

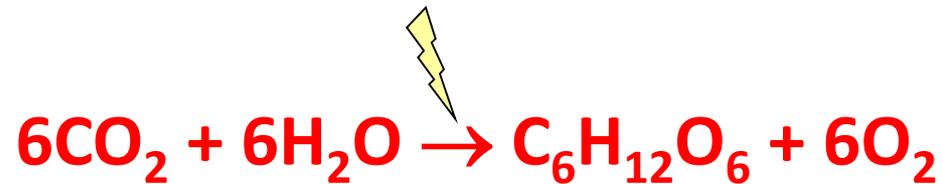
**LA FOTOSINTESI:
CONCETTI GENERALI E REAZIONI ALLA LUCE**

FOTOSINTESI

Conversione di energia luminosa in energia di legame da parte di piante, alghe e procarioti.

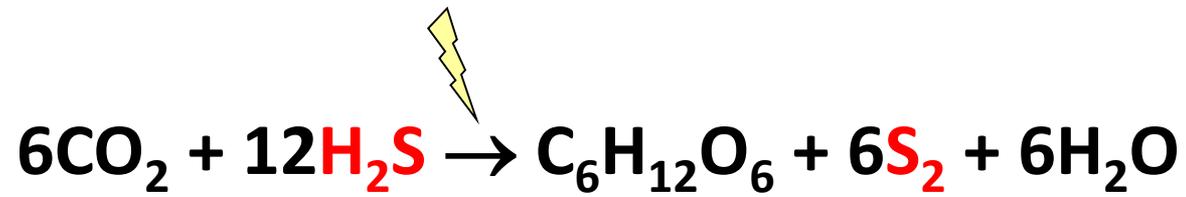


Sintesi di composti organici a partire da composti inorganici



(Fotosintesi ossigenica)

FOTOSINTESI ANOSSIGENICA



Esperimenti di Hill su cloroplasti isolati utilizzando accettori di elettroni artificiali (benzochinone, ferricyanide..)



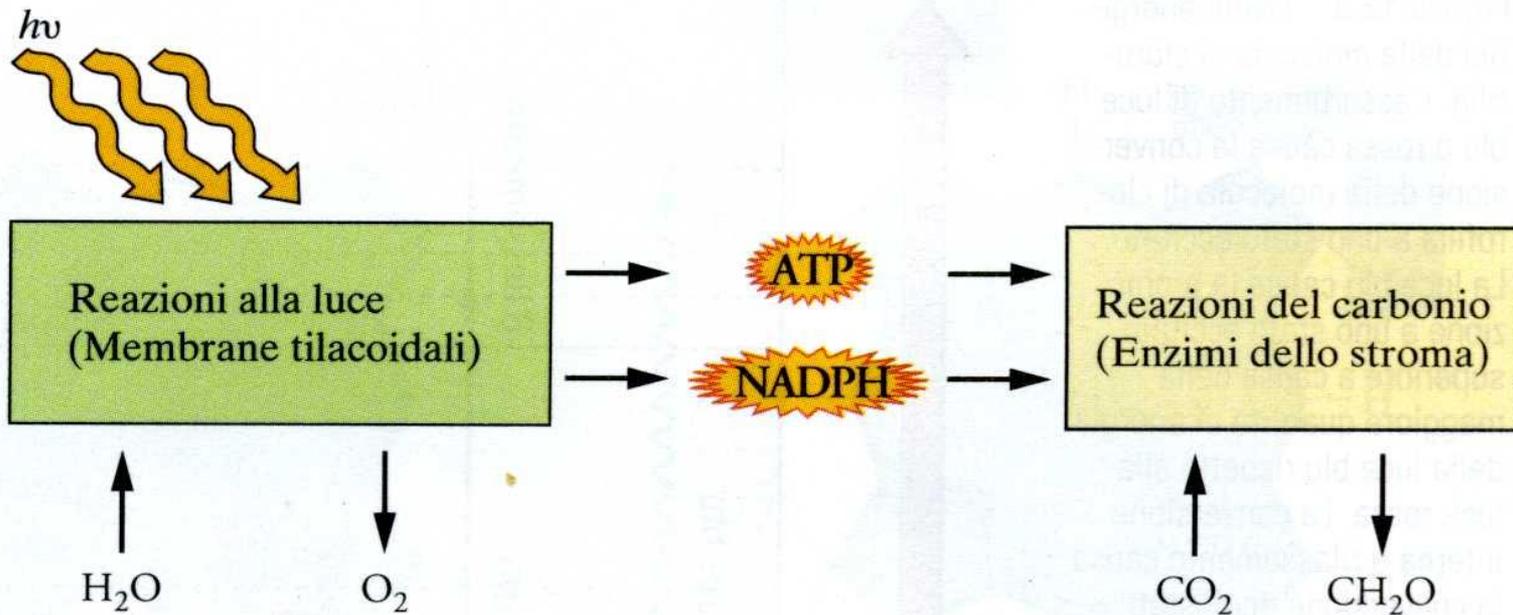
La fotosintesi è un processo redox

Produzione di ossigeno avviene in assenza di CO_2 :
 O_2 emesso dalle piante deriva da **H_2O** e non da CO_2

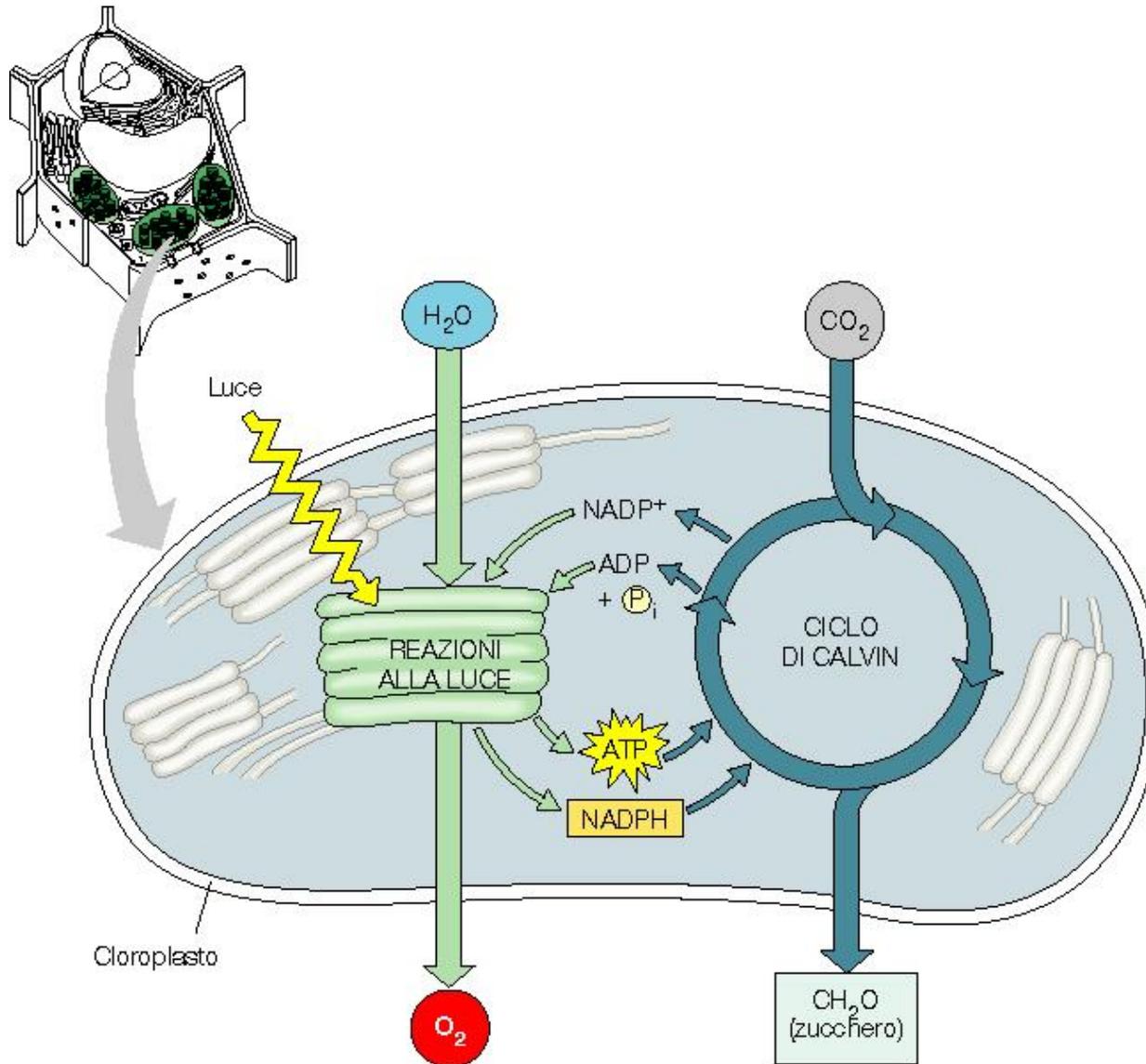
Processo divisibile in due fasi:

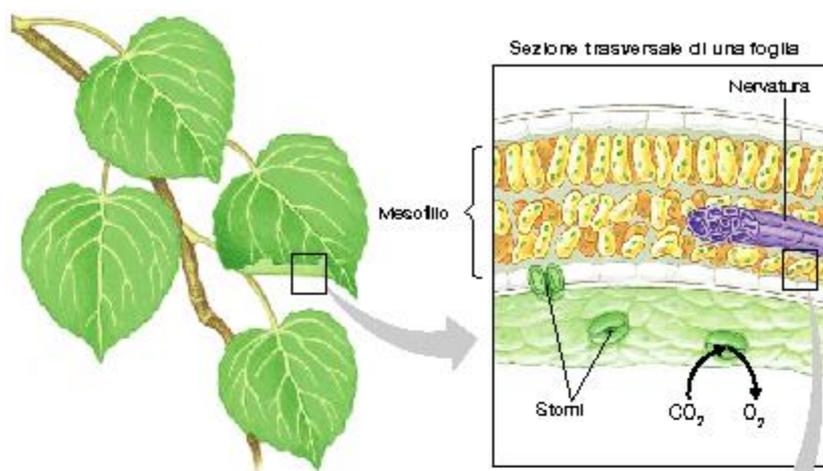
Reazioni alla luce (o tilacoidali)

Reazioni del carbonio (o stromatiche)

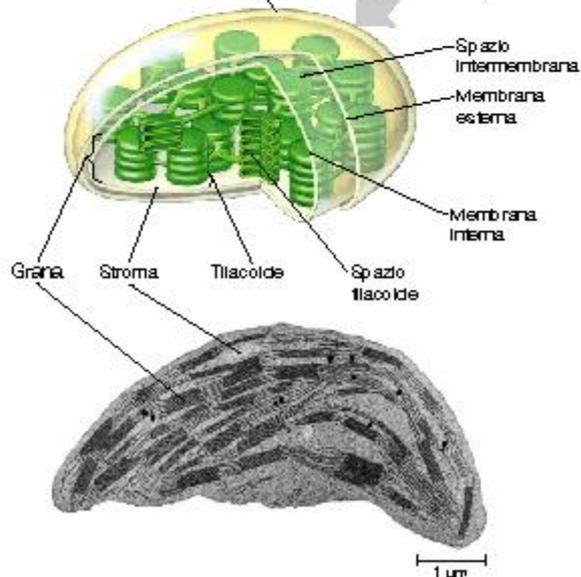
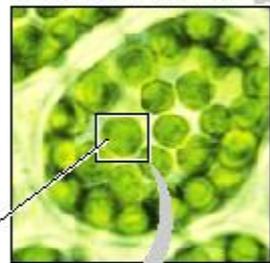


