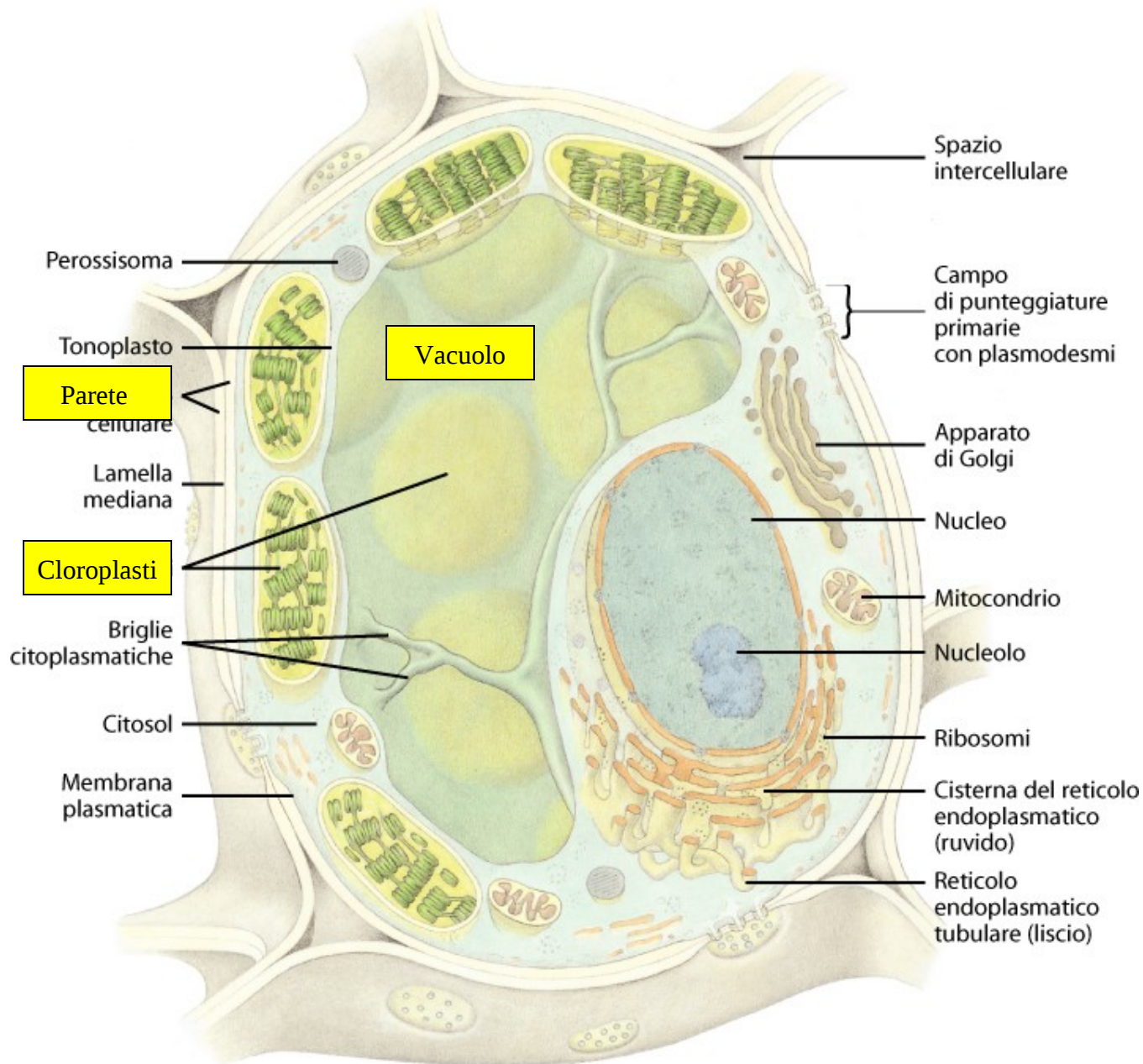
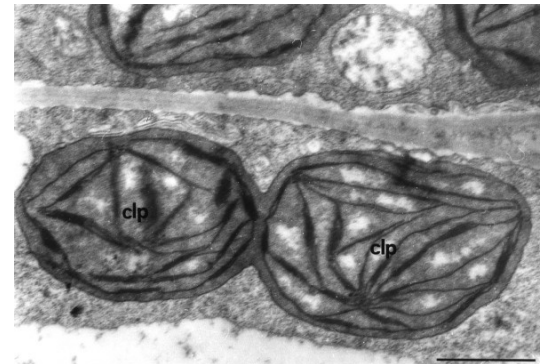


La cellula vegetale: i **PLASTIDI**



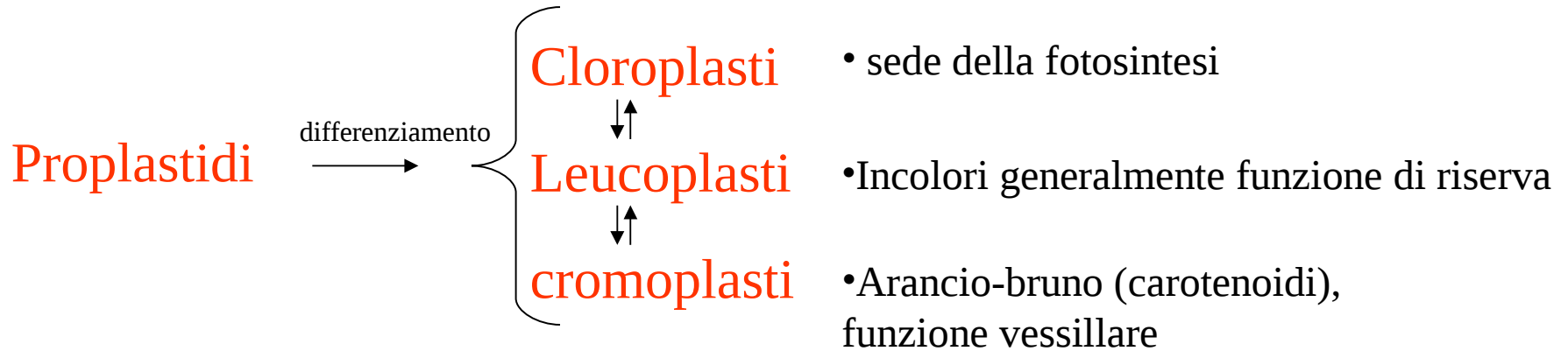
Plastidi

- Organuli peculiari della cellula vegetale
- Assomigliano alle cellule procariote (senza parete ed avvolte da una doppia membrana)
- Contengono acidi nucleici e ribosomi 70 S
- Nelle cellule meristematiche sono presenti come proplastidi indifferenziati
- Si trasmettono da cellula in cellula autodividendosi (proplastidi nelle cellule meristematiche; nelle cellule meristematiche il numero di proplastidi è $\pm$ costante
- aumentano di numero autodividendosi durante il differenziamento cellulare

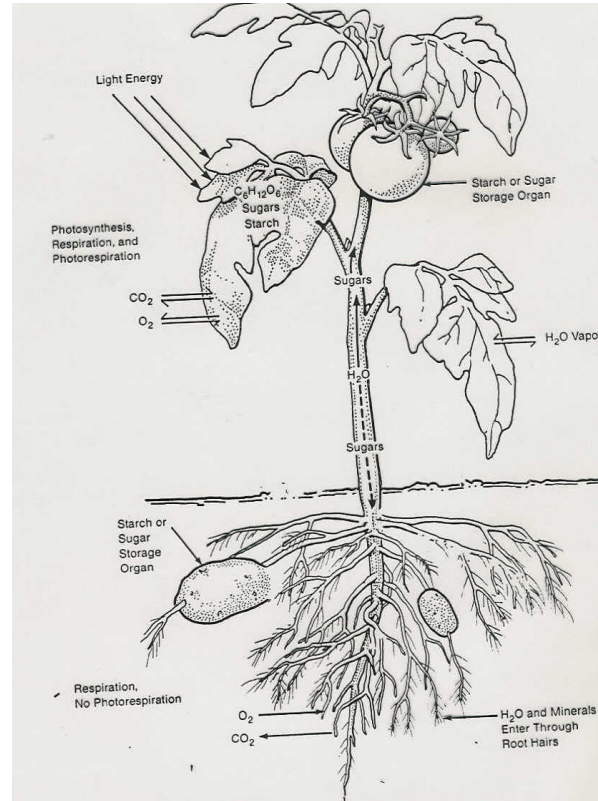


Giovane cloroplasto che si sta dividendo per scissione binaria in foglia di mais che si sta differenziando

Nelle cellule vegetali differenziate: 3 diversi tipi di plastidi:



Dove si trovano nella pianta i 3 diversi tipi di plastidi?

