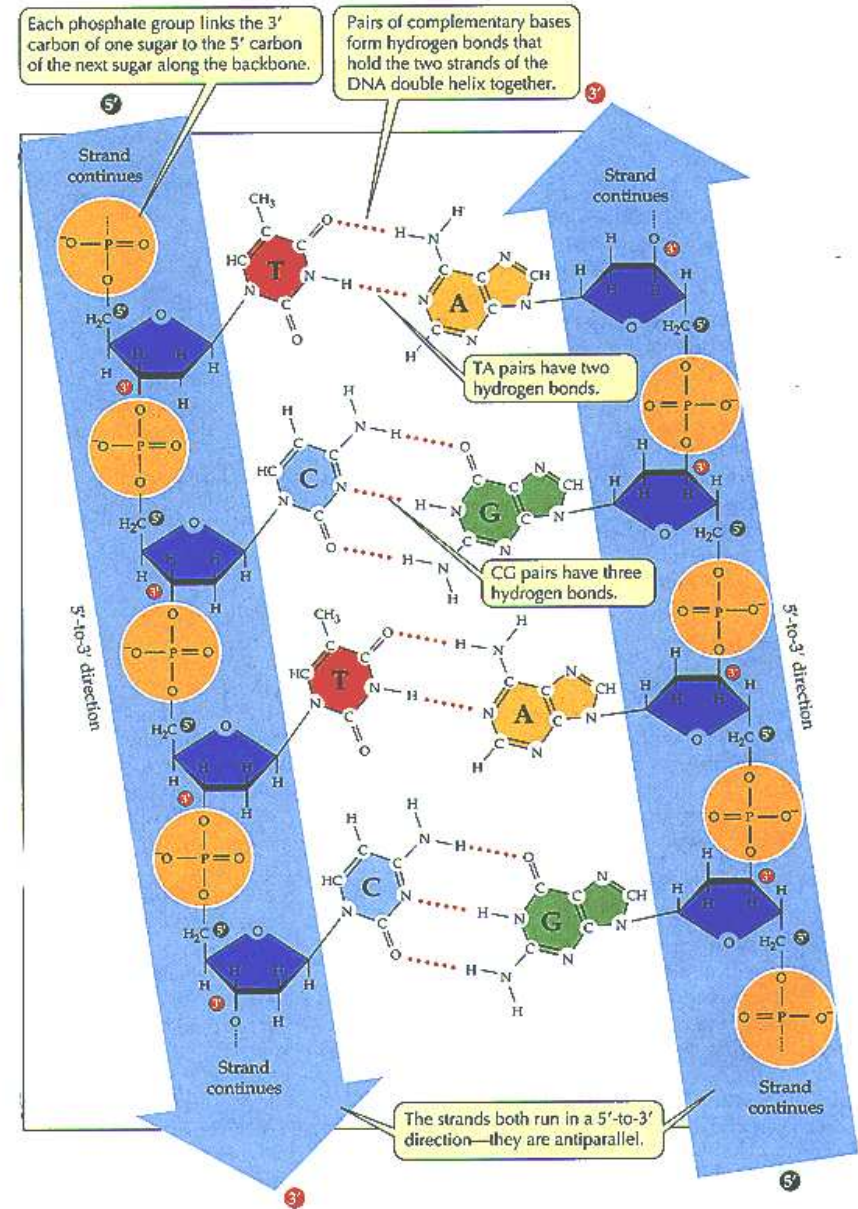
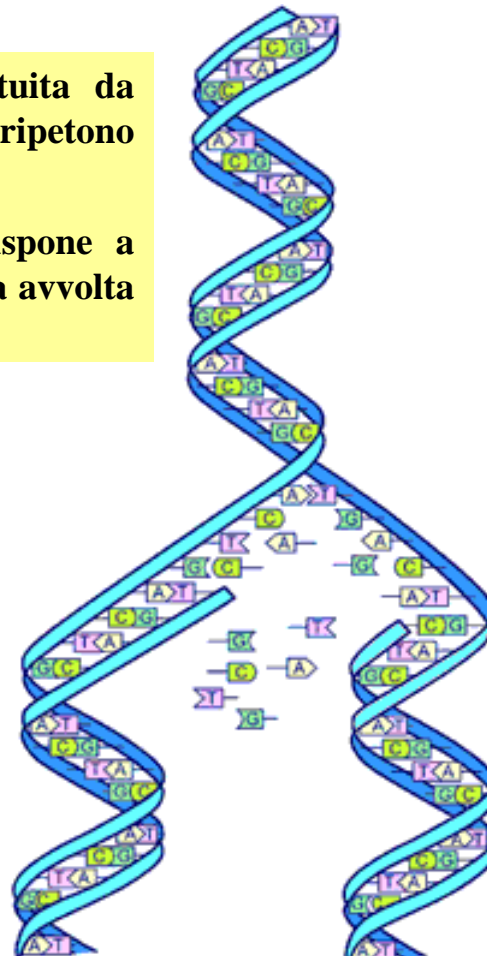


Codice genetico: DNA

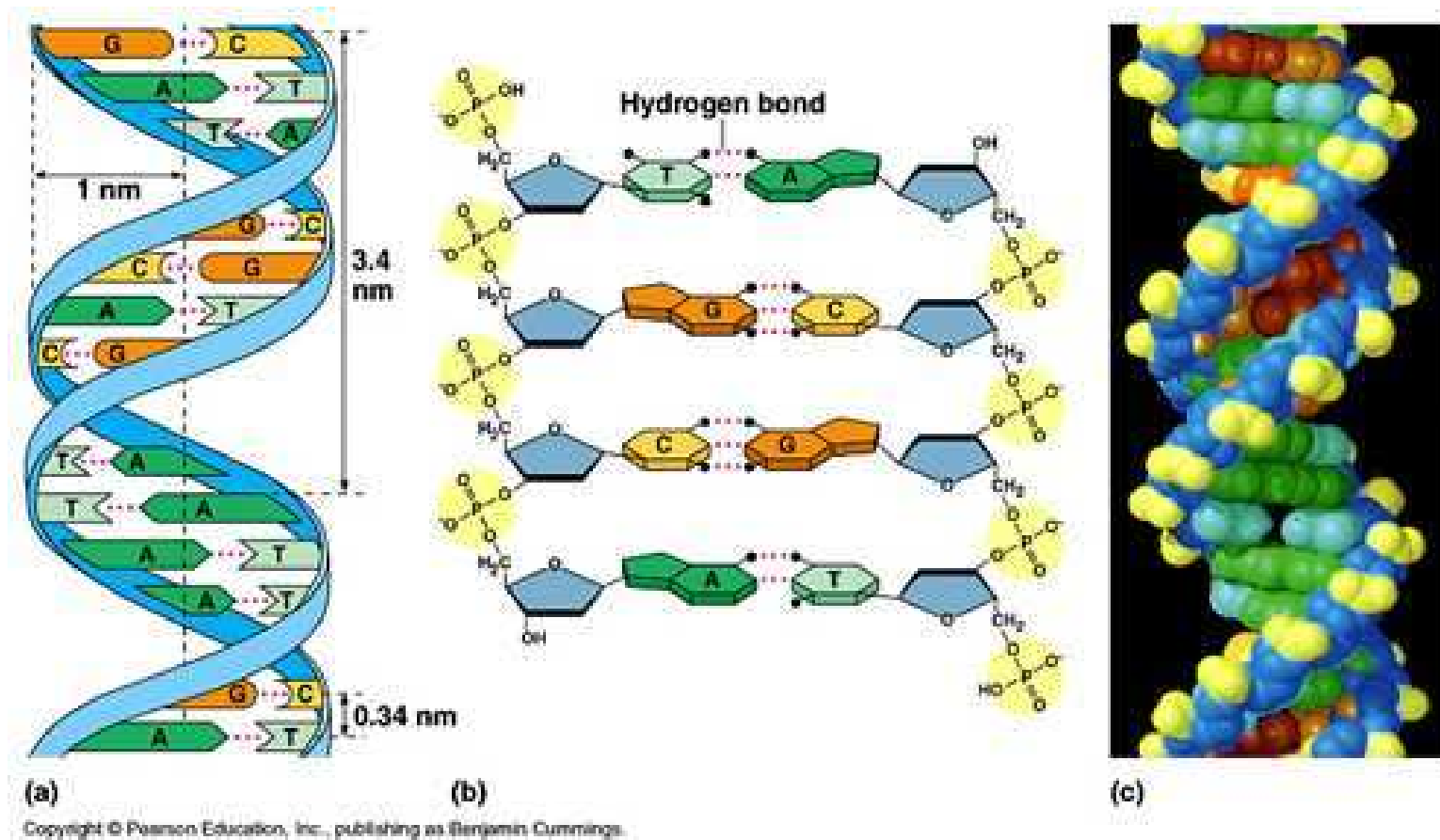
L'informazione ereditaria tra madre e figlio vengono trasmesse attraverso i geni, che non sono altro che entità di informazione ereditaria contenuta nei cromosomi.

La molecola del DNA è costituita da un'insieme di gruppi che si ripetono regolarmente.

Tale sequenza di gruppi di dispone a formare una sorta di doppia elica avvolta su se stessa

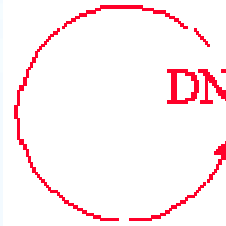


La struttura del DNA è formata da tre componenti: zucchero (**desossiribosio**), basi azotate (**Adenina, Guanina, Timina e Citosina**), e gruppi fosforici (PO_3^-). L'insieme di gruppo fosforico, zucchero e base azotata viene definito "**nucleotide**". Nella molecola del DNA i radicali fosforici sono legati allo zucchero e formano l'impalcatura esterna delle due singole eliche, le quali sono legate l'una all'altra tramite l'interazione (**legame idrogeno**) tra due basi azotate legate a loro volta al desossiribosio di ciascuna singola elica. Le basi azotate si dividono in **Purine** (**Adenina e Guanina**) e **Pyrimidine** (**Timina e Citosina**). L'accoppiamento delle basi azotate non è casuale; una purina può accoppiarsi solo con una pirimidina ed in particolare l'Adenina può accoppiarsi solo con la Timina (**A-T**) mentre la Guanina solo con la Citosina (**G-C**).

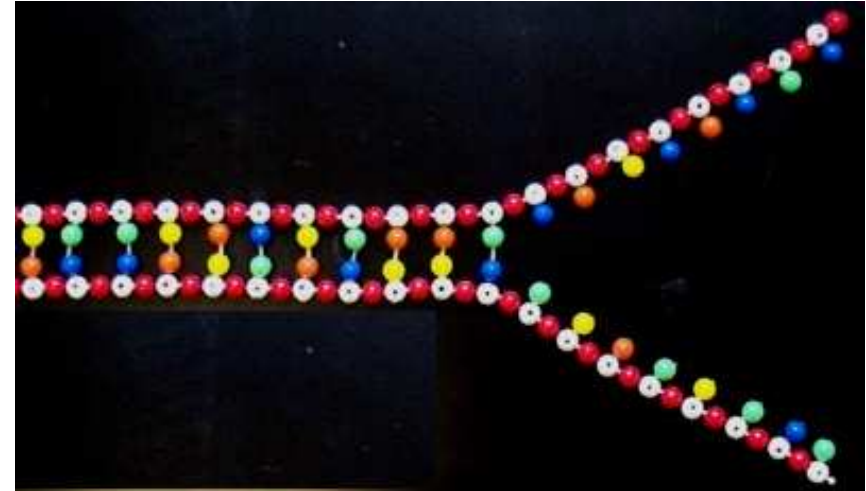


Codice genetico: DNA

replication

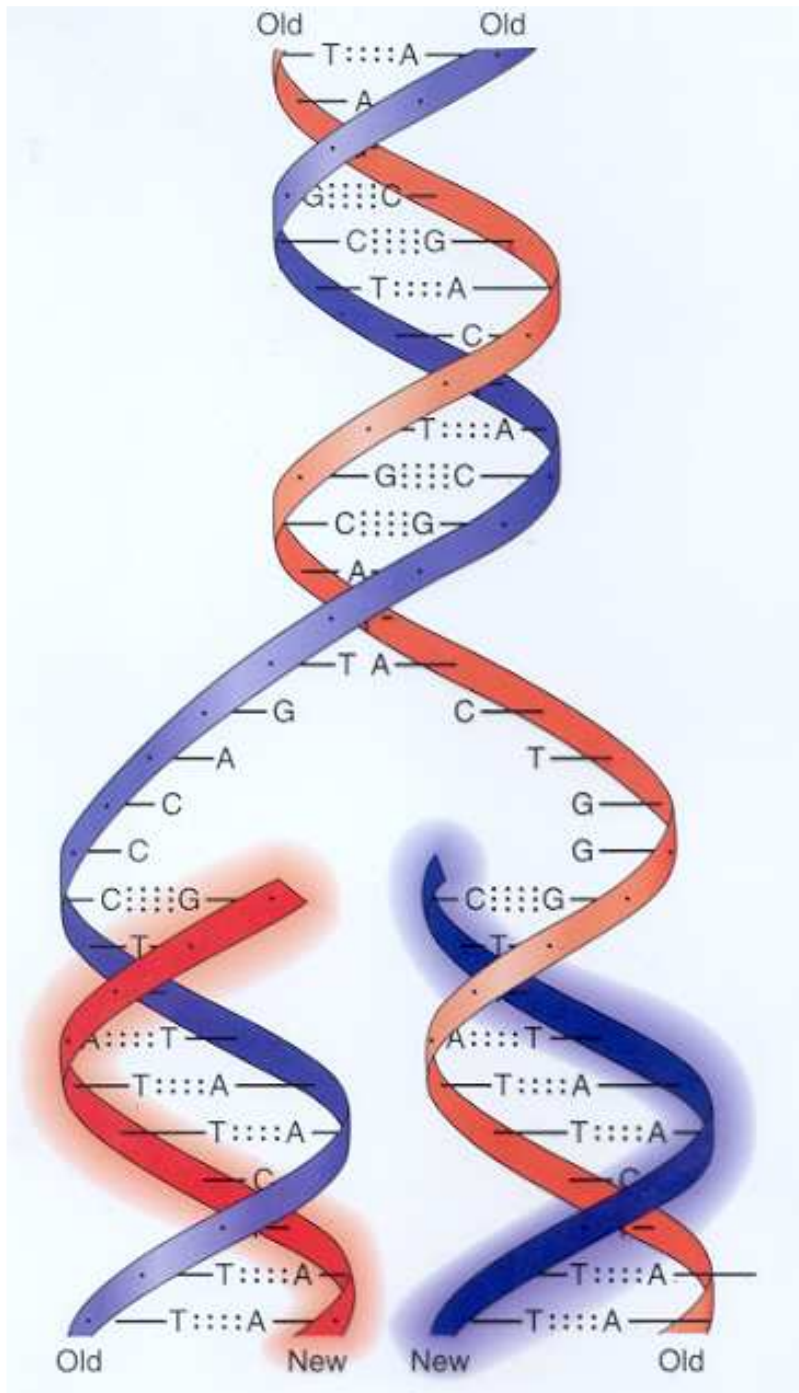


DNA $\xrightarrow{\text{transcription}}$ mRNA $\xrightarrow{\text{translation}}$ protein



