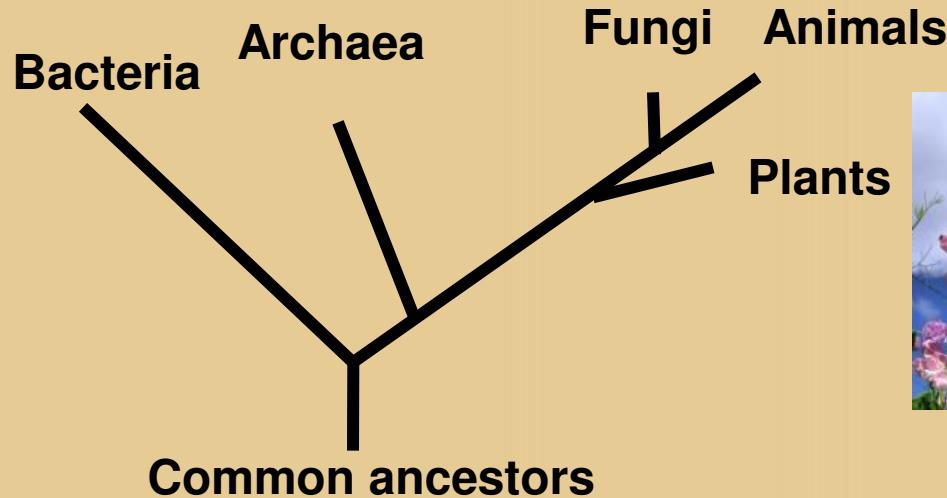




# ORGANIZACIJA BILJNE ĆELIJE

# ZAŠTO ?

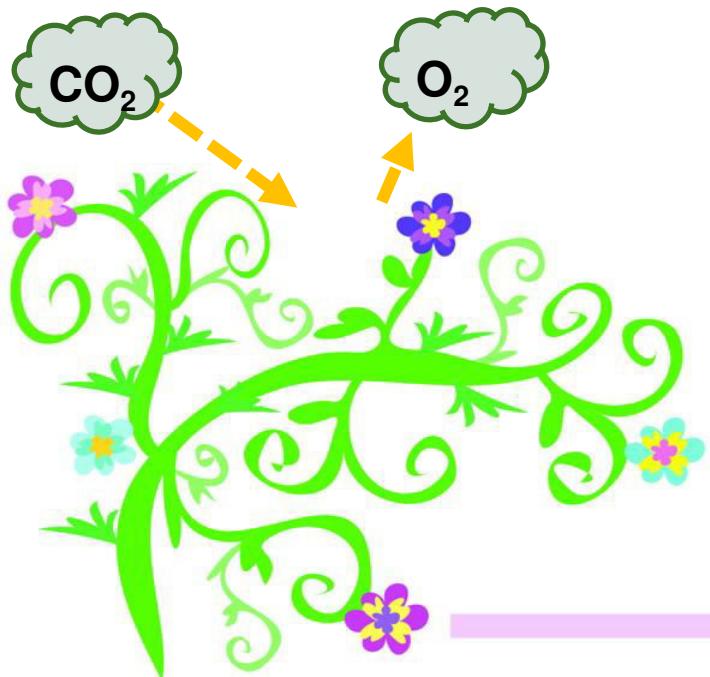




Najveći cvet ~ 1m



Najduži život  
~ 5000 god.



CVEĆE NAS ČINI  
SREĆNIMA!!!!

Dokazano je da cveće  
na radnom mestu  
pozitivno utiče na  
produktivnost



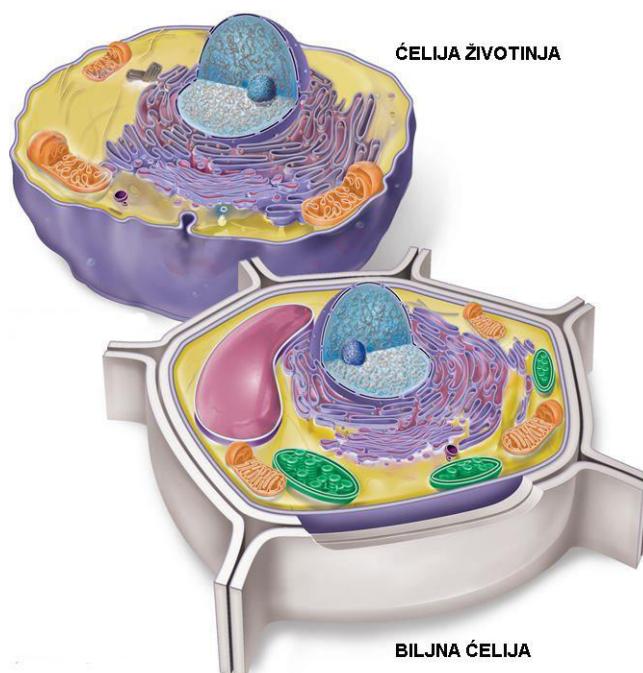
Najveći organizni (> 100m)



# BILJKE:

- Autotrofi (svaraju organsku materiju iz neorganske)
- sedentaran način života
- kontinuiran rast

## KOMPARATIVNI PRISTUP



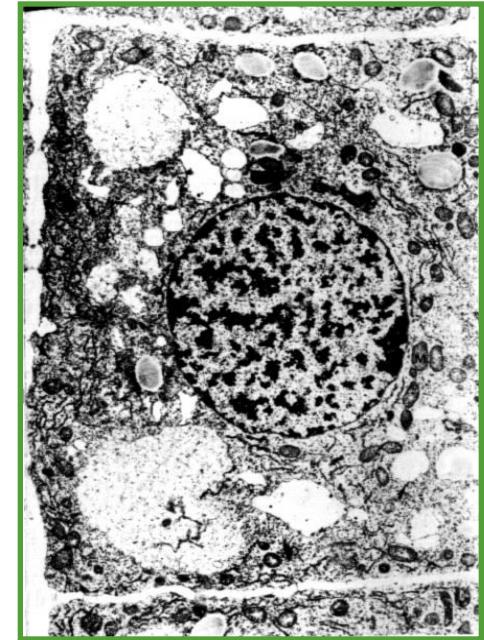
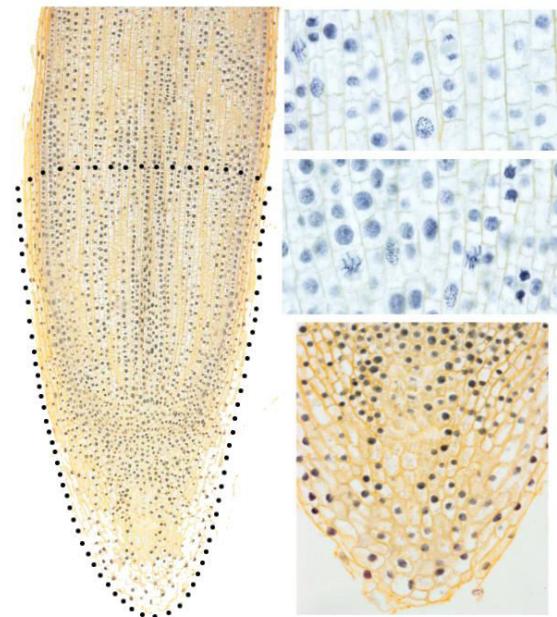
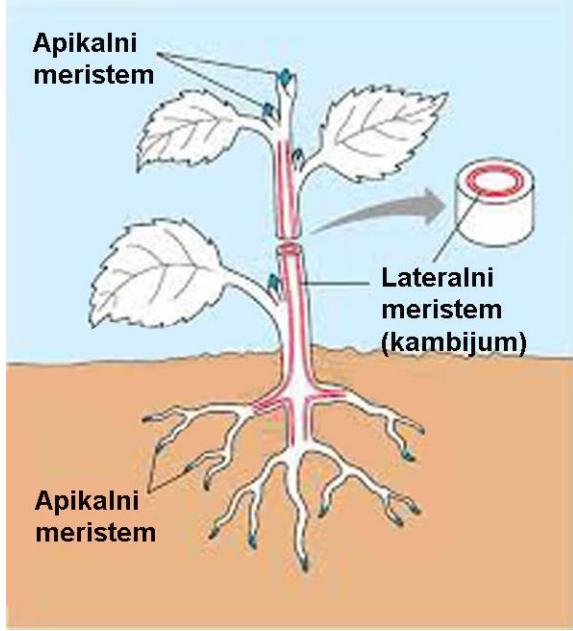
Ćelije životinja	Ćelije biljaka
Poseduju VĆM	Poseduju ćelijski zid
Mogu da menjaju oblik i da se kreću	Ne mogu da menjaju oblik niti da se kreću
/	Poseduju plastide
/	Poseduju vakuolu
Centrozom	/
Citokineza - ubor	Citokineza – ćelijska ploča
Depo glukoze - glikogen	Depo glukoze - skrob

