



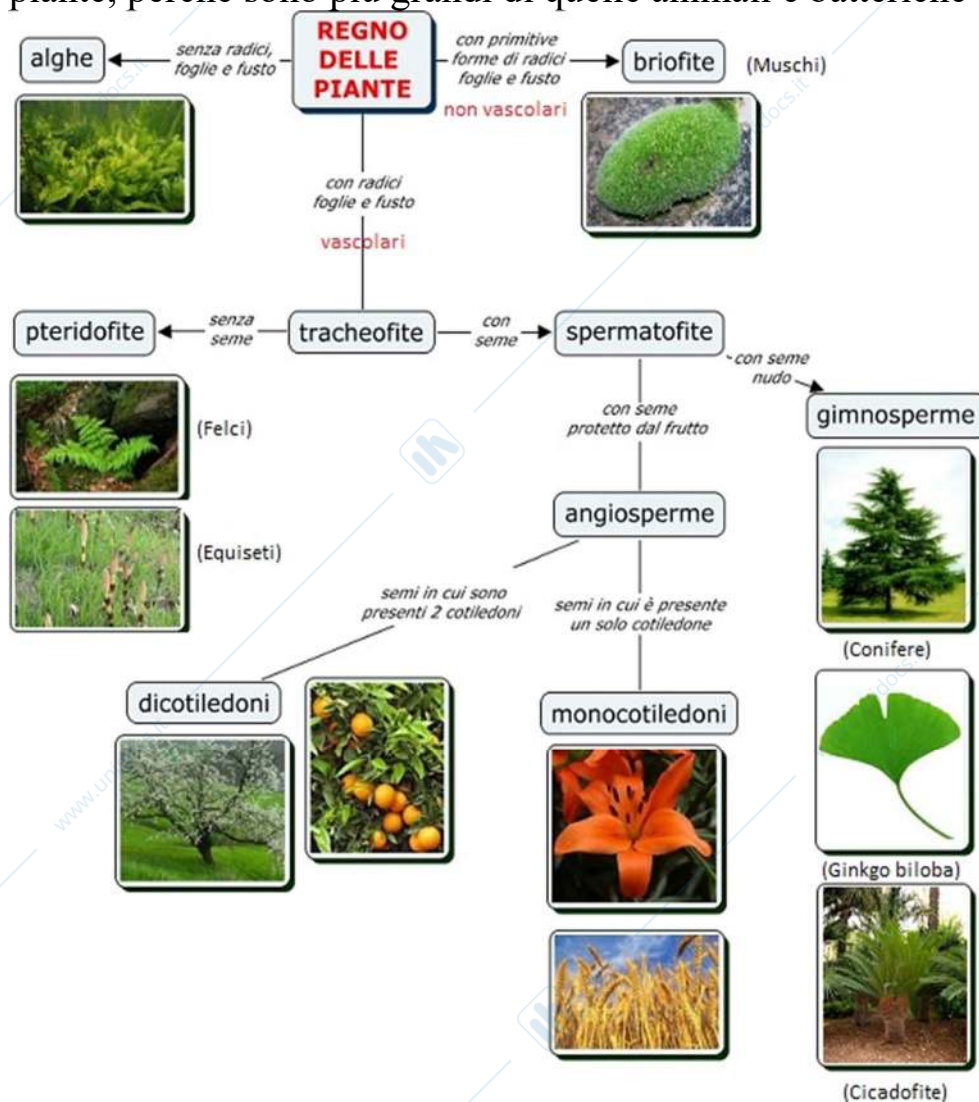
biologia e sistematica vegetale

Biologia e sistematica vegetale (Università degli Studi di Milano)

Parte I

(citologia, istologia e anatomia)

Botanica è la disciplina della biologia che studia le forme di vita del mondo vegetale (la flora), specialmente in rapporto alla loro morfologia (citologia, istologia e organografia), fisiologia, collocazione sistematica ed ecologia. Gli organismi viventi che vengono TRADIZIONALMENTE studiati dalla Botanica appartengono in realtà a gruppi molto diversi tra loro (alghe, piante terrestri, licheni, funghi, batteri). Le cellule sono state osservate per la prima volta nelle piante, perchè sono più grandi di quelle animali e batteriche (100 micron)



Le piante sono AUTOTROFE. Conseguenze: immobilità, accrescimento indefinito, risposte complesse alle condizioni ambientali, strategie riproduttive. Piante ed animali si originano dall'unione di gameti. Le cellule destinate a diventare gameti si differenziano durante l'embriogenesi. Nelle piante superiori gli organi riproduttori si formano solo in determinate condizioni ambientali.

Viridiplantae ("le piante verdi") sono un gruppo di organismi eucariotici formato da:

- alghe verdi (principalmente acquatiche)
- piante delle terre emerse (le "embriofite"), che si sono evolute dalle prime. Si caratterizzano per avere una parete che contiene cellulosa e degli organuli ("plastidi") che contengono clorofilla a e clorofilla b e sono privi di ficobilisomi. Questo gruppo esclude automaticamente organismi che sono comunque affini in termini evolutivi o che condividono stili di vita e lo stesso processo fotosintetico (es. altre alghe e gli stessi cianobatteri), e altri gruppi che vivono a strettissimo contatto con le "viridiplantae".

Classificazione → BINARIA (= 2 nomi):

- primo termine= GENERE (con maiuscola)
- secondo termine=SPECIE (in corsivo)

CITOLOGIA

Differenze con cellule animali: quelle vegetali hanno **cloroplasti**, **parete cellulare rigida**, **grande vacuolo**, ma non hanno i centrioli.

Plastidi

In essi si svolgono molte delle attività metaboliche (fotosintesi, biosintesi,...). In base al colore si dividono in:

- CLOROPLASTI (verde chiaro)
- CROMOPLASTI (colorati)
- LEUCOPLASTI (bianchi)
- AMILOPLASTI (accumulano amido)
- EZIOPLASTI (in tessuti che crescono senza luce)
- GERONTOPLASTI (fase finale del differenziamento)

Tutti i plastidi derivano da un **PROPLASTIDIO** (cellula totipotente); il suo differenziamento dipende sia da fattori ambientali (luce e temperatura), che da meccanismi interni di regolazione. I proplastidi sono privi di pigmenti, ma contengono la protoclorofilla, e si trovano in cellule non differenziate. Si trovano nelle cellule dell'embrione e della pianta adulta, nelle cellule meristematiche degli apici radicali e caulinari. Hanno poche membrane interne dette prototilacoidi.

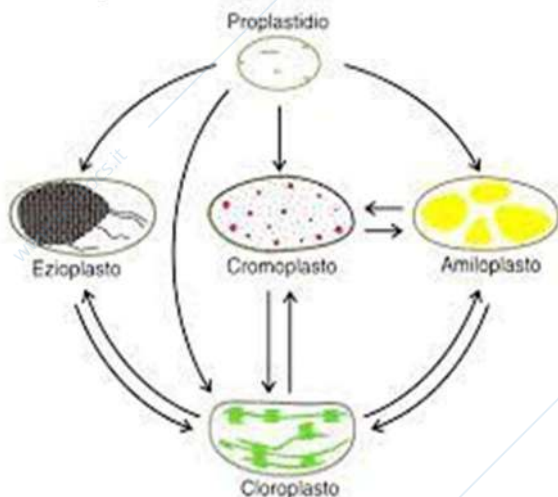
Il differenziamento dei proplastidi nelle varie forme di plastidi maturi dipende da:

- fattori ambientali (ad es. luce)
- fattori interni (ad es. organo e tessuto cui la cellula appartiene)

es. coloroplasti luce Plastidi del fusto buio amiloplasti

Tutti i plastidi hanno caratteristiche comuni:

- Doppia membrana: esterna ed interna (come nel mitocondrio)
- Spazio intermembrana: sostanza simile al citosol
- Nucleo all'interno: le molecole di DNA plastidiale si raggruppano in complessi chiamati nucleoidi che sono costituiti da DNA, RNA e svariate proteine necessarie per l'organizzazione e il mantenimento del nucleoide stesso, la replicazione e la trascrizione. I nucleoidi hanno un diametro di $0,2 \mu\text{m}$ e contengono circa 10 molecole di DNA plastidiale.



Teoria Endosimbiotica (teoria evolutiva): la cellula ameboide fagocita un cianobatterio, che non viene digerito, trasformandosi in plastidio.

Ci sono similitudini tra i cianobatteri e i plastidi: vedi DNA, RIBOSOMI (70s); ma nei plastidi ci sono meno geni.

Un plastidio deriva sempre da un altro plastidio; come i batteri, i cloroplasti si moltiplicano per scissione binaria. La divisione dei plastidi è indipendente dalla divisione cellulare. Tutti i plastidi derivano da quelli dello zigote che li ha ereditati dal citoplasma del gamete femminile.

Dai proplastidi si differenziano i plastidi che si dividono a seconda della loro funzione, del loro colore, dello sviluppo delle membrane interne e del contenuto dello stroma, in tre diversi tipi: CLOROPLASTI, LEUCOPLASTI CROMOPLASTI

Differenziamento da PROTOPLASTIDIO a CLOROPLASTO:

aumento del volume della cellula, invaginazione e vescicolazione della membrana interna, sintesi proteica (citoplasmatica e plastidiale), sintesi lipidica, conversione protoclorofilla (giallo-verde) in clorofilla (verde), sintesi ex-novo di clorofilla e altri pigmenti.

La relazione tra luce e sviluppo dei plastidi è divenuta più stretta nel corso dell'evoluzione delle piante; per esempio, mentre nelle pteridofite e gimnosperme la sintesi di clorofilla e il differenziamento dei cloroplasti può avvenire anche al buio, nelle angiosperme, in assenza di luce, i proplastidi non

si differenziano in cloroplasti, né sintetizzano clorofilla, ma si differenziano in ezioplasti. Durante il differenziamento dei proplastidi in cloroplasti, le membrane interne aumentano di numero e complessità per cui si cominciano a formare i primi tilacoidi granali e intergranali. I proplastidi che si sviluppano in assenza di luce presentano dei corpi prelamellari costituiti da membrane tubulari. Questi plastidi vengono chiamati EZIOPLASTI. Successivamente all'effetto della luce si trasformano in CLOROPLASTI.

EZIOPLASTI: quando non c'è uno stimolo luminoso. La sintesi di delle proteine di membrana, mentre la sintesi dei lipidi porta alla formazione di un sistema di membrane tubulari molto ramificato, che forma un **corpo paracristallino**, il **corpo prolamellare**. Se la plantula viene esposta alla luce il protoclorofillide si trasforma in clorofilla e i lipidi del corpo prolamellare si disperdono e vanno a formare le membrane tilacoidali e l'ezioplasto si trasforma in cloroplasto. Il processo è definito *fotoconversione* e si compie in tempi relativamente brevi (in genere nell'arco di un paio giorni).

CLOROPLASTI: organuli di forma ellissoidale, di grandi dimensioni, che contengono clorofille e carotenoidi. Svolgono una funzione fotosintetica e sono presenti in tutti gli eucarioti fotoautotrofi (alghe e piante). Le clorofille stanno nelle lamelle dei tilacoidi e hanno il compito di assorbire la luce. Lo stroma (citoplasma) è un ambiente vivo, e le membrane dei cloroplasti sono povere in fosfolipidi e ricche in GALATTOLIPIDI; la membrana esterna è inoltre dotata di PORINE (proteine), che formano canali, favorendo la comunicazione, e inoltre attua il riconoscimento e trasferimento all'esterno dei componenti sintetizzati all'interno. La membrana interna regola invece il flusso di metaboliti e ioni inorganici. Sulle membrane sono anche inseriti numerosi enzimi che partecipano a vari processi metabolici. Il passaggio delle proteine è regolato da due apparati multiproteici **TOC** localizzato sulla membrana esterna **TIC** localizzato sulla membrana interna. I cloroplasti presentano ripiegamenti interni detti TILACOIDI che si sviluppano nello stroma e presentano uno spazio interno detto LUMEN, fondamentale durante il processo fotosintetico in quanto consente di accumulare intermedi e ioni. In alcune regioni i tilacoidi formano i GRANA, dischi appiattiti e impilati.

