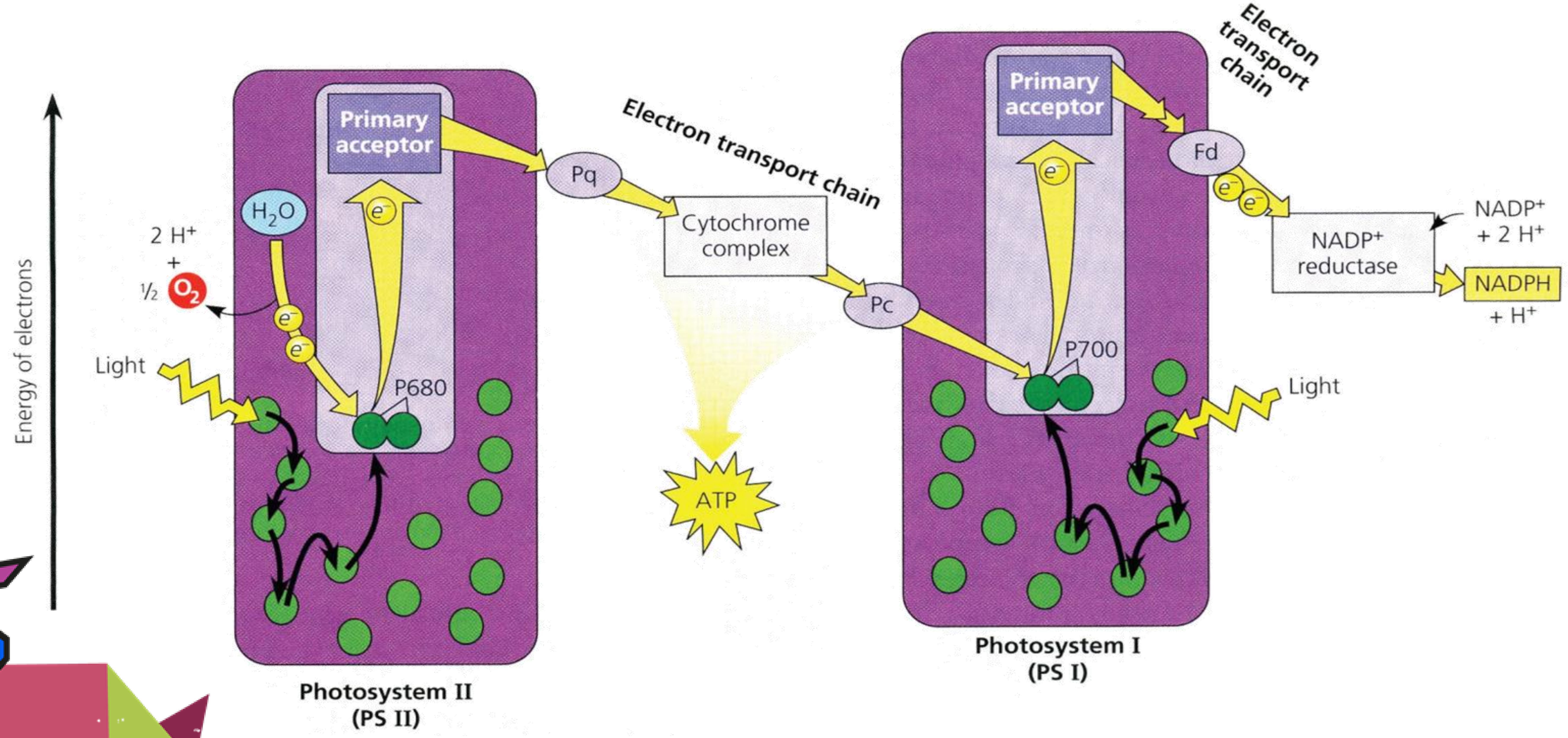
ระบบแสง



Photosystem II
Light
Primary acceptor
Pq
Cytochrome complex
e⁻
ADP
ATP
Pc
P680
H2O
1/2 O2 + 2H+
Photosystem I
Light
Primary acceptor
Fd
NADP+ + H+
NADP+ reductase
NADPH
e⁻
P700

