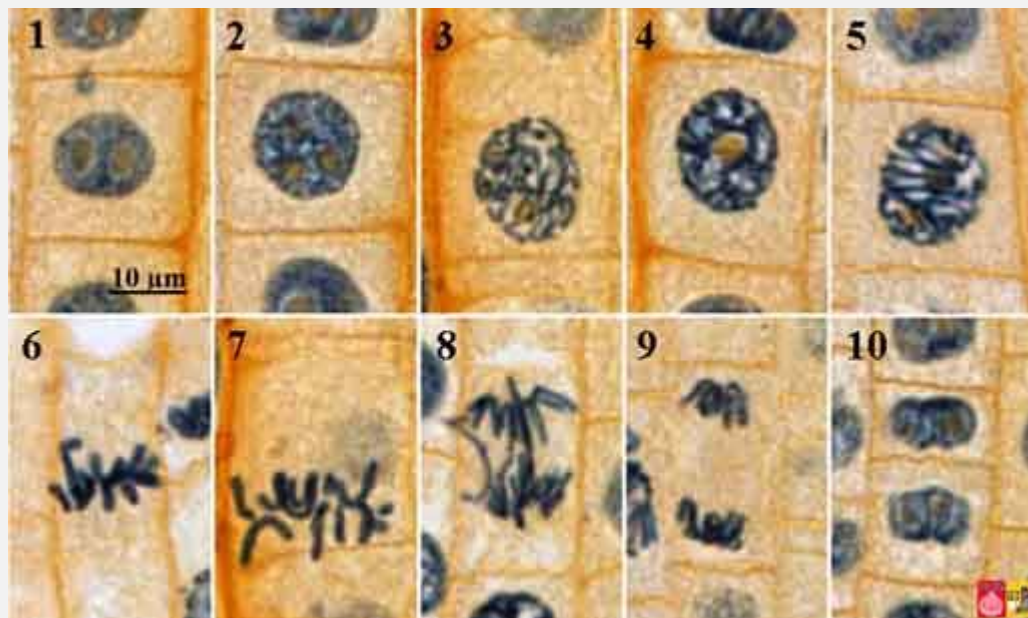




UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

# Ciclo cellulare e crescita



# Ciclo cellulare

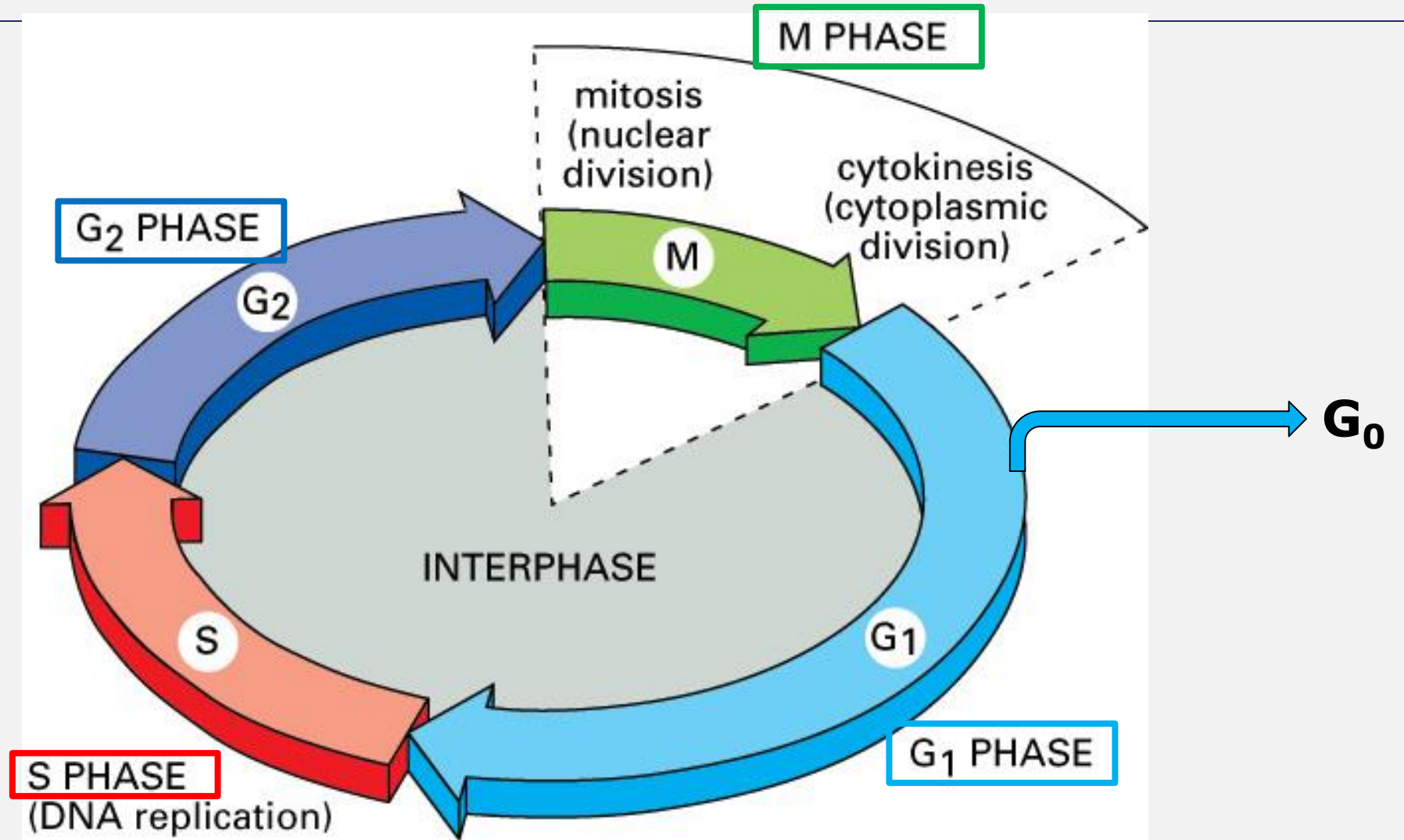


Figure 17-3. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

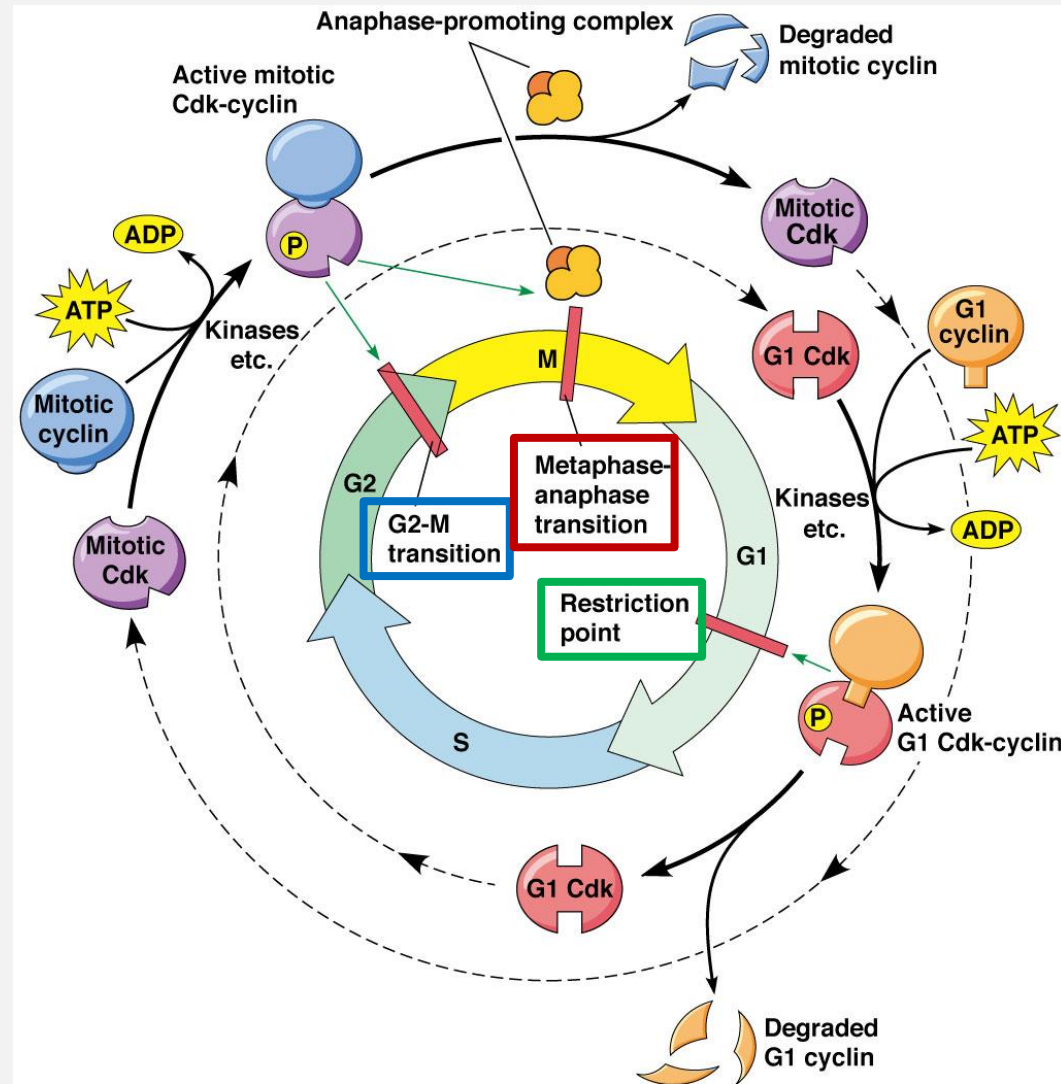
La progressione lungo il ciclo cellulare è strettamente controllata in punti specifici che determinano se il DNA è intatto e replicato correttamente e se esistono le condizioni ottimali perché la cellula si possa dividere (es: presenza di nutrienti).

## G<sub>2</sub> - check



- Il DNA è correttamente e interamente replicato?
- Ci sono tutte le proteine per la divisione cellulare?

I diversi checkpoint sono controllati da complessi cicline/CDK (Cyclin dependent kinases) ed altri fattori in maniera piuttosto complessa.



## M - check



Cromosomi agganciati ai microtubuli del fuso mitotico?

## G<sub>1</sub> - check



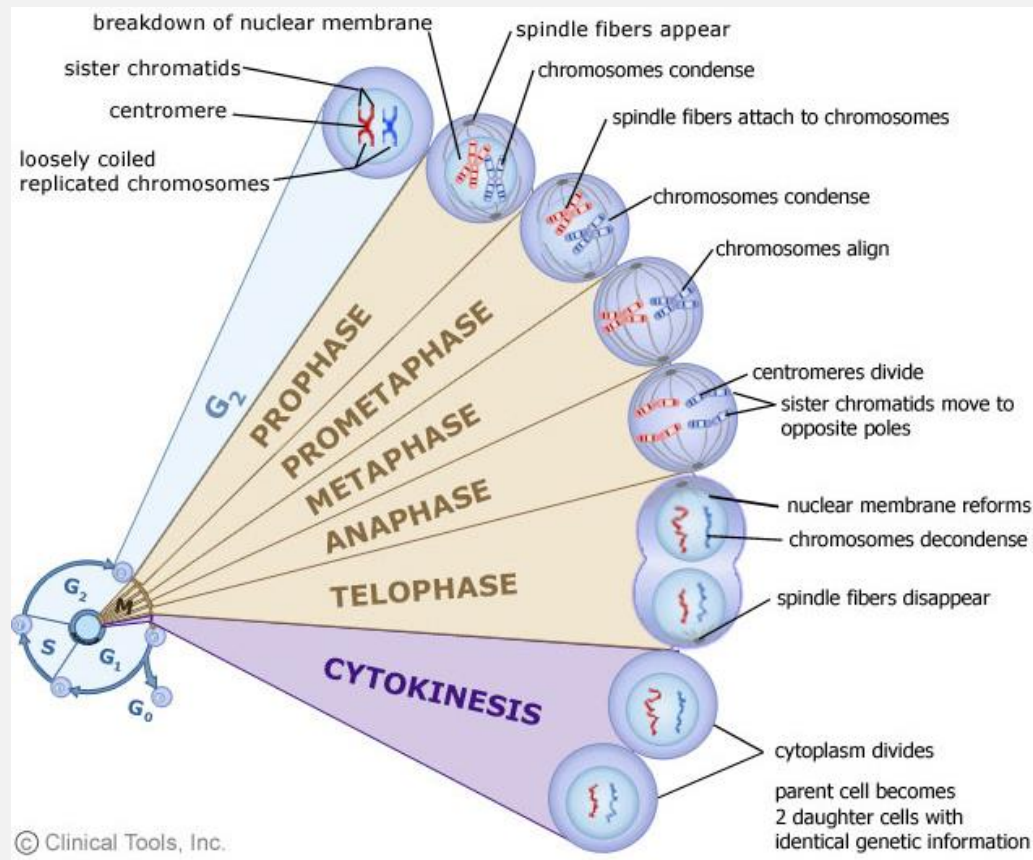
- Il DNA è danneggiato?
- Ci sono tutte le risorse per la replicazione?
- Ci sono abbastanza proteine?
- Com'è l'ambiente?