**KOMPARTMENTI – ANALOGIJA**

- ❖ PLASTIDI
- ❖ CENTROZOM

# BILJNA TKIVA I ĆELIJE

## Tvorna tkiva - meristemi



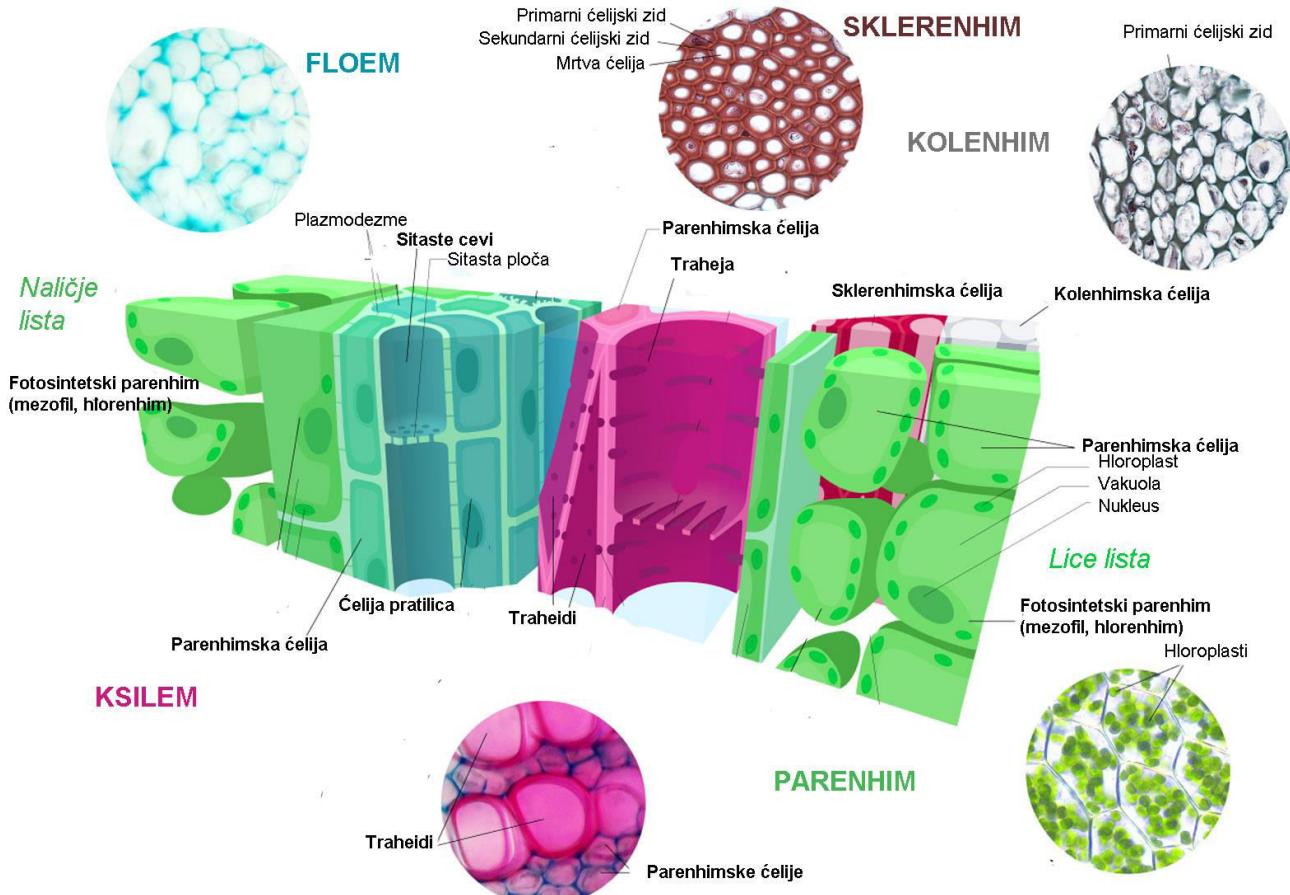
### Meristemske ćelije:

- nediferencirane, sitne, izodijametrične sa tankim ćelijskim zidom
- TEM: krupan, centralno postavljen nukleus, citoplazma bogata ribozomima, plastidima i brojnim sitnim vakuolama. Goldžijev kompleks je dobro razvijen - sinteza komponenti ćelijskog zida
- Totipotentne - dele se mitotski i daju različite tipove diferenciranih ćelija

# BILJNA TKIVA I ĆELIJE

## Trajna tkiva

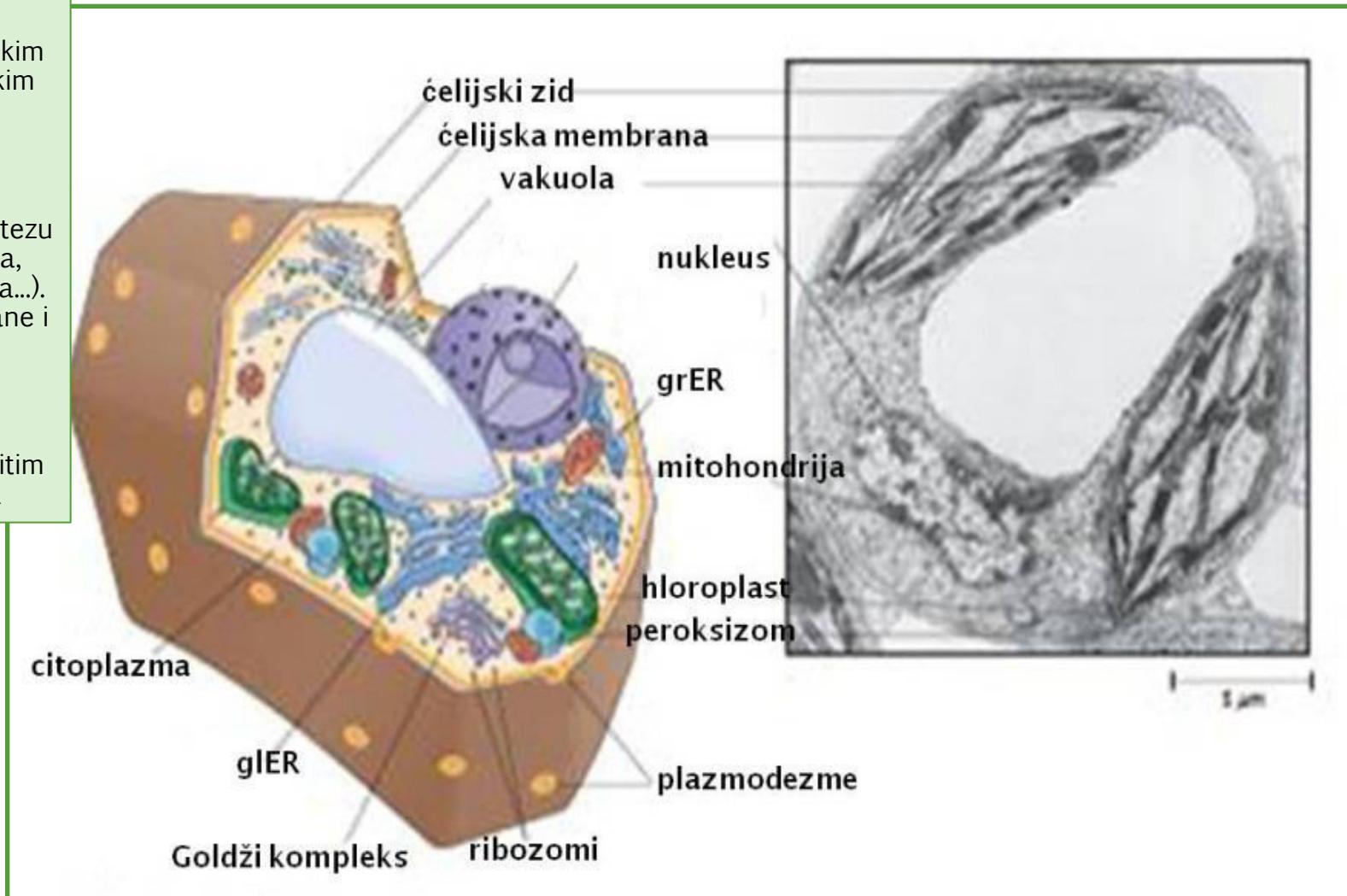
- Parenhim
- Potporna tkiva
  - Kolenhim
  - Sklerenhim
- Provodna tkiva
  - Ksilem
  - Floem
- Pokrovna tkiva
  - Epidermis
- Žlezdana tkiva



# Parenhimska ćelija – „tipična“ ćelija biljaka

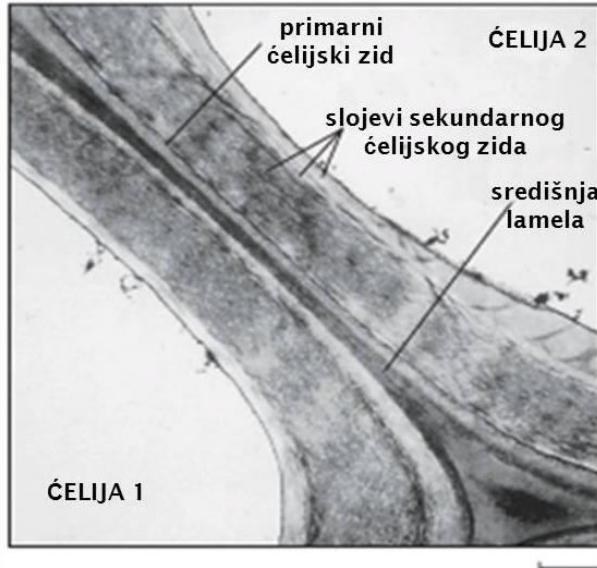
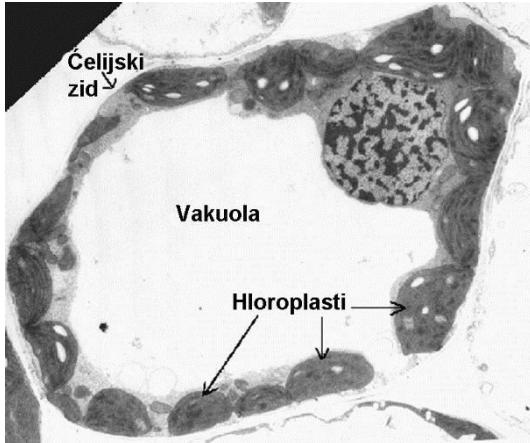
## Parenhimske ćelije:

- žive ćelije sa tankim primarnim ćelijskim zidovima
- zadužene za različite funkcije (fotosintezu, deponovanje sinteza hranljivih materija, regeneraciju tkiva...).
- slabo diferencirane i mogu da se dediferenciraju postajući totipotentne.
- Sreću se u različitim biljnim organima