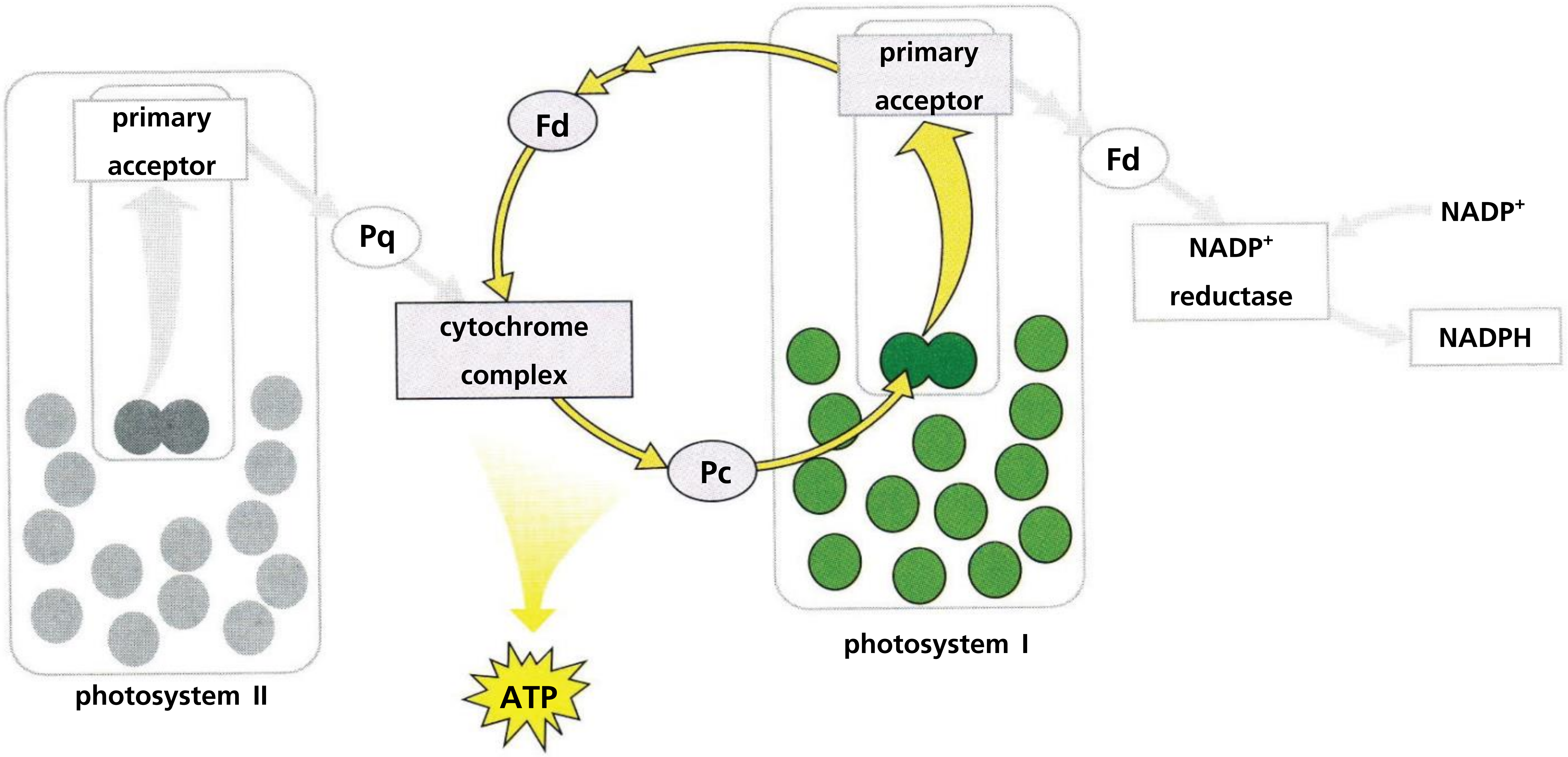
noncyclic photophosphorylation

- เกิดที่ thylakoid หรือ stroma lamella ของพืชทุกกลุ่ม
- เกิดในสภาวะที่มีแสงเท่านั้น



cyclic photophosphorylation

- เกิดที่ thylakoid หรือ stroma lamella ของพืชทุกกลุ่ม
- เกิดในสภาวะที่มีแสงเท่านั้น