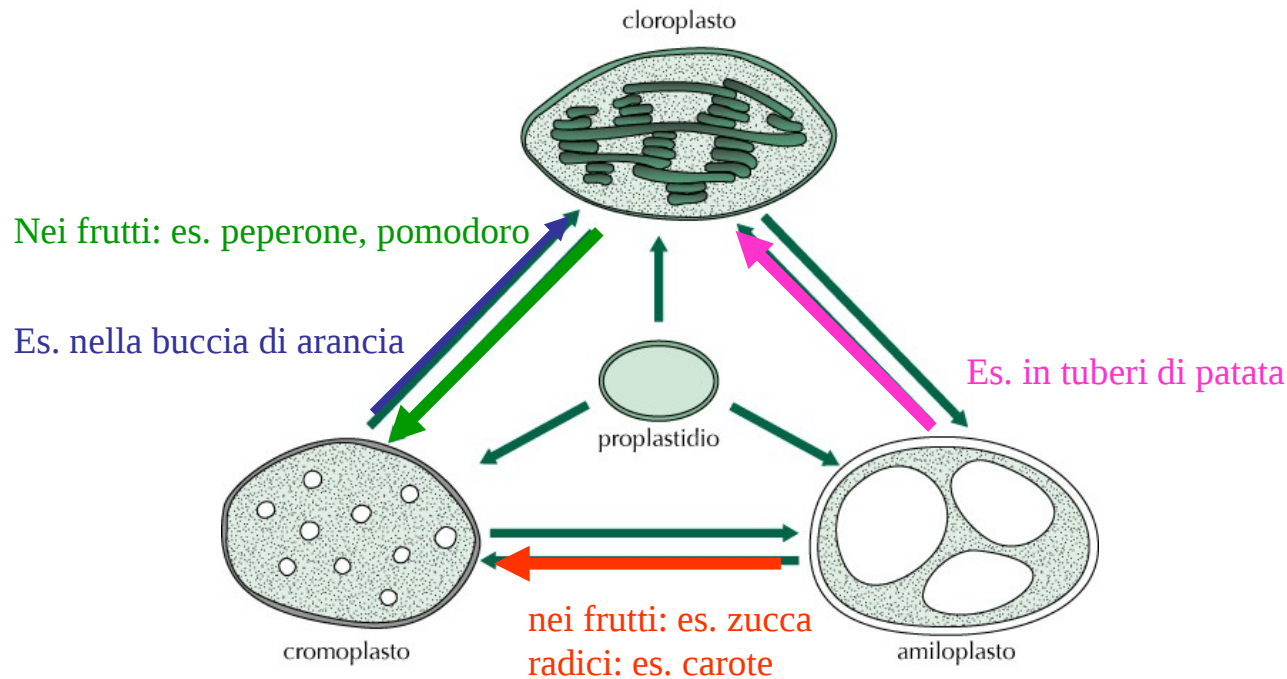


Modello ciclico

(proposto da Schimper nel 1985,
valido tuttora)

Si verifica in base:

- al programma di sviluppo di una cellula
- ai fattori endogeni (ormoni, nutrienti)
- ai fattori ambientali (luce e temperatura)



DOMANDA:

Le caratteristiche dei plastidi quale altro organulo cellulare vi ricordano?

Origine endosimbiontica

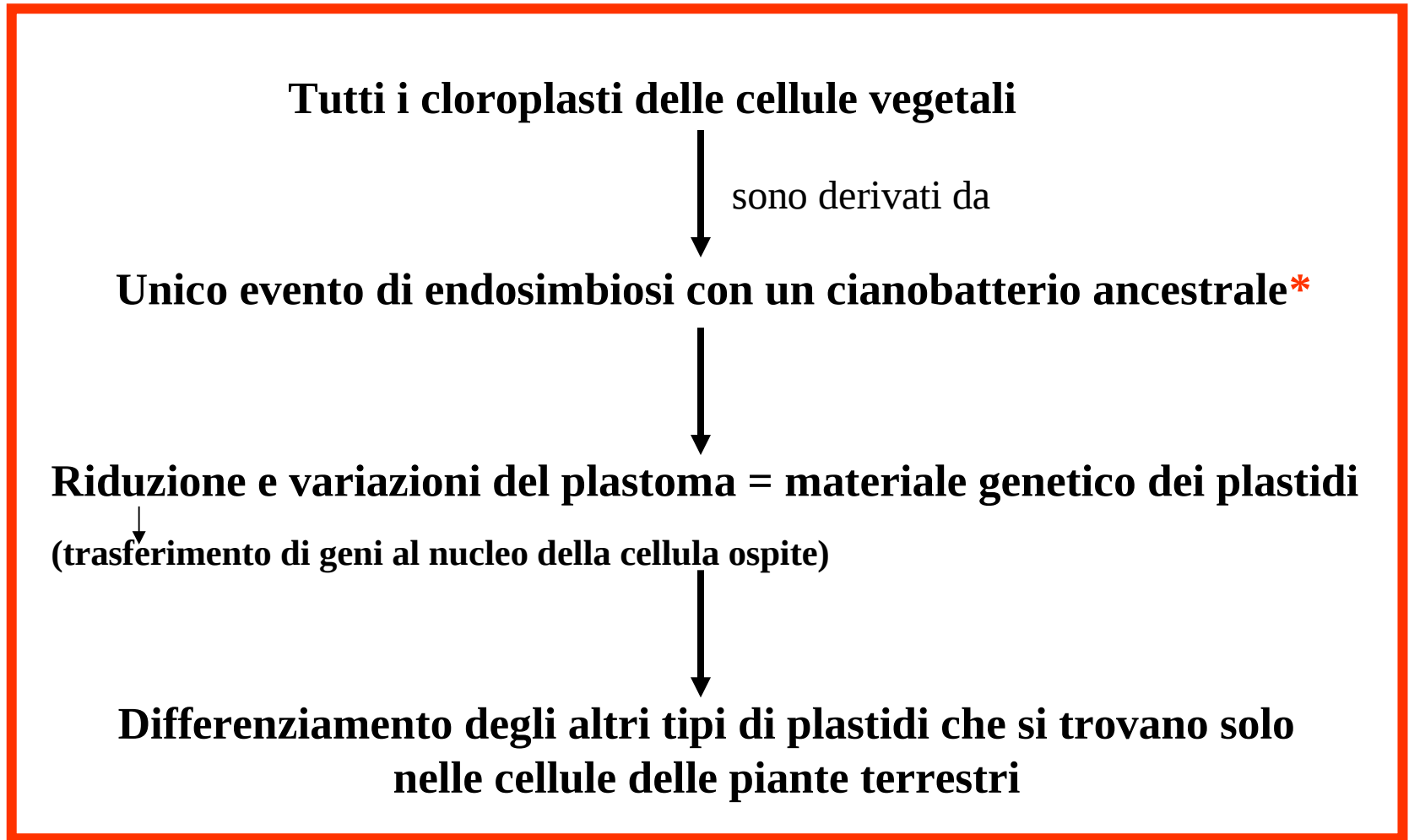
Plastidi



Circa 1,5 miliardi di anni fa

Origine dei plastidi

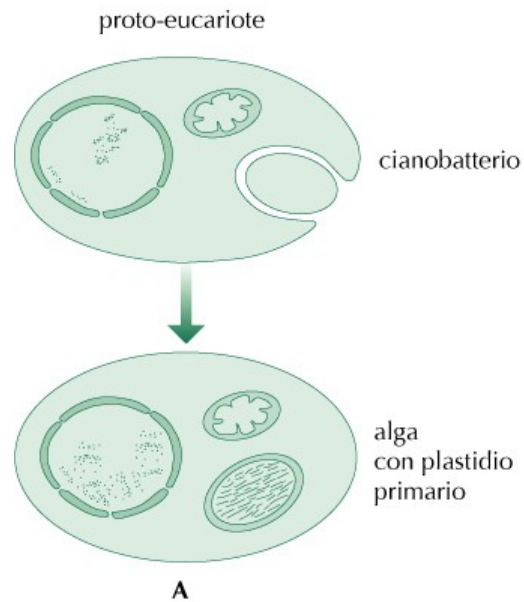
Hp. Monofiletica avvalorata da indagini molecolari:



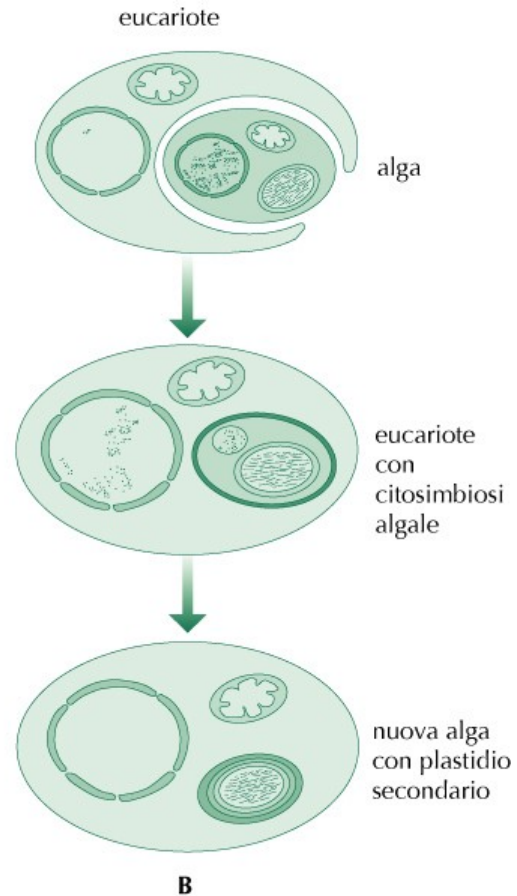
* Eventualmente tramite un evento di endosimbiosi secondario terziario (lucido seguente)

Eventualmente endosimbiosi secondaria o terziaria

Endosimbiosi



Endosimbiosi secondaria



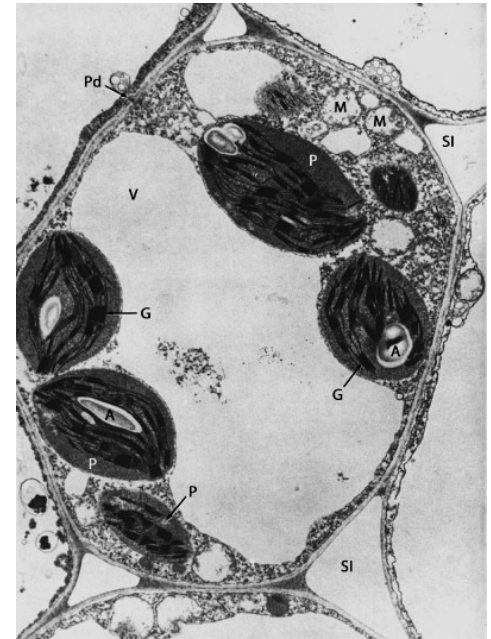
Cloroplasti primo ad essersi evoluto e unico tipo di plastidio nelle alghe

