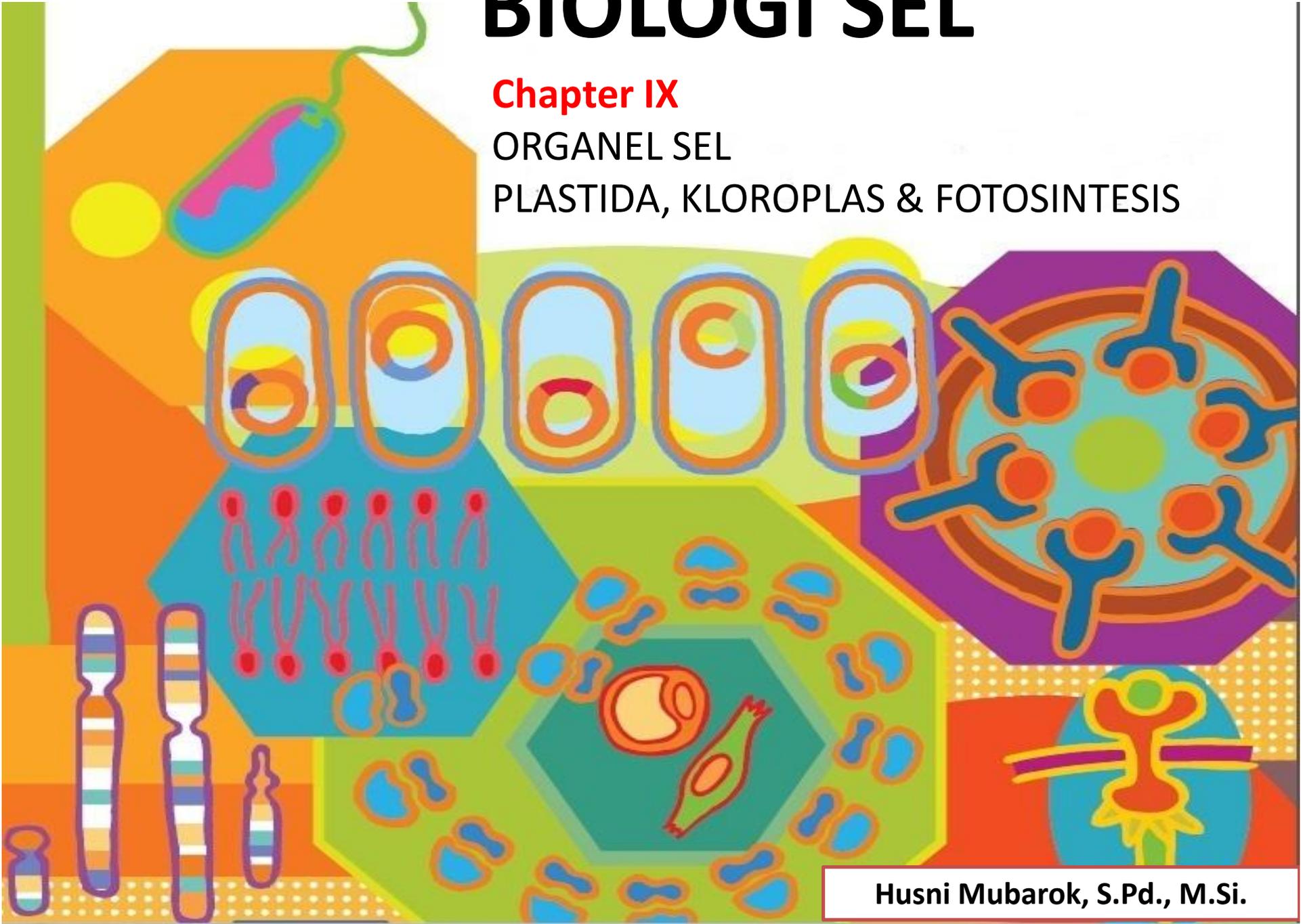


BIOLOGI SEL

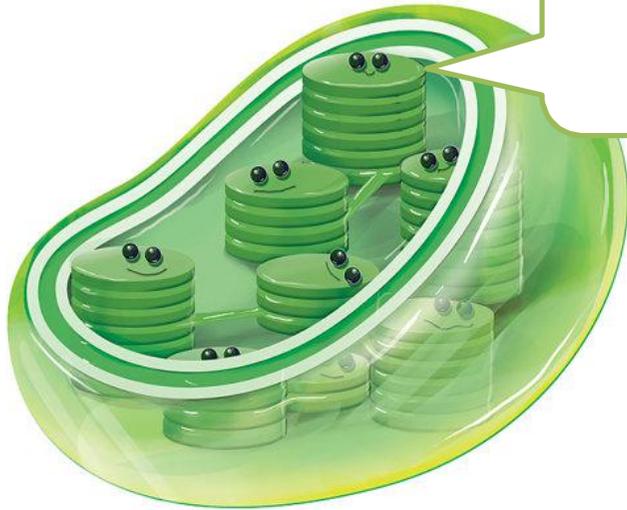
Chapter IX

ORGANEL SEL

PLASTIDA, KLOOROPLAS & FOTOSINTESIS



Husni Mubarok, S.Pd., M.Si.

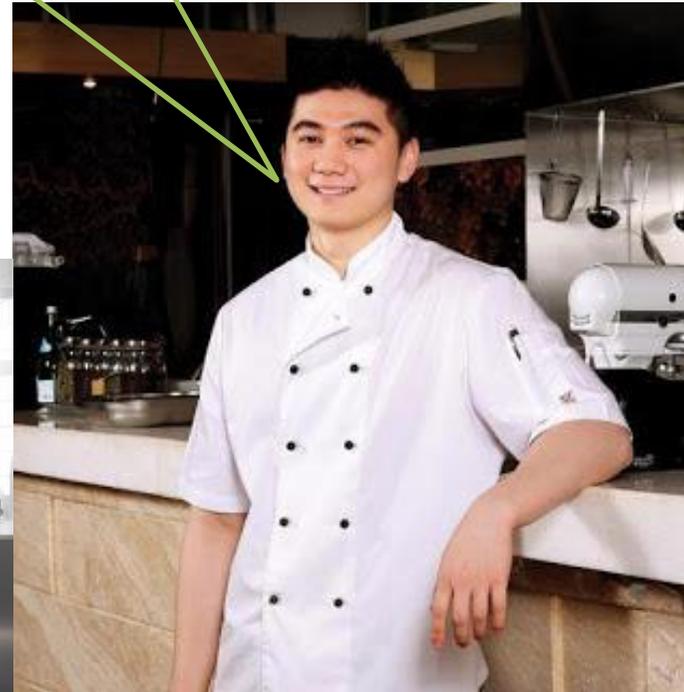


CHLOROPLAST

**Aku Bisa Membuat
"Gula" yang manis**

**Aku Bisa Membuat
Gula2 untukmu manis**

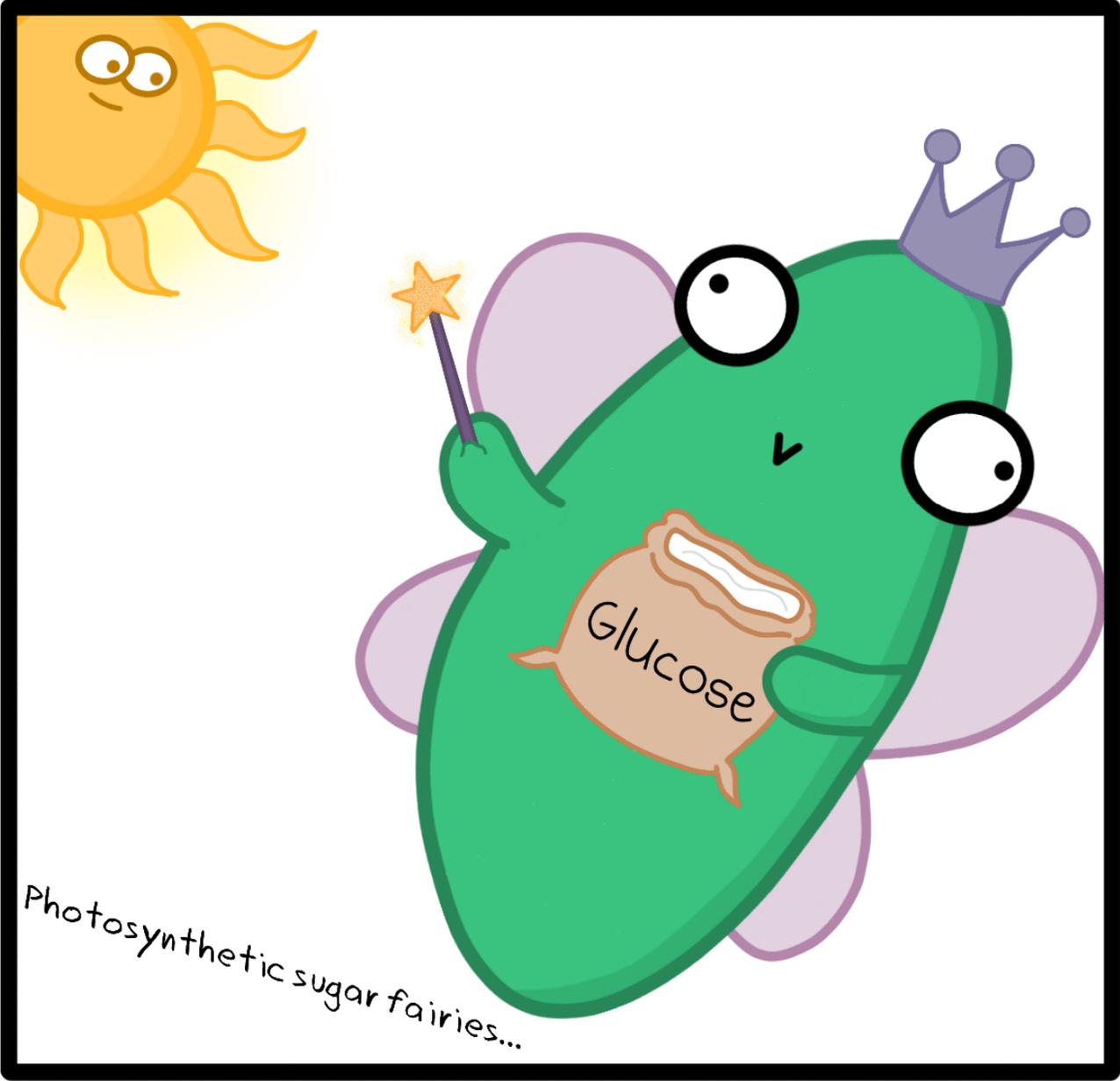
*Mau Dong
Chef*



Chloroplast

Amoeba Sisters

#AmoebaGIFs



Photosynthetic sugar fairies...

Glucose synthesizers of the cell



(a) Plants



(b) Multicellular alga



10 μm

(c) Unicellular eukaryotes



(d) Cyanobacteria

40 μm



1 μm

(e) Purple sulfur bacteria

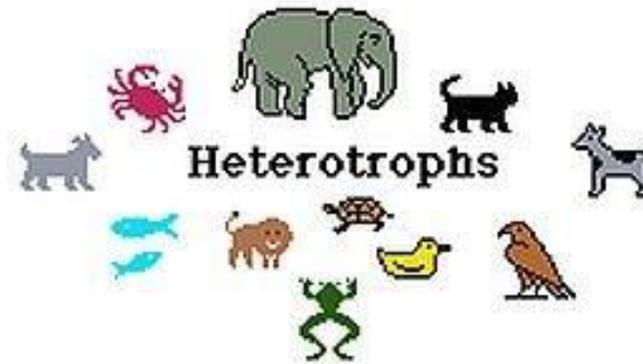


Mengapa tumbuhan berwarna hijau?

Apakah hanya tumbuhan yang bisa berfotosintesis??



Autotrophs



Heterotrophs

Mode of Nutrition	Energy Source	Carbon Source	Types of Organisms
Autotroph			
Photo-autotroph	Light	CO ₂	Photosynthetic prokaryotes, including cyanobacteria; plants; certain protists (algae)
Chemo-autotroph	Inorganic chemicals	CO ₂	Certain prokaryotes (for example, <i>Sulfolobus</i>)
Heterotroph			
Photo-heterotroph	Light	Organic compounds	Certain prokaryotes
Chemo-heterotroph	Organic compounds	Organic compounds	Many prokaryotes and protists; fungi; animals; some parasitic plants

PLASTIDA

Plastida : Organel yang ditemukan di sel tumbuhan dan alga

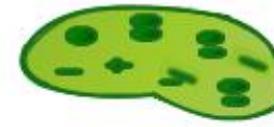
Berasal dari **Endosimbiosis bakteri fotosintesis**

Struktur: Double membran, Ruang Intraseluler, DNA, Ruang yg bermembran (ex: Tilakoid (Kloroplas), Tubulus (Kromoplas))

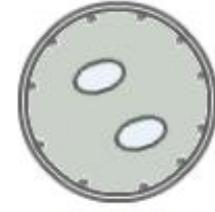
Fungsi: Fotosintesis, Sintesis Asam Amino dan Lipid, Penyimpanan Lipid, Karbohidrat dan Protein, menyediakan warna pada berbeda bagian tubuh tumbuhan, mengatur stomata, dll.



Chromoplast



Chloroplast



Leukoplast



Proplastid

PROPLASTIDA



Proplastid

- Semua Plastida berasal dari **Proplastida**
 - **Ukuran:** 0.5–1.0 mm diameter
 - Belum terdiferensiasi dan **tidak berwarna**
 - Terletak di meristem dan sel yang membelah secara cepat ex: pucuk dan akar
 - Proplastida merupakan **prekursor** untuk plastida yang telah terdiferensiasi
 - Ketika ada **cahaya**, proplastida berkembang menjadi kloroplas → berwarna hijau → krn mengandung pigmen fotosintesis (klorofil)
-
- Sistem membran dalam (*Inner Membrane System*) ditemukan di kloroplas yang disebut Tilakoid Membran
 - Proplastid tidak memiliki struktur tersebut (Tilakoid)

TIPE PLASTIDA

1. **Leukoplas:** Plastida yang **Tidak Berwarna**
2. **Kromoplas:** Plastida yang menghasilkan **Warna Non Fotosintesis**
3. **Kloroplas:** Plastida yang menghasilkan Warna Hijau Daun, disebut Klorofil

ETIOPLAS (*type of proplastid*)

- Tipe plastid, ditemukan di batang tp tidak di akar
- Fase intermediat diferensiasi proplastid ke kloroplas ketika intensitas cahaya rendah (ketika gelap)
- *Me-restart* diferensiasi kloroplas ketika cahaya cukup

LEUKOPLAS

- Plastid yg **tidak berwarna** (*colorless plastids*), tanpa pigmen
- Fungsi untuk menyimpan (*storage*)
- Terdiri dari **Amiloplas**, **Elaioplas** (atau **Oleoplas**) dan **Proteinoplas**
- Mereka masing2 menyimpan amilum (*starch*), lipid dan protein

TIPE LEUKOPLAS

Amiloplas

- Mensintesis amilum (*starch*), dan menyimpannya di dalam sel (dalam bentuk granula amilum)
- *Gravity sensors* di sel akar
- Granula amilum (*starch granules*) lebih padat dari air sehingga akan jatuh ke bawah sel
- Berinteraksi dgn mikrotubulus sel meristematik selama mitosis
- Amyloplasts ikut dalam metabolisme nitrogen

Elaioplas/ Oleoplas

- Plastid ukuran kecil
- Mengandung minyak dan lipid dalam tetesan lemak
- Elaioplas juga ikut dalam pematangan serbuk sari (pollen maturation)
- Beberapa tumbuhan dapat menyimpan lipid dalam organel lain yang disebut Elaiosome (yg berkembang dari RE)

Proteinoplas

- Mengandung protein yg sangat tinggi sehingga membentuk kristal
- Masih belum dipastikan bahwa ada plastid yg secara khusus menyimpan protein pada sel tumbuhan

KROMOPLAS

- **Plastida** yang menghasilkan warna selain hijau
- Mengandung pigmen **Karotenoid** yang memberikan warna **Kuning**, **Orange** dan **Merah** ke struktur tumbuhan dimana mereka ada
- Plastid tsb banyak terdapat di **bunga, buah, daun tua**, dan beberapa di akar → sesuai fungsi untuk menarik serangga polinator/ penyebar biji
- Metabolismenya aktif, mengandung sedikit copy DNA dibandingkan kloroplas
- Tidak seluruh warna pada tumbuhan disebabkan oleh pigmen dalam plastida, sebab dalam cairan vakuola juga dapat ditemukan sebagai zat warna



KROMOPLAS



Macam-macam warna / pigmen:

- **Karotin** : Berwarna kuning, misalnya pada wortel
- **Xantofil** : Berwarna kuning pada daun yang tua
- **Fikosantin** : Berwarna coklat pada ganggang Phaeophyta
- **Fikosianin**: Berwarna biru pada ganggang Cyanophyta
- **Fikoeritrin** : Berwarna merah pada ganggang Rhodophyta
- **Antosianin** : Memberi warna merah sampai kuning pada bunga

KROMOPLAS

- Kromoplas memiliki lipid yg mengandung karotenoid dan kompleks molekul yg disebut **FIBRIL**
- Kromoplas berdiferensiasi dari kloroplas maupun proplastid
- Selama diferensiasi dari kloroplas, mesin fotosintesis di tilakoid terdegradasi dan karotenoid disintesis bersamaan dengan kompartemen
- Kompartemen dikenal dgn **Plastoglobulin** (mengandung lipid; kebanyakan **Triacylglyceride** yg trdapat di stroma
- Karotenoid, terutama xantofil disimpan di plastoglobulin
→ dapat membentuk **filamen/ kristal**
- Plastoglobulin jg ditemukan di plastida lain