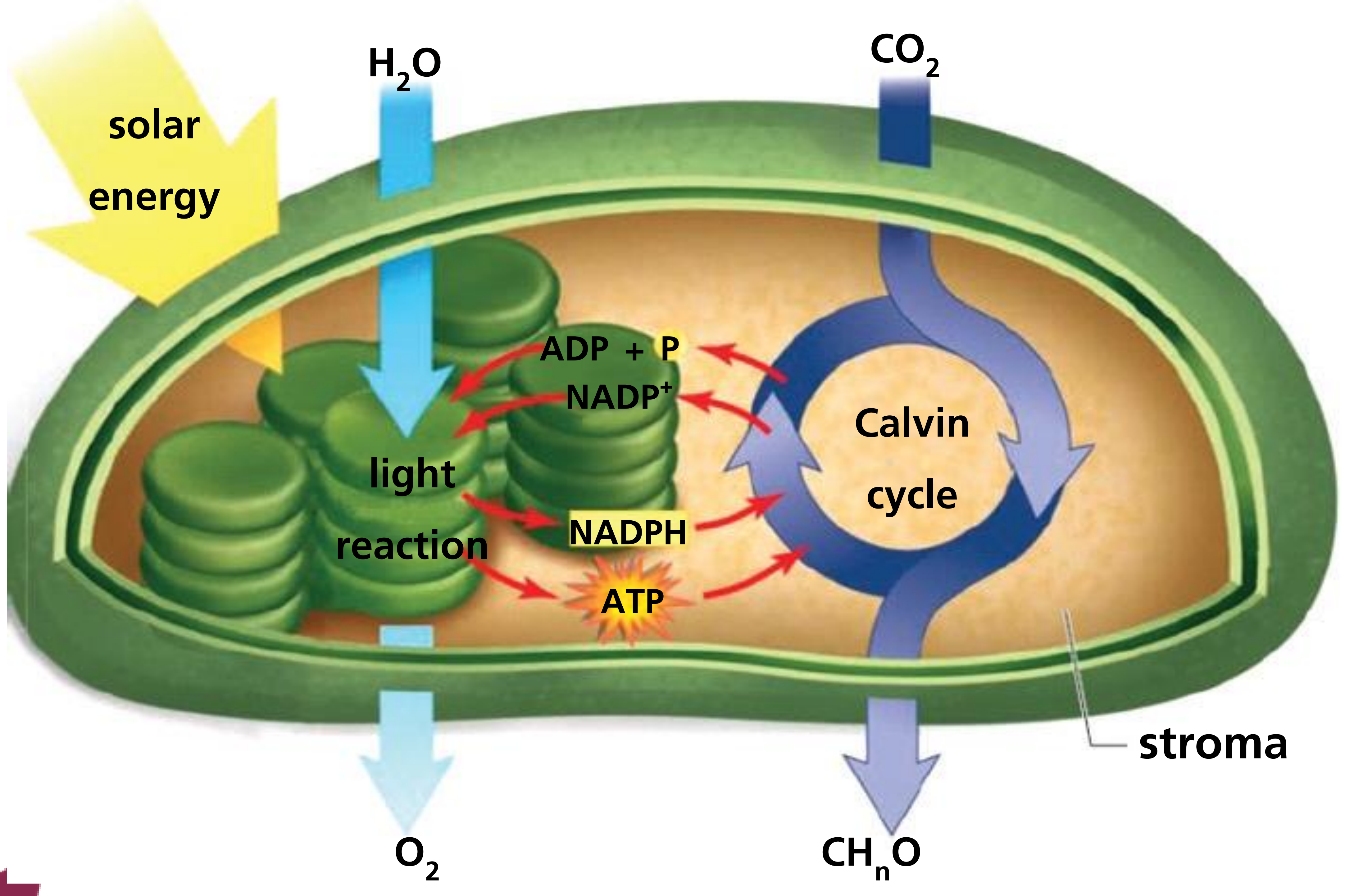


เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรและเป็นวัฏจักร

noncyclic photophosphorylation	cyclic photophosphorylation
1. e^- จะไม่กลับสู่ที่เดิม แต่จะมี e^- จาก PSII มาแทนที่ e^- ใน PSI	1. e^- ที่หลุดจาก chlorophyll ของ PSI จะกลับเข้าสู่ที่เดิม
2. มีการสร้าง NADPH + H^+	2. ไม่มีการสร้าง NADPH + H^+
3. มี O_2 เกิดขึ้น	3. ไม่มี O_2 เกิดขึ้น
4. ใช้รงควัตถุ PSI และ PSII (การทำงานร่วมกันของ PSI และ PSII)	4. ใช้รงควัตถุ PSI เท่านั้น
5. มีกระบวนการ photolysis	5. ไม่มีกระบวนการ photolysis
6. พบในพืชทุกกลุ่ม	6. ส่วนใหญ่พบใน prokaryotic cell

ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง (light independent reaction)

concept : นำเอา ATP/ NADPH ที่ได้จาก light reaction มาใช้เปลี่ยน CO_2 ให้เป็นน้ำตาลโดยไม่มีการใช้พลังงานแสงโดยตรง แต่ผ่าน 3 กระบวนการผลิต คือ Calvin cycle/ photorespiration/ Hatch-Slack pathway