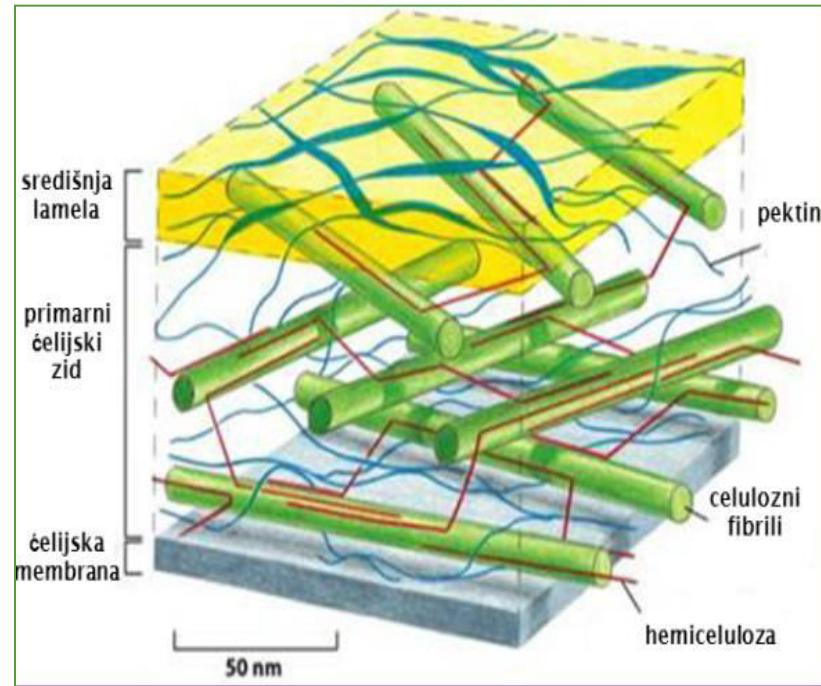
# Ćelijski zid

## Okoloćelijska sredina biljne ćelije



- U potpunosti obavija i čvrsto povezuje susedne ćelije
- Znatno čvršći, rigidniji i izdržljiviji od VĆM ćelija životinja
- Drugačiji sastav od VĆM (prvenstveno polisaharidi)
- **FUNKCIJE:**
  - povezuje biljne ćelije u tkiva,
  - štiti ćeliju,
  - određuje oblik ćelije,
  - šalje signale neophodne za deobu i rast
  - odupire se snažnom hidrostatičkom (turgorovom) pritisku
- Sastav ćelijskog zida kontroliše sama ćelija – razlikujemo:
  - **Primarni ćelijski zid** – tanak i fleksibilan (meristemske ćelije, ćelije u toku rasta, parenhimske...)
  - **Sekundarni ćelijski zid** – rigidan, nastaje deponovanjem novih slojeva materijala

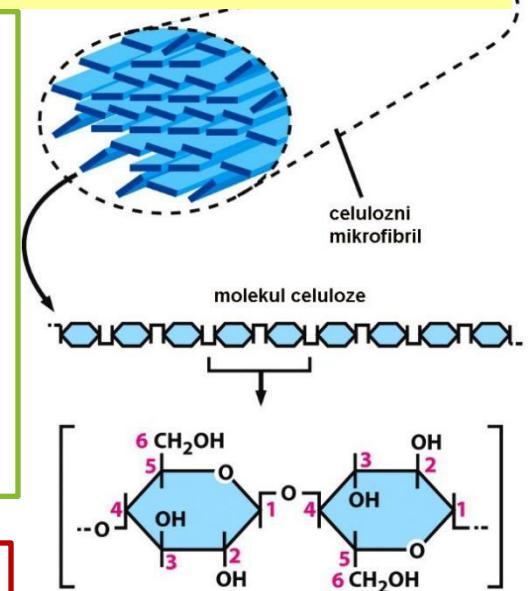
# Sastav i struktura primarnog ćelijskog zida



**SREDIŠNJA LAMELA** – specijalizovan region ĆZ izgrađen od pektina, zadužen za „cementiranje“ susednih ćelija (=adhezivna međućelijska veza biljnih ćelija)

## 1. Celuloza:

- Linearni polimer glukoze
- 20-40 molekula celuloze bočno se povezuje – *celulozni mikrofibril*
- Mikrofibrili se organizuju u slojeve (lamele)
- Svi mikrofibrili jedne lamele su paralelno postavljeni



## 3. Pektin:

- Heterogena grupa granatih polisaharida sa neg. Naelektrisanjima
- Gradi hidratisan gel matriks u koji su uronjeni mikrofibrili

## 2. Povezujući glikani (hemiceluloza)

- Granati polisaharidi
- Povezuju susedne celulozne mikrofibrile u kompleksnu mrežu
- Više klase

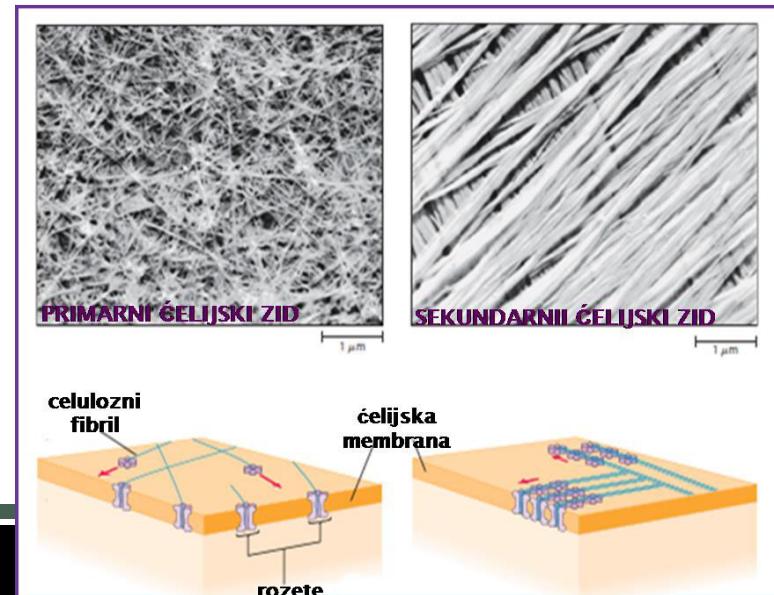
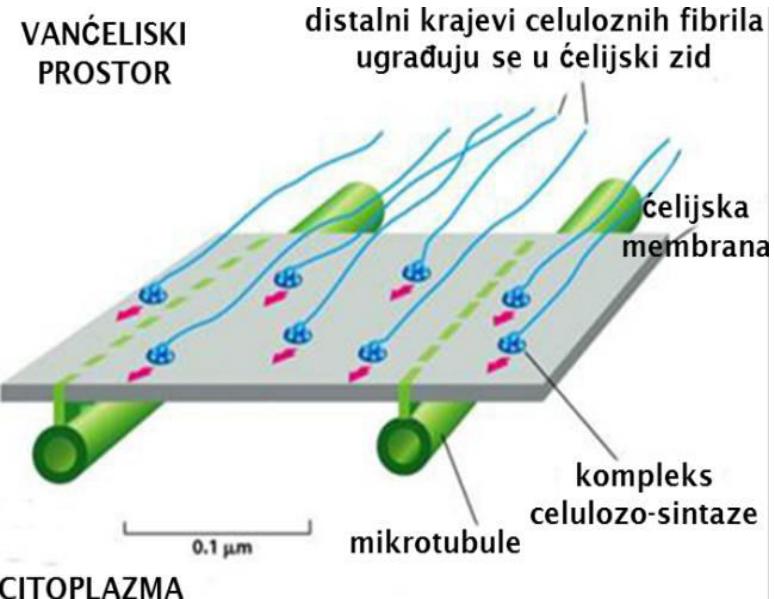
## 4. Proteini

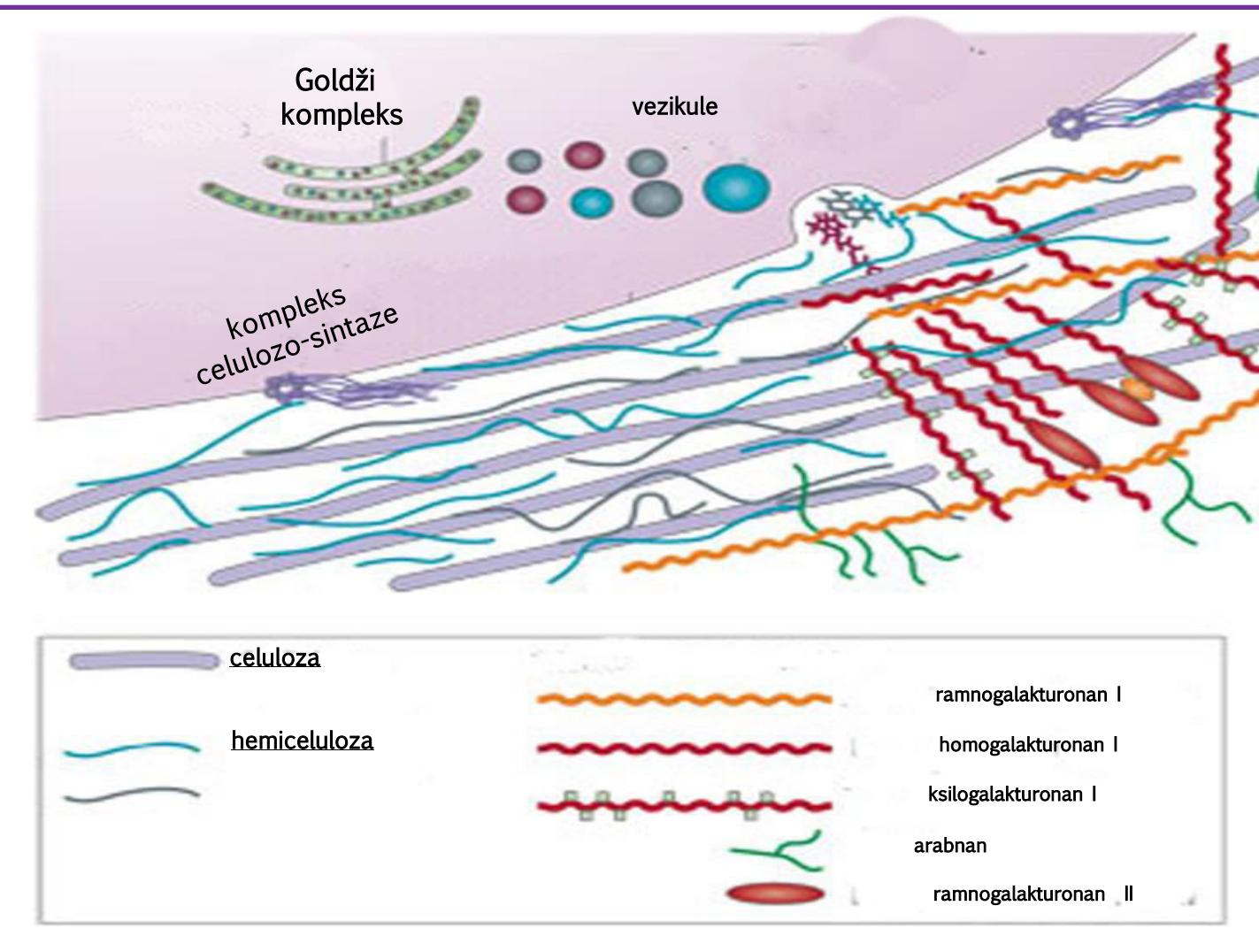
- Svega 5% suve mase ĆZ

# Sinteza i deponovanje komponenti ćelijskog zida

- Pektini, vezujući glikani i proteini – ER i GK, sekrecija
- Celuloza – sinteza van ćelije – enzimski kompleksi u formi rozete – *celulozo-sintaza*:
  - Supstrat: UDP-glukoza iz citoplazme
  - Distalni kraj rastućeg mikrofibrila se vezuje za stariju lamelu a rozeta se pomera u suprotnom smeru kroz ĆM (lateralna difuzija)
  - Smer kretanja rozeta kroz ĆM određuju *submembranske mikrotubule* – vezuju se za integrisane proteine ĆM koji grade mikrodomene ĆM kojima se reguliše trasa kretanja rozeta i samim tim rast celuloznih mikrofibrila
  - Značaj – regulacija smera rasta ćelije i samim tim cele biljke