- **Sede della fotosintesi** —————> negli organi fotosintetici
- **numero e forma variabili** —————> dipendente dal tipo di cellula e di organismo

(a) Nelle piante terrestri:



Tanti e di dimensioni di circa 4-10 μm



Cellula di una pianta terrestre

(b) Nelle alghe:

possono raggiungere dimensioni molto maggiori (anche 10 volte) di quelli delle piante superiori, possono essere avvolti da 2-5 membrane

Cellula di una pianta terrestre

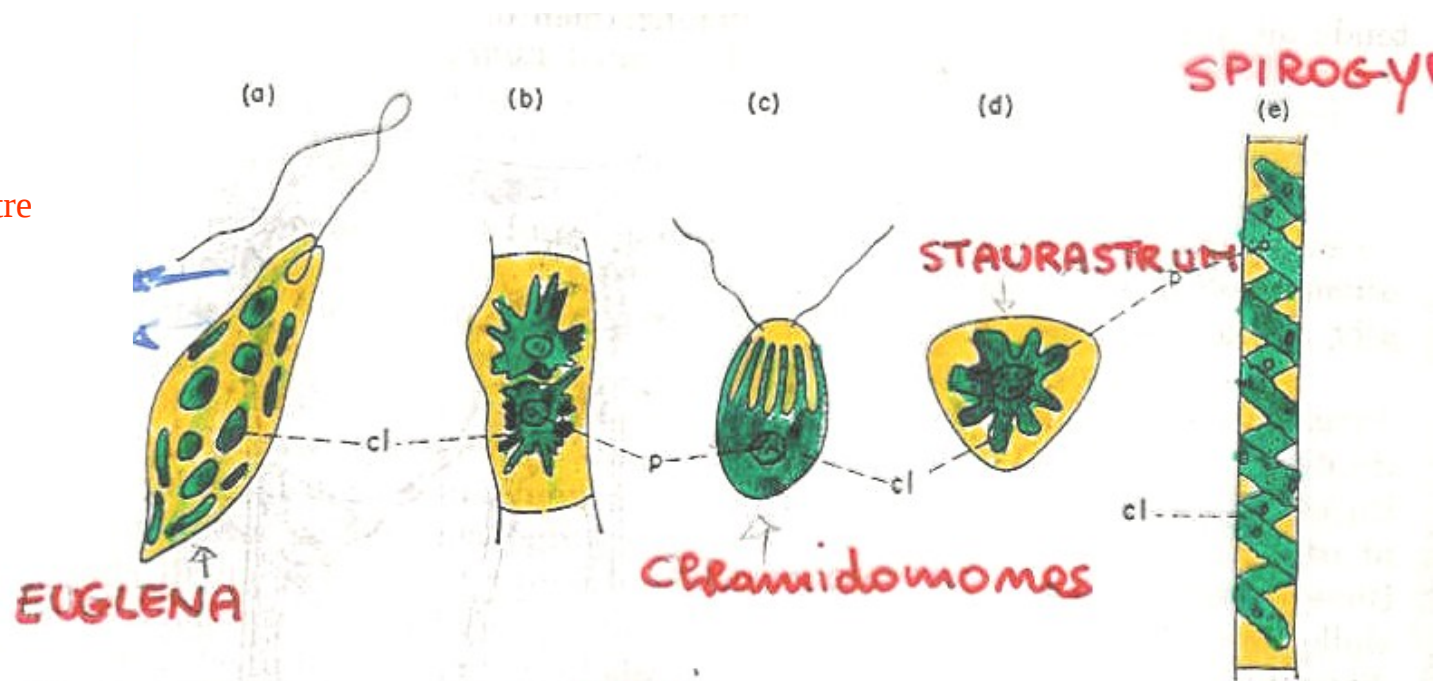
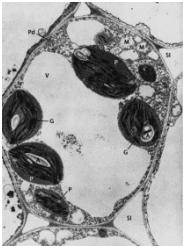
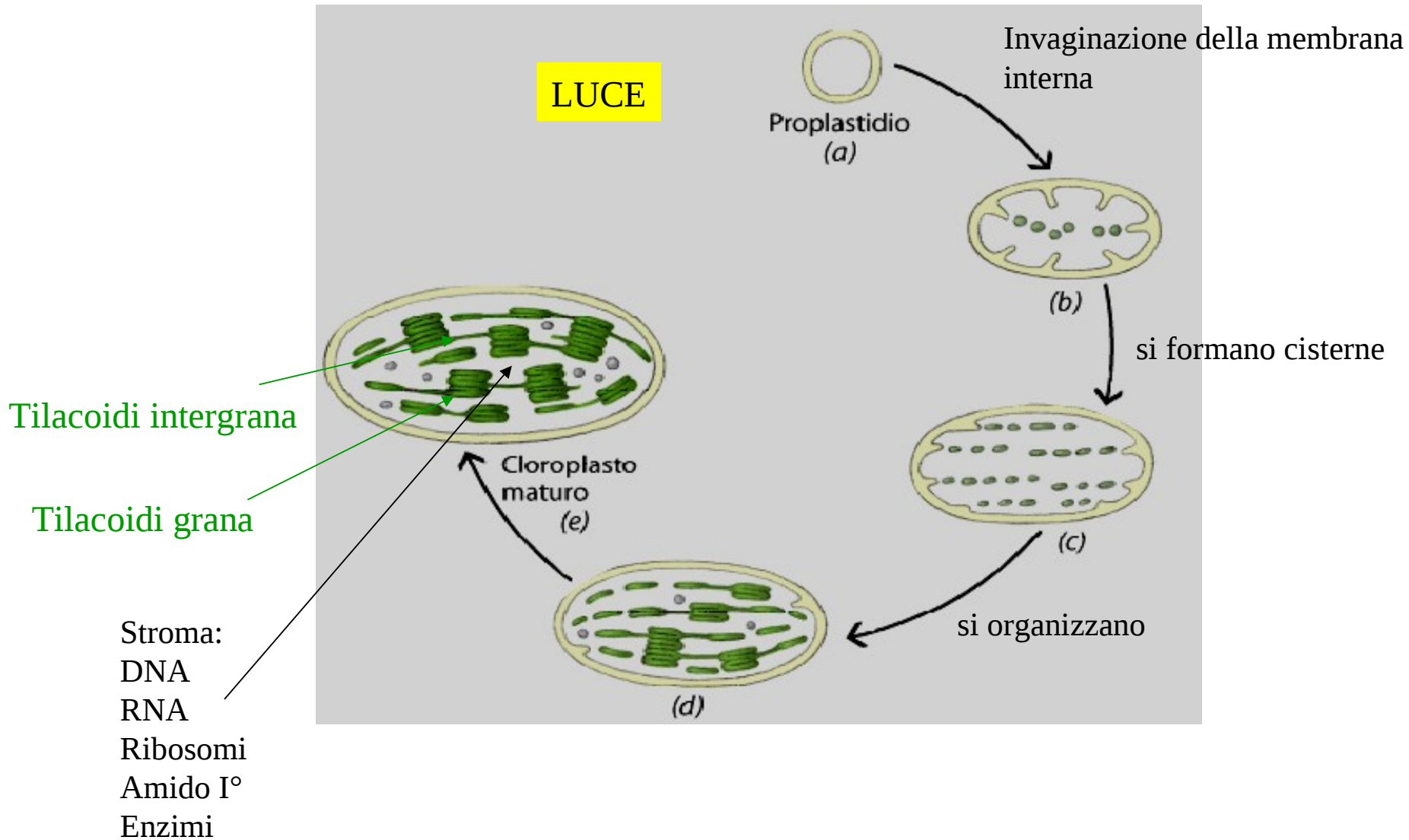


Fig. 3.2 - Forme di cloroplasti di alcune alghe. a, *Euglena gracilis*; b, *Zygnema stellinum*; c, *Chlamydomonas Kleinii*; d, *Staurastrum Kjelmannii*; e, *Spirogyra* sp. cl, cloroplasto; p, pirenoide (da KIRK e TILNEY-BASSETT).