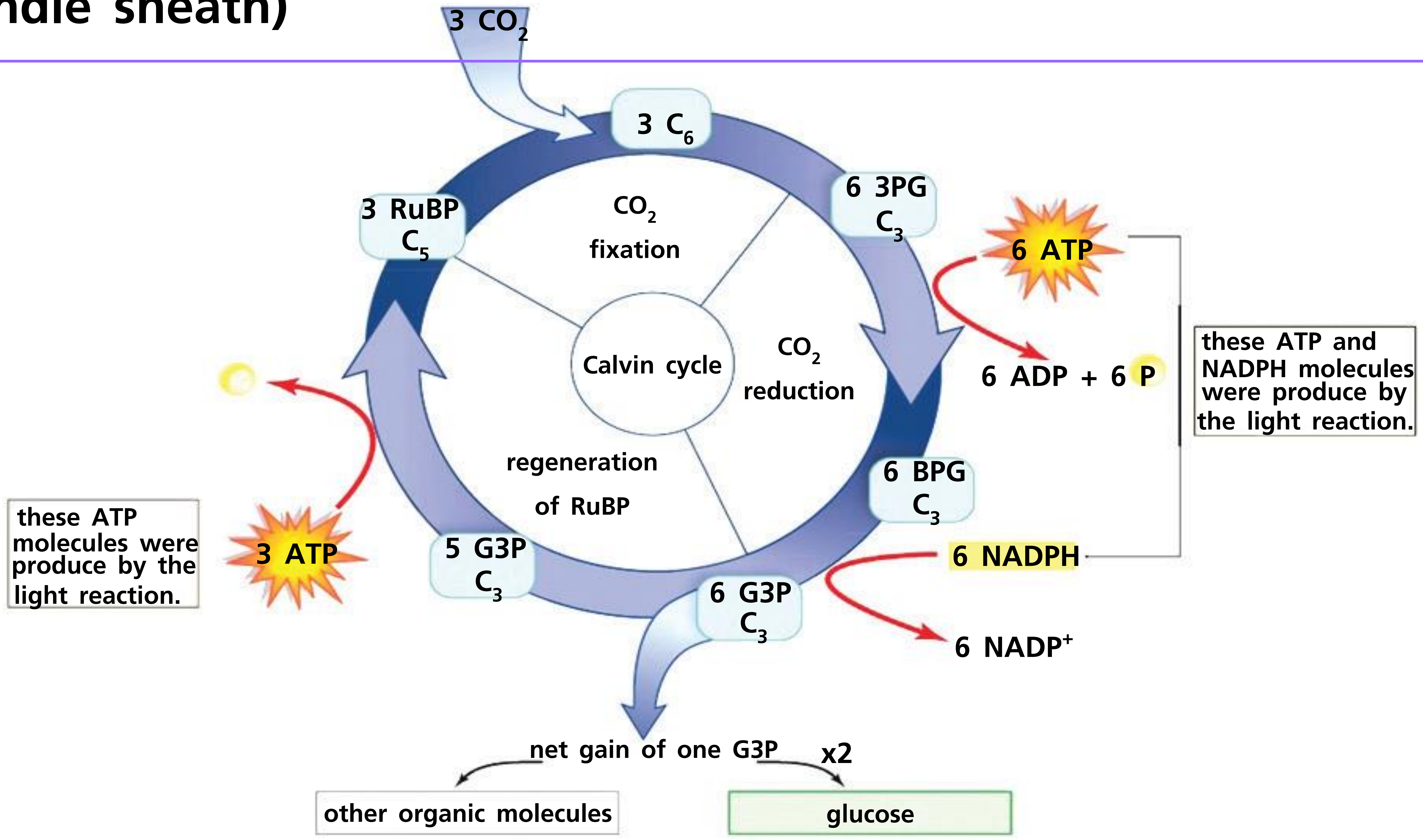


- สารตั้งต้น → ผลิตภัณฑ์
  - ATP → $C_6H_{12}O_6$
  - NADPH → $C_6H_{12}O_6$, H_2O
  - CO_2 → $C_6H_{12}O_6$, H_2O
- เกิดที่ : stroma ในขณะที่มีแสง
  - ATP/ NADPH จาก light reaction ต้องหมุนเวียนมาใช้
  - จำเป็นต้องใช้แสงในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์