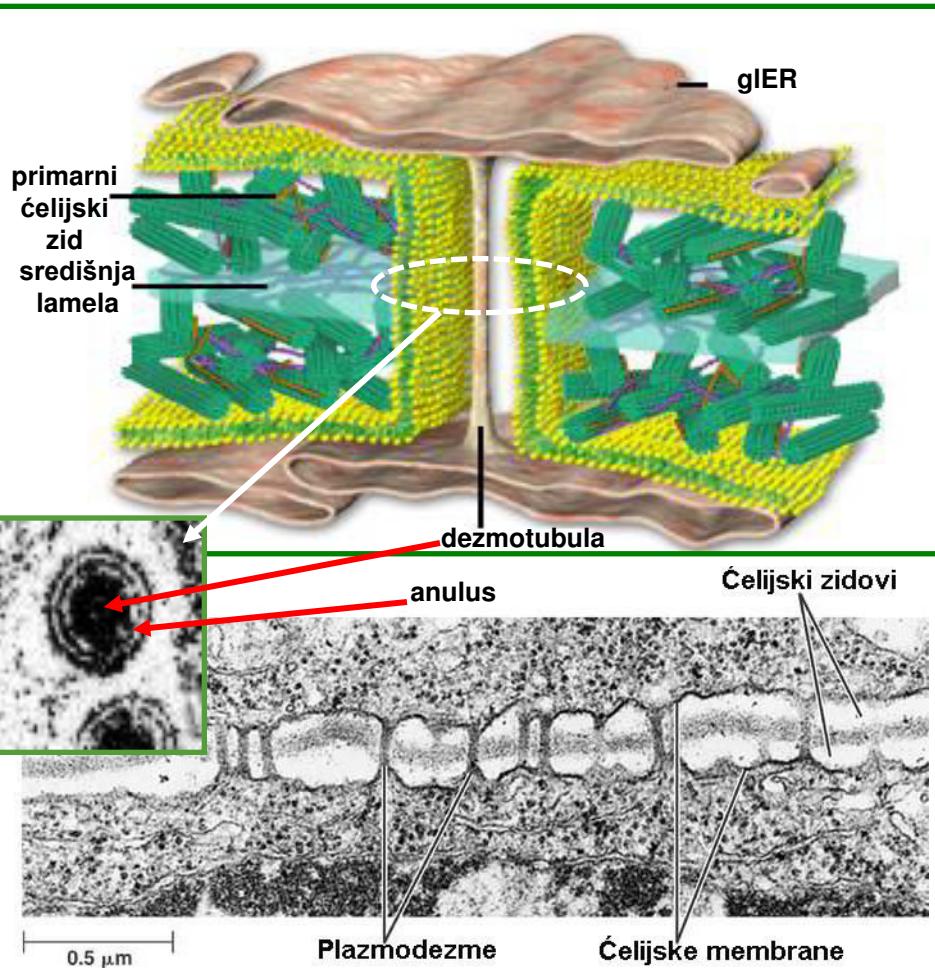
- SEKUNDARNI ĆELIJSKI ZID
  - Bliže ćeliji u odnosu na primarni
  - Sadrži više celuloznih mikrofibrila (veća rigidnost) i dodatne materije koje povećavaju čvrstinu i vodonepropusnost – *lignin*





# Plazmodezme

## Međućeljske komunikacijske veze biljaka



- Biljne ćelije komuniciraju zahvaljujući citoplazmatskim kanalima koji se pružaju kroz ĆZ susednih ćelija (analog pukotinastih veza)
- U nivou plazmodezme ćelijske membrane susednih ćelija su u kontinuitetu gradeći cevast kanal
- Samim tim, i citoplazme susednih ćelija su u kontinuitetu - *simplast*
- U centru plazmodezme, cevasta struktura
  - **dezmotubula** (kontinuitet gIER susednih ćelija)
- Oko dezmotubule, na poprečnom preseku kroz plazmodezmu uočava se prsten citoplazme – **anulus**
- Transport malih molekula i jona, NK, virusi
- Aktivna regulacija otvorenosti
- Formiranje – tokom citokineze (ređe *de novo*)
- Moguće uklanjanje nepotrebnih plazmodezmi

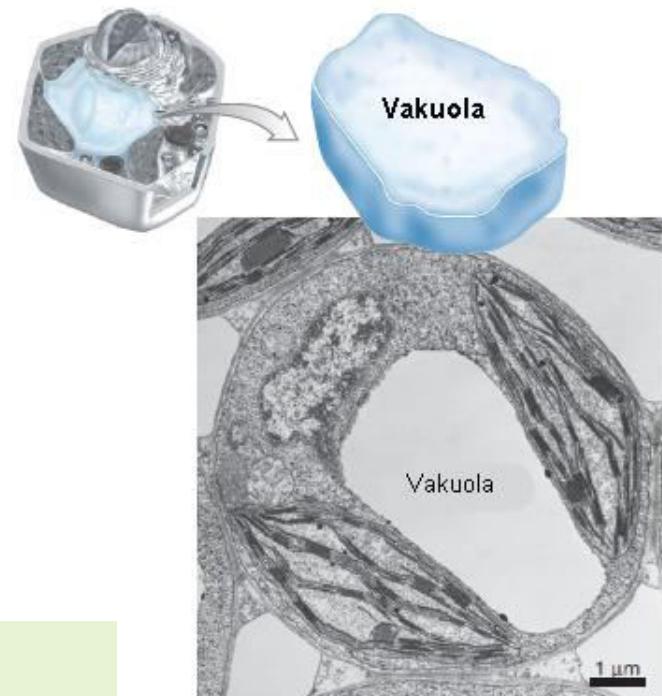


# Vakuola

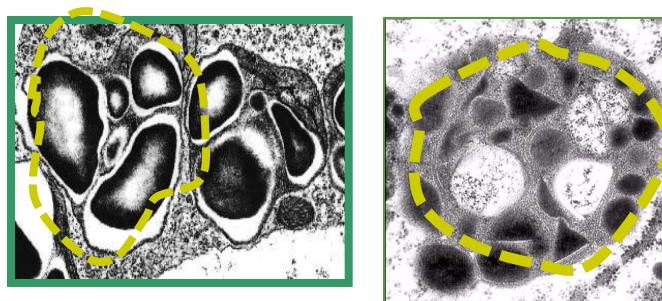
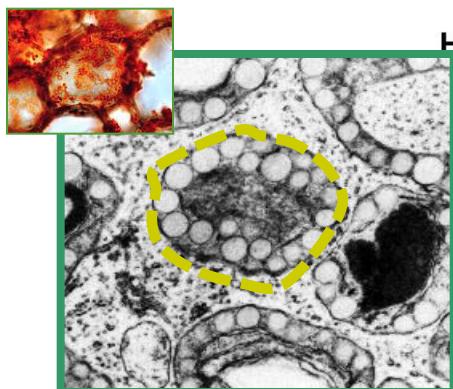
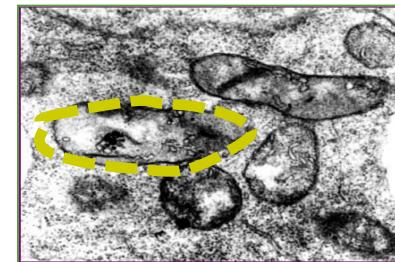
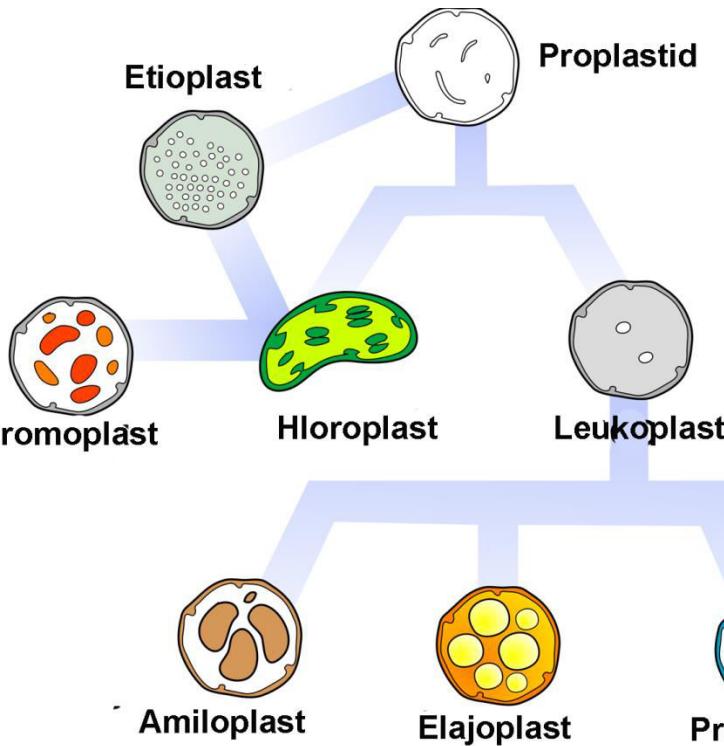
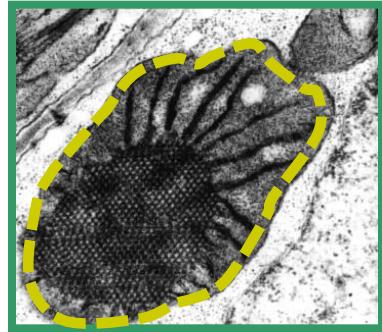
- ❖ 1 ili više (obično krupnih) – izuzetak  
– meristemske ćelije
- ❖ Zauzimaju i do 95% zapremine diferencirane ćelije
- ❖ Poseduju jednu membranu – **tonoplast** (sa akvaporinima, pumpama, različitim transporterima)
- ❖ Ispunjene vodom sa rastvorenim solima i ostalim materijama

