



Cellula Vegetale E Fotosintesi E Piante C3,C4,CAM

Biologia Animale - Biologia Vegetale (Università degli Studi di Parma)

LA CELLULA VEGETALE

La cellula vegetale si differenzia dalla cellula animale per la presenza di: **plastidi, vacuolo e parete cellulare**. All'interno della parete cellulare troviamo la cellula vera e propria, chiamata "**protoplasto**", molto simile ad una cellula animale, costituita da nucleo e citoplasma. Il protoplasto è avvolto nella membrana plasmatica, formata da un doppio strato fosfolipidico. Questa membrana delimita il citoplasma e consente gli scambi tra citosol e ambiente. All'interno della membrana troviamo il "**citoplasma**", una miscela di elementi di varia natura chimica in soluzione acquosa. Si tratta di un gel in cui sono sospesi i vari organuli cellulari. Nel citosol inoltre avvengono le più importanti reazioni metaboliche.

ORGANULI CELLULARI

RETICOLO ENDOPLASMATICO

Il reticolo endoplasmatico è una serie di membrane appiattite che formano dei "sacculi chiusi". Il reticolo endoplasmatico nella cellula vegetale si divide in:

1) reticolo endoplasmatico liscio (REL):

Definito liscio per l'assenza di ribosomi. Esso è coinvolto nei processi metabolici dei lipidi, inoltre è importante quando bisogna detossificare o eliminare sostanze che risultano essere pericolose.

2) reticolo endoplasmatico corticale:

Regola la concentrazione degli ioni calcio (Ca^{2+}).

3) reticolo endoplasmatico rugoso (RER):

Chiamata rugosa per la presenza di ribosomi. Esso è l'organulo cellulare atto a compiere il processo di sintesi proteica e inoltre indirizza le proteine da lui sintetizzate verso i luoghi di destinazione ed utilizzo.

NUCLEO

Dopo il vacuolo è l'organulo più voluminoso di tutta la cellula vegetale. Esso è delimitato da un "**involucro nucleare**", che a sua volta presenta dei "**pori**", utili per gli scambi di materiale tra nucleo e citoplasma. Nel nucleo è contenuta la "**cromatina**", la quale contiene acidi nucleici, prevalentemente DNA, avvolti grazie all'ausilio di proteine istoniche (istoni, proteine del DNA). Durante la divisione cellulare la cromatina si condensa e quindi è possibile osservarla tramite il microscopio sotto forma di cromosomi. Nel nucleo inoltre è presente il "**nucleolo**", una zona particolarmente densa che contiene RNA e proteine. Il nucleolo è il sito dove vengono prodotte le sub-unità ribosomiali, importanti per lo svolgimento della sintesi proteica, le quali verranno poi esportate nel citosol attraverso i pori nucleari.

MITOCONDRI

Sono costituiti da una doppia membrana. Quella interna è organizzata in "**creste**" e contiene la "**matrice mitocondriale**" (sito di alcune fasi del metabolismo cellulare); mentre quella esterna è liscia. I mitocondri sono quegli organuli cellulari che compiono i processi di **respirazione cellulare**, ovvero un processo in cui viene consumato ossigeno per **produrre ATP** (una forma di energia utile alla cellula per compiere le sue attività caratteristiche, tradotta come adenosintrifosfato).

CITOSCHELETRO

È un sistema di strutture filiformi, costituito da:

1) microtubuli:

strutture cilindriche composte da tante "**sub-unità di tubulina**". Svolgono principalmente 2 funzioni:

- Sono importanti nelle divisioni cellulari poiché rappresentano le fibre del fuso mitotico e meitico.
- Sono importanti componenti di ciglia e flagelli.

2) microtubuli corticali:

Essi permettono una crescita ordinata della parete cellulare.

3) microfilamenti:

Sono filamenti contrattili composti di "**actina**" e sono coinvolti nella costruzione della parete cellulare, nella crescita del tubetto pollinico e nel movimento degli organelli.

APPARATO DEL GOLGI

È un insieme di sacculi appiattiti associati l'uno all'altro. Tale apparato è implicato nel

riarrangiamento e nello smistamento dei prodotti che devono essere trasportati all'esterno o verso altri compartimenti cellulari.

PEROSSIDISOMA

È un piccolo organulo circondato da un'unica membrana, al suo interno può essere presente il **“corpo proteico”**, una struttura cristallina densa. I perossisomi sono coinvolti nel processo di **“fotorespirazione”**. Durante tale processo, che avviene in presenza di luce, viene consumato ossigeno e viene prodotta anidride carbonica. Alcuni perossisomi, chiamati **“gliossisomi”** contengono enzimi per la conversione dei grassi di riserva in saccarosio (zucchero semplice). Grazie agli zuccheri semplici, l'embrione può accrescersi durante la sua germinazione.