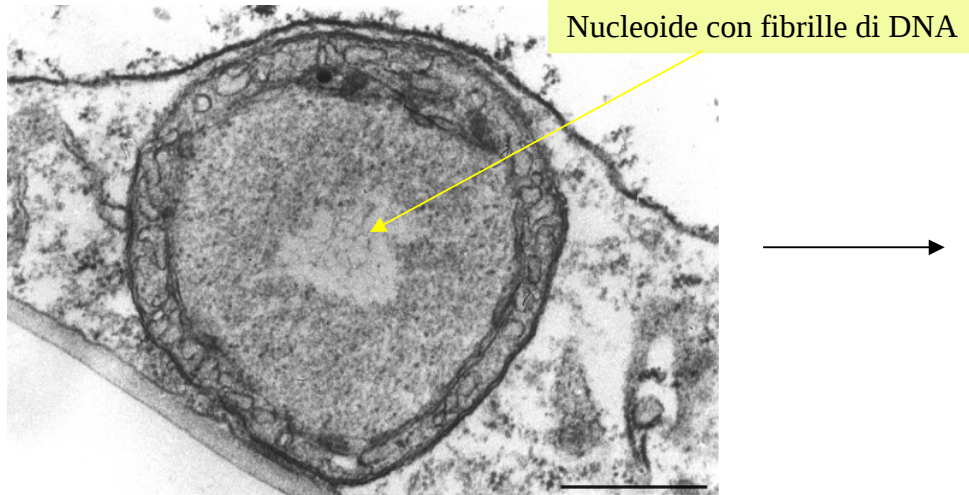
- si possono muovere (correnti citoplasmatiche) e riorientarsi
- possiedono un abbondante sistema di membrane interne pigmentate dette **tilacoidi**

Come si formano i cloroplasti

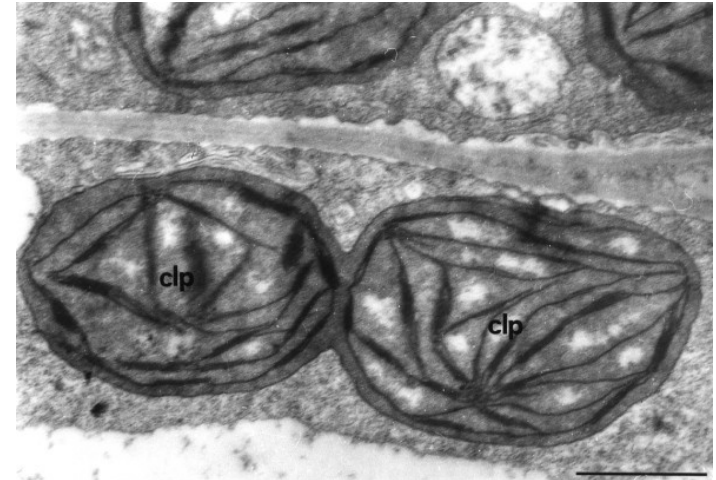


Nelle alghe non esistono i grana!

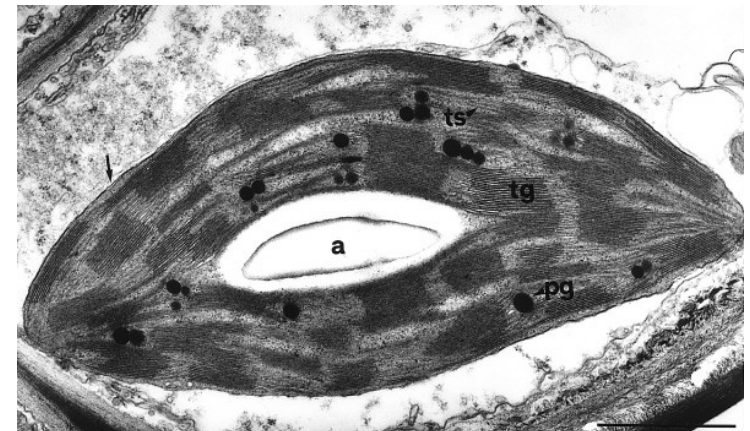
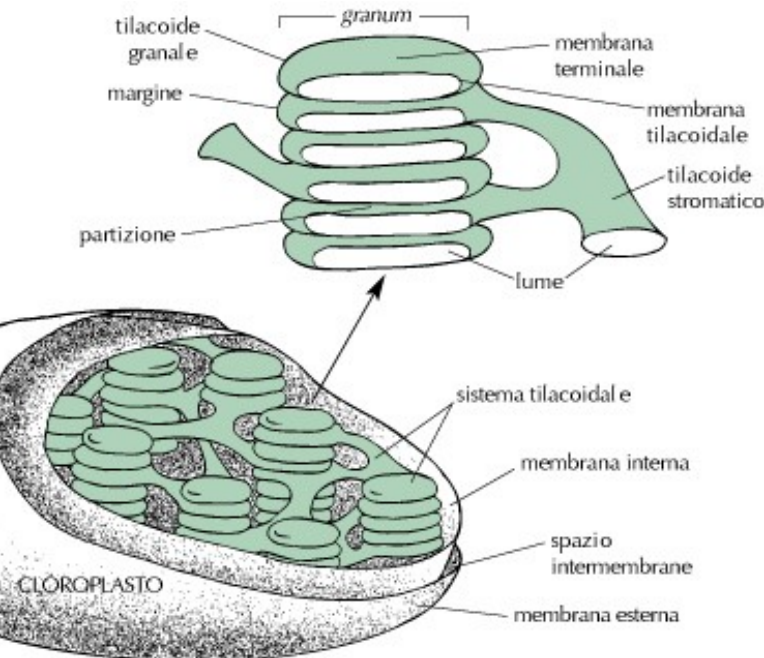
Diversi stadi di differenziamento di un cloroplasto



Plastidio ancora indifferenziato di foglia di mais

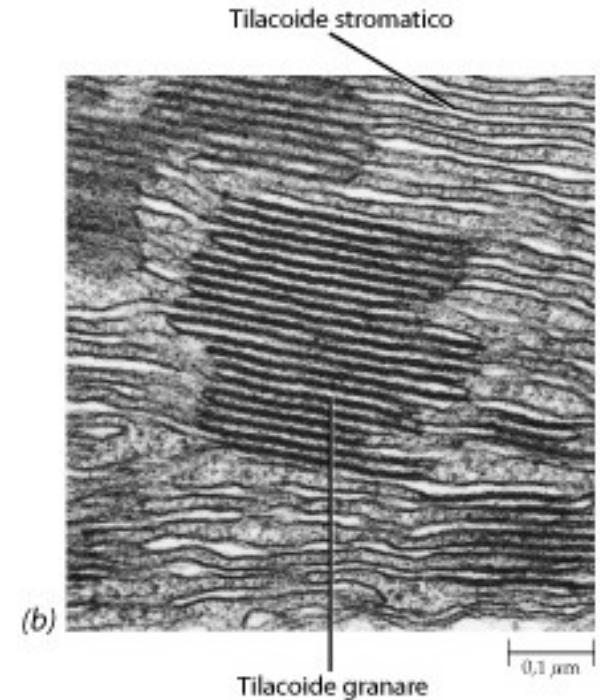
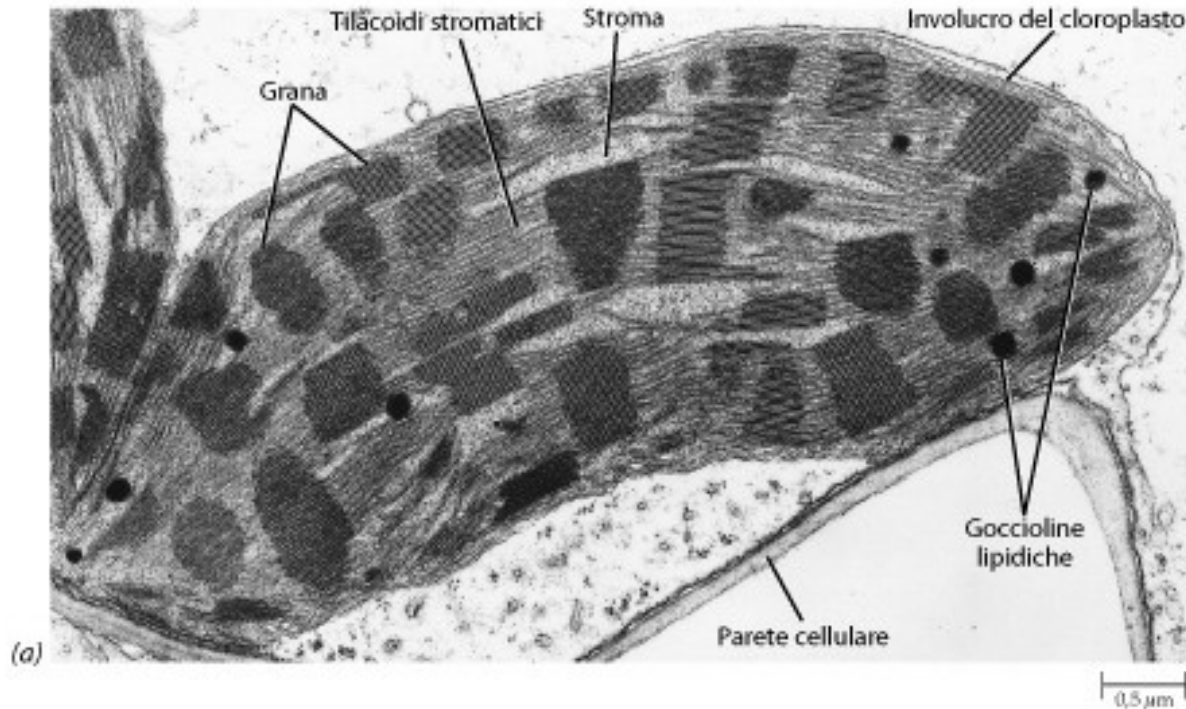


Giovane cloroplasto che si sta dividendo per scissione binaria in foglia di mais che si sta differenziando



Cloroplasto maturo in foglia di *Elodea densa*
Pg=plastoglobuli a=amido tg e ts=tilacoidi