## FUNKCIJE:

- ❖ Održavanje turgorovog pritiska
- ❖ Rast ćelije
- ❖ Održavanje pH ćelije
- ❖ Deponovanje nutrijenata,
- ❖ Deponovanje produkata metabolizma
- ❖ Deponovanje različitih (specifičnih) materija: pigmenata, toksina...
- ❖ Hidrolitička razgradnja – analog lizozoma kod ćelija životinja
  - ❖ **Depozicione vakuole**
  - ❖ **Litičke vakuole**
- Npr. semena poseduju oba tipa vakuola – pri klijanju - fuzija

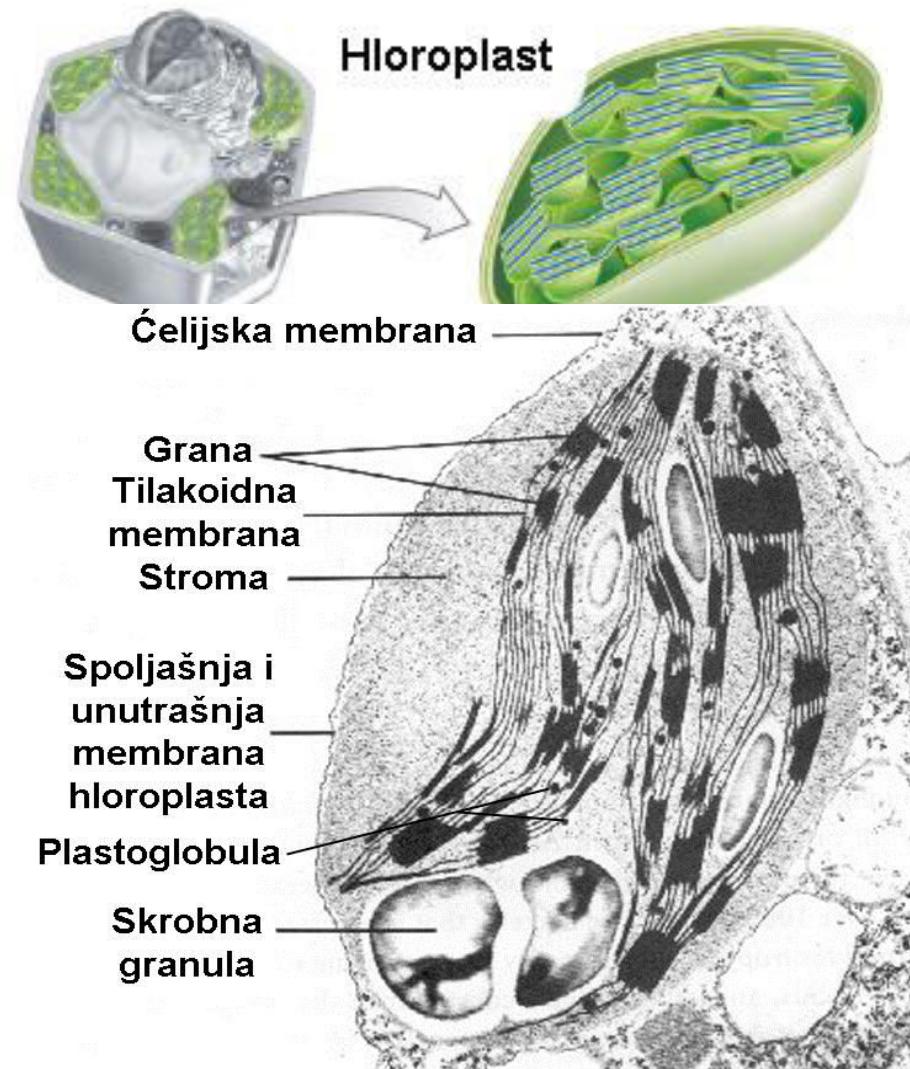


# Plastidi



# Hloroplast

- Krupne organele – dužine 5-10  $\mu\text{m}$
- Tri membrane:
  - Spoljašnja membrana hloroplasta
    - Poseduje *porine* – visokopropustljiva za jone i male molekule
  - Unutrašnja membrana hloroplasta
    - Specifični transporteri
  - Unutrašnji membranski sistem – tilakoidna membrana
    - gradi mrežu diskoidalnih cisterni – tilakoidi
    - Mesto lokacije fotokompleksa, kompleksa elektron-transportnog lanca, ATP sinteze
- Tri odeljka:
  - Intermembranski prostor
  - Stroma:
    - hpDNK – cirkularna, više kopija
    - Ribozomi (prokariotskog tipa)
    - Plastoglobule – lipidna tela
    - Skrobne granule
    - Metabolički enzimi
  - Lumen tilakoida
    - Odeljak u koji se upumpavaju protoni tokom elektron-transporta

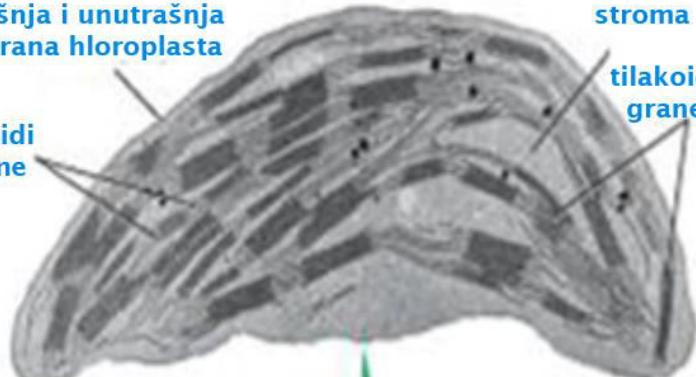


spoljašnja i unutrašnja  
membrana hloroplasta

tilakoidi  
strome

stroma

tilakoidi  
grane



spoljašnja membrana hloroplasta

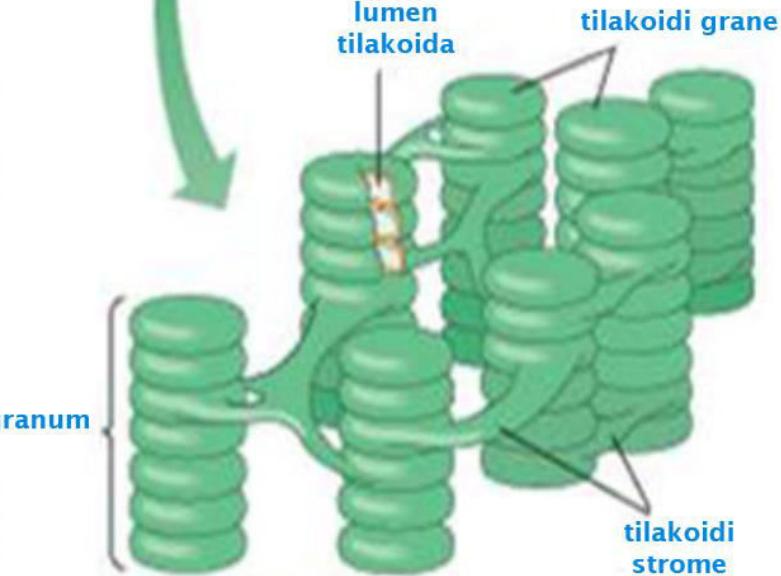
intermembranski prostor  
unutrašnja membrana  
hloroplasta