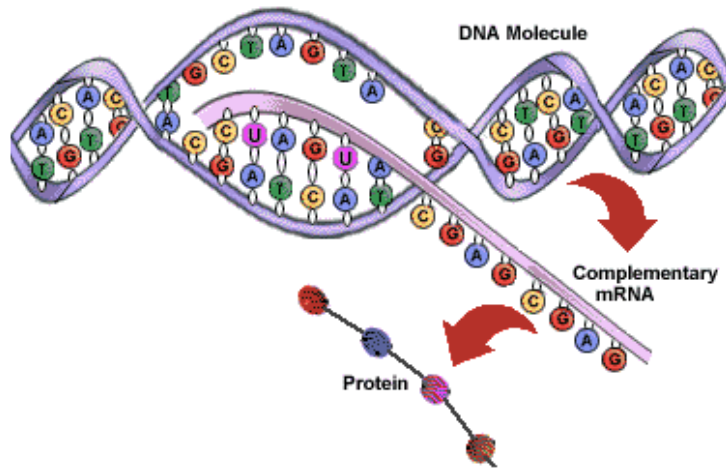
Duplicazione del DNA:

La duplicazione del DNA è un processo piuttosto complesso che richiede una serie di reazioni catalizzate da specifici enzimi necessari tanto alla separazione dei due filamenti quanto alla introduzione di nuovi nucleotidi sul filamento vecchio che funziona da stampo. La duplicazione del DNA avviene durante la fase S dell'interfase (ciclo cellulare). La separazione delle due eliche del DNA avviene per rottura dei legami idrogeno che legano le basi complementari. La replicazione del DNA avviene in maniera continua su una sola delle due eliche (quella che ha il carbonio libero dello zucchero in posizione 3'). Nell'altra elica la replicazione avviene in maniera frammentaria e solo in un secondo momento i diversi frammenti vengono legati insieme



Sintesi delle proteine

Trascrizione

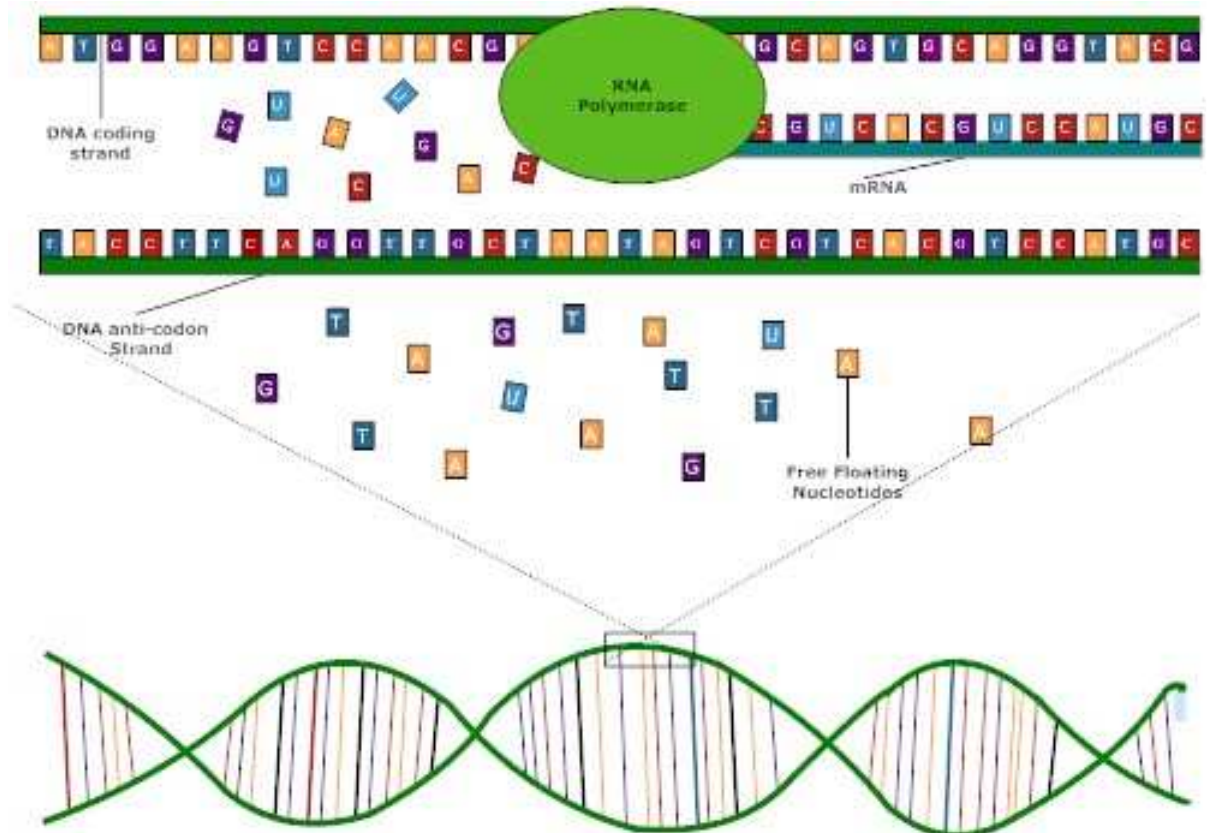


L'informazione genetica viene trasmessa tramite un altro tipo di acido nucleico (**RNA**). L'RNA (*Acido ribonucleico*) differisce dal DNA (*Acido desossiribonucleico*) per la presenza dello zucchero Ribosio al posto del Desossiribosio e della base azotata *Uracile* al posto della *Timina*.

Esistono vari tipi di RNA; quello responsabile della trascrizione dell'informazione contenuta nel DNA si chiama **RNA messaggero (mRNA)**. La trascrizione dell'informazione genica dall'DNA sull'mRNA prevede un meccanismo simile a quello che riguarda la replicazione del DNA; La doppia elica del DNA si apre per una sua parte e funzionerà da stampo per una molecola detta "precursore dell'mRNA" questo precursore subirà ancora del nucleo delle modificazioni e restrizioni in modo da mantenere solo quella parte di mRNA necessario alla codifica di una catena polipeptidica. Dopo tale fase l'mRNA lascia il nucleo ed entra nel citoplasma.

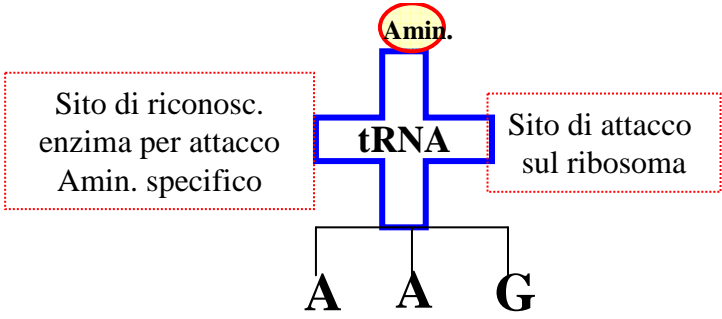
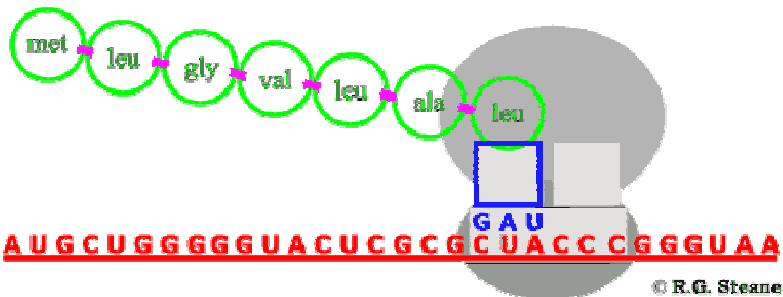
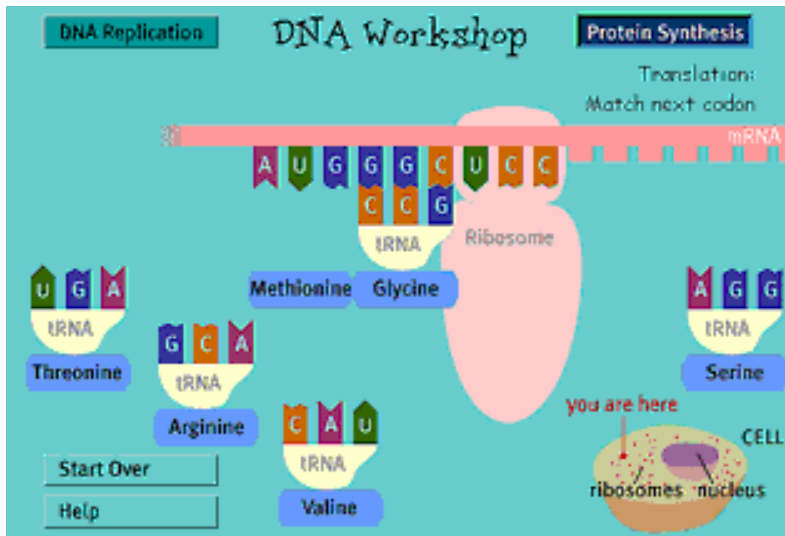
La sintesi delle proteine avviene nel citoplasma ma l'informazione per quale proteina sintetizzare proviene dal DNA presente nel nucleo.

Una proteina è una sequenza di aminoacidi. Tale sequenza è importante per determinare la forma e la struttura delle proteine. La sequenza degli aminoacidi necessari alla formazione di una proteina è scritta nel DNA presente nei cromosomi (a loro volta ubicati nel nucleo della cellula) e fa riferimento ad una data sequenza di basi azotate presenti in una ben precisa porzione del DNA. Visto che la sintesi delle proteine avviene nel citoplasma è necessario che l'informazione presente nel DNA del nucleo venga trasmessa al citoplasma (dove avviene fisicamente la sintesi delle proteine).



Sintesi delle proteine

Traduzione



Oltre all'RNA messaggero esiste nel citoplasma anche l'**RNA transfer (tRNA)** detto RNA di trasporto. l'mRNA appare come un singolo filamento contenente una sequenza di basi azotate. Queste basi azotate vengono riunite in gruppi di tre (AGG; CGU, AAC.....) ogni "tripletta" ossia ogni sequenza di tre basi sull'RNA messaggero viene detta "**codone**".