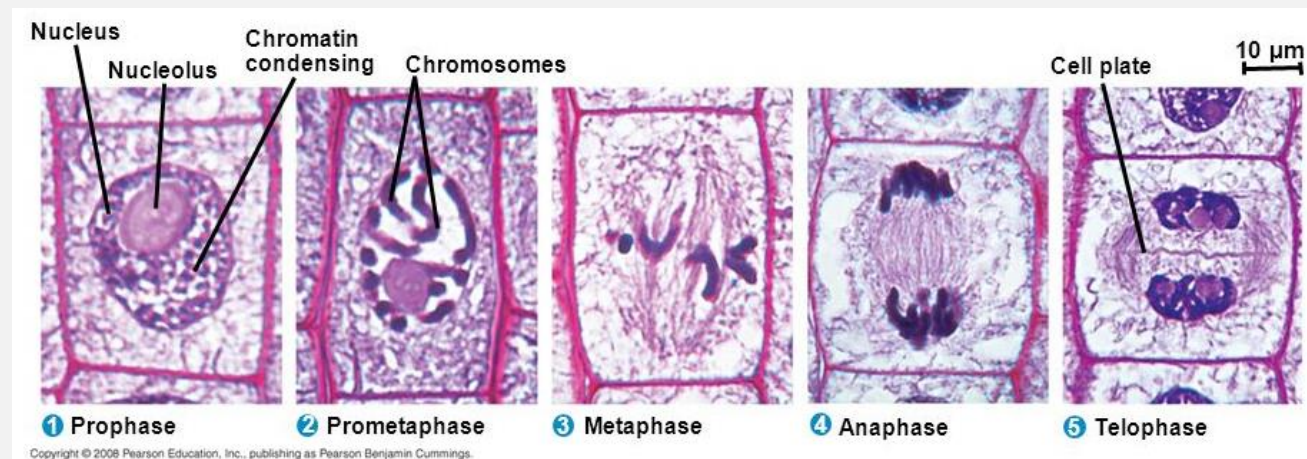
# Mitosi

L'evoluzione del nucleo nelle cellule eucariotiche ha determinato la nascita di un processo di divisione cellulare molto più complesso di quello visto nelle cellule procariotiche.

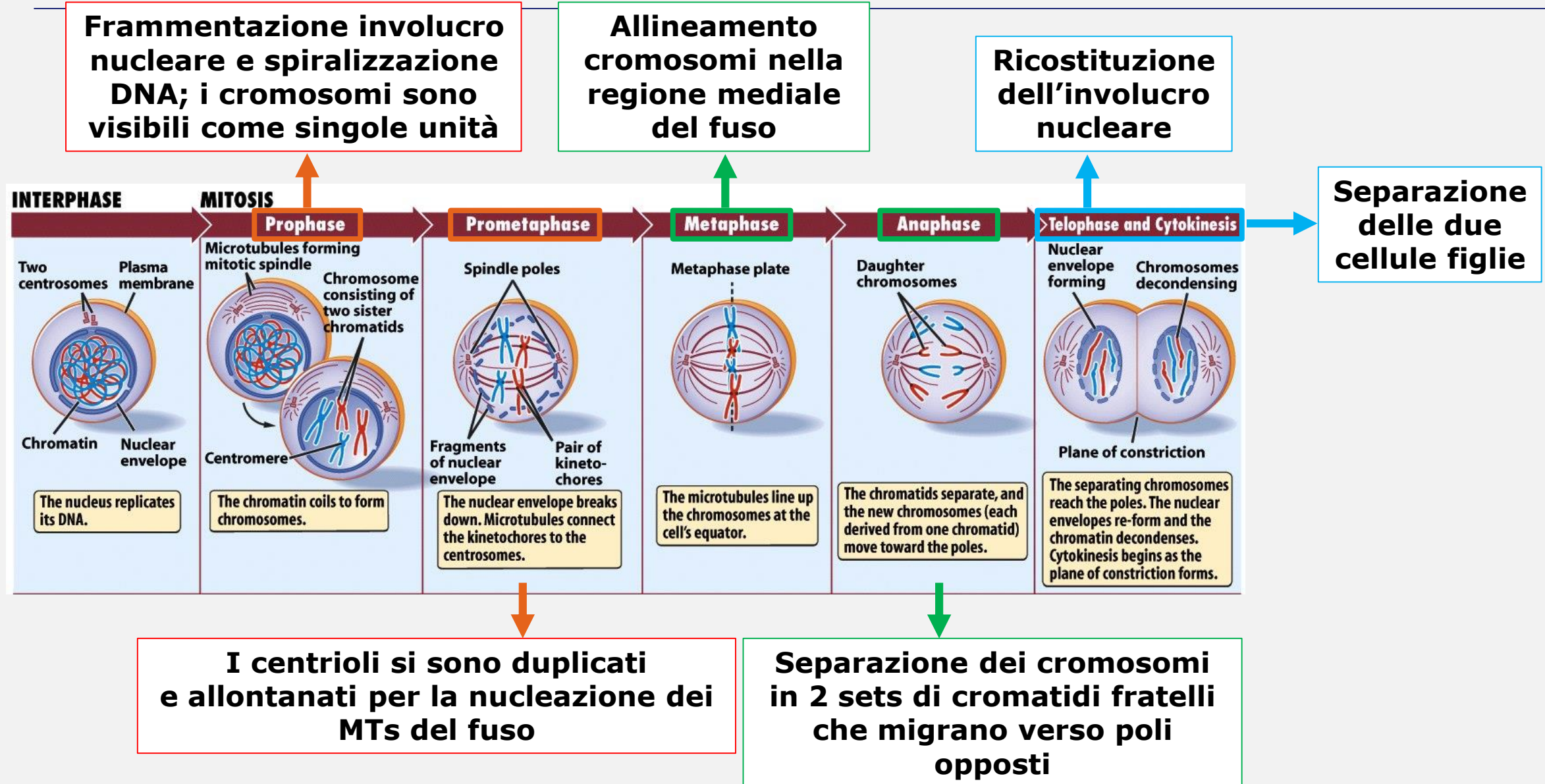
**Divisione cellulare equazionale in cui le 2 cellule figlie ereditano lo stesso patrimonio genetico della cellula madre**



**E' caratterizzata dall'alternanza di fasi riconoscibili per il diverso grado di spiralizzazione del DNA, per la presenza o meno dell'involucro nucleare e per l'organizzazione del citoscheletro**


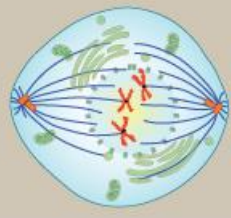
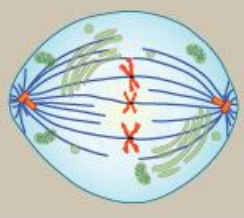
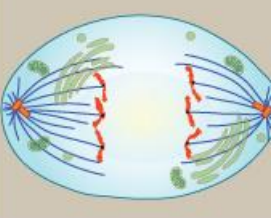
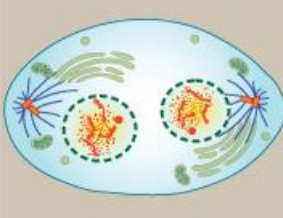
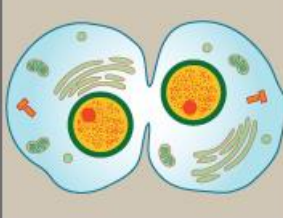
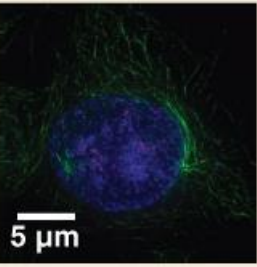
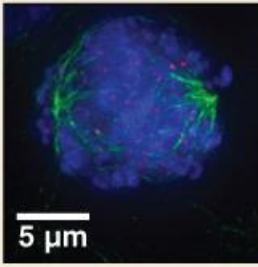
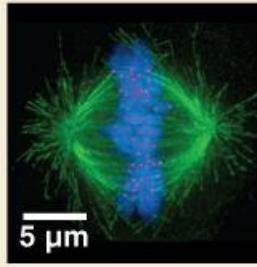
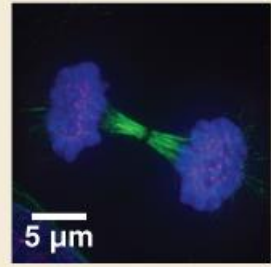
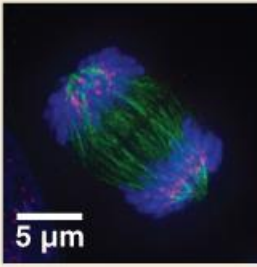
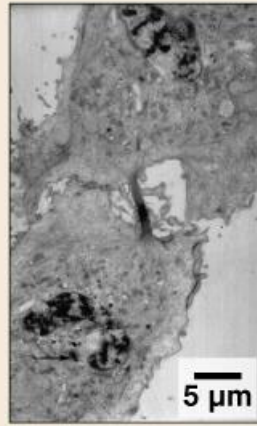


# In cellule animali la mitosi è caratterizzata da 6 fasi:





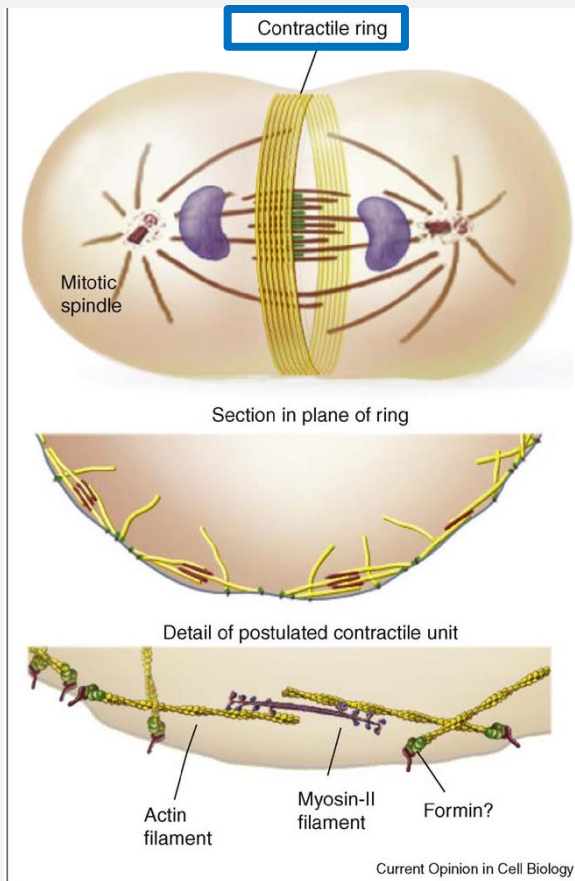


Prophase	Prometaphase	Metaphase	Anaphase	Telophase	Cytokinesis
					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Chromosomes condense and become visible</li> <li>Spindle fibers emerge from the centrosomes</li> <li>Nuclear envelope breaks down</li> <li>Centrosomes move toward opposite poles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chromosomes continue to condense</li> <li>Kinetochores appear at the centromeres</li> <li>Mitotic spindle microtubules attach to kinetochores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chromosomes are lined up at the metaphase plate</li> <li>Each sister chromatid is attached to a spindle fiber originating from opposite poles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centromeres split in two</li> <li>Sister chromatids (now called chromosomes) are pulled toward opposite poles</li> <li>Certain spindle fibers begin to elongate the cell</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chromosomes arrive at opposite poles and begin to decondense</li> <li>Nuclear envelope material surrounds each set of chromosomes</li> <li>The mitotic spindle breaks down</li> <li>Spindle fibers continue to push poles apart</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Animal cells: a cleavage furrow separates the daughter cells</li> <li>Plant cells: a cell plate, the precursor to a new cell wall, separates the daughter cells</li> </ul>
					

