

BOOK IN PROGRESS

UN LIBRO SCRITTO DAGLI INSEGNANTI
PER GLI STUDENTI



BIOLOGIA

Questo book è frutto del lavoro e della collaborazione di:

Anna Maria Ignazzi e Giordano Rini

Istituto Tecnico Industriale Statale "ETTORE MAJORANA" - Brindisi

Francesco Forte

Istituto Tecnico Commerciale "ENRICO TOSI" - Busto Arsizio (VA)

Filomena Sabba

Istituto Tecnico Industriale Statale "ENRICO FERMI" - Francavilla Fontana (BR)

Stefania Giannoni e Lucia Zoppis

Istituto Tecnico Statale "MARIA LETIZIA CASSATA" - Gubbio (PG)

Patrizia Panunzio, Elisabetta Rusconi, Dino Ticli, Giovanni Valsecchi

Istituto Statale di Istruzione Superiore "GIOVANNI BERTACCHI" - Lecco

Mauro Festa Larel

Istituto Superiore "D'ADDA"- Varallo Sesia (VC)

Le fotografie, ove non diversamente indicato, sono di Giovanni Valsecchi.

Impaginazione a cura di Elisabetta Rusconi

Agosto 2011

Book in progress - Biologia secondo anno

PIANO DEL BOOK

SEZIONE A - STRUTTURA E FUNZIONE
DEGLI ECOSISTEMI
di Francesco Forte

SEZIONE B - LA VITA E I VIVENTI
di Giovanni Valsecchi

SEZIONE C - CLASSIFICAZIONE DEGLI
ESSERI VIVENTI
di Giovanni Valsecchi

SEZIONE D - GLUCIDI, LIPIDI,
PROTEINE E DNA
di Mauro Festa Larel, Patrizia Panunzio,
Elisabetta Rusconi

SEZIONE E - LA CELLULA
di Filomena Sabba, Patrizia Panunzio,
Elisabetta Rusconi

SEZIONE F - I MOTI ATTRAVERSO LA
MEMBRANA
di Patrizia Panunzio

SEZIONE G - IL METABOLISMO
di Filomena Sabba, Patrizia Panunzio,
Elisabetta Rusconi

SEZIONE H - DIVISIONE CELLULARE E
RIPRODUZIONE DEGLI ESSERI
VIVENTI
di Anna Maria Ignazzi e Giovanni Valsecchi

SEZIONE I - LA GENETICA
MENDELIANA
di Stefania Giannoni

SEZIONE J - IL DNA IN AZIONE
di Patrizia Panunzio

SEZIONE B - LA VITA E I VIVENTI

di Giovanni Valsecchi



SEZIONE B. LA VITA E I VIVENTI

B.1 - ALLA RICERCA DI UNA DEFINIZIONE DI VIVENTE

Non è facile definire la vita. Chiunque abbia provato a darne una definizione ha trovato serie difficoltà a distinguere chiaramente ciò che è vivente da ciò che non lo è. Se è vero, infatti, che ciascuno di noi è normalmente in grado di distinguere un essere vivente da un oggetto inanimato, risulta molto più difficile arrivare ad una definizione precisa e rigorosa. Ciò che infatti sembra assai intuitivo ad una analisi superficiale, si rivela assai complesso man mano che si approfondisce l'argomento.

Secondo una descrizione assai comune, gli esseri viventi nascono, crescono, si riproducono e muoiono. A livello microscopico si dà

importanza alla costituzione cellulare, alla presenza di acqua e sostanze organiche, come carboidrati, lipidi, proteine, acidi nucleici e vitamine.

Ma tutte queste definizioni sono a volte troppo ampie, altre volte troppo restrittive.

B.1.1 - Tutti gli esseri viventi nascono?

Normalmente il verbo nascere si riferisce agli organismi che fanno parte del regno animale. In effetti la maggior parte degli animali viene generato da una coppia di organismi preesistenti mediante il processo di fecondazione. Successivamente il nuovo organismo si sviluppa e si accresce, generalmente dentro un qualche tipo di struttura protettiva (un uovo, una parte dell'organismo materno) e poi viene alla luce.

Se nascere significa essere generati da qualcosa che è già vivo, allora la definizione può risultare

corretta. Tuttavia, nel linguaggio comune, il verbo nascere è associato al parto nei mammiferi e nell'uomo o, al più, alla schiusa delle uova nel nido di qualche uccellino.

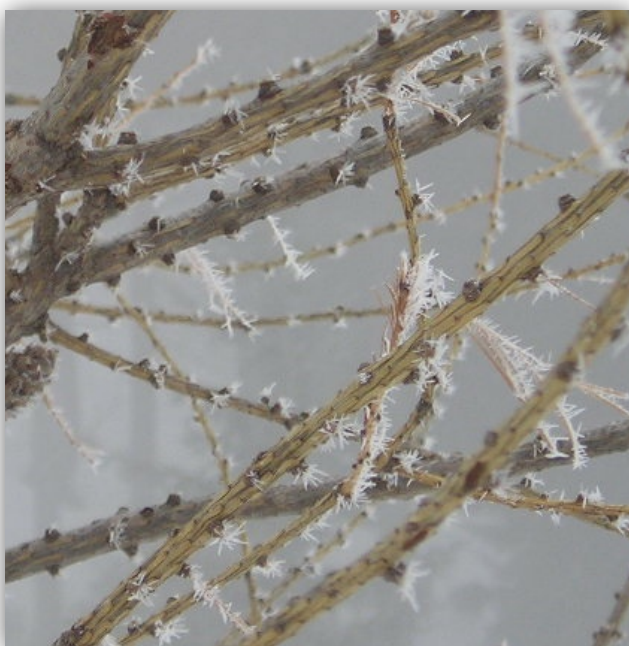
B.1.2 - Tutti gli esseri viventi si accrescono?

In effetti tutti gli esseri viventi in alcuni periodi della loro vita aumentano le loro dimensioni, quindi si accrescono. Ma l'aumento dimensionale riguarda anche strutture non viventi: se facciamo evaporare dell'acqua contenente dei sali in soluzione, assisteremo alla formazione di cristalli che aumenteranno di dimensione man mano che l'acqua evapora. Un fenomeno analogo può essere osservato nelle fredde e serene notti invernali: sui fili d'erba e sulle superfici esposte si formano piccoli aghi di ghiaccio che si accrescono man mano che passa il tempo (Figura 1).

B.1.3 - Tutti gli esseri viventi si riproducono?

La risposta in questo caso è negativa: la riproduzione non è una caratteristica comune di tutti gli organismi viventi. Alcuni muoiono prima di aver raggiunto l'età riproduttiva, per esempio a causa di infezioni o malattie gravi,

Figura 1 – Sottili aghi di ghiaccio in lento accrescimento durante una fredda e umida giornata invernale su rametti di Larice (Larix decidua, Miller).

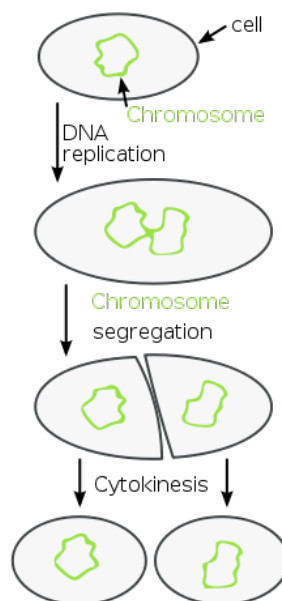


per la mancanza di acqua o di risorse alimentari, o vittime della predazione. Alcuni individui possono essere sterili, cioè incapaci di produrre cellule riproduttive: questo è ad esempio il caso delle api operaie o delle formiche che svolgono un ruolo di difesa nel formicaio.

Ad alcuni organismi può capitare di non avere l'occasione giusta per riprodursi: questo è caratteristico ad esempio degli animali posti più in basso nella gerarchia sociale. Nel caso dei rappresentanti del genere umano, la mancata riproduzione può addirittura essere il risultato di una precisa scelta di vita. Eppure, in nessuno di questi casi possiamo negare di trovarci di fronte ad esseri viventi.

B.1.4 - Tutti gli esseri viventi muoiono?

In apparenza la risposta a questa domanda non può che essere positiva. Piante e animali, gli esseri viventi che siamo abituati ad osservare con maggiore frequenza e che quindi conosciamo meglio, prima o poi invecchiano e muoiono. Tuttavia, se osserviamo il mondo microscopico ci accorgiamo di un fatto sorprendente: la morte non è il destino finale di tutti gli organismi.



I batteri e gli altri organismi unicellulari, infatti, se si trovano in un ambiente favorevole e ricco di risorse, raggiunta una certa dimensione si riproducono attraverso il processo della scissione binaria: la divisione di una cellula preesistente in due nuove cellule (Figura 2).

Possiamo forse dire che la cellula di

Figura 2 – Nel disegno è rappresentata la divisione cellulare di una cellula batterica. In verde è rappresentato il cromosoma batterico, in nero la membrana cellulare.

Fonte: Wikipedia.

partenza è morta? Assolutamente no!

Il materiale di cui era costituita si è suddiviso in due parti circa uguali, ciascuna delle quali, circondata da una membrana, costituisce una nuova cellula.

Con queste premesse, passiamo ora a descrivere una serie di caratteristiche che sono proprie degli esseri viventi che si trovano sulla superficie del nostro pianeta, la Terra. Ovviamente è possibile immaginare che altrove nell'Universo, vi siano altre forme di vita; non è detto, tuttavia, che queste debbano essere per forza simili, a livello macroscopico, microscopico o biochimico, a quelli che conosciamo noi. Le loro caratteristiche saranno il risultato di una storia evolutiva che potrebbe essere anche molto diversa dalla nostra.

B.2 - UN TENTATIVO DI DEFINIRE E DESCRIVERE CIÒ CHE È VIVENTE

B.2.1 - Gli esseri viventi sono oggetti materiali, in quanto caratterizzati da massa e volume

Il semplice intuito in prima battuta ci porterebbe a pensare che gli esseri viventi NON siano oggetti materiali. Questo dipende dal fatto che i viventi hanno proprietà così particolari da distinguerli con molta nettezza dagli oggetti cosiddetti inanimati, cioè non viventi. Queste differenze sono così accentuate da far sembrare incredibilmente riduttiva e inadeguata la collocazione dei viventi nella categoria degli oggetti materiali.

Un oggetto materiale si può definire come un'entità costituita da una certa quantità di materia, la massa, che occupa un dato volume. Da questo punto di vista, quindi, sia un gatto, un albero, un batterio da un lato sia una sedia, un orologio o un computer dall'altro sono accomunati dal fatto di possedere queste due caratteristiche: massa e volume.

È quindi abbastanza evidente, anche se contrario all'intuizione o al senso comune, che **gli esseri viventi sono oggetti materiali**.