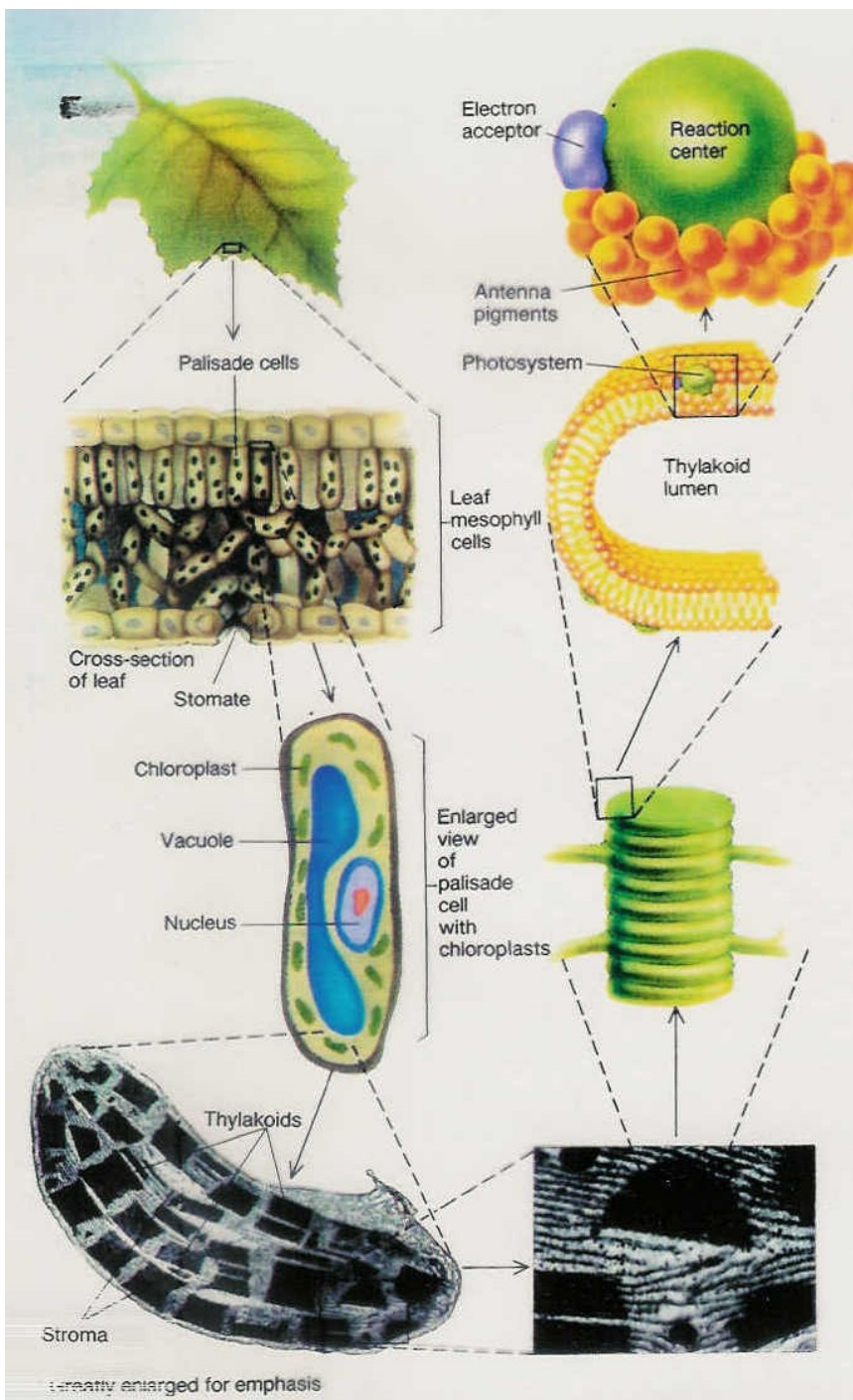
Cloroplasto di una foglia di granturco



Membrana interna: molto selettiva in cui sono inseriti: i trasportatori delle sostanze (plastidio $\rightleftharpoons$ citoplasma) enzimi coinvolti in alcune biosintesi (es. sintesi degli acidi grassi)

Membrana esterna: non selettiva per molecole $<$ di 10 kDa; presenza di traslocatori di proteine plastidiali sintetizzate nel citoplasma (riconoscimento di tali proteine)

Stroma: ptDNA + ribosomi 70 S + macchinario di trascrizione e traduzione + enzimi del ciclo di Calvin + enzimi solubili di molte vie biosintetiche: della clorofilla, dei carotenoidi, via di assimilazione dell'azoto e dello zolfo, degli acidi grassi etc.



Tilacoidi: sistema di membrane chiuso
 -sede dei fotosistemi
 -componenti della catena di trasporto degli elettroni
 -ATP sintasi

FIGURE 8-6

Organization for photosynthesis is evident at many different levels. Photosynthesis takes place in the chloroplasts of plant cells. A leaf cell may contain as many as 60 chloroplasts. The thylakoid system of the chloroplast is the site of the light-dependent reactions, whereas the stroma is the site of the light-independent reactions. Photosynthetic pigments are precisely arranged in the thylakoid membranes to form light-harvesting photosystems. Within a photosystem, light is absorbed by antenna pigments, and the energy is transferred to the reaction-center pigment, boosting an electron to a higher energy level from which it is passed to an electron-acceptor molecule. This starts a chain of chemical reactions that leads to the formation of ATP and NADPH and, ultimately, energy-rich carbohydrates.

Gli zuccheri prodotti dalla fotosintesi vengono polimerizzati in **AMIDO PRIMARIO**

Cloroplasto di foglia di tabacco

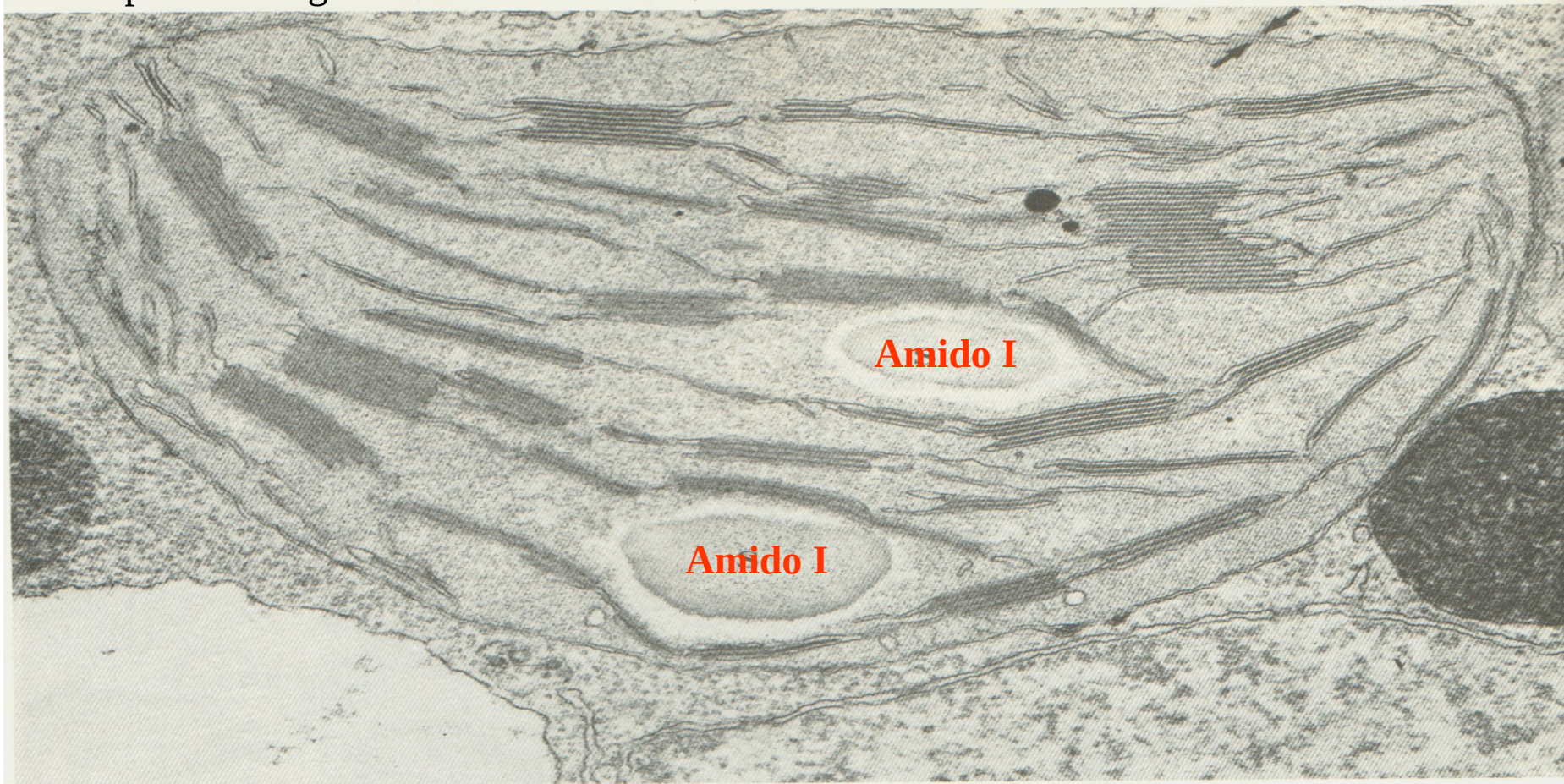


Figura 1.12. Microfotografia elettronica di un cloroplasto di una cellula del mesofillo di una foglia di tabacco. Le due membrane esterne (freccia) avvolgono un terzo sistema di membrane interne ordinate in pile. Le reazioni della fotosintesi avvengono a livello di queste membrane impila-

te e nella matrice amorfa in cui esse sono immerse. Nella matrice del cloroplasto si notano anche due depositi di amido (S). $\times 46\,000$. (Per concessione di E. H. Newcomb, da Frederick, S. E. ed E. H. Newcomb, 1969, J. Cell Biol. 43, 343.)