MITOSIS



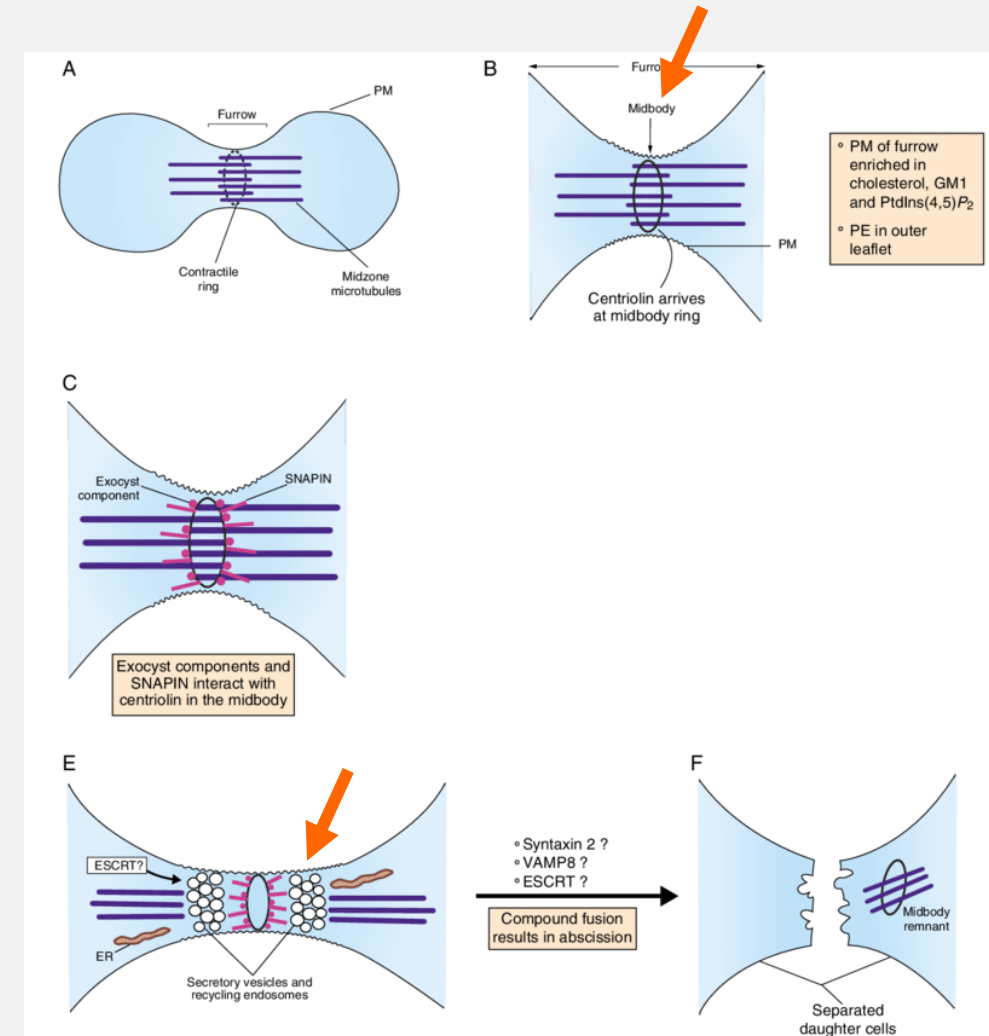
# Organizzazione del citoscheletro durante la citochinesi in una cellula animale



I filamenti di actina, associati alla miosina, si organizzano in un **anello contrattile** che restringendosi crea un solco nel punto di divisione che porterà alla separazione delle due cellule figlie.

L'organizzazione e il funzionamento dell'anello nel punto di divisione dipendono dalla organizzazione dei microtubuli che si organizzano in una struttura chiamata **midbody**, indispensabile per la corretta citodieresi.

Nella formazione del solco di separazione, oltre al citoscheletro sembrano coinvolti elementi del traffico cellulare: vescicole di esocitosi e endosomiali si accumulano all'interno del midbody. Tali vescicole potrebbero fondersi con la membrana plasmatica provocando la scissione delle due cellule figlie.

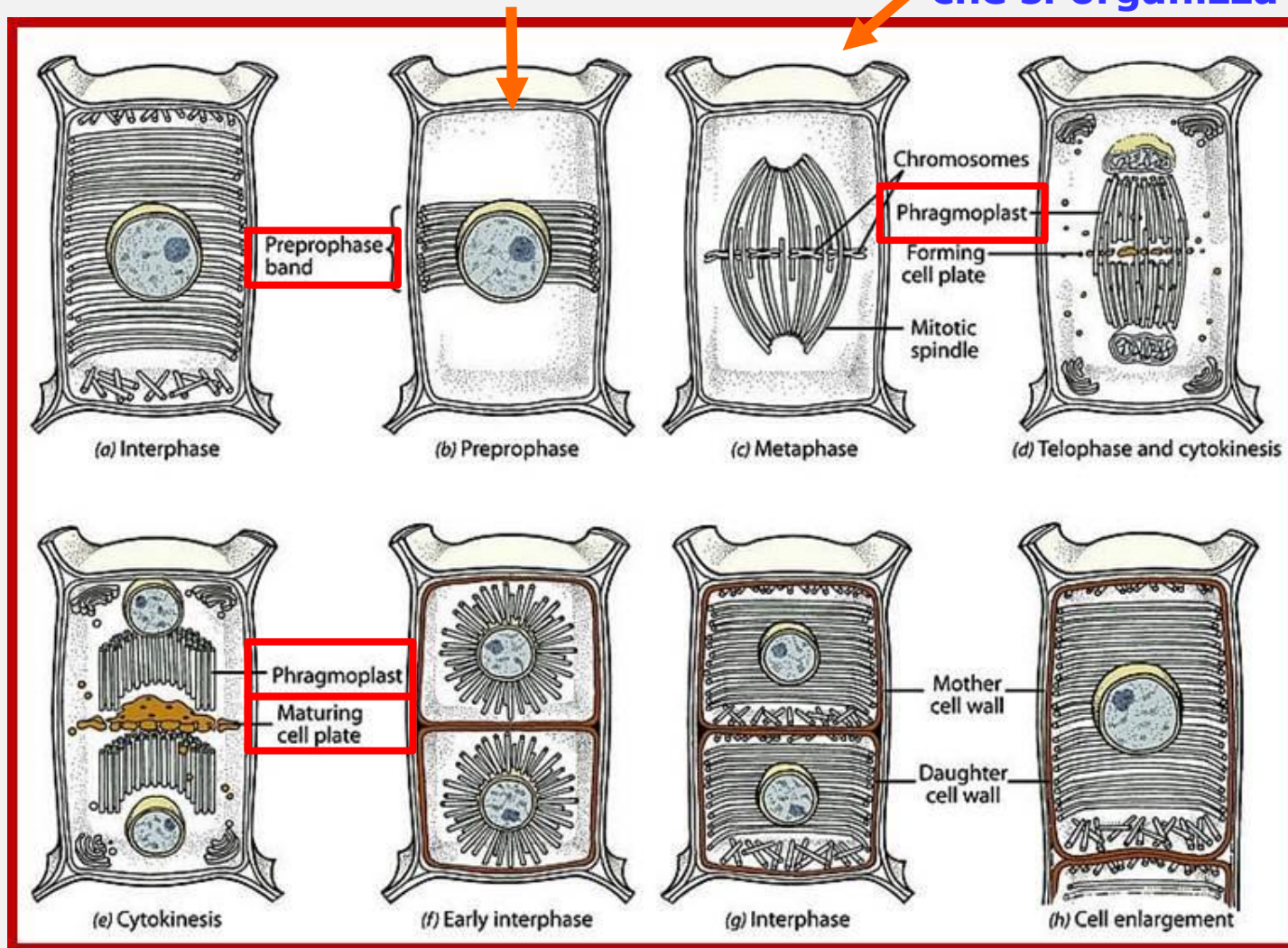




# La mitosi delle cellule vegetali prevede un maggiore numero di stadi

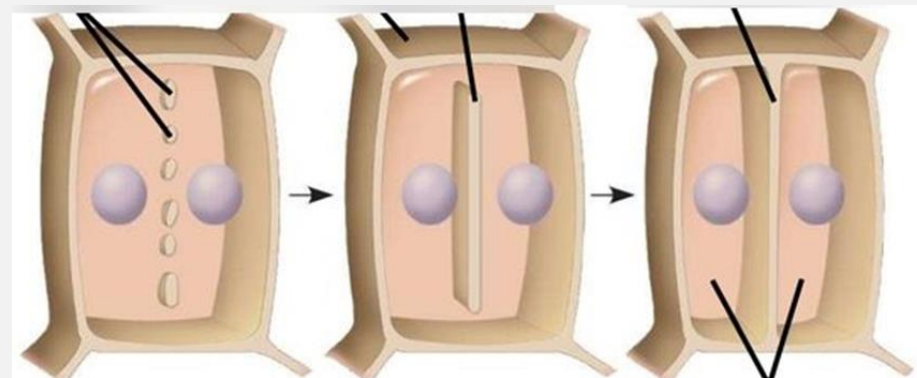
**Preprofase** che anticipa la profase e che è caratterizzata dalla comparsa della **banda preprofasica** di MTs

I MTs del **fuso** si formano a partire da **pericentriolar material (PCM)** che si organizza ai 2 poli del nucleo



La citodieresi avviene con un meccanismo completamente diverso.

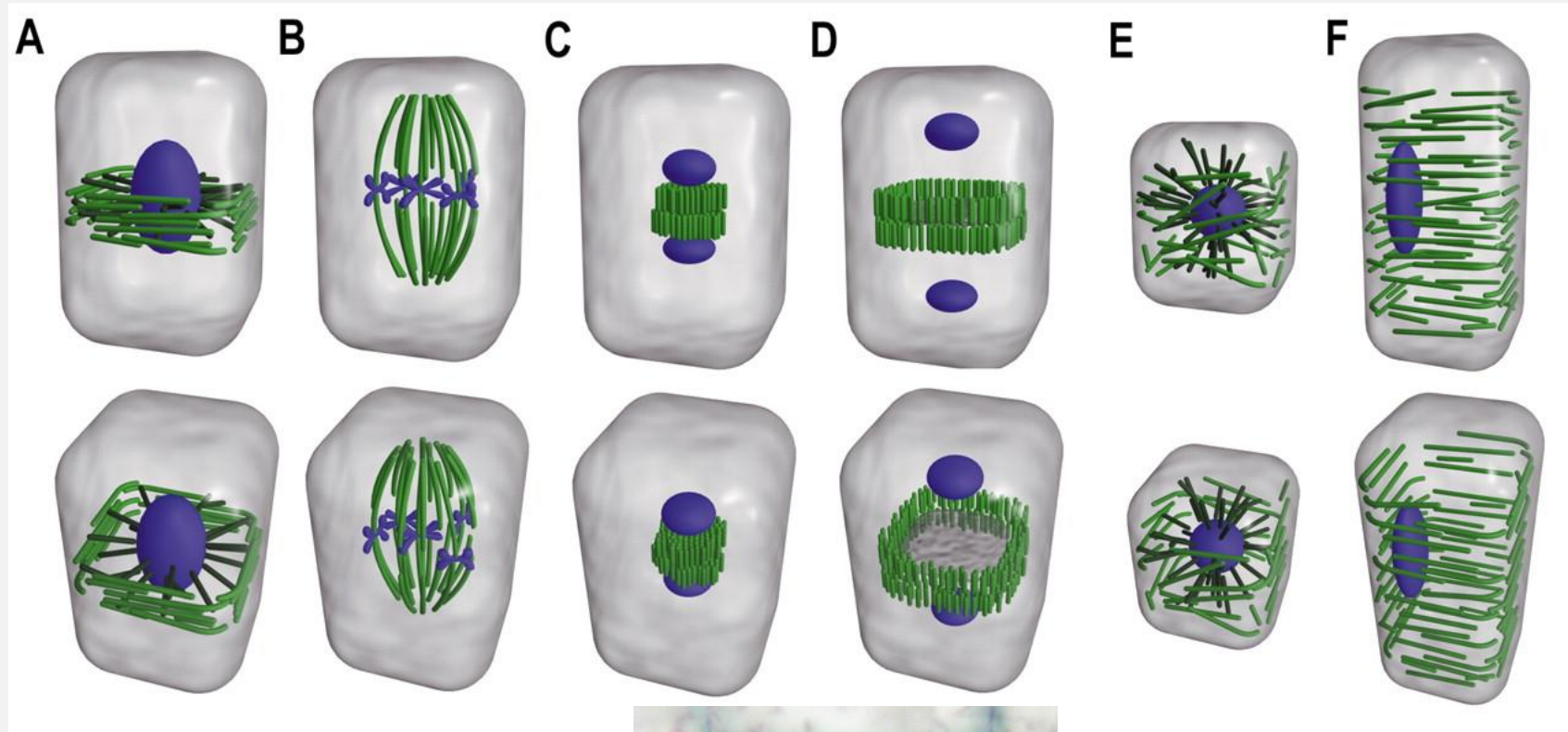
Il setto di divisione delle due cellule figlie si formerà in direzione centripeta grazie alla formazione di una **Piastra cellulare**