KROMOPLAS

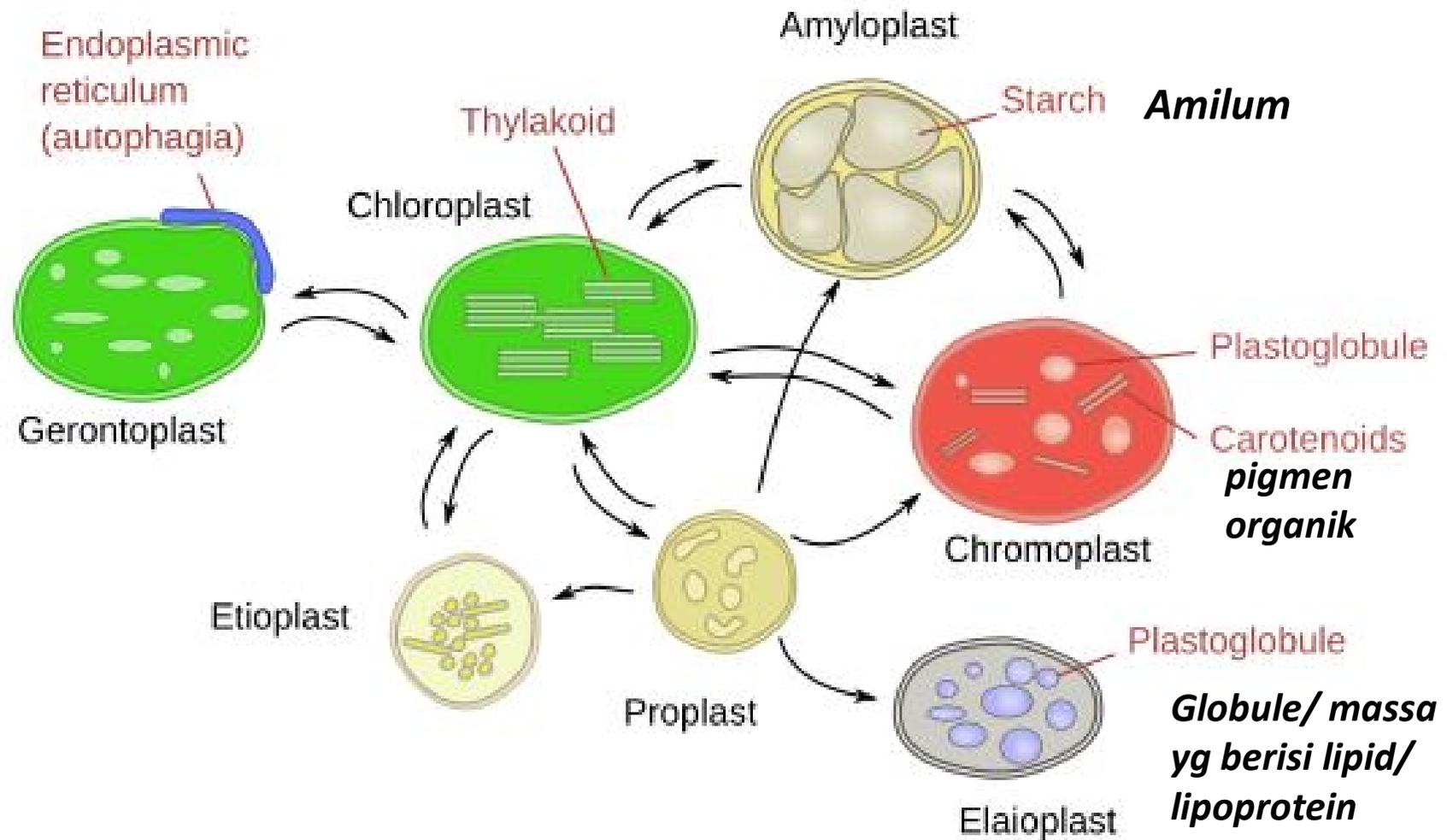
- Chromoplasts mengembangkan sistem membran internal di bagian luar stroma
- Membran baru muncul dari membran dalam dan tidak dari tilakoid yg telah terdegradasi.
- Karotenoid seperti lutein, beta-karotenoid, dan lain-lain, mungkin juga terkait dengan ini membran baru
- Selama **pematangan kromoplas**, konsentrasi pigmen bisa sangat tinggi → membentuk kristal (spt beta-karotenoid pd akar wortel; Likopen pd tomat)
- Karotenoid jg dapat berkelompok membentuk struktur **tubular**
- Kromoplas jg memiliki struktur granula amilum (*starch granules*) dan kumpulan protein
- **Kromoplas dapat berubah mjd kloroplas kembali**
- Ex; Buah lemon, akar wortel ketika terkena cahaya



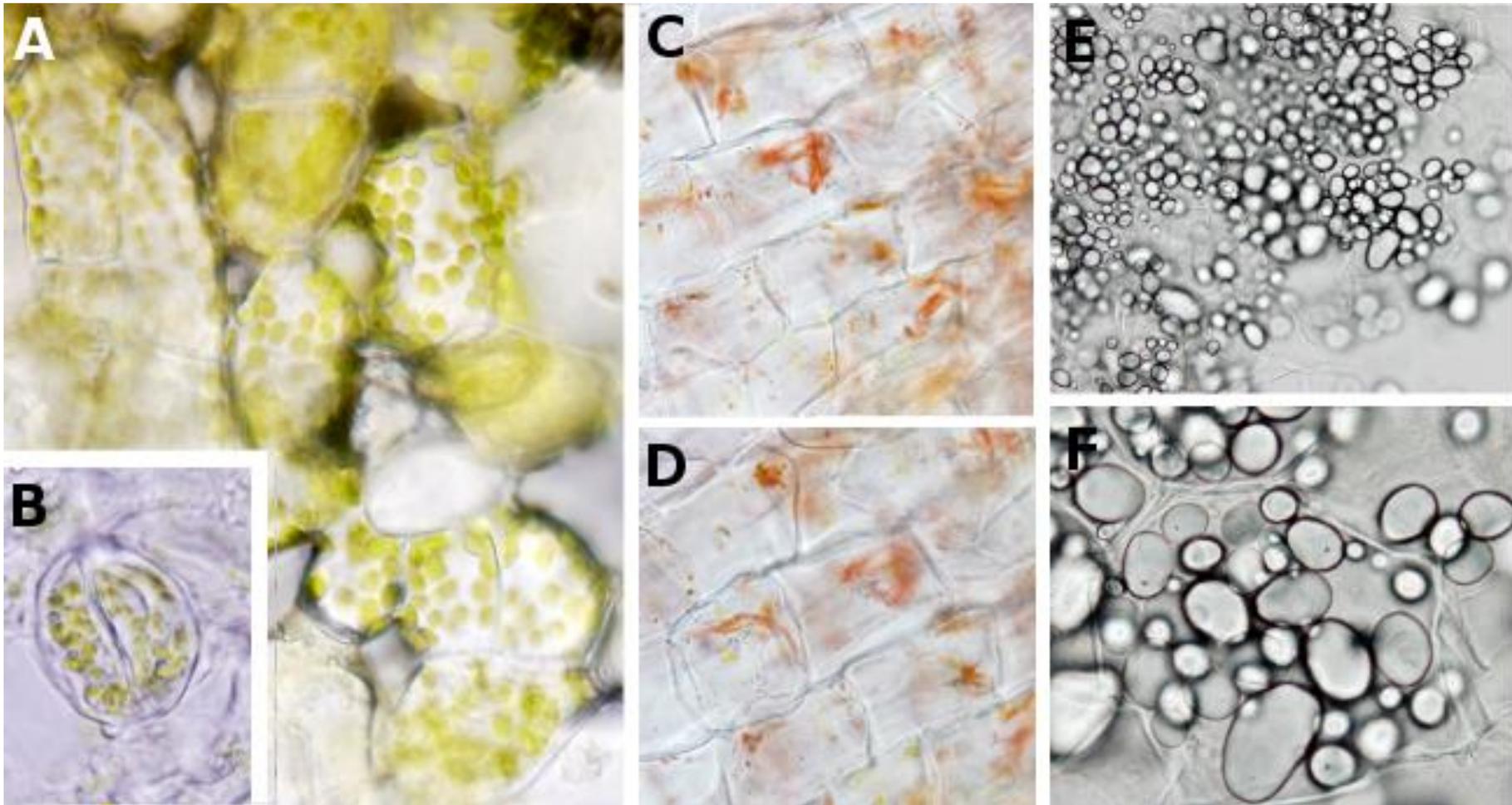
TIPE PLASTIDA LAIN

- **Gerontoplas:** berdiferensiasi dari kloroplas, selama masa penuan sel
- **Muroplas:** ditemukan di glaucocystophyta algae dan mengandung dinding peptidoglycan yg terletak di membran dalam dan luar
- **Plastida Tipe S dan T:** ditemukan di sel penyaring (*sieve cells*) floem
- **Rhodoplas:** Plastida fotosintesis yg ditemukan pada algae merah yg mengandung klorofil tipe a, tetapi bukan klorofil tipe b atau c. Memiliki tilakoid dan mengandung pigmen merah ***Phycobilisomes***, yg dapat menangkap panjang gelombang cahaya dibawah air laut
- **Kleptoplas:** Rhodoplas yg dimakan *Elysia chlorotica* dr algae merah kemudian berkembang menjadi plastid tersendiri di dalam tubuhnya
- **Apikoplas:** plastid yg terdapat pada parasite, spt *Plasmodium*

TIPE DAN DIFERENSIASI PLASTIDA

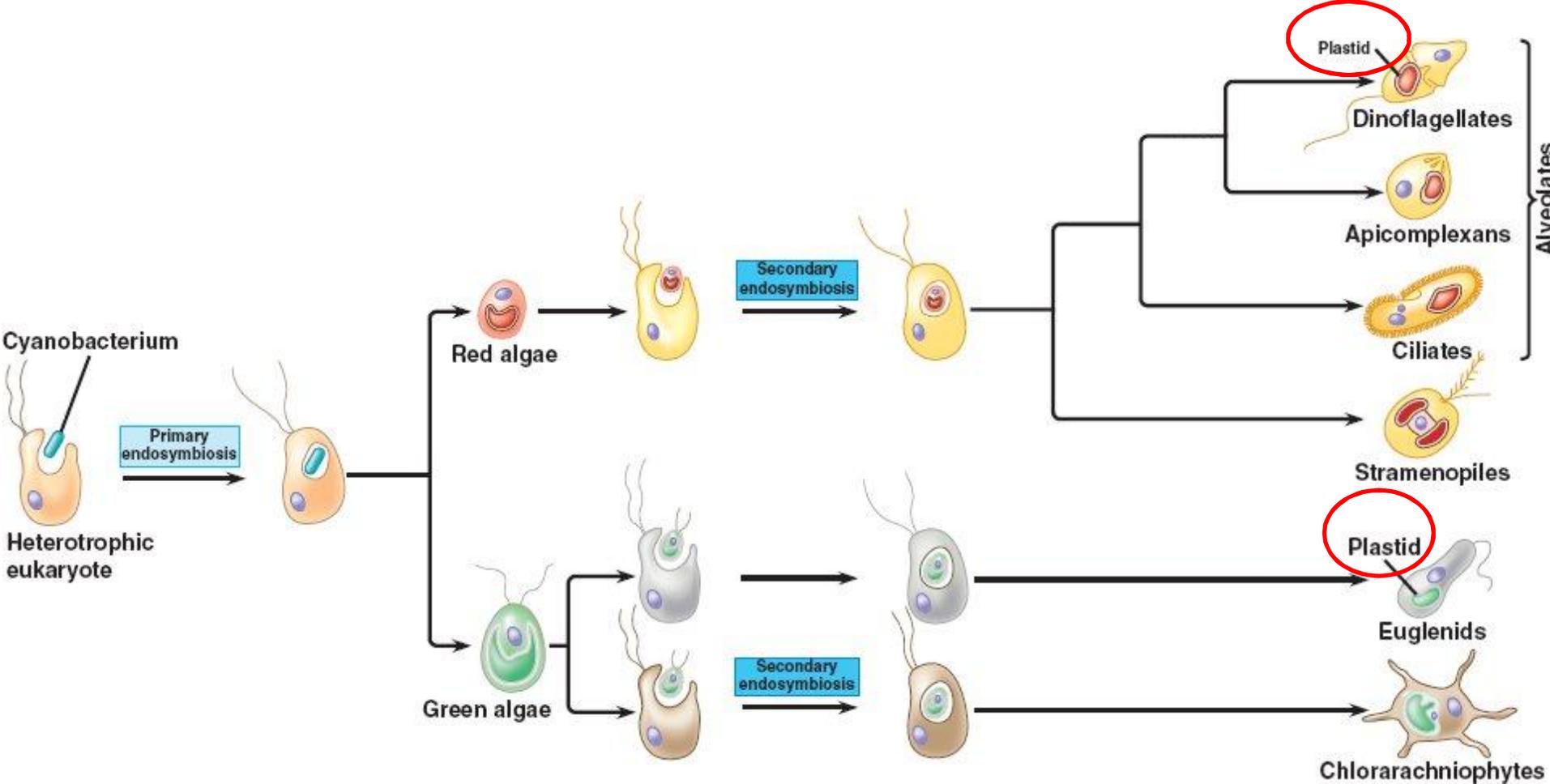


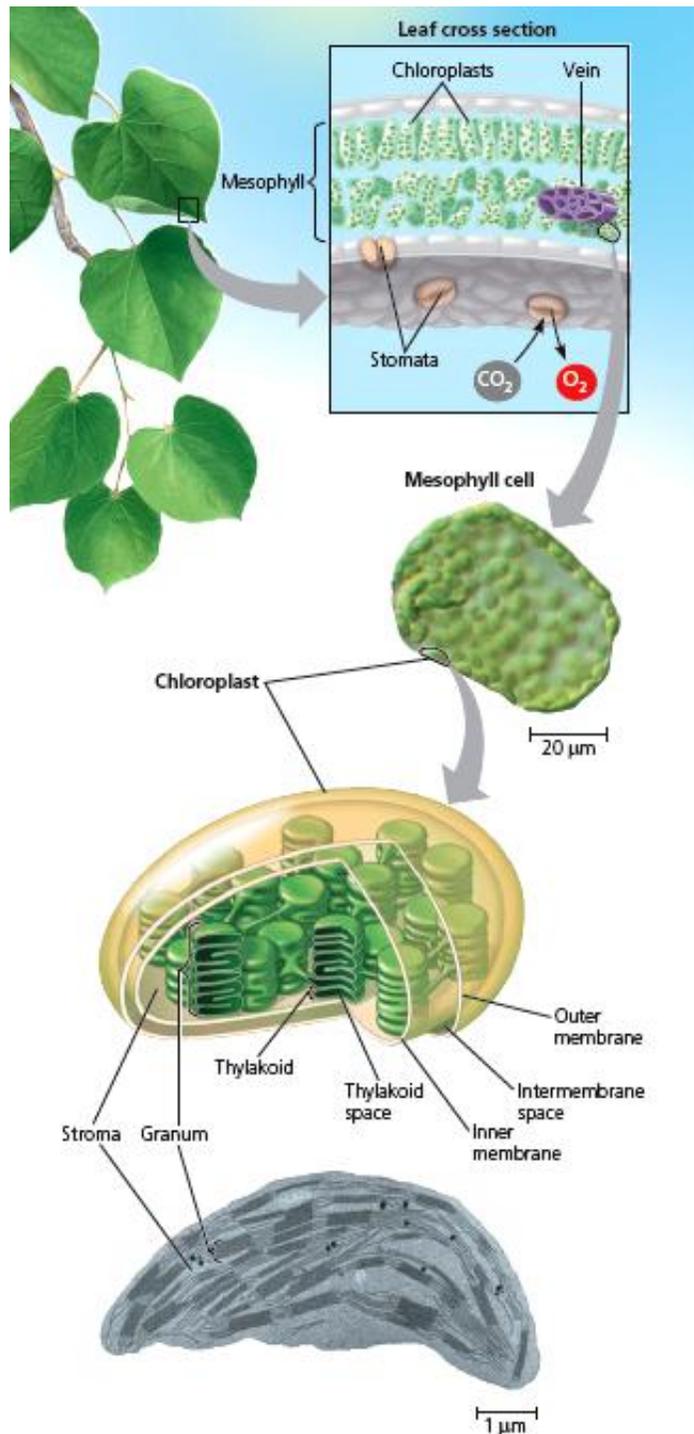
Types of plastids and differentiation paths (modified from Jarvis and López-Juez, 2013)



Plastida. Kloroplas (A dan B). A) Pada Jaringan Parenkim. A stoma ditunjukkan oleh B). **Kromoplas** (C dan D) dari Tomat. **Amiloplas** (E dan F) dari Kentang.

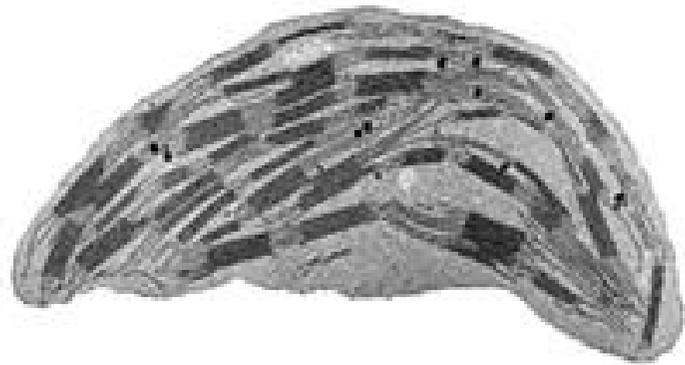
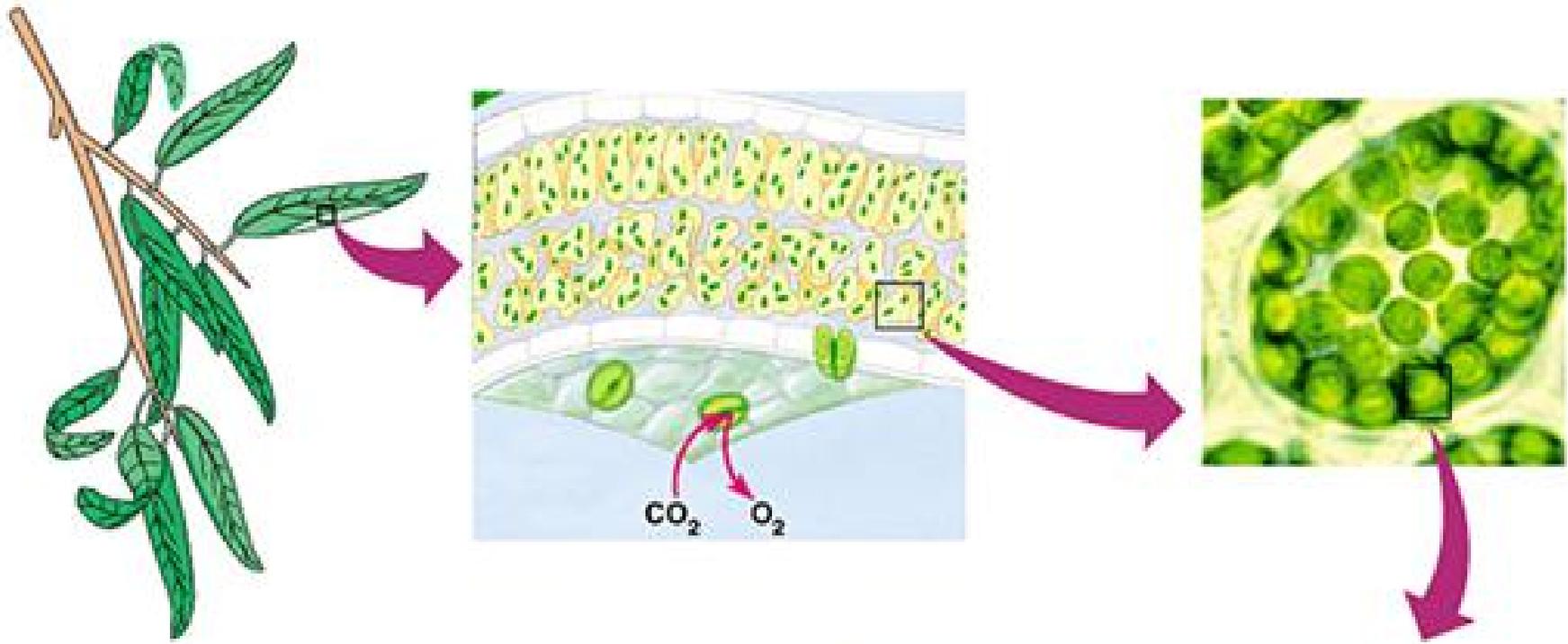
EVOLUSI PLASTIDA