Nelle ore diurne, durante l'attività fotosintetica, la quantità di zuccheri prodotti può essere superiore rispetto alla quantità di zuccheri consumati; l'eccesso viene polimerizzato ad amido (amido primario) e temporaneamente accumulato nello stroma. Nelle ore notturne questo amido viene smaltito. (amido contenuto negli amiloplasti = amido secondario). Nelle membrane tilacoidali si trovano 4 principali proteine coinvolte nelle reazioni alla luce durante la fotosintesi: fotosistema I (nei tilacoidi a contatto con lo stroma) e II (nei tilacoidi non a contatto con lo stroma), i citocromi b6/f e ATP sintasi. Anche lo stroma è ricco di proteine, oltre che di granuli d'amido e goccioline lipidiche.

Nelle alghe si passa **da un singolo grande plastidio** detto cromatoforo (nelle

forme più primitive) **a numerosi piccoli cloroplasti** (nelle forme più evolute). Anche nelle piante si è affermata la strategia di numerosi cloroplasti.

Il DNA plastidiale contiene un numero di geni sufficiente per la sintesi di 125 proteine. Molte delle proteine presenti nei cloroplasti sono codificate da geni nucleari, sintetizzate nel citoplasma e poi importate nel cloroplasto. Alcune proteine sono costituite da diverse subunità di cui alcune sono codificate da geni nucleari e altre da geni plastidiali. In situazioni di stress i cloroplasti producono STROMULI, dei prolungamenti in numero molto elevato, che svolgono una funzione di comunicazione cellulare, prendendo contatto col RE.

CROMOPLASTI: plastidi che accumulano CAROTENOIDI e hanno poca clorofilla. Generalmente si differenziano a partire dai cloroplasti, e la conversione dipende da fattori endogeni (ormoni e nutrienti) ed ambientali (fotoperiodo e temperatura), il processo può essere reversibile. Accumulano pigmenti carotenoidi: in goccioline lipidiche giallo arancio (plastoglobuli), in cristalli, legati a membrane interne. I cromoplasti possono derivare da plastidi non fotosintetici (barbabietola e carota) o dai cloroplasti (pomodoro, peperone). La presenza dei cromoplasti è responsabile della colorazione di alcuni fiori (ranuncolo), frutti (pomodoro) e radici (carota). Nella conversione da cloroplasto a cromoplasto, uno dei maggiori cambiamenti è il rimodellamento del sistema delle membrane interne. Il disassemblaggio dei tilacoidi è associato con la sintesi di nuove membrane nelle quali si formano le strutture che accumulano i carotenoidi. Queste nuove membrane non derivano dai tilacoidi ma da vescicole generate dalla membrana interna dell'involucro. I cromoplasti possono ridifferenziarsi in cloroplasti. La luce è probabilmente il fattore più importante del reinverdimento, tuttavia anche fattori nutrizionali sono coinvolti, ma anche alte temperature, fertilizzazione azotata e gibberelline (ormoni) es. arance. **ATTENZIONE ai GERONTOPLASTI!!** che rappresentano lo stadio degenerativo irreversibile dei cloroplasti e non vanno confusi coi veri cromoplasti (nei gerontoplasti → no sintesi ex novo di carotenoidi).

Nella stessa pianta si possono accumulare carotenoidi di tipo diverso a secondo del tipo di Tessuto.

RECAP:

- colorati per la presenza di carotenoidi
- fotosinteticamente inattivi
- no clorofilla
- elevato contenuto lipidico
- basso contenuto proteico e di RNA

trasformazione cloroplasto (frutto acerbo) a cromoplasto (maturo) comporta:

- demolizione clorofilla
- demolizione proteine
- scomparsa sistema lamellare
- comparsa gocce lipidiche o di cristalli con pigmenti

GERONTOPLASTI: rappresentano uno stadio degenerativo irreversibile dei cloroplasti e non vanno confusi con i veri cromoplasti; i due infatti dal punto di vista morfologico sono simili, ma dal punto di vista metabolico no, infatti gerontoplasti → inattivi cromoplasti → attivi

LEUCOPLASTI: caratterizzati dall'assenza di pigmenti, sono specializzati nella sintesi e/o nell'accumulo di sostanze di riserva. Sono classificati in base al tipo di sostanze prodotte e/o accumulate: *proteinoplasti* (immagazzinano proteine sottoforma di corpi cristallini ed è possibile osservarli, nei semi ed in alcune radici). Sono classificati in base al tipo di sostanze prodotte e/o accumulate:

- elaioplasti (lipidi)
- proteinoplasti (proteine)
- amiloplasti (amido)

Gli *amiloplasti* sono i più comuni e sono privi del sistema di membrane interne ed accumulano carboidrati sottoforma di amido secondario, producono ormoni e sono in grado di polimerizzare gli zuccheri ma non di sintetizzarli. Hanno una funzione di riserva, e sono particolarmente abbondanti nelle radici, tuberi, rizomi, semi, midollo del fusto. Gli amiloplasti maturi, detti granuli di amido, assumono forme e dimensioni caratteristiche, che dipendono dalla deposizione di strati di amido intorno ad un centro di formazione definito **ilo**.

I granuli di amido possono essere semplici o composti:

- semplici:** quando la deposizione dell'amido inizia in un solo punto (ilo), indipendentemente dalla forma dell'ilo
- **composti:** quando l'inizio dell'accumulo di amido avviene contemporaneamente in più punti diversi dello stesso amiloplasto

Nelle cellule della columella della cuffia radicale, gli amiloplasti funzionano come statoliti, cioè sono coinvolti nella percezione dello stimolo gravitropico. **STATOLITI**= organelli di senso (granuli di amido), che si occupano di dare indicazioni alle radici sul dove crescere.

PARETE CELLULARE

Modello a mosaico fluido, è costituita da: lamella mediana, parete primaria, parete secondaria e membrana plasmatica. Inoltre la parete della cellula vegetale è presente nelle cellule di tutte le piante. Manca solo in alcuni organismi inferiori quali alcuni funghi ed alghe.

Funzioni:

- permette alla cellula di acquisire una forma definita;
- protegge da danni ed infezioni causati dall'attacco di batteri, funghi e patogeni;
- protegge la cellula da shock omeostatici cioè regola e la quantità d'acqua che la cellula può assumere dall'ambiente esterno, quindi non può scoppiare in ambienti con basse concentrazioni saline;
- fornisce resistenza e protezione alla cellula per il suo carattere di scatola rigida;

- interviene attivamente in molti processi fisiologici (es. assorbimento, diffusione e trasporto d'acqua, traspirazione, ecc). Contiene molta **acqua** ed è costituita in gran parte da **polisaccaridi**, **proteine** e **fenilpropanoni**.

Nelle piante sono presenti delle strutture complesse chiamate tessuti. I due principali tipi di tessuti sono quelli **meristemati** (o embrionali) e **definitivi** (o adulti). I tessuti meristemati sono formati da cellule che hanno la caratteristica di essere "totipotenti" cioè di aver la capacità di generare fino ad un intero individuo e con celare che si dividono. Poi via via che crescono la loro parete si ispessisce dando vita ai tessuti definitivi.

Si parte da una PARETE PRIMORDIALE, che si forma durante la citodieresi per divisione, poi si ha una PARETE PRIMARIA, formata grazie alla crescita per distensione, ed infine una PARETE SECONDARIA, che si forma durante il differenziamento di molti tipi cellulari. La crescita della cellula avviene verso il centro, facendo sì che il citoplasma si rimpicciolisca.

La PARETE PRIMORDIALE si forma quindi in seguito a processi di divisione, quando si forma una nuova parete (diversa da cellule animali che presentano un solco di scissione), chiamata **fragmoplasto**, il quale forma il setto di separazione, che può presentare delle fessure, che servono alla cellula per mantenersi in comunicazione.

La CITOCHINESI nella cellula vegetale: interviene una struttura citoscheletrica chiamata FRAGMOPLASTO- tarda anafase

- è responsabile della formazione della nuova PARETE divisoria tra le due cellule figlie
 - è costituito da MICROTUBULI e MICROFILAMENTI
 - compare prima della fine della mitosi
 - si forma nella zona centrale di citoplasma, tra i due gruppi di cromosomi figli
 - guida vescicole derivate dal Golgi (contenenti materiale di parete) al centro del piano di divisione, poi scompare, e guida la crescita della piastra cellulare
- Contemporaneamente alla formazione della parete primordiale si formano i **plasmodesmi**, che mantengono in comunicazione cellule vicine congiungendo i citoplasmici di cellule diverse. Sono come dei pori, che possono essere chiusi dalla cellula tramite il callosio (zucchero).

SIMPLASTO: via di movimento e di comunicazione che collega mediante plasmodesmi il citoplasma di cellule vicine, e attraverso la via simplastica vengono trasmessi segnali sistemici.

Due diverse vie di comunicazione a breve-media distanza nelle piante sono:

Apoplasto: continuità delle pareti cellulari

Simplasto: continuità del citoplasma mediante plasmodesmi.

Questi due compartimenti sono separati tra loro dalla membrana plasmatica.

Nelle piante pluricellulari, la parete della cellula è unita alle pareti delle cellule adiacenti da uno strato comune detto **LAMELLA MEDIANA**, che si origina dalla piastra cellulare ed è uno strato molto sottile. Questo strato è

particolarmente ricco di pectine (carboidrati indigeribili, polimeri dell'acido galatturonico). Esistono diversi tipi di pectine, nella zona compresa tra due cellule ci sono le pectine metilate, mentre nelle zone di giunzione di più cellule ci sono quelle non metilate. Inoltre nelle cellule con parete secondaria la lamella viene incrociata di lignina e tende a sparire.

FUNZIONI delle PECTINE

- controllano il grado di idratazione della parete → la sua organizzazione e proprietà meccaniche
- determinano la porosità della parete (pori di ~10 nm)
- regolano il trasporto di ioni in parete (il passaggio di cationi è bloccato o rallentato)
- frammenti di pectine possono funzionare da “molecole segnale” nella difesa delle piante dai patogeni

PARETE PRIMARIA: La parete primaria viene sintetizzata internamente alla parete primordiale (in direzione centripeta), ed è una complessa struttura di natura glicoproteica, composta da acqua, da una componente fibrillare (cellulosa) e una componente di matrice (pectine, emicellulose, proteine, acqua, sali), che riempie gli interstizi del materiale fibrillare. Le microfibrille di cellulosa sono sintetizzate da un complesso enzimatico (detto rosetta) incluso nella membrana plasmatica. Ciascuna rosetta contiene molte unità di **cellulosa sintasi** ➤ UDP-glucosio è la forma attivata del glucosio usata dalla cellulosa sintasi, svolge una funzione energetica (come ATP) e deriva dal saccarosio. La parete primaria è sottile, flessibile, estendibile e dotata di grande resistenza. La struttura della cellulosa sintasi varia a seconda della specie. La sintesi di cellulosa necessita di UDP-Glucosio, procede aggiungendo unità di glucosio all'estremità non riducente della cellulosa e l'assemblaggio delle microfibrille avviene successivamente alla sintesi e spontaneamente. Inoltre l'orientamento delle microfibrille di cellulosa nella parete primaria influenza la crescita per distensione; tale orientamento dipende dai microtubuli corticali, che prendono contatto diretto con la cellulosa sintasi e la trascinano, trasportando così anche le fibrille. La cellulosa può essere degradata SOLO da alcuni organismi che sono in grado di scindere il legame beta-1,4. Es. funghi del marciume del legno; alcuni batteri; termiti e scarafaggi; bovini ed ovini (nel loro apparato digerente ci sono appositi batteri). Sulla superficie esterna della cellula vegetale le molecole di cellulosa formano legami con altri polisaccaridi presenti e ciò va a costituire una specie di reticolo rigido appiattito e resistente cioè la **COMPONENTE FIBRILLARE** della parete cellulare.

Gli spazi tra le fibrille di cellulosa sono occupati dalla **MATRICE** costituita principalmente da H₂O, e poi da **EMICELLULOSE**, **SOSTANZE PECTICHE** (o sali di acidi pectici es. pectati di Ca o Mg) e **GLICOPROTEINE**. La composizione chimica della matrice varia tra specie diverse, tra cellule della stessa pianta e durante i processi di crescita e differenziamento dello stesso

tessuto. Le EMICELLULOSE sono polisaccaridi ed interagiscono con le fibrille di cellulosa e con gli altri polimeri della matrice irrigidendo la cellulosa. Sono costituite da catene lineari di glucosio che hanno ramificazioni (impediscono di formare microfibrille) laterali formate da diversi tipi di zuccheri (es. xilosio, galattosio, fucosio).