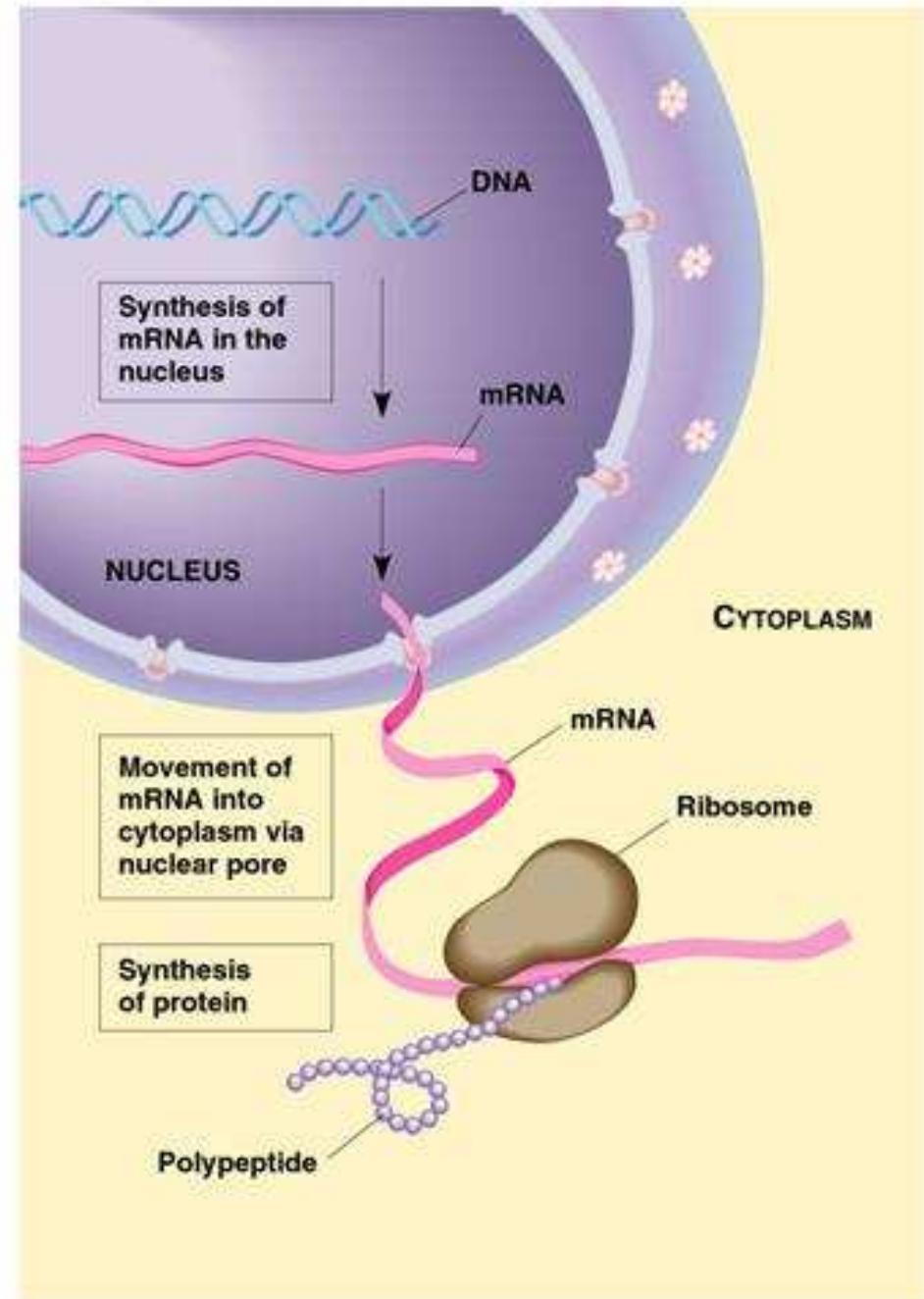
L'RNA transfer ha una struttura completamente diversa da quella dell'mRNA in quanto è composta da circa 80 nucleotidi che si dispongono in modo tale da formare una sorta di croce con 4 estremità. Ogni estremità ha una funzione ben precisa. Una estremità funziona da "**anticodone**" ossia presenta una tripletta di nucleotidi complementari a quelli di un "codone" dell'mRNA. L'estremità opposta prevede l'attacco di uno **specifico aminoacido**. Le estremità laterali servono una per attaccarsi al **ribosoma** (organello sul quale avviene la sintesi delle proteine) e l'altra come sito di riconoscimento per determinati enzimi che permettono il legame di un aminoacido al sito accettore del tRNA. La traduzione dell'mRNA avviene così: il filamento di mRNA si posiziona sul ribosoma grazie al riconoscimento di quest'ultimo di una sequenza specifica di nucleotidi presenti sull'mRNA. Dopo di ciò un tRNA portante un aminoacido specifico si lega (tramite il suo anticodone) al primo codone dell'mRNA e tramite un altro sito attivo al ribosoma sottostante. Si forma così un complesso Ribosoma-mRNA-t₁RNA-Am₁. Successivamente un secondo tRNA si va a legare con il secondo codone presente sull'mRNA. Il primo aminoacido depositato dal precedente tRNA si lega con il secondo aminoacido portato dal secondo tRNA e libera il primo tRNA che abbandona il Ribosoma. A questo punto si ha la sequenza Ribosoma-mRNA-t₂RNA-Am₁-Am₂. Il successivo tRNA₃ legherà al proprio aminoacido i due aminoacidi precedentemente depositati e libererà il tRNA₂ dal ribosoma.

Questo processo continuerà fino a che tutti i codoni dell'mRNA non saranno stati tradotti dagli anticodoni dei vari tRNA. a quel punto la sequenza specifica di aminoacidi (catena polipeptidica) sarà terminata e significherà la sintesi di una ben determinata proteina (o enzima).

Sintesi delle proteine:

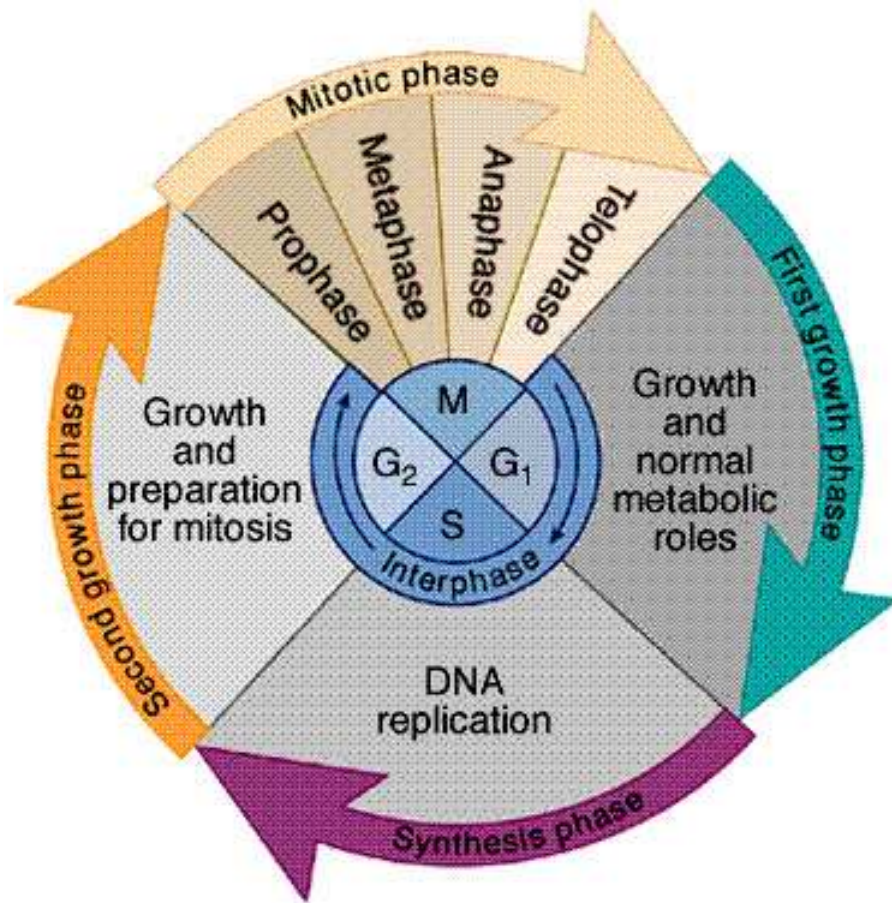
Processo globale

Noi sappiamo che i geni sono i depositari dell'informazione ereditaria, ossia quella che si trasmette da genitori a figli. Dove risiedono i geni? I geni risiedono sul DNA, anzi, i geni sono frammenti stessi di DNA ossia una ben determinata sequenza di nucleotidi che, trascritta e tradotta, dà luogo ad una ben determinata catena polipeptidica, che a sua volta darà luogo ad una proteina (o ad un precursore di questa). Gli esseri viventi per sopravvivere hanno bisogno di svolgere innumerevoli funzioni metaboliche che si manifestano in forma di reazioni spesso concatenate. Tutte queste reazioni avvengono grazie all'azioni di catene polipeptidiche biologicamente attive: gli enzimi. Ogni gene codifica un determinato enzima che permetterà lo svolgersi di una determinata reazione che sarà determinante per le attività fisiologiche delle cellule e che conseguentemente avrà ripercussioni a livello fenotipico.



Ciclo cellulare e Mitosi

Le cellule non presentano forma e dimensioni immutabili ma vanno incontro ad accrescimento e successiva divisione. La regolare sequenza di eventi ai quali va incontro una cellula viene detto ciclo cellulare; Il ciclo cellulare viene convenzionalmente diviso in due fasi: *interfase* e *mitosi*. Durante l'interfase le cellule vegetali assorbono sostanze dall'esterno per sintetizzare nuove molecole ed in tal modo accrescono nelle loro dimensioni. Una volta raggiunta una dimensione limite le cellule vanno incontro a divisione. L'interfase viene suddivisa in tre fasi G_1 S G_2 . Ognuna di queste fasi prevede attività diverse da parte della cellula:



G_1 : crescita del materiale citoplasmatico

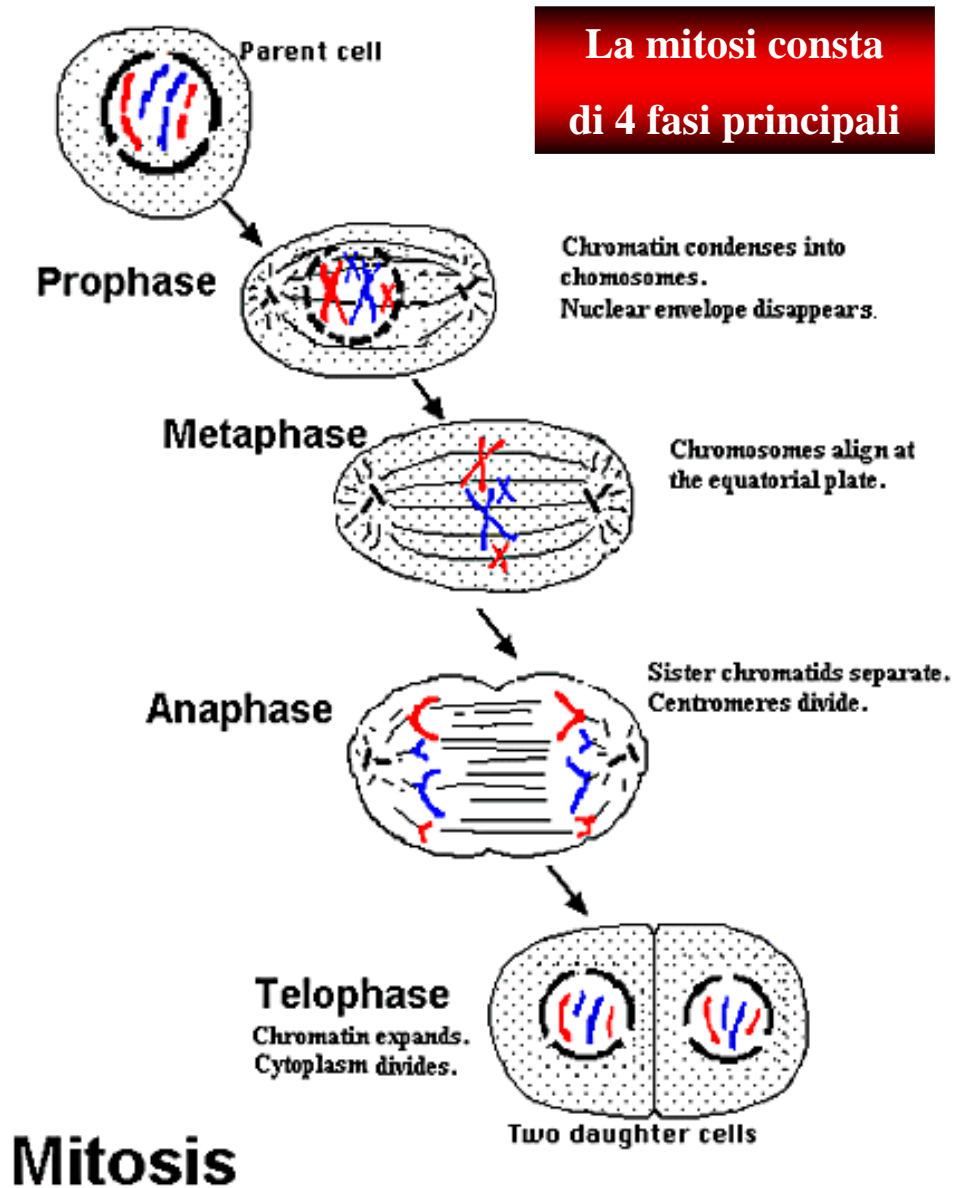
S: duplicazione del materiale genetico (in quanto dovrà essere successivamente diviso nelle due cellule figlie)

G_2 : sintesi delle strutture necessarie alla susseguente divisione cellulare

La divisione cellulare è il mezzo attraverso il quale gli organismi si accrescono. Negli organismi eucarioti la divisione cellulare consta di due fasi:

1. **Mitosi**
2. **Citodieresi**

Per **MITOSI** si intende divisione nucleare ed ha come risultato la *equa ripartizione del materiale genetico contenuto nel nucleo della cellula madre in quello delle due cellule figlie.*



PROFASE: Nella profase i **cromosomi** divengono visibili e appaiono come filamenti sparsi irregolarmente nel nucleo. Dopo di ciò tali filamenti (i cromosomi) si accorciano e si inspessiscono e si presentano in forma di due sub-filamenti separati (**cromatidi fratelli**) uniti tra loro solo in un'esigua parte centrale (**centromero**). Inizia a formarsi la struttura del "fuso mitotico" che è composto da una serie di microtubuli che durante lo stadio più avanzato della mitosi cominciano a disporsi parallelamente alle pareti del nucleo lungo l'asse del fuso stesso. Al termine della profase la membrana nucleare si dissolve.