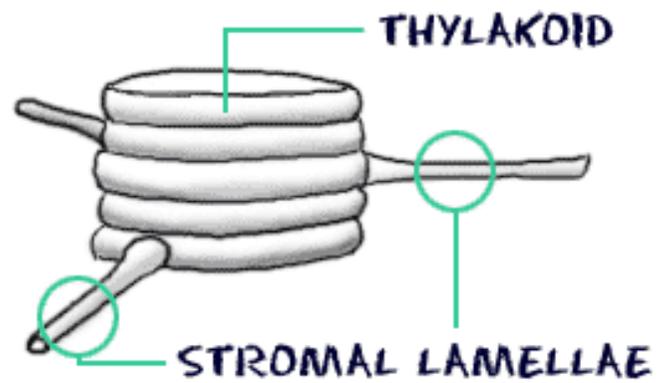
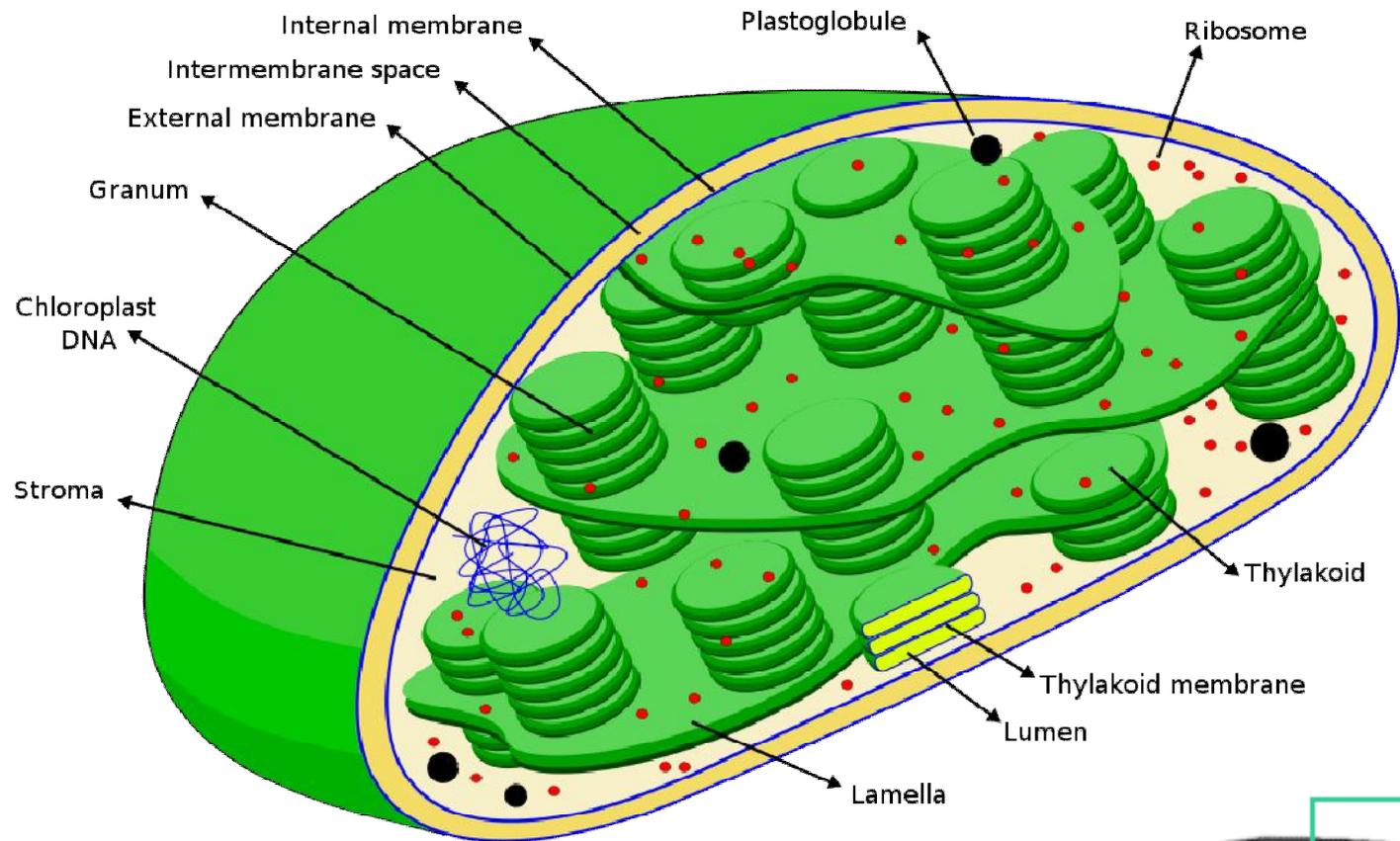




STRUKTUR & FUNGSI KLOOROPLAS

- Diameter 4–6 µm
- 2-4 µm wide 5-10µm in long
- *Double membrane*
- Membran **Tilakoid** membentuk jaringan kantung pipih seperti struktur yang disebut tilakoid sering ditumpuk untuk membentuk **Grana (tunggal granum)**
- Sel tumbuhan memiliki 20-40 kloroplas
- Banyak algae hanya memiliki satu kloroplas per sel
- Menunjukkan kelas penting plastida yg mengandung situs fotosintesis dan fiksasi CO₂ dari atmosfer
- Jg berperan dalam proses biosintesis lain spt penggabungan nitrogen menjadi senyawa organik

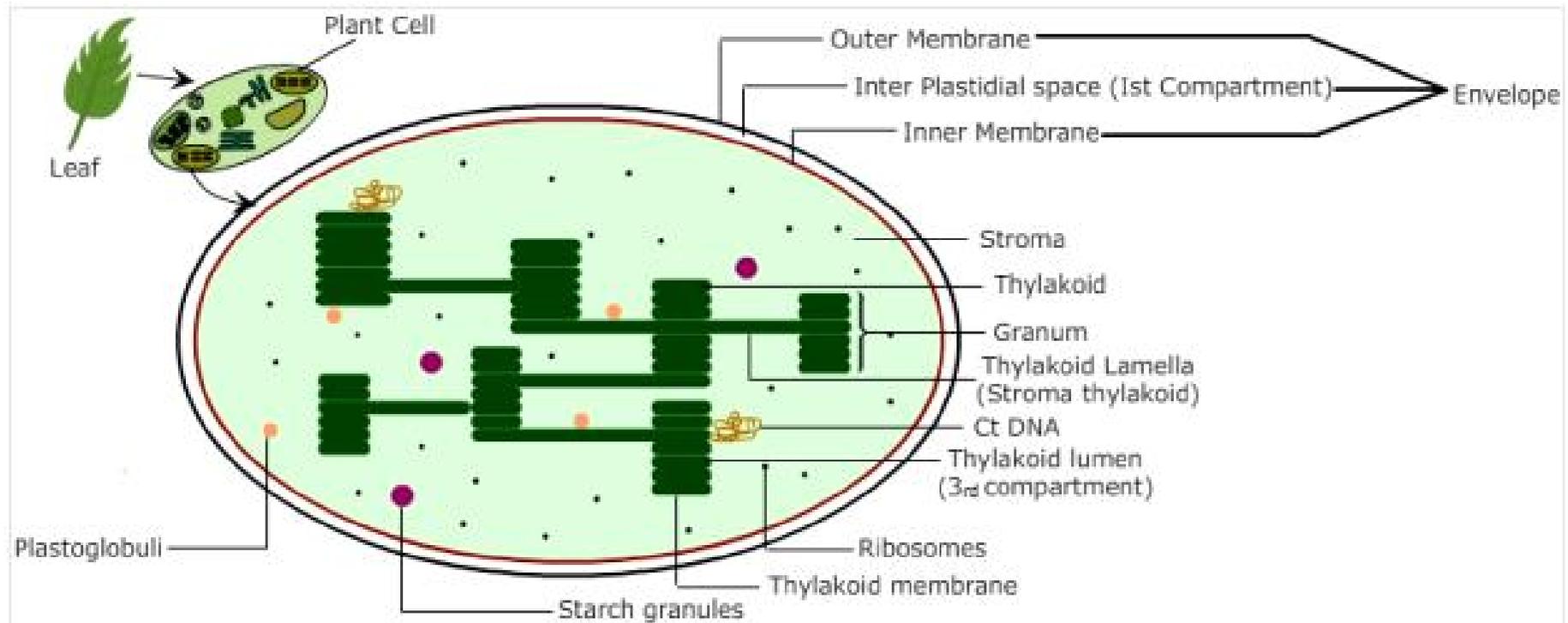




Double membrane → fosfolipid bilayer

Membran Luar: mengandung molekul porin, kandungan protein kurang (30%), sedikit fosfolipid

Membran Dalam: selektif permeable ion dan metabolit → butuh protein transpor transmembran



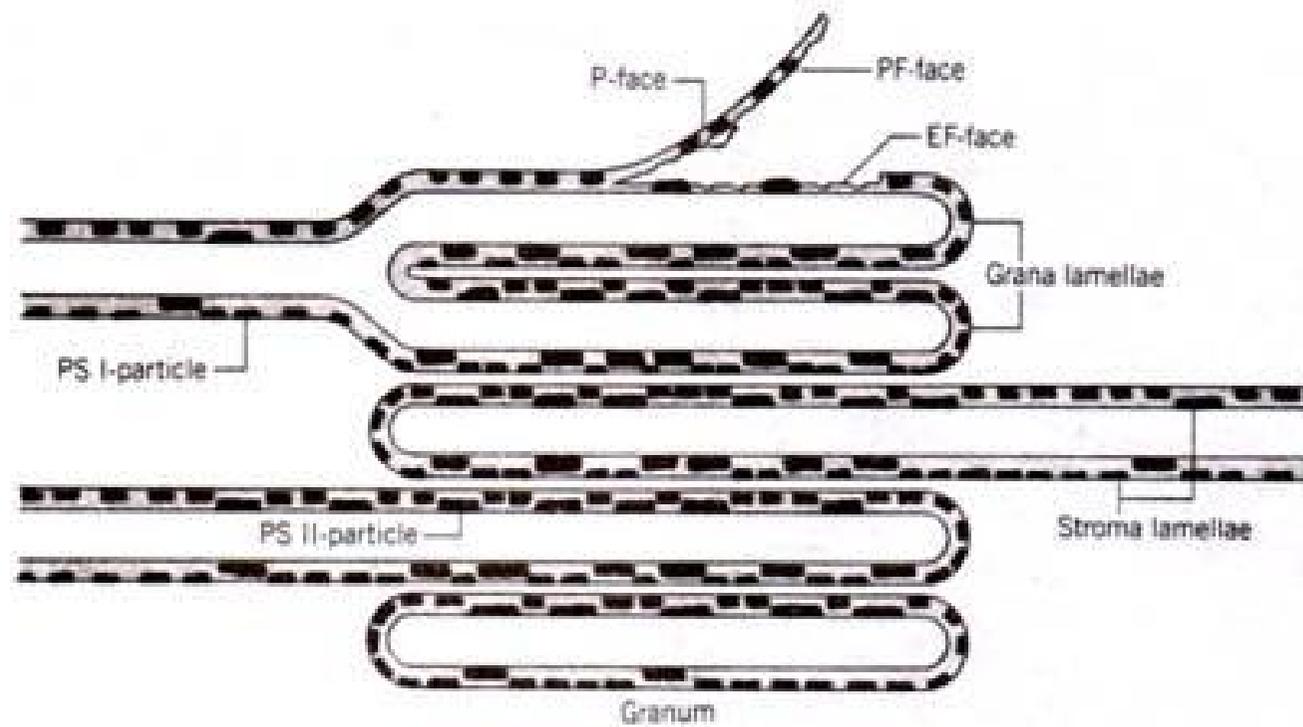
Tidak spt Mitokondria, membran dalam tdk terlibat dalam transpor elektron atau fotosintesis

Sebaliknya, membran tilakoid berisi sistem transpor elektron
Proton dipompa melewati lumen tilakoid → gradien proton mendorong sintesis ATP ke stroma

STRUKTUR & FUNGSI KLOOROPLAS

- Membran tilakoid mengandung pigmen yg menyerap/ mengabsorpsi cahaya, rantai pembawa elektron (ETC) dan mesin pensintesis ATP (analog dengan membran dalam/ cristae mitokondria)
- Ruang di dalam tilakoid disebut **LUMEN**. Proton (H⁺) dipompa melewati membran tilakoid dari stroma ke lumen tilakoid
- Hasil formasi gradien eletrokimia membentuk ATP ketika proton kembali ke stroma
- **Stroma:** ruang yg ditutup membran dalam
- Matriks stroma kaya akan enzim metabolisme dan molekul DNA sirkular double strand, ribosom (70-S) dan plastoglobulin (*lipid granules*)
- Reaksi gelap fotosintesis atau **C-3 cycle (Calvin cycle)** terjadi di stroma
- Enzim sintesis asam amino dan asam lemak juga terdapat di stroma

STRUKTUR TILAKOID



DETAIL KOMPONEN KLOOROPLAS

TABLE 17-1 CHEMICAL COMPOSITION OF SPINACH CHLOROPLASTS

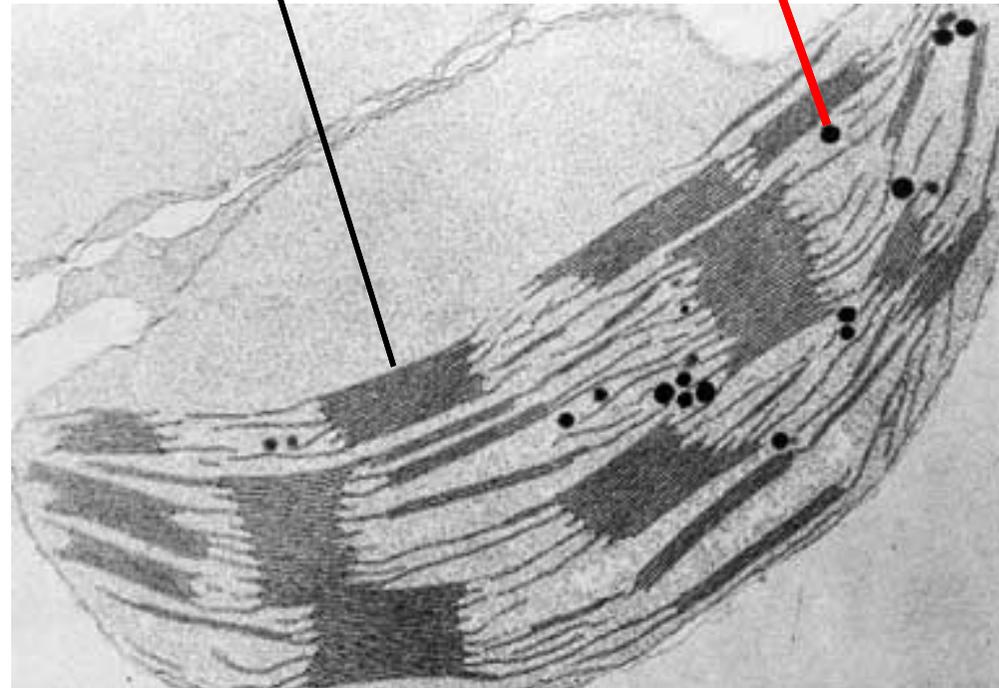
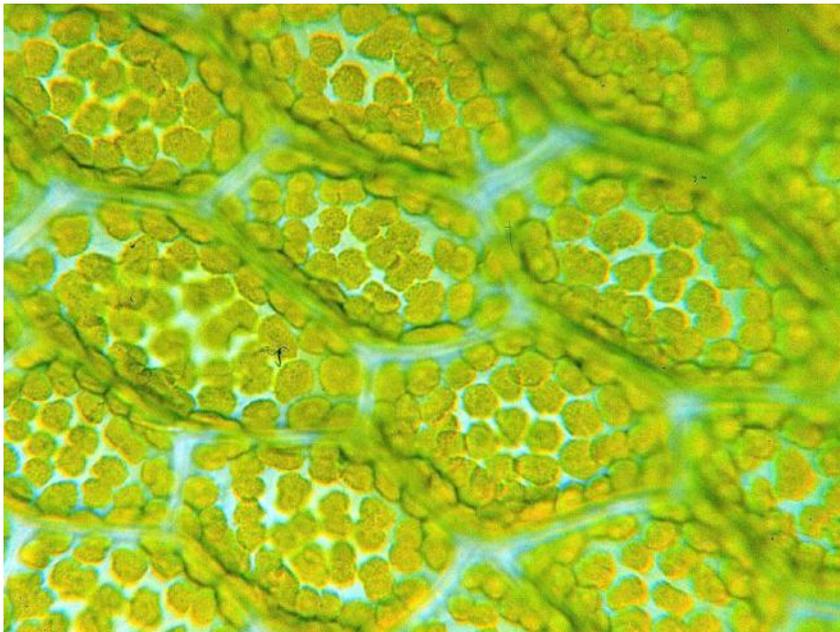
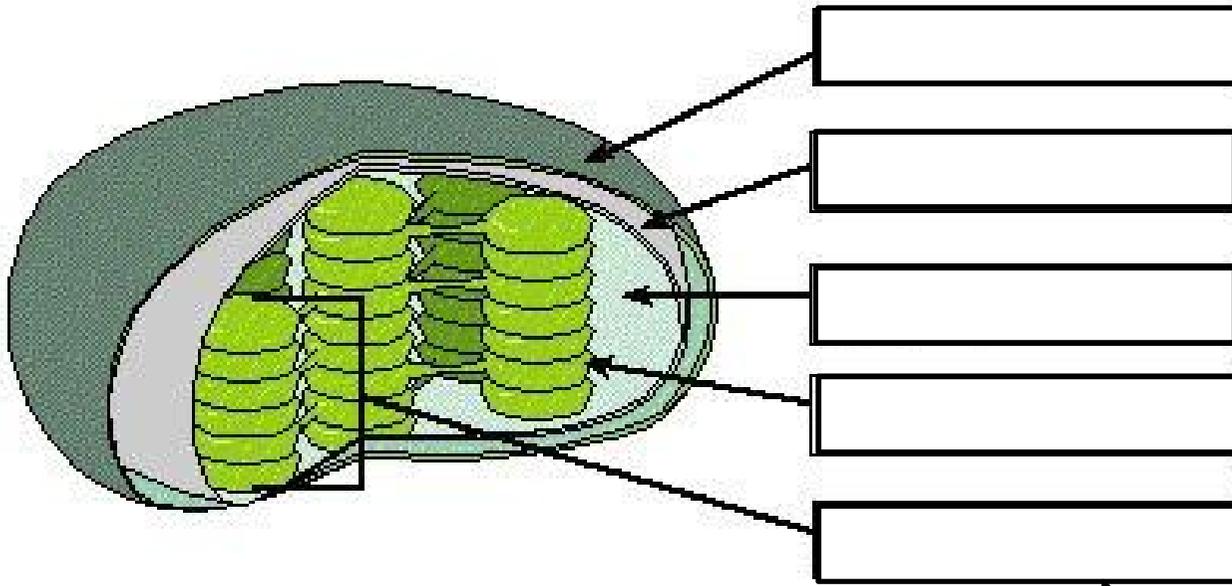
Component	Percentage of Chloroplast Dry Weight	
	Chloroplasts Isolated in Water	Values Corrected for Loss of Soluble Protein
Total protein	50	69
Water-insoluble protein	50	31
Water-soluble protein	0	38
Total lipid	34	21
Chlorophyll	8	5
Carotenoids	1.1	0.7
Ribonucleic acids	—	1.0-7.5
Deoxyribonucleic acids	—	0.02-0.1
Carbohydrate (starch, etc.)	Variable	