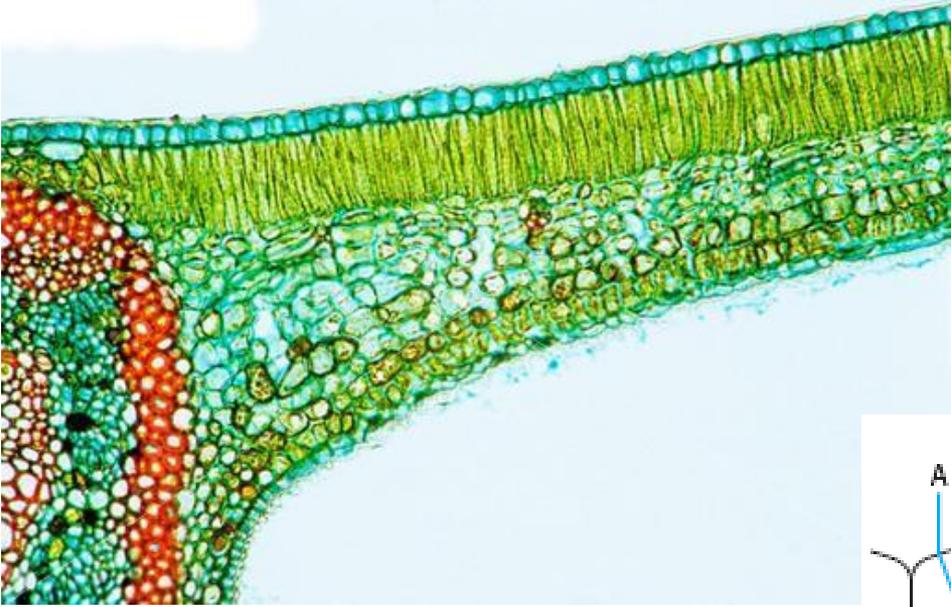
Le due fasi della fotosintesi sono strettamente associate





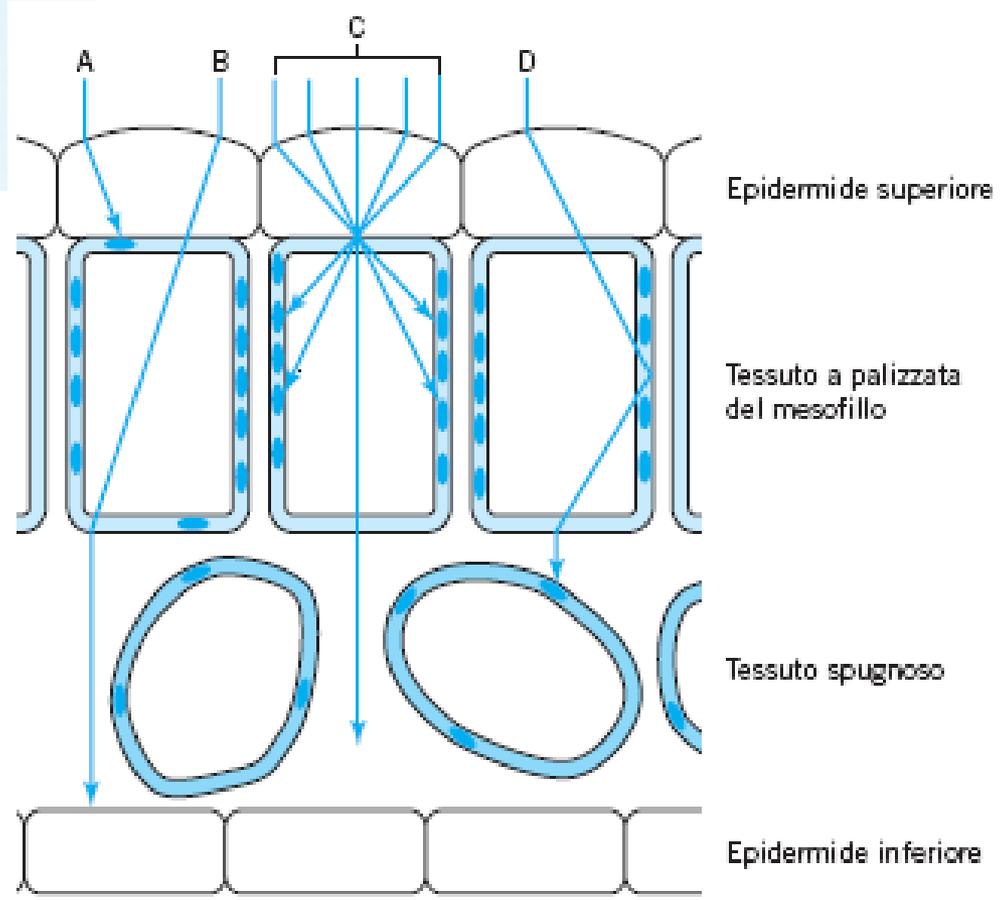
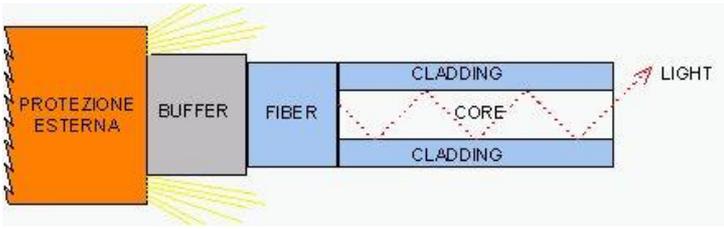
Cellula del mesofillo



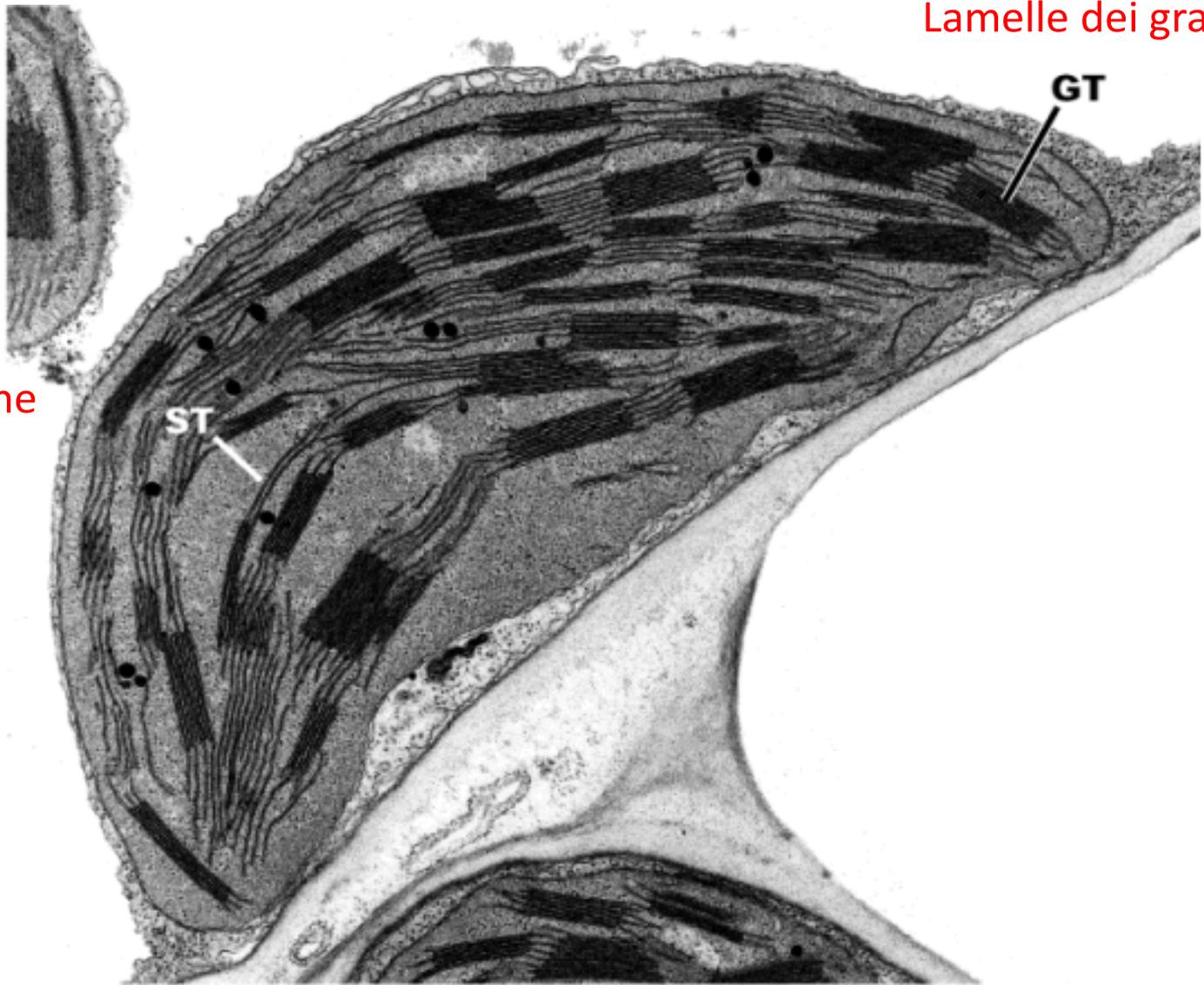


Massimizzazione dell'assorbimento:

- Effetto setaccio
- Effetto lente
- Effetto guida



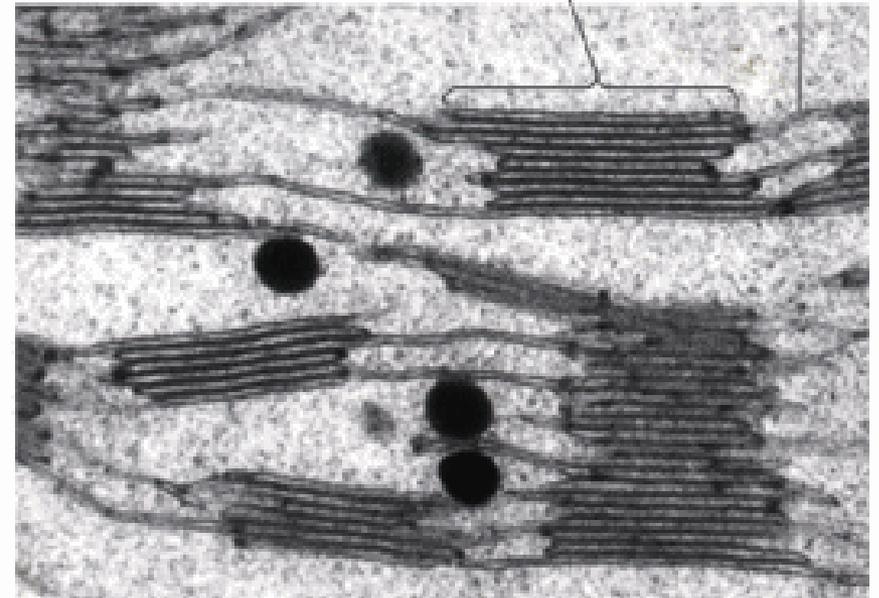
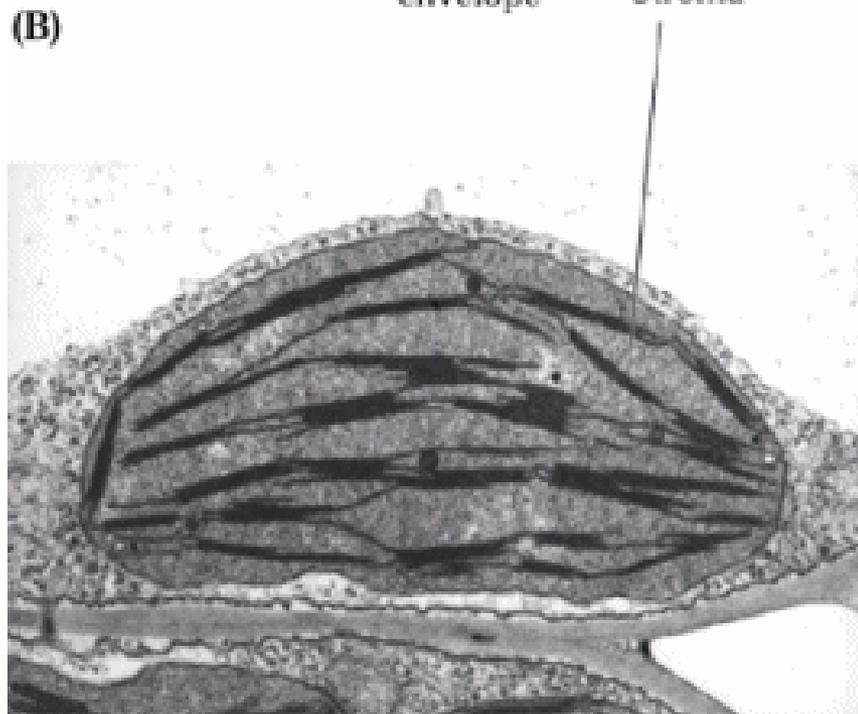
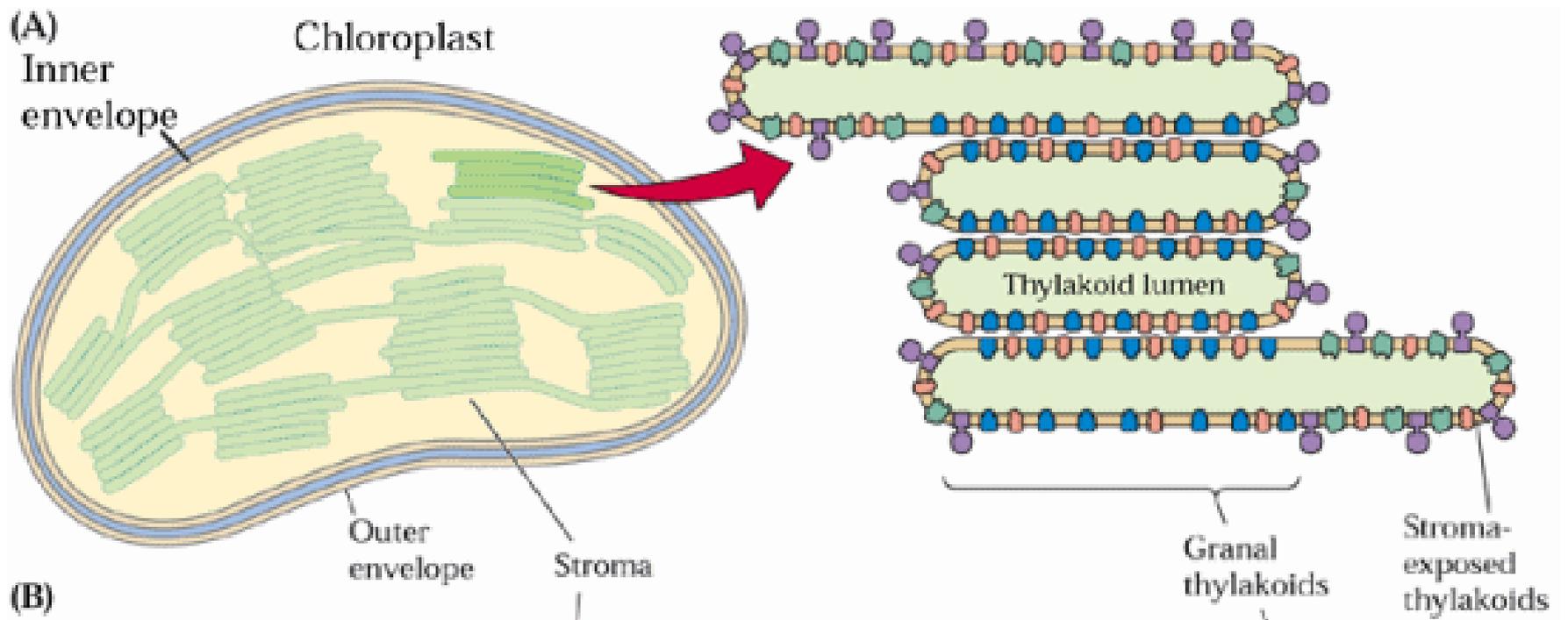
Lamelle
stromatiche

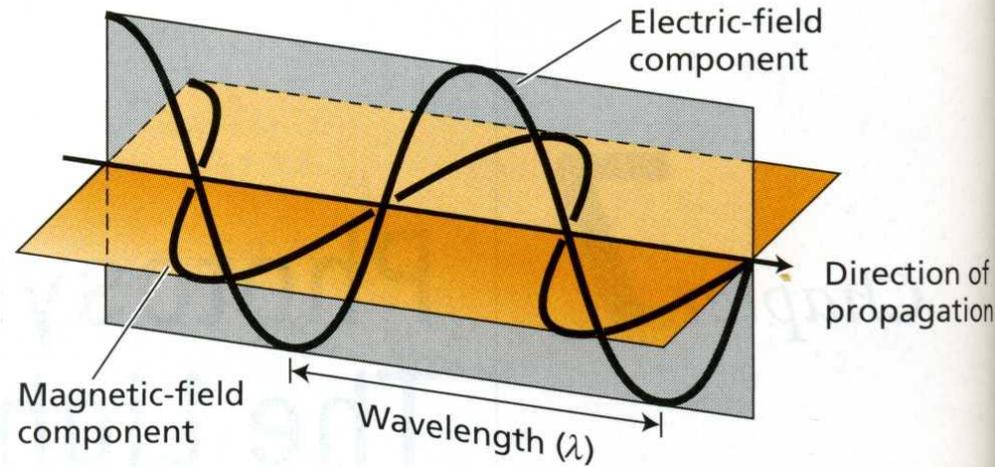
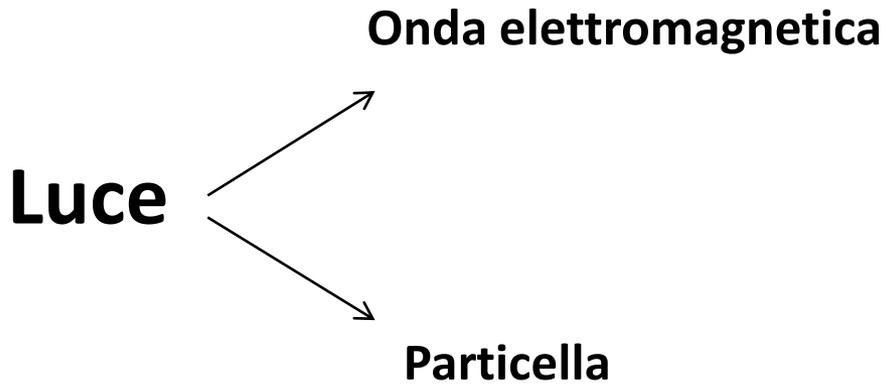


Lamelle dei grana

GT

ST





λ = lunghezza d'onda
 ν = frequenza

Fotone → contiene una
quantità di energia definita
(quanto)

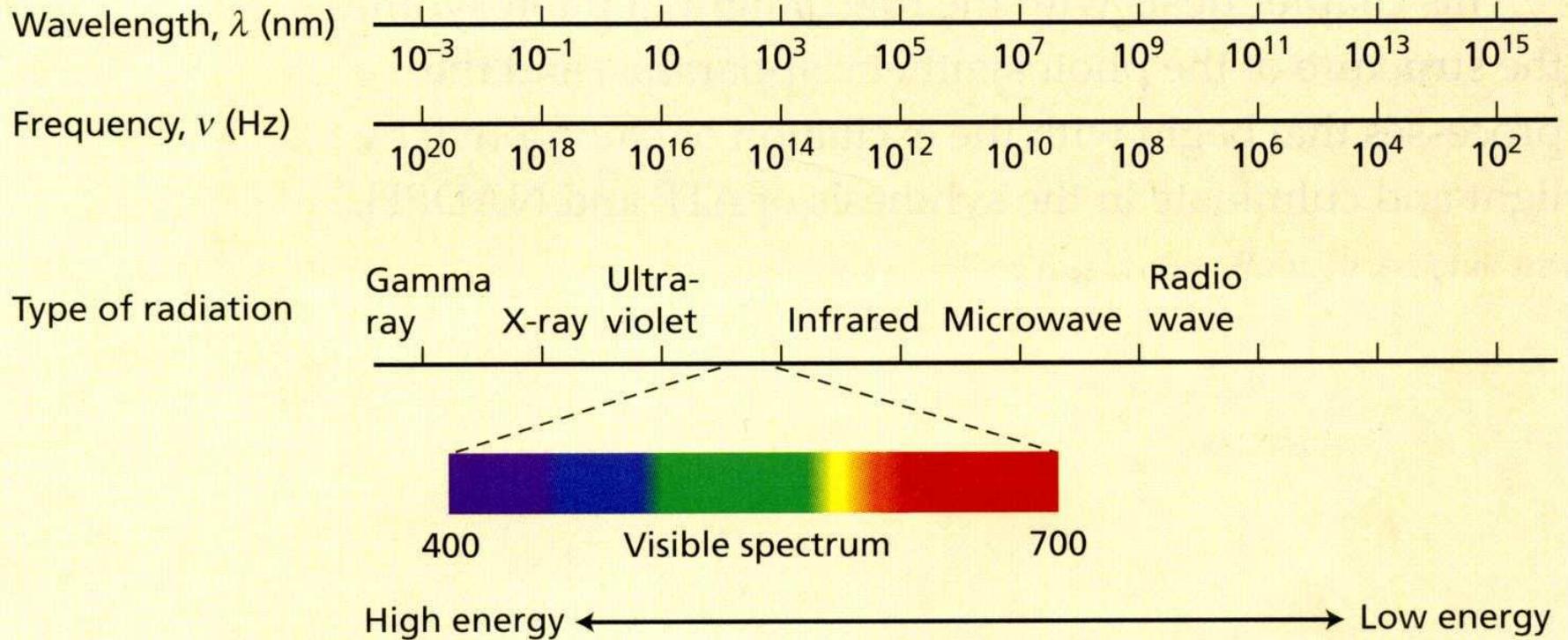
$$E = h\nu = hc/\lambda$$

Legge di Planck

$$c = \lambda \nu$$
$$\nu = c/\lambda$$

h è la costante di Planck (6.626×10^{-34} J s)
 c è la velocità della luce (3×10^8 m s⁻¹)

Lo spettro elettromagnetico



La radiazione fotosinteticamente attiva corrisponde alla banda del visibile (tra 400 e 700 nm circa)

Nota: radiazioni a lunghezza d'onda >700 nm o <400 nm non vengono utilizzate nella fotosintesi ma hanno importanti effetti (fotomorfogenetici, fotodistruttivi) sulla vita delle piante.