Nella Figura 3 si possono osservare tre esemplari maschi di Germano reale (*Anas platyrhynchos*, L.) immersi in acqua bassa e, in



Figura 3 – I germani, i sassi presenti sul fondo e la stessa acqua su cui nuotano i germani sono dotati di massa e occupano un volume.

trasparenza, i sassi del fondo. Sia i germani, sia i sassi sono dotati di massa e occupano un volume: si tratta quindi di oggetti materiali. La stessa acqua liquida è dotata di massa e occupa un volume, quindi anch'essa fa parte del mondo materiale.

Cerchiamo ora di descrivere queste singolari entità, in modo da capire meglio alcune delle loro caratteristiche particolari.

B.2.2 - Dal punto di vista fisico, gli organismi viventi sono sistemi aperti, in quanto sono continuamente attraversati da flussi di materia e di energia.

Quando si affronta lo studio di un oggetto qualsiasi, vivente o non vivente, vengono utilizzati due termini chiave dei quali è bene conoscere il significato: sistema e ambiente.

Il **sistema** si può definire come la porzione di ambiente che si sta analizzando, l'**ambiente** è ciò che circonda l'oggetto di studio.

In fisica, i sistemi si classificano in base alla possibilità o meno di scambiare con l'esterno materia ed energia. Si distinguono così **sistemi isolati**, che non scambiano energia, né materia con l'esterno, **sistemi chiusi**, che scambiano solo energia e **sistemi aperti** che scambiano sia energia, sia materia con l'ambiente esterno.

Un termos chiuso è un sistema utilizzato per mantenere calde o fredde le bevande che vi vengono racchiuse. Per questo scopo, il contenitore interno è circondato da uno strato di materiale isolante che rallenta lo scambio di calore (energia termica) con l'esterno. In un termos ideale la temperatura interna si dovrebbe mantenere costante, annullando qualsiasi scambio di energia tra interno ed esterno; se si riuscisse a realizzarlo, sarebbe un sistema isolato.



Una bottiglia di salsa di pomodoro è un esempio di sistema chiuso.

Per una buona conservazione è importante che la salsa al suo interno non venga contaminata da microrganismi presenti nell'ambiente esterno. Il vetro non è un materiale isolante, e così, se la bottiglia viene messa in frigorifero, in breve il suo contenuto si raffredda fino a raggiungere la temperatura presente all'interno del frigo stesso.



Un cesto con della frutta è un esempio di sistema aperto. La frutta presente è continuamente sottoposta al contatto con l'aria della stanza e con le spore delle muffe in essa presenti ed eventualmente con piccoli animali, ad esempio insetti. La mela con la macchia marrone è stata infettata da spore e la muffa che si sta sviluppando è responsabile del cambiamento di colore e consistenza del frutto.

Tornando quindi all'argomento del titolo, possiamo allora affermare che **gli esseri viventi**



sono **sistemi aperti**: essi scambiano materia ed energia con l'ambiente esterno.

Ogni tipo di vivente introduce ed espelle sostanze caratteristiche.

Ogni essere vivente introduce in continuazione materiali diversi che vengono prelevati dall'ambiente naturale in cui esso si trova a vivere. Al tempo stesso, nell'ambiente vengono continuamente riversate sostanze chimiche differenti, prodotte dal metabolismo.

Piante, alghe e batteri fotosintetici introducono acqua, ioni minerali e anidride carbonica e rilasciano ossigeno.

Le **piante terrestri** (Figura 4) introducono acqua liquida e ioni minerali prelevate dalla soluzione circolante del terreno mediante le radici e scambiano con l'atmosfera anidride carbonica e ossigeno attraverso piccole aperture poste sulle foglie: gli stomi. Attraverso le medesime aperture, continuamente fluisce in



Figura 4 - Graminacee

atmosfera una grande quantità di vapore acqueo, in un processo detto traspirazione.

Le **piante acquatiche** (Figura 5), le **alghe** e i **batteri fotosintetici** prelevano e rilasciano le sostanze di cui si è detto, scambiandole direttamente con l'ambiente acquoso circostante, attraverso le superfici corporee.

Figura 5 - L'alga verde *Caulerpa Taxifolia*
Fonte: Wikipedia.



Gli animali introducono nel loro apparato digerente acqua e alimenti differenti che consistono generalmente in parti di altri esseri viventi (piante o altri animali), formate da sostanze organiche complesse e nel loro sistema respiratorio aria contenente ossigeno, che viene assorbito e passa nel sangue o negli altri liquidi interni. Essi espellono acqua (contenuta nel sudore, nelle urine, nelle feci) e sostanze organiche diverse e più semplici rispetto a quelle introdotte (contenute in particolare negli escrementi).

Lo scoiattolo rosso (*Sciurus vulgaris*, L.) della foto seguente si nutre di semi che rinviene nell'ambiente, si abbevera ai corsi d'acqua montani e immette continuamente nei suoi polmoni aria, da cui estrae l'ossigeno indispensabile ai suoi processi vitali, che viene trasportato a tutto il corpo dal sangue, pompato dal cuore. Più volte al giorno emette feci e urine e continuamente con la respirazione rilascia nell'ambiente anidride carbonica e vapore acqueo (Figura 6).



Figura 6 - Uno scoiattolo rosso fotografato nel Parco dello Stelvio.

Funghi, muffe (Figura 7) e **batteri** introducono dall'ambiente esterno acqua e sostanze organiche semplici disciolte in essa ed emettono nell'ambiente esterno acqua in eccesso e ioni minerali. Anche i gas respiratori sono scambiati con l'ambiente attraverso le superfici corporee.



Figura 7 - Tre mandarini colonizzati dalla muffa.

Ogni tipo di vivente assume e rilascia diverse forme di energia.

Oltre alla materia, gli organismi viventi scambiano energia con l'ambiente esterno: assumono dall'esterno energia luminosa (autotrofi) o energia chimica (eterotrofi) e rilasciano energia termica inutilizzabile, in forma di calore a bassa temperatura.

Le piante ad esempio sono in grado di assorbire e utilizzare la luce del sole come fonte di energia per il proprio sostentamento, l'energia è incorporata nella materia vivente attraverso il



Figura 8 - Le piante utilizzano come fonte di energia la luce del Sole. (Lariceto e prato, Valle Alpisella, Parco dello Stelvio)

processo di fotosintesi, mediante il quale acqua e anidride carbonica sono trasformate in glucosio, una sostanza organica ricca di energia chimica, e ossigeno molecolare, in gran parte rilasciato nell'ambiente (Figura 8).

La stragrande maggioranza degli altri esseri viventi sono in grado di utilizzare solamente l'energia contenuta in sostanze chimiche complesse già preformate dalle piante e dalle alghe o da altri organismi viventi (sostanze organiche). Gli animali introducono tali sostanze dall'esterno in forma di cibo, con

l'alimentazione; successivamente le sostanze in esso contenute vengono digerite all'interno del corpo. Funghi, muffe e batteri crescono e si sviluppano su sostanze organiche complesse, le digeriscono all'esterno del proprio corpo e ne assorbono i prodotti, ancora estremamente ricchi di energia chimica (Figura 9).

In tutti i casi gli organismi viventi utilizzano l'energia delle sostanze autoprodotte o introdotte dall'esterno per mantenersi semplicemente in vita, per accrescersi dimensionalmente, per generare nuovi esseri viventi simili o uguali a se stessi.



Figura 9 - Il mandarino a sinistra, colonizzato dalla muffa, è già parzialmente digerito. Si noti la flaccidezza dei tessuti, rispetto a quello integro posto a destra.

B.2.3 - Dal punto di vista termodinamico, gli esseri viventi si possono considerare sistemi dissipativi.

Il verbo dissipare alla lettera significa sprecare, buttare via. In realtà i viventi non sprecano proprio nulla e utilizzano le risorse ambientali in modo molto efficiente.

Tuttavia, se si fa riferimento alle trasformazioni che l'energia subisce all'interno di un organismo vivente, ci si accorge che l'energia che entra o che viene assorbita si trova in forme più "nobili" e quindi maggiormente utilizzabili, come la luce o l'energia chimica, rispetto a quella che viene reimpressa nell'ambiente. Tutti gli esseri viventi, infatti, emettono in

SFATIAMO I LUOGHI COMUNI

Non è vero che le piante fanno la fotosintesi per produrre l'ossigeno.

Le piante hanno bisogno di ossigeno, ma ne producono quantità molto maggiori rispetto alle loro necessità. Il resto è rilasciato nell'ambiente.

Scopo principale della fotosintesi è quello di produrre il glucosio

continuazione nell'ambiente esterno calore a bassa temperatura, la forma meno "nobile", e pertanto poco o per niente utilizzabile, tra tutte le forme di energia.

Per alcuni tipi di organismi, come gli animali a sangue caldo, questo fatto è più evidente, mentre per altri, come le piante, i funghi o i batteri, è più nascosto. Tuttavia misurazioni accurate ripetute nel tempo nelle circostanze più diverse hanno sempre confermato questo dato.

Questa trasformazione non è fine a se stessa, ma al contrario ha un ruolo veramente essenziale: gli organismi viventi, infatti, sono in grado di mantenere la propria struttura ordinata e la funzionalità delle componenti che li costituiscono solo grazie a questo continuo flusso di energia che li attraversa.

Gli esseri viventi e l'intera biosfera possono mantenere il proprio ordine solo grazie ad un **continuo flusso di energia che proviene dall'esterno**: per i singoli organismi la fonte di energia è presente nell'ambiente, per la biosfera la fonte di energia è la luce del Sole e, secondariamente, il calore da esso emesso; luce e calore investono continuamente il nostro pianeta.

Il **calore solare** garantisce quel che può essere definito un prerequisito per l'esistenza della vita così come la conosciamo: esso, infatti, mantiene la temperatura della superficie terrestre ad un livello compatibile con la presenza di acqua liquida, necessaria per la vita, in quanto tutti i processi chimici caratteristici della vita si svolgono in acqua liquida.

La **luce solare** è assolutamente indispensabile, poiché è grazie ad essa che gli organismi vegetali possono svolgere il processo di fotosintesi; poiché tutti gli organismi viventi presenti sul pianeta, con poche eccezioni,

dipendono per il loro sostentamento da piante e alghe, possiamo quindi affermare che la luce solare è indispensabile per tutti gli organismi viventi.

Se questo flusso di energia solare dovesse venir meno, la vita sulla Terra non potrebbe continuare a lungo: nessun organismo è infatti in grado di mantenersi in vita senza attingere energia dall'ambiente esterno. In assenza di energia luminosa e termica gli esseri viventi morirebbero uno dopo l'altro, dapprima i produttori, piante e alghe, poi gli organismi consumatori che di esse si nutrono e infine i decompositori, funghi e batteri, che trovano il loro sostentamento nei prodotti di scarto e nei residui degli altri organismi; la superficie terrestre diverrebbe in breve un deserto buio, privo di vita e avvolto nella morsa del freddo.