DETAIL KOMPONEN KLOOROPLAS

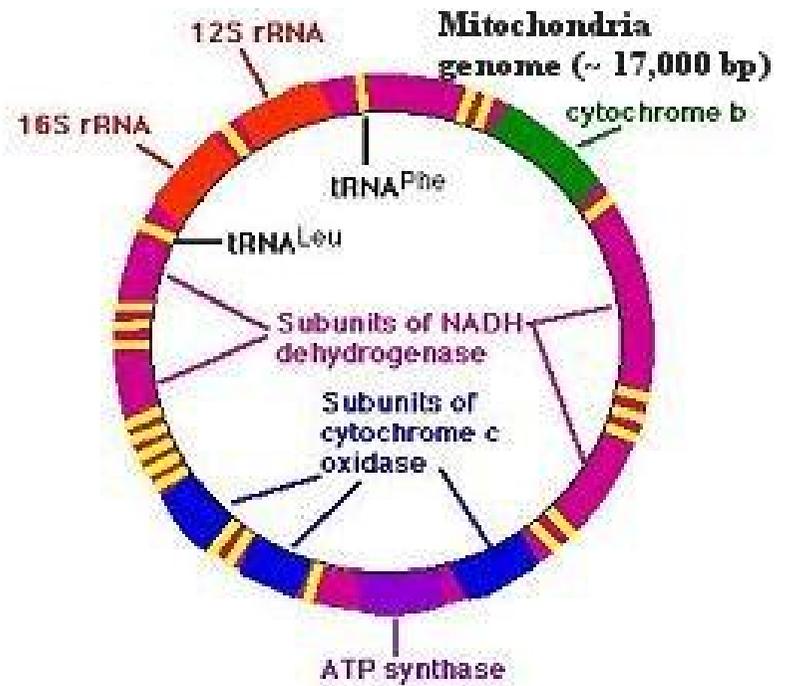
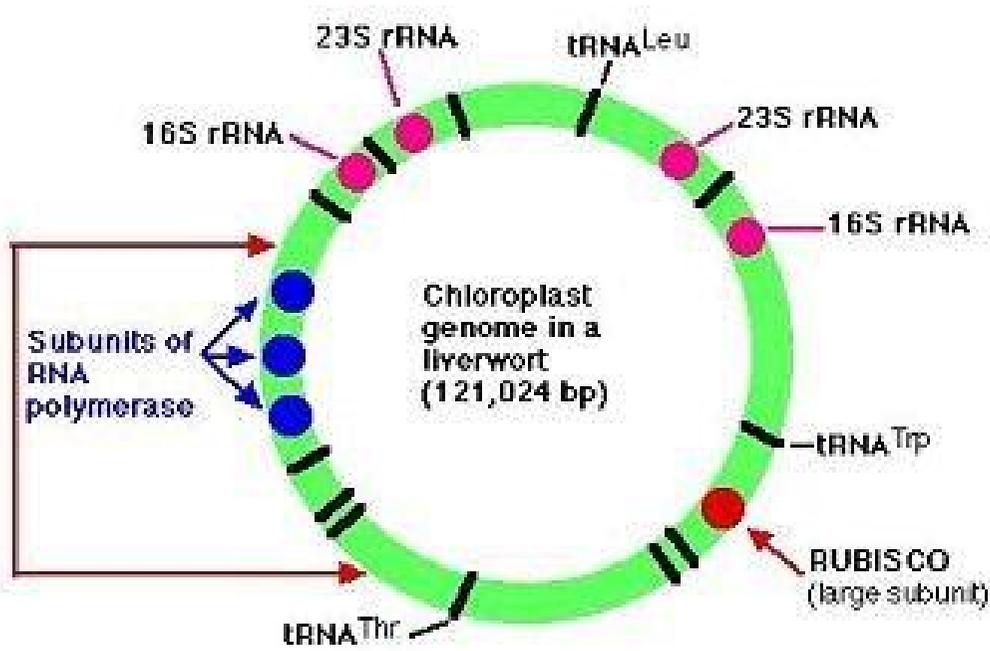
TABLE 17-2 MAJOR COMPONENTS OF STROMA AND GRANA LAMELLAE

	Stroma Lamellae	Grana Lamellae
Total chlorophyll	278 ^a	401
Chlorophyll <i>a</i>	238	281
Chlorophyll <i>b</i>	40	130
P_{700}	2.5	0.6
β -Carotene	21	17
Lutein	10	29
Violaxanthin	15	20
Neoxanthin	8	16
Phospholipid	76	66
Monogalactosyl diglyceride	231	214
Digalactosyl diglyceride	172	185
Sulfolipid	65	59
Cytochrome <i>b</i> (total)	1.0	3.4
Cytochrome <i>f</i>	0.5	0.7
Manganese	0.3	3.2

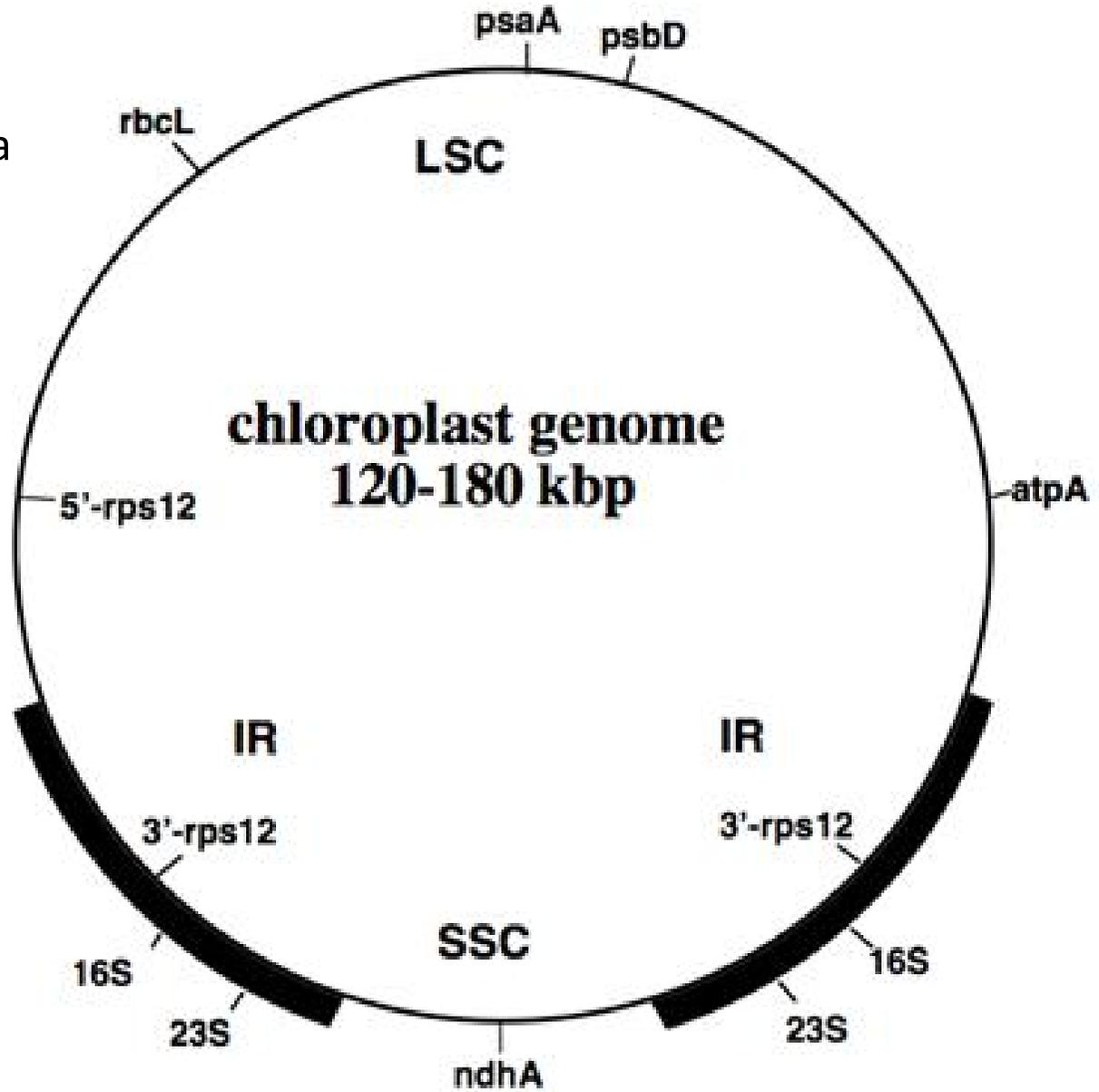
**SILAHKAN
IDENTIFIKASI**



GENOM KLOOROPLAS



Two inverted repeats (IRs) 10-28 Kb in length divide the genome into a large single copy region (LSC) and a small single copy region (SSC)



GENOM KLOOROPLAS

- Molekul DNA sirkuler, terdapat dalam beberapa salinan (copy) per organel
- Ukuran bervariasi 120-160 kb
- Sekitar 150 gen (tergantung pada organisme) yang dapat dikelompokkan dalam dua kategori: (1) yg terlibat dalam ekspresi gen (2) yg terlibat dalam fotosintesis.
- Gen kloroplas mengkode RNA & protein
- Seiring dengan mRNA, t-RNA & rRNA dikodekan oleh genom kloroplas.
- Namun 2000-3500 polipeptida dari kloroplas dikodekan oleh gen inti.
- Untuk kelancaran fungsi organel, nuklir dan genom kloroplas sehingga bekerja secara sinergis.
- Ex: Beberapa subunit dari RNA polimerase dan enzim Rubisco yg ditemukan di kloroplas dikodekan oleh genom kloroplas sendiri sedangkan sisanya dari subunit dikodekan oleh inti dan kemudian diimpor dalam kloroplas

PERBANDINGAN GENOM KLOOROPLAS

SNo	Attribute	Prokaryotes	Mitochondria	Chloroplast	Eukaryotes
1	Size of DNA	0.5 mbp-10mbp	10-200kb	120-160kb	2.9mbp-4000mbp
2	Code	Universal genetic code	Unique mitochondrial genetic code	Universal genetic code	Universal genetic code
3	tRNAs	>30	22	30	>30
4	Introns	Absent	Present	Present	Present
5	Ribosomes	70S	70S	70S	80S
6	Division of cell/organelle	Binary Fission	Binary Fission	Binary Fission	Mitosis

Kloroplas Tumbuhan C₃, C₄ dan CAM sama atau berbeda?

C₃

Fotosintesis C₃
mengubah (fiksasi)
CO₂ mjd asam
berkarbon 3
adequate moisture



C₄

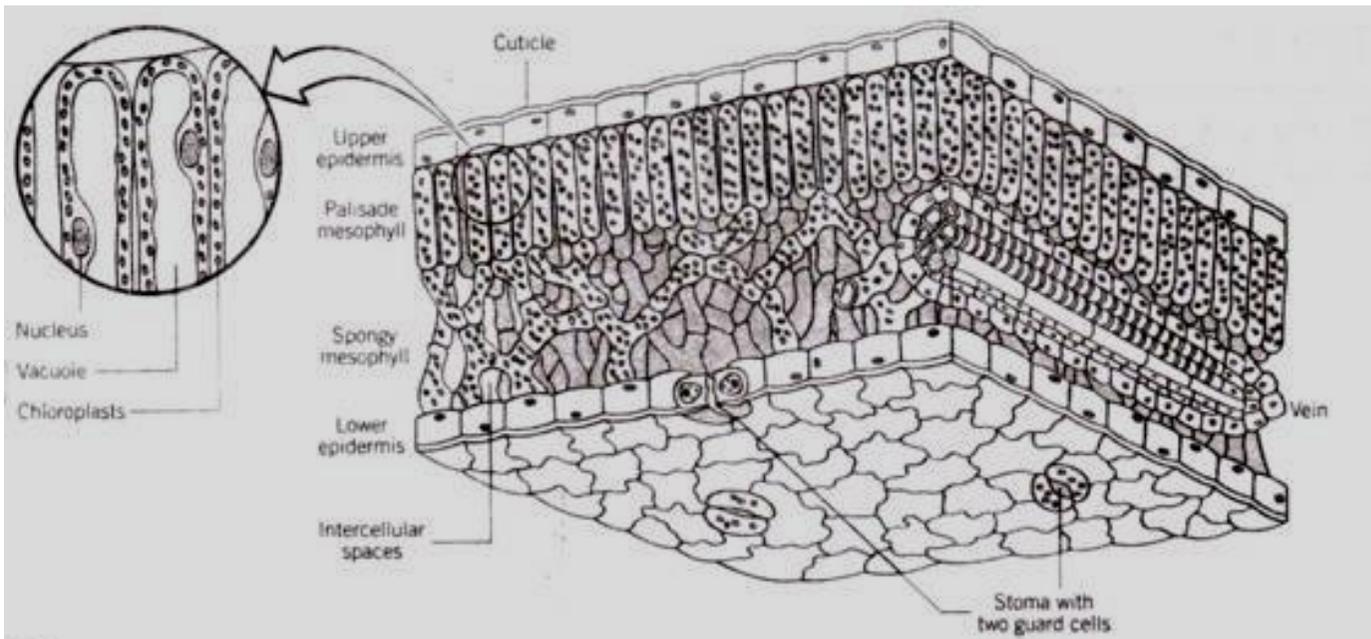
Fotosintesis C₄
mengubah (fiksasi)
CO₂ mjd asam
berkarbon 4
Sedikit air

CAM

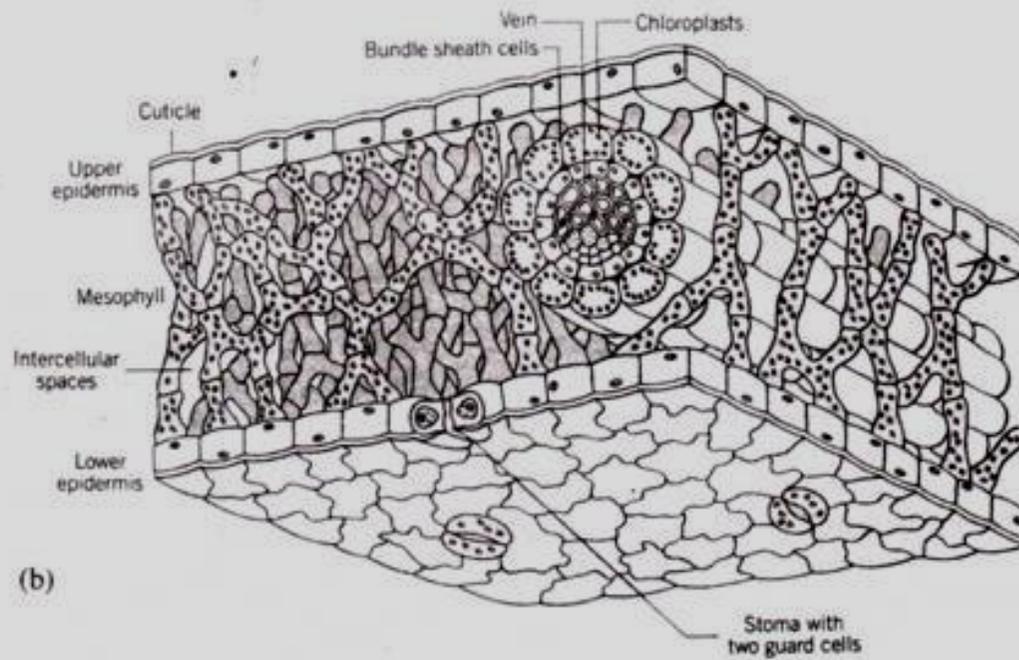
(Crassulacean Acid Metabolism)

Fotosintesis CAM megubah
(fiksasi) CO₂ di sel sama dgn
waktu yg berbeda (siang-malam)



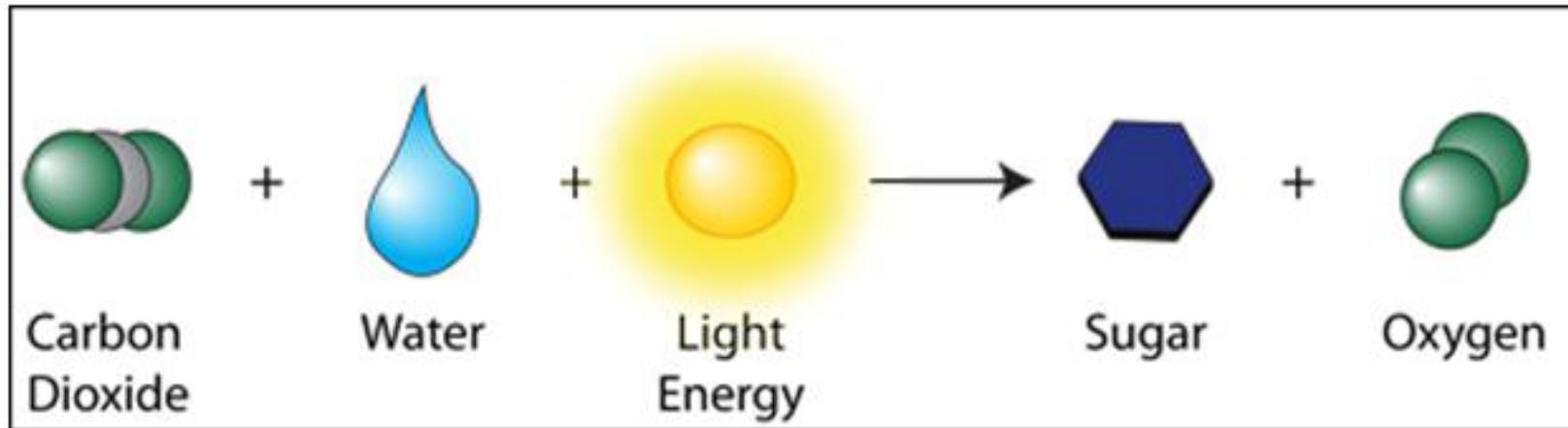


(a)