stroma

granum

tilakoidi  
grane

tilakoidi  
strome

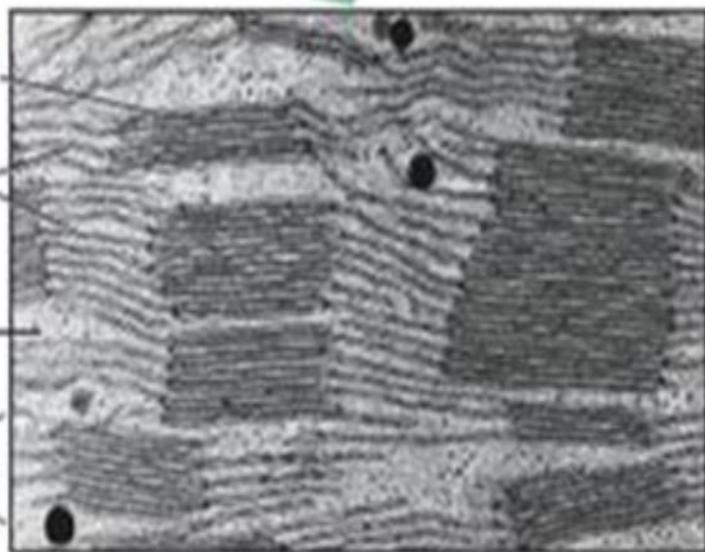


tilakoidi  
grane

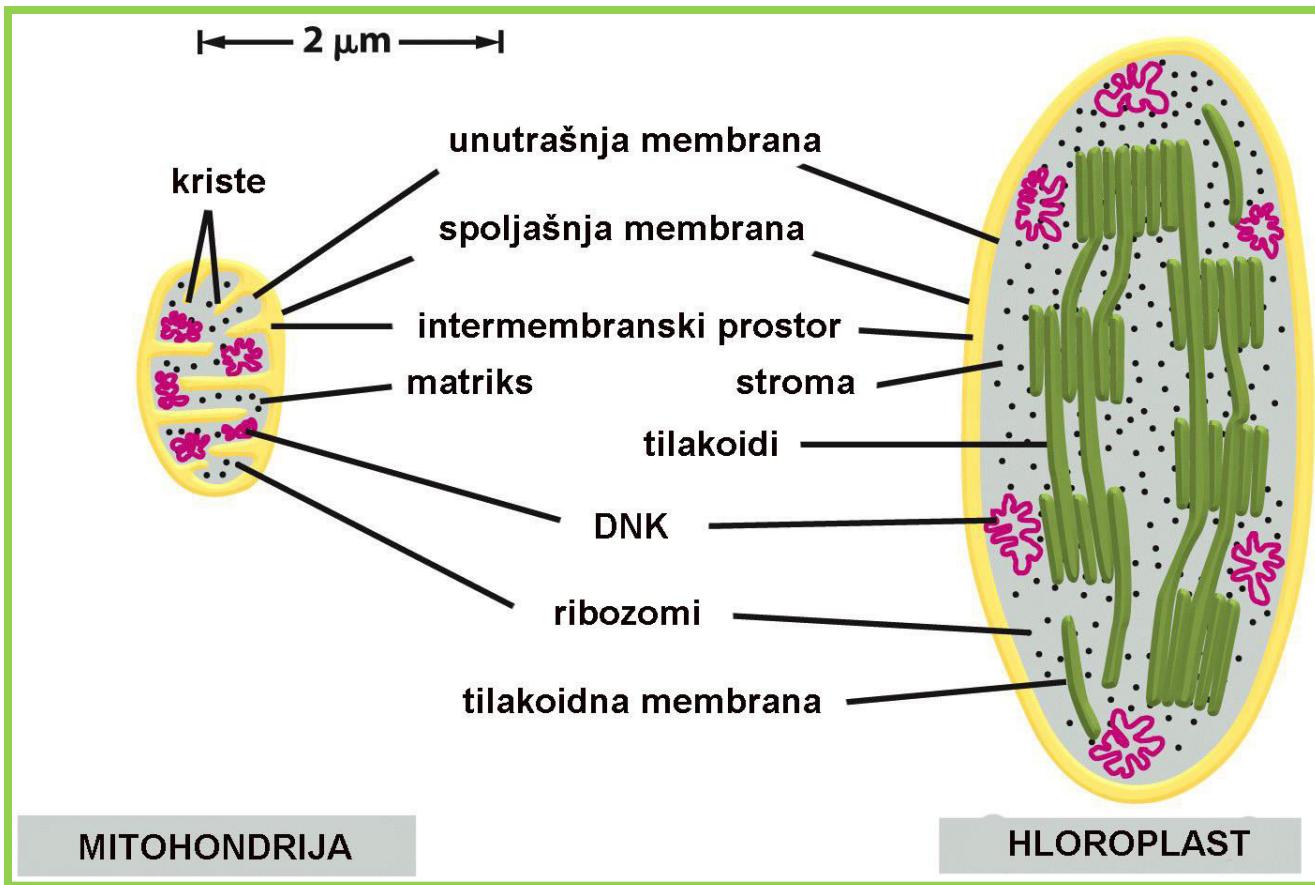
tilakoidi  
strome

stroma

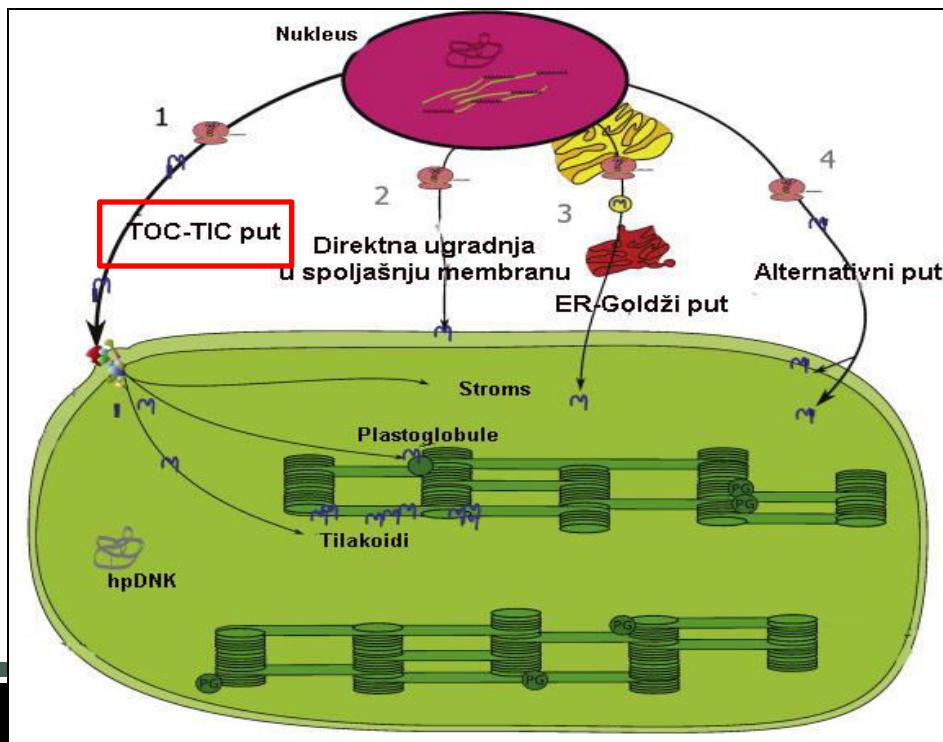
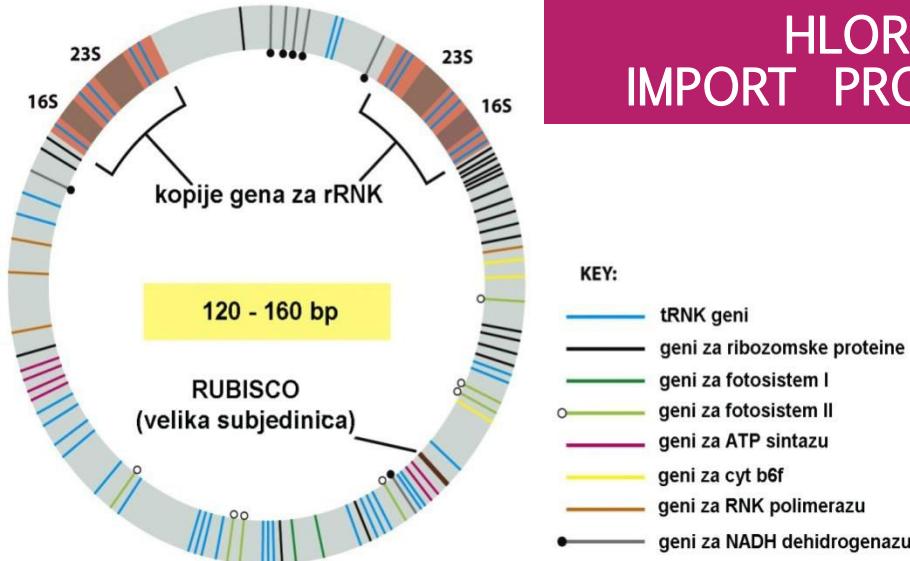
granum