I polimeri della matrice vengono sintetizzati nel golgi e secreti nella parete tramite vescicole.

Nella parete primaria ci sono anche **PROTEINE** → *strutturali* ed *enzimatiche* es. PRP (proteine ricche in prolina), GRP (ricche in glicina), AGP (arabino galattaniche). Le *proteine strutturali* formano legami nella parete, e in generale sono delle glicoproteine, ricche in aminoacidi idrossiprolina, prolina, lisina o glicina, sono idrofiliche e possono formare legami H.

GLICOPROTEINE di PARETE: Proteine strutturali (ricche di aminoacidi quali serina, idrossiprolina e lisina che formano legami covalenti con le emicellulose) alle quali si legano molecole di zuccheri in particolare arabinosio e galattosio.

Esistono due principali categorie di glicoproteine di parete: le **ESTENSINE** che favoriscono l'estensibilità della parete; le **LECTINE** che svolgono un ruolo importante nei processi di riconoscimento e compatibilità tra le varie cellule (es. impollinazione e resistenza ai parassiti).

Proteine enzimatiche: svolgono reazioni necessarie per la modifica/adattamento della parete cellulare agli stimoli di sviluppo e ambientali (Enzimi ossidativi – perossidasi, Enzimi idrolitici – pectinasi, cellulasi Enzimi per l'estensione cellulare - espansine ed Inibitori proteici).

PARETE SECONDARIA: per le cellule vegetali che devono essere particolarmente resistenti, infatti la sua presenza sottintende un differenziamento quando la crescita cessa si ha un ispessimento della parete primaria per accumulo di materiali. Nella parete secondaria la percentuale di fibrille di cellulosa è assai maggiore rispetto alla matrice (molto scarsa), specialmente in quelle con funzione meccanica (es. fibre legnose). In tali cellule la parete secondaria presenta molti strati concentrici, in cui l'orientamento delle fibrille presenta una tessitura parallela ed è diversa da strato a strato. Questa disposizione permette di resistere alle forze di trazione. Alcune cellule con pareti secondarie particolarmente elaborate svolgono la loro funzione da morte. **FUNZIONI=** forma cellulare, sostegno meccanico, difesa, riduzione della traspirazione

COMPONENTI= cellulosa, lignina, cuticola, suberina

La parete cellulare, durante la vita della cellula, assume spesso nuove caratteristiche chimico/fisiche, in stretto rapporto con le funzioni che deve svolgere. Le principali modificazioni della parete avvengono per **INCROSTAZIONE**, (lignificazione, pigmentazione, mineralizzazione) cioè infiltrazione di materiali tra gli spazi interfibrillari delle molecole di cellulosa, per **APPOSIZIONE** (cutinizzazione, cerificazione, suberificazione) sulla parete

di materiali che ne aumentano l'impermeabilizzazione e per GELIFICAZIONE.
LIGNINA → polimero che contiene anelli aromatici, viene deposta da microfibrille con disegni geometrici ben precisi. Ad esempio i tessuti conduttori possiedono una parete fortemente lignificata, perchè la parete deve essere isolata affinché l'acqua arrivi da tutte le parti e non venga dispersa. La lignificazione delle pareti cellulari conferisce rigidità alle strutture cellulari, le rende più impermeabili e resistenti agli attacchi di microrganismi. La deposizione delle lignine avviene a partire dallo strato della parete secondaria più vicino alla membrana plasmatica, per poi procedere per infiltrazione a tutta la parete ivi compresa la parete primaria e la lamella mediana. Quando l'accrescimento e la lignificazione sono finiti la cellula muore.

I processi di lignificazione sono normalmente accompagnati da pigmentazione. La pigmentazione si verifica per impregnazione della parete ad opera di sostanze più o meno colorate (bruno-rossastre) come i **TANNINI** ed i **POLIFENOLI**, che hanno proprietà antisettiche. Es. semi di ricino, corteccia,.. alcuni funghi hanno anche pigmenti chiamati **FLAVONOIDI**, localizzati nella parete cellulare, mentre nelle piante superiori solitamente si trovano nel vacuolo.

Nella parete cellulare si possono depositare anche **sostanze minerali**, come carbonato di calcio, ossalato di Ca, biossido di silicio, che la rendono dura e resistente. La parete delle cellule che sono disposte sulla superficie delle foglie o di un giovanissimo ramo (**STRATO** di **EPIDERMIDE**) è protetta nella faccia rivolta verso l'esterno da una pellicola, detta **CUTICOLA**, che è costituita da cutina, un polimero degli acidi grassi. La cuticola conferisce alla parete impermeabilità all'acqua ed, in minor misura, ai gas atmosferici. La cellula, però, essendo coperta di cuticola solo sulla faccia esterna, può ricevere acqua e nutrimento dalle cellule vicine e rimanere vitale.

SUBERINA = è una sostanza organica molto resistente, costituita da acidi grassi saturi e insaturi (es. acido felleonico, suberinico,..), che prende parte al processo di suberificazione, ossia modificazione della parete secondaria. I tessuti suberificati sono altamente impermeabili all'acqua e ai gas, sono dotati di morbidezza e di facile deformabilità, sono di difficile attacco da parte di enzimi secreti dai parassiti, e sono elastici.

VACUOLO

è una struttura caratteristica delle cellule vegetali, che ne contengono solo uno, a volte ramificato; è costituito da una cavità piena di acqua in cui sono disciolti vari soluti, separato dal citoplasma da una membrana detta *tonoplasto*. Nella cellula in divisione ci sono tanti vacuoli, poi quando cresce questi si aggregano.

FUNZIONI:

-osmoregolatore

- mantiene il turgore della cellula
- distensione cellulare durante il differenziamento
- movimento (mediante variazioni del turgore)
- funzioni litiche e digestive, accumula infatti molecole dannose o inutili, - garantisce l'aumento di superficie senza il proporzionale aumento di citoplasma
- garantisce una disposizione dei cloroplasti a ridosso della parete (posizione favorevole per l'attività fotosintetica)
- conferisce la possibilità di assorbire acqua dall'esterno

Il TONOPLASTO è una membrana asimmetrica, a doppio stato fosfolipidico, attraversato da proteine intermembrana, proteine carriers, pompe protoniche, proteine canali ed enzimi. Il vacuolo ha inoltre un ruolo importante durante l'accrescimento per distensione, perchè assicura, assieme alla parete cellulare, l'aumento del volume.

Le funzioni sono correlate al tipo di soluti contenuti, la composizione del succo (che è acido) varia infatti a seconda della specie, del tessuto dell'organo e dello stato della stessa cellula. Funzioni di riserva → zuccheri e proteine, non accumula amido, Funzioni di accumulo → in parti che si staccano (es. corteccia, foglie), Funzione digestiva o lisosomica → enzimi litici

Il vacuolo contiene: acqua, acidi organici, zuccheri, amminoacidi, proteine e ioni inorganici. Gli ioni svolgono una funzione di riserva; in particolare le piante riescono a crescere in terreni ricchi di nitrito (NO_2^-) non assorbendolo dal suolo, o sviluppando meccanismi di difesa nel vacuolo.

Sono inoltre presenti anche acidi organici, come l'acido ossalico, malico (nelle mele), citrico (nel limone), tartarico, che vengono accumulati nel vacuolo per essere rimossi dal citoplasma, così da mantenere un pH stabile. Gli ioni nel vacuolo possono rimanere sotto forma libera oppure formare dei sali e dei cristalli con gli acidi organici (es. ossalato di Calcio: acido ossalico + Ca^{2+}). Quando l'acido ossalico reagisce con Ca^{2+} precipita formando cristalli salini; questo è il modo per portare il Ca^{2+} nel vacuolo senza spendere energia. Questi cristalli svolgono una funzione di protezione contro gli erbivori.

DRUSE: cristalli piramidali dall'aspetto irregolare

RAFIDI: prismi allungati, come lunghi aghi appuntiti (polpa kiwi)

STILOIDI: cristalli a forma poliedrica/prismatica (cipolla)

Nel vacuolo sono disciolti molti zuccheri, con funzione di riserva; tra i più diffusi ci sono, monosaccaridi (glucosio e fruttosio), disaccaridi (saccarosio).

Le proteine vengono invece accumulate all'interno dei piccoli vacuoli, ad es. i granuli di aleurone dell'endosperma (tessuto nutritivo) dei semi di ricino.

Le funzioni del vacuolo dipendono molto dalla componente del succo, che può ad esempio accumulare **metaboliti secondari**= non essenziali per la vita della cellula, ma hanno un ruolo ecologico: sono attrattori di impollinatori e disseminatori, sono attrattori chimici in situazioni di stress ambientali, sono elementi di difesa contro microrganismi, insetti, ma anche contro piante.

RICORDA! Metaboliti primari= lipidi, amminoacidi, acidi nucleici, acidi organici. I metaboliti secondari sono divisibili in 3 classi:

- 1) Isoprenoidi
- 2) alcaloidi
- 3) composti fenolici

piu un gruppo a parte costituito da glucosinolati e glucosidi cianogenetici.

TERPENI → agiscono da deterrenti per un gran numero di insetti e di mammiferi fitofagi, giocando un ruolo di difesa; alcuni conferiscono un aroma alla pianta (salvia)

OLI ESSENZIALI: miscele di monoterpeni e sesquiterpeni volatili, si protendono fuori dalle epidermidi, impartiscono un caratteristico odore alle foglie, hanno proprietà repellenti per gli insetti, agiscono da repellenti anche sugli erbivori,... (es. menta piperita, basilico, salvia)

Alcuni vacuoli possono contenere anche resine, oleoresine, balsami, gommoresine, gomme naturali.

ALCALOIDI: composti ciclici basici contenenti azoto, molto attivi e spesso con proprietà farmacologiche (morfina, nicotina, caffeina, eroina). Svolgono funzioni di difesa, ma anche riserva di azoto; sapore sgradevole, esplicano la loro azione a livello del sistema nervoso. Sono diffusi nelle dicotiledoni, rari nelle gimnosperme e infrequenti nelle monocotiledoni.

I vacuoli accumulano anche composti fenolici: **FLAVONOIDI**, **ANTOCIANI**, **TANNITI**, che svolgono funzioni di difesa, sono molecole di richiamo (pigmenti, aromi), agenti allelopatici.

FLAVONOIDI: pigmenti presenti in fiori (geranio), frutta, foglie (acero rosso), si presentano rossi in ambiente acido e blu in ambiente basico. Svolgono anche funzioni di difesa (prop. Antiossidanti, schermo per radiazioni UV, contro parassiti)

TANNINI: co-polimeri di carboidrati e di acido gallico ed ellagico, all'aria si ossidano assumendo colore bruno. Sono presenti nei frutti acerbi, svolgono una funzione di difesa contro i microrganismi e deterrente per erbivori.

FLAVONOIDI: prodotti da piante mediche, utilizzate per la produzione di foraggio.

Le molecole antiossidanti hanno un potere antiossidante, proteggono le piante dai danni causati dalle radiazioni ultraviolette, assorbendo luce di una determinata lunghezza d'onda. Infatti in caso di esposizione a grandi quantità di radiazioni UV, la loro produzione aumenta immediatamente per compensare questa emergenza.

Sia che il soluto possa passare o meno, l'acqua si sposta da dove il soluto è meno concentrato a dove lo è di più (da ambiente ipotonico a ipertonico). Se è presente una membrana permeabile si spostano i soluti, invece se c'è una membrana semipermeabile si sposta solo acqua.