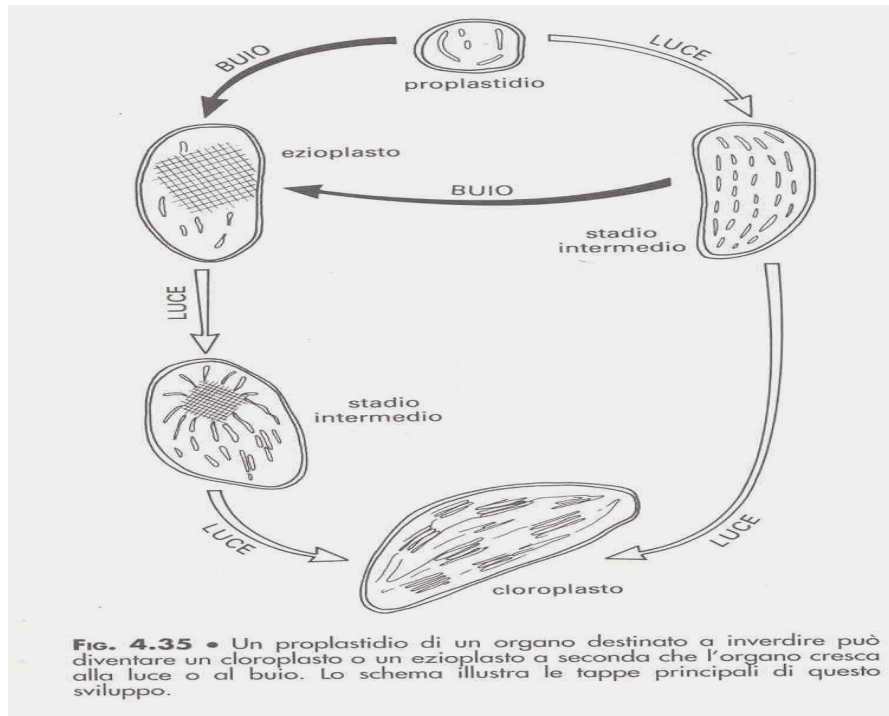
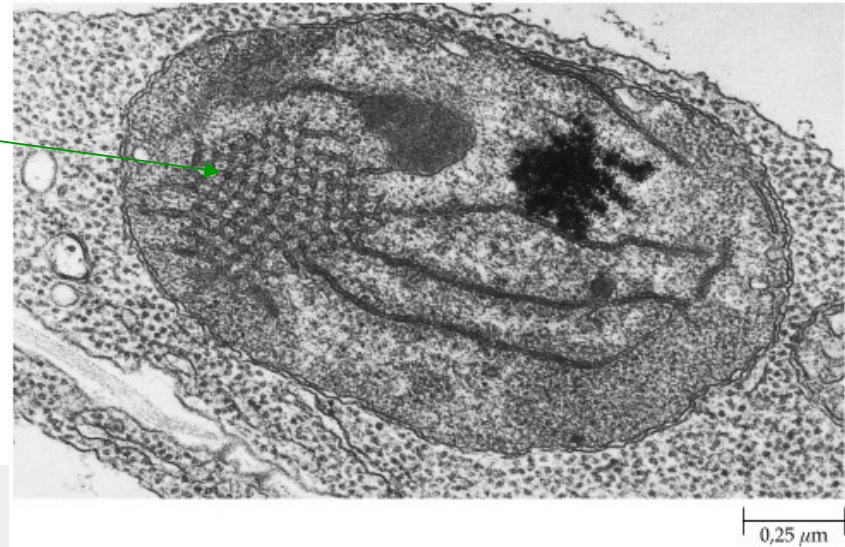
La luce è molto importante per la biogenesi dei cloroplasti:

Ezioplasto di una foglia di tabacco cresciuta al buio

Corpo prolamellare

semicristallino

Alla luce le membrane
tubulari del corpo
prolamellari si sviluppano
in tilacoidi



Ma:

La luce = fattore necessario ma non sufficiente

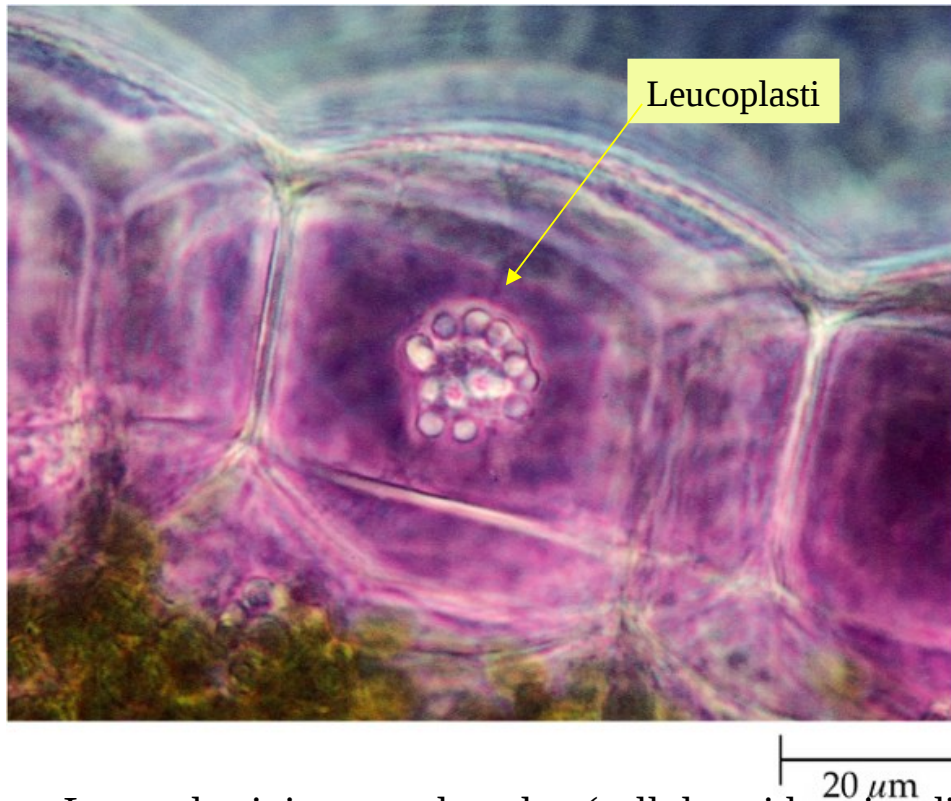


dipendenza da fattori genetici tessuto-specifici

Leucoplasti

Plastidi incolori e privi del sistema di membrane interne

Accumulano sostanze di riserva: principalmente amido ma anche oli e proteine



Leucoplasti intorno al nucleo (cellula epidermica di una cellula di Zebrina)

↓
amiloplasti

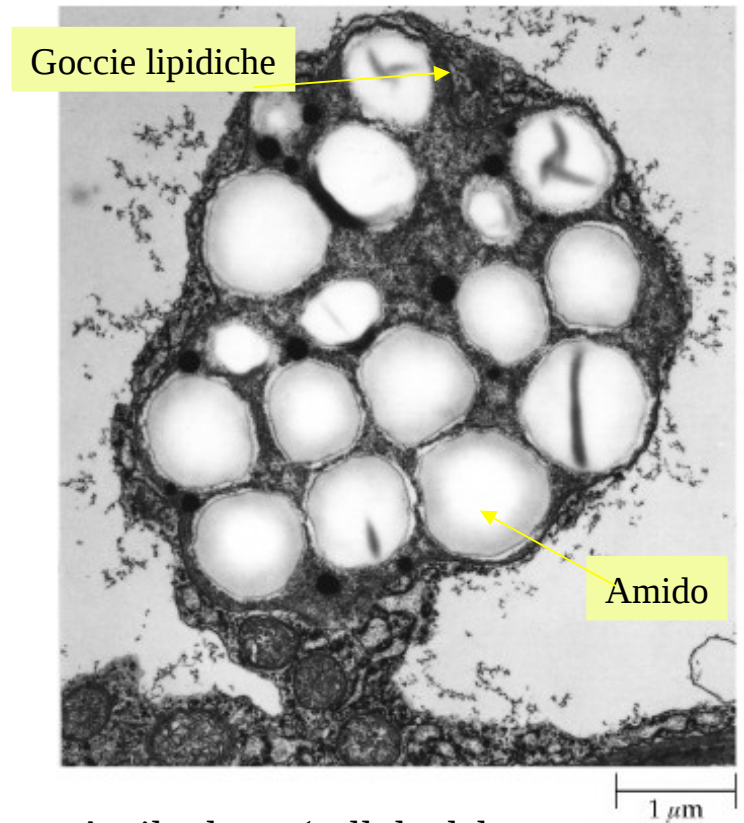
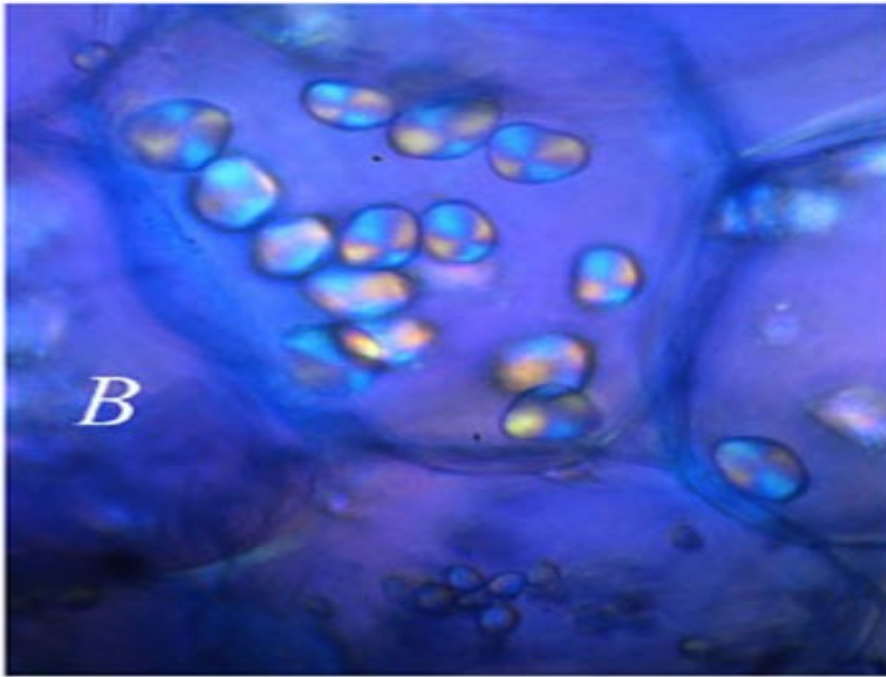
↓
elaioplasti