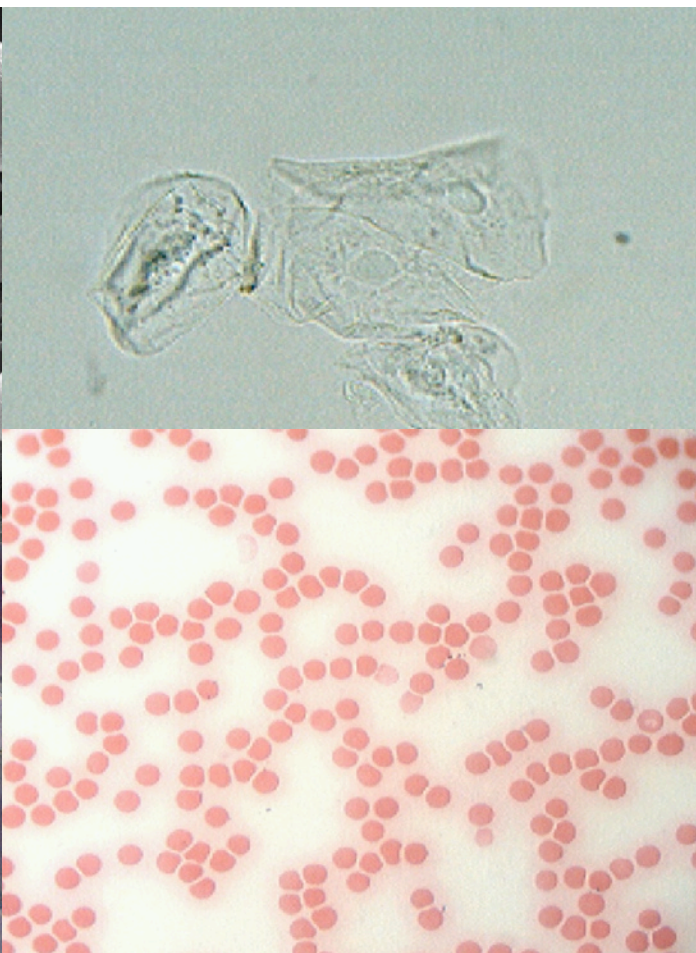
B.2.4 - Dal punto di vista strutturale, gli esseri viventi sono sistemi enormemente complessi.

Se paragonato ad un qualsiasi oggetto naturale o di uso comune un sasso o un televisore, un organismo vivente appare sostanzialmente differente e incredibilmente più complicato e difficile da descrivere. Anche oggetti molto più grandi (stelle o pianeti) o complessi (un automa o un personal computer) non reggono il confronto con la complessità che caratterizza una singola cellula batterica o il cervello di un essere umano (Figura 10 alla pagina seguente).

A causa di questa complessità, che caratterizza in vario grado TUTTI gli esseri viventi, è semplicemente impossibile ottenere un organismo vivente dalla materia non vivente. Anche nei laboratori scientifici più avanzati e dotati di grandi risorse nessuno è ancora riuscito a far avvenire questo "miracolo". In natura

SEZIONE E - LA CELLULA

di Filomena Sabba, Patrizia Panunzio, Elisabetta Rusconi



SEZIONE E - LA CELLULA

Tutti gli esseri viventi sono formati da una o più cellule, che costituiscono le unità strutturali e funzionali di tutti gli organismi viventi.

Ci sono due tipi fondamentali di cellule: la **cellula procariotica** e la **cellula eucariotica**; la differenza fondamentale tra i due tipi di cellule consiste nel diverso modo in cui è organizzato il materiale ereditario al loro interno.

La **forma di una cellula** dipende da fattori fisici e funzionali. Se una cellula si trova in ambiente acquoso, essa tende ad assumere una forma sferica per effetto della tensione superficiale. Tuttavia, esiste una stretta relazione tra la forma di una cellula e la sua funzione: le cellule epiteliali, ad esempio, hanno una forma

appiattita, poiché risentono della pressione degli strati cellulari sovrastanti e sottostanti; le cellule che formano i muscoli, le fibre muscolari, hanno forma allungata per potersi contrarre; le cellule nervose, i neuroni, possiedono una struttura fortemente ramificata per poter ricevere, attraverso sottili ramificazioni definite dendriti, e trasmettere, attraverso un prolungamento del corpo cellulare definito assone o neurite, gli impulsi nervosi.

E.1 - LA CELLULA PROCARIOTICA

Nelle cellule procariotiche il materiale genetico è costituito da una grossa molecola di **DNA** associata ad alcune **proteine**, che insieme costituiscono il **cromosoma** (Figura 1). Quest'ultimo è immerso nel citoplasma in una regione detta **zona nucleare o nucleotide**. Nel

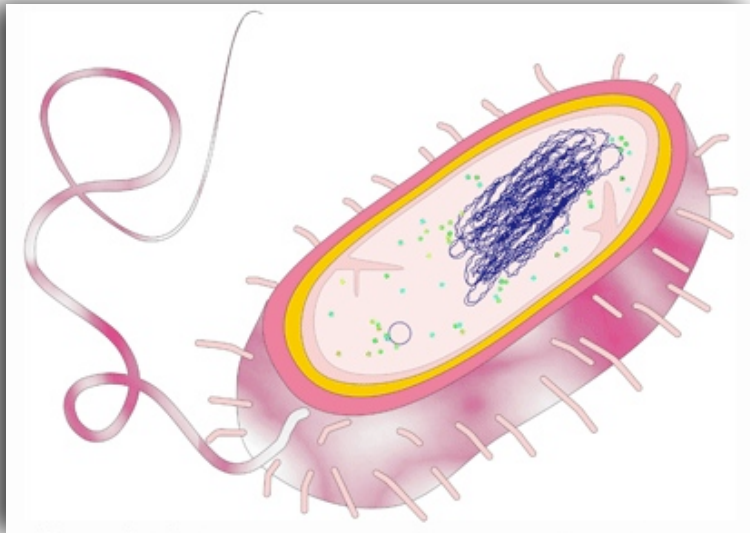


Figura 1 - La cellula procariotica. Rappresentazione schematica di un batterio flagellato. E' evidente, in blu, il DNA circolare disposto nella zona detta nucleotide e, in rosa, la parete cellulare. In verde sono indicati i ribosomi.

Fonte www.unisr.it/biotechbook

citoplasma sono presenti anche piccole strutture, i **ribosomi**, formati da RNA ribosomiale e da proteine. I ribosomi delle cellule procariotiche sono più piccoli rispetto a quelli delle cellule eucariotiche. In entrambi i tipi di cellula, essi svolgono un ruolo molto importante in quanto assemblano i vari amminoacidi nella sintesi proteica.

DIAMO I NUMERI

Dimensioni cellula procariotica
da 1 a 10 μm

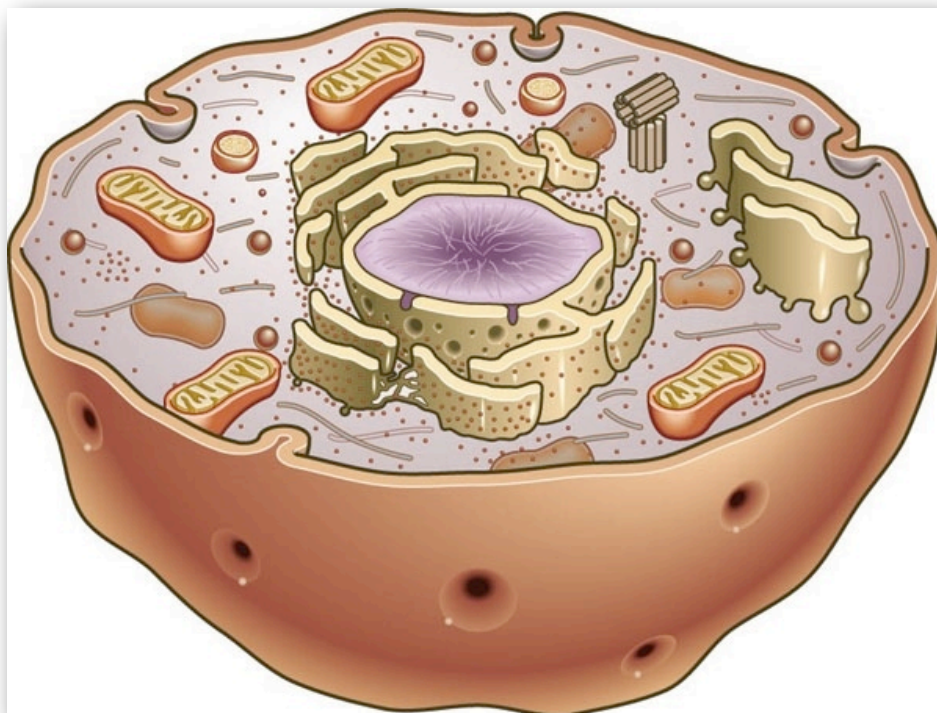
Dimensioni cellula eucariotica
da 10 a 100 μm

1 μm (micrometro) = 0,001 mm

E.2 - LA CELLULA EUCARIOTICA

Contrariamente alla cellula procariotica, all'interno della quale non vi sono separazioni fisiche tra le parti diverse cosicché tutti i

Figura 2 - La cellula animale.



processi cellulari si svolgono in un ambiente comune, la cellula eucariotica è caratterizzata da un'accentuata **compartimentazione**. Gli organuli, i sistemi di membrane interne al citoplasma e il nucleo determinano la separazione dello spazio cellulare interno in tanti comparti distinti.

Questa suddivisione interna comporta vantaggi importanti, poiché permette lo svolgersi di processi diversi in parti distinte della cellula, senza che i relativi enzimi, o i prodotti intermedi e finali di un processo possano interferiscano con quelli di un altro processo.

Vi sono diversi tipi di cellule eucariotiche, a seconda della tipologia dell'organismo vivente cui esse appartengono: animali, piante, funghi e muffe, protisti, alghe.

Per semplicità, in questa trattazione verranno considerate solamente le cellule animali (Figura 2) e vegetali (Figura 3).