(b)

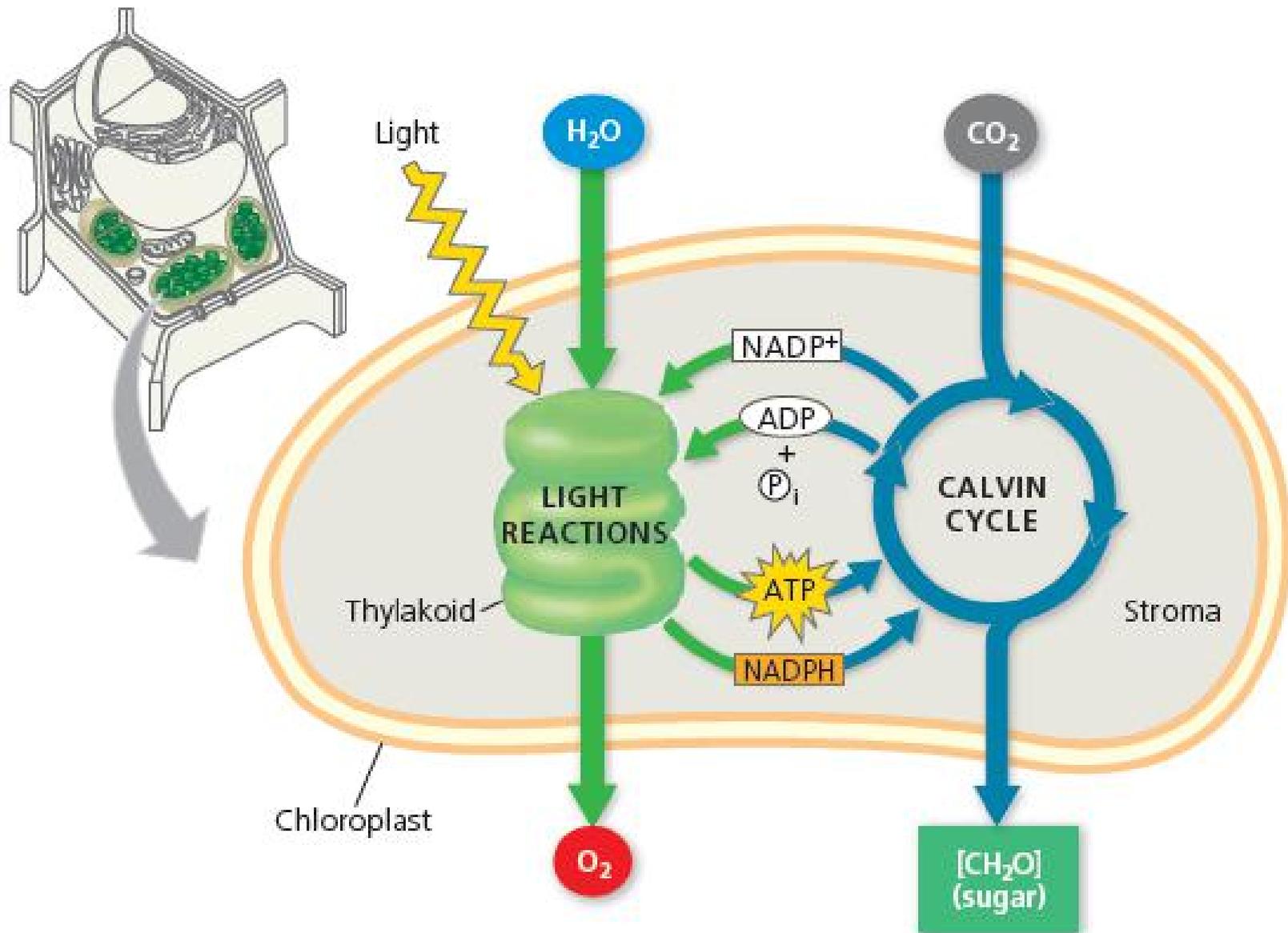
REAKSI FOTOSINTESIS



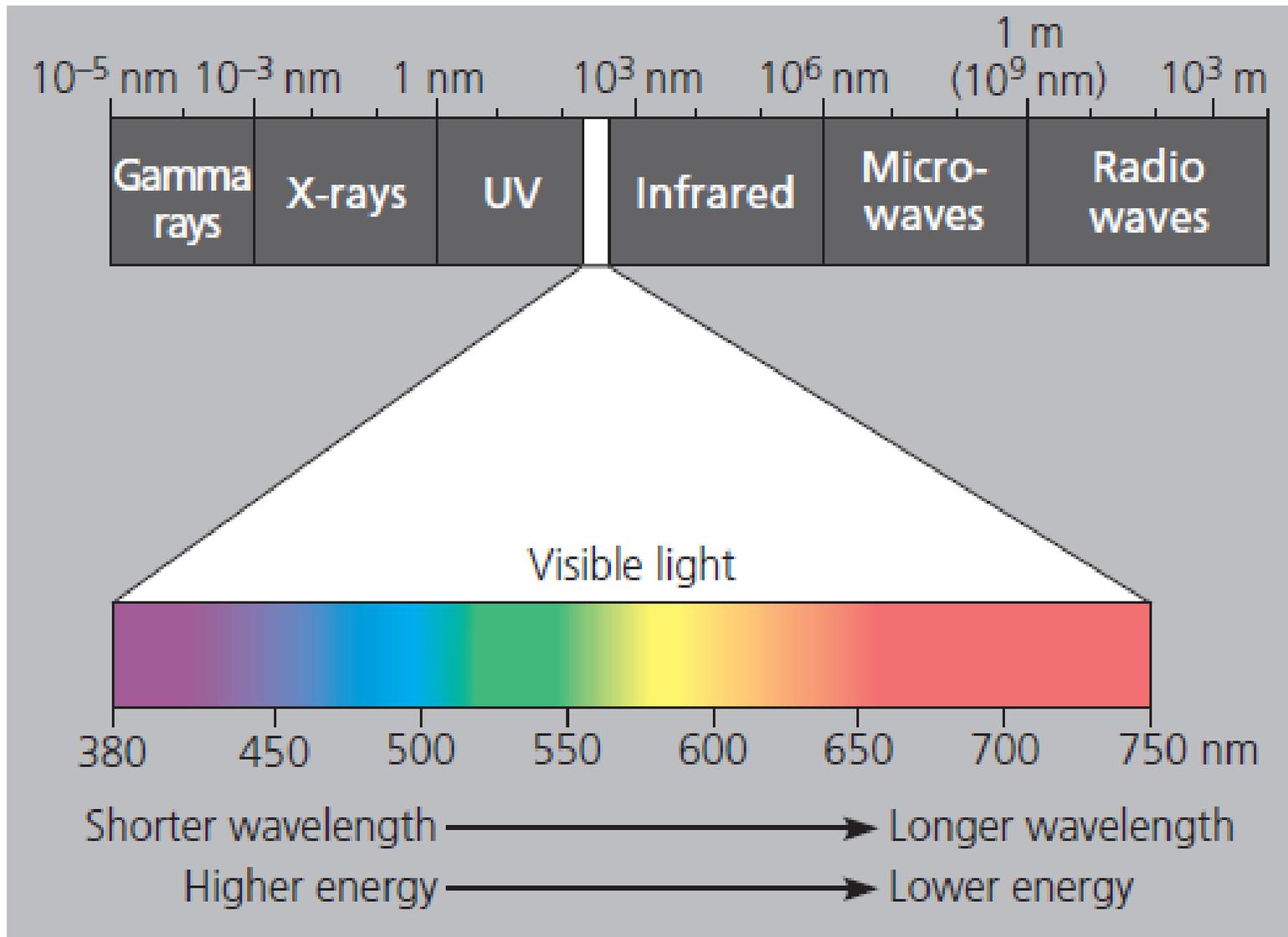
Tuliskan persamaan reaksinya:

Termasuk Katabolisme atau Anabolisme??

GARIS BESAR FOTOSINTESIS



PANJANG GELOMBANG CAHAYA FOTOSINTESIS



**Cahaya Hijau dipantulkan,
sedangkan cahaya yg lain diteruskan**

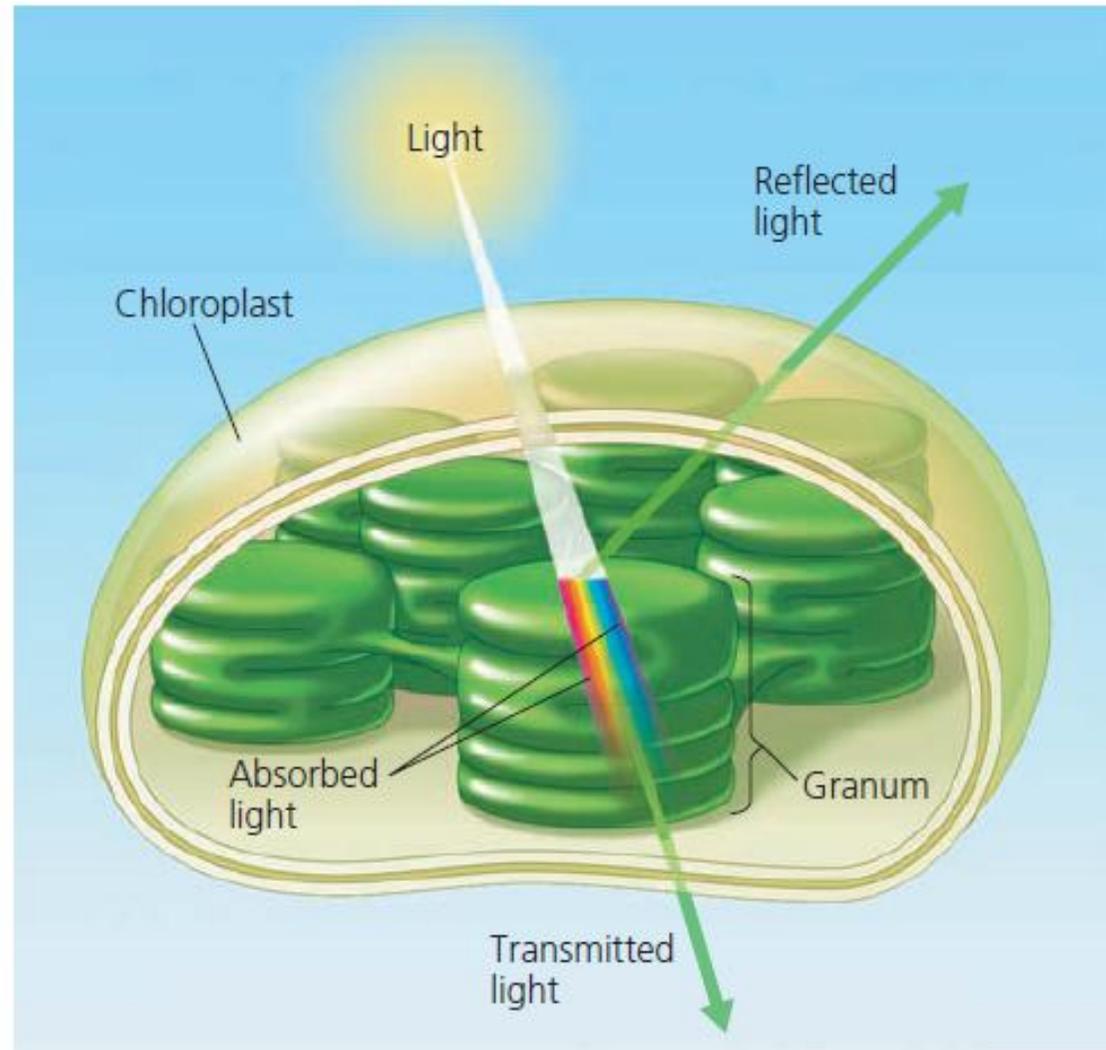
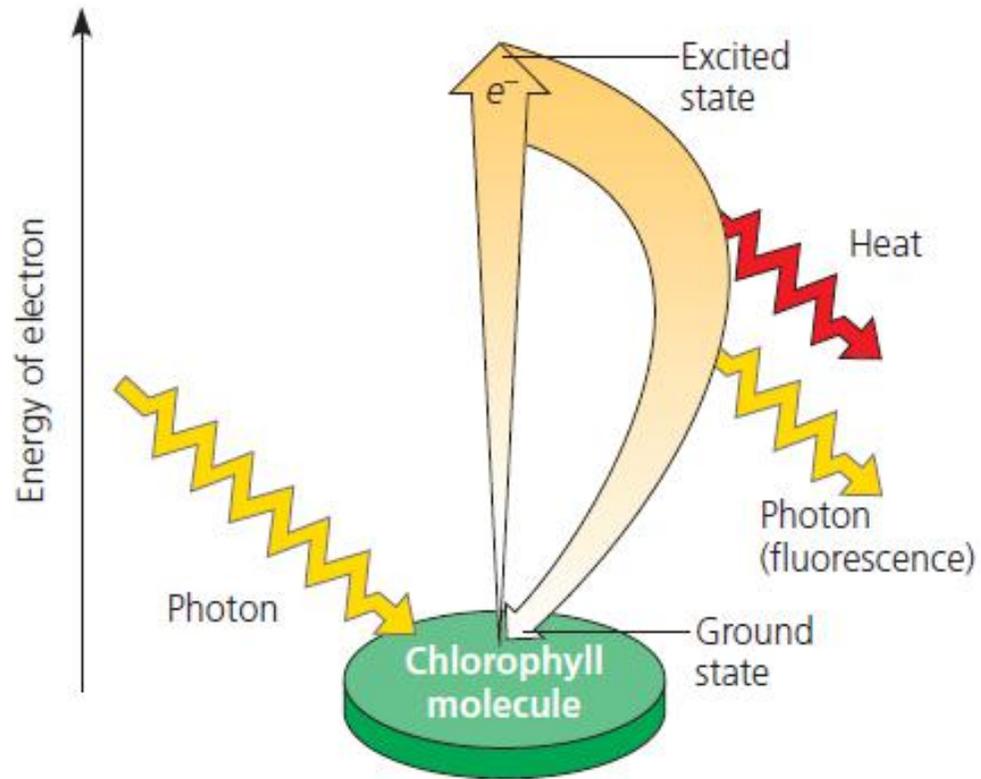


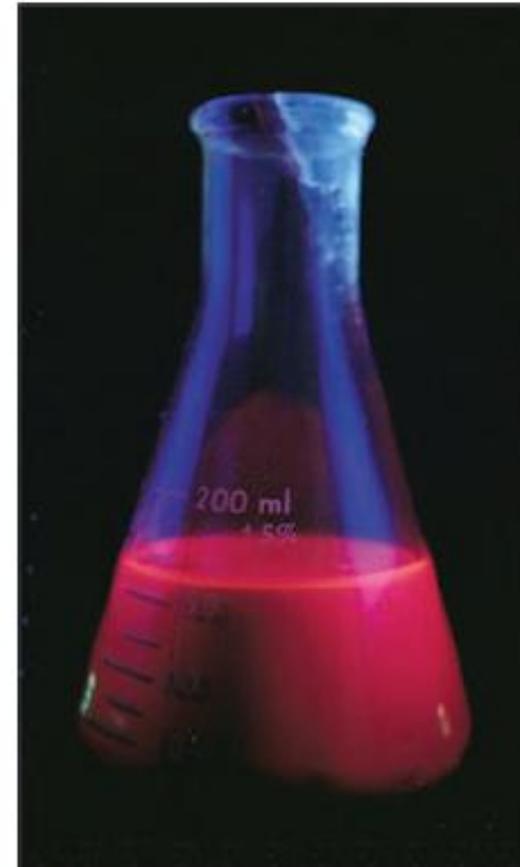
TABLE 17-3 ABSORPTION MAXIMA^a OF PLANT AND BACTERIAL PIGMENTS

Pigment	Wavelength (nm)	Occurrence
Chlorophyll <i>a</i>	430, 670	All green plants
Chlorophyll <i>b</i>	455, 640	Higher plants; green algae
Chlorophyll <i>c</i>	445, 625	Diatoms; brown algae
Bacteriochlorophyll	365, 605, 770	Purple and green bacteria
α -Carotene	420, 440, 470	Leaves; some algae
β -Carotene	425, 450, 480	Some plants
γ -Carotene	440, 460, 495	Some plants
Luteol	425, 445, 475	Green leaves; red and brown algae
Violaxanthol	425, 450, 475	Some leaves
Fucoxanthol	425, 450, 475	Diatoms; brown algae
Phycoerythrins	490, 546, 576	Red and blue-green algae
Phycocyanins	618	Red and blue-green algae
Allophycoxanthin	654	Red and blue-green algae