↓
proteoplasti

Amiloplasti

- Derivano da proplastidi (talvolta da cloroplasti ex: tubero di patata)
- nei parenchimi di riserva
- contengono grossi granuli d'amido secondario
- contengono enzimi per il metabolismo dell'amido (sintetizzati nel citoplasma e poi importati)

Parenchima amilifero di patata



Amiloplasto (cellula del sacco embrionale di soia)

Amido I e Amido II

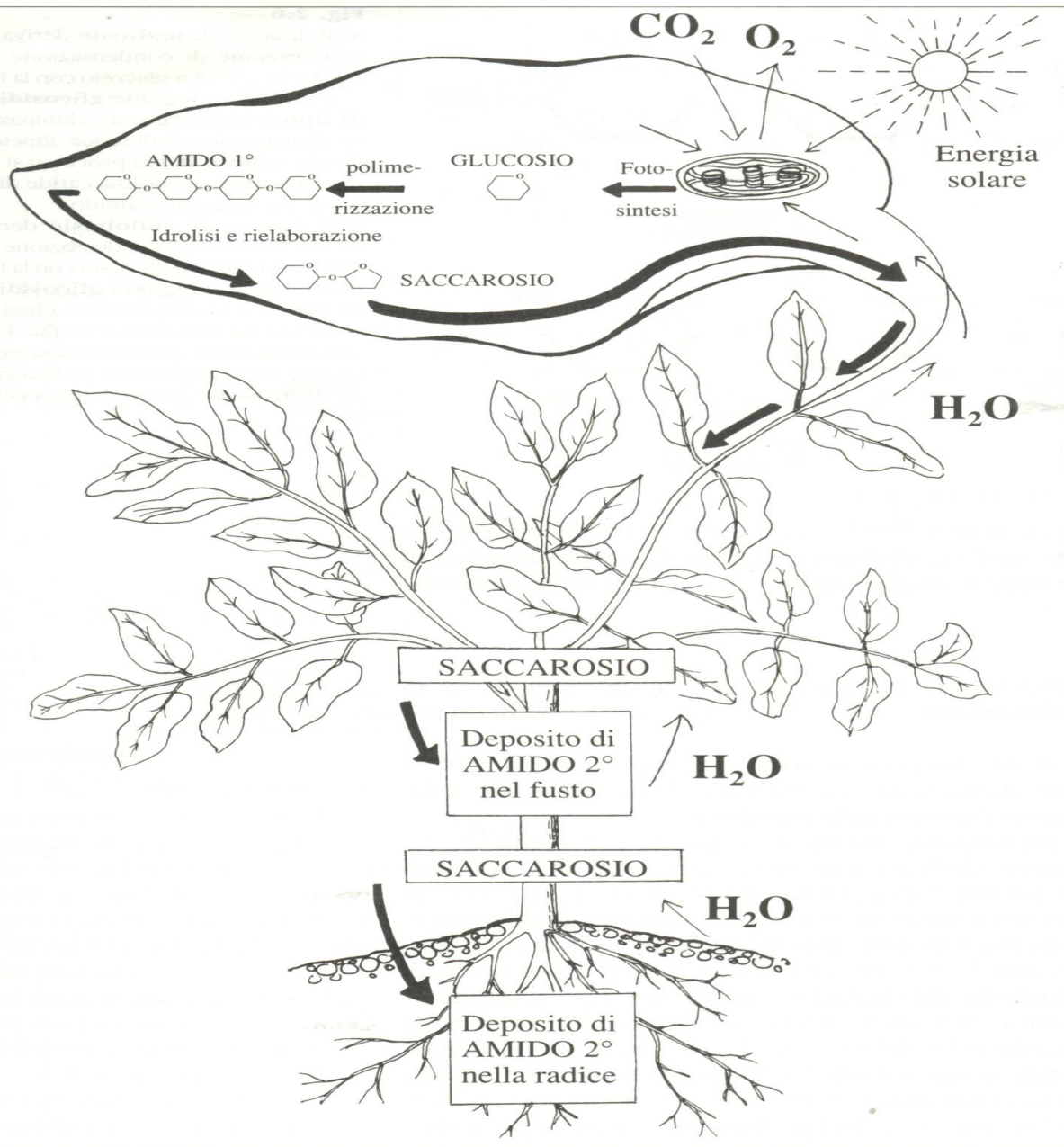
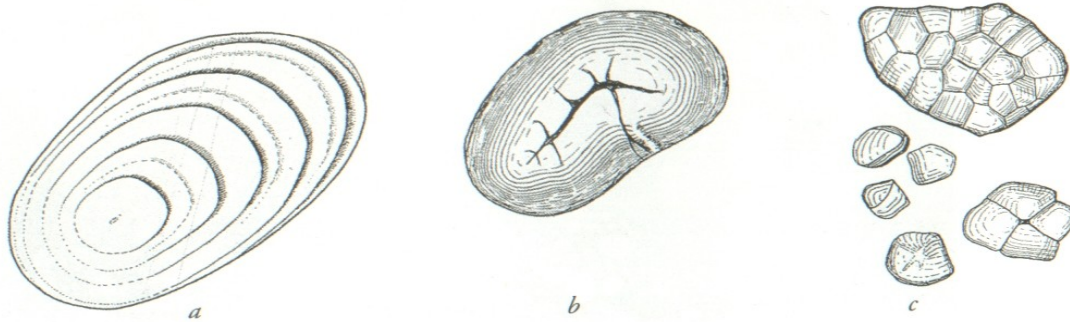


Fig. 2.7

Ciclo dell'amido. Il glucosio prodotto durante la fotosintesi viene polimerizzato in una forma insolubile (amido primario), osmoticamente inerte e poco ingombrante. Lo stesso deve essere necessariamente traslocato, attraverso il sistema conduttore della pianta (floema) in una forma solubile (saccarosio) per poi essere ripolimerizzato una volta giunto agli organi di riserva (amido secondario).

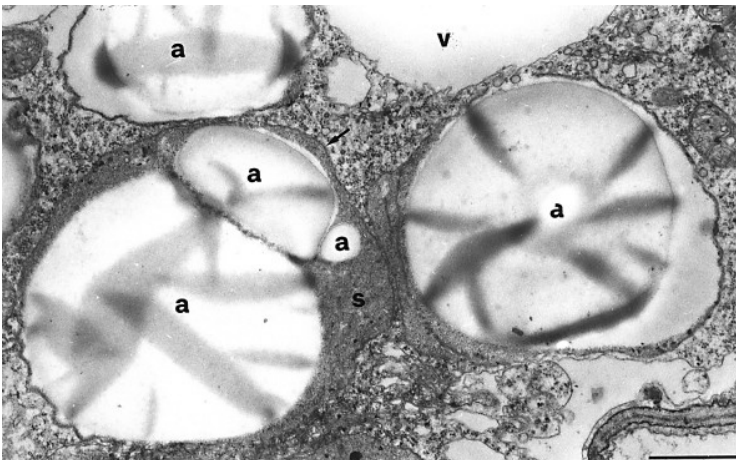
Amiloplasti con granuli d'amido semplici o composti



31 Granuli di amido secondario di a) patata (*Solanum tuberosum* L.), b) fagiolo (*Phaseolus vulgaris* L.), c) riso (*Oryza sativa* L.).

- ✓ Il numero di granuli semplici presenti in un granulo composto va da 4-100 (es. riso) ad alcune migliaia (pepe nero)
- ✓ Sono più digeribili i granuli composti (es. riso) rispetto a quelli semplici (grano) perché offrendo maggior superficie gli enzimi li possono attaccare meglio

Statoliti



Amiloplasti (**statoliti**) di una cellula dell'ipocotile (guaina amilifera) di *Raphanus*



Percezione degli stimoli gravitropici

Cromoplasti



Plastidi non fotosintetici contenenti elevate quantità di carotenoidi

Sono responsabili della colorazione giallo-arancio o rossa di diversi organi della pianta (fiori, frutti radici etc.)