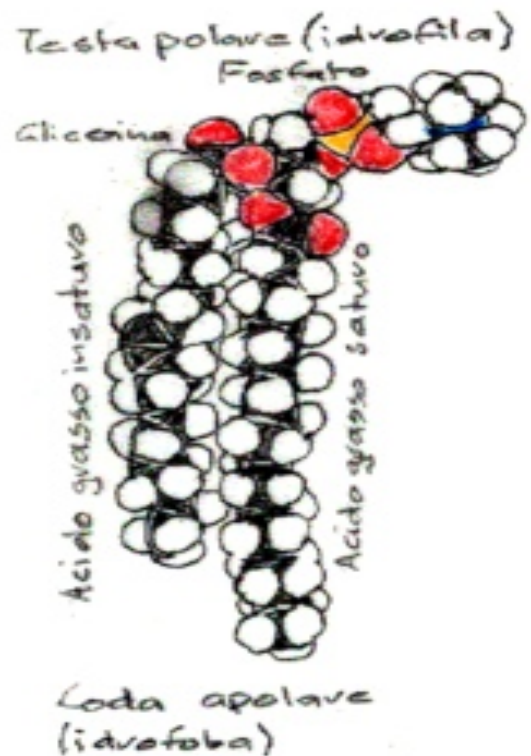
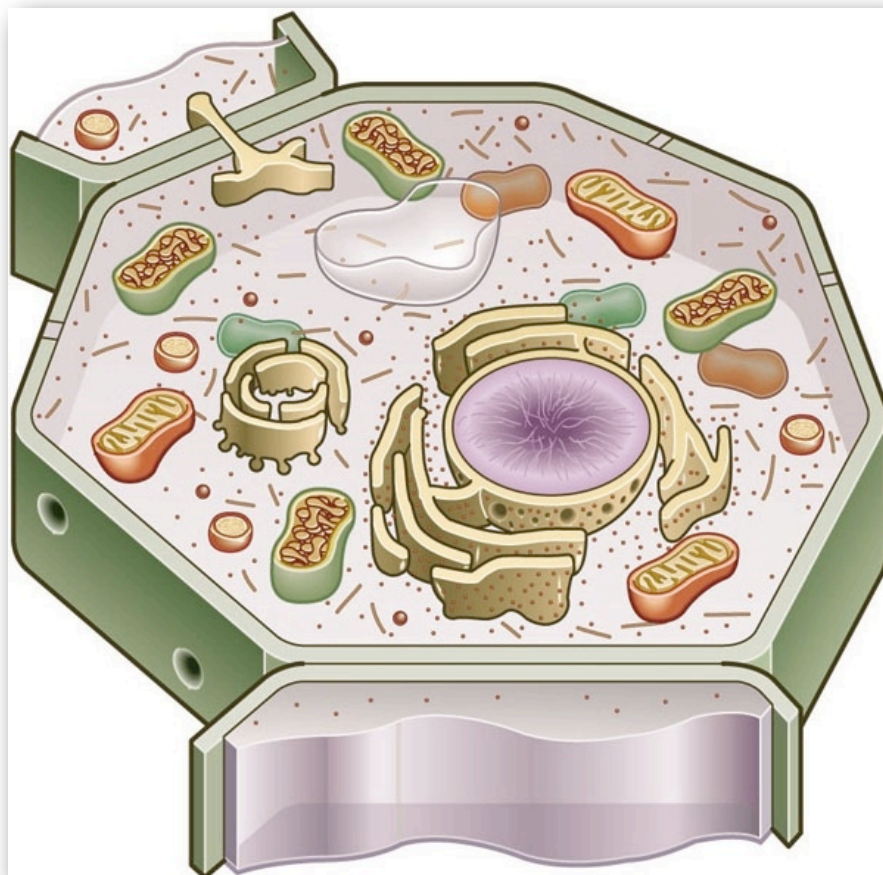


Figura 3 - La cellula vegetale.

Figura 4 - Struttura di un fosfolipide.
Fonte: Wikipedia



Nella **cellula animale** troviamo la membrana cellulare, il citoplasma e il nucleo. Il citoplasma è costituito da una parte liquida, il citosol, da strutture estese, come il citoscheletro, il reticolo endoplasmatico liscio e rugoso, l'apparato del Golgi, e da organuli, ad esempio i ribosomi, i mitocondri, i lisosomi, i centrioli, ecc.

Oltre a tutte le strutture e gli organuli della cellula animale, nella **cellula vegetale** troviamo, anche la parete cellulare, i vacuoli, i plastidi.

E.3 - LE MEMBRANE

Nelle cellule procariotiche l'unica membrana presente è quella che delimita il citoplasma, quindi la cellula stessa; nelle cellule eucariotiche esistono anche altre membrane che rivestono o costituiscono strutture cellulari interne; come vedremo, vi sono strutture estese e strutture circoscritte: queste ultime sono chiamate **organelli** (organuli cellulari).

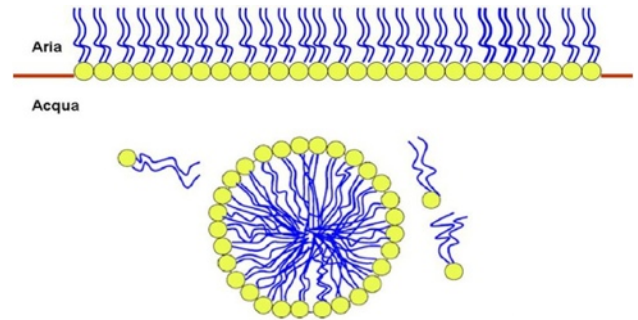
Tutte le cellule posseggono membrane con una struttura di base simile e sono costituite per il 60% da **proteine** e per il 40% da **fosfolipidi** disposti in un doppio strato. Tuttavia, la struttura delle membrane non è simmetrica, in quanto proteine e lipidi che si trovano su una faccia della membrana non sono uguali a quelli presenti sull'altra.

I **fosfolipidi** (Figura 4) sono formati da molecole in cui si può distinguere una porzione polare idrofila e una porzione non polare idrofoba costituita da acidi grassi: per questo motivo sono definite **anfipatiche**. Sulla superficie dell'acqua le molecole fosfolipidiche si dispongono spontaneamente a formare **monostrati**, con le teste idrofile disposte in acqua e le code idrofobe rivolte verso l'alto.

DIAMO I NUMERI

Spessore membrana plasmatica 5 nm

1 nm (nanometro) = 10^{-6} mm
cioè un milionesimo di millimetro



Se vengono immerse nell'acqua, tali molecole formano **piccole sfere** o **doppi strati**, con le code rivolte le une verso le altre.

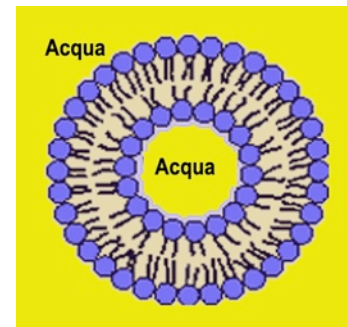


Figura 5 - Disposizione di fosfolipidi in acqua.
Fonte: http://it.wikipedia.org/wiki/File:Micelle_fosfolipidi.jpg

Capita che questi doppi strati si richiudano su se stessi a formare piccole **vescicole** in cui si distingue chiaramente l'ambiente esterno dall'interno (figura 5): queste strutture ricordano le cellule, in quanto le membrane cellulari sono appunto formate da un doppio strato fosfolipidico. Nelle membrane, i fosfolipidi fungono da barriera per le sostanze in soluzione acquosa e conferiscono elasticità alla membrana.

Le **proteine** delle membrane biologiche svolgono molti dei ruoli funzionali della membrana stessa. Il contenuto di proteine varia da una membrana all'altra ed è in stretto rapporto con la funzionalità della cellula. Le proteine sono abbondanti nelle membrane dei mitocondri e dei plastidi, mentre nella membrana plasmatica il rapporto tra proteine e fosfolipidi è 1 a 1.

A seconda della loro collocazione rispetto alla membrana, le proteine si definiscono integrali o intrinseche, oppure periferiche o estrinseche. Le

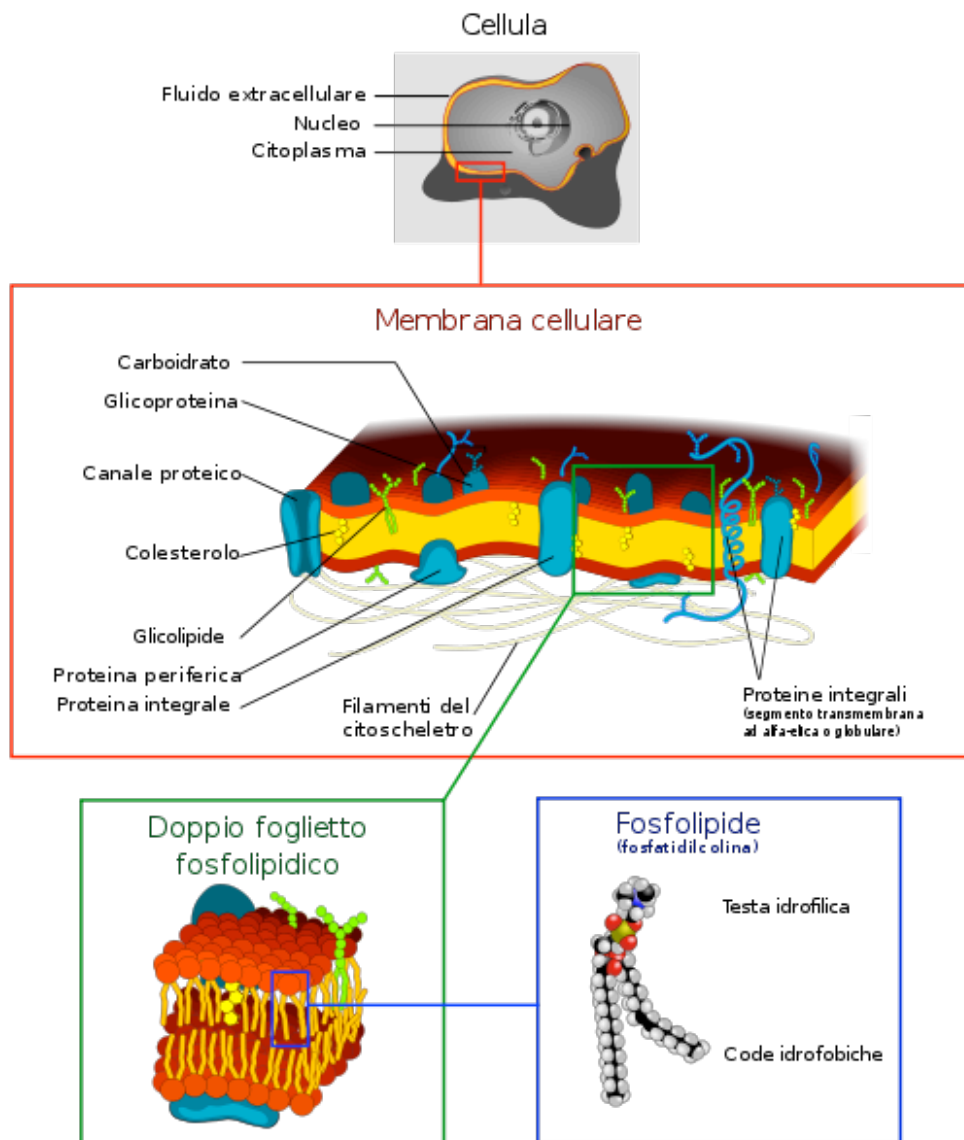


Figura 6 - Struttura della membrana.

Nella figura a sinistra è possibile osservare un particolare della membrana cellulare, con evidenziate le sostanze di cui è costituita.

Si notano in azzurro le proteine periferiche o integrali e di trasporto (proteine canale), i glicolipidi in verde, i carboidrati associati alle proteine in blu e il colesterolo, in colore giallo.

Nei dettagli:

* in basso a sinistra i fosfolipidi con le code rivolte verso il centro del doppio strato, le proteine che sporgono sia verso l'interno che verso l'esterno della membrana

* in basso a destra il dettaglio di un fosfolipide con la testa polare (idrofila) e la coda non polare (idrofoba)

Fonte: http://it.wikipedia.org/wiki/File:Cell_membrane_detailled_diagram_4_it.svg

proteine integrali si trovano totalmente affondate nel doppio strato di fosfolipidi e sporgono da ambo i lati, mentre le **proteine periferiche** sono immerse solo parzialmente nel doppio strato di fosfolipidi, sporgendo eventualmente da una sola parte della membrana.