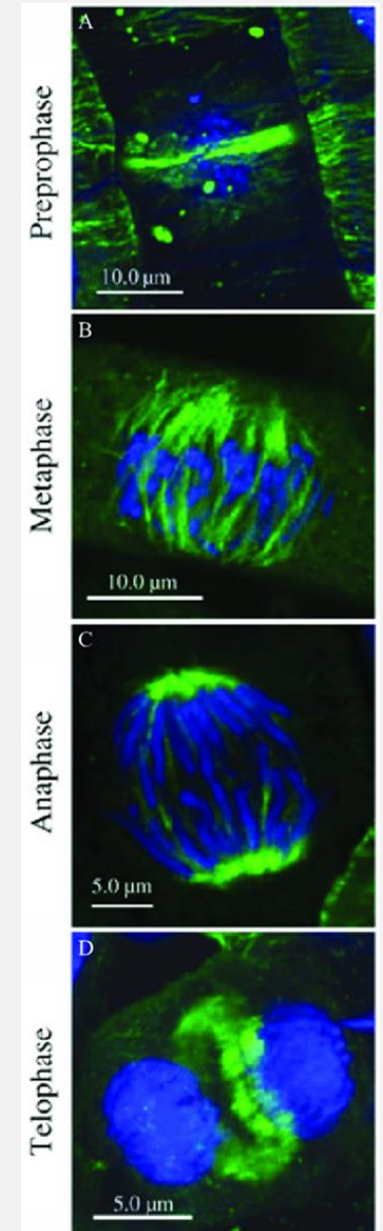
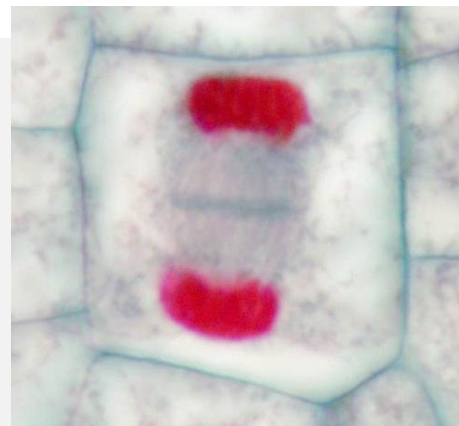


# Control of the cell division plane

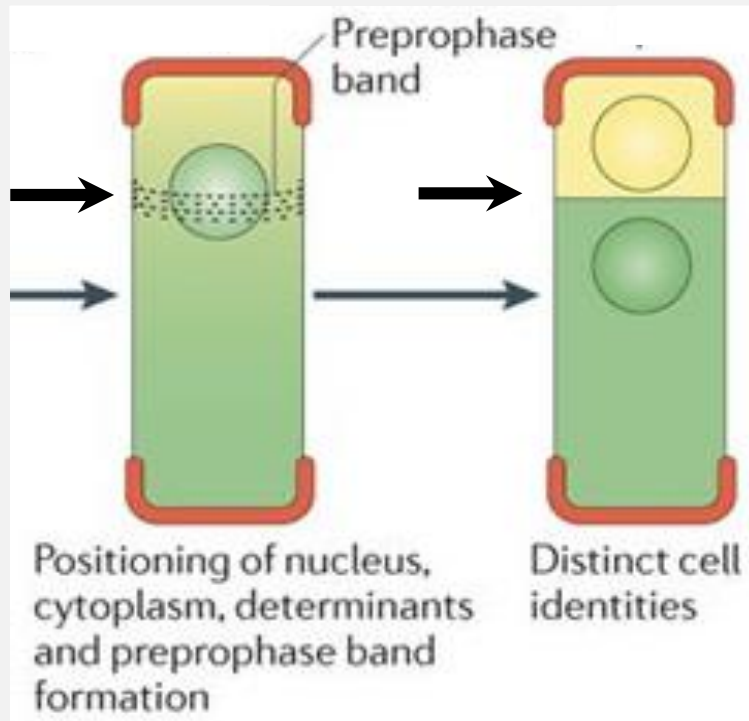
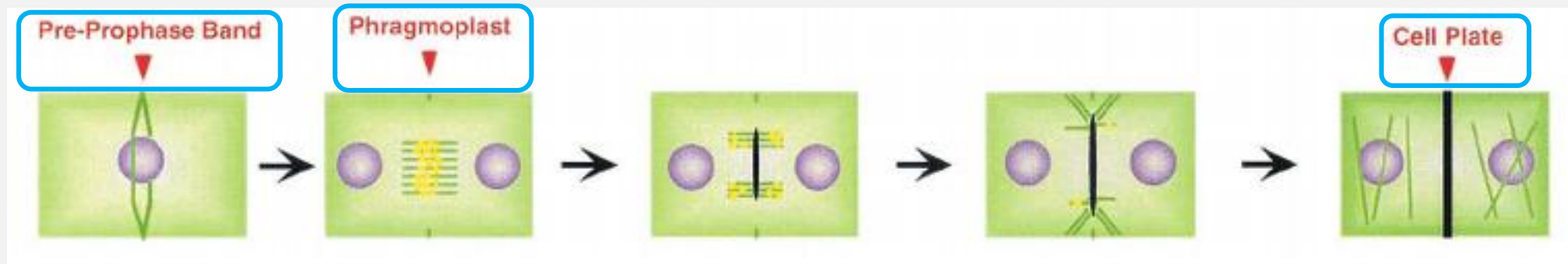
La posizione della banda preprofasica predice la posizione in cui si formerà il setto di divisione fra le 2 cellule figlie e determina la polarità del fuso mitotico



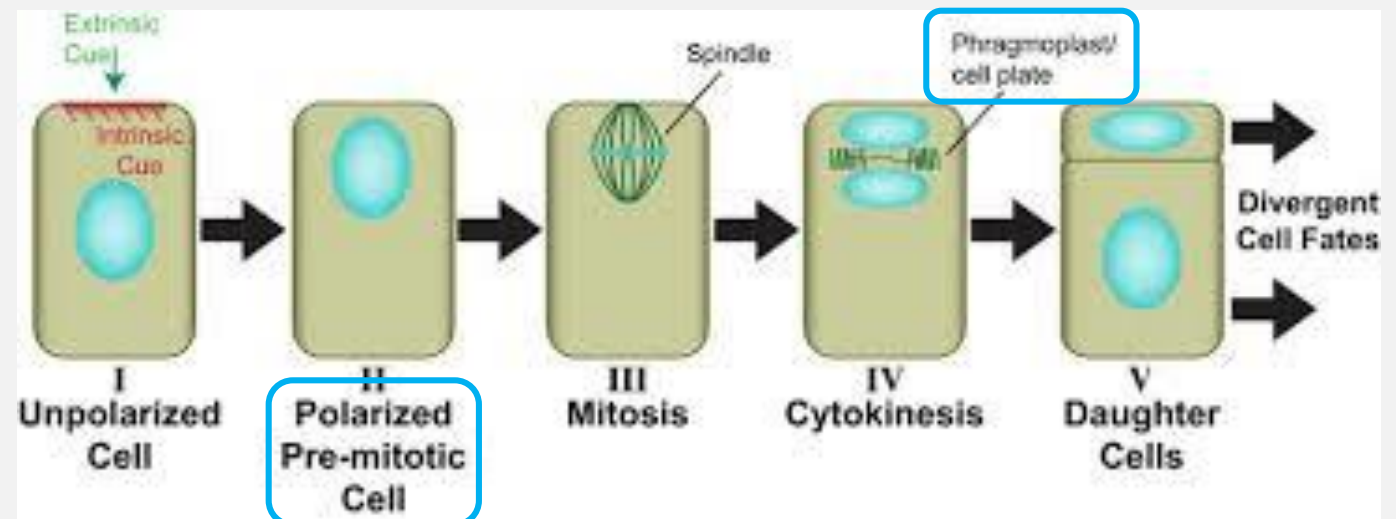
La citodieresi prevede  
la formazione del  
fragmoplasto



**Quando la banda preprofasica si formerà al centro della cellula madre le due cellule figlie saranno di uguali dimensioni e si avrà una divisione simmetrica.**



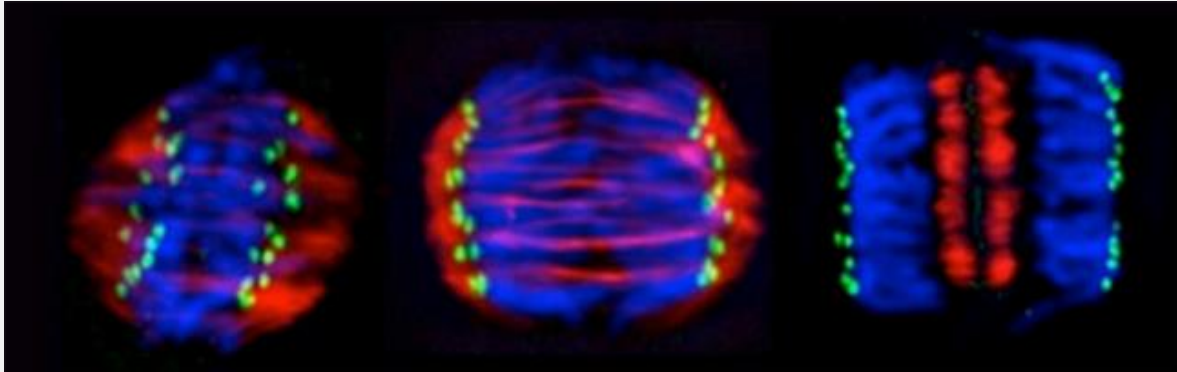
**Quando la banda preprofasica non si forma al centro della cellula madre le due cellule figlie saranno di dimensioni diverse e si avrà una divisione asimmetrica**