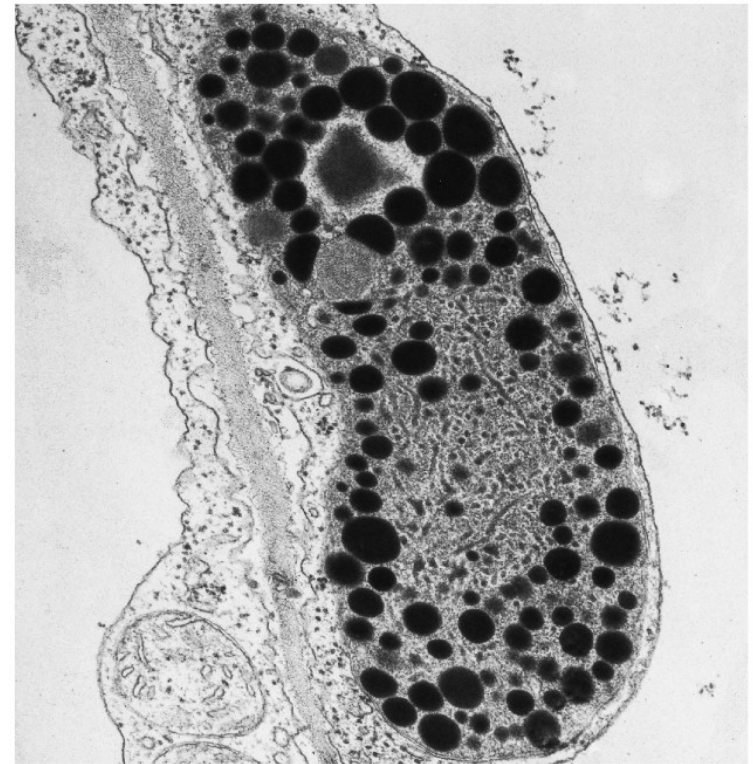


Funzione vessillare

Possono derivare da: proplastidi
cloroplasti
amiloplasti

Ex:

Pomodoro, peperone (dalla conversione cloroplasti)
Zucca (dalla conversione cloroplasti e da proplastidi)
Radici di carota (da amiloplasti)



0,5 μ m

(cromoplasto globulare di un petalo di *Forsythia* con “goccioline” lipidiche in cui si accumula il pigmento giallo)

Processo di differenziamento sotto il controllo genetico

Conversione caratterizzata dalla **sintesi di carotenoidi** (attivazione di geni nucleari per tale biosintesi e diminuzione della sintesi dei componenti fotosintetici)



Se non avviene: processo di senescenza dei cloroplasti (= **gerontoplasti** con colorazione giallo bruna)

Ex: foglie senescenti o tessuti verdi attaccati da patogeni

Influenzato da fattori endogeni ed ambientali
Ex: -etilene, ABA, luce, stress meccanici (stimolano)
-alte T in pomodoro inibiscono conversione
-Citochine e giberelline generalmente inibiscono e spesso inducono: cromoplasti → cloroplasti

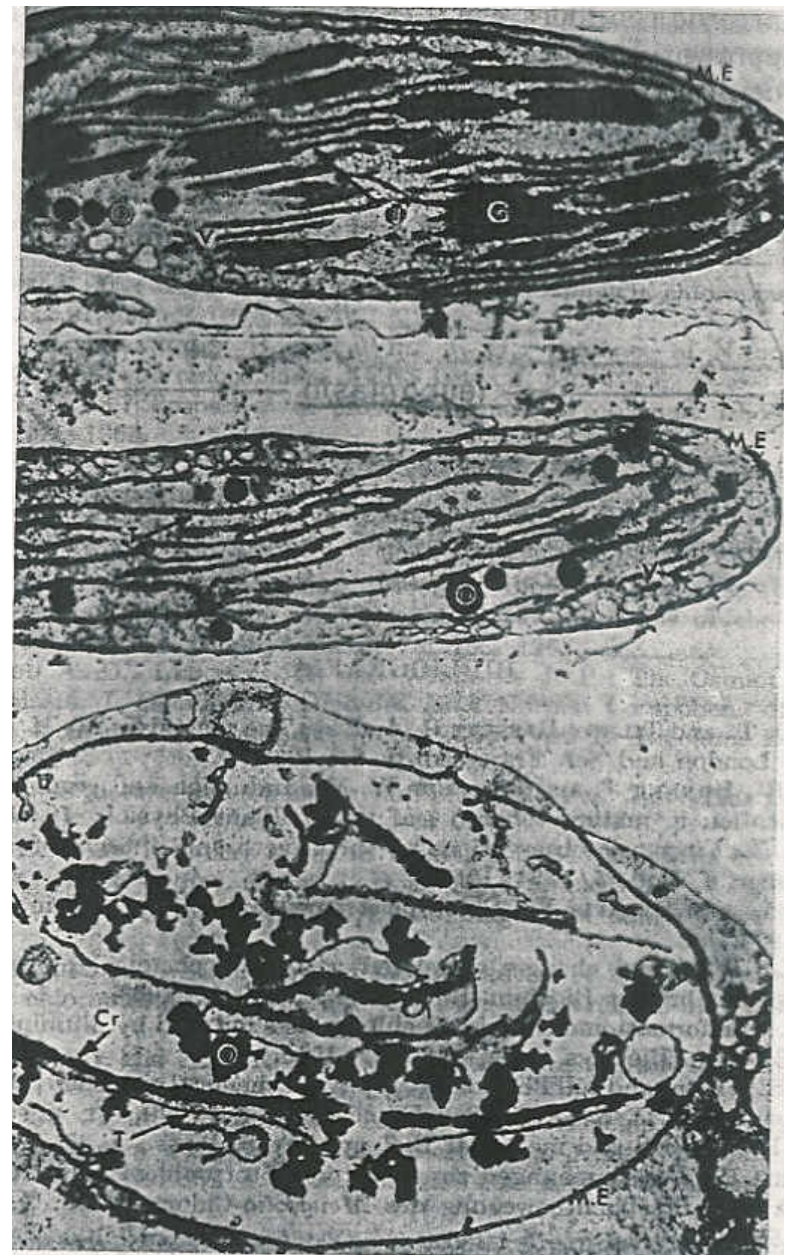


Fig. 3.55 - Stadi successivi della trasformazione di un cloroplasto in cromoplasto. In alto, cloroplasto funzionante dotato di un buon sistema lamellare. Al centro, il sistema di membrane è stato in gran parte demolito. In basso, cromoplasto pienamente differenziato; vi è qualche vestigia dei tilacoidi ed i carotenoidi sono depositati in cristalli (Cr). M.E. membrana esterna; G, grana; V, vescicole; T, tilacoidi; O, gocce osmiofile (da Rosso, J. Ultrastruct. Res. 25, 1968).

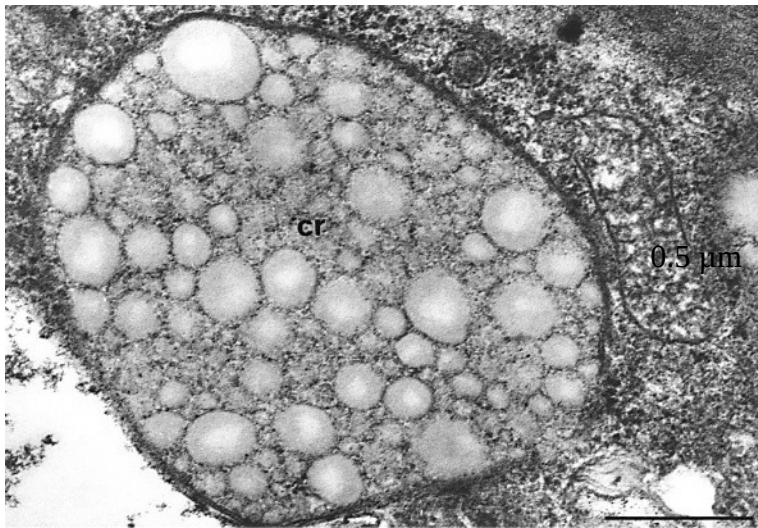
Tipi di cromoplasti

A secondo di come si organizzano i carotenoidi si distinguono:

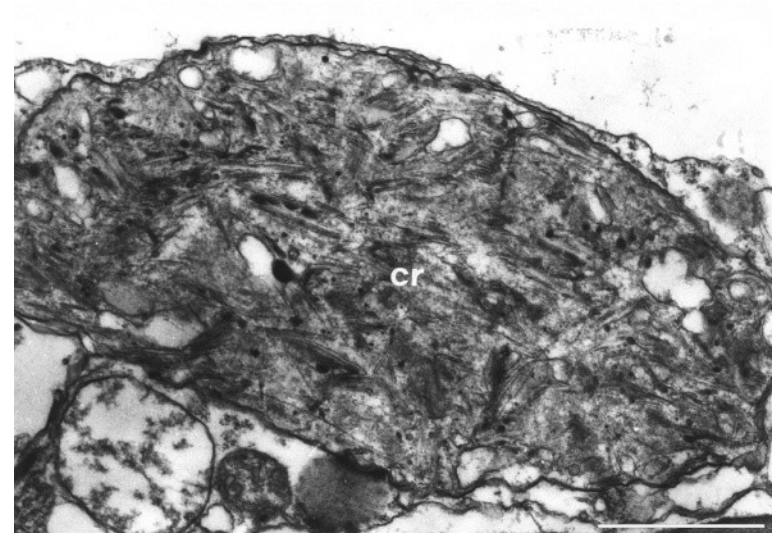
Strutture che possono coesistere in un plastidio

- **globulari** (inclusioni sferoidali di lipidi, proteine, pigmenti → tipo meno evoluto)
- **membranosi** (lamelle derivanti dalla membrana interna con pochi pigmenti)
- **fibrillari** (strutture fibrillari di lipidi, pigmenti, proteine)
- **cristallini** (cristalli di carotenoidi interni a membrane ed associati a proteine)

Classificazione basata sulla frequenza delle strutture



Cromoplasto globulare in petalo di crisantemo



Cromoplasto(cr) membranoso in frutto di peperone