Fotone di luce rossa, $\lambda = 660 \text{ nm} = 6.6 \times 10^{-7} \text{ m}$

$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J s}$

$E_q = hc/\lambda = [(6.62 \times 10^{-34} \text{ J s}) \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})] / (6.6 \times 10^{-7} \text{ m}) = 3.01 \times 10^{-19} \text{ J}$

Fotone di luce blu, $\lambda = 435 \text{ nm} = 4.35 \times 10^{-7} \text{ m}$

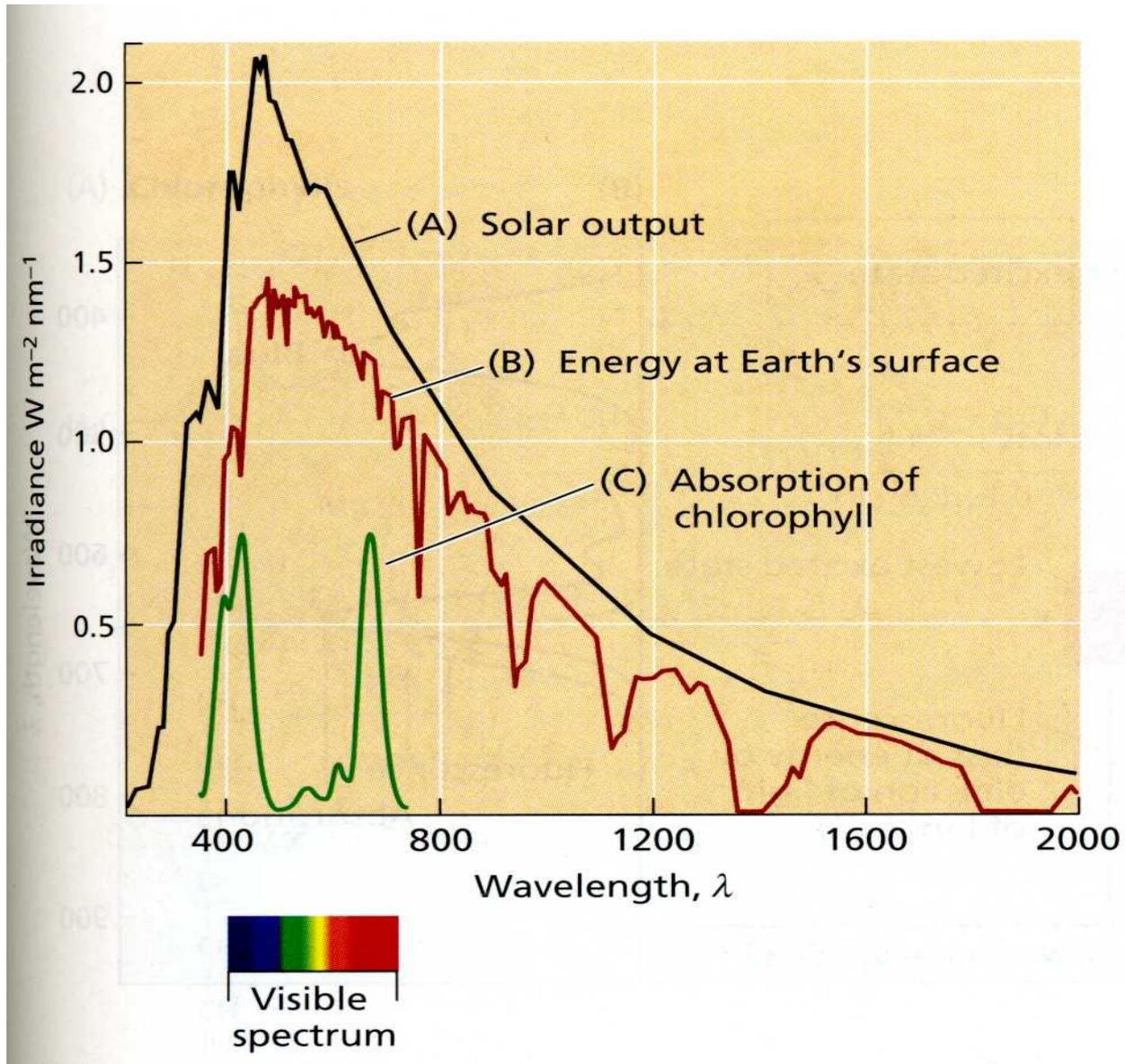
$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J s}$

$E_q = hc/\lambda = [(6.62 \times 10^{-34} \text{ J s}) \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})] / (4.35 \times 10^{-7} \text{ m}) = 4.56 \times 10^{-19} \text{ J}$

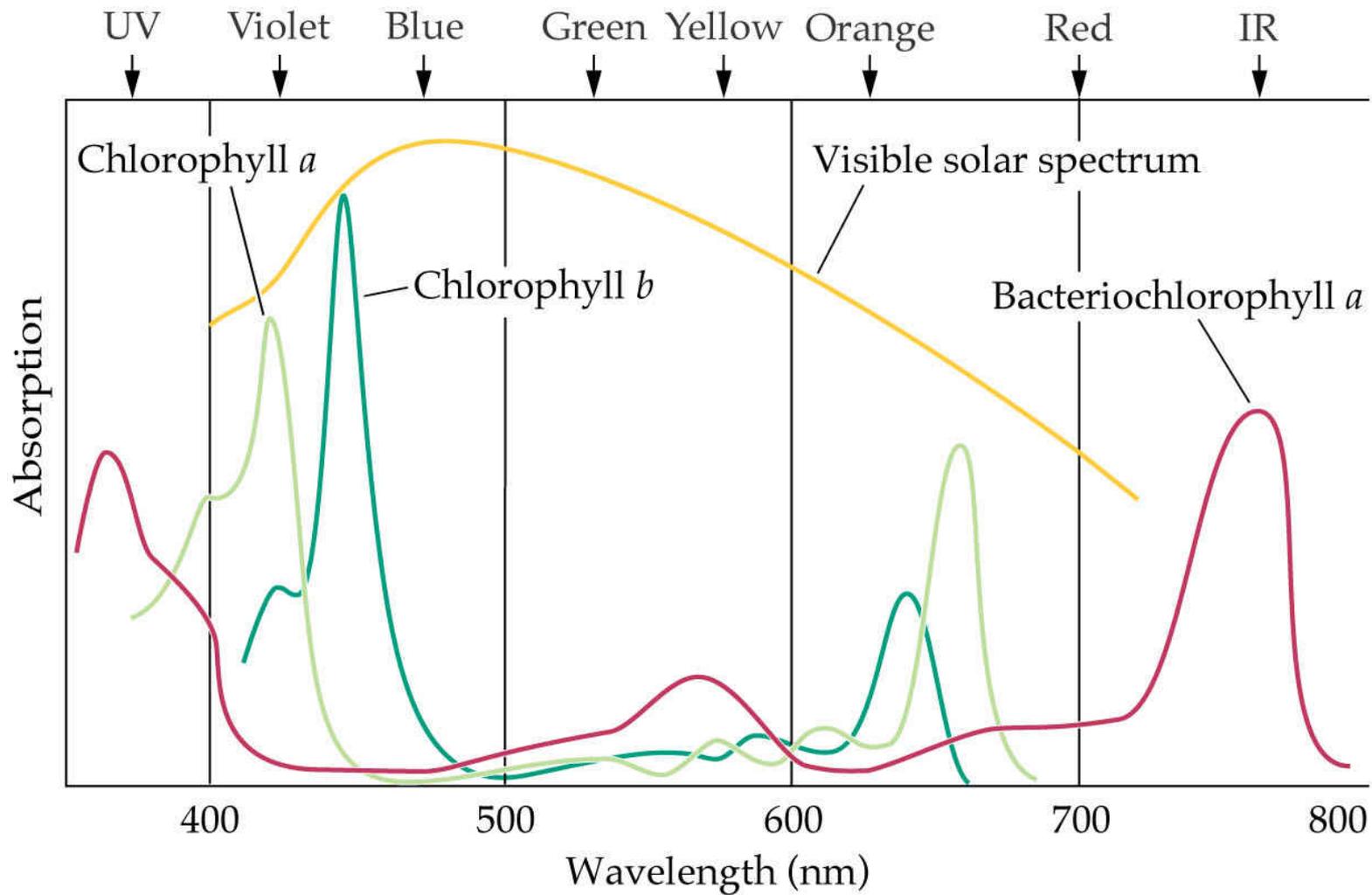
TABELLA 3.1 Principali radiazioni di interesse biologico

Colore	Ambito di lunghezza d'onda (nm)	Energia media (kJ mol ⁻¹ fotoni)
<i>Ultravioletto</i>	<i>100-400</i>	
UV-C	100-280	471
UV-B	280-320	399
UV-A	320-400	332
<i>Visibile</i>	<i>400-740</i>	
Violetto	400-425	290
Blu	425-490	274
Verde	490-550	230
Giallo	550-585	212
Arancio	585-640	196
Rosso	640-700	181
Rosso lontano	700-740	166
<i>Infrarosso</i>	<i>maggiore di 740</i>	85

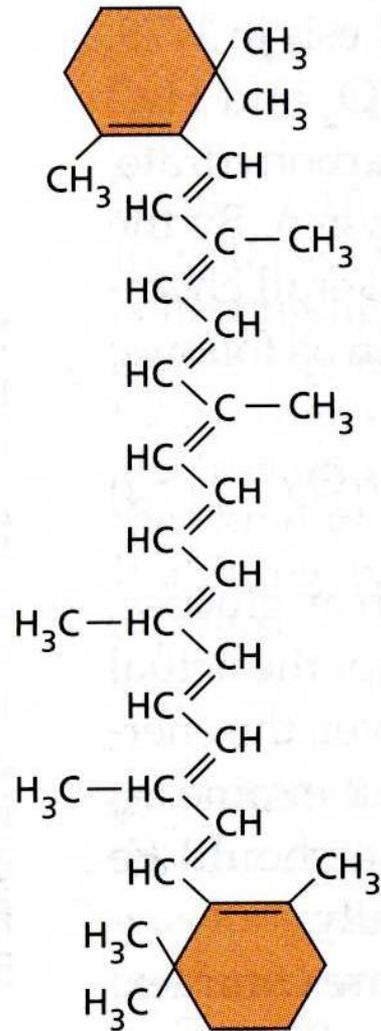
Il sole è una sorgente di fotoni a diversa lunghezza d'onda → diversa energia