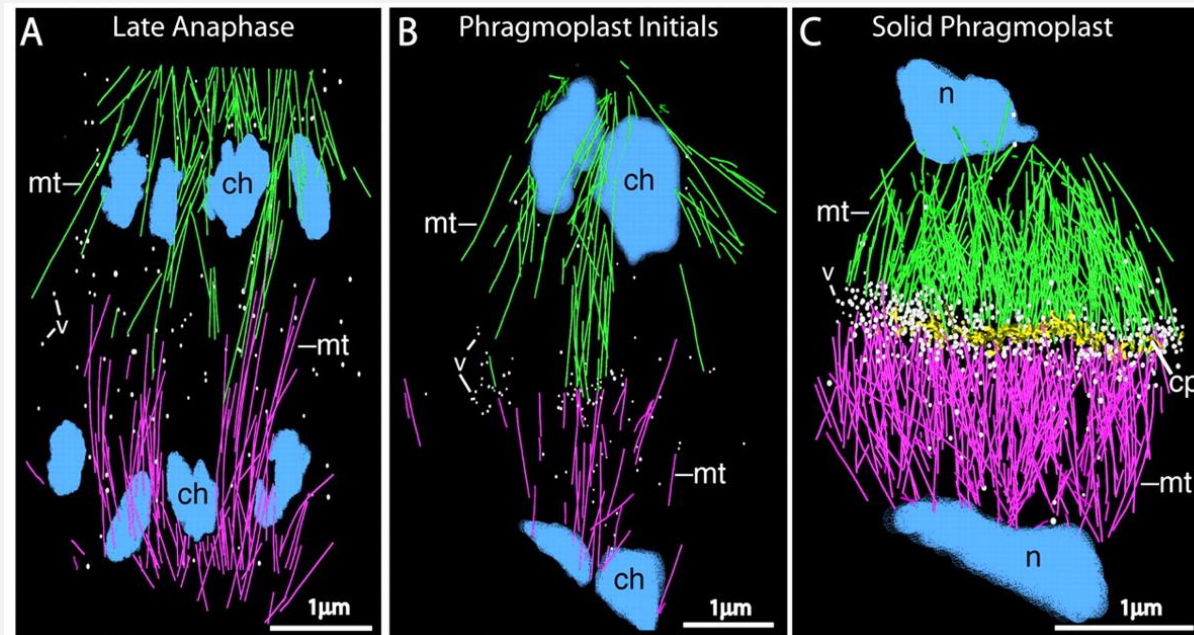


## Nelle piante terrestri la citodieresi avviene grazie alla formazione di un **fragmoplasto**

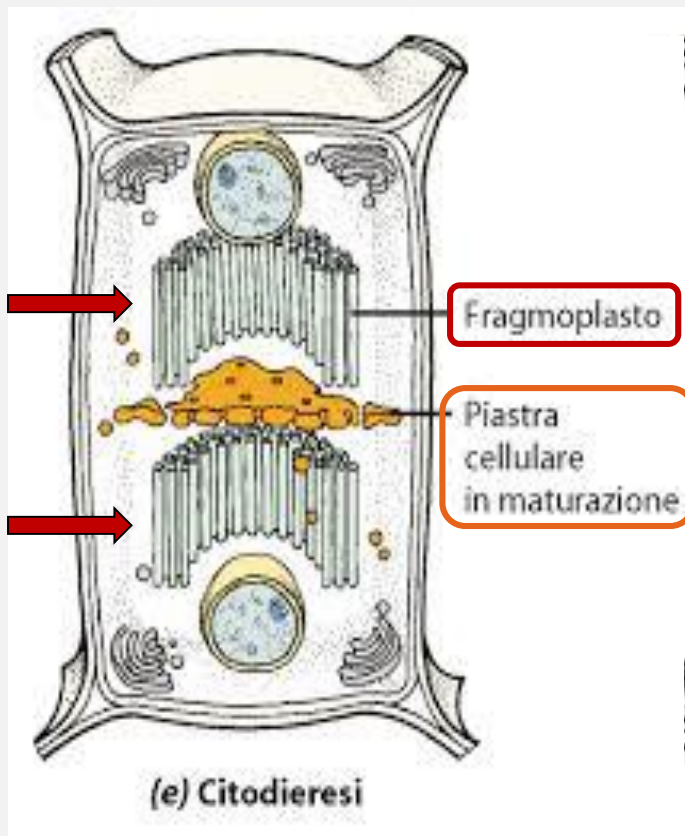
Il fragmoplasto è una struttura complessa costituita da microtubuli, microfilamenti e vescicole di membrana; ruolo cruciale è svolto dai microtubuli



Deriva dal persistere dei MTs del fuso mitotico al momento dell'anafase che si riorganizzano a formare i MTs del fragmoplasto che sono indispensabili per la citodieresi; le piante terrestri hanno un **fuso persistente**



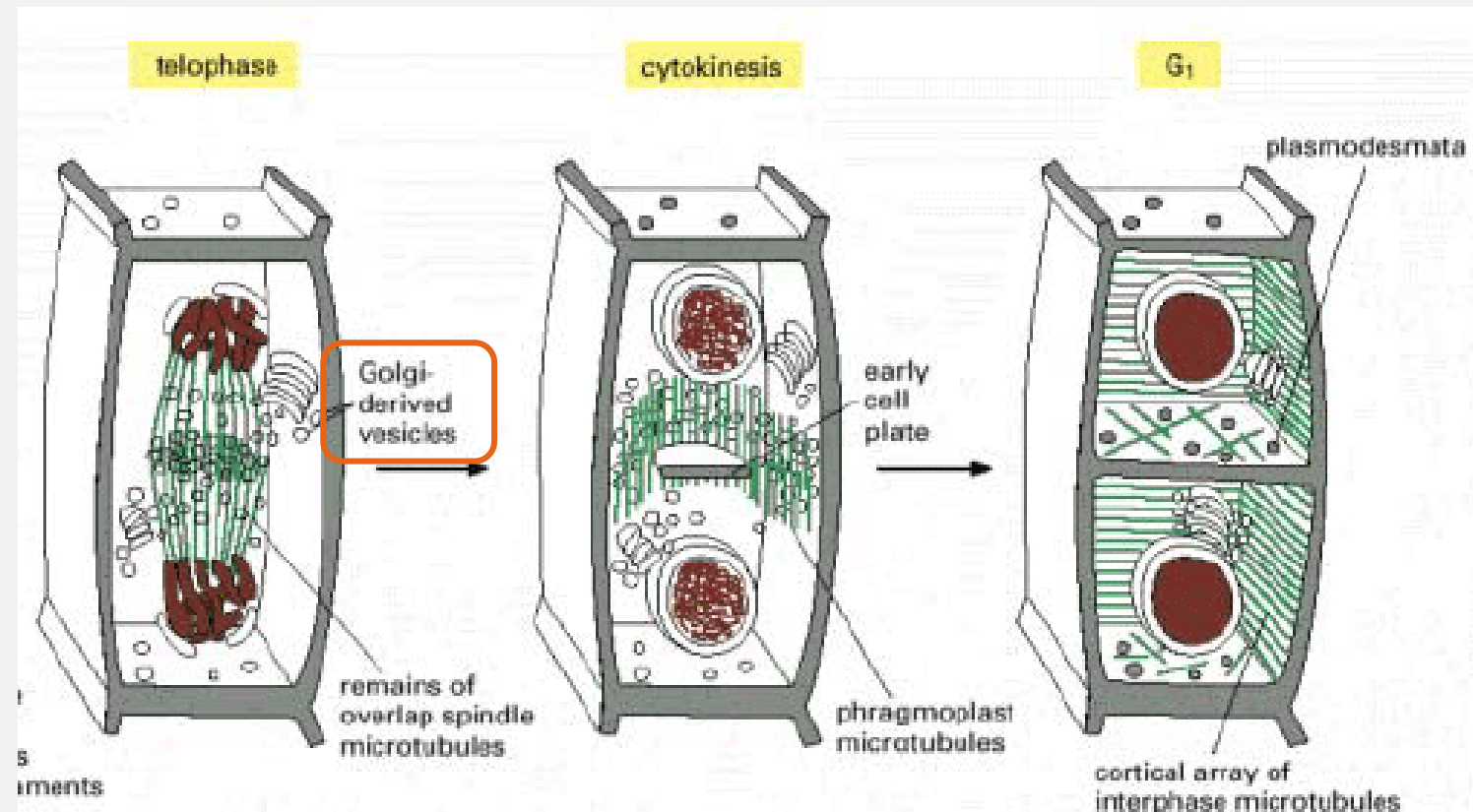
Al contrario, nelle cellule animali abbiamo il **Fuso non persistente**: i MTs del fuso depolimerizzano dopo l'anafase per costituire le strutture del midbody durante la telofase e la citodieresi



Nel fragmoplasto i microtubuli si organizzano simmetricamente rispetto alla piastra cellulare e perpendicolari a questa.

La loro funzione è di direzionare le vescicole provenienti principalmente dai dittiosomi

**Le vescicole provenienti dai poli opposti della cellula madre si fondono nella sezione mediana della cellula madre ancora indivisa.**