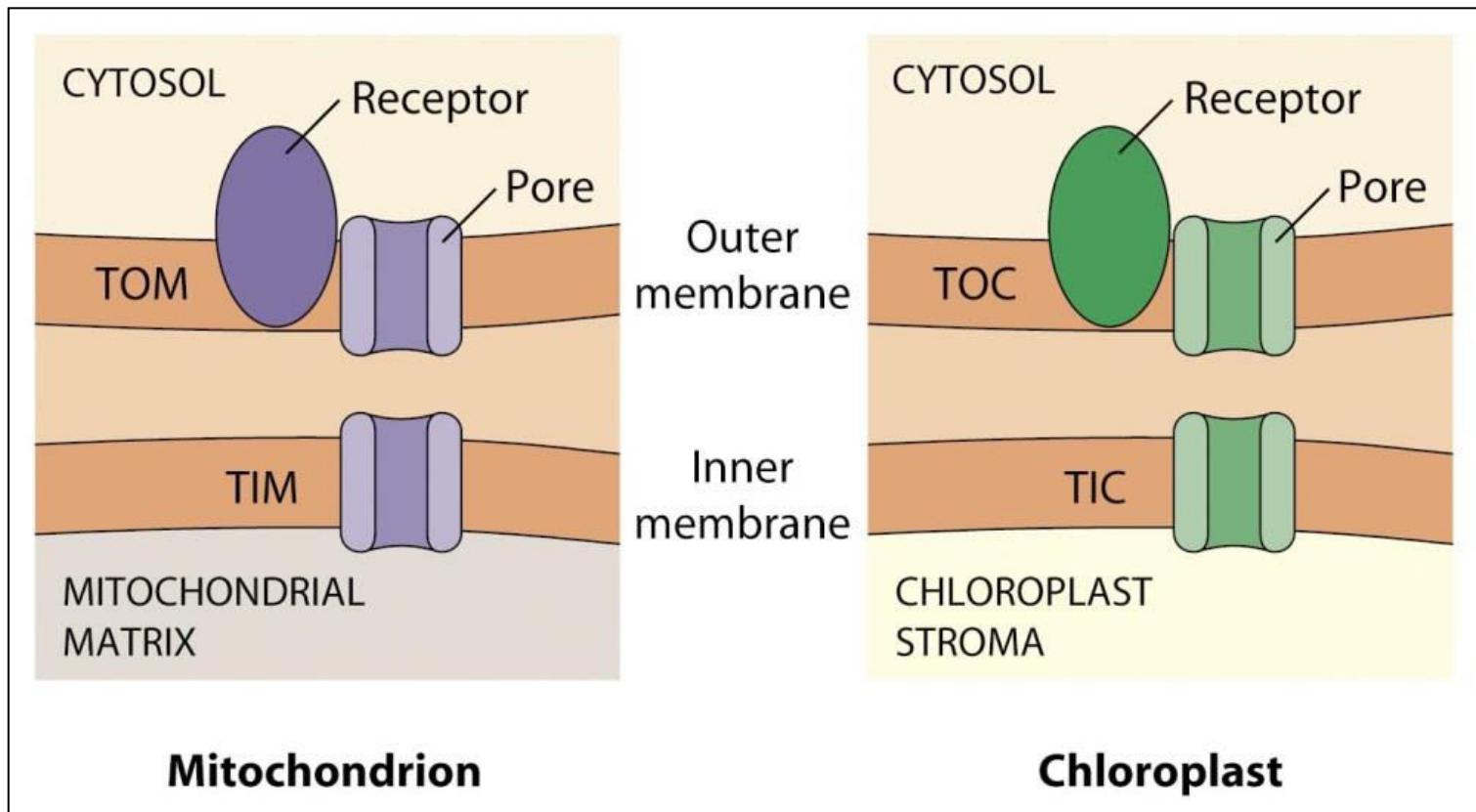
## HLOROPLAST VS. MITOHONDRIJA



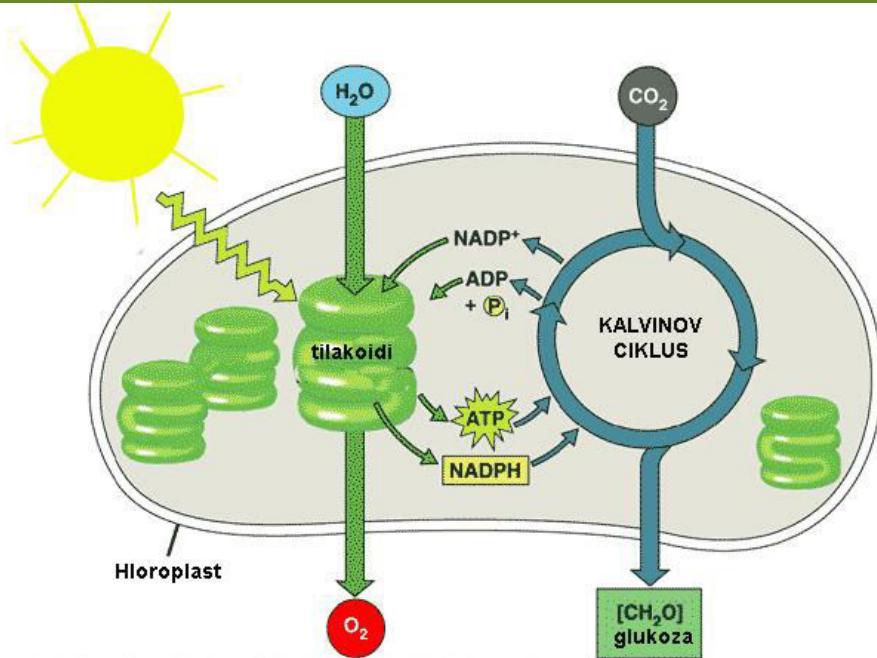
# HLOROPLASTNI GENOM IMPORT PROTEINA U HLOROPLAST



- ❖ Ipak, 95% proteina hloroplasta je kodirano od strane nukleusnog genoma i moraju se transportovati iz citoplazme u hloroplast
- ❖ Većina proteina se unosi putem specifičnih translokona spoljašnje i unutrašnje membrane – **TOC** i **TIC kompleksi**
- ❖ Da bi bili uneti moraju sadržati tranzitnu sekvencu na N-kraju i biti nesavijeni – prepoznaje ih **vodeći kompleks** sa šaperonom Hsp70 i vodi do TOC
- ❖ Nakon unosa u stromu, iseca se tranzitna sekvenca i protein se savija (šaperoni strome) ako je stroma njegova finalna destinacija
- ❖ Proteini tilakoida poseduju dodatnu signalnu sekvencu i posebnim translokonima se unose u tilakoide



## OSNOVNA FUNKCIJA HLOROPLASTA - FOTOSINTEZA

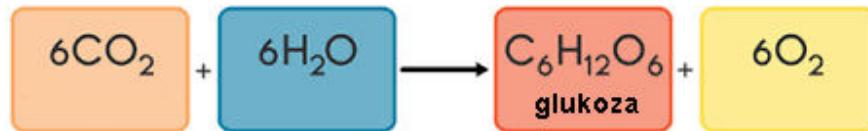


### SVETLA FAZA FOTOSINTEZE (fotohemijska):

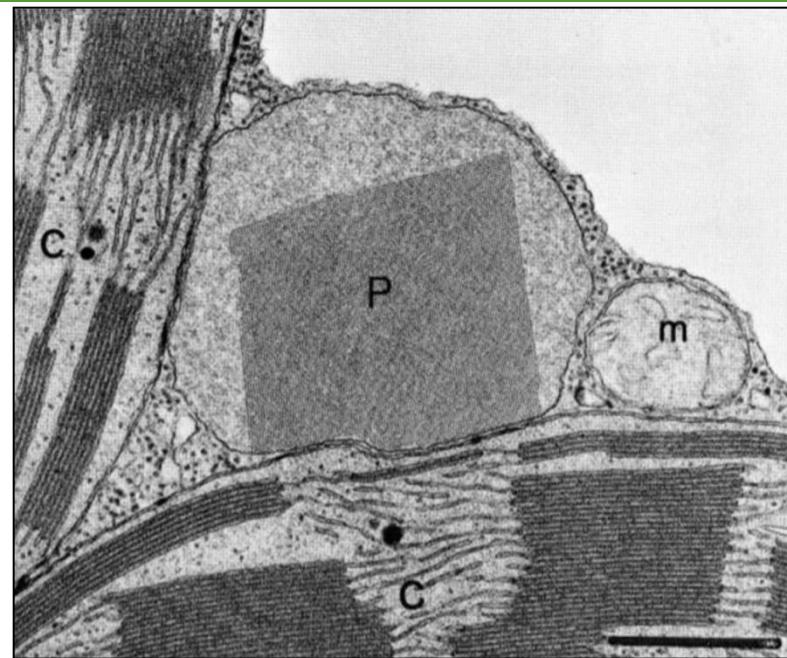
- Odvija se u membrani tilakoida
- Fotosintetski pigmenti (hlorofili) apsorbuju foton Sunčeve svetlosti i prenose elektrone na druge komplekse u membrani tilakoida (elektron-transportni lanac)
- To dovodi do upumpavanja protona iz strome u lumen tilakoida – protonski gradijent koji koristi ATP sintaza da bi sintetisala ATP
- Takođe, transport elektrona se koristi za redukciju koenzima NADP<sup>+</sup> do NADH u stromi
- NADH i ATP su neophodni za tamnu fazu fotosinteze

### TAMNA FAZA FOTOSINTEZE (termohemijska):

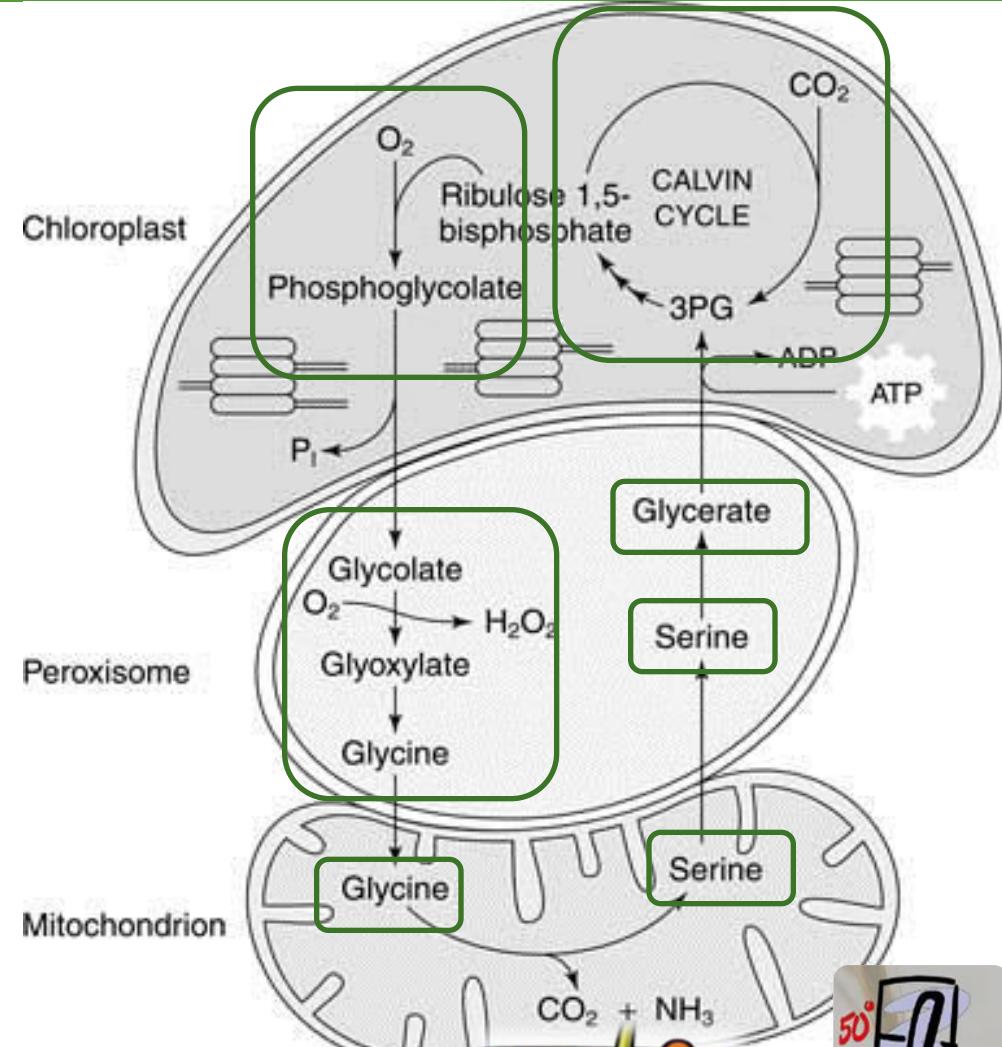
- Odvija se u stromi – Calvinov ciklus
- Brojni enzimi uključeni u sintezu gliceraldehid 3-fosfata od CO<sub>2</sub> uz upotrebu ATP i NADH
- Gliceraldehid 3-fosfat se koristi za produkciju glukoze i drugih šećera u citoplazmi ili u hloroplastu gde mogu da se deponuju u formi skrobnih granula