Pigmenti fotosintetici



(B) Carotenoids



β-Carotene

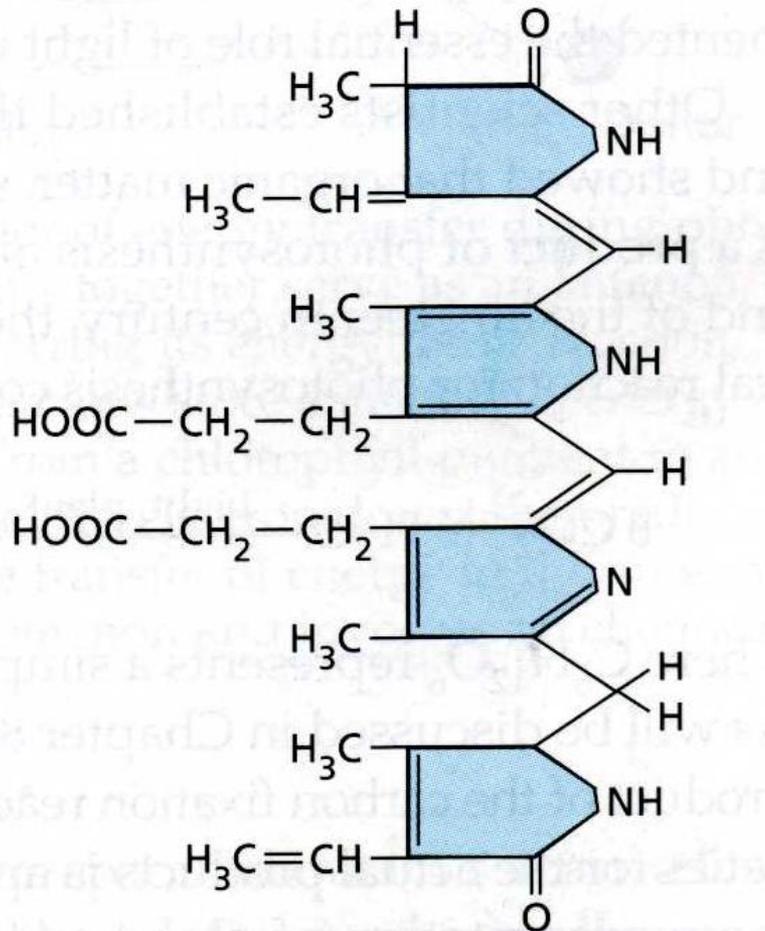
CAROTENOIDI

Terpenoidi (o isoprenoidi) a 40 atomi di C

Molecola lineare con legami doppi multipli

Due classi: caroteni e xantofille

(C) Bilin pigments



Phycoerythrobilin

FICOBILINE (cianobatteri e alghe rosse)

Tetrapirrioli a catena aperta

In genere legate a una proteina come parte integrante della molecola (formando le FICOBILIPROTEINE) e organizzate in grossi complessi macromolecolari detti **ficobilisomi**

Tre gruppi principali di ficobiliproteine: ficoeritrine (rosse), ficocianine (blu), alloficocianine (blu-porpora)

Clorofilla a: piante, alghe, cianobatteri

Clorofilla b: piante terrestri, alghe verdi, proclorofite

Clorofille c, d: diatomee, alghe brune, alghe rosse

Batterioclorofille: procarioti con fotosintesi anossigenica

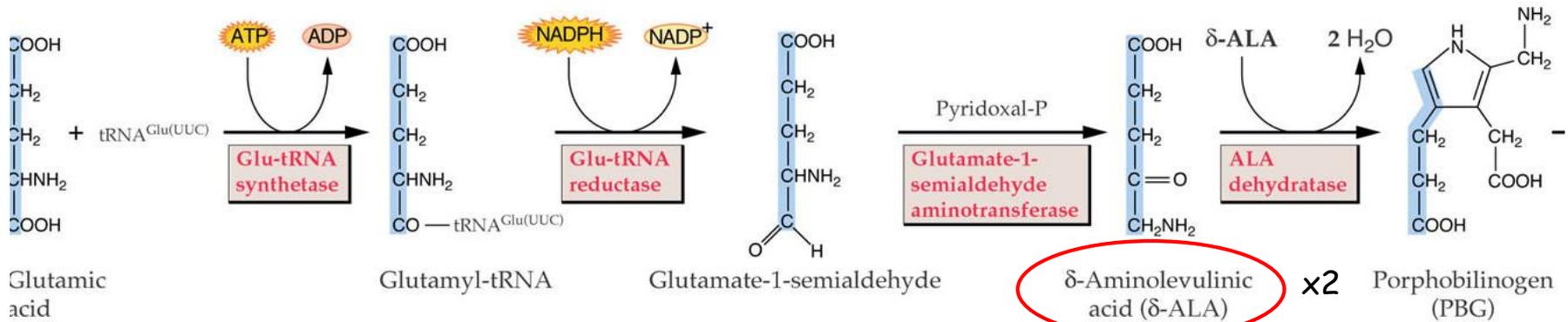
Carotenoidi: ubiquitari

Table 7.1
Distribution of chlorophylls and other photosynthetic pigments

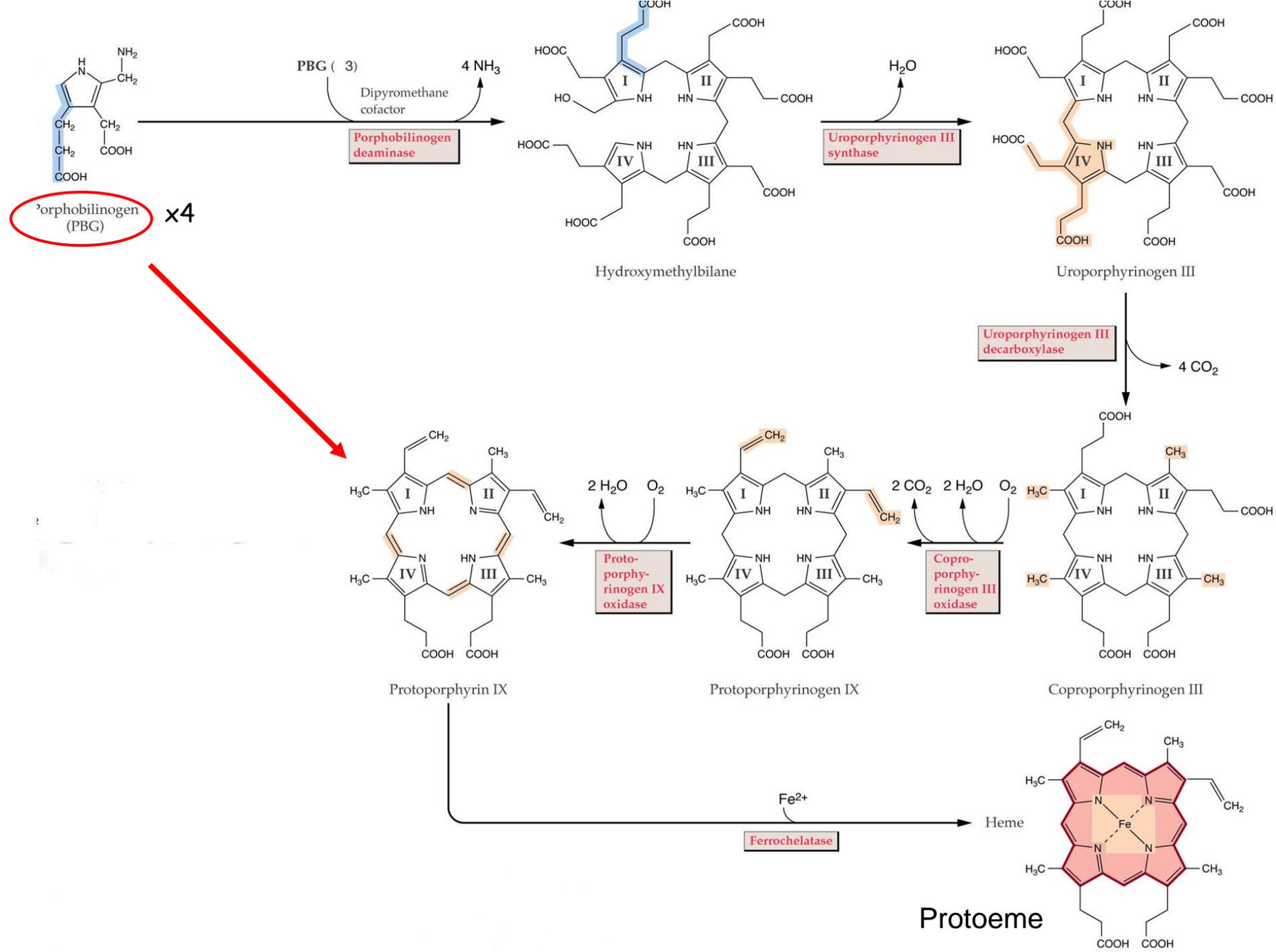
Organism	Chlorophylls				Bacteriochlorophylls						Carotenoids	Phycobiliproteins
	a	b	c	d	a	b	c	d	e	g		
Eukaryotes												
Mosses, ferns, seed plants	+	+	-	-							+	-
Green algae	+	+	-	-							+	-
Euglenoids	+	+	-	-							+	-
Diatoms	+	-	+	-							+	-
Dinoflagellates	+	-	+	-							+	-
Brown algae	+	-	+	-							+	-
Red algae	+	-	-	+							+	+
Prokaryotes												
Cyanobacteria	+	-	-	+							+	+
Prochlorophytes	+	+	-	-							+	-
Sulfur purple bacteria					+ or +	-	-	-	-		+	-
Nonsulfur purple bacteria					+ or +	-	-	-	-		+	-
Green bacteria					+	-	+ or +	+ or +	+	-	+	-
Heliobacteria					-	-	-	-	-	+	+	-

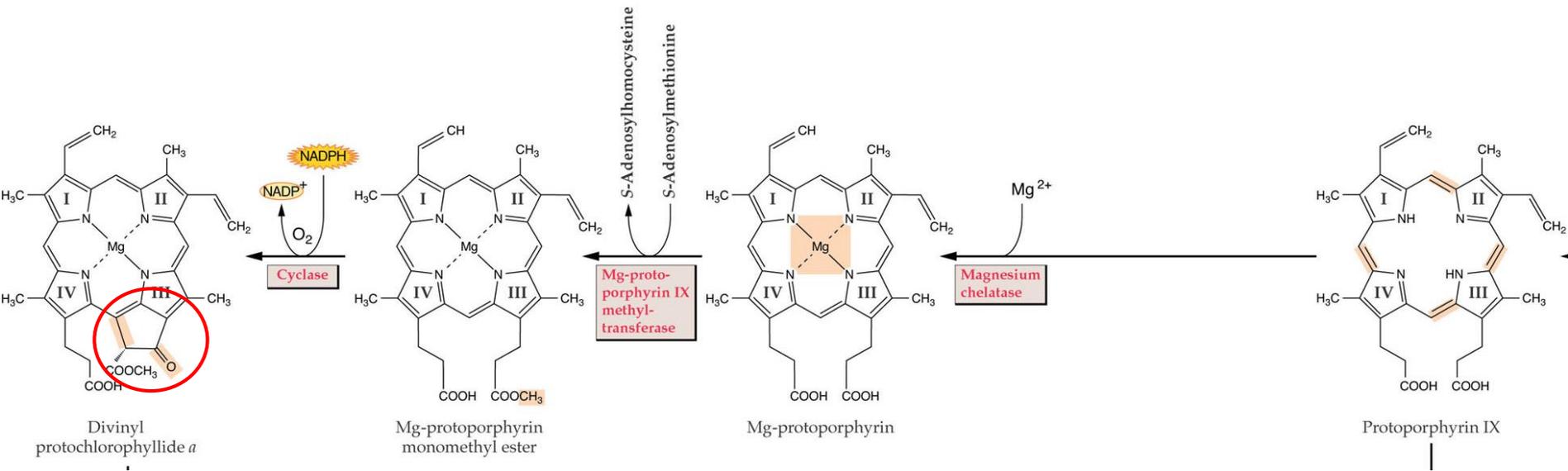
Biosintesi della clorofilla

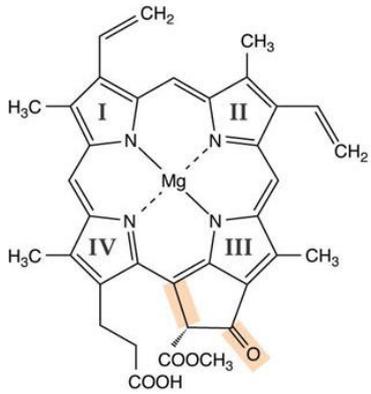
Nei cloroplasti (stroma)