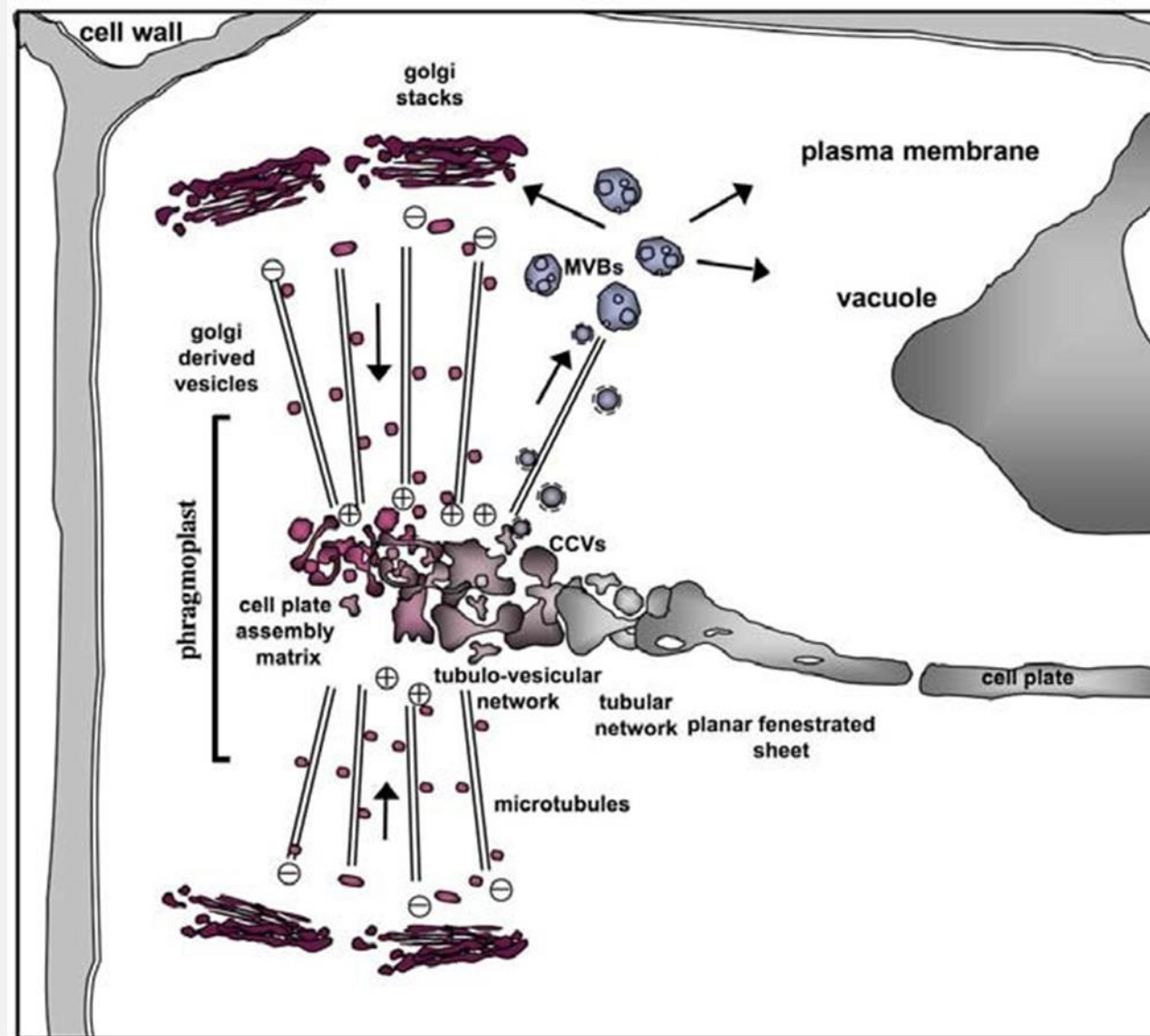


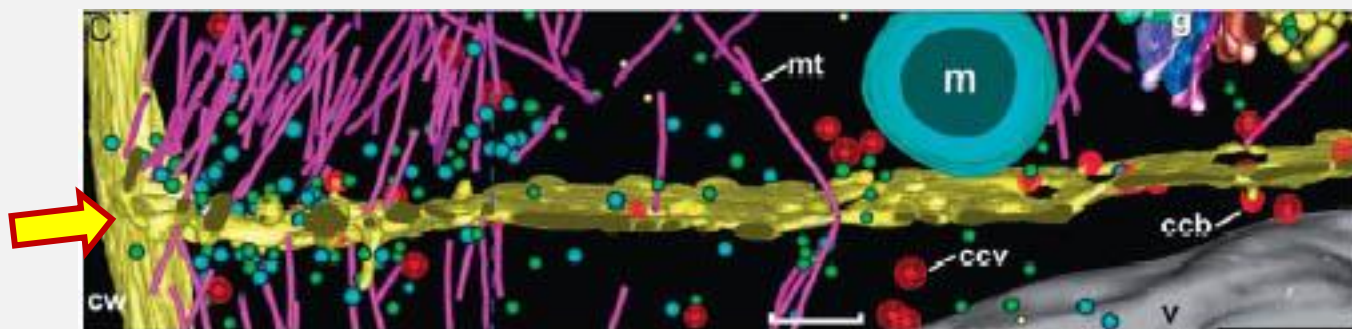
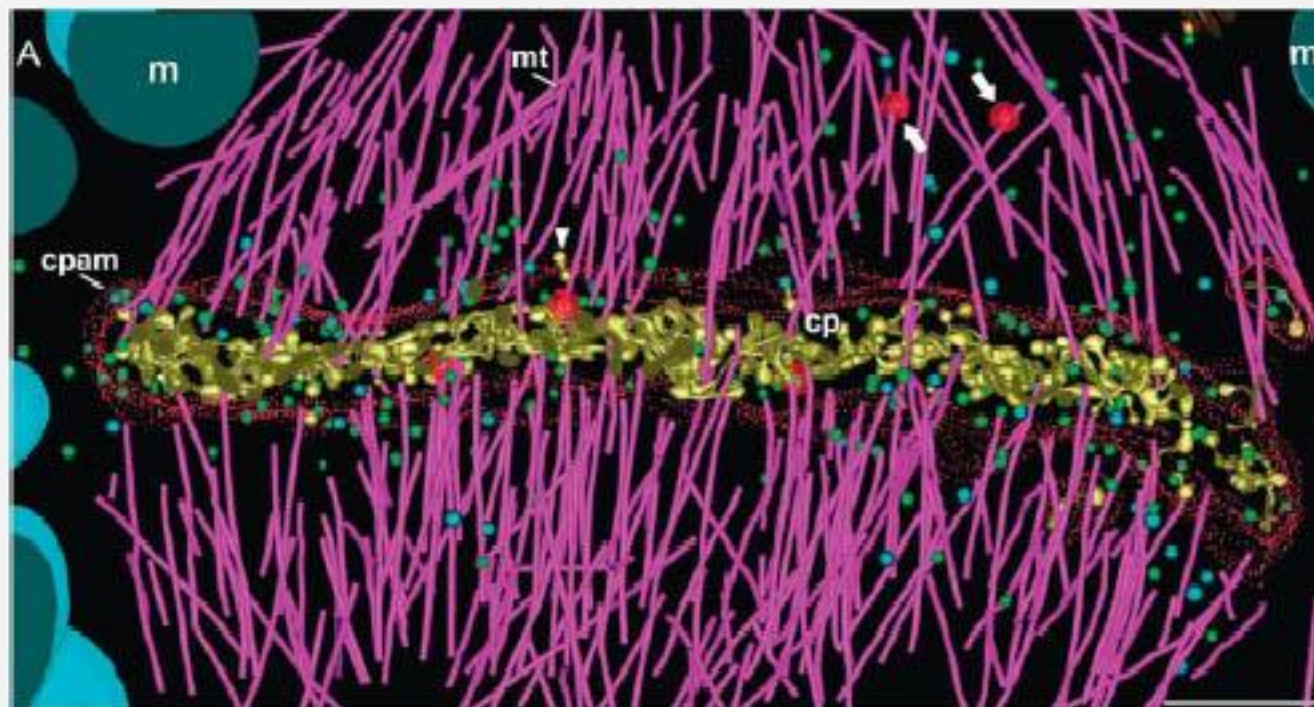
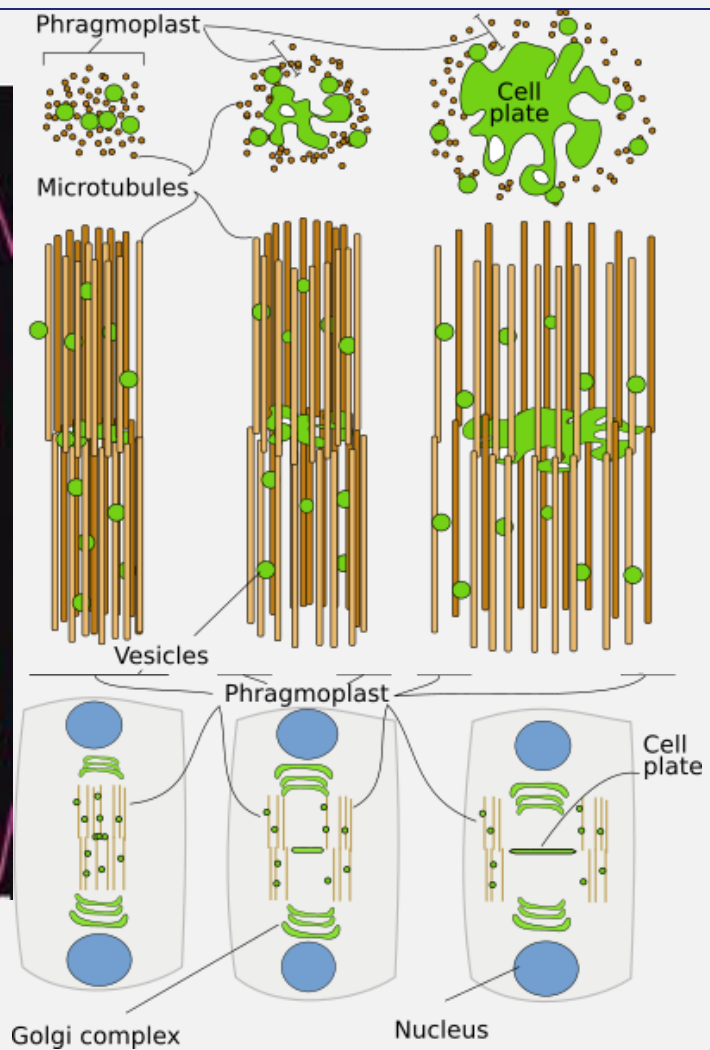
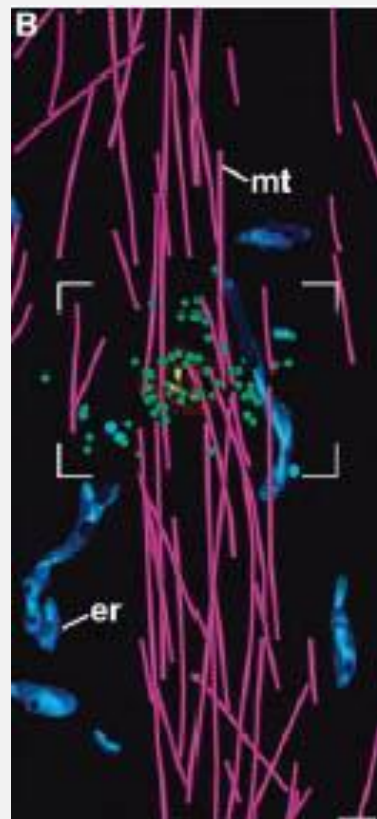


**Le vescicole si muovono verso le estremità + dei MTs del  
fragmoplasto grazie alla presenza di kinesine**

**Il contenuto delle vescicole  
rappresenterà la prima parete deposta  
tra le 2 cellule figlie.**

**La membrana che delimita le vescicole  
costituirà la PM che separerà le 2  
cellule figlie**



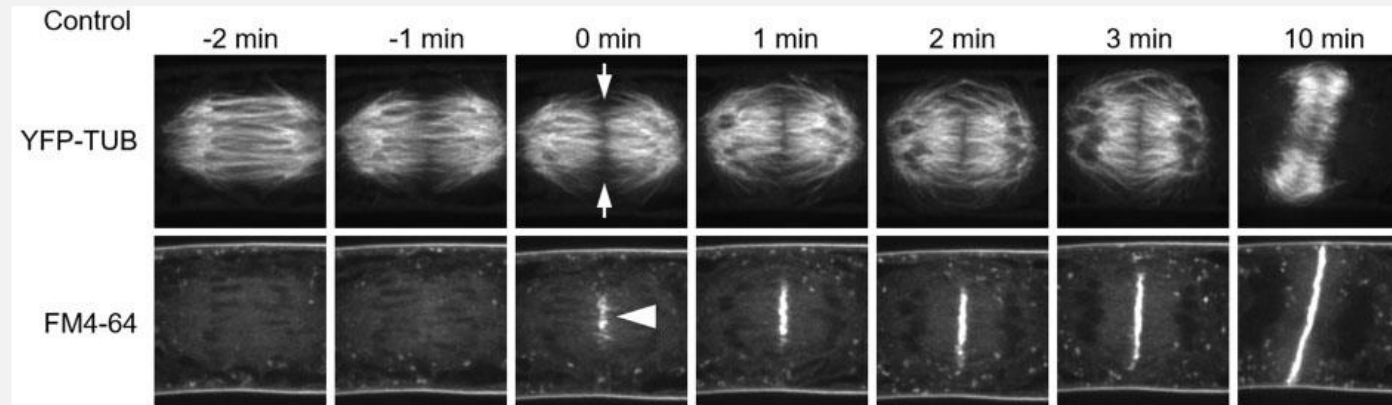
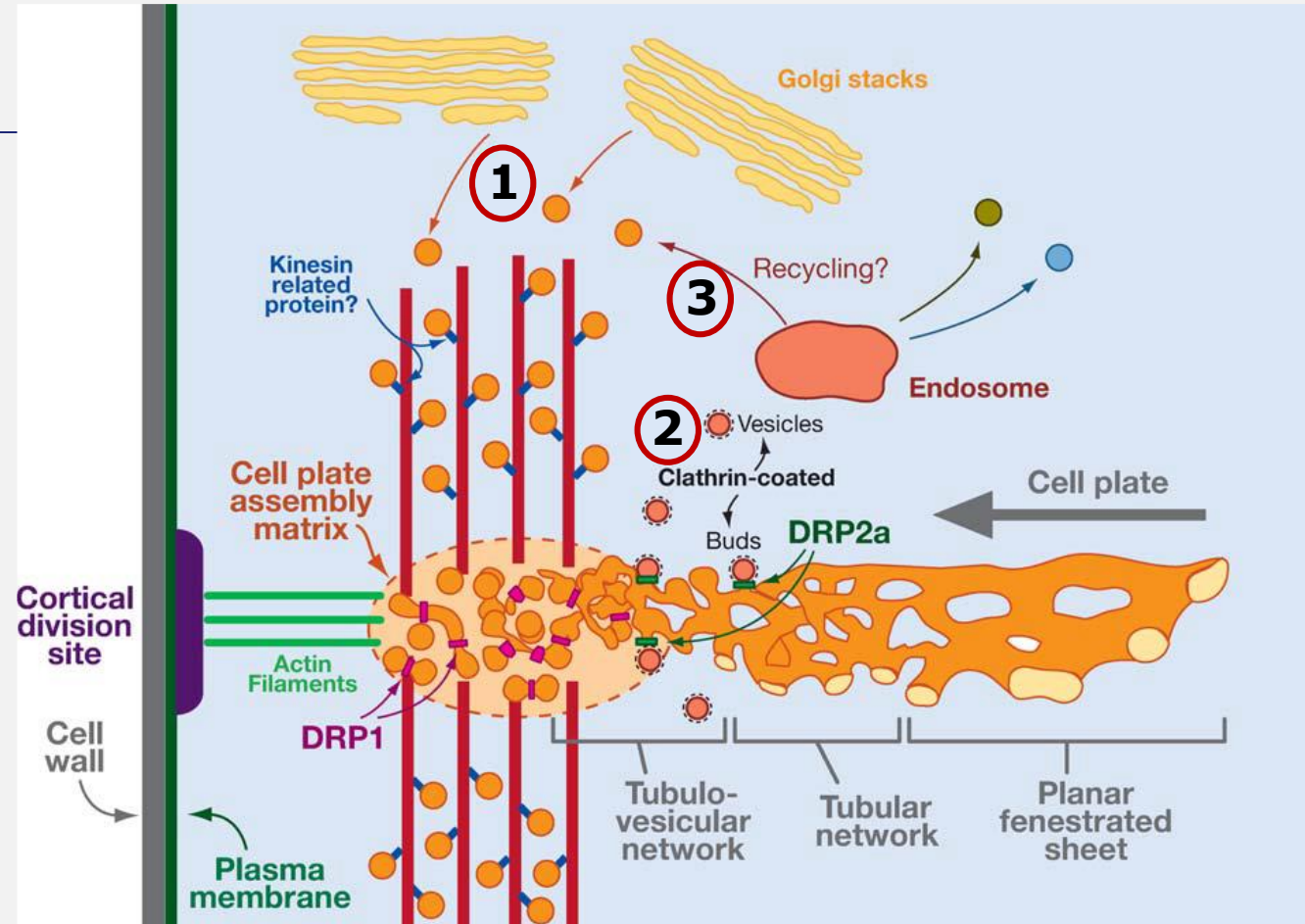