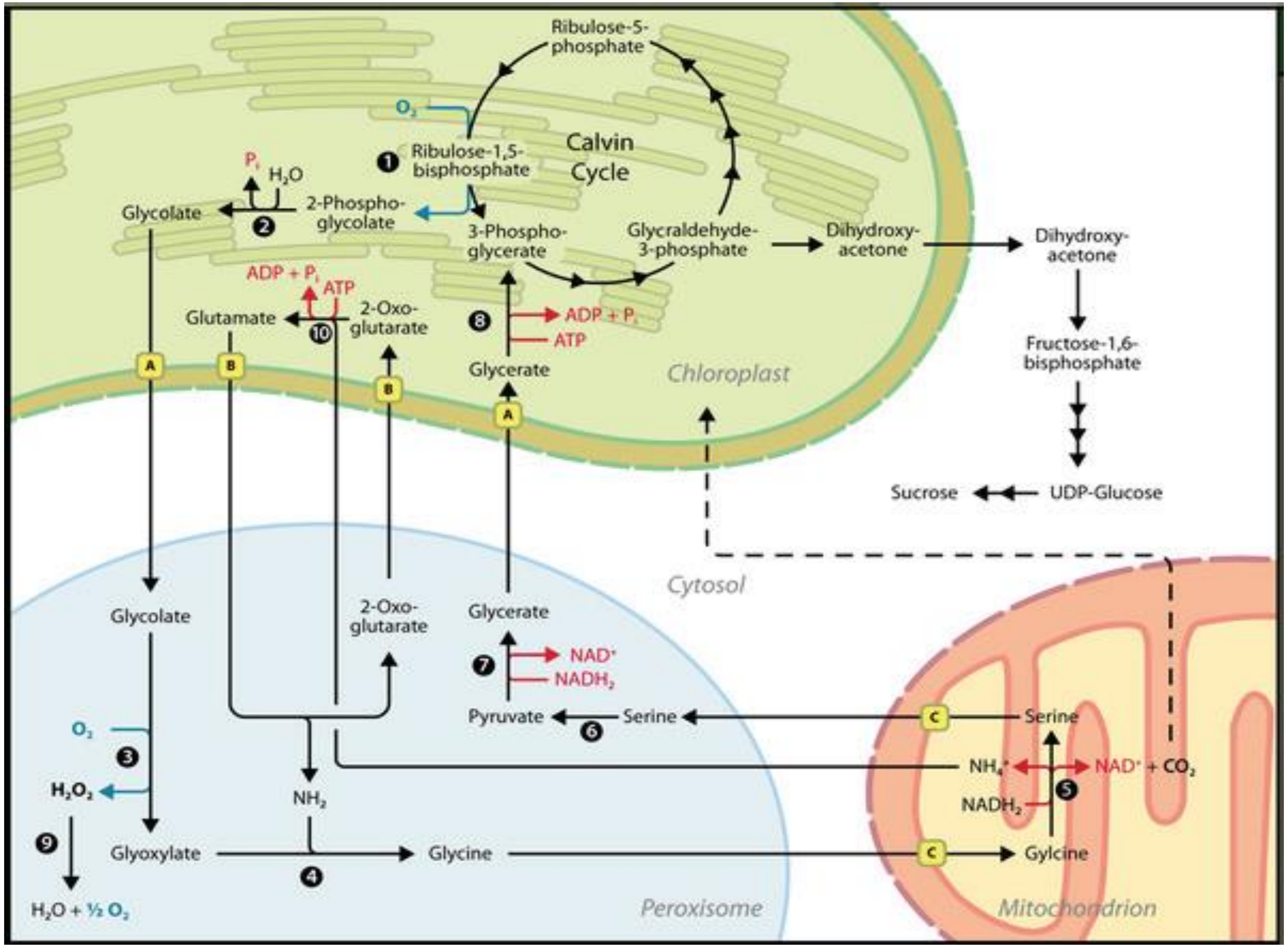
C_3 pathway

- concept : ใช้ Calvin cycle และ photorespiration
- ผลิตภัณฑ์ : ได้ผลิตภัณฑ์ตัวแรกเป็นสาร C 3 อะตอม = 3-PGA จาก Calvin cycle
- ประสิทธิภาพการผลิต
  - ประสิทธิภาพการผลิต glucose ปานกลาง ⟶ เกิดจากการถ่วงดุลกันระหว่าง Calvin cycle กับ photorespiration
  - อัตราการใช้น้ำในการเกิด photolysis สูงสุด (400-500 g/CO_2 1g) ⟶ เกิดจาก photorespiration
- พบใน = พืชทั่วไป
  - พืชใบเลี้ยงคู่ส่วนใหญ่
  - พืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด ⟶ ข้าวสาลี/ ข้าวเจ้า/ ข้าวบาร์เลย์

Calvin cycle (เกิดที่ stroma ในคลอโรพลาสต์ของพืช C_3 ขณะที่มีแสง ⟶ mesophyll/ guard cell/ bundle sheath)