- Precursore della clorofilla e dei gruppi eme
- Deriva dal glutammato in piante e cianobatteri
- Reazioni successive (fino alla protoporfirina) comuni a piante e animali

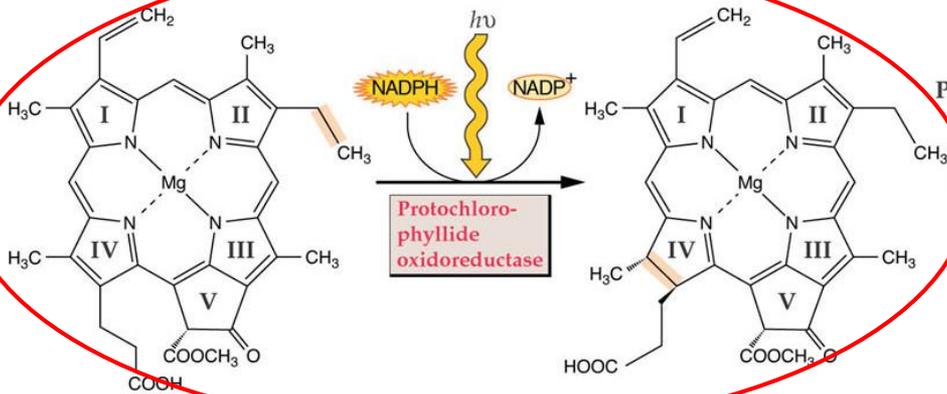






Divinyl
protochlorophyllide *a*

8-Vinyl
reductase



Monovinyl
protochlorophyllide *a*

Chlorophyllide *a*



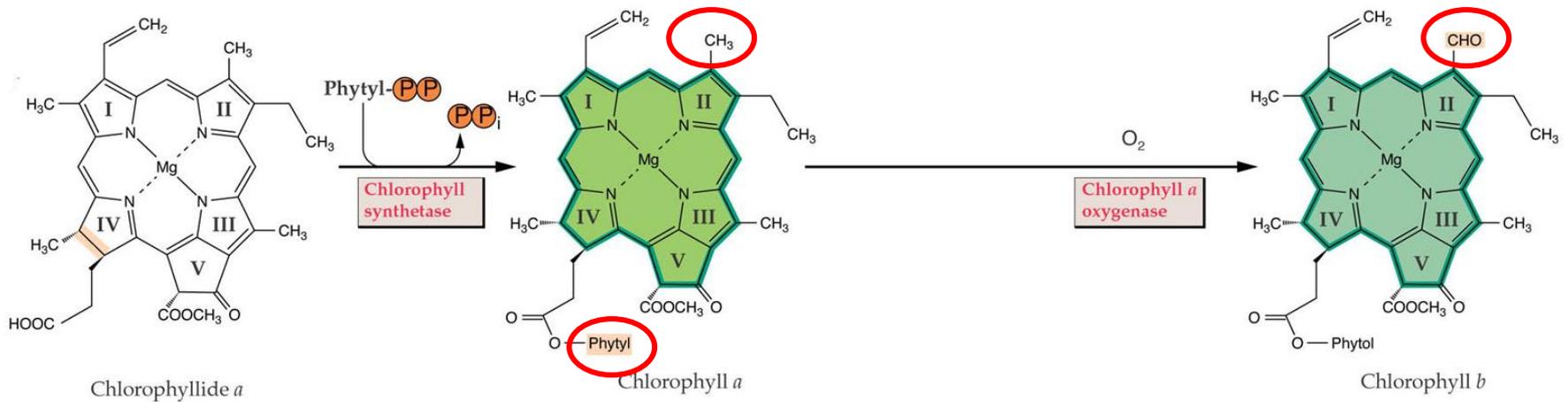
Normal seedlings
grown in light

Etiolated seedlings
grown in dark

Protochlorofillide reductasi

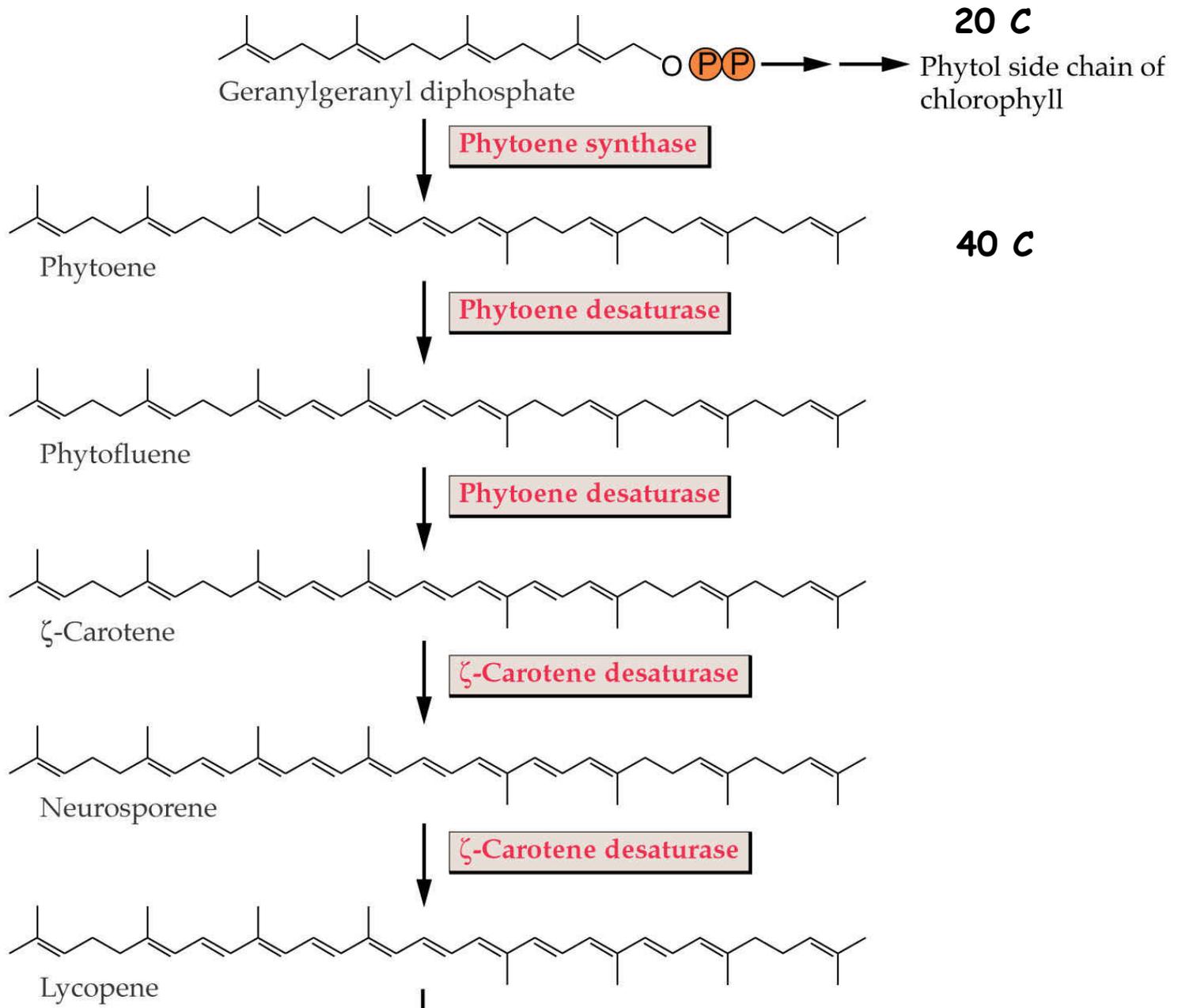
Luce-dipendente nelle Angiosperme

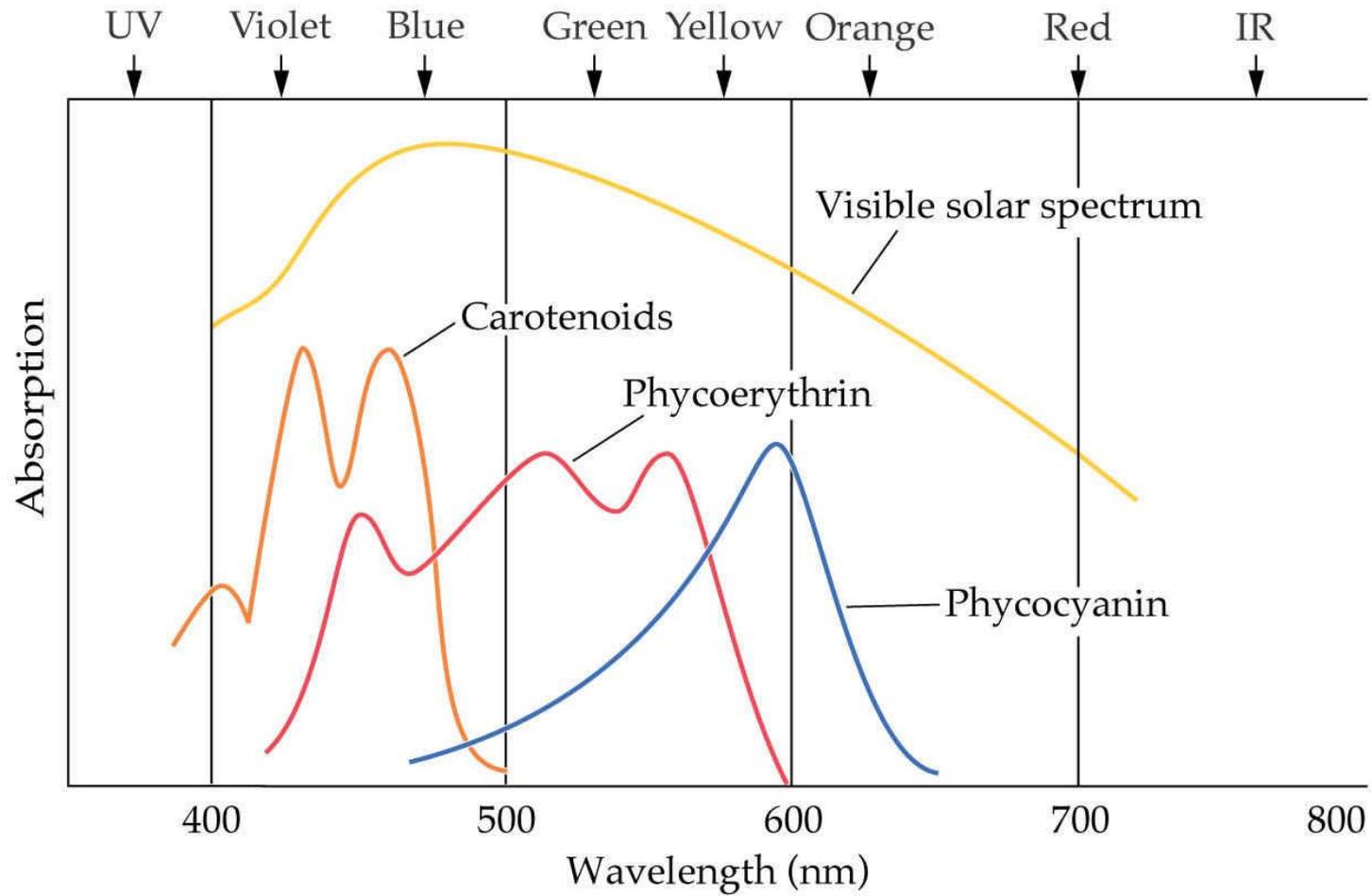
Indipendente dalla luce in Gimnosperme, alghe e batteri fotosintetici