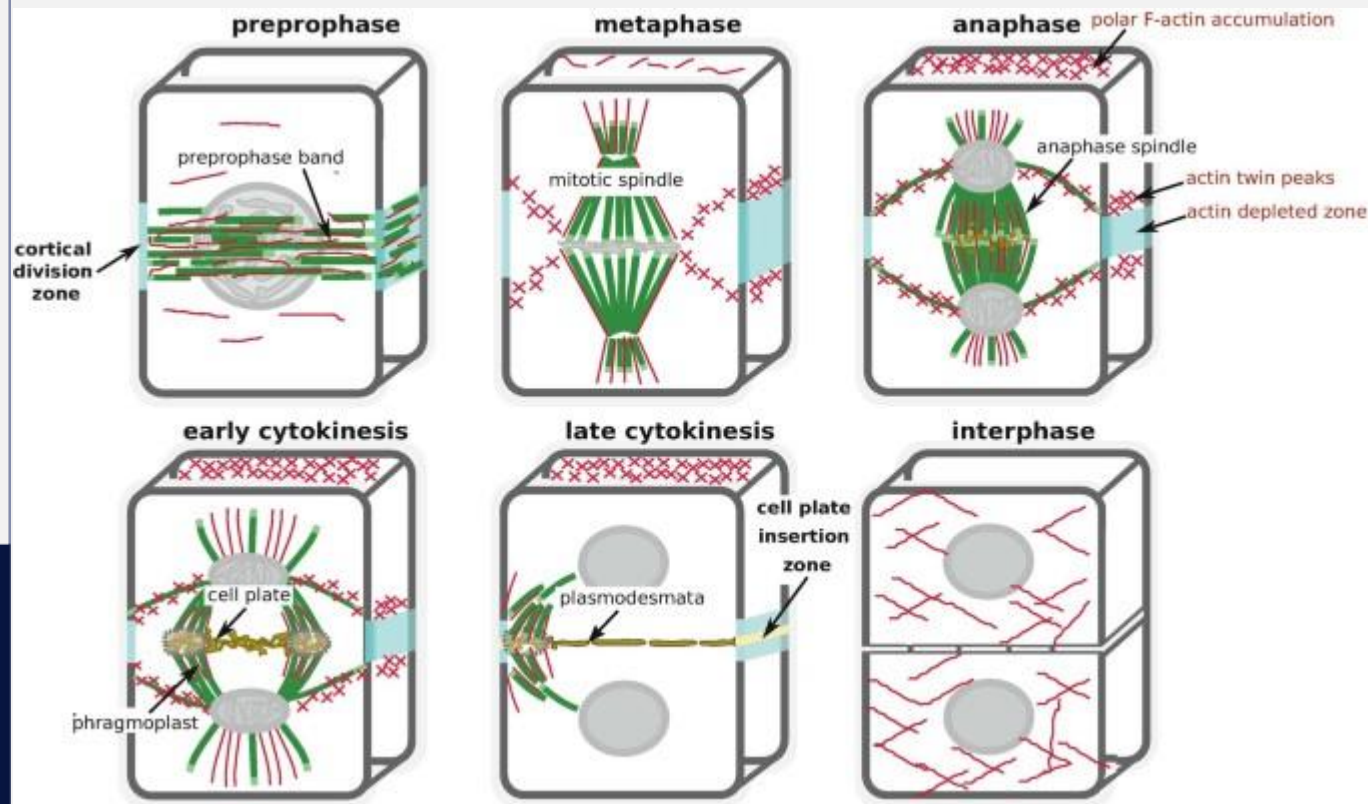
Attorno alla piastra cellulare il traffico di vescicole non coinvolge solo il Golgi ma anche gli endosomi.

E' stato osservato un riciclo di vescicole dalla piastra cellulare verso gli endosomi presumibilmente per recuperare un eccesso di membrana e per modulare la composizione proteica e lipidica della membrana della piastra cellulare in formazione.

E' stato inoltre osservato un riciclo dagli endosomi di nuovo al Golgi e quindi, attraverso il TGN, di nuovo alla piastra cellulare.



Durante il processo di mitosi, hanno un importante ruolo anche i filamenti di actina.



Durante formazione della banda preprofasica, microfilamenti con orientamento casuale aiutano a tenere stretti tra loro i MTs.

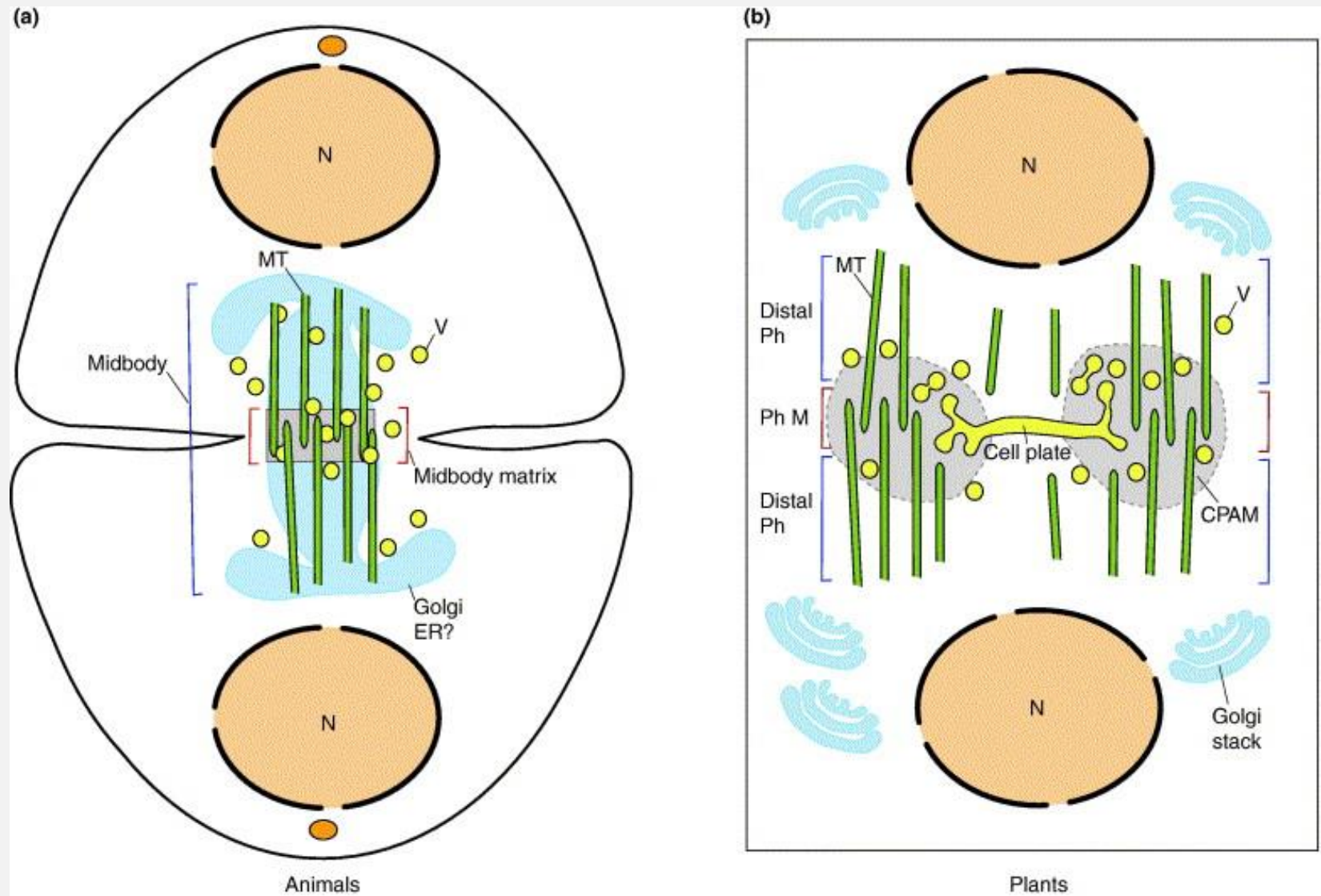
Verso la fine della profase i filamenti di actina scompaiono dalla banda preprofasica e nella zona corticale corrispondente si crea un'area senza microfilamenti che perdurerà fino alle prime fasi della citochinesi.

Nel fragmoplasto i filamenti di actina si allineano ai microtubuli e si presume abbiano una azione stabilizzante.

Durante la formazione della piastra cellulare, microfilamenti di actina collegano il fragmoplasto alla zona corticale dove era precedentemente collocata la banda preprofasica. Si pensa che la funzione sia di guidare l'allargamento laterale del fragmoplasto verso la zona corticale finché il fragmoplasto e la piastra cellulare raggiungono la membrana plasmatica laterale della cellula per concludere la formazione del setto.



Pur avvenendo con modalità profondamente diverse, sia nella cellula animale che vegetale, per il processo di citochinesi vengono reclutate, pur con ruoli diversi, le stesse componenti cellulari, microtubuli, filamenti di actina e vescicole.



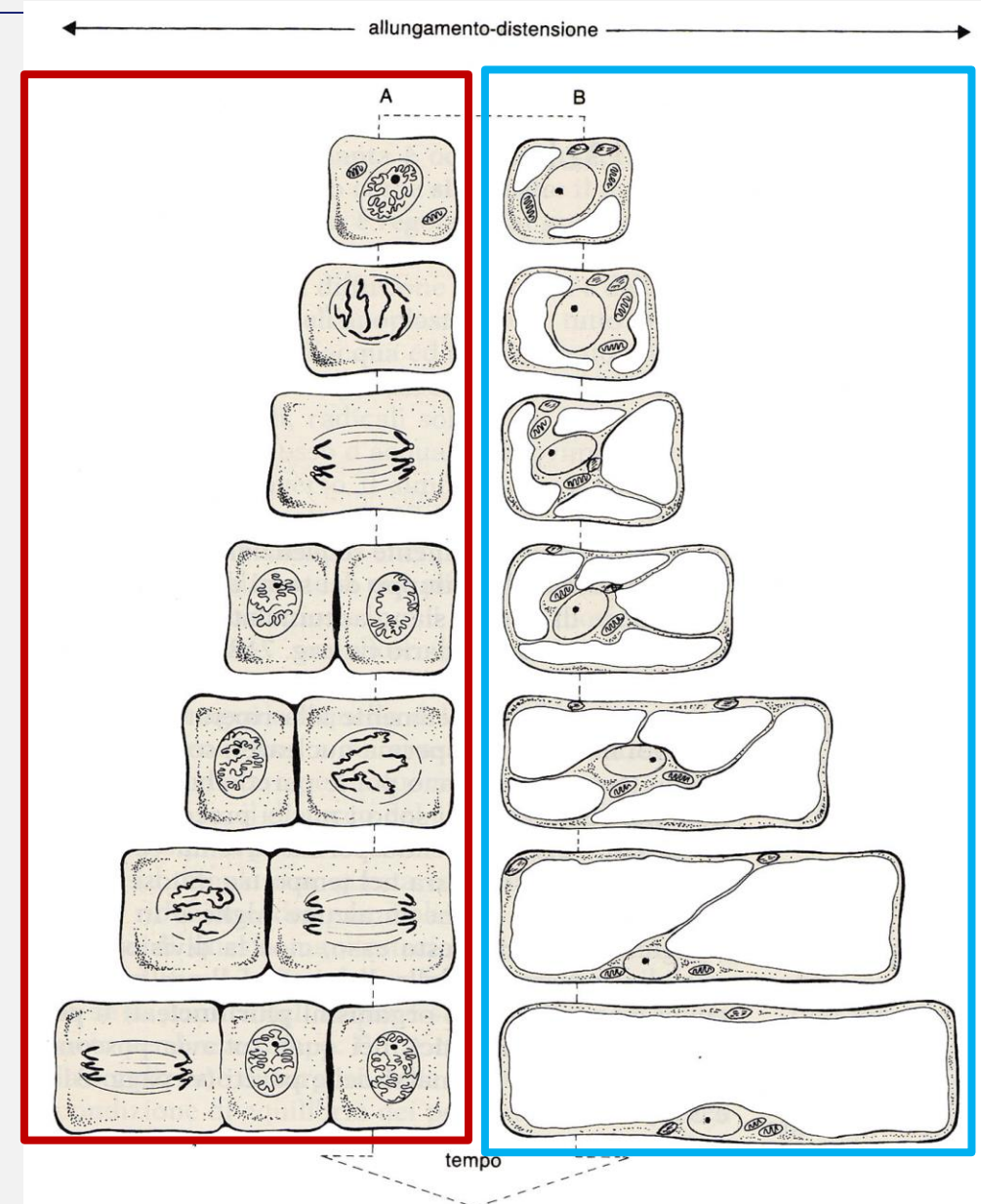
# Crescita e differenziamento

Nelle piante si hanno due modelli di crescita.