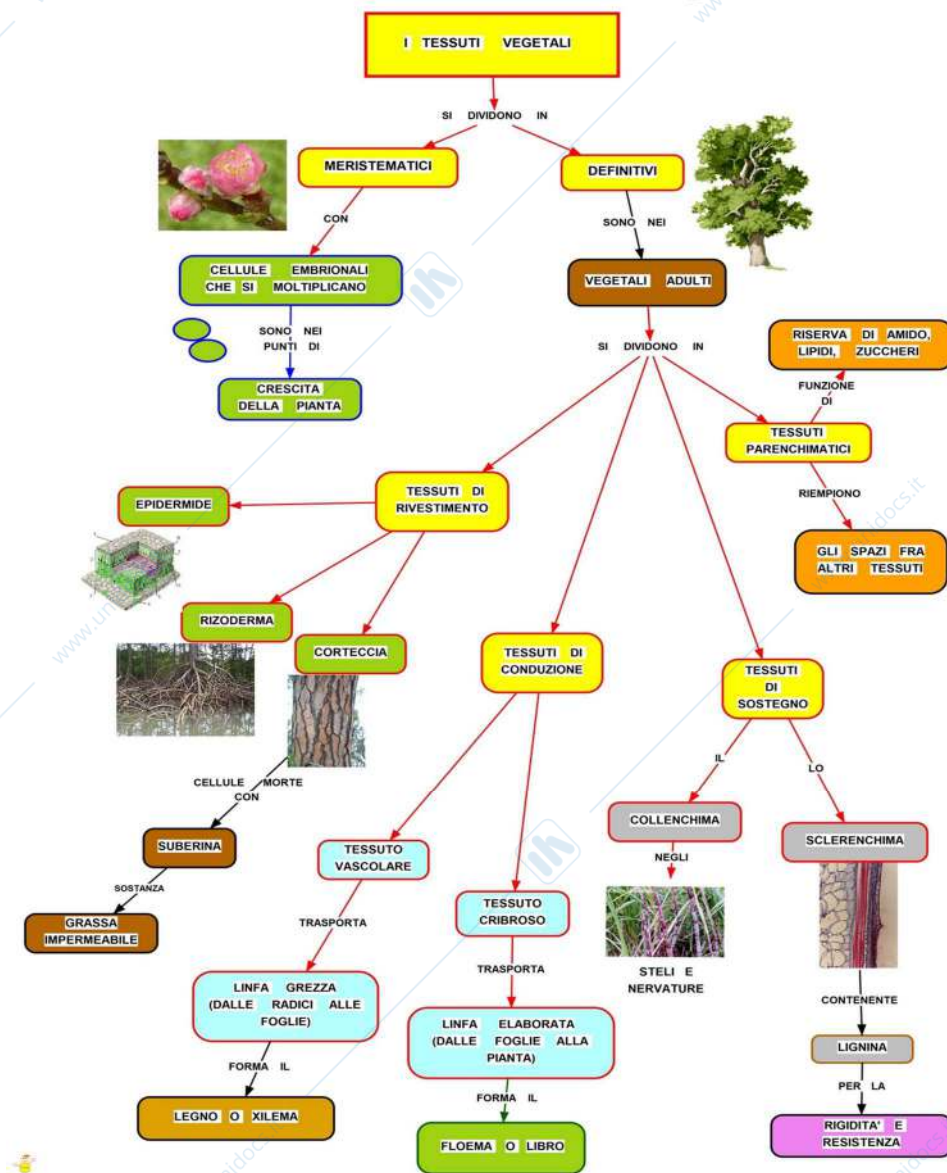
Quando metto la cellula in una soluzione ipotonica avviene la **plasmolisi**, in

prima battuta il vacuolo si stringe, tirandosi dietro la membrana, che si inizia a staccare dalla parete. Se la parete non fosse in grado di opporsi al continuo richiamo d'acqua si avrebbe lo scoppio dei protoplasti e se il vacuolo perdesse acqua, determinando l'abbassamento della pressione di turgore, si avrebbe la PLASMOLISI cellulare.

Ambiente IPOTONICO = concentrazione dei soluti interna maggiore di quella esterna (entra in gioco la parete cellulare e si ha TURGORE CELLULARE)

Ambiente IPERTONICO = concentrazione dei soluti interna minore a quella esterna (fenomeno della PLASMOLISI)

PARTE II (Istologia)



MERISTEMI PRIMARI → tessuti meristemati che derivano direttamente dal tessuto embrionale; la divisione e il successivo differenziamento di questi meristemi dà origine ai tessuti primari. I meristemi primari sono localizzati ai due poli della pianta e rimangono attivi per tutta la vita. Le cellule meristemati sono in attiva divisione, sono di piccole dimensioni, vacuolo piccolo e pareti primarie sottili. Con la maturazione, le cellule assumono forme e dimensioni in relazione alla specifica funzione cellulare e i vacuoli aumentano di dimensioni. **MERISTEMI APICALI** – Si trovano agli apici di radici e germogli. Determinano la *crescita in lunghezza* della pianta (**CRESCITA PRIMARIA**). Esiste un **apice vegetativo** (meristema apicale del fusto) che produce foglie e rami, ma quando la pianta è pronta a riprodursi, si trasforma in **apice florale**. Esiste poi il **meristema apicale radicale**, che invece provvede a formare la radice principale e la cuffia radicale. Tra i meristemi primari sono inclusi anche quelli intercalari, ossia quelli costituiti da gruppi di cellule che mantengono la capacità di dividersi.

LA CRESCITA DELLE PIANTE È INDEFINITA

MERISTEMI SECONDARI → non sono già presenti nell'embrione ma si sviluppano in una seconda fase, fanno infatti parte dei tessuti definitivi. Sono presenti solo in alcune piante e vengono anche definiti "cambiali", sono responsabili della crescita in diametro del fusto e della radice e si distinguono in **cambio subero-falodermico** (si sviluppa nelle cellule mature del cortex e del floema secondario, si differenzia in cellule del sughero che costituiscono il periderma) e **cambio cribro-vascolare** (xilema e floema secondario, raggi di tessuto parenchimatico).

MERISTEMI FIORALI → derivano dai meristemi vegetativi, producono gli organi fiorali e sono a crescita determinata.

MERISTEMI DELLE INFIORESCENZE → derivano da meristemi vegetativi e producono brattee e meristemi fiorali alle ascelle delle brattee; possono essere determinati o indeterminati.

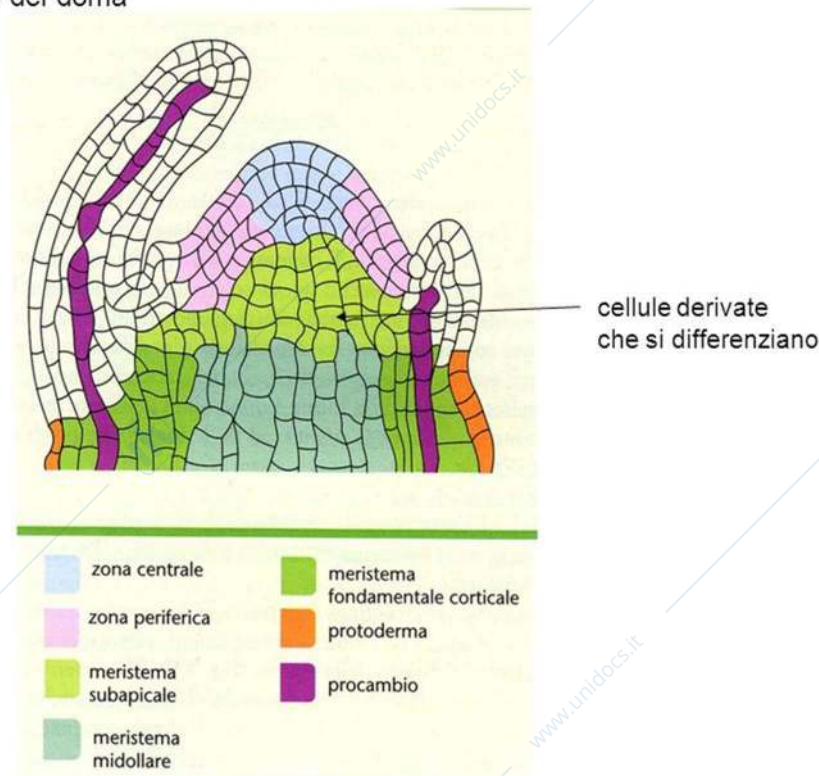
Il germoglio ha un aspetto stratificato: L1 strato più esterno, che presenta cellule staminali (si dividono poco) L1 e L2 : divisioni anticlinali, con cellule in rapida divisione (lati superficiali) L3: piano di divisione meno orientato, che è un tessuto centrale. L1, L2 = tunica, mentre L3 = corpus

L1 produce l'epidermide di tutte le parti della pianta; L2 e L3 producono i tessuti più interni. Ogni zona composta da cellule distinguibili non solo per il piano delle divisioni ma anche per differenze in dimensioni, grado di vacuolizzazione. Hanno pattern diversi di espressione genica che riflettono le differenze di funzione tra le varie zone
Zona Centrale: iniziali apicali ; divisioni lente
Zona periferica: primordi fiorali; divisioni rapide
Costa meristemati: tessuti interni del fusto. La cellula man mano che raggiunge le dimensioni finali comincia a differenziarsi acquisendo caratteristiche tipiche del tessuto di cui andranno a far parte all'interno dei diversi organi della pianta.

La pianta attua due tipi di crescita:

- 1) Accrescimento in altezza (crescita primaria di fusto, radici e foglie) (eredità del pattern longitudinale definito nell'embrione)
- 2) Accrescimento primario in spessore (eredità del pattern radiale definito nell'embrione), seguito nelle specie arboree di gimnosperme ed angiosperme dicotiledoni da accrescimento secondario. Entrambi i tipi di crescita primaria sono a carico di meristemi e prevedono divisione, crescita e differenziamento cellulare.

Zonazione radiale del doma



TESSUTI ADULTI:

- tegumentali : epidermide, rizoderma, esoderma, endoderma, sughero
- parenchimatici
- meccanici o di sostegno
- conduttori

I tessuti adulti possono essere PRIMARI, derivati dal differenziamento di cellule prodotte dai meristemi apicali o laterali. SECONDARI, derivati dall'attività di meristemi di origine secondaria o mista ("cambi") che sono responsabili dell'accrescimento secondario in spessore della pianta.

Tutti gli organi della pianta sono rivestiti da uno o più strati di cellule periferiche che formano i tessuti **TEGUMENTALI**. Le funzioni sono due, :

- a) assunzione di acqua e soluti: TESSUTO di ASSORBIMENTO;

b) protezione e limitazione e controllo dei flussi di acqua: **TESSUTI di RIVESTIMENTO**. I tessuti tegumentali si dividono in *esterni* ed *interni*; i primi ricoprono le superfici degli organi e hanno funzioni protettive (sono primari e secondari), i secondi formano barriere di separazione ed isolamento tra i tessuti di uno stesso organo (solo primari). Ci sono quattro tipi di tessuti tegumentali:

- Epidermide: cellule vive con funzione di protezione, presentano modificazioni secondarie della parete
- Rizoderma: cellule vive, pareti primarie, funzione di assorbimento
- Endoderma, Sughero: cellule morte con parete suberificata, funzione di protezione

ESTERNI= epidermide e esoderma.

L'**epidermide** è di origine primaria, deriva infatti dallo strato più superficiale dei meristemi apicali. L' epidermide della radice viene chiamata RIZODERMA, che riveste il corpo primario della radice, non presenta stomi, è di breve estensione e durata e non presenta cuticola o cere. Svolge una funzione di assorbimento di acqua e sali minerali attraverso i peli radicali. La rizoderma è un tessuto effimero, in quanto le sue cellule presto muoiono: a questo punto l'organo verrà protetto dall'ambiente esterno da un altro tessuto, l'esoderma.

L'epidermide è costituita in genere da un unico strato di cellule vive, vacuolate, a volte colorate per la presenza di pigmenti (antociani) accumulati a livello del vacuolo, per cui il tessuto risulta colorato di rosso, rosa o violetto. E' il tessuto che costituisce il primo rivestimento di tutti gli organi aerei della pianta prendendo origine direttamente dal protoderma dell'apice vegetativo. Tranne che nelle felci e in alcune piante di ambienti ombrosi e umidi, l'epidermide è priva di cloroplasti, gli organuli deputati allo svolgimento della fotosintesi. Solo gli stomi ne sono provvisti.

Le pareti esterne delle cellule epidermiche sono incrostate di cutina, una sostanza idrofoba costituita da acidi grassi a lunga catena C16 e C18 che riduce fortemente la permeabilità della parete, limitando la perdita di acqua. Spesso la cutina forma esternamente alla parete cutinizzata uno strato chiamato CUTICOLA al quale si può aggiungere un ulteriore strato di CERE (idrocarburi associate ad esteri d acidi grassi a lunga catena). La cuticola e le cere sono un'ottima barriera anche per insetti e patogeni vari MA non consentono gli scambi gassosi necessari al processo fotosintetico. Gli scambi gassosi sono consentiti grazie agli stomi. Gli STOMI sono aperture che servono per la comunicazione tra ambiente interno ed esterno. Sono formati da due cellule di guardia che delimitano una cavità detta *apertura* o *rima stomatica*. Le cellule di guardia si formano durante il differenziamento dell'epidermide dal protoderma, e in particolare derivano dai **meristemoidi**, cellule che mantengono più a lungo la capacità di dividersi.