Photorespiration

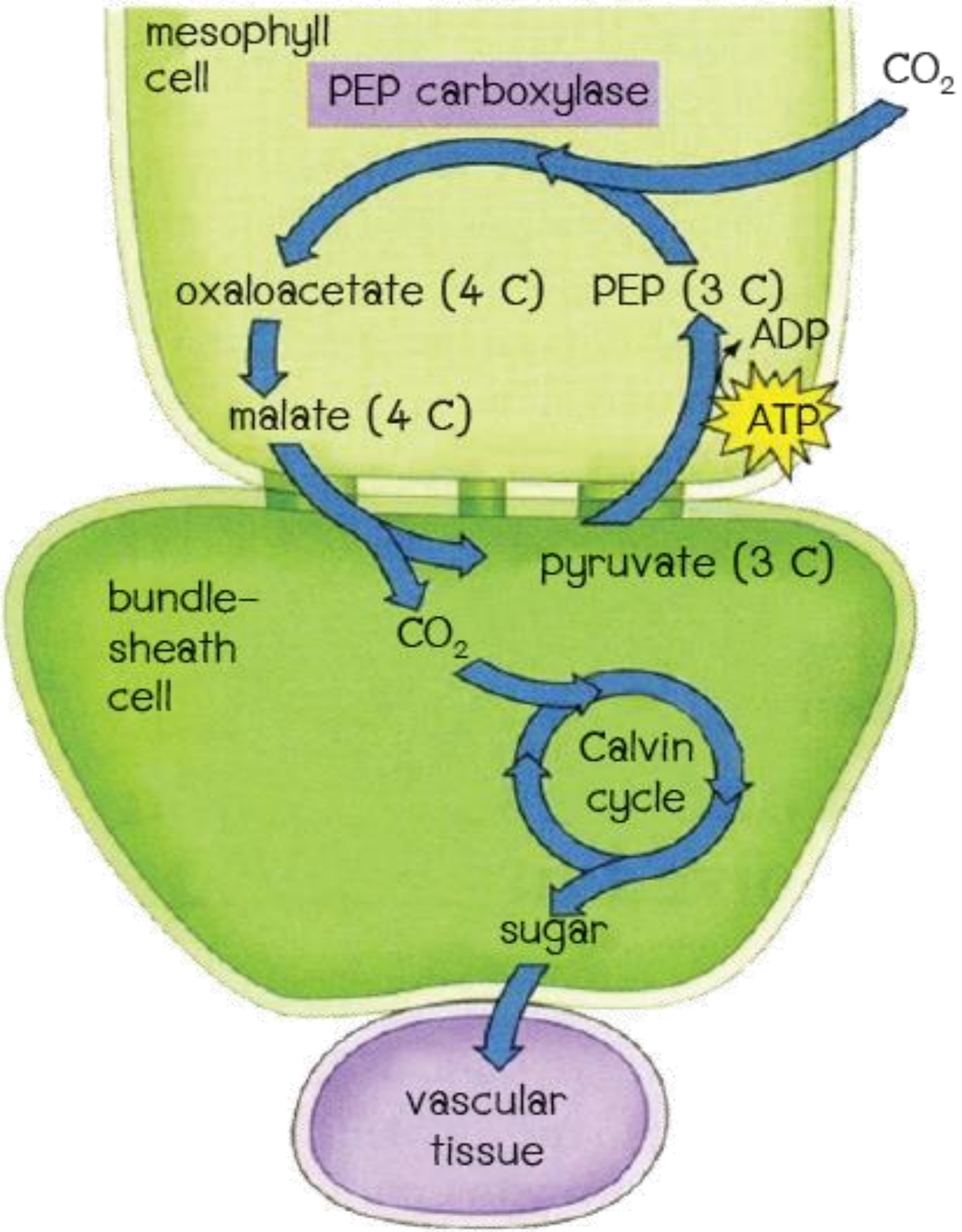


C_4 pathway

- concept : ใช้การตรึง 2 ครั้งผ่าน Kranz anatomy
  - ครั้งที่ 1 : Hatch-Slack pathway (เกิดที่ palisade mesophyll ที่ล้องรอบ bundle sheath cell)
  - ครั้งที่ 2 : Calvin cycle (เกิดที่ bundle sheath cell)
- ผลิตภัณฑ์ : ได้ผลิตภัณฑ์ตัวแรกเป็นสาร C 4 อะตอม OAA จาก Hatch-Slack pathway
- ประสิทธิภาพการผลิต
  - ประสิทธิภาพการผลิต glucose สูงสุด ⟶ ไม่ถูกจำกัดด้วย photorespiration
  - มีอัตราการใช้น้ำในการเกิด photolysis ปานกลาง (250-300 g/CO_2 1g)
- พบใน = พืชเขตร้อน
  - พืชใบเลี้ยงคู่ ⟶ บานไม่รู้โรย/ หงอนไก่
  - พืชใบเลี้ยงเดี่ยว ⟶ ข้าวโพด/ ข้าวฟ่าง/ อ้อย/ หญ้าคา/ หญ้าขน

Hatch-Slack pathway
(เกิดที่ mesophyll cell และ cell อื่นๆ ที่มี chloroplast)

Calvin cycle
(เกิดที่ bundle sheath cell)



CAM pathway

- concept : มีการปิดปากใบในเวลากลางวันเพื่อลดการคายน้ำ

  ขาดวัตถุดิบ (CO_2) ในการสร้างน้ำตาล
  เกิดการตรึงครั้งที่ 1 : Hatch-Slack pathway ในตอนกลางคืน
  แล้วค่อยเกิด light dependent reaction + Calvin cycle ตอนกลางวัน