La **crescita per divisione** presuppone l'aumento del numero di cellule grazie ad un processo di mitosi.

La **crescita per distensione** presuppone l'aumento della dimensione delle cellule.

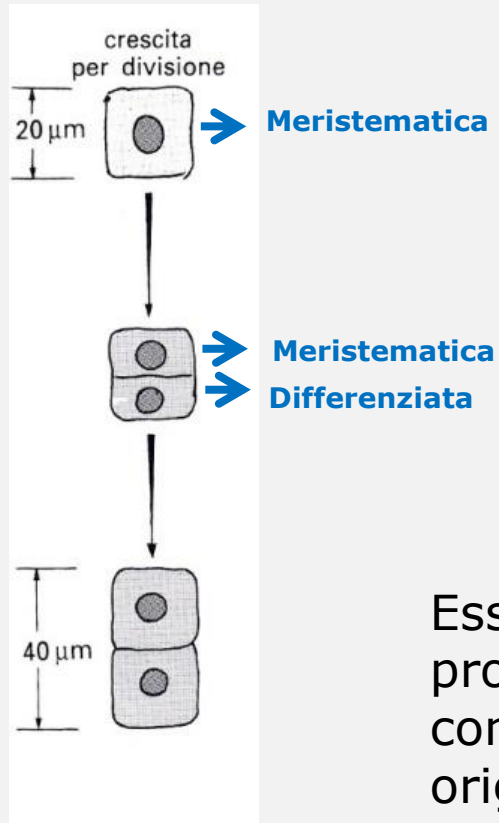
Il meccanismo di crescita per distensione, che è un fattore importante del differenziamento cellulare, avviene grazie alla cooperazione della parete e dei vacuoli.





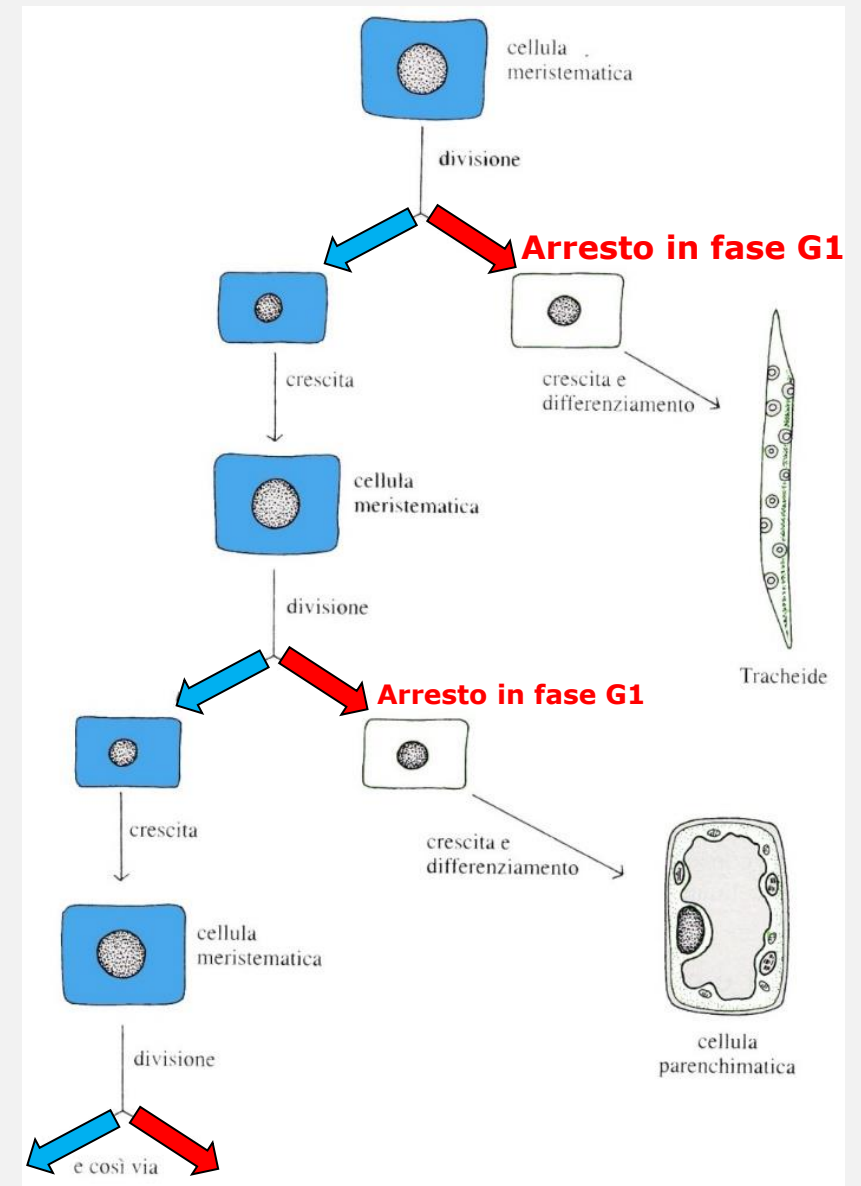
# CRESCITA PER DIVISIONE

Nelle piante sono presenti cellule che mantengono la competenza a dividersi per tutta la loro vita: le cellule meristematiche,

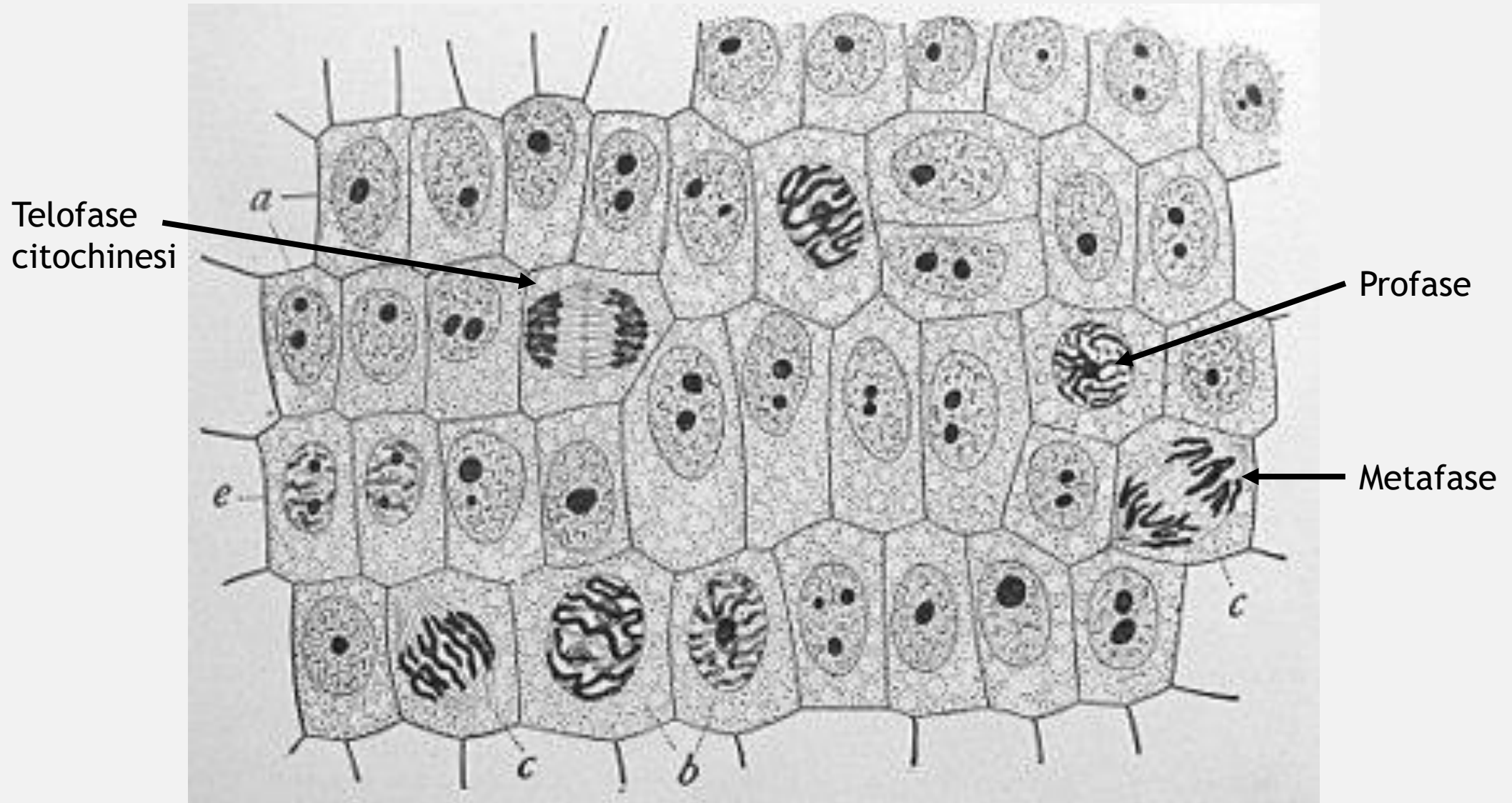


Quando una cellula meristematica si divide può dare origine ad una nuova cellula che resterà meristematica e a una cellula che andrà invece verso il differenziamento

Esse sono in grado di provvedere all'accrescimento continuo dell'organismo dando origine a tessuti differenziati adulti.



# Cellule del tessuto meristematico





# CRESCITA PER DISTENSIONE

La distensione è un importante prerequisito per il differenziamento di vari tipi cellulari che sono presenti negli organi di una pianta.

Il corretto funzionamento di una cellula, e quindi di un tessuto e di un organo, dipenderanno dalla forma che acquisirà la cellula durante il differenziamento grazie proprio alle modalità con cui avverrà la crescita per distensione.

## Cell growth

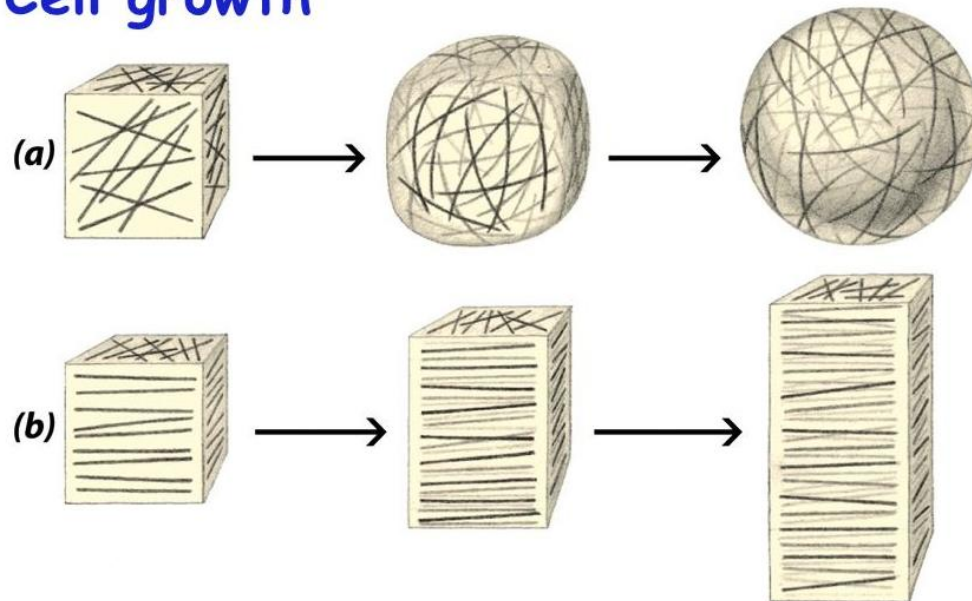


Figure 3-32  
Biology of Plants, Seventh Edition  
© 2005 W. H. Freeman and Company