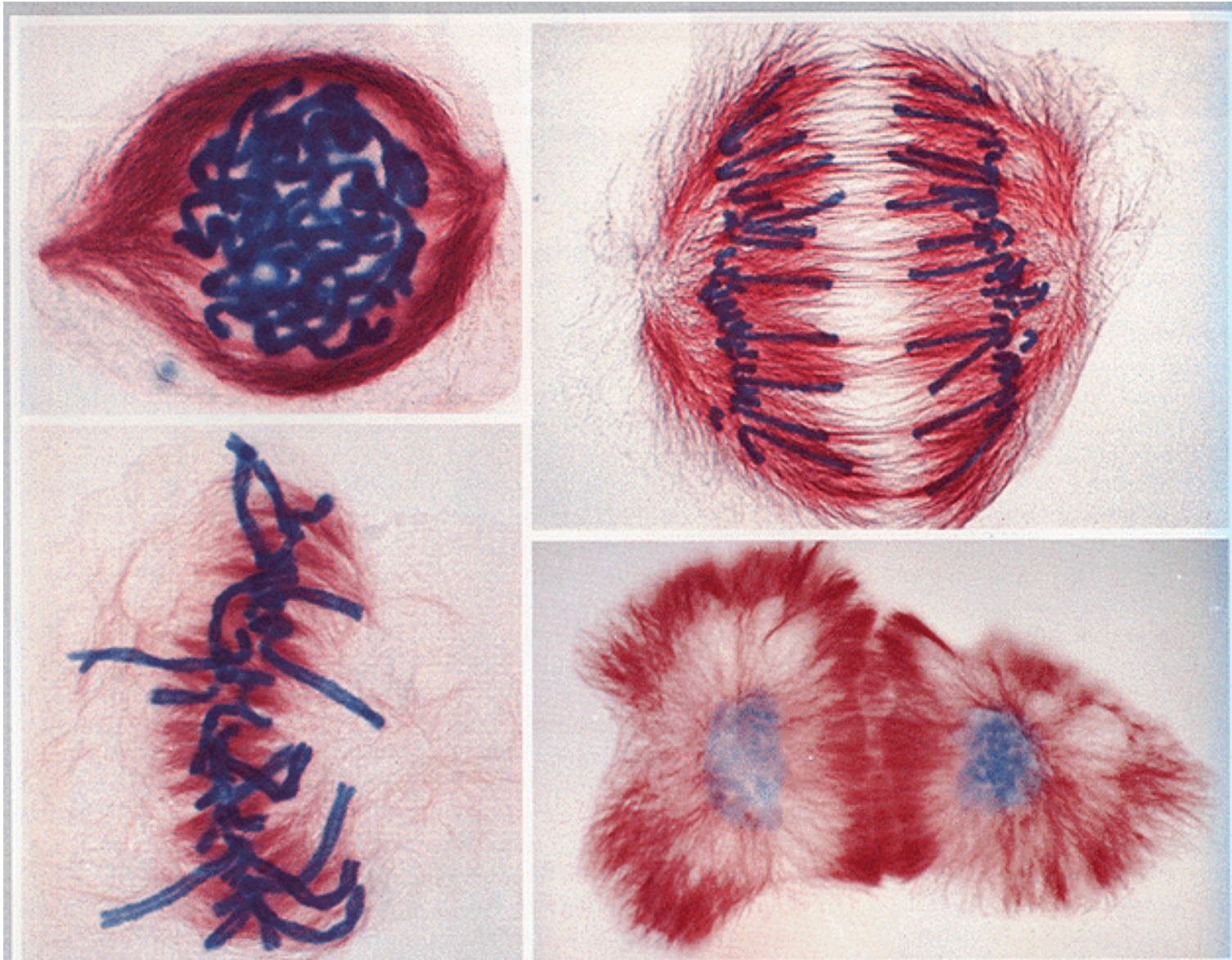
METAFASE: Nella metafase il fuso si presenta nella sua forma tridimensionale, largo in mezzo e ristretto ai poli. Durante la metafase i **cromosomi**, ciascuno in forma dei due cromatidi fratelli, vanno a disporsi con il loro centromero posizionato lungo il piano equatoriale del fuso e attaccato alle fibre del fuso stesso.

ANAFASE: Nell'anafase i cromatidi fratelli si separano tramite divisione del centromero e si dirigono ciascuno verso un opposto polo del fuso mitotico. Questa migrazione è dovuta al fatto che le fibre del fuso mitotico si accorciano. Ciascun cromatide darà luogo ad un cromosoma autonomo.

TELOFASE: Nella telofase le fibre del fuso si accorciano ulteriormente in modo da completare la separazione dei cromatidi fratelli. Successivamente si riorganizza la membrana nucleare attorno ai due gruppi di cromosomi posti ai lati opposti della cellula. I cromosomi nel frattempo ritornano ad assumere un aspetto filamentoso diventando sempre più indistinguibili.

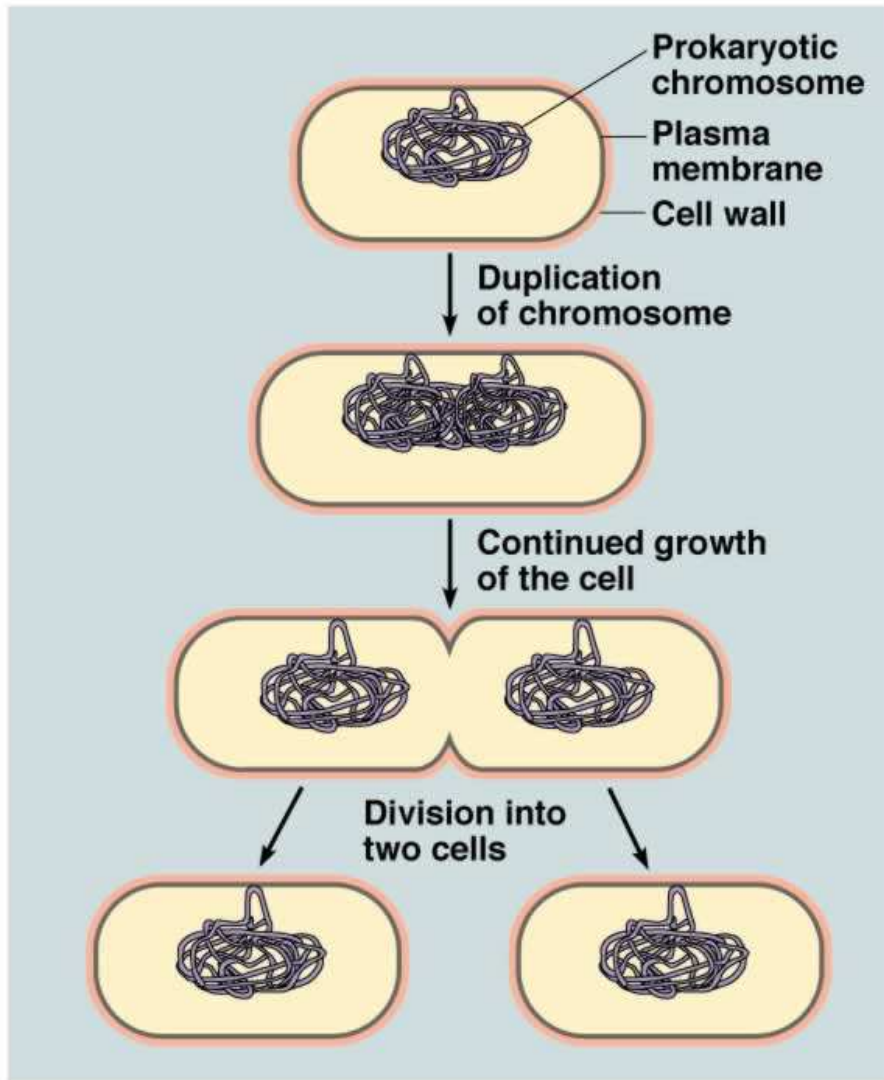
Il risultato finale della mitosi è che si sono formati due nuclei geneticamente equivalenti tra loro e al nucleo che dividendosi li ha prodotti.

Mitosi



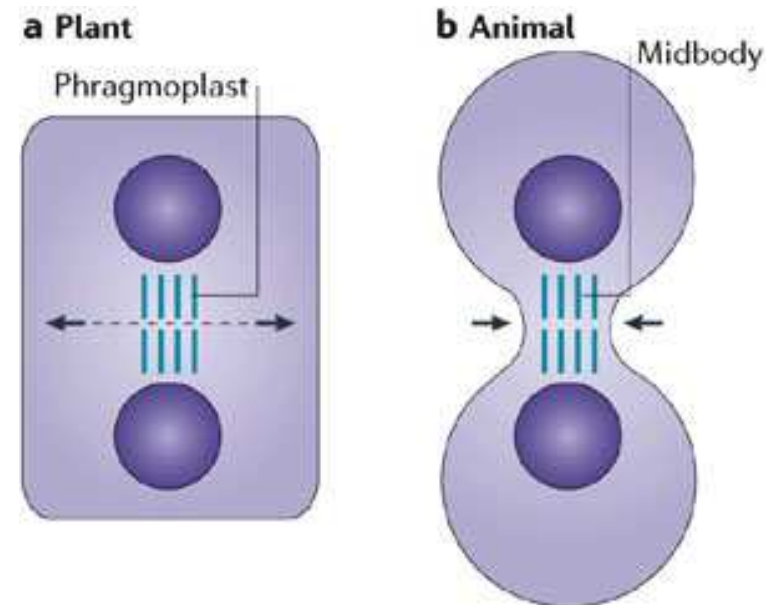
Plant cells in various stages of mitosis: (a) prophase; (b) metaphase; (c) anaphase; (d) telophase (all magnified about 2,700 times).

CITODIERESI



©Addison Wesley Longman, Inc.

CITODIERESI: Se con la mitosi si è arrivati alla divisione nucleare, con la Citodieresi si ottiene la divisione del citoplasma e quindi la formazione di due cellule distinte. Nelle piante la citodieresi avviene tramite la formazione di un fragmoplasto (sistema di microtubuli) e di una piastra cellulare che si espande in direzione centrifuga



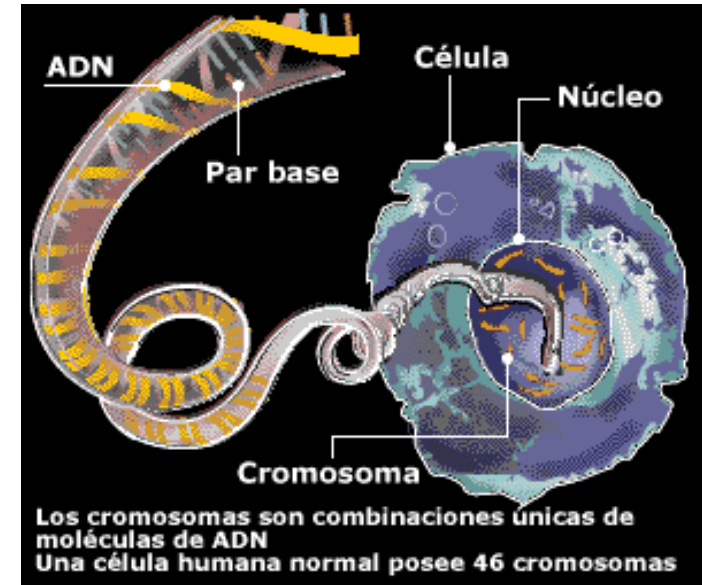
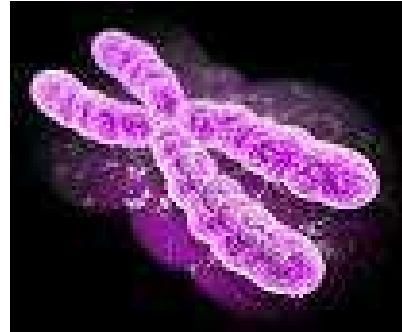
Copyright © 2006 Nature Publishing Group
Nature Reviews | Molecular Cell Biology

I cromosomi degli organismi eucarioti

sono costituiti da

DNA (75%);

Proteine (25%).



La meiosi non avviene in tutte le cellule, ma solo in cellule diploidi specializzate (cellule sessuali) e solo in una particolare fase del ciclo vitale.

Attraverso il processo della meiosi una singola cellula diploide dà vita a 4 cellule aploidi equivalenti ciascuna delle quali con un contenuto genetico dimezzato rispetto alla cellula madre dalla quale hanno avuto origine.

Le cellule aploidi derivanti dalla meiosi possono essere di due tipi: 1) **Spore;** 2) **Gameti**

La **spora** è una cellula aploide che può svilupparsi in un'organismo attraverso la semplice mitosi senza doversi unire ad un'altra cellula. Gli organismi derivanti dalle successive divisioni mitotiche della spora sono interamente aploidi.

Un **gamete** è una cellula aploide che deve necessariamente unirsi ad un'altro gamete (processo della **fecondazione o singamia**) per dar luogo ad uno **zigote** diploide. Lo zigote può scegliere due strade a seconda di quello che è il ciclo vitale dell'organismo in questione: a) lo zigote si divide immediatamente per meiosi e quindi produce nuovamente 4 cellule figlie aploidi (che possono comportarsi da spore o da gameti); b) lo zigote si divide per mitosi e si accresce dando luogo ad un'organismo diploide indipendente.