Le **proteine** delle membrane svolgono numerose funzioni: alcune di esse contribuiscono a regolare il passaggio delle sostanze, ricoprendo il ruolo di trasportatori molecolari e ionici, (**proteine integrali**); altre possono fungere da recettori oppure svolgere una funzione enzimatica (**proteine periferiche**), altre ancora hanno un ruolo prevalentemente strutturale.

E.3.1 - La membrana plasmatica

La membrana cellulare, detta anche membrana plasmatica o **plasmalemma**, è un sottile rivestimento costituito da un doppio strato fosfolipidico che avvolge tutte le cellule e le separa dall'ambiente esterno (Figura 6).

La membrana è detta **semi-permeabile**, dal momento che permette ad alcune sostanze di passare liberamente (ad esempio ossigeno molecolare, anidride carbonica e acqua), ad altre sostanze di passare in maniera controllata (ad esempio ioni minerali, piccole molecole organiche), ad altre sostanze di non passare affatto (ad esempio le macromolecole).

Sulla superficie esterna della membrana sono presenti anche numerosi recettori, proteine che permettono alla cellula di rispondere prontamente ai **segnali chimici** provenienti dall'esterno.

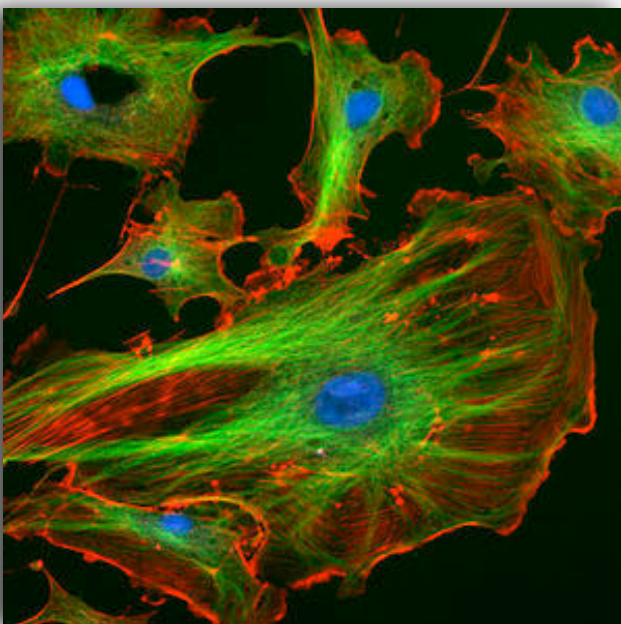
Il modello della membrana cellulare viene definito a **mosaico fluido**, in quanto i componenti chimici che la costituiscono, lipidi e proteine, sono disposti l'uno accanto all'altro come le tessere di un mosaico, ma sono in grado di muoversi, compiendo movimenti laterali nell'ambito del medesimo strato.

Lipidi e proteine sono tenuti insieme da legami non covalenti. La fluidità di una membrana aumenta con l'aumentare della temperatura, con la presenza di acidi grassi insaturi o acidi grassi a corta catena: quanto più lunghe sono, infatti, le catene, tanto maggiori sono le interazioni tra esse: tali interazioni sono di ostacolo ai movimenti laterali.

E.4 - IL CITOPLASMA

Il citoplasma è costituito da una soluzione acquosa dalla consistenza gelatinosa, il **citosol**, e da tutti gli organuli e strutture cellulari che compongono la cellula. Tali strutture sono ancorate ad una impalcatura proteica, nota come citoscheletro.

Nel citoplasma sono presenti gli enzimi responsabili del processo di **glicolisi**, la prima



fase della bioossidazione del glucosio; mediante la glicolisi, la molecola di glucosio è progressivamente trasformata in due molecole più piccole, che poi, ulteriormente modificate, entrano nei mitocondri e subiscono il ciclo di Krebs.

Il processo intero di **bioossidazione del glucosio** (vedi Sezione G) porta alla liberazione dell'energia chimica in esso contenuta e al suo immagazzinamento in forma di ATP, la sostanza che tutte le cellule utilizzano come fonte di energia per i propri processi vitali endoenergetici.

La bioossidazione del glucosio consiste nella trasformazione di una molecola di glucosio e 6 di ossigeno molecolare in 6 molecole di anidride carbonica e 6 molecole d'acqua. A questo processo è associata la sintesi di 36 molecole di ATP.



(Vedi Sezione G)

E.4.1 - Il citoscheletro

Il **citoscheletro** (Figura 7) è una struttura estremamente flessibile che si trova in tutte le cellule eucariotiche ed è formato da **microtubuli**, strutture intracellulari molto allungate costituite da una proteina chiamata **tubulina**.

Il citoscheletro ha una funzione molto importante nella disposizione degli organuli all'interno della cellula. Con le sue contrazioni ritmiche, esso determina un continuo **rimiscelamento del citosol**, essenziale per fare avvenire le reazioni chimiche interne alla cellula: è infatti necessario, affinché una reazione possa avvenire, che le molecole dei

Figura 7 - Il citoscheletro.

La tubulina è evidenziata in verde, l'actina in rosso. Il nucleo delle cellule è di colore blu.

Fonte: Wikipedia

reagenti e dei sistemi enzimatici vengano a contatto le une con gli altri; se il citosol si mantenesse fermo, questo contatto non potrebbe verificarsi. Il citoscheletro gioca inoltre un ruolo essenziale durante la formazione del **fuso mitotico**, una struttura che diventa visibile poco prima della divisione cellulare, durante la **mitosi**, il processo mediante il quale si attua la corretta ripartizione dei cromosomi tra le due future cellule figlie (vedi Sezione H).

Microtubuli modificati nella loro struttura possono svolgere funzione di collegamento con le cellule circostanti o possono formare **ciglia e flagelli**.

E.4.2 - I ribosomi

I ribosomi (Figura 8) sono costituiti da catene di **RNA ribosomiale** (rRNA) associate a proteine; le forze che tengono uniti questi componenti sono di tipo non covalente: in laboratorio è infatti possibile montare e smontare un ribosoma, variando in maniera assai blanda le condizioni dell'ambiente senza che si determinino rotture di legami chimici.

Si differenziano in base al coefficiente di sedimentazione S che dipende dalla loro massa, forma e volume. Si distinguono i ribosomi **70S**, presenti nelle cellule procariotiche, nei mitocondri e nei plastidi dai ribosomi **80S** tipici delle cellule eucariotiche.

Il sito di sintesi e stoccaggio dell'RNA ribosomiale è il nucleolo. Le informazioni per la sintesi dell'RNA ribosomiale sono localizzate sulle molecole del DNA. Quando i nucleoli

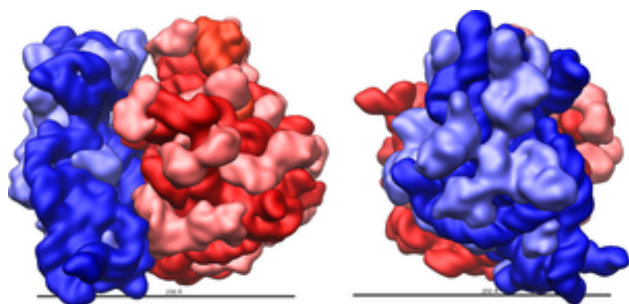


Figura 8 - I ribosomi.
In rosso e in blu sono evidenziata le due subunità.
Fonte: Wikipedia

mancano, per esempio nelle cellule procariotiche, l'assemblaggio dei ribosomi avviene nel citoplasma.

I ribosomi sono la sede del processo di sintesi proteica: in base alle informazioni ricevute dal nucleo cellulare, essi sono in grado di unire gli aminoacidi in una sequenza precisa per formare le proteine (vedi Sezione J).

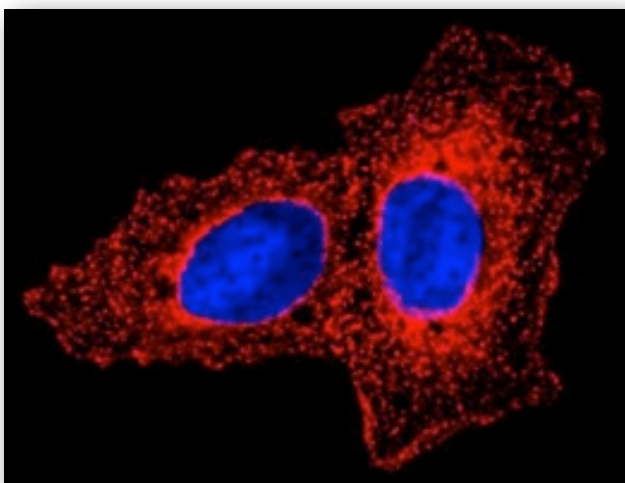
E.4.3 - Il reticolo endoplasmatico liscio e rugoso

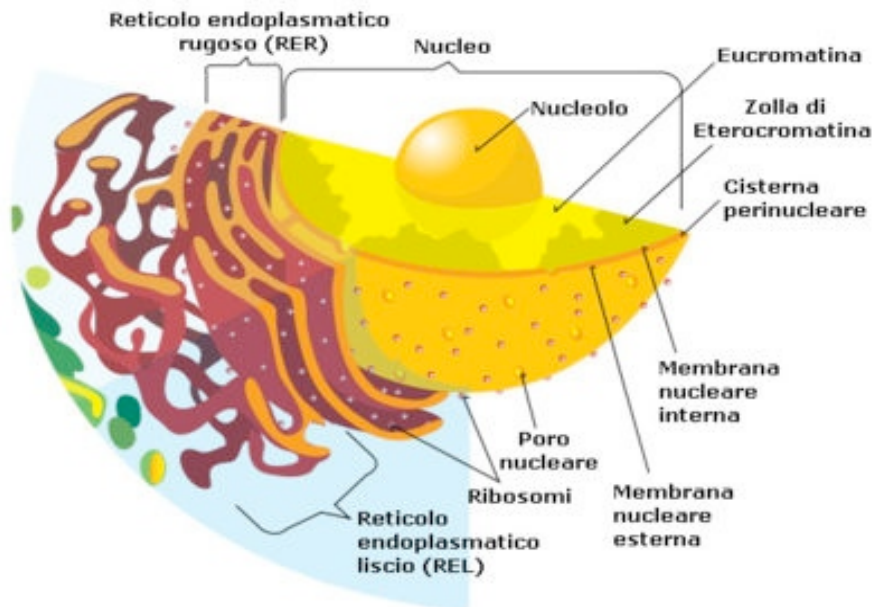
Come si può notare nelle Figure 9 e 10, il reticolo endoplasmatico è un **sistema di membrane** in continuità con la membrana nucleare; tali membrane sono ripiegate più volte su se stesse a formare compartimenti separati all'interno delle cellule.