Le epidermidi possono presentare delle strutture cellulari che si differenziano nettamente per forme e funzioni:

- peli (detti anche TRICOMI)
- ghiandole
- stomi

Alcune cellule epidermiche si accrescono allungandosi verso l'esterno e formano i TRICOMI hanno funzione di protettiva. I peli bloccano parte della luce incidente inoltre creano una zona di aria umida stagnante, aiutano a limitare la perdita d'acqua. Altri peli specializzati servono per facilitare l'atterraggio, per impedire l'accesso a certe parti della struttura fiorale o per indirizzarli in una certa direzione invece che verso un'altra gli impollinatori. Altri peli specializzati, particolarmente carnosì e ricchi in sostanze lipidiche possono essere offerti come premio al visitatore.

SUGHERO: tessuto tegumentale che riveste le parti legnose di fusti e radici, ma anche di tuberi e nella buccia dei frutti succulenti. Il sughero è un tessuto pluristratificato, privo di spazi intercellulari, formato da cellule morte prive di aria, e forma una parete secondaria impermeabile, che svolge una funzione di protezione, contro la perdita d'acqua e dall'attacco di patogeni, è un isolante termico e svolge anche un ruolo cicatrizzante. Durante l'accrescimento secondario in spessore l'epidermide viene sostituita dal *periderma*, che si origina da cellule che formano un meristema secondario chiamato cambio sughero-fallodermico, che produce sughero. La parete suberina è interrotta dalle lenticelle, porzioni di sughero con cellule arrotondate che lasciano spazi intercellulari, attraverso i quali l'aria passa.

INTERNI

ENDODERMA: è un tessuto di origine primaria, separa la zona corticale (esterna) da quella centrale (interna) di caule e radice, frapponendosi tra zona corticale e zona dei tessuti di conduzione. Le sue cellule sono vive, e non presenta spazi intercellulari. Nella porzione più giovane della radice le sue pareti cellulari sono sottili ed elastiche su tutta la superficie meno che in corrispondenza di una fascia, che gira intorno ad ogni singola cellula = *banda del Caspary*; questa è impermeabile, quindi le sostanze che entrano in circolo devono necessariamente attraversare il plasmalemma e il protoplasto delle cellule endodermiche, operando così un'azione di filtraggio attraverso i plasmodesmi.

TESSUTI PARENCHIMATICI

Sono tessuti di riempimento, di derivazione primaria, formato da cellule grosse e vive, con pareti sottili, e spazi intercellulari ben sviluppati. Le cellule sono in grado di riprendere a dividersi, per cui sono molto importanti nella

rigenerazione e nella cicatrizzazione di ferite, inoltre sono fortemente vacuolizzate, hanno forma poliedrica, molti plastidi e le pareti sono costituite dalla sola parete primaria. Ci sono molti spazi intercellulari, ed è un tessuto specializzato nella fotosintesi.

Si distinguono vari tipi di parenchima: fotosintetico, di riserva, acquifero, aerifero.

Parenchima fotosintetico: anche detto "clorenchima", presente nelle foglie e altri organi deputati alla fotosintesi, è costituito da cellule con pareti sottili (per far passare meglio la luce) e numerosi cloroplasti. La compattezza è massima nel tessuto a palizzata e minima in quello lacunoso. Il "tessuto a palizzata" ha cellule fortemente appressate, molto ricche in cloroplasti, di forma allungata in direzione perpendicolare alla superficie esterna della foglia. Il "tessuto lacunoso" ha cellule molto più lasse e disposte in varie direzioni, con spazi aeriferi molto sviluppati, che sono in diretto contatto con le camere sottostomatiche.

Parenchima di riserva: accumulo di sostanze di riserva, localizzato in zone del fusto, della radice, delle foglie, del seme; inoltre è presente anche nei tuberi e nei bulbi. es. parenchima amilifero → nelle cellule che accumulano amido come sostanza di riserva. I parenchimi di riserva nei fusti e nelle radici rimangono funzionanti per vari anni: ai periodi di accumulo si succedono periodi di consumo, secondo i ritmi stagionali. Negli organi di riserva specializzati sotterranei e nei semi i parenchima di riserva si esauriscono in seguito al consumo.

Tessuto parenchimatico acquifero: specializzato nella conservazione di acqua, tipico delle piante grasse, presenta cellule grandi con grandi vacuoli e pareti sottili.

Tessuto parenchimatico aerifero: favorisce la diffusione e circolazione dell'aria nelle piante, presenta grandi spazi intercellulari; inoltre rende gli organi più leggeri, favorendo il galleggiamento.

TESSUTI MECCANICI

Il loro compito è di fronteggiare i vari tipi di forze cui un organo o l'intera pianta vengono sottoposti. Sono in genere più abbondanti nel fusto (dove sono tipicamente localizzati nelle parti più periferiche) rispetto alla radice (dove invece sono concentrati nella zona centrale). Le cellule sono caratterizzate da pareti spesse e robuste; mancano o sono molto rari gli spazi intercellulari.

Collenchima: situato sotto l'epidermide, è un tessuto meccanico caratteristico delle strutture primarie (presente, ad es., in piante erbacee soprattutto nelle parti della pianta in attiva crescita). Le cellule sono fortemente allungate, e rimangono vive, e presentano una parete ispessita, in genere in maniera

irregolare formata da lamelle di cellulosa alternate a lamelle di sostanze pectiche. In base alla forma degli ispessimenti, è possibile riconoscere tre tipi fondamentali di collenchima:

-ANGOLARE: gli ispessimenti sono presenti solo agli angoli di una cellula a sezione trasversale più o meno quadrangolare

-LAMELLARE: gli ispessimenti interessano singole pareti, in genere quelle tangenziali alla superficie esterna dell'organo in cui il tessuto si differenzia. -

CIRCOLARE: è il più raro; gli ispessimenti interessano tutte le pareti; spesso con la maturità dell'organo le cellule moriranno, dopo aver lignificato la propria parete, diventando di fatto uno sclerenchima.

Sclerenchima: è un tessuto meccanico caratteristico delle strutture secondarie, ma presente anche in quelle primarie, soprattutto nelle monocotiledoni, dove è il tessuto meccanico prevalente. Le cellule sono fortemente allungate, presentano una parete fortemente ispessita e rigida (formata da cellulosa spesso incrostata da lignina e caratteristicamente attraversata da punteggiature ramificate), e alla maturazione del tessuto muoiono (PCD). Contenendo lignina, le cellule sclerenchimatiche possono essere differenziate mediante colorazione.

-SCLEREIDI: corte, spesso ramificate, con funzione di protezione (es. guscio dei semi) e di sostegno (es. all'interno della lamina fogliare).

-FIBRE: lunghe anche alcuni mm, eccezionalmente 10 cm, presenti soprattutto nei fusti, nei piccioli delle foglie e lungo i fasci cribro-vascolari, con funzione di irrobustimento, parete talmente spessa che il lume è molto ridotto.

TESSUTI DI TRASPORTO

□ XILEMA - trasporto della "LINFA GREZZA", soprattutto acqua e ioni minerali assorbiti dall'apparato radicale verso le altre parti della pianta, e quindi soprattutto le foglie, dove la traspirazione è più intensa. È una modificazione della parete secondaria che porta alla morte cellulare e può essere composto da diversi elementi: *tracheidi* e *trachee*. Le TRACHEIDI, le più primitive, sono cellule allungate con estremità in genere appuntita, parete lignificata (spesso molto lignificata), con numerose punteggiature. Le tracheidi sono presenti in quasi tutte le pteridofite, nelle gimnosperme, e nelle angiosperme. Presentano un lume stretto, così da poter trasportare l'acqua più in alto delle trachee, ma in minor quantità. Le pareti longitudinali dei vasi possiedono anche delle "punteggiature", che mettono in comunicazione vasi adiacenti e servono ad evitare l'embolia, ossia la formazione di una bolla d'aria che bloccherebbe il passaggio di H₂O e permettono di trasportare l'acqua anche in direzione laterale.

Le TRACHEE sono elementi composti, formati da più cellule impilate le une sulle altre, a formare delle colonne lunghe eccezionalmente anche alcuni metri

(es. nelle liane), in cui sono andate perse del tutto o quasi del tutto le pareti trasversali, per cui si forma una sorta di tubo pluricellulare. Presentano un lume più ampio. Gli elementi tracheali hanno una parete secondaria formata da ispessimenti irregolari: anulati, spiralati o reticolari. I primi due tipi permettono ancora l'allungamento della cellula prima che questa muoia, e quindi sono tipici dello xilema che si forma per primo. Trasportano in maniera più efficiente l' H₂O, ma sono maggiormente esposte al pericolo dell'embolia. In molte piante le trachee rimangono funzionali per tempi molto brevi; in molti casi alla fine della stagione di crescita le cellule parenchimatiche invadono il lume tracheale attraverso le punteggiature, formando strutture vescicolari, le TILLE, che occludono i vasi.

□ FLOEMA - trasporto della “LINFA ELABORATA”, acqua e molecole organiche (mono- ed oligosaccaridi, fitormoni, aminoacidi, etc.) dai tessuti fotosintetici agli organi che li devono accumulare o consumare, ad es. dalle foglie agli organi di riserva, ai frutti in formazione, ai tessuti in attiva crescita. È costituito da cellule vive e tubi cribrosi. Le cellule possiedono numerosi pori, che sono in comunicazione con le cellule compagne perchè le cellule del floema sono anucleate, e quindi non sono attive dal punto di vista della traduzione. Queste cellule anucleate servono a sintetizzare le cellule compagne, che derivano dalla divisione di una cellula cribrosa.

La cellula madre dell'elemento del tubo cribroso subisce una divisione mitotica, la divisione determina la formazione di un elemento del tubo cribroso e di una cellula compagna. La parete dell'elemento del tubo cribroso si ispessisce in modo non uniforme. Il nucleo dell'elemento del tubo cribroso degenera. Si forma la placca cribrosa. A maturità l'elemento del tubo cribroso manca del nucleo e di vacuolo.

Parte III Gli organi

Le strutture sono sempre collegate alle funzioni, e gli organi si devono coordinare per lo sviluppo. Gli organi delle piante superiori sono: FOGLIE, FUSTO, RADICI e nelle angiosperme i FIORI.

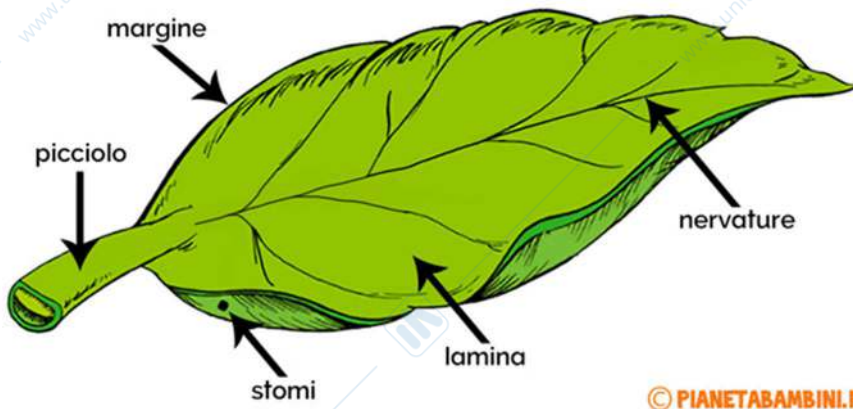
Ricorda! Meristemi primari: presenti in tutte le piante e danno origine a tutti i tessuti primari, mentre i meristemi secondari: si differenziano secondariamente durante lo sviluppo della pianta, sono presenti solo in alcune piante e danno origine ai tessuti secondari. PRIMARI:

1. SAM (Shoot Apical Meristem) e' il meristema apicale del germoglio che forma la parte aerea della pianta.

2. RAM (Root Apical Meristem) e' il meristema apicale della radice che forma l'apparato radicale.

FOGLIE sono organi che si sviluppano lateralmente e si formano sempre a livello dei nodi (distanza tra due nodi= internodo). *Fillostasi* è la disposizione lungo il fusto delle foglie, che può cambiare durante le diverse fasi dello sviluppo ed è caratteristica di ogni specie; può essere alternata (una foglia per nodo) o opposta (due foglie per nodo). I tessuti si posizionano gli uni verso gli altri (epidermide, parenchimatici, tegumentali) secondo l'ordine, poi ci sono delle caratteristiche specie-specifiche, che dipendono dalla forma, dalla posizione delle nervature, o dal fatto di avere le dentellature ai margini. Le cellule che vanno a costituire le foglie si differenziano anche secondo tre assi di sviluppo ben precisi:

- Asse apico/basale → indica che da una parte c'è la foglia e dall'altra il picciolo
- Asse adassiale (superiore)/abassiale (inferiore) → sa quello che sta sopra e sotto alla foglia stessa.