Prima divisione meiotica

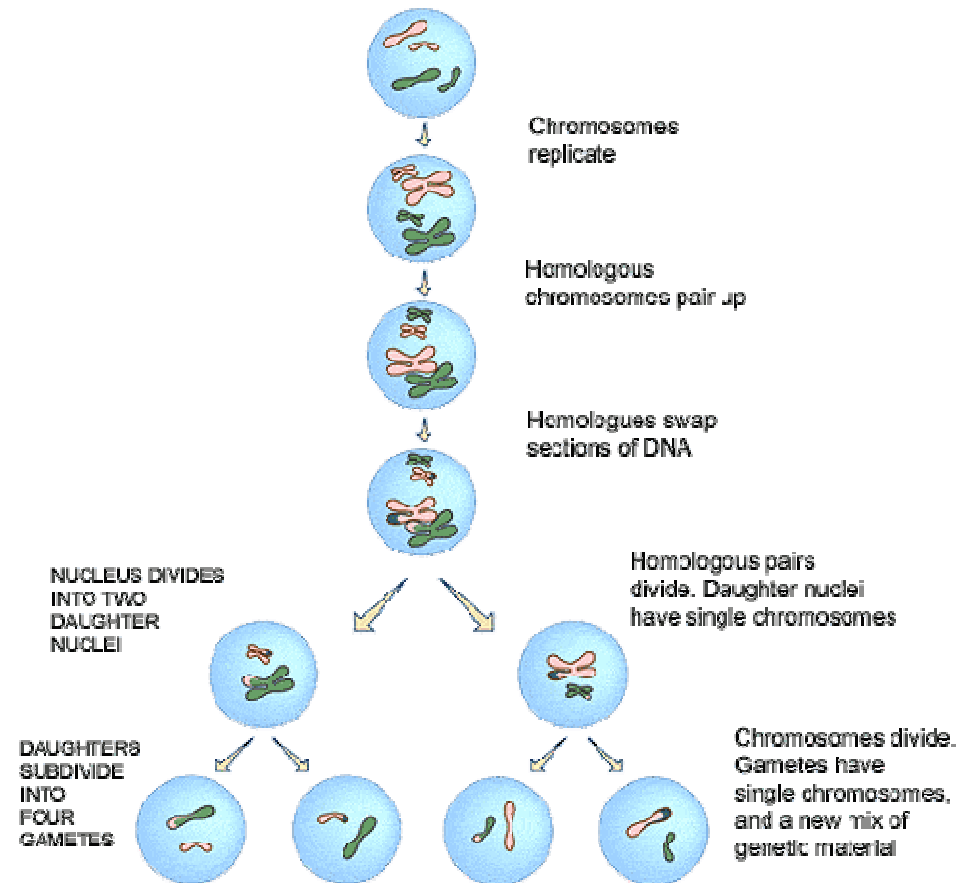
PROFASE I: Nella profase meiotica i **cromosomi** divengono visibili e appaiono come filamenti sparsi irregolarmente nel nucleo. Ovviamente nella fase S dell'Interfase è già avvenuta la duplicazione del materiale genetico. Prima che i cromosomi appaiano divisi in due cromatidi fratelli avviene l'**accoppiamento dei cromosomi omologhi**. L'appaiamento dei cromosomi omologhi viene detto "**Sinapsi**" ed è una peculiarità della meiosi. Essendo la sinapsi un processo che accoppia i cromosomi omologhi è evidente che la meiosi può avvenire solamente negli organismi **diploidi** (corredo cromosomico $2n$) e non in quelli **aploidi** (corredo cromosomico n).

Nella sinapsi i cromosomi omologhi si appaiano in maniera molto precisa per cui si viene ad ottenere un collegamento molto ravvicinato tra le regioni corrispondenti dei due cromosomi omologhi, i quali si presentano già suddivisi in due cromatidi fratelli. Nel caso della meiosi quindi, un cromatide di un cromosoma si troverà in strettissima vicinanza con un cromatide del cromosoma omologo. In questa fase avviene che i cromatidi così ravvicinati si spezzino e si scambino vicendevolmente dei pezzi di materiale. Questo processo è noto come "**crossing over**" e le forme cromosomiche (simili a delle X) che si vengono a creare nella fase di scambio vengono dette **chiasmi**. Al termine del crossing-over si avranno sempre due cromosomi omologhi formati ciascuno da due cromatidi fratelli, ma la composizione genica di tali cromosomi risulterà differente da quella di partenza proprio a causa degli scambi avvenuti nel crossing-over. Verso la fine della Profase I si dissolve la membrana nucleare.

METAFASE I: Nella metafase meiotica i cromosomi omologhi (spesso ancora nella fase di chiasma) si vanno a disporre nella zona centrale del fuso; tuttavia nella meiosi i centromeri dei cromosomi omologhi si dispongono **non** lungo la linea equatoriale del fuso **ma a cavallo** di questa (uno da una parte e uno dall'altra).

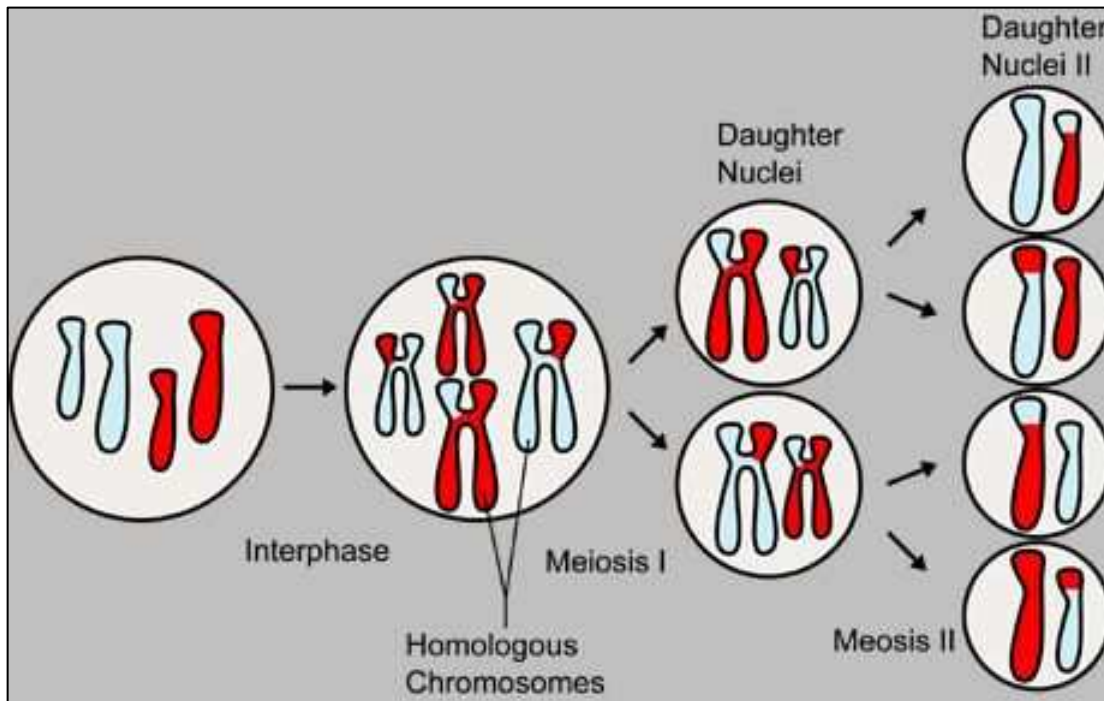
ANAFASE I: I cromosomi omologhi (N.B. non già i cromatidi fratelli come nella mitosi) si separano completamente iniziano a migrare verso i poli opposti della cellula. A differenza della mitosi, quindi, i centromeri non si dividono e i cromatidi fratelli restano uniti e migrano ancora uniti verso un polo della cellula mentre i cromatidi fratelli del cromosoma omologo migrano uniti verso il polo opposto.

TELOFASE I: Anche nella telofase meiotica le fibre del fuso si accorciano ulteriormente in modo da completare la separazione dei cromatidi fratelli. Successivamente si riorganizza la membrana nucleare attorno ai due gruppi di cromosomi posti ai lati opposti della cellula. I cromosomi nel frattempo ritornano ad assumere un aspetto filamentoso diventando sempre più indistinguibili.



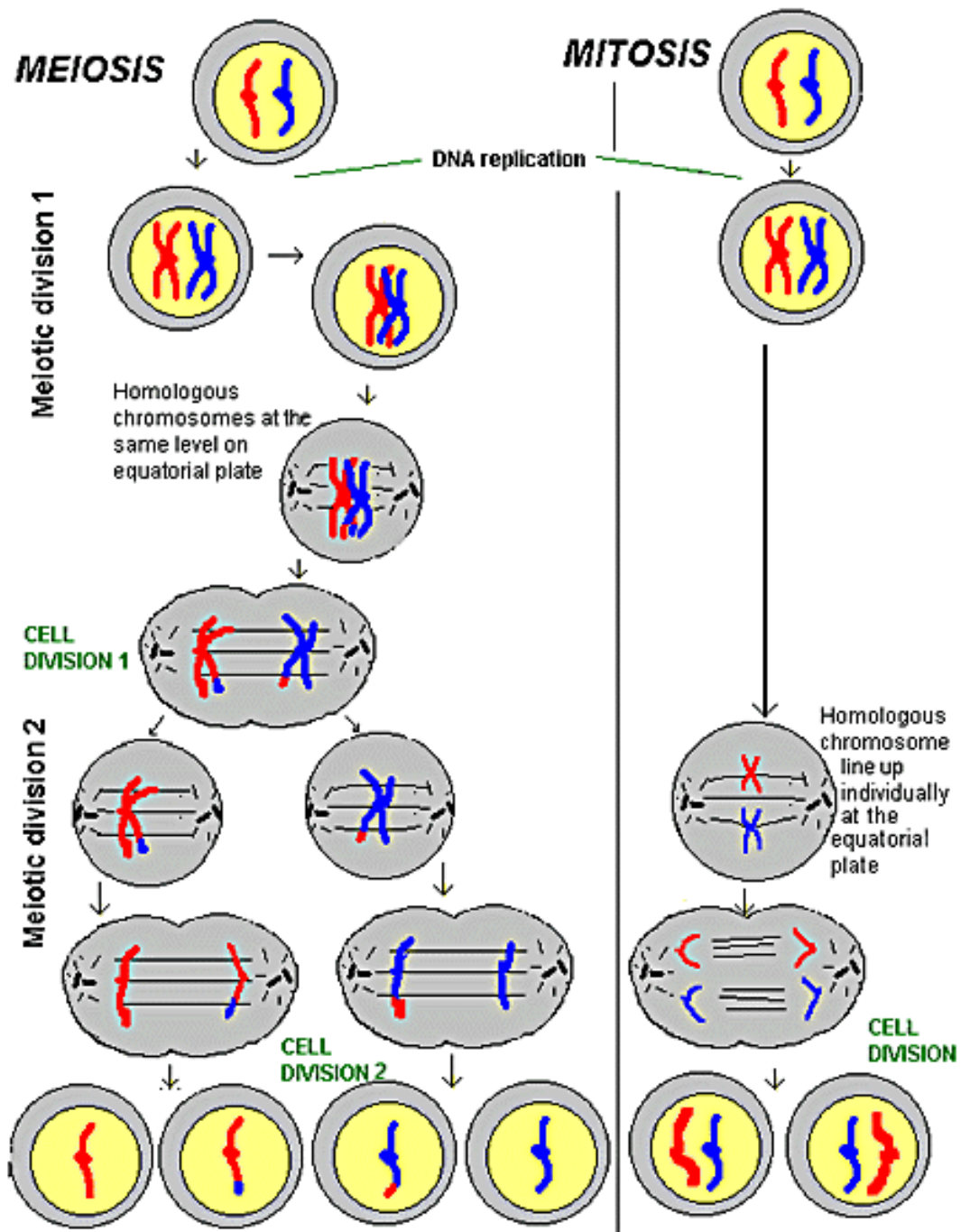
Al termine della prima divisione meiotica noi abbiamo la formazione di due cellule figlie con un numero di cromosomi uguale alla metà di quello della cellula madre ma con materiale genetico uguale a quello della cellula madre in quanto durante la fase "S" dell'interfase aveva avuto luogo la duplicazione del materiale genetico.

Seconda divisione meiotica

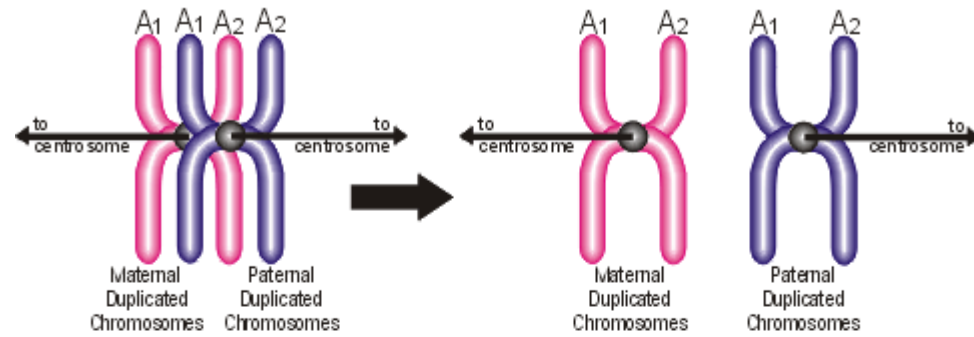


Nella seconda divisione meiotica avviene un processo esattamente riconducibile ad una normale mitosi per cui nelle due cellule figlie derivanti dalla prima divisione meiotica si separano i cromatidi fratelli (tramite rottura del centromero) che migreranno ai poli opposti della cellula e che dopo la ricostituzione delle rispettive membrane nucleari e della susseguente citodieresi daranno luogo a due cellule figlie ciascuna con lo stesso quantitativo di materiale genetico di ciascuna delle cellule madri.