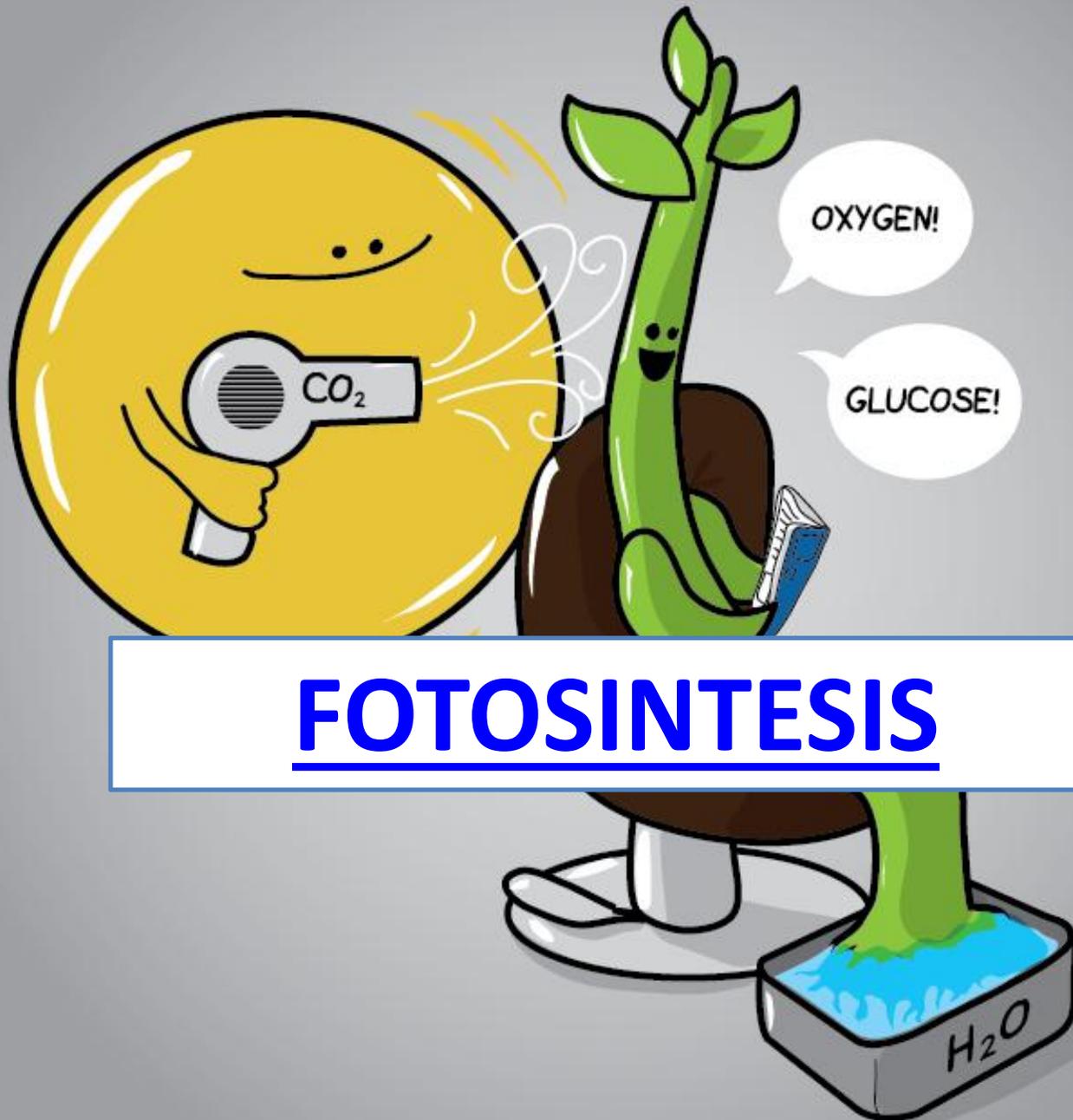
Eksitasi Elektron



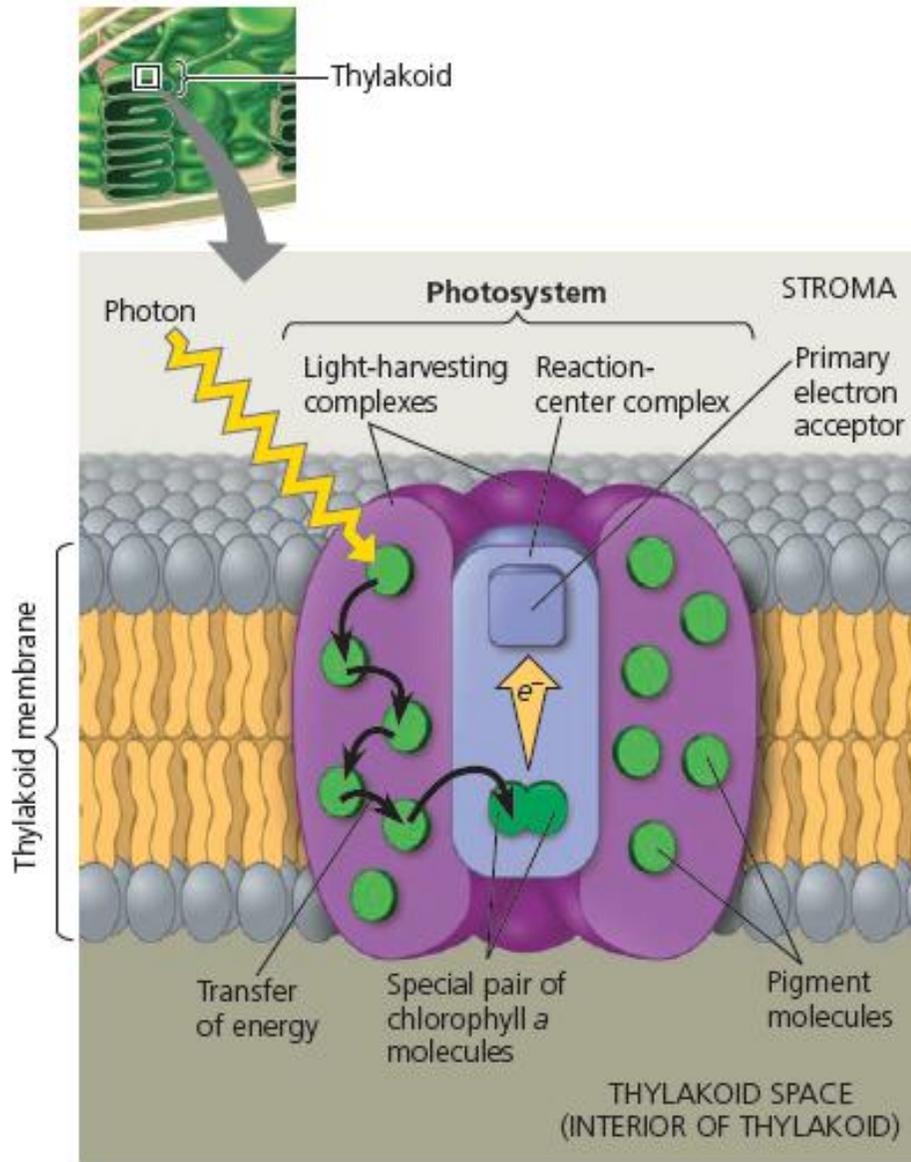
(a) Excitation of isolated chlorophyll molecule



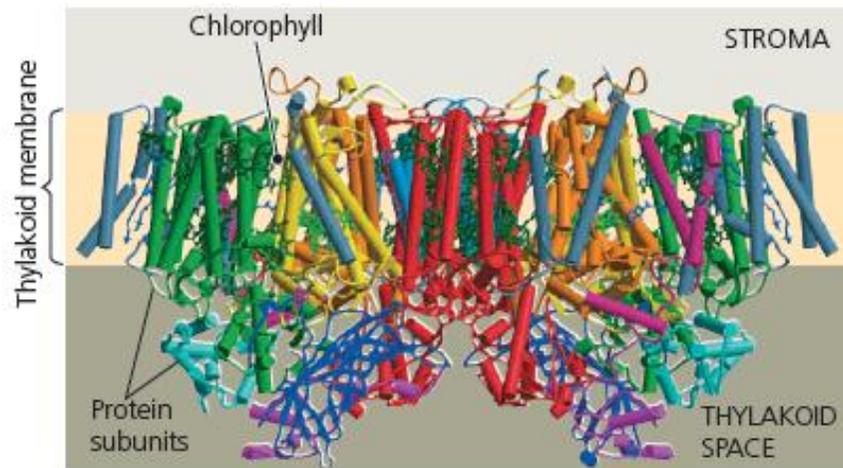
(b) Fluorescence



FOTOSINTESIS

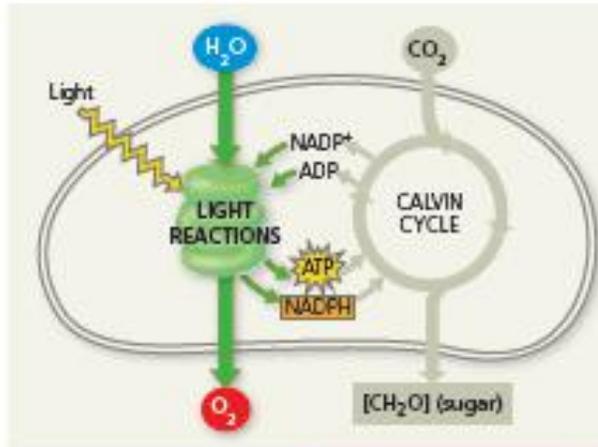


(a) How a photosystem harvests light. When a photon strikes a pigment molecule in a light-harvesting complex, the energy is passed from molecule to molecule until it reaches the reaction-center complex. Here, an excited electron from the special pair of chlorophyll a molecules is transferred to the primary electron acceptor.



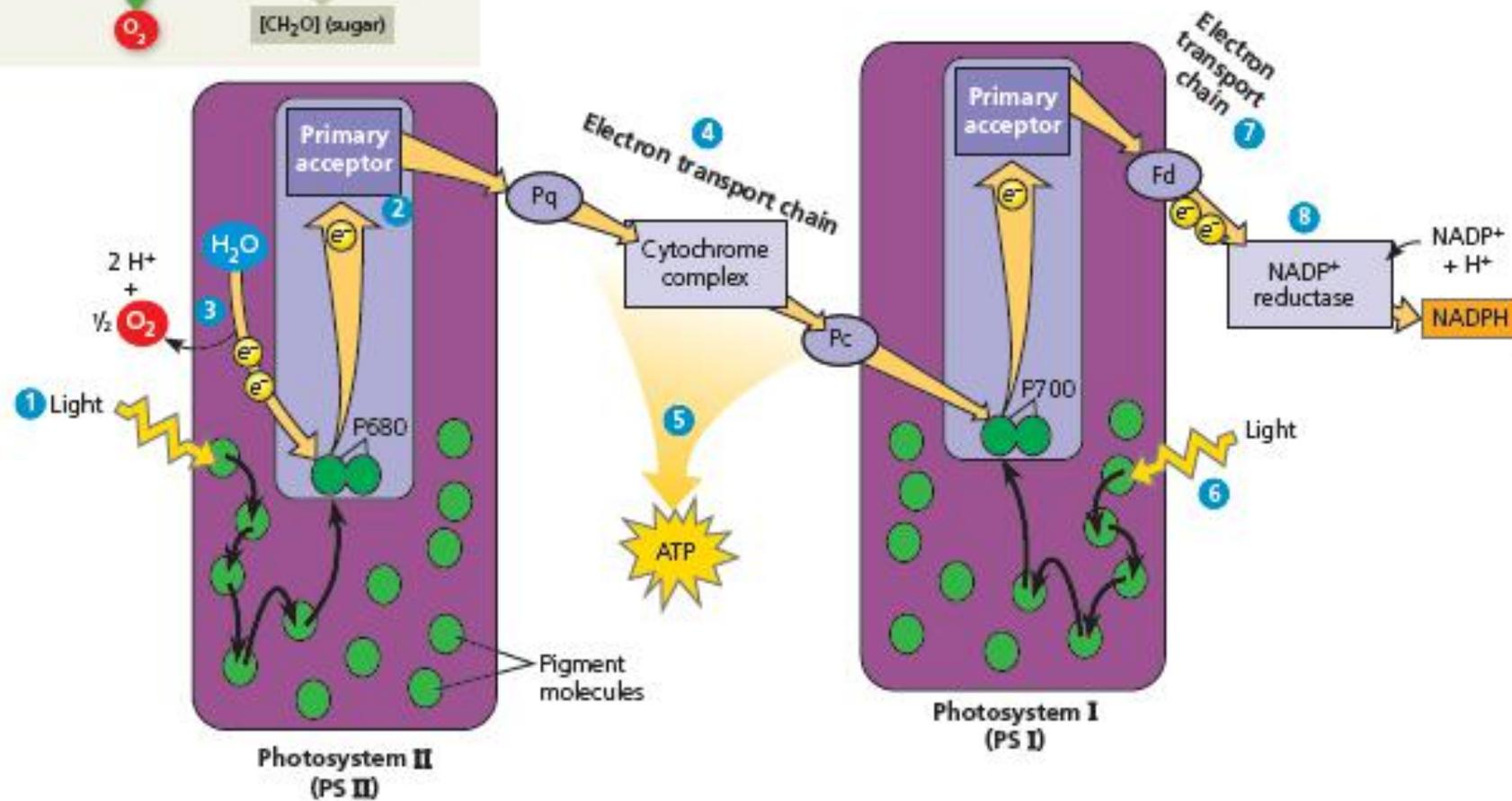
© 2004 AAAS

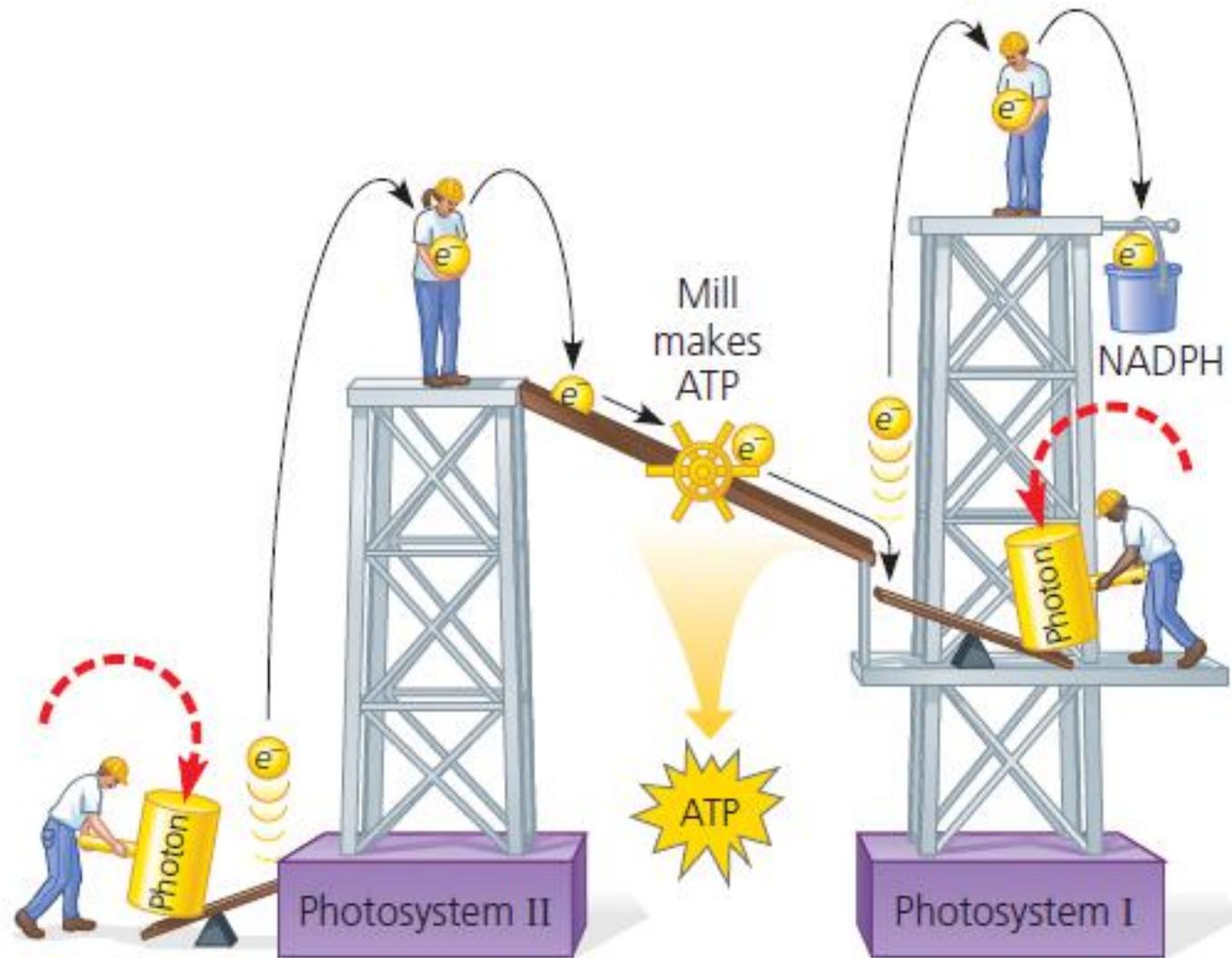
(b) Structure of a photosystem. This computer model, based on X-ray crystallography, shows two photosystem complexes side by side, oriented opposite to each other. Chlorophyll molecules (small green ball-and-stick models) are interspersed with protein subunits (cylinders and ribbons). For simplicity, this photosystem will be shown as a single complex in the rest of the chapter.



▼ **Figure 10.14** How linear electron flow during the light reactions generates ATP and NADPH. The gold arrows trace the flow of light-driven electrons from water to NADPH. The black arrows trace the transfer of energy from pigment molecule to pigment molecule.

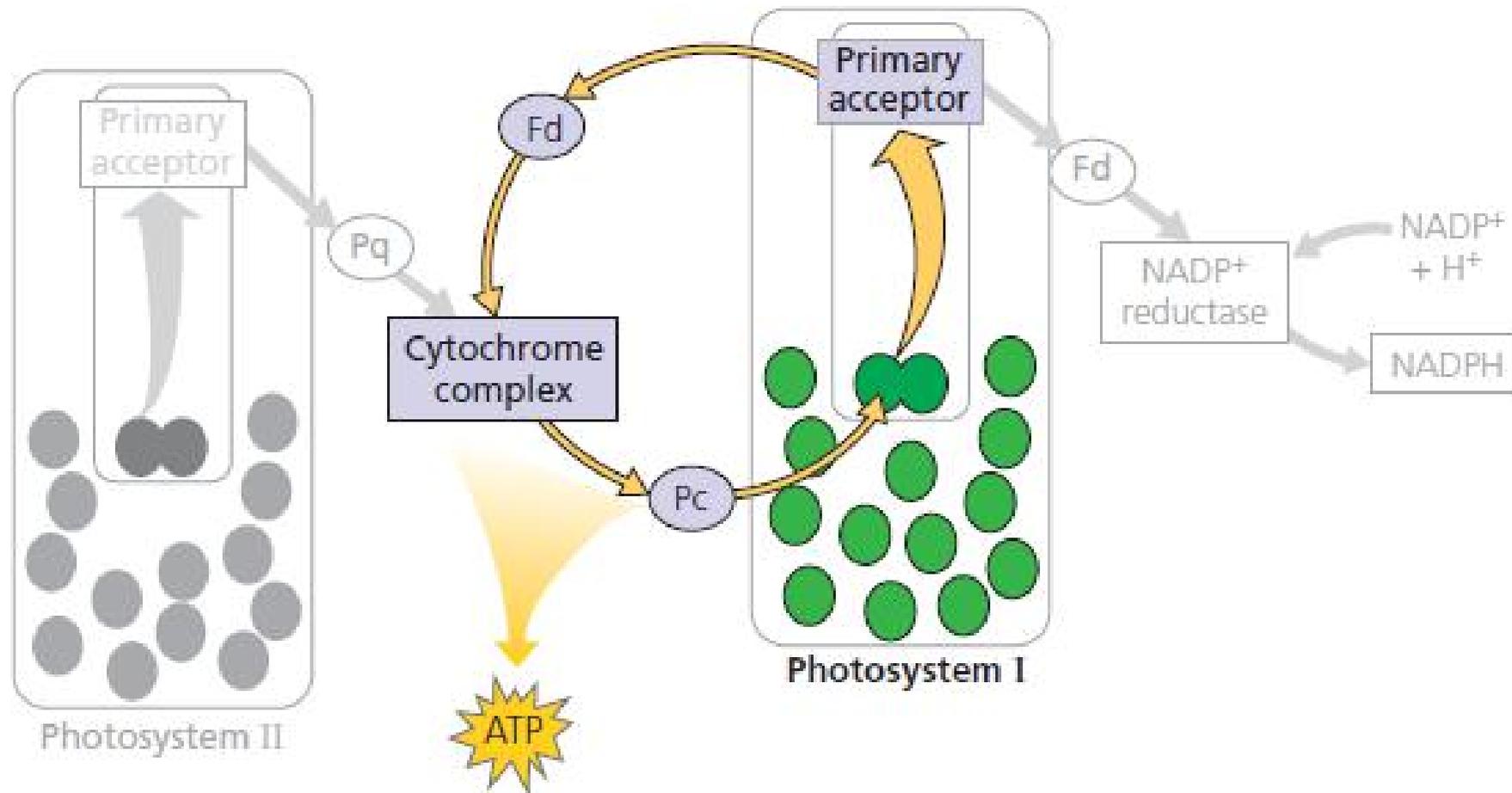
Aliran Elektron Linear





▲ **Figure 10.15** A mechanical analogy for linear electron flow during the light reactions.