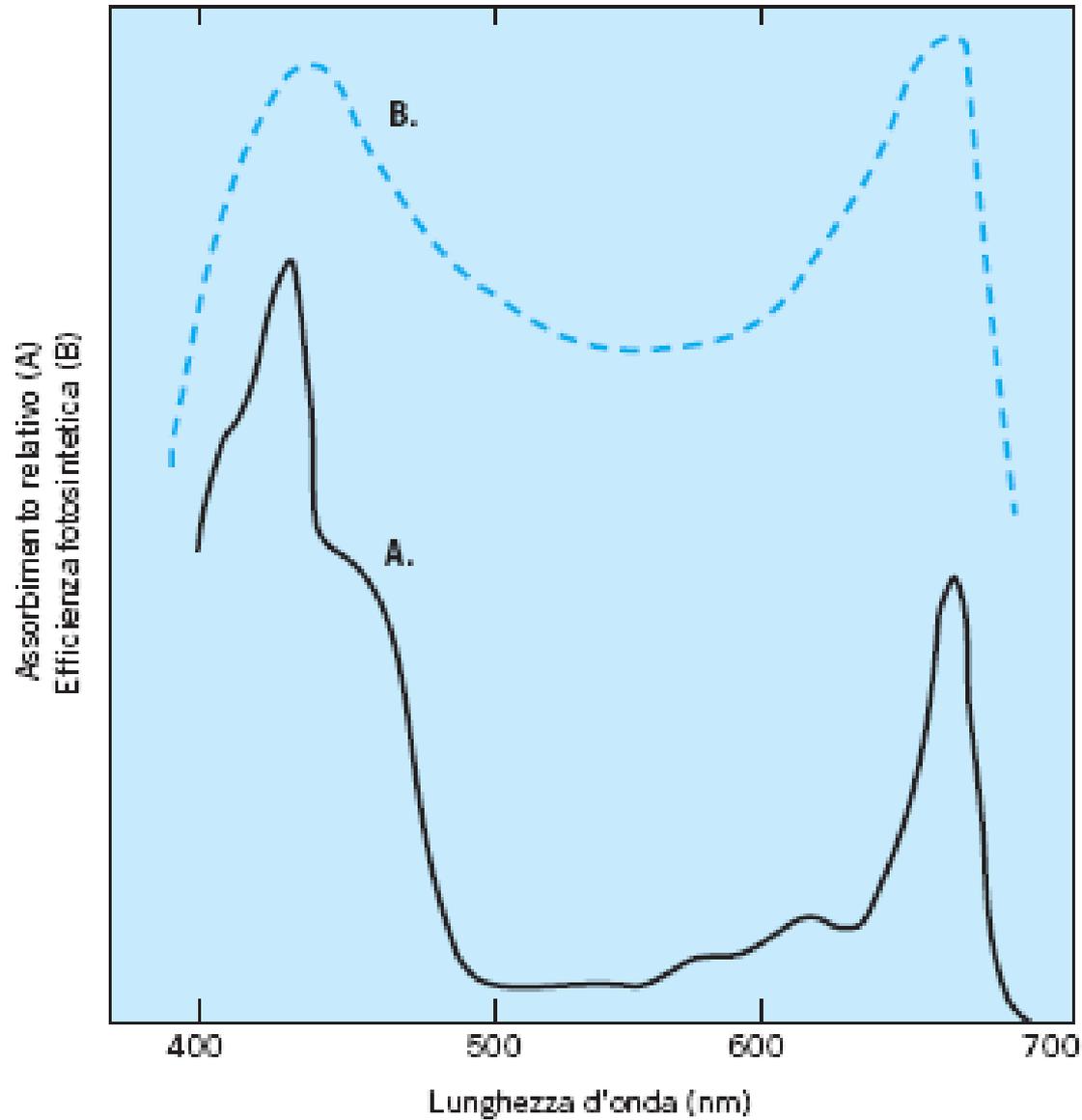


Esterificazione della catena di fitolo

Chlb deriva da Chla attraverso l'azione di una ossigenasi che converte il metile a formile



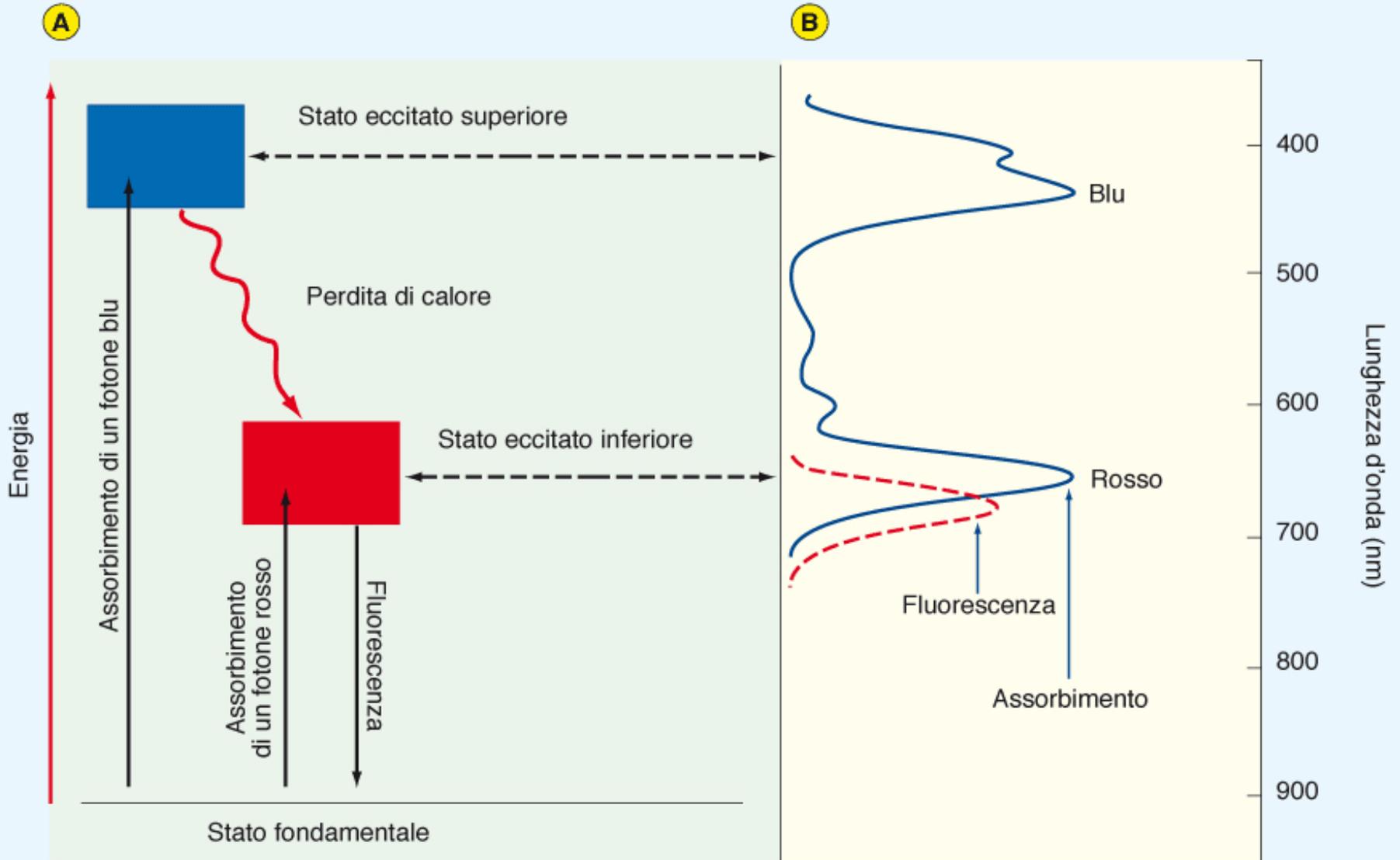




Spettro
d'azione della
fotosintesi
nelle piante
verdi

Spettro
d'assorbimento
della clorofilla

Assorbimento di luce da parte di un pigmento (clorofilla): evento fotofisico (10^{-15} s)



Un elettrone eccitato può tornare allo stato fondamentale rilasciando energia in forme diverse:

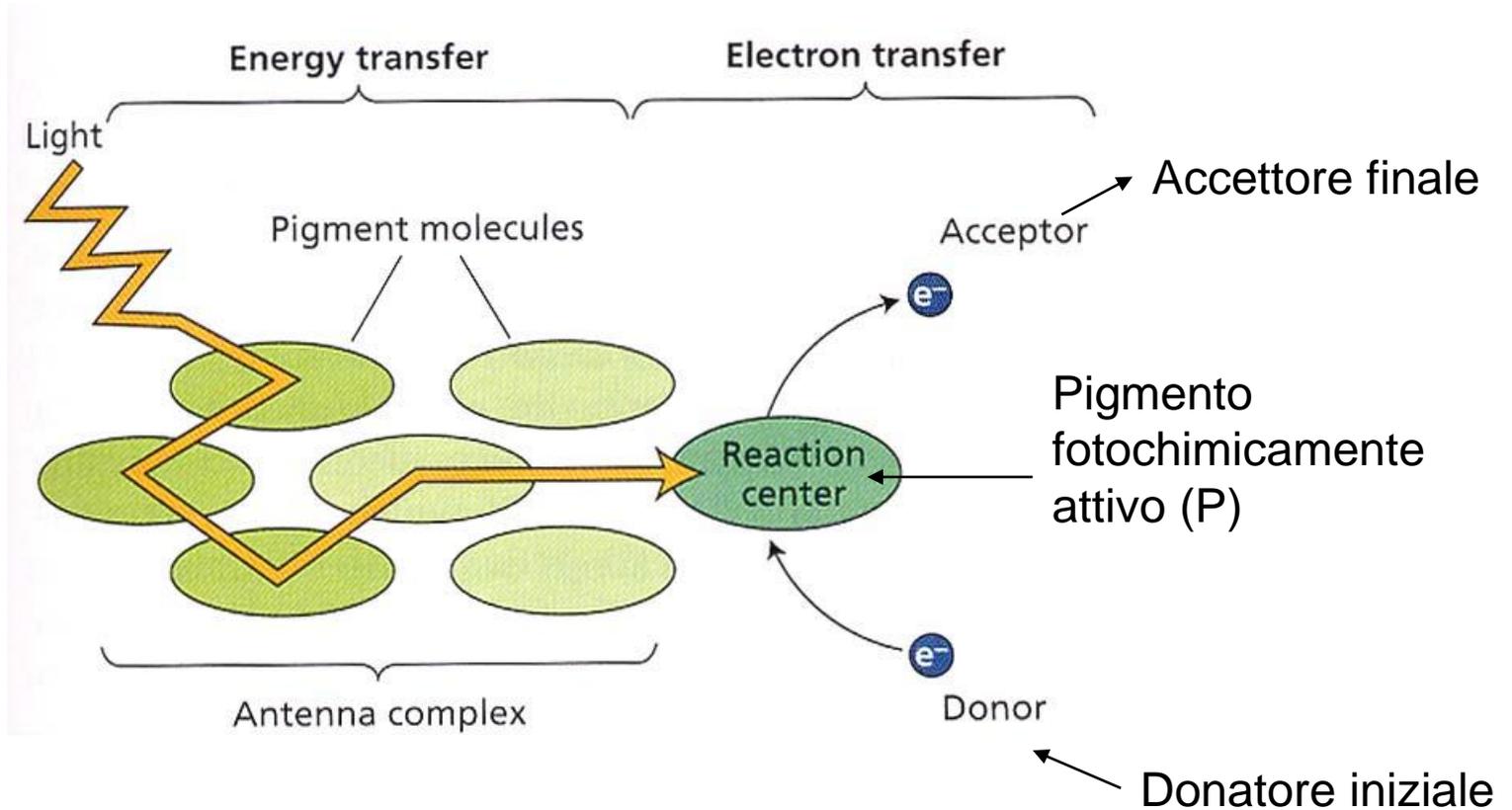
Rilassamento (o decadimento non radiante): l'energia viene rilasciata sotto forma di calore.

Fluorescenza (decadimento radiante): l'energia viene rilasciata con emissione di un fotone di lunghezza d'onda leggermente maggiore di quella assorbita (10^{-9} s)

Trasferimento di energia per risonanza: l'energia passa dalla molecola di pigmento eccitata ad un'altra molecola di pigmento che si trova in prossimità -> **nei pigmenti antenna**

Reazione fotochimica: il pigmento eccitato può perdere un elettrone che va a ridurre una molecola accettrice → conversione di energia luminosa in un prodotto chimico (10^{-12} s). Il pigmento rimane foto-ossidato e deve essere nuovamente ridotto da parte di un donatore di elettroni -> **solo in pigmenti fotochimicamente attivi (P)**

La maggior parte dei pigmenti funzionano come un'antenna

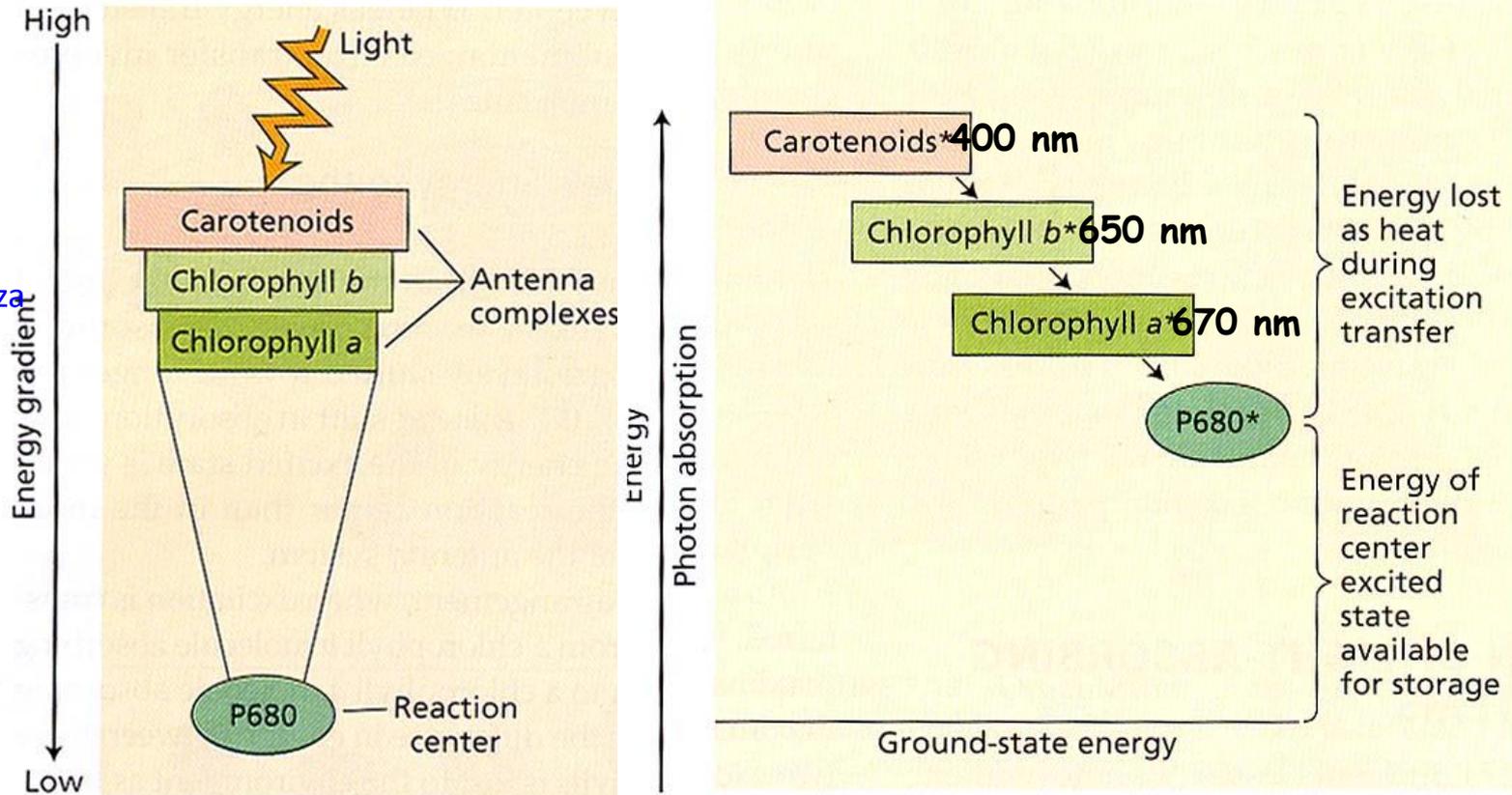


Convogliono l'energia luminosa ai centri di reazione del PSII e del PSI

I sistemi antenna inviano l'energia ai centri di reazione

200-300 molecole Chl per centro di reazione, diverse centinaia di molecole di carotenoidi

trasferimento di energia per risonanza



Gradiente energetico: trasferimento di energia verso il centro di reazione è energeticamente favorevole (pigmenti con massimi di assorbimento a lunghezze d'onda via via maggiori = meno energetiche)

Il 95-99% dei fotoni assorbiti dai pigmenti antenna trovano la loro energia trasferita nel il centro di reazione → fotochimica

The photosynthetic pigments absorb much of the spectrum

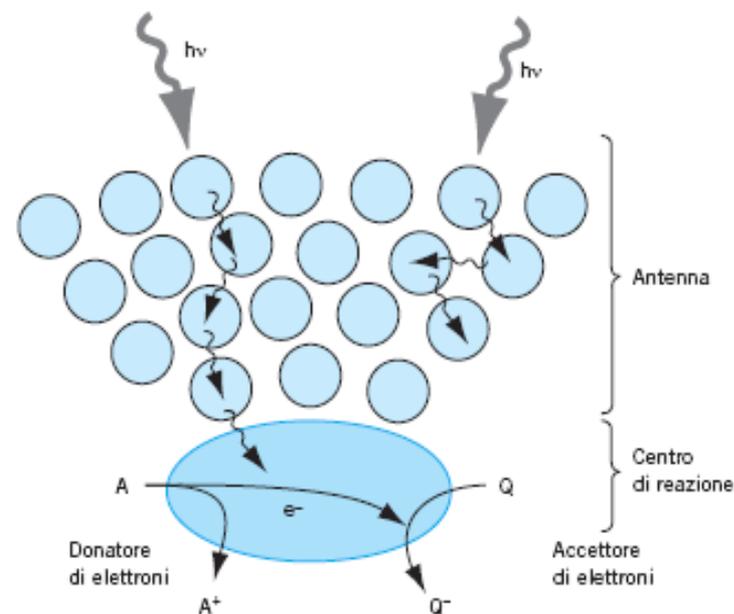
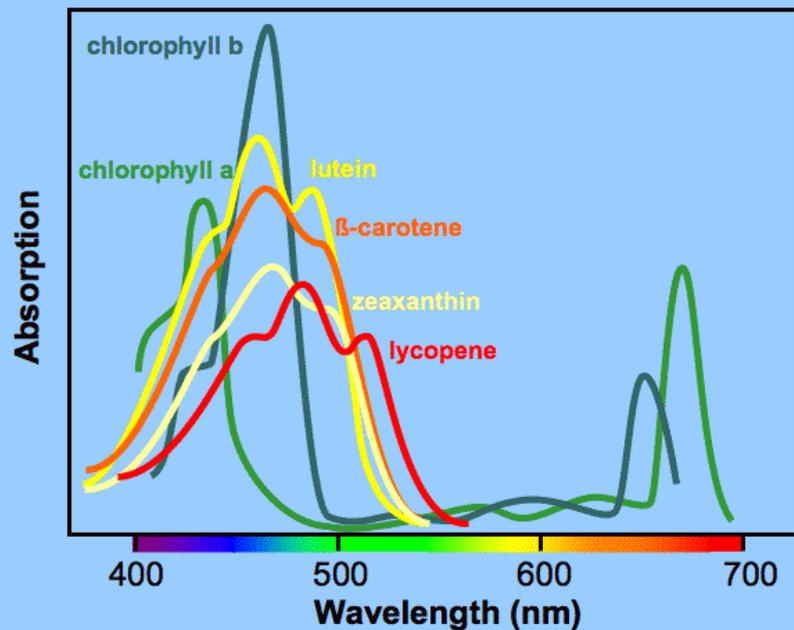


FIGURA 4.4 Un fotosistema contiene l'antenna e il centro di reazione. Le molecole di clorofilla dell'antenna assorbono i fotoni incidenti e trasferiscono l'energia di eccitazione ai centri di reazione dove avviene la reazione fotochimica di ossido-riduzione.

One Photosystem