Il **reticolo endoplasmatico rugoso** prende il nome dal fatto che la superficie è caratterizzata dalla presenza di ribosomi; il **reticolo endoplasmatico liscio** non presenta ribosomi.

Le proteine sintetizzate dai ribosomi vengono racchiuse in vescicole prodotte dal reticolo endoplasmatico; tali vescicole vengono portate verso l'esterno della cellula o inviate all'apparato di Golgi se necessitano ulteriori modificazioni. In quest'ultimo caso, le vescicole si fondono con le membrane dell'apparato di

Figura 9 - Immagine al microscopio a fluorescenza che evidenzia due cellule vicine. In blu i nuclei, in rosso il reticolo endoplasmatico.
Fonte: www.unisr.it/biotechbook





*Figura 10 - Il Reticolo endoplasmatico rugoso e il reticolo endoplasmatico liscio.
Nel disegno è evidenziata la posizione dei due tipi di reticolo endoplasmatico rispetto al nucleo della cellula.
Sulla membrana esterna del reticolo rugoso sono presenti i ribosomi.
Fonte: Wikipedia*

Golgi, riversandone al suo interno il loro contenuto (Figura 11).

Le cellule secernenti, cioè quelle che producono grandi quantità di sostanze che devono poi essere convogliate fuori dalla cellula, ad esempio le cellule delle ghiandole che secernono ormoni, hanno un reticolo endoplasmatico rugoso molto sviluppato.

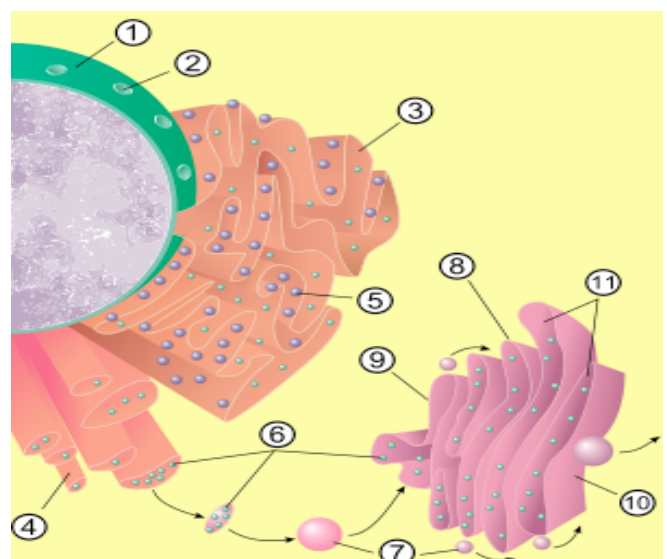
E.4.4 - L'apparato di Golgi

L'apparato di Golgi si trova in tutte le cellule eucariotiche. E' costituito da un certo numero di **membrane appiattite** richiuse su se stesse, prevalentemente di forma tondeggiante, dette **sacculi** (Figura 12).

Questi sacculi sono in grado di unire a sé le vescicole prodotte dal reticolo endoplasmatico; contemporaneamente, nella zona periferica dei **sacculi** si producono dei rigonfiamenti che si staccano per mezzo di una strozzatura e diventano vescicole indipendenti con diversa destinazione.

Nell'apparato di Golgi esiste quindi una **zona di formazione** e una di **zona di maturazione** delle

*Figura 11 -
1. Membrana nucleare;
2. Poro nucleare
3 Reticolo endoplasmatico rugoso
4 Reticolo endoplasmatico liscio
5 Ribosomi
6. Macromolecole
7. Vescicole
8 Apparato del Golgi
9. Faccia di formazione
10 Faccia di maturazione
11. Sacculi dell'apparato del Golgi
Fonte: Wikipedia*



BARTOLOMEO EMILIO CAMILLO GOLGI

Premio Nobel per la medicina anno 1906

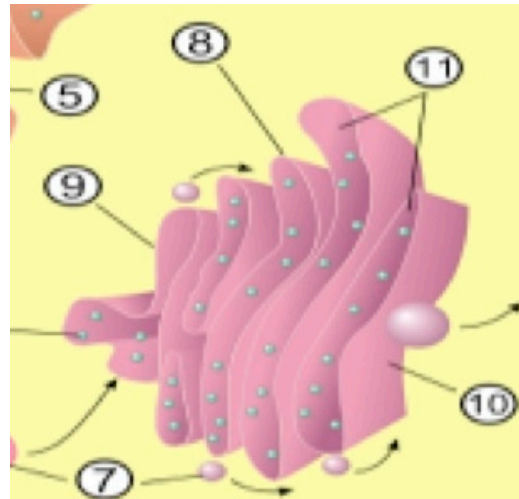


Figura 12 - L'apparato del Golgi: ingrandimento della figura alla pagina precedente. Prova a ricordare a cosa corrispondono i numeri. Fonte: Wikipedia modificato.

vescicole: esso quindi ha una sua polarità morfologica, che corrisponde ad una polarità funzionale. Le membrane della faccia di formazione somigliano chimicamente a quelle del reticolo endoplasmatico mentre quelle della faccia di maturazione hanno una composizione chimica più simile a quella della membrana cellulare.

Le vescicole che l'apparato di Golgi riceve dal reticolo endoplasmatico liscio o rugoso contengono **materiali da rielaborare**: le proteine che si formano sui ribosomi subiscono modificazioni all'interno dei sacculi dell'apparato di Golgi. Una volta assemblate e rielaborate con l'aggiunta di lipidi, glucidi o altre sostanze, esse vengono racchiuse nelle nuove vescicole generate dai sacculi; tali vescicole vengono successivamente inviate in zone diverse della cellula oppure possono unirsi al plasmalemma, riversando il loro contenuto all'esterno della cellula, con un processo detto **esocitosi**.

Alcune vescicole prodotte dall'apparato di Golgi originano i **lisosomi**, delimitati da un solo strato di membrana e contenenti gli enzimi idrolitici responsabili dei **processi catabolici**,

ossia delle reazioni di idrolisi che portano alla scomposizione di molecole organiche complesse, quali i polisaccaridi, le proteine, i lipidi complessi e gli acidi nucleici, in molecole organiche semplici, come i monosaccaridi, gli aminoacidi, i lipidi semplici, i nucleotidi.

E' importante che gli **enzimi idrolitici** contenuti nei lisosomi restino separati dalle diverse strutture cellulari, per evitare l'autodigestione della cellula.

Il numero dei lisosomi è molto elevato in quegli organismi viventi unicellulari che si nutrono per fagocitosi (vedi Sezione F); nell'organismo umano, essi sono particolarmente numerosi nei macrofagi, particolari globuli bianchi che hanno il compito di fagocitare e demolire virus, batteri e altro materiale estraneo per difendere l'organismo da agenti esterni. Nei tessuti il numero di lisosomi aumenta con l'invecchiamento tissutale e il loro mal funzionamento può essere causa di varie patologie.

E.4.5 - I mitocondri

I mitocondri (Figure 13 e 14) si trovano in tutte le cellule eucariotiche e sono la sede della respirazione cellulare. Il numero dei mitocondri

contenuti nelle cellule è variabile ed è maggiore nelle cellule in cui avviene una più intensa respirazione cellulare, ad esempio nel tessuto muscolare.

Nella maggior parte dei casi il mitocondrio è **reniforme**, a forma di rene o fagiolo, con una lunghezza di circa 2 micron e una larghezza di circa 1 micron.

Osservati al microscopio elettronico, i mitocondri appaiono dotati di una **doppia membrana**: la più esterna è distesa e delimita il mitocondrio, quella interna è ripiegata su se stessa a formare pieghe rivolte verso l'interno, delle **creste mitocondriali**. La grande superficie di membrana così ottenuta è in grado di ospitare un gran numero di molecole enzimatiche, e garantisce in questo modo una grande efficienza ai processi da essi svolti. Lo spazio compreso tra le due membrane è definito **spazio intermembrana**, il materiale contenuto nella membrana interna è definito **matrice mitocondriale**.

Nella matrice mitocondriale sono presenti gli enzimi del **ciclo di Krebs** (vedi Sezione G), la sequenza di reazioni che porta all'ossidazione delle molecole organiche.

Altre sostanze presenti nella matrice sono il DNA, i ribosomi 70S, il RNA, sia messaggero, sia di trasporto, sia ribosomiale; questi materiali

sono i componenti essenziali per la sintesi delle proteine a partire dagli aminoacidi: i mitocondri sono quindi autonomi per la sintesi delle loro proteine specifiche.

La membrana esterna dei mitocondri è composta dal 50% di proteine e dal 50% di lipidi. Nella membrana interna, il contenuto in proteine raggiunge l'80%. Su entrambe troviamo proteine di trasporto, dette anche **carrier**, che permettono il passaggio di particolari sostanze dall'interno verso l'esterno e viceversa. Le due membrane mostrano differenze anche rispetto alla loro **selettività**: la membrana esterna è meno selettiva di quella interna.

La diversa composizione chimica e selettività delle due membrane è legata alla loro diversa funzione. La membrana esterna ha la funzione di selezionare le sostanze in ingresso e in uscita tra il citoplasma e lo spazio intermembrana, in quella interna sono presenti gli enzimi specifici della fase finale del processo di biossidazione del glucosio, la cosiddetta **catena di trasporto degli elettroni** (vedi Sezione G).

Associata alla catena di trasporto degli elettroni, si svolge la **fosforilazione ossidativa**, il processo responsabile della sintesi di ATP. Anche quest'ultimo processo ha sede nella membrana mitocondriale interna.

Figura 13 - Mitocondrio. Rappresentazione schematica di un mitocondrio, dove sono evidenziate la membrana esterna e la membrana interna ripiegata in creste.

Fonte: www.unisr.it/biotechbook

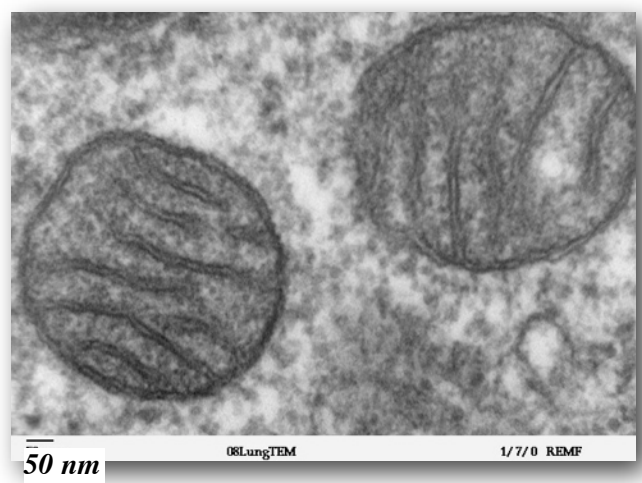
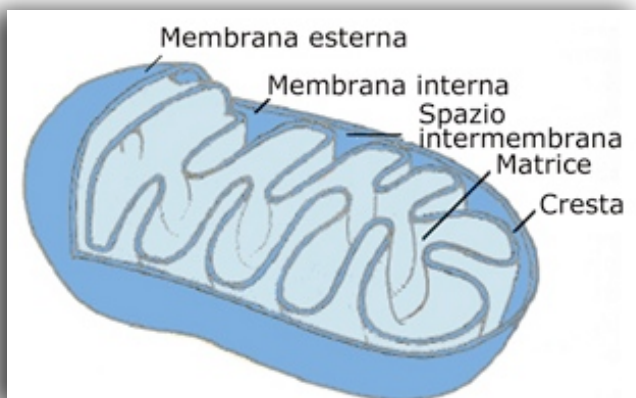


Figura 14 - Sezione di due mitocondri visti al microscopio elettronico

Fonte: Wikipedia

SFATIAMO I LUOGHI COMUNI

Non è vero che ereditiamo tutto il DNA in pari misura da entrambi i genitori.