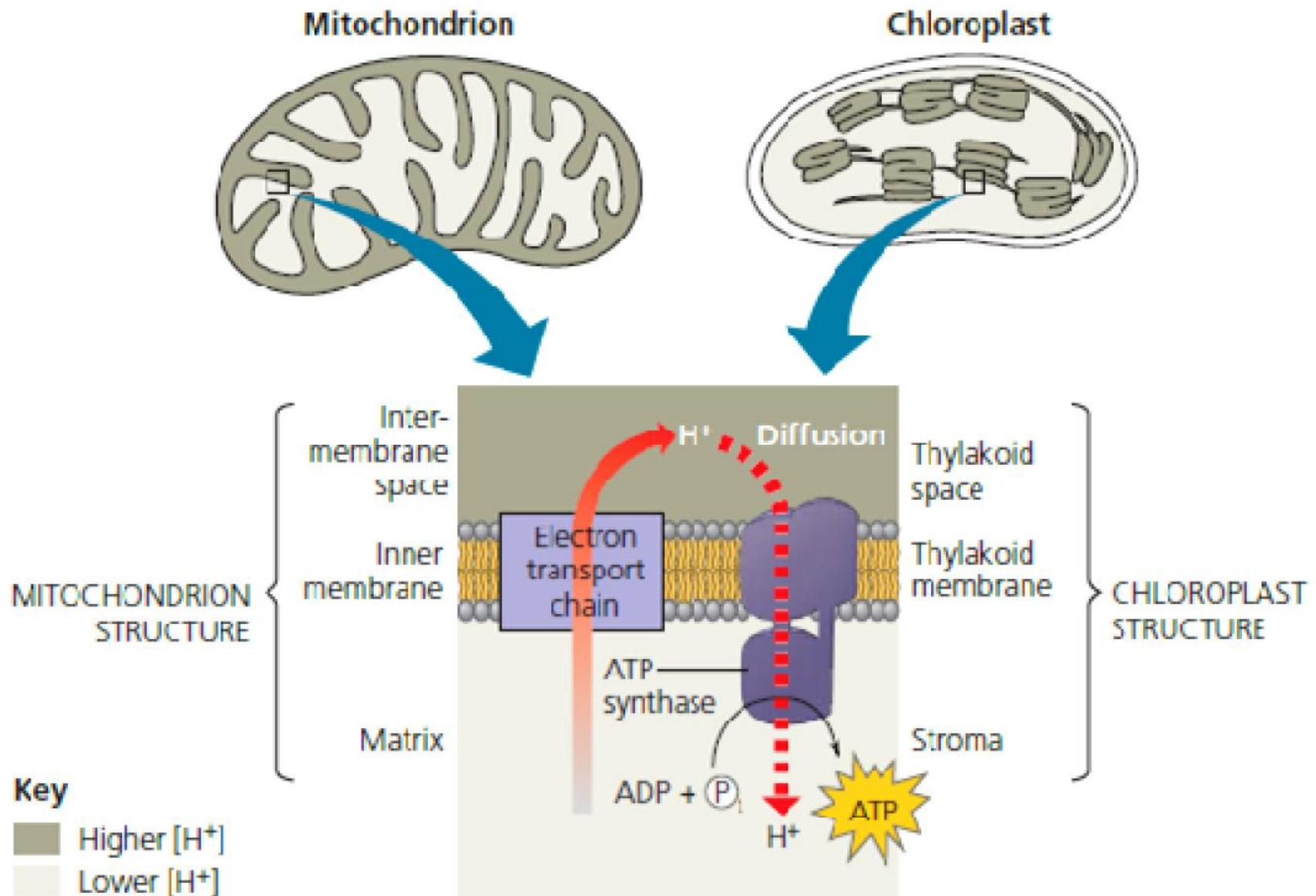
Aliran Elektron Siklik

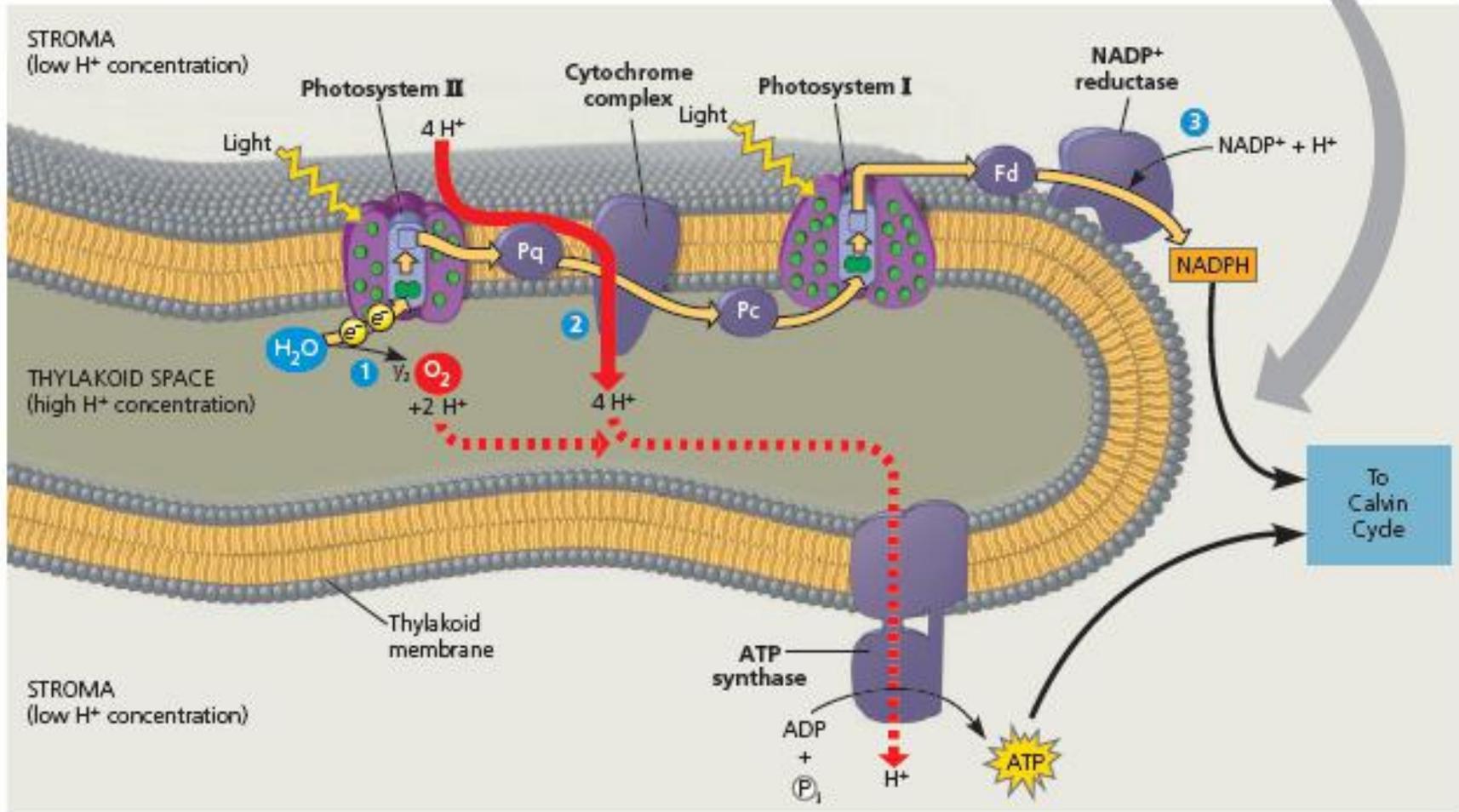
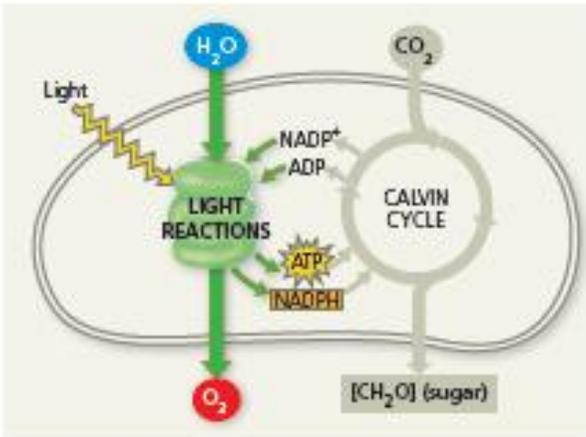


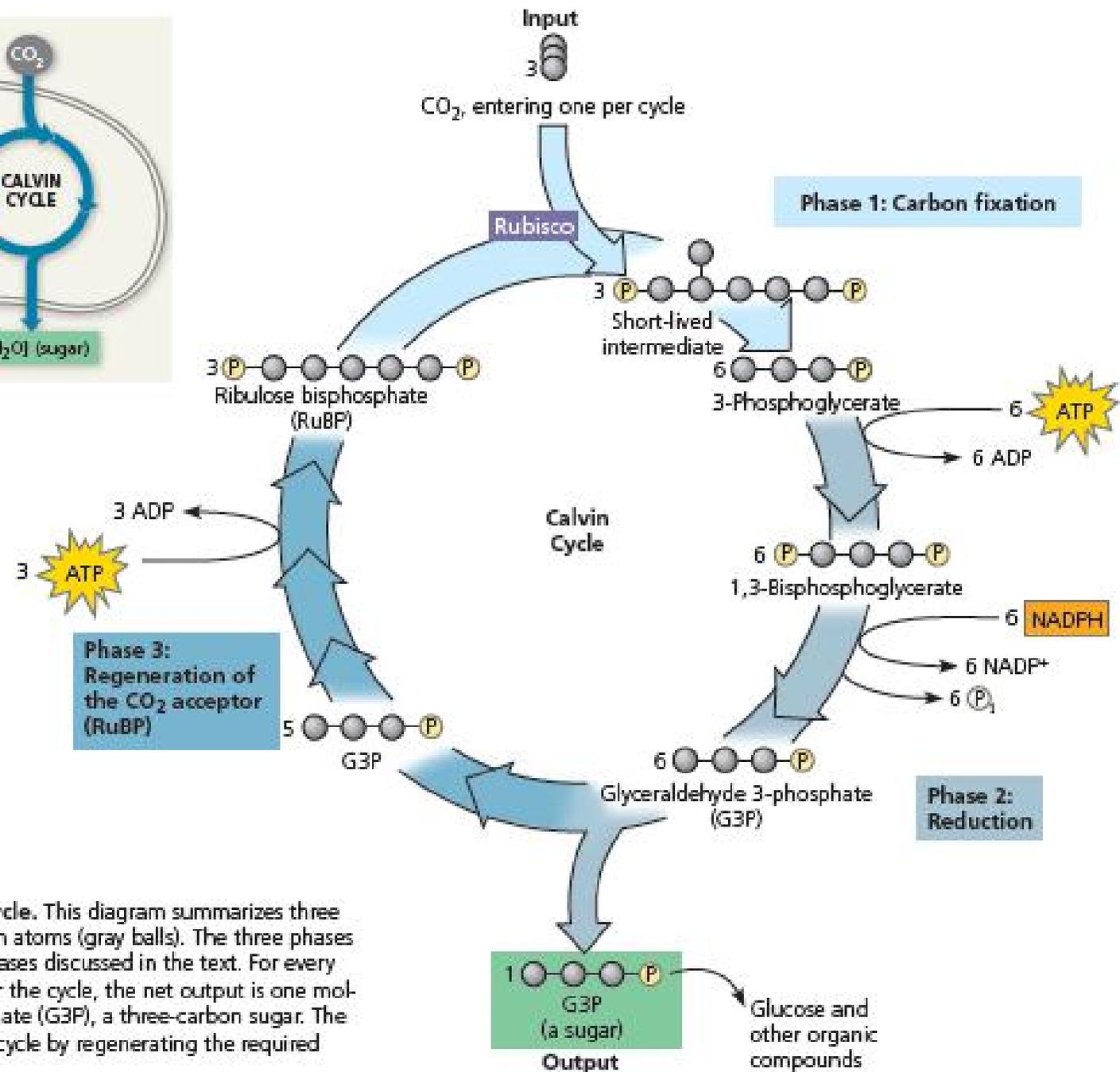
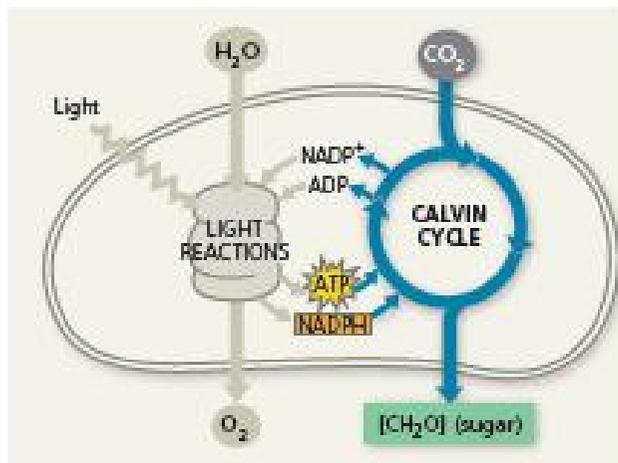
Tidak ada NADPH yg dihasilkan
Tidak ada O₂ yg dilepaskan
Tetapi menghasilkan ATP

Ex : Spesies bakteri sulfur ungu

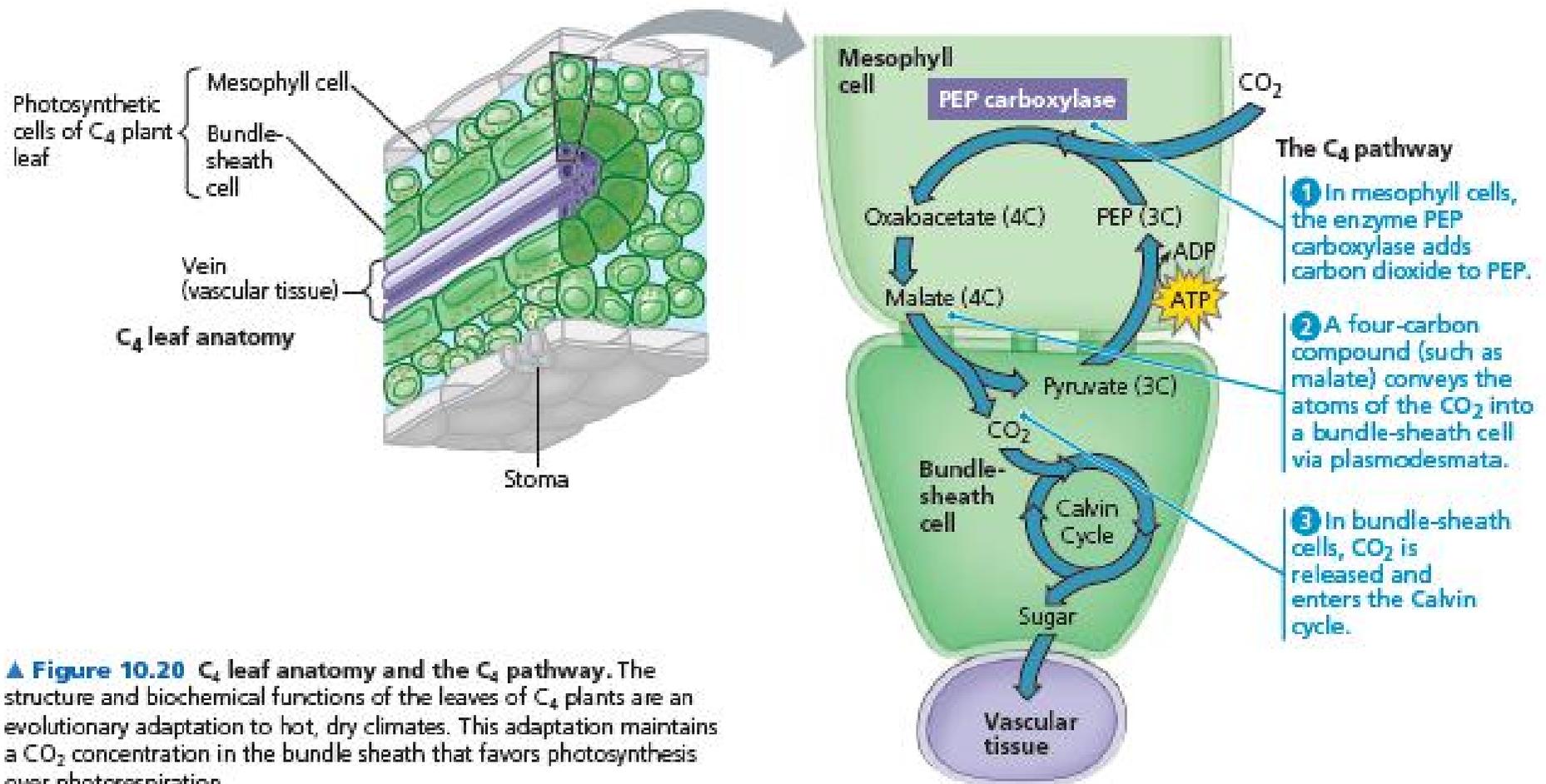
Perbandingan Kemiosmosis di Mitokondria dan Kloroplas







▲ **Figure 10.19** The Calvin cycle. This diagram summarizes three turns of the cycle, tracking carbon atoms (gray balls). The three phases of the cycle correspond to the phases discussed in the text. For every three molecules of CO_2 that enter the cycle, the net output is one molecule of glyceraldehyde 3-phosphate (G3P), a three-carbon sugar. The light reactions sustain the Calvin cycle by regenerating the required ATP and NADPH.



▲ **Figure 10.20** C_4 leaf anatomy and the C_4 pathway. The structure and biochemical functions of the leaves of C_4 plants are an evolutionary adaptation to hot, dry climates. This adaptation maintains a CO_2 concentration in the bundle sheath that favors photosynthesis over photorespiration.