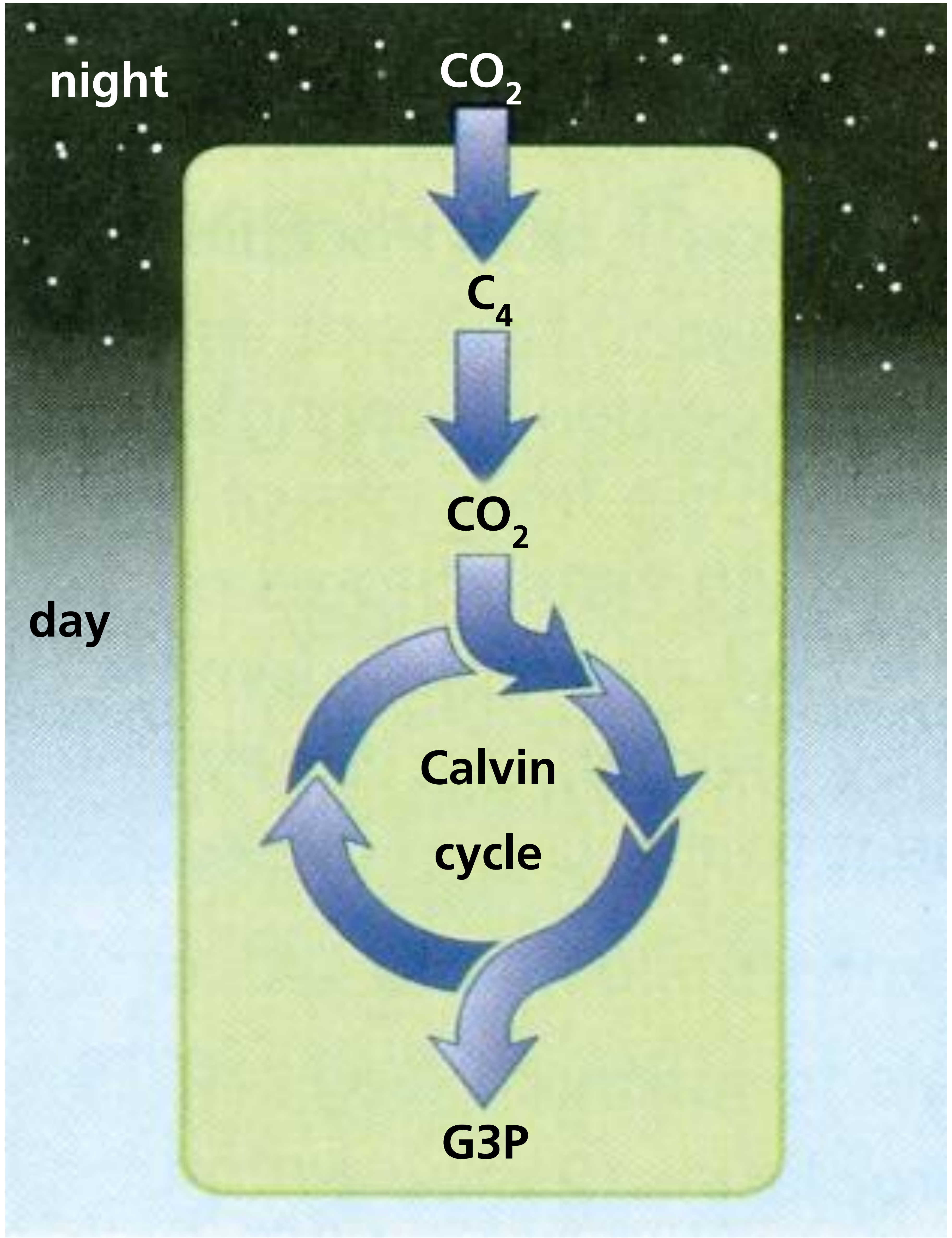
- ผลิตภัณฑ์ : จะมีการสะสมกรดที่มี CO_2 เป็นองค์ประกอบ (malic acid) พบใน sap vacuole
- ประสิทธิภาพการผลิต
  - ประสิทธิภาพการผลิต glucose ต่ำสุด ⟶ เพราะ CO_2 ที่นำมาใช้มีจำกัด
  - มีอัตราการใช้น้ำในการเกิด photolysis น้อยมาก (50-100 g/CO_2 1g)
- พบใน
  - Crassulaceae ⟶ กุหลาบหิน/ คว่ำตายหงายเป็น
  - พืชอวบน้ำ ⟶ กระบองเพชร/ ว่านหางจระเข้/ สับปะรด/ กล้วยไม้/ อะกาเว/ ป่านศรนารายณ์