VACUOLO

Il vacuolo è un organulo delimitato da una membrana che **occupa il 90% del volume cellulare** chiamata **“tonoplasto”**, per questo motivo il vacuolo risulta essere l'organulo più voluminoso di tutta la cellula vegetale. Il tonoplasto è una membrana a doppio strato fosfolipidico che presenta una **composizione asimmetrica**: la sua parte di citoplasma (cioè la sua parte esterna) è molto ricca in proteine; mentre l'interno del vacuolo è da considerarsi un compartimento esterno alla cellula vegetale. Il vacuolo è un organulo atto all'accumulo di sostanze di riserva e inoltre è deputato a compiere una funzione di pulizia tramite il suo **“succo vacuolare”** che funziona solo se il **Ph** interno risulta essere **debolmente acido (Ph=5)**. La funzione di pulizia del vacuolo è collegata alla presenza di **“idrolasi acide”**: enzimi capaci di scindere strutture non più funzionanti, esse funzionano solo a Ph acido. Nel vacuolo sono anche presenti i metaboliti, che a loro volta si dividono in:

1) metaboliti primari:

Essi producono sostanze utili ai vari processi cellulari quali:

- respirazione.
- fotosintesi-sintesi proteica.
- ecc...

2) metaboliti secondari:

Essi si occupano della produzione di sostanze di difesa, quali:

- veleni.
- sostanze irritanti.

Il metabolismo secondario è tipico delle piante.

Nel vacuolo avviene anche la formazione dei **“granuli di aleurone”** ovvero delle vescicole che racchiudono riserve proteiche che permettono di nutrire l'embrione in fase di crescita.

PLASTIDI

Sono organuli coinvolti nei processi di fotosintesi clorofilliana e nei processi di accumulo di sostanze. I plastidi sono delimitati da un involucro costituito di 2 membrane a doppio strato fosfolipidico e sono differenziati da un sistema di membrane dette **“tilacoidi”** e in una sostanza amorfa (senza forma) detta **“stroma”**. I plastidi derivano tutti dal **“proplastidio”** una forma di plastide primitiva. Essi si dividono in:

1) cloroplasti:

Essi contengono clorofilla e carotenoidi. La loro struttura interna è assai complessa: lo stroma è attraversato dai **“tilacoidi granari”** a forma di disco e impilati come monete e dai **“tilacoidi stromatici”**, che mettono in comunicazione i tilacoidi granari. I cloroplasti contengono la **“rubisco”**, enzima più abbondante in natura; essa permette di fissare l'anidride carbonica in composti organici. I cloroplasti sono organelli deputati a compiere la fotosintesi. I cloroplasti possono modificare il proprio orientamento in modo da poter modulare la quantità di luce ricevuta. Se un proplastidio dovesse svilupparsi in assenza di luce allora avremmo un **“ezioplasto”**, il cui stroma contiene uno o più corpi prolamellari, ovvero degli aggregati di membrane che formano strutture cristalline.

2) cromoplasti:

Essi contengono solo carotenoidi, essi diversamente dai cloroplasti si trovano anche nei fiori, nei frutti e nelle radici. Le cellule contenenti cromoplasti attirano, a volte, insetti ed altri animali.

3)leucoplasti:

Mancano di pigmenti e di un complesso di membrane interne. Alcuni noti come “**aminoplasti**” sono deputati all'accumulo di amido secondario; gli “**elaioplasti**” accumulano oli, i “**proteinoplasti**” invece accumulano proteine.

Per **pigmento** si intende una qualsiasi sostanza capace di assorbire luce ad una certa lunghezza d'onda e capace di rifletterla ad altre lunghezze d'onda; un pigmento si definisce accessorio se non è principalmente coinvolto:

I **carotenoidi** sono dei pigmenti accessori capaci di ampliare la quantità di luce utilizzabile nei processi di fotosintesi.

Le **ficobiline** sono pigmenti accessori solubili in acqua.

La **clorofilla** è un pigmento che riflette la luce verde.

PARETE CELLULARE

La parete cellulare è costituita principalmente da carboidrati. Un carboidrato è una molecola contenente carbonio ed acqua. Le molecole di carboidrati sono delle catene lineari di carbonio (C) legate tra loro da legami covalenti, a loro volta attaccati all'ossigeno (O) oppure l'idrogeno (H); chiamati “**gruppi costituenti**”. La parete cellulare è rigida, completamente chiusa e avvolge l'intera cellula vegetale, alla quale impedisce movimento ed espansione e intassa una “**pressione di turgore**”. La parete cellulare ha diverse funzioni, sia meccaniche sia biologiche. Infatti la parete cellulare è coinvolta nei meccanismi di trasporto, secrezione e assorbimento di sostanze. Una particolarità di questa parete cellulare consiste nella risposta ad una azione patogena: la parete percepisce la presenza di un patogeno e avvisa la cellula vegetale stessa e quindi essa, per poter bloccare e reprimere l'azione patogena impregnerà la parete cellulare di 2 sostanze: **fitoalessine** e **lignina**. Quest'ultima oltre a conferire rigidità è talmente complessa che la maggior parte dei microrganismi non riesce a demolirla.