Una foglia ha un picciolo (se non lo possiede viene definita sessile), delle stipole (base del picciolo, permette la connessione foglia-fusto), un apice (opposto al picciolo) e un margine (liscio o seghettato) ed infine le nervature (floema e xilema). Nelle diverse forme delle foglie varia la disposizione delle cellule; le foglie vengono dette semplici se la lamina è interna, e composte se è suddivisa in foglioline, ognuna dotata di un proprio picciolo. Le foglie, come le radici e i fusti, sono costituite dagli stessi tipi di tessuti: sistema tegumentale, sistema fondamentale e sistema vascolare; ci sono delle varianti nelle tipologie di tessuto tegumentale, parenchimatico e vascolare, ma le disposizioni sono sempre le stesse (modifiche dovute alla funzione che gli organi devono svolgere). Le foglie devono svolgere la fotosintesi e sono organizzate in modo da massimizzare questo compito.

DIFFERENZE MONO E DICOTILEDONI:

-formazione delle foglie a partire dal meristema apicale del germoglio → le monocotiledoni avvolgono la formazione della foglia e il risultato è di non avere il picciolo (sono più oblique senza picciolo, mentre quelle con picciolo sono perpendicolari alla luce incidente, quindi hanno tessuti organizzati in modo diverso).

- mono presentano foglie con nervature disposte in parallelo, mentre le

- foglie delle dico hanno nervature disposte a reticolo
- le mono sono equifaciali= non si distinguono i due lati delle foglie, mentre le dico sono bifaciali= con due lati diversi.

EPIDERMIDE: è esterna, regola il traffico di sostanze gassose tra l'ambiente interno e quello esterno, limita la perdita d'acqua, protegge la pianta dall'attacco di organismi patogeni e protegge le cellule più interne dall'abrasione degli agenti interni. È costituita da cellule appiattite, incastrate tra di loro in modo da non lasciare spazi intercellulari; inoltre le pareti esterne delle cellule epidermiche presentano modificazioni grazie alla *cutina*, al fine di ridurre la permeabilità della parete stessa. Spesso la cutina forma una cuticola, alla quale si può aggiungere un ulteriore strato di *cere*. Gli scambi gassosi avvengono grazie agli stomi (aperture della rima stomatica regolabile per cambi di CO₂ in base al turgore delle cellule), e la loro disposizione varia a seconda delle specie: negli ambienti più aridi, ad esempio, gli stomi delle dicotiledoni sono posizionati nella pagina inferiore, così da evitare che vengano direttamente colpiti dalla luce del sole, perdendo H₂O. Nelle monocotiledoni invece sono posizionati su entrambe le pagine, a causa della curvatura obliqua nello spazio (il sole arriva da tutte e due le parti). In molte xerofite gli stomi possono trovarsi all'interno di cripte, ossia invaginazioni spesso rivestite da peli, in modo da ridurre i movimenti di aria, minimizzando l'evaporazione. Alcune epidermidi presentano inoltre dei peli, che svolgono una funzione di difesa chimica e meccanica, creano una zona di aria umida stagnante, aiutano a limitare la perdita d'acqua, prevenzione dagli effetti di un'eccessiva traspirazione e irradiazione solare.

PARENCHIMA: è distribuito differenzialmente tra monocotiledoni (uniforme, tutte e due le lamine presentano uguale esposizione alla luce solare) e dicotiledoni. In queste ultime sono distinguibili due tipologie di parenchima:

- A palizzata → localizzato sul lato superiore della foglia, presenta un numero maggiore di cloroplasti, è il principale tessuto fotosintetico, gli spazi intercellulari sono di ridotta ampiezza.
- Spugnoso → localizzato sul lato inferiore, presenta un numero inferiore di cloroplasti, spazi intercellulari ampi.

NERVATURE: costituite da FLOEMA e XILEMA e circondate da cellule parenchimatiche che formano la *guaina del fascio* (pochi cloroplasti). Nelle dicotiledoni ci sono nervature maggiori, che sporgono dal piano della faccia inferiore della foglia e svolgono una funzione di trasporto e quelle minori che sono di piccolo calibro decorrono all'interno del mesofillo. Raccolgono i composti organici prodotti dalla fotosintesi, sono in stretto contatto con le cellule del mesofillo. Nelle monocotiledoni → nervature parallele, mentre nelle dicotiledoni → nervature reticolate. I fasci conduttori delle foglie sono in connessione con quelli del fusto, e il sistema dei fasci forma le nervature.

Foglie modificate: Al di sopra del punto di inserzione della foglia si trova una 'gemma ascellare', cioè un piccolo germoglio con meristema apicale quiescente; inoltre molte spine sono foglie modificate con funzione protettiva (piante in ambiente arido). Alcune foglie assumono funzioni di riserva (cipolle o agave).

FUSTO è l'organo di sostegno (soprattutto nei riguardi delle foglie che vengono mantenute in posizione favorevole per la fotosintesi) delle piante e stabilisce il collegamento tra le foglie e le radici. In fase giovanile può anche svolgere attività fotosintetica, è inoltre deputato alla conduzione: le sostanze vengono assorbite dal terreno, trasportate, via xilema, dalle radici al fusto e da questo ai rami. I prodotti della fotosintesi vengono poi condotti, attraverso il floema, dalle foglie al fusto, fino ai siti di utilizzo. Il fusto può anche accumulare sostanze di riserva. Il fusto svolge una funzione di **CONDUZIONE**: il sistema conduttore del fusto è in continuo con quello delle radici e quello delle foglie e di **SOSTEGNO**: soprattutto nei riguardi delle foglie che vengono mantenute in posizione favorevole per la fotosintesi. È un organo aereo che si forma dal meristema apicale del germoglio (si forma nella fase embrionale) e anche il fusto gode di una crescita indeterminata.

Germoglio → porzione aerea della pianta, comprende: gemma apicale, foglie, fusto, rami, gemme ascellari.

In sezione trasversale è possibile distinguere tre zone:

-epidermide: monostratificata, cellule appiattite senza spazi intercellulari; queste cellule sono prive di parete secondaria e la parete esterna è rivestita da cuticola. L'epidermide è anche dotata di stomi (scambi gassosi) e tricomi.
-corteccia: tra l'epidermide e il cilindro centrale, è formata da un certo numero di strati di cellule con ampi spazi intercellulari. Nella corteccia possono anche essere presenti tessuti meccanici collenchimatici e/o sclerenchimatici. Nella parte più interna si trova l'endodermide, uno strato di cellule ricche in amiloplasti che costituiscono una guaina amilifera, in altri casi contengono cristalli di ossalato di calcio formando una guaina ossalifera. (no nelle dicotiledoni legnose).

-cilindro centrale: costituito dal sistema conduttore e dal midollo
 → **SISTEMA CONDUTTORE**: insieme dei fasci conduttori (cribro-legnosi o cribro-vascolari), ognuno dei quali è costituito dai tessuti conduttori (xilema e floema) ai quali si accompagnano frequentemente tessuti parenchimatici e meccanici (collenchima e sclerenchima).

MONOCOTILEDONI → non hanno crescita secondaria (= in spessore) ma solo quella primaria (= per altezza), sono piante erbacee, non di grandi dimensioni e non perenni.

DICOTILEDONI → possono avere crescita secondaria e quindi possono raggiungere grandi dimensioni.

Ciò che differenzia il fusto delle due è la disposizione di xilema e floema, che sono associati tra loro per formare fasci. Nelle dicotiledoni: disposizione ordinata dei fasci, che circondano il midollo (che è tessuto parenchimatico), inoltre la corteccia e il midollo sono connessi con tessuto fondamentale che separa i fasci. I fasci conduttori delle dicotiledoni (presentano accrescimento secondario) vengono definiti **collaterali aperti**, perchè è presente un meristema secondario che promuove la crescita in spessore; questo viene chiamato CAMBIO (o procambio) e si trova tra xilema e floema. Il cambio è coinvolto nella formazione dei tessuti conduttori primari e del cambio cribro-legnoso (passaggio da struttura primaria a secondaria). I fasci delle MONOCOTILEDONI (accrescimento primario) invece non presentano il cambio, i fasci conduttori vengono definiti **collaterali chiusi**, e xilema e floema sono a diretto contatto. Inoltre i fasci conduttori sono distribuiti in tutto il cilindro centrale e non si individua un midollo omogeneo.

Quando i fasci collaterali, aperti o chiusi, sono tra loro separati dai *raggi midollari primari* il cilindro centrale viene definito eustele, e in ogni singolo fascio lo xilema è sempre rivolto verso l'interno del fusto e il floema verso l'esterno. Si parla invece di atactostele quando, nelle monocotiledoni, la corteccia ha uno spessore molto ridotto, i fasci conduttori sono sempre collaterali chiusi e sono immersi in tessuto parenchimatico.

L'accrescimento diametrico secondario delle dicotiledoni avviene a carico di due meristemi laterali:

- 1) **cambio cribro-legnoso:** (o cribro-vascolare) è il meristema da cui si originano le cellule del floema e xilema secondari, le cellule hanno dimensioni maggiori delle cellule dei meristemi apicali e sono ampiamente vacuolizzate. È interposto tra xilema e floema; quello che si forma all'interno dei fasci conduttori primari= *cambio fascicolare*, mentre quello che si forma tra i fasci conduttori= *cambio interfascicolare*.
- 2) **Cambio subero-felloidermico:** (o fellogeno) costituito da uno strato di cellule con forma cubica che dividendosi danno origine, verso l'esterno a cellule del sughero, e verso l'interno a cellule parenchimatiche che formano il felloiderma. A maturità le cellule del sughero muoiono, formando un tessuto impermeabile che previene la perdita di acqua. Per gli scambi gassosi sono presenti gruppi di cellule del periderma, che nel corso del differenziamento si arrotondano, lasciando spazi intercellulari; queste cellule si chiamano *lenticelle*, che generalmente si formano in aree dell'epidermide in cui era presente uno stoma o un gruppo di stomi.

Nel corpo primario del fusto si riconoscono le seguenti zone:

- CONO VEGETATIVO: da origine al corpo primario grazie all'attività meristemica di cellule iniziali, che derivano da cellule meristematiche dell'embione. Nelle monocotiledoni, e alcune dicotiledoni, il corpo è costituito esclusivamente da un tessuto di origine primaria, mentre nelle

dicotiledoni, oltre al tessuto primario, è possibile riconoscere anche un tessuto secondario, formato ad opera dei meristemi laterali (cambio cribro-legnoso e subero-fellodermico). Nel cono ci sono due parti: tunica e corpus, e presenta tre strati sovrapposti di cellule iniziali: **L1 e L2** → (iniziali della tunica) dividendosi provocano un incremento in superficie, senza aumentare il numero di strati. **L3** → (iniziali del corpus) dividendosi aggiunge cellule al sottostante corpus

- **ZONA DI DETERMINAZIONE:** dove si realizza l'organizzazione delle cellule in complessi meristemati specifici
- **ZONA DI DIFFERENZIAMENTO:** dove le cellule perdono le loro caratteristiche giovanili e iniziano a differenziarsi. La rapidità di differenziamento varia nei diversi tessuti.

Modificazioni del fusto:

→ rizomi: fusti ingrossati che si sviluppano sotto terra, hanno funzione di riserva.

→ tuberi: fusti sotterranei la cui unica funzione è quella di riserva, hanno delle protuberanze sulla superficie (cellule meristematiche), e prendono energia dal tubero stesso che accumula amido.