I mitocondri, con il loro DNA, vengono ereditati esclusivamente per via materna: i mitocondri dello spermatozoo non entrano nell'ovulo all'atto della fecondazione, quindi nello zigote i mitocondri sono quelli inizialmente presenti nella sola cellula uovo.

I mitocondri si moltiplicano autonomamente, grazie al proprio DNA. I mitocondri appena formati vanno incontro ad un processo di differenziamento che consiste sia nell'aumento dimensionale, sia nello sviluppo della membrana interna con l'aumento progressivo del numero di creste e conseguente ampliamento della superficie utile alla respirazione cellulare.

Da un punto di vista evolutivo, l'**origine dei mitocondri** delle cellule eucariotiche forse deriva dalla simbiosi tra antichi organismi procarioti e precursori delle cellule eucariote: i mitocondri, infatti, possiedono ribosomi del tipo 70 S, equivalenti ai ribosomi degli organismi procarioti; inoltre, gli enzimi per la sintesi del proprio DNA ed RNA sono molto simili a quelli delle cellule procariotiche.

E.5 - IL NUCLEO

Tutte le cellule eucariotiche presentano un nucleo che, con i suoi circa 10 micrometri (μm), è il più grande tra gli organelli presenti in questo tipo di cellule. (Figura 15).

Nel caso di organismi pluricellulari, durante il differenziamento alcuni tipi di cellule lo perdono: sono privi di nucleo i globuli rossi maturi, gli **eritrociti**, e le cellule che formano i tubi cribrosi, ossia i canali all'interno dei quali si muove la linfa elaborata nelle piante.

Nelle cellule eucariotiche il nucleo è delimitato da una **doppia membrana**, in cui sono presenti dei canali, i **pori nucleari**. Essi sono indispensabili per il passaggio di molecole anche di grosse dimensioni tra citoplasma e nucleo: in particolare permettono l'uscita dell'**RNA messaggero** che porta l'informazione

genetica dal nucleo al citoplasma dove avverrà la sintesi delle proteine.

Nonostante non sia facile separarlo dal resto della cellula, il nucleo si può osservare al microscopio ottico per studiare la cromatina e i cromosomi. L'isolamento del nucleo viene eseguito con tecniche biochimiche sofisticate.

Il succo nucleare è composto da acqua, ioni minerali, in particolare Ca^{2+} , Mg^{2+} , proteine acide, importanti per la regolazione genica, nucleotidi e molecole di RNA.

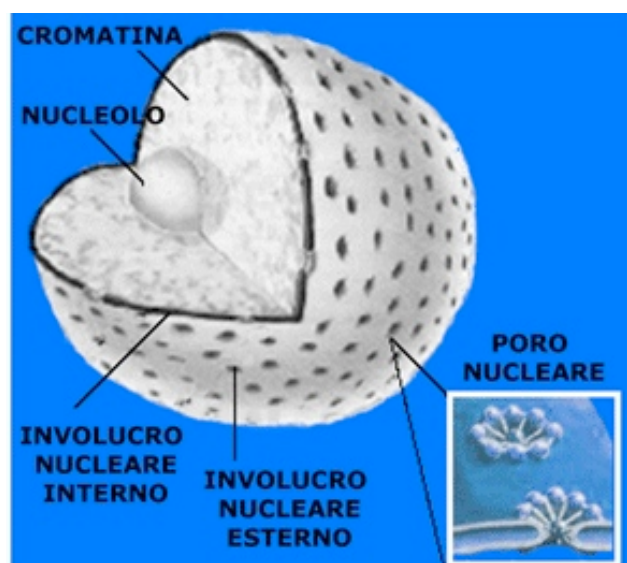
Nel nucleo si trova il **patrimonio genetico** o **genoma** delle cellule, costituito da DNA associato a proteine basiche, gli istoni.

Quando la cellula si trova nel periodo detto **interfase**, l'intervallo di tempo tra una divisione cellulare e la successiva (vedi Sezione H), esso è visibile in forma di un intreccio di filamenti non ben differenziati, individuati nell'insieme

Figura 15 - Il nucleo.

E' visibile la doppia membrana, con i pori nucleari. All'interno il nucleolo e la cromatina.

Fonte: www.unisr.it/biotechbook



con il termine **cromatina**, che si colora intensamente con particolari coloranti.

Nelle cellule specializzate degli organismi pluricellulari in base all'impacchettamento più o meno stabile, la cromatina si suddivide in **eterocromatina**, più stabilmente condensata, ed **euromatina**, meno stabilmente condensata.

Come è noto (vedi Sezione J), il DNA di ogni cellula contiene le informazioni per le sue caratteristiche e il suo funzionamento.

Nelle cellule dei diversi tessuti, che presentano specificità metaboliche diverse, le informazioni per il funzionamento cellulare vengono impartite solamente dal DNA presente nella euromatina; quello presente nell'eterocromatina è praticamente inaccessibile.

Durante la divisione cellulare e in particolare nel corso del processo di mitosi, la cromatina si spiralizza e compatta formando piccoli corpuscoli allungati che si colorano intensamente, i **cromosomi**. Essi sono composti da DNA, istoni e altre proteine strutturali che fungono da supporto per garantire la struttura dei cromosomi stessi (vedi Sezione H).

In molti nuclei interfaseici si possono osservare delle strutture di aspetto diverso, i **nucleoli**. Essi sono formati da RNA ribosomiale, proteine ribosomiali e soprattutto quella porzione di DNA che codifica per i geni ribosomiali. I nucleoli sono la sede della sintesi dell'RNA che andrà a costituire i ribosomi.

E.6 - LA CELLULA VEGETALE

Le **cellule vegetali** hanno la stessa organizzazione delle cellule animali, ma possiedono un ulteriore involucro esterno, la **parete cellulare**, formata da cellulosa. Al loro interno si possono riconoscere degli organelli specifici, fra i quali i più importanti sono i **cloroplasti**, sede della fotosintesi clorofilliana. Spesso contengono inoltre uno o due grossi

vacuoli pieni di liquido, che danno alla cellula vegetale il suo tipico **turgore**.

E 6.1 La parete cellulare

La parete cellulare (Figura 13) è una struttura di rivestimento rigida che si trova all'esterno della membrana plasmatica nelle cellule vegetali.

Tutti i costituenti della parete vengono sintetizzati all'interno della cellula e a livello della membrana citoplasmatica: molte attività metaboliche della cellula sono rivolte alla sintesi della parete cellulare.

La parete cellulare ha diverse funzioni: dà forma, protegge e conferisce solidità alla cellula, ha un ruolo nel regolare l'entrata dell'acqua nella cellula (osmosi), protegge dai danni e dalle infezioni.

La parete cellulare delle cellule differenziate è formata dalla lamella mediana, dalla parete primaria e dalla parete secondaria.

La cellula costruisce la propria parete cellulare in diversi momenti: la cellula, appena formata in seguito alla divisione della cellula madre, essa forma la lamella mediana, quasi contemporaneamente inizia la costruzione della parete primaria e, raggiunta la dimensione definitiva, forma la parete secondaria.

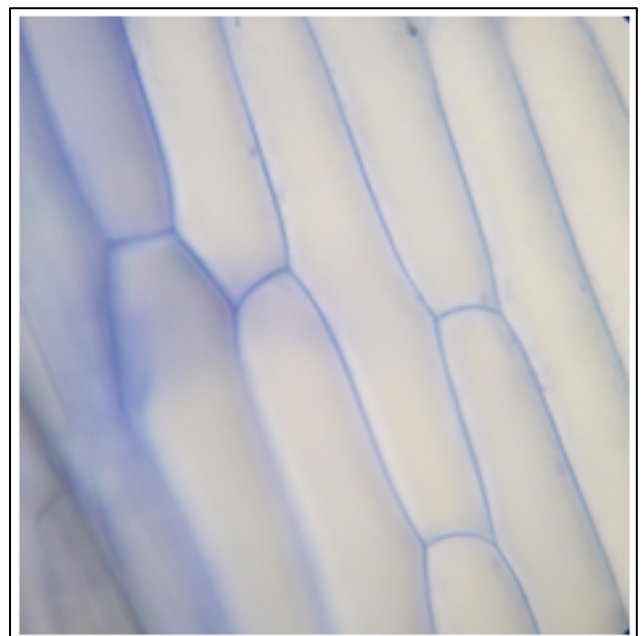


Figura 13 - Parete cellulare di cipolla
Foto di Filomena Sabba.

La **lamella mediana** è uno strato sottilissimo di diverse sostanze che si forma al momento della divisione di una cellula in due cellule figlie (vedi Sezione H) grazie a vescicole prodotte dall'apparato del Golgi, che forniscono il materiale di cui è costituita. Essa è formata dalla pectina una sostanza "collosa" e da proteine strutturali ed enzimatiche.

La sua funzione è quella di tenere unite due cellule adiacenti grazie all'azione cementante della pectina. Per mantenere la comunicazione tra le cellule la lamella mediana è attraversata da **plasmodesmi**, piccoli canali delimitati da lipoproteine che connettono le membrane cellulari delle due cellule.

NON TUTTI SANNO CHE ...

gli unici organismi che degradano la lignina sono i funghi e alcuni batteri

E NEANCHE CHE ...

la lignina è responsabile dell'ingiallimento della carta dopo l'esposizione al Sole.

IN CUCINA

La pectina è utilizzata per addensare le marmellate.

E' contenuta nella frutta, mele e agrumi, e in alcune verdure come carote e patate.

La **parete primaria** è lo strato adiacente alla lamella mediana e inizia a formarsi contemporaneamente ad essa.

La parete primaria è flessibile, estensibile e molto resistente ed è formata da una sostanza fondamentale detta matrice. La matrice è costituita da acqua, pectina, proteine strutturali ed enzimatiche ed emicellulose, polisaccaridi formati da diversi tipi di monosaccaridi, pentosi ed esosi. All'interno della matrice sono presenti fibrille costituite da cellulosa, un polimero del glucosio (vedi Sezione D).

DIAMO I NUMERI

Spessore lamella mediana 0,1 μm

Spessore parete primaria da 0,1 a 1 μm

Spessore parete secondaria 3 – 5 μm

1 μm (micrometro) = 0,001 mm

La **parete secondaria** è lo strato più interno della parete cellulare. Essa non è presente in tutte le cellule e si forma al termine del periodo di crescita della cellula, grazie all'apposizione di lamelle concentriche.