ORIGINE DELLA PARETE CELLULARE

La parete cellulare si origina al momento della mitosi, un tipo di divisione cellulare. Durante tale processo, il fuso mitotico (composto da microtubuli) separerà tutti gli organuli citoplasmatici e li porterà verso i poli opposti della cellula; inoltre il fuso mitotico formerà il “**fragmoplasto**”, un sistema di microtubuli che serve a veicolare delle vescicole contenenti vari tipi di polisaccaridi. Queste vescicole si dispongono poi sul piano equatoriale del fragmoplasto e si fondono formando la “**piastra cellulare**”. Ad un certo punto, accrescendosi, le estremità della piastra raggiungono la parete e la divisione cellulare è completa. Lo strato di polisaccaridi amorfi (senza forma) che si viene a creare tra le due cellule si chiama “**lamella mediana**” e funge da colla tra le cellule. Si tratta del primo componente della parete cellulare. La lamella mediana è generalmente formata da “**sostanze peptiche**”, ovvero sostanze che formano gel reversibili e soluzioni viscosi con l'acqua. La lamella mediana, subito dopo essersi formata, forma una struttura molto più complessa: la parete primaria. La parete primaria è formata da:

UN'IMPALCATURA DI CELLULOSA

Consiste in un polisaccaride composto da monomeri di glucosio legati tra di loro tramite **legami (Beta 1-4 glucosidici)** molto forti. Queste catene sono unite in “microfibrille”, filamenti molto resistenti. L'impalcatura di cellulosa è immune ad attacchi chimici o enzimatici. Le catene di glucosio che vanno a formare l'impalcatura di cellulosa sono sintetizzate da un “**complesso enzimatico**” che si alterna in 2 parti che collaborano tra di loro:

1) Saccarosio sintasi:

È un complesso enzimatico capace di scindere il saccarosio (fruttosio + glucosio): il saccarosio viene liberato nel citoplasma; il glucosio invece verrà trattenuto e si renderà disponibile per il secondo complesso enzimatico, conosciuto come “cellulosa sintasi”.

2) CELLULOSA SINTASI

Si presenta sotto forma di “**rosette**”, ovvero un complesso di enzimi che attraversano la membrana plasmatica tramite i microtubuli corticali. Ogni rosetta produce contemporaneamente 6 catene di glucosio. Queste catene, arrivate all'esterno della cellula, instaurano di legami H: 36 catene di glucosio formano una microfibrilla.

MATRICE

E'formata da:

1)emicellulose:

Sono saldamente legate alle microfibrille di cellulosa attraverso legami H e limitano l'estensibilità della parete cellulare. Giocano un ruolo fondamentale nella regolazione dell'aumento di dimensioni della cellula.

2)pectine:

Conferiscono alla parete cellulare rigidità e plasticità, condizioni necessarie per la sua distensione.

3)glicoproteine:

Sono proteine strutturali ed enzimi, le più caratterizzate sono le “**estensine**” le quali mantengono una corretta posizione delle componenti della parete stessa (lamella mediana, impalcatura di cellulosa, matrice). Essa si attiva solo quando la cellulosa è in espansione.

La parete cellulare oltre ad avere una parete primaria, può anche avere una parete secondaria. Quando la cellula forma una parete secondaria, essa non può più aumentare di dimensioni e alcune cellule addirittura muoiono. La parete secondaria si sviluppa sulla superficie interna della parete primaria che viene spinta verso l'esterno. La parete secondaria è molto ricca di cellulosa ed è povera di matrice idratata. La differenza che intercorre tra la parete primaria e la parete secondaria riguardano le concentrazioni delle varie sostanze: nella parete primaria abbiamo il **25%** mentre nella secondaria siamo tra il **70% e l'80%**. La parete secondaria può ricevere diverse modifiche:

1)cutinizzazione:

Si forma uno strato ceroso che viene depositato sulla faccia esterna dell'epidermide.

2)lignificazione:

La lignina rende il sistema esternamente rigido, resistente ed impermeabile.

3)suberificazione:

Il lume cellulare si riduce e il citosol viene degradato, quindi si viene a formare uno spazio vuoto.