→ fusto piante succulente: funzione di riserva idrica

→ viticci: funzione di sostegno, perchè i frutti hanno pesi notevoli ed è importante che rimangano ben e spostati e ben visibili dal predatore.

→ fusti con funzione fotosintetica: es. asparago

RADICE organo, generalmente sotterraneo, la cui principale funzione è l'assorbimento di H₂O e sali minerali, e l'ancoraggio al terreno; svolge anche una funzione di riserva, accumula infatti carboidrati sotto forma di amido, e altre sostanze. Le radici possono produrre ormoni. La prima radice che si sviluppa è la **radice primaria**, da questa poi si sviluppa un complesso sistema di **radici laterali o secondarie**. La struttura più tipica è quella a fittone, ossia quando la radice principale si sviluppa maggiormente di quelle laterali (ravanello, carota, barbabietola). Esiste poi un modello di crescita che da origine all'apparato fascicolato, quando la radice principale e quelle laterali si sviluppano uniformemente. Infine vi sono le radici avventizie, nelle quali la radice principale muore, e l'apparato radicale si origina dalla base del fusto. Le radici si formano dal meristema apicale radicale e possiedono una crescita indeterminata.

Le DICOTILEDONI possiedono un apparato radicale a fittone, la radice cresce verso il basso. Nelle MONOCOTILEDONI la radice primaria ha vita breve. Si formano radici avventizie che si originano alla base del fusto = apparato radicale fascicolato.

STRUTTURA ANATOMICA: si possono distinguere tre zone

-ZONA MERISTEMATICA: è quella all'estremità, ricoperta da uno strato di cellule con funzione protettiva, detta **cuffia**. Le cellule sono in rapida e continua divisione, mentre nella porzione terminale si ha un costante sfaldamento delle cellule più mature. Man mano che le cellule sono spinte in avanti modificano la loro morfologia, distinguendosi in cellule che formano la columella e altre laterali che costituiscono le cellule periferiche. Le cellule della columella sono caratterizzate dalla presenza di *statioliti*, grossi granuli di amido che hanno la percezione della gravità e quindi orientano la crescita delle radici. Inoltre la columella produce anche mucigel che funge da lubrificante.

lilla: rizoderma (tessuto tegumentale), cellule più esterne

rosa: columella

verde: tessuto parenchimatico e endoderma

parte centrale: xilema e floema e tessuto parenchimatico

QC: centro quiescente, cellule che si dividono poco (staminali)

Il rizoderma è costituito da cellule vive e ha una funzione di assorbimento, infatti i tricoblasti, cellule del rizoderma che raggiunta la maturità estroflette enormemente la parete esterna dando origine al **PELO RADICALE**, che aumenta la superficie di assorbimento. I peli hanno però una vita molto breve e subiscono anche un cambiamento anatomico → si trasforma in **esoderma**, costituito da cellule morte che non hanno più la capacità assorbente e hanno una parete secondaria che accumula sugherina (funzione di protezione). Si parla di esoderma nella zona di struttura primaria.

Tessuto parenchimatico: si trova a diretto contatto con il rizoderma e svolge una funzione di accumulo di amido (parenchima di riserva). L'H₂O assorbita a livello del rizoderma deve poi passare nel tessuto parenchimatico per poi arrivare nei tessuti vascolari che la portano in tutta la pianta. Il tessuto parenchimatico è a stretto contatto con l'endoderma (tessuto tegumentale e strato più interno della corteccia), in quanto serve che l'acqua venga filtrata prima di essere trasportata ai vari siti della pianta. Le cellule dell'endoderma presentano pareti laterali con cellule lignificate e quindi impermeabili, mentre le pareti a contatto con la corteccia e con il cilindro centrale sono molto sottili; perciò l'H₂O per passare dall'endoderma deve per forza passare da dentro la cellula. Le fasce di parete lignificate vengono chiamate **bande del Caspary**. Esistono due diversi tipi di trasporto: quello **APOPLASTICO**: senza filtraggio, attraverso la parete e gli spazi cellulari o **SINPLASTICO**: con filtraggio, attraverso il citoplasma, ma poi a livello dell'endoderma diventa tutto sinplastico.

CILINDRO CENTRALE: XILEMA, FLOEMA, PARENCHIMA

contiene il sistema vascolare strutturato in due tipi di tessuti di conduzione → lo xilema (legno) composto dai vasi e il floema, costituito dagli elementi cribrosi. Lo strato più esterno a contatto con l'endoderma è il **periciclo**,

costituito da uno strato di cellule parenchimatiche dalle quali prendono origine le radici laterali. Internamente al periciclo si trova il sistema vascolare, che ha una struttura raggirata e prende il nome di **actinostele**. Nelle monocotiledoni e dicotiledoni la struttura del cilindro centrale è identica a quella delle dicotiledoni, ma differisce per il numero di arche xilematiche e floematiche e per la presenza di un tessuto parenchimatico centrale detto **midollo** (mono si dico no).

DICOTILEDONI: apparato radicale a fittone, radice primaria di origine embrionale, tessuto vascolare organizzato ad arche-actinostele, massa centrale xilematica nel cilindro centrale, crescita secondaria.

MONOCOTILEDONI: apparato radicale fascicolato, radici avventizie che si originano dalla base del fusto, tessuto vascolare organizzato a raggi, massa centrale parenchimatica nel cilindro centrale, non c'è crescita secondaria.

Nel sottosuolo le radici possono avere importanti interazioni con vari tipi di organismi. **MICRORIZZE**: simbiosi fra radici e funghi

NODULI RADICALI: simbiosi fra radici e batteri azotofissatori.

Come distinguere fusto e radice?

- se c'è endoderma → radice
- guardare la distribuzione dei tessuti vascolari → fusto= fasci collaterali
→ radici= dico. arche si raggruppano al centro, mono. n0

PARTE IV RIPRODUZIONE

I meristemi sono cellule in attiva divisione, che danno origine agli organi della pianta. Durante la crescita laterale dei meristemi si formano le foglie (organi vegetativi), su piani diversi. La formazione dei fiori dipende da un cambiamento del meristema apicale che inizia a produrre fiori lateralmente. La fillotassi è spiralata e i fiori si formano in corrispondenza dei nodi.

Il FIORE è l'ultimo organo che si forma, è costituito da più organi e viene prodotto solo quando ci sono le condizioni ideali per il suo sviluppo: -

- investimento energetico importante= tanti organi che facciano fotosintesi

-parametri esterni= temperatura ideale (fase primaverile). Inoltre le tempistiche di florescenza sono diverse da specie a specie (es. dipende dal tipo di impollinazione). Le piante eseguono un monitoraggio dell'ambiente:

percepiscono l'alternarsi di ore di luce e buio, che si chiama **FOTOPERIODO**

(esposizione alla luce); alcune piante hanno bisogno di un fotoperiodo lungo

(>12 ,primavera), altre di un fotoperiodo breve (<12, inverno/autunno, es mais, tabacco, girasole, canapa, cotone) affinché avvenga la transizione da meristema vegetativo a meristema dell'inflorescenza.

BREVIDIURNA: richiede un minimo di ore di buio in un periodo di 24 ore

prima di poter iniziare lo sviluppo riproduttivo. Le piante brevidiurne non possono fiorire nei lunghi giorni estivi ma tipicamente fioriscono durante l'autunno. tabacco, mais, cotone, canapa, girasole.

LONGIDIURNA: richiede meno di un certo numero di ore di buio in un periodo di 24 ore per indurre la fioritura. Le piante longidiurne fioriscono nella tarda primavera o all'inizio dell'estate. spinaci, lattuga, cereali, piselli, barbabietola da zucchero e numerose piante selvatiche.

La riprogrammazione dei meristemi avviene per vernalizzazione, per via autonoma, per induzione fotoperiodica, e per la via delle gibberelline. Le gibberelline sono ormoni e si occupano del monitoraggio interno. Le gimnosperme non formano fiori ma hanno comunque un sistema riproduttivo.

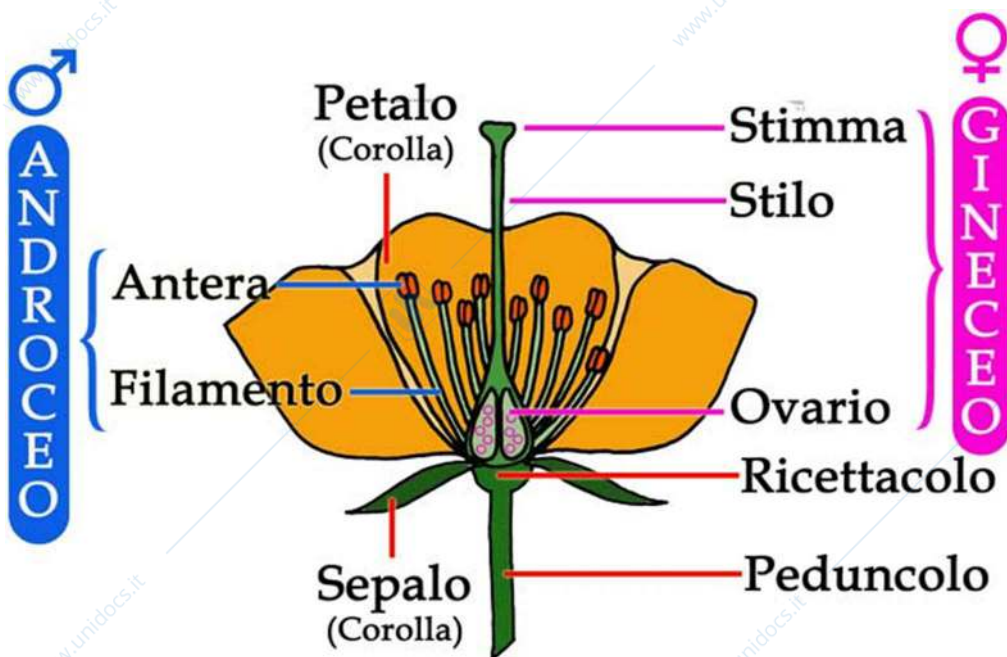
MERISTEMA FIOREALE: forma gli organi floreali in numero definito, in dipendenza dalla specie (crescita determinata), è laterale rispetto al meristema apicale e quando si forma l'organo più interno si esaurisce.

MERISTEMA DELL'INFIORESCENZA: è indeterminato, forma lateralmente i meristemi floreali con una filloassi specie specifica

MERISTEMA VEGETATIVO: crescita indeterminata, si sviluppa lateralmente formando le foglie, la transizione è un investimento di energia ed è irreversibile.

Gli organi floreali possiedono una *filloassi verticillata*, ossia sono tutti sullo stesso piano; dal meristema floreale abbiamo 4 verticilli → in quello più esterno si formano i sepali, in quello dopo i petali, in quello dopo ancora gli organi maschili e in quello più esterno si forma il pistillo. Si formano tutti dal meristema floreale secondo una filloassi verticillata, ed è la struttura perfetta delle dicotiledoni, che possiedono un verticillo composto da 4/5 elementi. Nelle monocotiledoni invece c'è sempre una struttura di tipo verticillata, ma gli organi sterili (sepali e petali per le dico) sono i **tepali** e sono molto simili tra loro, poi stami e pistillo e sono composte da 3 elementi floreali. L'orchidea è un'eccezione, perché i tepali del verticillo più esterno possono essere diversi da quelli del verticillo più interno (importante per le strategie riproduttive).

Il fiore è l'organo dove avviene la riproduzione: contengono infatti gli organi riproduttivi, ed è dove inizia e termina l'embriogenesi.



Nelle Angiosperme le strutture riproduttive sono parte del fiore, infatti potrebbero autofecondarsi, perchè producono sia gameti maschili che femminili. In una piccola percentuale però si osservano fiori unisessuali= è presente un solo degli organi riproduttori; se porta solo gli stami viene detto maschile, se porta solo i pistilli, femminile.

A volte il fiore può mancare di uno o più elementi fiorali:

SESSILE: fiore si inserisce direttamente sul fusto

NUDO: manca di sepal e petali

Le piante che portano fiori unisessuali possono essere di 2 tipi:

1) **monoiche**: hanno fiori unisessuali sulla stessa pianta, ovvero portano sia fiori maschili che femminili (mais)

2) **dioiche**: ogni pianta porta solo fiori maschili o solo fiori femminili (canapa, kiwi, pioppo, asparago)

L'autofecondazione (autogamia) succede molto raramente, perchè viene promossa

l'allogamia=fecondazione incrociata per avere una ricombinazione genetica. Ma come evitano l'autofecondazione le piante?