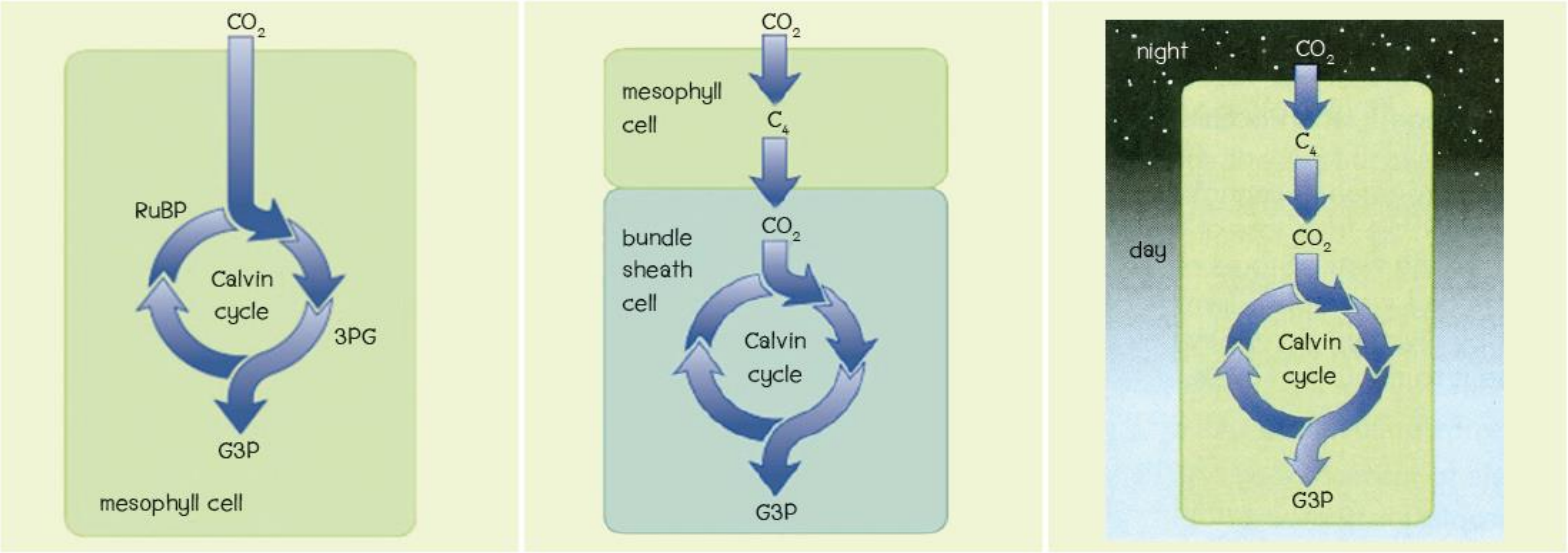
Hatch-Slack pathway

(เวลากลางคืน)

Calvin cycle

(เวลากลางวัน)





CO_2
RuBP
Calvin cycle
3PG
G3P
mesophyll cell
CO_2
mesophyll cell
C_4
bundle sheath cell
CO_2
Calvin cycle
G3P
night
CO_2
C_4
day
CO_2
Calvin cycle
G3P

1. ข้อใดไม่พบในขั้นตอนปฏิกิริยาแสง (light reaction) (PAT2 พ.ย. 58)

1. การสังเคราะห์ ATP ในลูเมน
2. ลำเลียงโปรตอนจากลูเมนไปยังสโตรมา
3. ระบบแสงสองดึงอิเล็คตรอนจากน้ำ
4. การถ่ายทอดอิเล็คตรอนจากระบบแสงสองไปยังระบบแสงหนึ่ง
5. ตัวรับอิเล็คตรอนตัวสุดท้ายคือ $NADP^+$ ส่งผลให้มีการสังเคราะห์ NADPH

2. หากไม่มีการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในระบบแสงจะเกิดผลดังข้อใด (PAT2 มี.ค. 58)

1. ไม่มีอิเล็กตรอนส่งให้ $NADP^+$
2. ไม่เกิดความต่างศักย์ใน stroma
3. ไม่มีอิเล็กตรอนส่งให้ ATP
4. ถูกทั้งข้อ 1 และ 2

3. กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช CAM มีข้อดีอย่างไร (แนวข้อสอบ PAT2 เม.ย. 57)

1. ช่วยให้ปากใบปิดในเวลากลางวัน
2. ทำให้อัตราโฟโตเรสไพเรชันลดลง
3. ทำให้เกิดปฏิกิริยาการตรึงออกซิเจนโดย RUBP มากขึ้น
4. ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์สามารถแพร่ออกนอกรูปากใบได้มากขึ้น

4. การศึกษาโครงสร้างภายในของใบพืชชนิดหนึ่งที่ตัดตามขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงกำลังขยายสูง พบคลอโรพลาสต์ในเยื่อหุ้มท่อลำเลียง (bundle sheath) ล้อมรอบท่อลำเลียง ลักษณะดังกล่าวตรงกับพืชในข้อใดมากที่สุด (แนวข้อสอบ PAT2 เม.ย. 57)

1. ข้าว
2. ข้าวโพด
3. มะเขือเทศ
4. ถั่วเหลือง

www.trueplookpanya.com