4)mineralizzazione:

La parete secondaria si impregna di sali minerali.

5)gelificazione:

Viene massimizzata la componente mucillaginosa della parete secondaria.

6)pigmentazione:

La parete secondaria si impregna di pigmenti.

Generalmente le pareti primarie sono meno spesse nei “**campi di punteggiatura**”, ovvero dei punti di discontinuità dove sono riuniti i “**plasmodesmi**”. Un'altra differenza tra parete primaria e secondaria è che in quella primaria sono presenti campi di punteggiatura mentre nella parete secondaria sono presenti punteggiature singole. Nella parete secondaria trovano 2 tipi di punteggiatura:

1)Quella **semplice**.

2)Quella “**areolata**”:

La punteggiatura appare come un foro con un “**toro**” al suo interno che funge da valvola, regolando il flusso di soluzioni e di gas.

FOTOSINTESI CLOROFILLIANA

La fotosintesi clorofilliana è un processo biologico dove l'energia luminosa viene convertita in energia chimica. Questo processo biologico viene operato dai plastidi che sono un organulo appartenente alla cellula vegetale, più precisamente a compiere la fotosintesi sono i pigmenti che sono contenuti nei plastidi. Il processo di fotosintesi avviene in 2 regioni specifiche: nei **tilacoidi**, dove avremo la “**fase luminosa o luce dipendente**” e nello **stroma** dove invece avremo “**la fase luce indipendente**”. Il processo di fotosintesi clorofilliana viene veicolato mediante due fotosistemi: **fotosistema1 (P700)** e **fotosistema2 (P680)**, dove P=pigmento e i numeri ad essa affiancati stabiliscono la lunghezza d'onda che può emettere quel pigmento dopo aver catturato una

certa quantità di luce. Un fotosistema è composto da 2 complessi, quali:

1) complesso antenna:

Si occupa di catturare una quantità di luce.

2) complesso di reazione:

Si serve dell'energia presa dal complesso antenna e la utilizza per compiere il processo di fotosintesi, ovvero converte l'energia luminosa in energia chimica.

Ora parliamo delle due fasi del processo di fotosintesi:

1) FASE LUMINOSA O LUCE DIPENDENTE:

Chiamata così perché questa fase può avvenire solo di giorno, in quanto si necessita della presenza di luce. In questa fase si producono ATP e NADPH che in seguito verranno rilasciate nello stroma per la prossima fase

2) FASE OSCURA O LUCE INDIPENDENTE:

Chiamata così perché non è indispensabile la presenza di luce. In questa fase l'ATP e il NADPH prodotti dalla fase luminosa vengono portati nello stroma, sito dove avviene la fase luminosa. Questi 2 elementi prodotti servono a scindere il glucosio. La fase oscura avviene sotto 3 fasi che fanno parte del "ciclo di kalvin":

1) Fissazione della CO₂ su un accettore (RuBP=ribulosio 1,5 bifosfato).

2) utilizzo di ATP e NADPH e del potere riducente (NADPH₂) della fase luminosa.

3) Rigenerazione dell'accettore (RuBP).

PIANTE C3

Si chiamano a C3 poiché il primo composto organico della fotosintesi è una catena carboniosa a 3 atomi di carbonio, la **3-fosfo gliceraldeide (G3P)** che esce dal ciclo di Calvin. Le piante a C3 sono **fotosinteticamente attive di giorno**, mentre **di notte chiudono gli stomi e diventano consumatrici di ossigeno**. Il processo, a differenza delle piante a ciclo C4, avviene all'interno di un'unica cellula e, a differenza delle piante CAM, senza la necessità di scompartimenti.

PIANTE C4

Queste piante hanno sviluppato una via alternativa al ciclo di Calvin, organizzata sulla presenza di due tipi di cellule funzionalmente e morfologicamente diverse, le cellule del mesofillo e quelle della guaina del fascio. **La fotosintesi C4 è perciò, insieme alla fotosintesi CAM, un adattamento adottato da alcune specie di piante viventi in climi aridi, per risparmiare acqua nella fase di fissazione del carbonio.**

PIANTE CAM

La **fotosintesi CAM** è un ciclo metabolico di fissazione del carbonio che consente di ottimizzare l'attività fotosintetica in ambienti estremi, quali quelli desertici. È un adattamento xerofitico vero e proprio perché **consente lo svolgimento della fotosintesi anche con gli stomi chiusi**. Nelle vie metaboliche ordinarie delle piante C3 e delle piante C4, infatti, la fotosintesi necessita dell'apertura degli stomi affinché si svolgano gli scambi gassosi (ingresso della CO₂ e uscita dell'O₂). In caso di chiusura degli stomi, pertanto, le piante non svolgono la fotosintesi.