La parete secondaria, come quella primaria, è formata da una matrice e da un sistema fibrillare, con la differenza che la matrice è scarsa e le fibrille, prevalentemente costituite da cellulosa, sono disposte in più strati.

La cellulosa nei diversi strati che costituiscono la parete secondaria è deposta in modo regolare in fasci con diverse inclinazioni a formare un reticolo rigido, diverso per i vari tipi di cellule, a seconda della loro funzione.

La parete è diversa a seconda dell'età delle cellule e della loro funzione:

- nelle cellule dei vasi che trasportano la linfa grezza dalle radici alle foglie, la parete secondaria è molto spessa - anche 3-5

Figura 14 - Brachisclereidi, cellule del tessuto vegetale di sostegno: è evidente, in rosso la parete cellulare particolarmente ispessita.

Fonte: Wikipedia

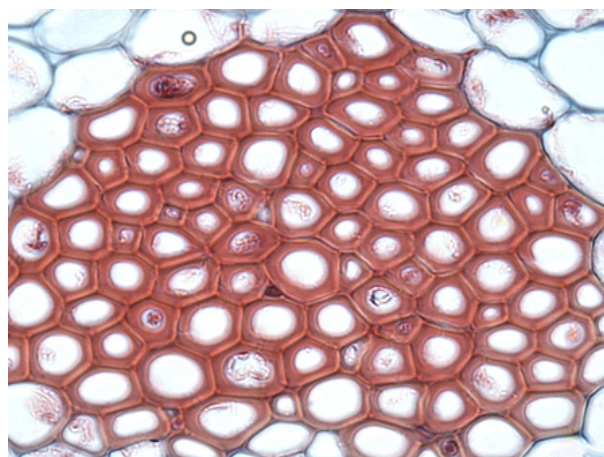




Figura 15 - In molti frutti la superficie esterna è impermeabile grazie alla presenza di cutina nella parete delle cellule.

micron - le pareti trasversali che separano una cellula dall'altra vengono riassorbite e le cellule adulte muoiono: si formano in tal modo dei tubicini sottili entro cui scorre la linfa,

- in alcuni tessuti, come ad esempio quelli di sostegno, che formano il legno dei tronchi e rami delle piante arboree, al termine della apposizione della parete secondaria la muore e lo spazio interno è quasi completamente occluso (Figura 14),
- la parete secondaria delle cellule delle fibre di cotone, quelle che avvolgono i semi, è formata per il 95% da cellulosa, le microfibrille sono disposte in parallelo e impaccettate strettamente.

In alcune cellule gli spazi tra le fibre di cellulosa della parete cellulare sono riempiti di sostanze

particolari che conferiscono specifiche caratteristiche. Tali sostanze si depositano nella matrice sia della parete primaria sia di quella secondaria. Tra esse, le più importanti sono le seguenti cui ricordiamo:

- la **cutina** che conferisce impermeabilità all'acqua e ai gas all'epidermide di foglie, frutti o fusti (Figura 15);
- la **suberina**, sostanze idrofoba presente nel sughero, che forma la corteccia, rivestimento esterno del tronco delle piante; le cellule del sughero sono morte e piene d'aria, hanno la funzione di proteggere le parti interne della pianta dalla disidratazione e dagli sbalzi termici;
- la **lignina**, che conferisce rigidità e solidità alla parete delle cellule dei tessuti che hanno funzione di sostegno o trasporto di linfa grezza dalle radici all'apparato aereo; tale sostanza è caratteristica dei tessuti legnosi delle piante arboree che si sviluppano sulla terraferma;
- i **tannini e altri pigmenti**, che conferiscono al legno o ad alcuni frutti colorazione particolare, ad esempio il legno nero di Ebanò;

Figura 16 - Le foglie affilate delle graminacee sono taglienti per l'elevato contenuto di silice nelle pareti delle cellule.

IN CUCINA

L'appetibilità delle fibre dipende dalla quantità di lignina presente nelle cellule, ad esempio le foglie più tenere dell'insalata (o degli spinaci) sono quelle più giovani e povere di lignina.



- la **silice**, presente nelle cellule delle Graminacee e dell'Equiseto, che rende le foglie taglienti ed aguzze (Figura 16).

E.6.2 - I vacuoli

I **vacuoli** (Figura 17) sono **cisterne** che si trovano all'interno della cellula. Sono delimitati da una membrana chiamata **tonoplasto** che, come tutte le membrane selettive, è costituita da fosfolipidi e proteine di trasporto. Nelle cellule vegetali adulte, altamente differenziate, è presente un solo vacuolo che occupa gran parte del volume cellulare. Il vacuolo è molto importante in quanto presiede ai **fenomeni osmotici** (vedi Sezione F).

I vacuoli si originano dal reticolo endoplasmatico rugoso; sul tonoplasto, tuttavia, non sono presenti ribosomi perché a maturazione questi si staccano.

Nei vacuoli è presente un succo vacuolare, piuttosto acido (pH 4-5) e ricco di sostanze diverse: proteine, carboidrati di riserva, enzimi, sali organici ed inorganici, antociani, alcaloidi ecc.; l'assortimento di queste sostanze varia in relazione alla specializzazione funzionale della cellula e ai diversi gruppi di piante.

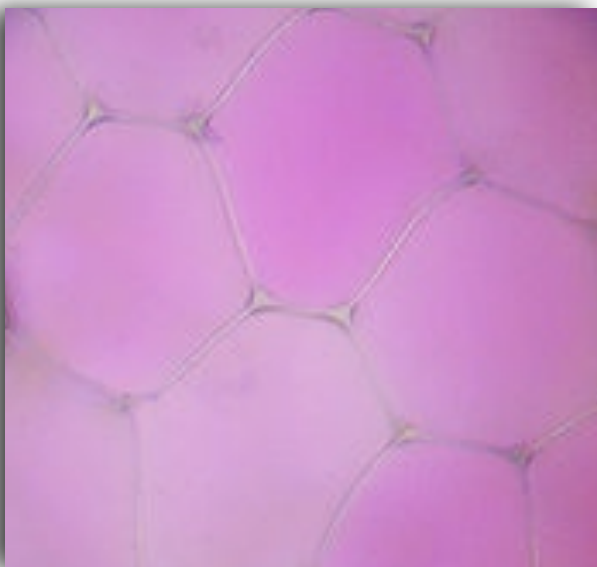


Figura 17 - Cellule dell'epidermide in cui il vacuolo (rosa) occupa quasi tutto l'interno della cellula

Fonte: Wikipedia

La presenza di vacuoli nelle cellule vegetali garantisce lo svolgersi di numerosi processi diversi, alcuni dei quali sono elencati di seguito:

- * il rapido aumento di dimensioni del vacuolo permette alle cellule vegetali in accrescimento di raggiungere rapidamente dimensioni considerevoli, pur senza aumentare in maniera significativa la quantità di citoplasma: allo stadio adulto, le cellule vegetali sono costituite da un unico grande vacuolo circondato da un sottile strato di citoplasma, con il nucleo e i relativi organuli cellulari
- * la presenza di un grosso vacuolo mantiene basso il rapporto tra la superficie della cellula e il volume del suo citoplasma: questo garantisce maggiore funzionalità alla cellula, facilitando gli scambi con l'esterno,
- * data l'elevata concentrazione di sostanze in esso contenute, il vacuolo tende a richiamare acqua dall'esterno: dal citoplasma e dallo spazio esterno alla cellula, lo spazio intercellulare; la tensione esercitata dall'acqua presente nel vacuolo consente di mantenere il **turgore cellulare**, ossia consente alla cellula di mantenersi rigonfia e turgida pur senza possedere uno scheletro rigido; quando per qualsiasi motivo l'acqua scarseggia i vacuoli perdono acqua e si disidratano e le cellule divengono



Figura 18 - Un rametto di Serenella (Syringa vulgaris) in stato di appassimento temporaneo.

flaccide: si ha il cosiddetto appassimento, un processo che riguarda le parti verdi e prive di tessuti di sostegno della pianta come foglie germogli e giovani steli; se nel giro di breve viene fornita dell'acqua, l'appassimento può essere solamente temporaneo, ma se la mancanza d'acqua dura più a lungo, l'appassimento diventa permanente e irreversibile (Figura 18);

- * i vacuoli vengono utilizzati dalle cellule come spazi interni separati dal citoplasma, in cui accumulare sostanze di rifiuto del metabolismo cellulare; esse vengono temporaneamente o permanentemente racchiuse in queste strutture, senza interferire con i processi cellulari che si svolgono nel citosol;
- * nei vacuoli vengono convogliate anche alcune sostanze coloranti come gli antociani, responsabili del colore rosso e azzurro-blu dei petali di molti fiori e delle foglie di molte piante; il colore variegato dei petali di alcuni fiori, come ad esempio le viole, è dovuto alla presenza di antociani di tipo diverso; (Figure 19 - 23) anche le foglie e i giovani fusti di alcune piante, come alcuni *Prunus*, i faggi rossi, gli aceri giapponesi, e di alcuni ortaggi, come il cavolo cappuccio o diversi tipi di insalate,



Figura 19 - Le foglie rosse dell'Acero giapponese (*Acer japonicum*).



Figura 20 - Genziane e Viole devono il loro colore agli antociani contenuti nel vacuolo delle cellule.

Figura 21 - A destra il fiore dell'ortensia (*Hydrangea macrophylla*) sotto i fiori dell'Azalea (*Rhododendron* sp.)



AGLI STUDENTI CHE STUDIANO SU QUESTO BOOK

Il presente lavoro, nello spirito del book in progress, è in continuo aggiornamento, approfondimento, completamento, ampliamento.

La revisione dei testi e delle immagini è gradita, gli eventuali errori riscontrati in questo book possono essere segnalati al vostro insegnante, che provvederà a comunicarli agli autori.

AI DOCENTI CHE UTILIZZANO QUESTO BOOK

Si invitano i docenti a dare ogni indicazione possibile per costruire un manuale scientificamente e didatticamente adeguato, segnalando eventuali errori, come pure possibili, ma certo non volute, omissioni di fonti.

Si prega di segnalare quanto sopra o qualsiasi altra osservazione ai coordinatori utilizzando i seguenti indirizzi di posta elettronica:

- elirusconi@hotmail.com
- giovals@hotmail.com

Foto, disegni schemi utilizzati nel manuale sono stati realizzati dai docenti autori o sono di pubblico dominio e libero utilizzo (no copyright e royalty free).

Si precisa che i responsabili del lavoro realizzato sono i docenti firmatari del modulo specifico del book.

Per i dati riportati, si fa presente che i siti istituzionali consultati riportano talvolta cifre discordanti: si è proceduto a riferire quelli ritenuti più attendibili perché condivisi dalla maggior parte degli studiosi.

È permesso ogni utilizzo didattico del testo da parte delle istituzioni scolastiche appartenenti alla rete del book in progress.

Grazie a tutti quanto vorranno contribuire per migliorare il book ☺