Jelaskan perbedaan antara tanaman C3, C4, dan CAM

C3

- Melibatkan enzim RuBP karboksilase (rubisco)
- RuBP sebagai akseptor CO₂
Produk awal berupa 3-fosfoglisarat (3-PGA)
(karbohidrat berkarbon 3)
- Contoh: padi, ubi

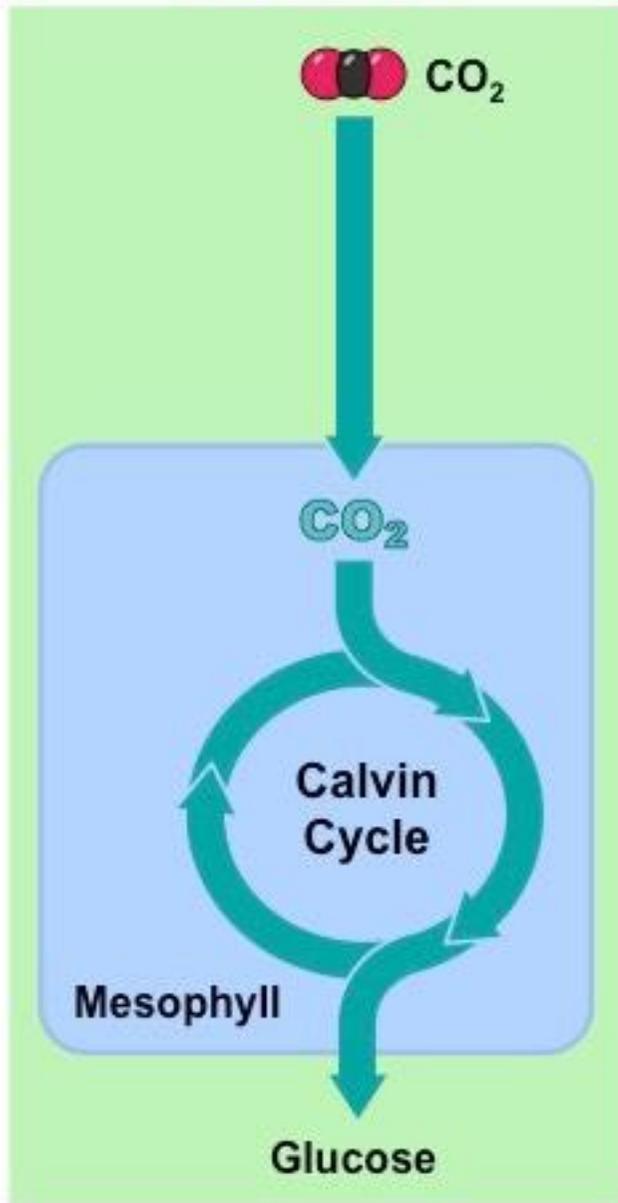
C4

- Melibatkan enzim PEP karboksilase (pepco)
- PEP sebagai akseptor CO₂
- Produk awal berupa oksal asetat atau malat (karbohidrat berkarbon 4)
- Meminimalkan fotorespirasi dan meningkatkan produksi gula sehingga lebih efisien
- Contoh: tebu, jagung

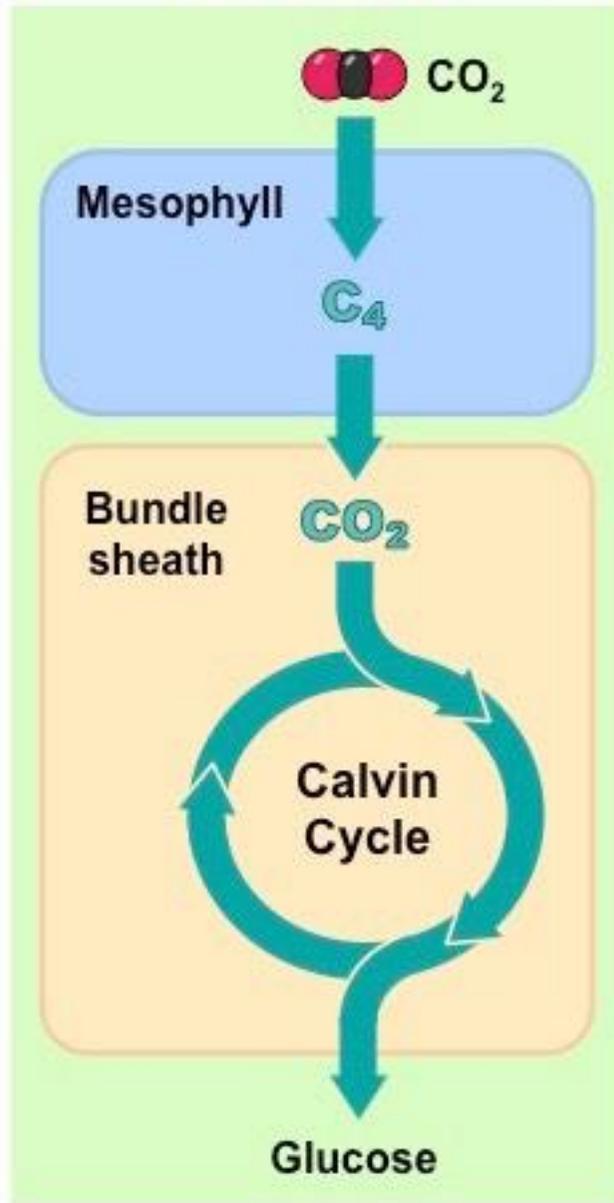
CAM

- Stomata membuka pada malam hari
- CO₂ difiksasi pada malam hari dan diubah menjadi asam organik di dalam vakuola sel mesofil
Pada siang hari CO₂ dilepaskan dari asam organik untuk membuat gula pada kloroplas
- Contoh: nenas, kaktus, dan sukulenta dari familia Crassulaceae

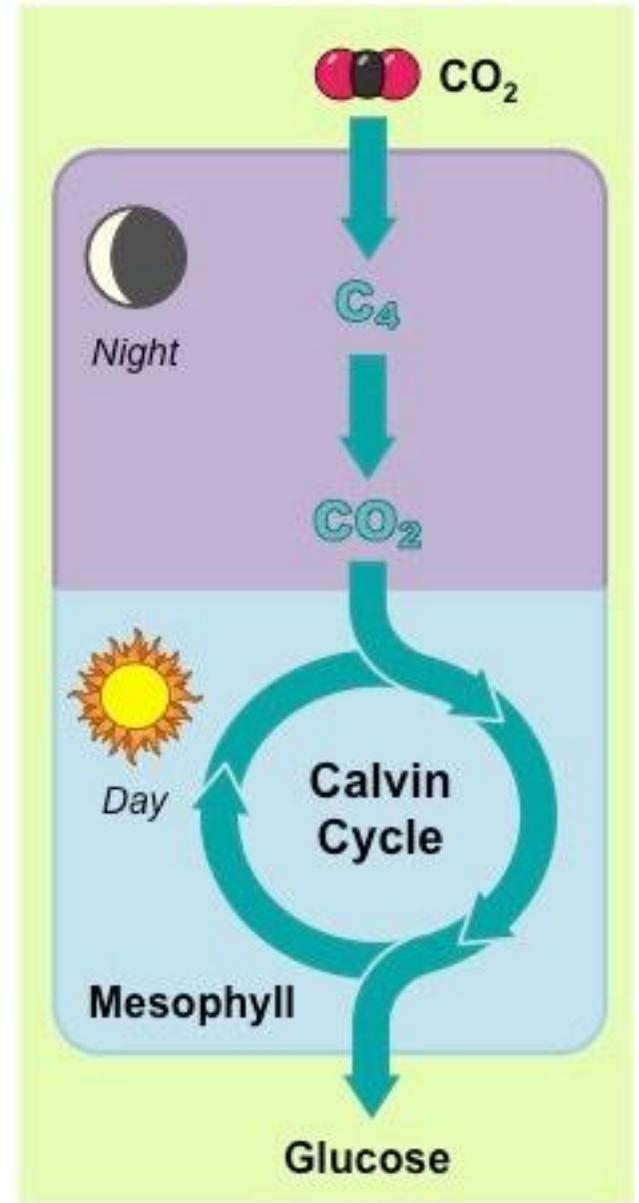
C₃ PLANT



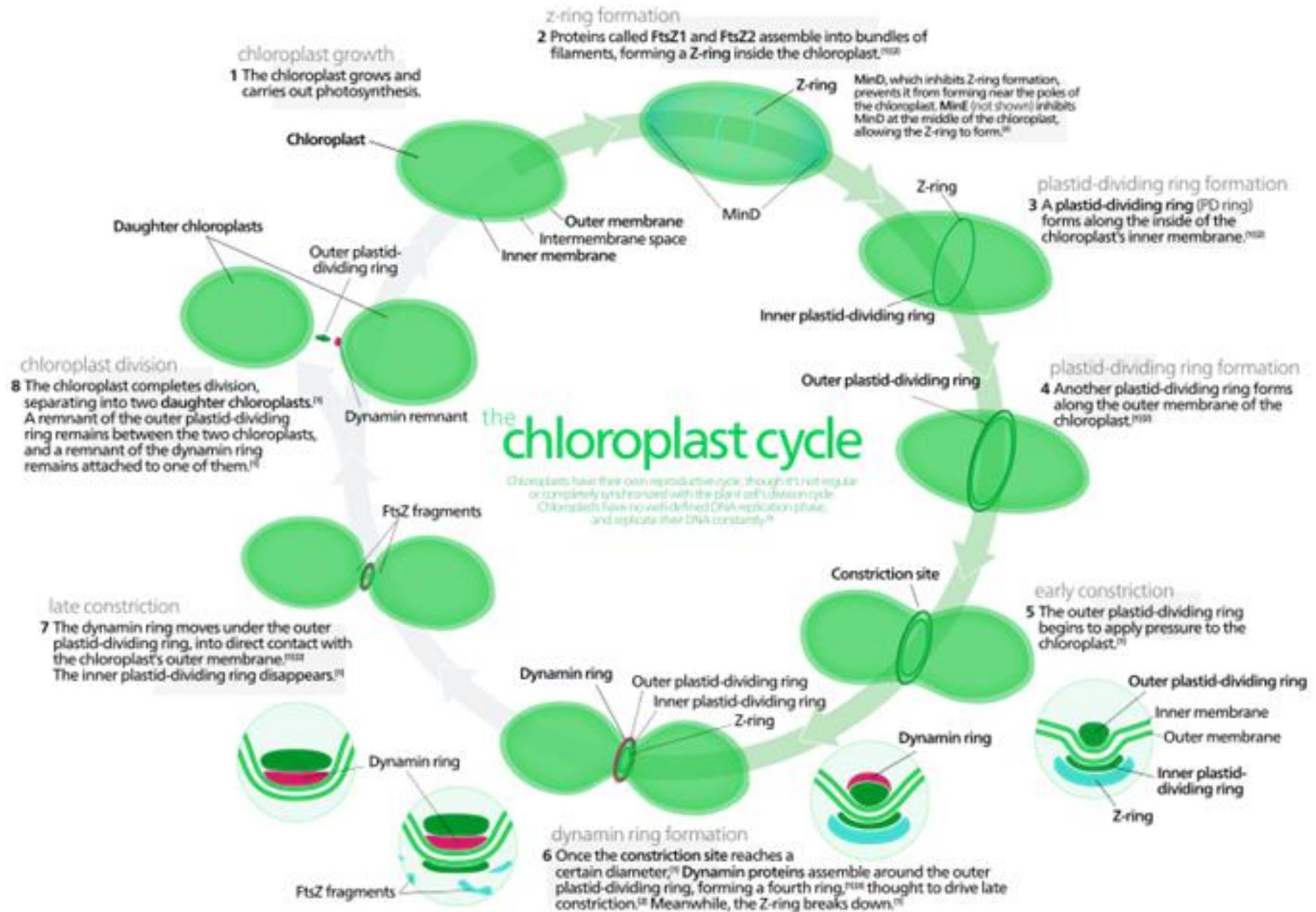
C₄ PLANT

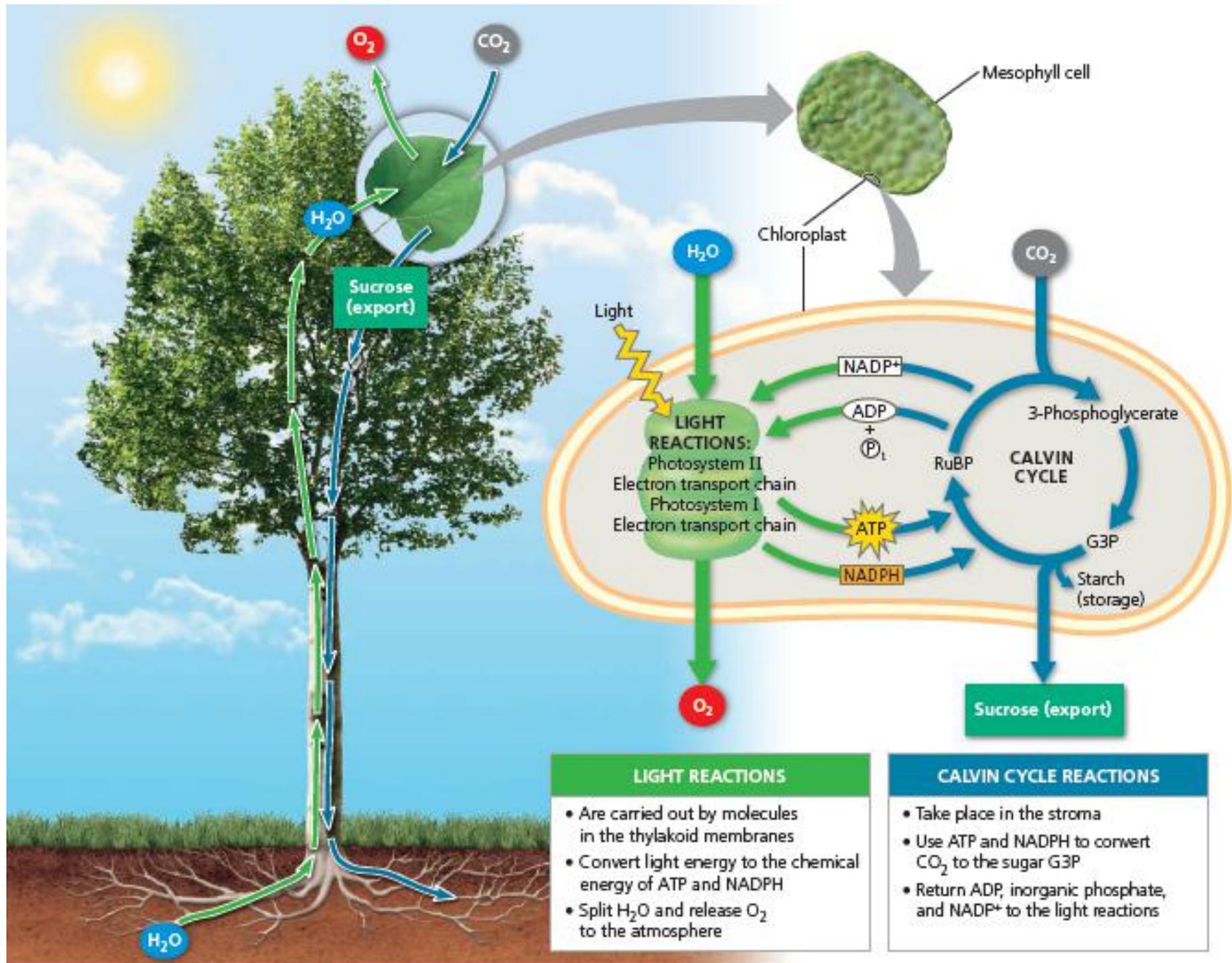


CAM PLANT

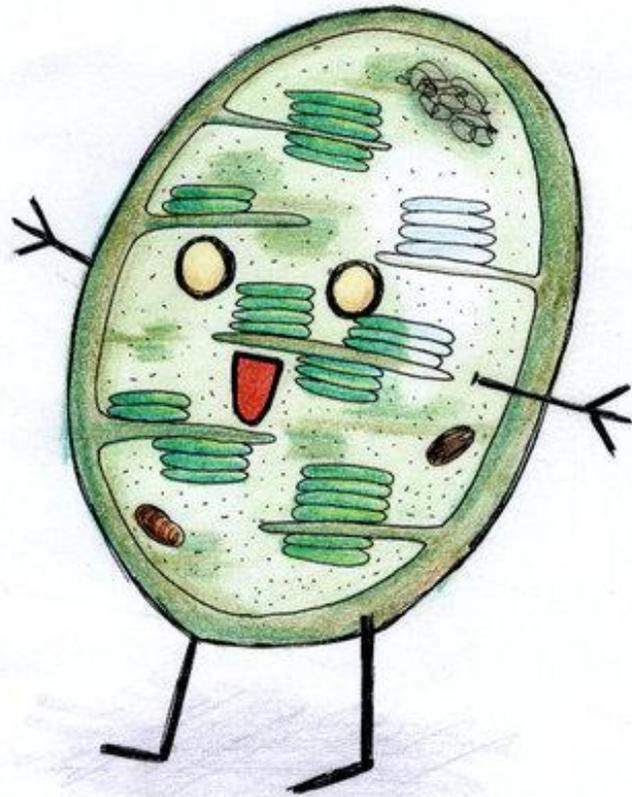


Biogenesis Kloroplas

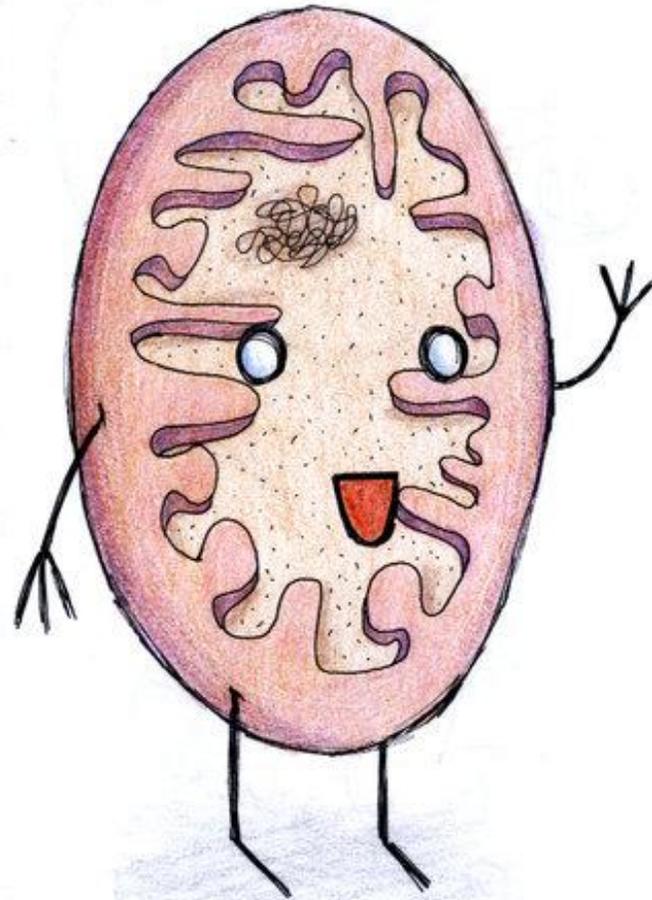




Gumawo, Anyeong~~



PAN CHLOROPLAST



PAN MITOCHONDRION