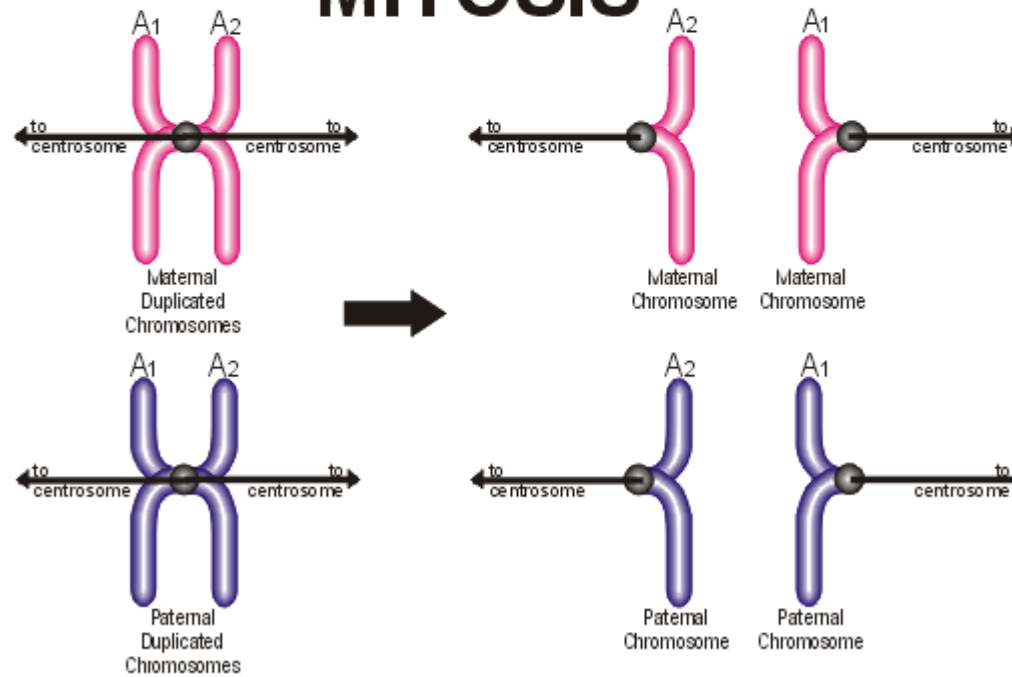
Rispetto alla mitosi quindi nella meiosi il materiale genetico viene duplicato una volta (fase S dell'Interfase) e diviso due volte: nella prima divisione meiotica (riduzionale) vengono separati i cromosomi omologhi per cui il numero cromosomico diviene la metà; nella seconda divisione meiotica (equazionale) si separano i cromatidi fratelli (ciascuno dei quali diventerà un cromosoma autonomo) e contemporaneamente viene dimezzato il materiale genetico duplicato nella fase S dell'Interfase antecedente alla I divisione meiotica.



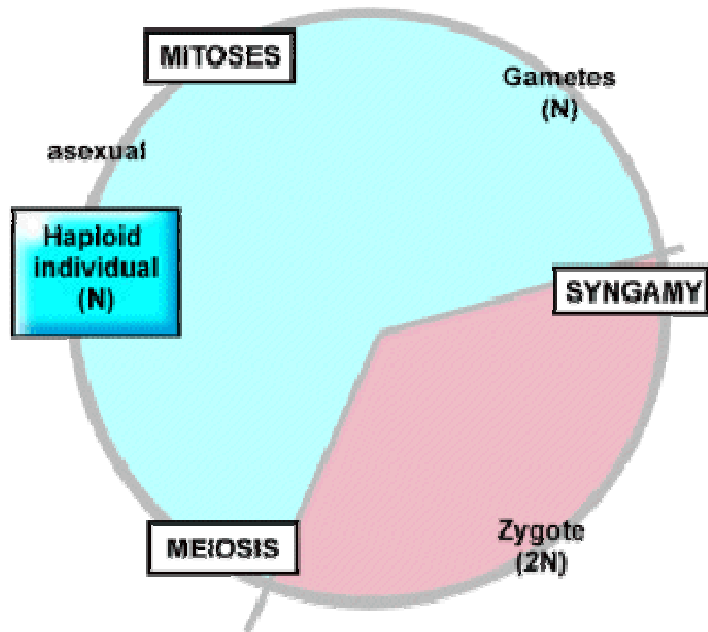
MEIOSIS I



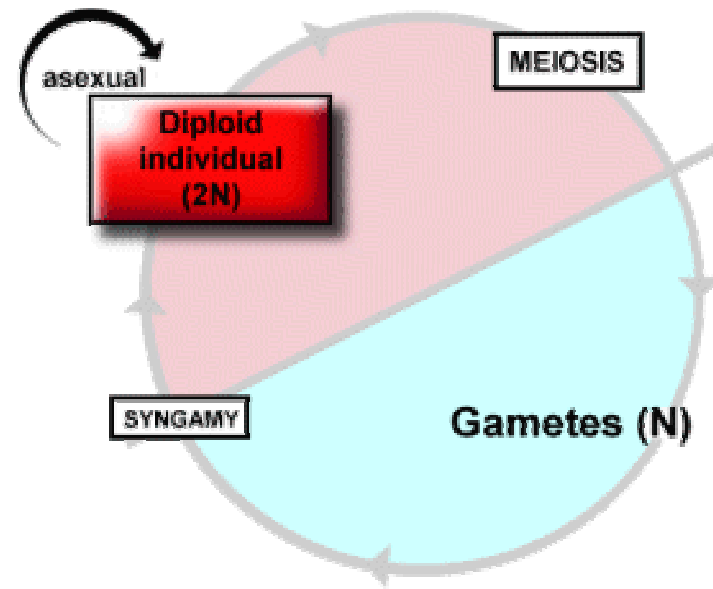
MITOSIS



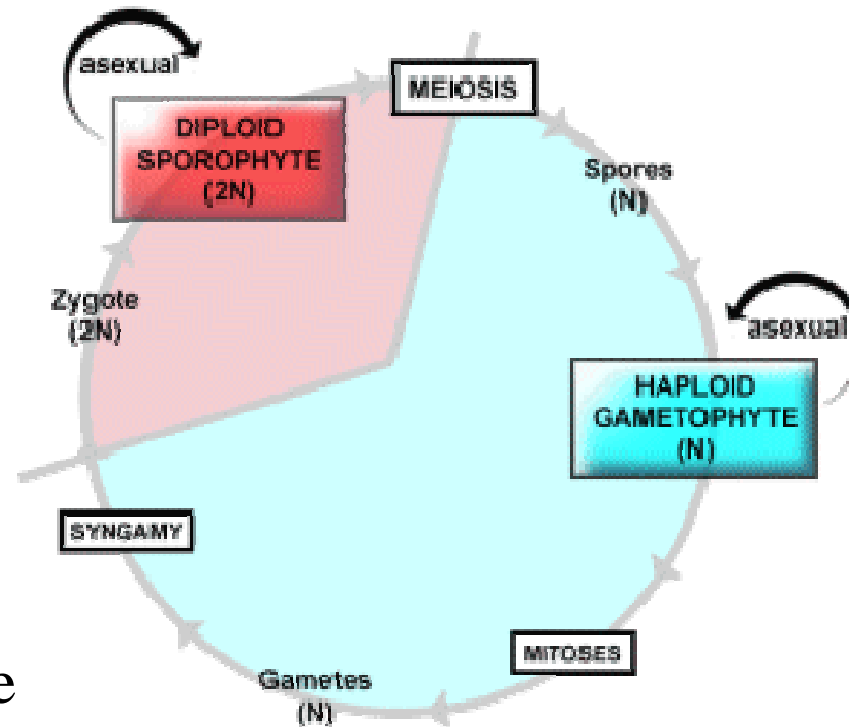
COMPARISON OF METAPHASE &
ANAPHASE LINEUP OF CHROMOSOMES