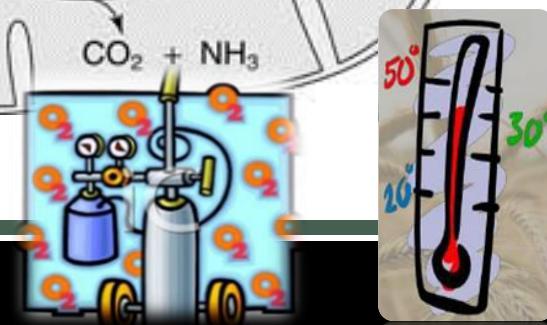
# Peroksizomi biljne ćelije



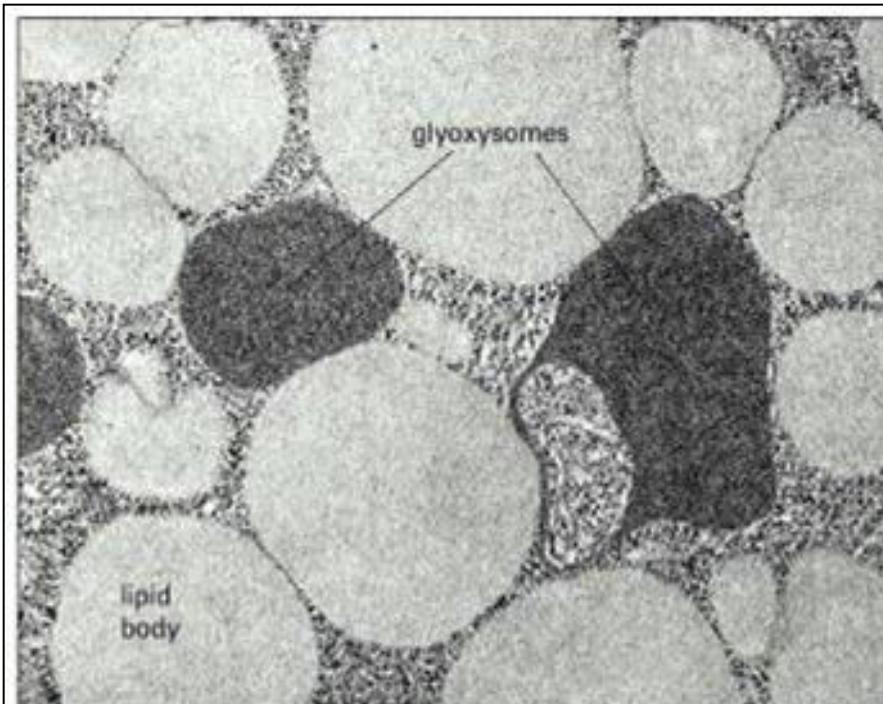
*Peroksizom lista pozicioniran uz hloroplaste čime je omogućena razmena materija tokom fotorespiracije. Metabolizam sporednih produkata fotosinteze i prevođenje u oblik koji ponovo može da uđe u Calvinov ciklus.*



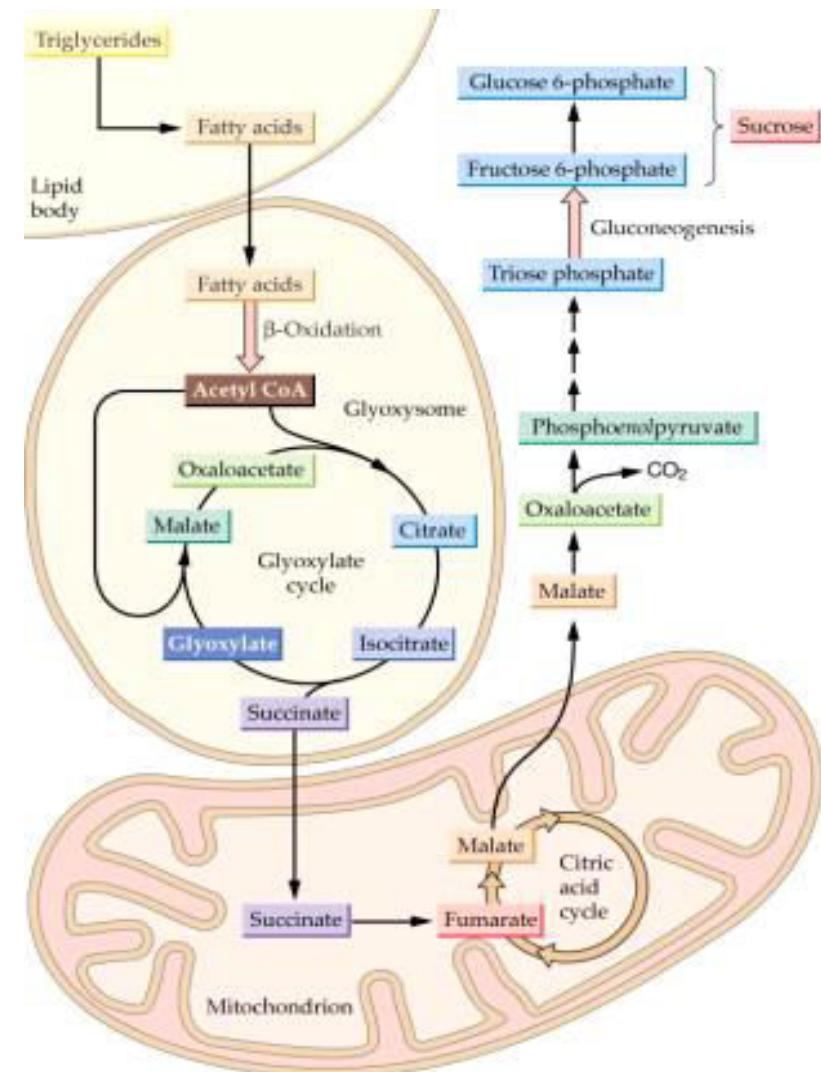
Faktori koji povećavaju fotorespiraciju



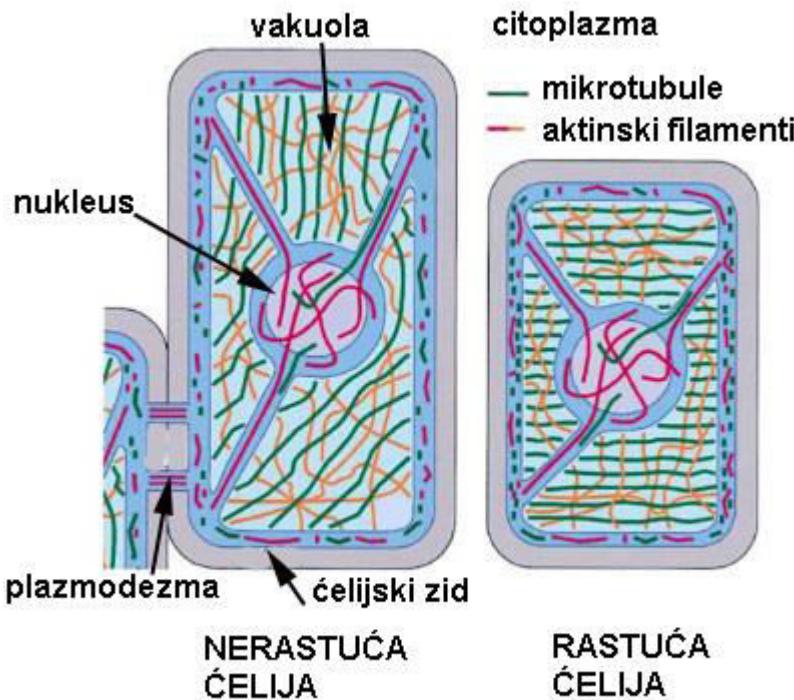
# Peroksizomi biljne ćelije (*gliokszizomi*)



**Peroksizom semena (gliokszizom) blisko pozicioniran uz lipidna tela čime je omogućena mobilizacija lipida i glukoneogeneza tokom klijanja.  
Konverzija lipida u ugljene hidrate kroz seriju reakcija u glioksilatnom ciklusu**



# Citoskelet biljne ćelije



**CITOPLAZMA (BILJNE ĆELIJE SA KRUPNOM VAKUOLOM)** – tanak submembranski sloj, oko nukleusa i povezujući slojevi od nukleusa do submembranskog regiona

## AKTINSKI FILAMENTI:

- Grade submembransku i perinukleusnu mrežu, pružaju se od nukleusa do submembranskog regiona i kroz plazmodezme
- FUNKCIJE:**
  - citoplazmatsko strujanje** – kretanje organela i ostalih citoplazmatskih komponenti kroz tanak sloj citoplazme (zahvaljujući miozinu)
  - Organizacija organela – kod rastućih ćelija organizuju Golđi submembranski i vrše transport sekretnih vezikula sa komponentama čelijskog zida do CM

## MIKROTUBULE:

- Submembranski - vidu pojasa ili paralelno sa celuloznim mikrofibrilima i/ili zrakasto od nukleusa (retke MT)
- Biljne ćelije nemaju centrozome ali imaju γ-TuRC – decentralizovana nukleacija MT (submembranski, bočno na postojećim MT)
- FUNKCIJA** – regulacija rasta ćelije putem usmeravanja sinteze celuloznih mikrofibrila

## INTERMEDIJARNI FILAMENTI – ne postoje

- Nukleusna lamina** – nemaju proteine IF - lamine već laminima-slične proteine sa istovetnom funkcijom kao kod ćelija životinja

# FISIJA (DEOBA) PLASTIDA

Plastidi se dele sa ciljem:

- Pravilne segregacije organela tokom deobe – proplastidi meristemskih ćelija
- Povećanja broja organela u ćeliji tokom diferencijacije (npr. hloroplasti mezofila lista)

Kompleksan proces – molekulska mašinerija koja uključuje proteine prokariotskog i eukariotskog porekla koji dovode do konstrikcije u centru organele i podele na dve nove:

- FtsZ prsten – na unutrašnjoj membrani
- Protein iz familije dinamina (ARC3) na spoljašnjoj membrani