Aplo-Diplonte

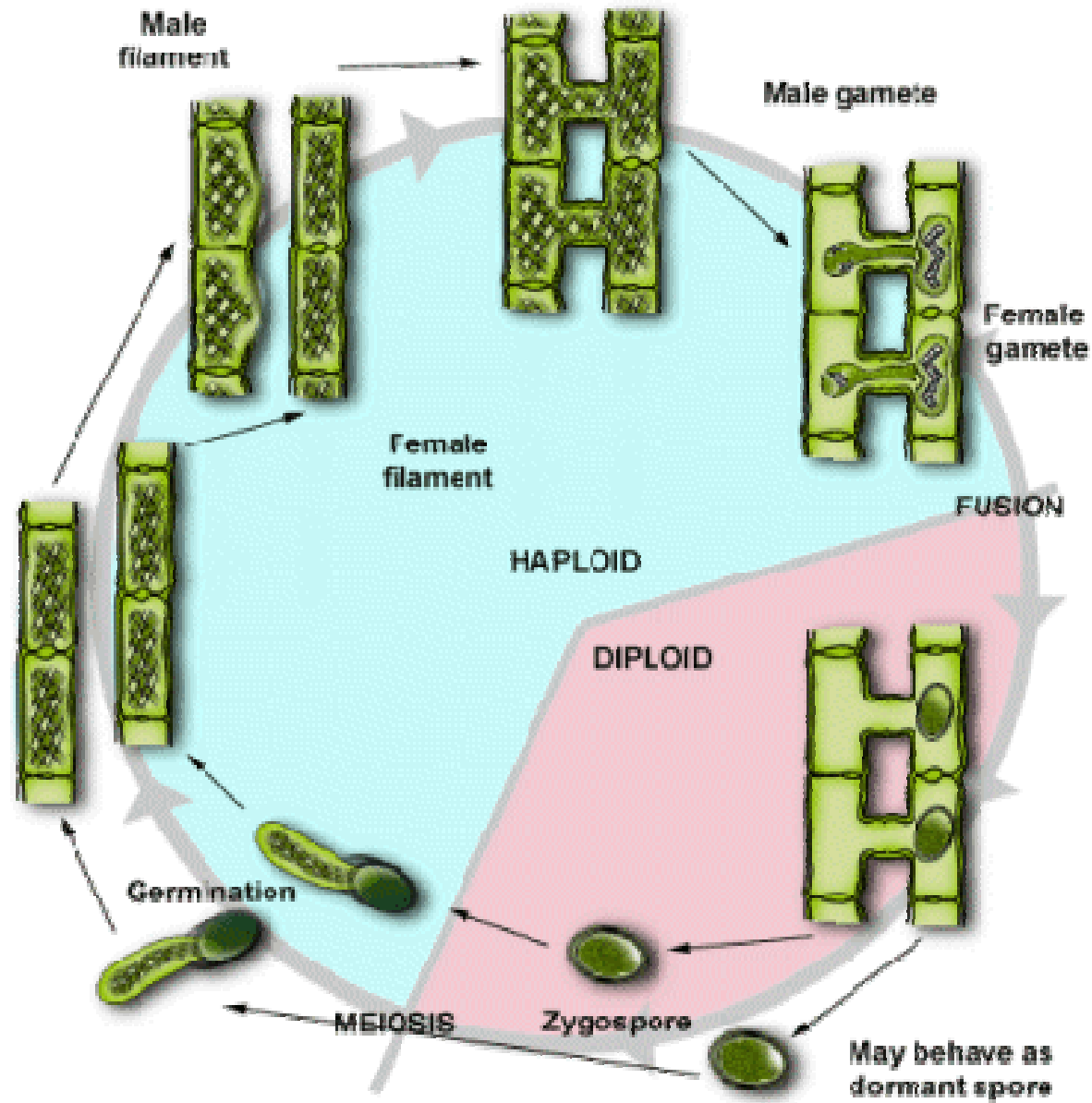


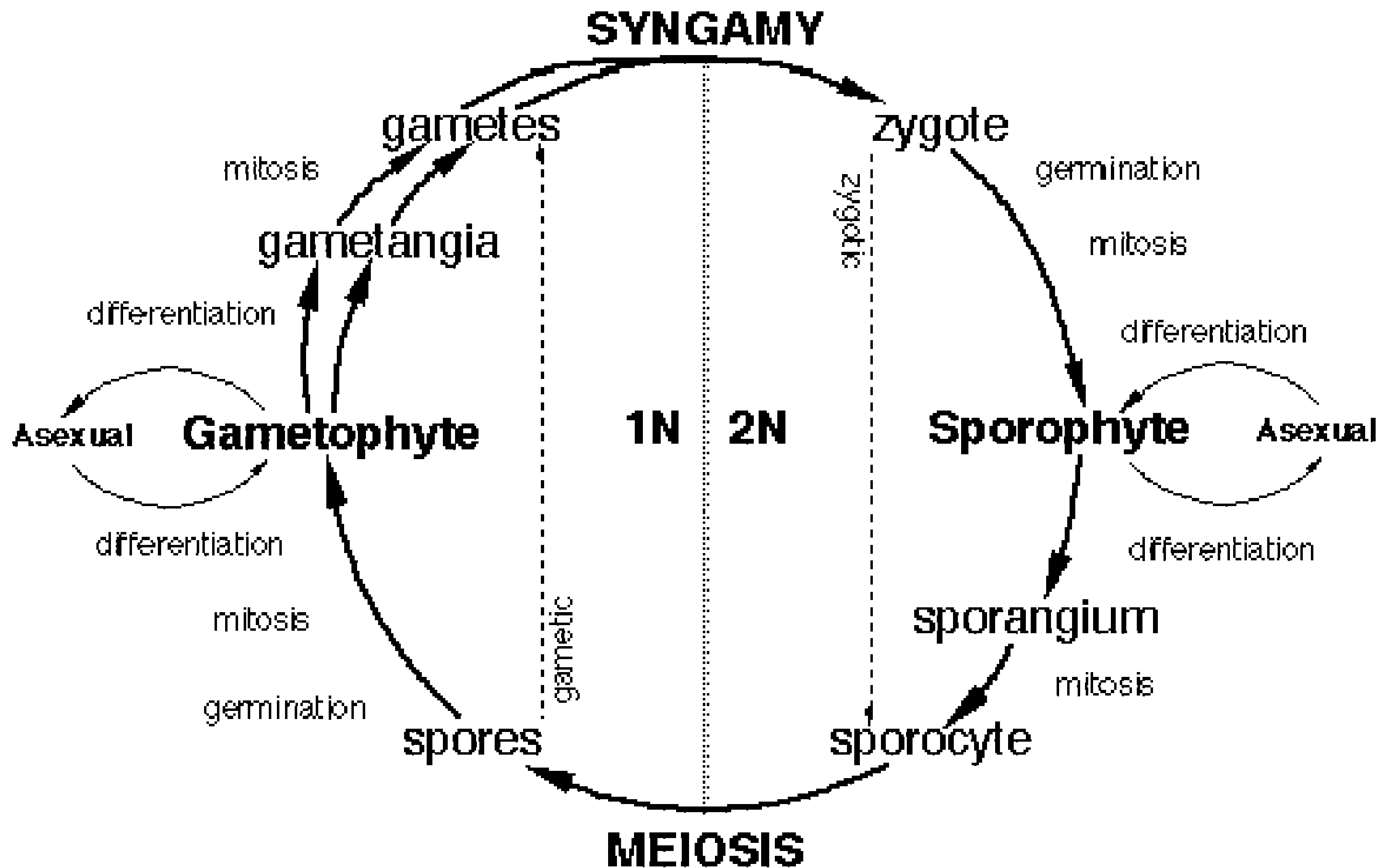
Diplonte



Aplo-Diplonte

Cicli vitali

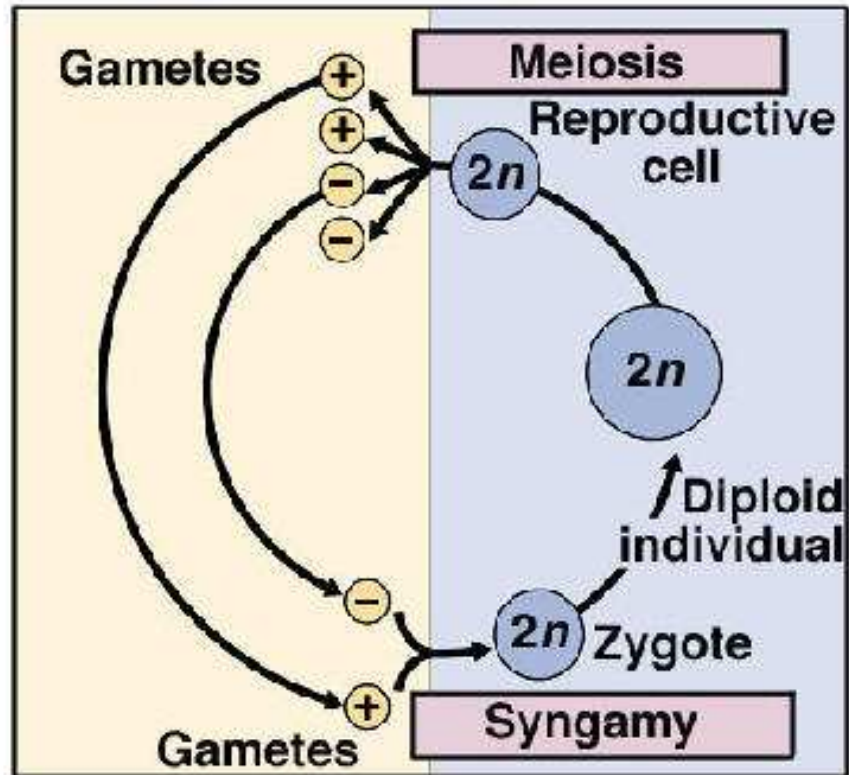




Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

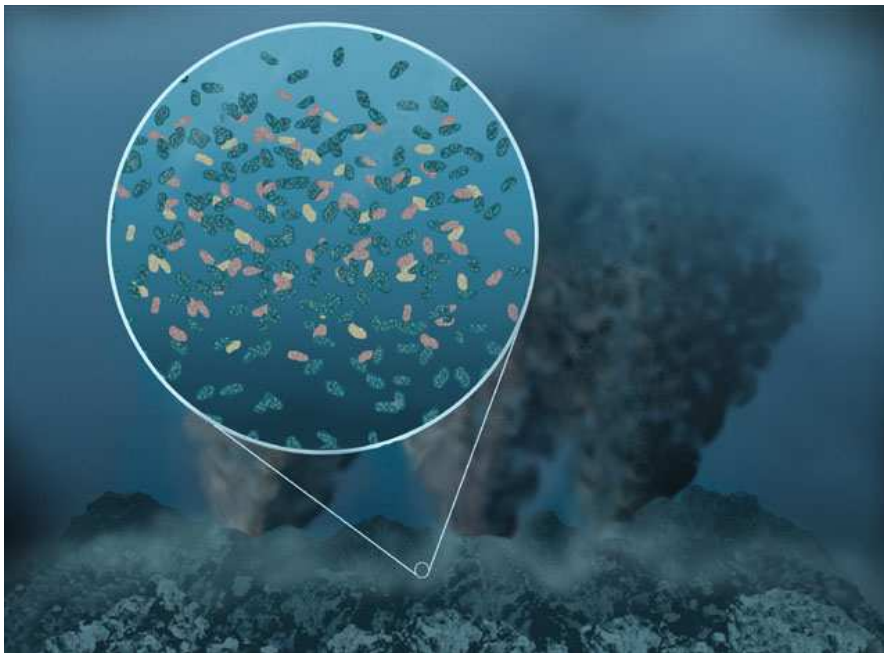
Gametic Meiosis

Key: Haploid Diploid



Origine della vita sulla Terra

La vita sul nostro pianeta ha avuto origine 3,5 miliardi di anni fa circa, ossia un miliardo di anni dopo la formazione della Terra. Sulle modalità di origine della vita sulla terra non vi sono attualmente certezze ma soltanto ipotesi tra le quali la più accreditata sembrerebbe essere quella della sua derivazione da materia non vivente.



Ossia circa 3,5 miliardi di anni fa la terra presentava un'atmosfera primordiale che era molto diversa da quella attuale e abbastanza vicina a quanto viene emesso dai vulcani o dalle dorsali oceaniche attive. In particolare doveva essere ricca in idrogeno, anidride carbonica (CO_2), acido solfidrico (H_2S), ammoniaca (NH_3), metano (CH_4). I gas di questa atmosfera, fortemente riducente in quanto estremamente povera in ossigeno gassoso, colpiti da violenti flussi di energia (raggi ultravioletti, radiazione solare, tempeste elettromagnetiche, calore dovuto al decadimento radiattivo) andarono incontro a reazioni chimiche tali da assemblare l'energia esterna in legami chimici formando nuove e più complesse molecole. Il carbonio presente nel metano, sottoposto ad irradiazioni energetiche si ricombinava dando vita a legami C-C che includendo atomi di idrogeno davano vita ai primi aminoacidi primordiali. La sintesi dei primi aminoacidi fu un evento fondamentale per l'origine della vita in quanto gli aminoacidi sono i monomeri base delle proteine e le proteine sono le molecole maggiormente presenti nelle cellule viventi. La scoperta che anche la base azotata adenina (purina del DNA) poteva sintetizzarsi nell'atmosfera primordiale diede maggior credito a tale teoria di evoluzione della vita.

Le nuove molecole sintetizzate nell'atmosfera primordiale finirono per accumularsi nel cosiddetto brodo primordiale, ossia l'oceano che venne formandosi per condensazione del vapor acqueo presente nell'atmosfera e diedero vita alle prime cellule in forma di micro-goccioline dovute ad aggregati di lipidi, proteine e altre molecole che formarono autonomamente una sorta di membrana a due strati. Gli aggregati maggiormente capaci di inglobare altre molecole ed energia (quindi in grado di accrescersi) e di dividersi in micro-goccioline con caratteristiche simili alla micro-gocciolina parentale risultarono avvantaggiati rispetto agli altri. Alcune goccioline infine raggiunsero la capacità di trasferire più facilmente le loro prerogative alle micro-goccioline da esse derivate. Nel momento in cui tale capacità divenne ereditaria ebbe inizio **la vita**.

Origine della vita sulla Terra

Le prime cellule apparse sulla Terra sono state le cellule batteriche (cellule procariotiche) caratterizzate da un basso livello di organizzazione interno. Successivamente sono comparse le cellule eucariotiche caratterizzate da un livello di organizzazione interno molto superiore. Da un gruppo di cellule eucariotiche primordiali hanno avuto origine i diversi gruppi di organismi pluricellulari superiori che oggi maggiormente compongono la vita sulla terra.

Per circa 2 miliardi di anni la terra fu popolata solo da batteri, quindi da cellule procariotiche. I primi batteri viventi furono i “**batteri metanogenici**” ossia batteri anaerobi capaci non solo di vivere in un’atmosfera priva di ossigeno ma anche di convertire l’idrogeno gassoso e l’anidride carbonica in gas metano.

Un passo fondamentale per la vita sulla terra fu la comparsa dei primi **batteri fotosintetici**. Tali batteri, infatti, convertivano l’energia della luce in legami chimici. Il pigmento capace di catturare l’energia luminosa poteva essere diverso tra i diversi tipi di batteri fotosintetici. I **Cianobatteri** (detti anche alghe azzurre) in particolare usavano lo stesso tipo di pigmento (*clorofilla a*) che utilizzano le piante superiori. La loro comparsa fu fondamentale perché nella loro attività fotosintetica i cianobatteri scindevano la molecola dell’acqua per liberare ossigeno gassoso per cui furono loro i primi e principali responsabili dell’incremento della % di O₂ nell’atmosfera che progressivamente passò da circa l’1% a circa 10 volte tanto (oggi siamo a circa il 21%). Da questo fatto ne conseguirono altri piuttosto importanti:

1. **Conversione da O₂ a O₃ (ozono)**
2. **Possibilità di ricavare una maggiore energia dalla degradazione delle molecole prodotte durante la fotosintesi utilizzando l’ossigeno.**
3. **Comparsa delle prime cellule eucariotiche**

Circa 1,5 miliardi di anni fa furono prodotte le prime cellule eucariotiche. Queste cellule, più capaci di utilizzare le fonti energetiche disponibili ebbero rapida diffusione. Ad eccezione dei batteri, tutte le altre forme di vita presenti sul nostro pianeta sono composte da cellule eucariotiche (in forma singola o di aggregato di cellule).

Regni degli esseri viventi

Come già detto nelle precedenti lezioni esistono 5 regni di esseri viventi. Uno riguarda i batteri (regno **Monera**) ed è piuttosto semplice nella sua struttura in quanto composto unicamente di cellule procariotiche. Gli altri 4 regni sono caratterizzati da cellule eucariotiche e si differenziano notevolmente tra di loro. Gli organismi eucariotici unicellulari appartengono per la maggior parte al regno dei **Protista** che comprende anche i loro discendenti multicellulari di cui fanno parte molti protozoi e *alghe*. Le tre rimanenti linee evolutive sono caratterizzate tutte da organismi multicellulari; tuttavia le loro caratteristiche intrinseche sono talmente diverse che ne determinano la segregazione in regni diversi: **Animalia**, **Plantae** e **Fungi**. Questi tre regni pur possedendo alcune caratteristiche cellulari intrinseche ed uniche vengono normalmente distinti in base alla loro modalità di reperire il nutrimento:

- Animalia**: Ingeriscono il loro cibo facendolo entrare dentro il proprio corpo e digerendolo all'interno del corpo stesso (3 milioni di specie)

- Plantae**: Costruiscono da sé il proprio cibo catturando l'energia solare e trasferendola nei legami chimici tra gli atomi di carbonio del glucosio ottenuto a partire da anidride carbonica e acqua. (300.000 specie).

- Fungi**: Assorbono il proprio cibo secernendo particolari enzimi dal loro corpo e diffondendoli nell'ambiente dove tali enzimi digeriscono il cibo che verrà poi risucchiato all'interno del fungo. (300.000 specie).

- Tutti i processi vitali sono supportati dall'energia.

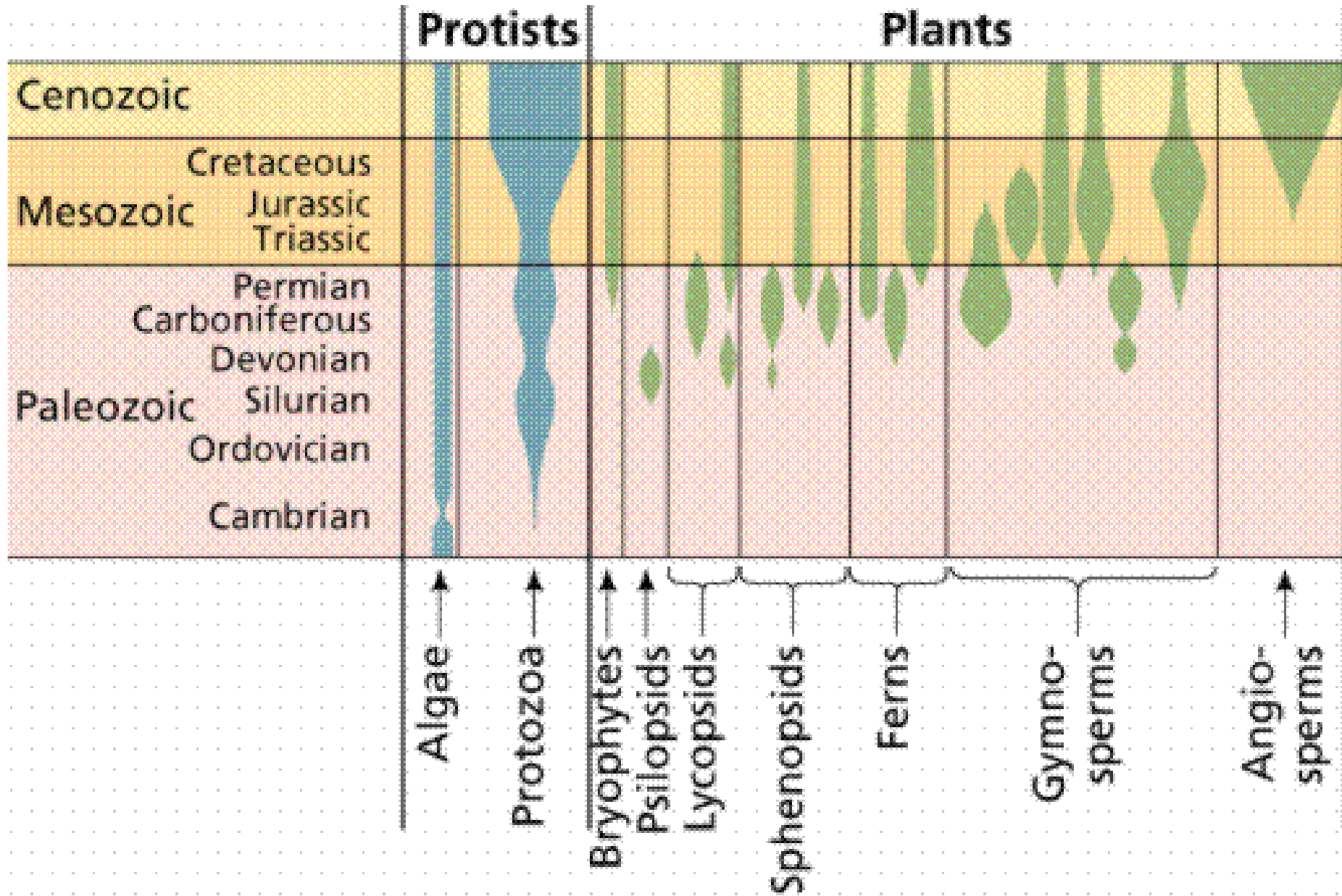
- Per svolgere le loro attività gli organismi usano energia.

- Sebbene i modi di utilizzare l'energia da parte degli organismi siano molteplici, l'energia utilizzata dagli organismi ha, in ultima analisi, un'unica origine: il sole.

- Le piante, le alghe e i cianobatteri trasformano l'energia luminosa in energia chimica incorporata nei carboidrati; per tale capacità questi organismi sono detti **AUTOTROFI**.

- Gli altri tipi di organismi, in ultima analisi, vivono dell'energia prodotta dagli autotrofi in quanto non hanno la capacità di produrre da sé molecole organiche a partire da molecole inorganiche e quindi vengono detti **ETEROTROFI**

Evoluzione delle piante nel tempo



Cianobatteri

Si tratta di un particolare gruppo di batteri (simbionti e non) che utilizzano la **clorofilla a** come principale pigmento fotosintetico e carotenoidi come pigmenti accessori. Ovviamente essendo organismi procarioti la clorofilla non è contenuta nei cloroplasti. Alcuni cianobatteri presentano un'amplissima ecologia per cui possono vivere in condizioni totalmente opposte (*Microcoleus vaginatus* vive in Antartide e nella valle della morte in California) e in tal caso mostrando un aspetto che risulta sostanzialmente diverso a seconda delle diverse condizioni ambientali in cui vive (pur rimanendo riferito ad una stessa specie).

I cianobatteri presentano un rivestimento mucillaginoso fortemente pigmentato da carotenoidi e ficobiline. Il Mar Rosso deve questo nome alla presenza di un particolare cianobatterio (*Trichodesmium*) al cui genere appartengono i principali fissatori di azoto atmosferico dei mari (circa il 25% del totale). La **capacità di fissare azoto atmosferico** fa sì che i cianobatteri partecipino frequentemente ad **associazioni simbiotiche** con altri organismi quali licheni, alghe, briofite, piante vascolari ecc. A volte i cianobatteri vivono come simbionti intracellulari; in questo caso perdono la parete cellulare e si comportano più o meno come veri e propri cloroplasti. I cianobatteri del genere *Anabaena* sono azotofissatori associati ad una felce galleggiante (*Azolla*) che abbonda nelle risaie del sud est asiatico e consente l'arricchimento naturale di azoto di questi terreni evitando l'uso di fertilizzanti.



Hyella stella



Felce delle risaie Azolla con evidenziata la posizione dei cianobatteri simbiotici



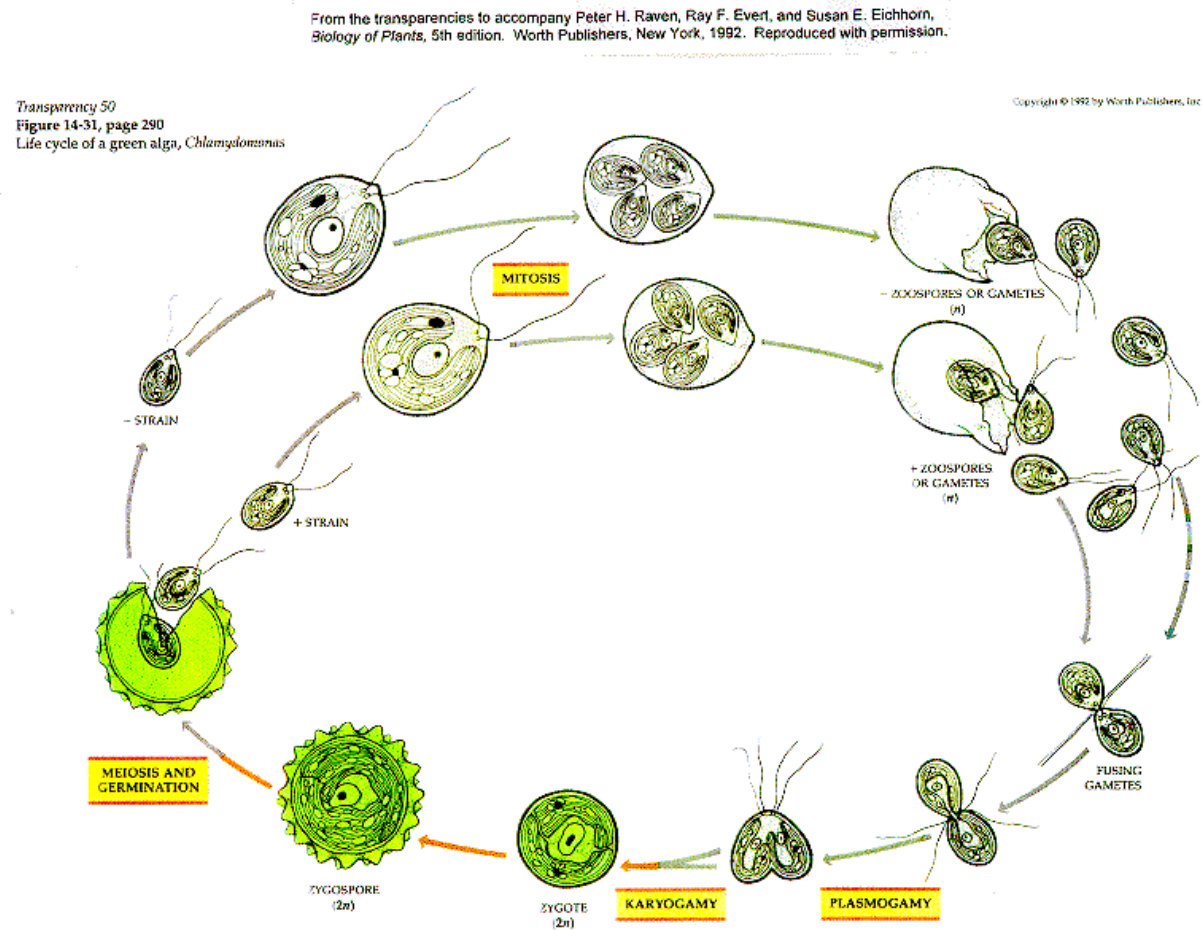
Stromatoliti viventi (sx) e fossili (dx)

I Cianobatteri sono in grado di **produrre depositi calcarei stratificati** quali gli **stromatoliti** che oggi si ritrovano quasi unicamente in forma fossile (alcuni dei quali risalgono ad oltre 2,5 miliardi di anni fa) e che testimoniano la presenza passata di un clima caldo e secco e un ruolo dei cianobatteri fondamentale per l'innalzamento del tasso di ossigeno atmosferico.

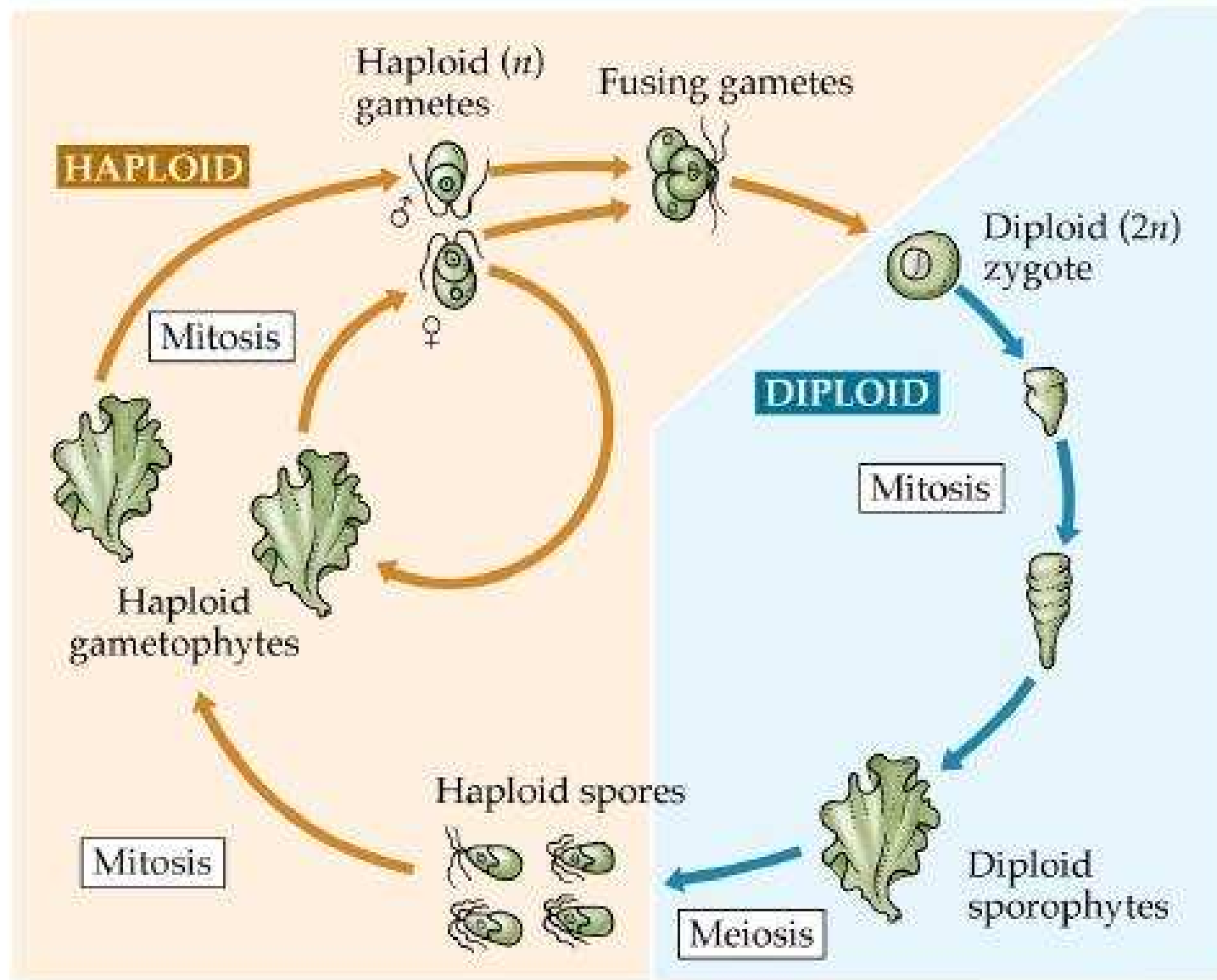
Passi fondamentali nell'evoluzione delle piante

Alghe

I primi organismi vegetali pluricellulari comparsi sul nostro pianeta furono le alghe che colonizzavano gli oceani primordiali. Nell'acqua ogni cellula algale era a contatto con il mezzo che forniva oltre all'acqua anche il nutrimento che poteva essere assorbito attraverso la parete cellulare. La riproduzione sessuale delle alghe era abbastanza semplice in quanto gli spermatozoi e le uova erano rilasciati nell'acqua dove potevano incontrarsi, fondersi e dar luogo ad uno **zigote** ($2n$) che successivamente sviluppava un rivestimento esterno resistente trasformandosi in una sorta di capsula chiamata **zigospora**. La zigospora poteva vagare liberamente per l'oceano e impiantarsi in nuovi siti contribuendo alla diffusione della specie.



Alghe verdi: ciclo vitale di *Ulva lactuca* (alt. di gen. isomorfa)



Passaggio alla terraferma

Il passaggio alla terraferma fu traumatico per le alghe. In habitat solo temporaneamente allagati caratterizzati da contrasti termici giornalieri marcati quali le spiagge in regressione o le pozze retrodunali soggette ad evaporazione, le alghe, per milioni di anni, semplicemente non sopravvissero. Tuttavia nel tempo, da un particolare gruppo di alghe si selezionarono organismi capaci di resistere e sopravvivere anche a brevi periodi di siccità. Tra gli adattamenti che consentirono il passaggio alle terre emerse e la successiva colonizzazione della maggior parte degli habitat citiamo i seguenti:

- Lo sviluppo di una cuticola, ossia di uno strato ceroso superficiale che proteggeva le foglie dall'essiccamento
- lo sviluppo di stomi, ossia dei pori nella parte inferiore delle foglie che permettevano i normali scambi gassosi con l'esterno.
- strutture tegumentali atte a proteggere le cellule riproduttive, sia a livello di aploide che diploide (basti pensare alla struttura del granulo pollinico e ai tegumenti del seme)
- Lo sviluppo di fasci vascolari che consentivano la circolazione di acqua, nutrienti e prodotti della fotosintesi in tutte le parti della pianta.

Millions of Years Ago	Plant Developments	Age
130	<p>Spread and Diversification of Flowering Plants</p> <p>Flowering Plants Appear</p>	Cretaceous
323	<p><i>Coal Forests</i></p>	Jurassic Triassic Permian Carboniferous
362	Origin of the Seed Gymnosperms (Conifers)	Mississippian
408	<i>Vascular Plants diversify</i>	Devonian
440	Land Plants -cuticle, vascular tissues	Silurian
510	Plants begin to appear on land	Ordovician
		Cambrian