→ 10% evita di sviluppare uno dei due organi riproduttori

→ sistema di autoincompatibilità, ossia gli organi femminili riconoscono il polline del proprio fiore e lo rigettano

→ dimorfismo sessuale, individui con fiori longistili= pistillo che è molto lungo e quindi la parte apicale è esposta e gli stami sono posizionati a metà del pistillo;

fiori brevistili= pistilli più piccoli e stami più esposti

→ uno dei due organi degenera bloccando lo sviluppo o va incontro all'apoptosi= morte cellulare programmata

Il fiore è formato da 4 organi che si originano tutti dal meristema fioreale con una filotassi verticillata, la sua funzione è quella di favorire il processo di riproduzione. Il sepal solitamente è verde con funzione protettiva, i petali sono colorati, lo stame è l'organo riproduttore maschile e il pistillo è quello femminile. I sepal proteggono il fiore ed evitano eventuali impollinazioni prima che i gameti siano pronti per il processo riproduttivo; e una volta pronti i petali acquisiscono tutti i parametri pubblicitari per attirare l'impollinatore, i sepal mantengono anche alta l'umidità all'interno del bocciolo.

I petali sono organi altamente specializzati ed è possibile osservare un alto grado di integrazione tra la struttura e la funzione; le principali caratteristiche

solo il colore, la forma, simmetria e l'aroma.

COLORE: determinato da due diversi coloranti →

carotenoidi: forme liposolubili, presenti nei plastidi

flavonoidi: idrosolubili, contenuti nei vacuoli, sono i flavonoli (giallo) e gli antociani (blu)

il colore impatta sul tipo di impollinatore, con pH diversi il colore cambia.

FORMA: deve essere adeguata all'impollinatore, così da limitare al minimo l'impatto e quindi il rischio di danni. es. impollinazione mediata da uccelli → deve essere prodotto più nettare per soddisfarli → risulta vantaggioso come impollinatore solo quando la popolazione di insetti impollinatori è bassa (es. alta montagna, ambienti secchi, specie che fioriscono in inverno).

SIMMETRIA: Fiori a simmetria raggiata (2 o più piani di simmetria)

(Actinomorfi) Fiori a simmetria bilaterale (1 piano di simmetria) (Zigomorfi).

PROFUMO: caratteristica importante per le specie che vengono impollinate da insetti, che associano gli aromi ad una ricompensa. La composizione di un aroma deve essere associata ad un impollinatore; tutti i parametri sono un investimento e vengono prodotti solo se c'è necessità, quindi quando i gameti saranno pronti l'impollinatore dovrà essere attratto. Le componenti del profumo sono sostanze volatili accumulate nei vacuoli e sono *metaboliti secondari*; questi ultimi non presentano un'apparente funzione nel metabolismo della pianta, il loro ruolo è ecologico: sono attrattivi per impollinatori e disseminatori, sono adattori chimici in situazioni di stress ambientale, sono elementi di difesa contro microrganismi, insetti, ma anche contro altre piante.

Le piante spesso variano la composizione dell'aroma emesso sia in termini di quantità sia in termini di composizione. Questi cambiamenti avvengono sia in funzione dell'età del fiore, sia dalle condizioni ambientali sia in base al ritmo circadiano; diversi aromi rendono specifico il messaggio per gli impollinatori. La ricompensa è il NETTARE, un composto costituito da zuccheri (glucosio, fruttosio, saccarosio) e amminoacidi, prodotto dai nettari, la cui composizione è specie-specifica.

Le orchidee vengono impollinate dai ditteri, che vengono ingannati dalle macchioline presenti all'interno del fiore che ricordano un'infestazione di acari; i ditteri entrano ma possono uscire solo con un percorso modificato, passando prima dal gamete femminile dove recuperano il polline, poi volano verso altre orchidee. Altri fiori producono un aroma uguale al feromone delle vespe, e poi una volta visitato produce un aroma di femmine gravide.

RIPRODUZIONE DELLE ANGIOSPERME

Le piante sono ferme, per riprodursi deve avvenire il trasporto dei gameti maschili, che si formano nei granuli di polline; il trasporto avviene attraverso animali, aria, acqua. Lo stame è l'organo riproduttore maschile e il pistillo quello femminile. I gameti maschili devono essere resistenti ai parametri ambientali, e ogni granulo di polline contiene 3 cellule: 2 cellule spermatiche

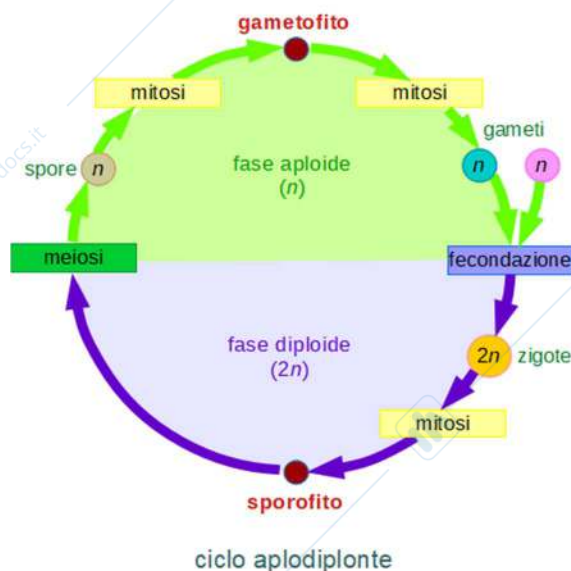
(con nucleo più piccolo) e 1 cellula vegetativa, che forma il tubetto pollinico che porta le due cellule spermatiche a destinazione= dove ci sono i gameti femminili; inoltre viene prodotto dallo stame e le caratteristiche dei pollini dipendono da come vengono trasportati.

Se il trasportatore è l'aria: il fiore non ha petali, a maturazione le antere sono esposte e il polline viene prodotto in grandi quantità → fiorellini piccoli con poco spazio tra gli internodi. Vengono rilasciate nuvole di polline che vanno in direzione random= poco efficiente. Va bene con certe situazioni ambientali e quando c'è una densità di popolazione bassa, non viene prodotto nettare e il polline è molto piccolo e leggero.

Se il trasportatore è animali: i fiori sono grandi, colorati e producono odori, viene prodotto nettare e il polline è di dimensioni maggiori con forme più complesse

Specie acquatiche: polline con forma allungata per aumentare la superficie di contatto.

Ciclo diplonte= quello degli animali. Tutte le piante terrestri hanno un ciclo vitale aplodiplonte, caratterizzato dall'alternanza di una generazione aploide (gametofitica) con una diploide (sporofitica); si ha sempre più evoluzione durante la fase diplonte, perchè quella aploide è limitata nel tempo. Le angiosperme nella forma in cui le vediamo rappresentano la generazione sporofitica, e producono per meiosi due tipi di spore aploidi: le microspore e le macrospore.



lo

delle

ognuna delle quali darà origine a un gamete), che sempre per mitosi daranno origine al gametofito (polline) e infine questo per mitosi darà origine ai gameti (ovuli e antere). Le meiospore vengono prodotte all'interno di strutture chiamate *sporangii*, che possono essere mobili o immobili. Tutto avviene all'interno degli organi fiorali.

sporofito (2n), derivato dallo zigote, subisce meiosi e produce meiospore aploidi (4 in totale,

Sporofito → antere → spore maschili → gameti

Sporofito → ovuli → spore femminili → gameti

La cellula madre del polline compie una microsporogenesi per produrre le microspore (si trasformano in granulo pollinico) e poi una successiva microgametogenesi per produrre il granulo pollinico (gametofito). La microsporogenesi è costituita da 2 mitosi: una iniziale che coinvolge la cellula vegetativa e spermatica, e una seconda mitosi, nella quale una cellula spermatica si divide in due, avvolte da un'unica parete.

Il gametofito maschile è il polline e produce due gameti= cellule spermatiche.

I granuli pollinici sono avvolti da una parete molto resistente → lo strato esterno della parete (esina) è ricco di sporopollenine (terpeni). Lo strato interno (entina) è ricco di cellulosa. La SPOROPOLLEINA è impermeabile e resistente agli agenti atmosferici (preserva il granulo pollinico e lo protegge dalla disidratazione) L'esina può presentare punte o rilievi caratteristici della specie. In corrispondenza dei pori la parete intinica non è ricoperta dall'esina.

Il **tappeto** (strato più esterno dell'antera) è un tessuto con funzione nutritiva. Le cellule del tappeto producono e depositano sulla parete del granulo pollinico numerosi composti tra cui polimeri con funzione strutturale e pigmenti. La degenerazione di cellule del tappeto fa sì che parte del loro contenuto citoplasmatico si depositi sul rivestimento esterno del polline e giochi un ruolo importante nell'interazione polline-stilo.

Quando l'antera si apre determina il rilascio dei granuli pollinici che raggiungono lo stigma (apparato riproduttore femminile), qui si idrata e germina, emettendo un **tubetto pollinico**, che cresce nei tessuti femminili fino ad arrivare nel pistillo (composto da uno o più carpelli), dove avviene una prima selezione.

La struttura dell'apparato femminile è molto complessa perché deve aiutare la crescita del tubetto attivando controlli e facendo selezione. Fanno parte dell'apparato riproduttore femminile:

-**STIGMA**: regione dove c'è l'interazione e il riconoscimento dei vari pollini. Lo stadio di sviluppo dello stigma è strettamente legato alla sua capacità ricettiva. Sulla superficie degli stigmi di moltissime specie è depositata una spessa cuticola che impedisce al polline di germinare. Solo nella fase di sviluppo adeguato la cuticola si rompe o grazie alla produzione di enzimi specifici prodotti dallo stigma stesso o grazie ad insetti opportunamente attirati dagli altri organi fiorali (nettarine, petali). È importante che trattenga il polline affinché possa avvenire il riconoscimento e che aspetti fino a che il tubetto raggiunga l'ovario.

-**STILO**: connette lo stigma all'ovario, è la struttura dove deve crescere il tubetto pollinico (cellule orientano la sua crescita affinché raggiunga l'ovario)

-**OVARIO**: può avere uno o più ovuli (+ovuli= + fecondazioni), che sono il punto di arrivo del tubetto e ospitano la sporogenesi e la gametogenesi. L'ovario

diventa il frutto. Qui avviene la sporogenesi e la gametogenesi.

Ovulo (sporangio) → sacco embrionale/ gametofito femm. → cellula uovo

Finchè i gameti femminili non sono pronti il fiore rimane chiuso, ma ci sono comunque delle finestre per far uscire i gameti maschili: sullo stigma c'è la cuticola, che non lo rende accessibile e può essere rimossa da enzimi prodotti dalla linea germinale femminile. Il tubetto deve entrare nell'ovulo, entrare nel gametofito femminile, entrare nel gamete e rompersi per rilasciare le cellule spermatiche. L'ovulo ha un tessuto sporofitico diploide che protegge il gamete femminile (sacco embrionale) costituito da diversi strati di tegumenti.

Il gametofito femminile è costituito da 8 cellule: 1 cellula uovo, 2 cellule centrali che si uniscono, 3 cellule antipodali e 2 cellule sinergidi.

Nelle angiosperme avvengono sempre due fecondazioni, e il seme si forma solo se entrambe avvengono.

L'embrione si divide mitoticamente: la prima divisione è asimmetrica, si ha la formazione di 2 cellule con forme diverse, di cui una darà origine al vero embrione. La cellula che confina con l'embrione= ipofisi e darà origine alla parete basale (meristema radicale). Nella fase globulare inizia una differenziazione dei tessuti (monocotiledoni → 1 foglietto embrionale, dicotiledoni → 2); nella fase triangolare si abbozzano i cotiledoni e si ha la transizione da simmetria radiale a simmetria bilaterale, nella fase a cuore le cellule si dividono e aumentano di dimensione e nella fase a torpedine si ha l'allungamento dell'embrione, la comparsa del SAM e l'espansione dei cotiledoni. Regione apicale: forma i cotiledoni e il meristema apicale (SAM)

Regione mediana: forma l'asse embrionale (l'ipocotile), parte della radice

L'ipofisi: forma il resto del meristema radicale (RAM)

Man mano che si forma l'embrione si forma anche il suo tessuto di riserva= ENDOSPERMA. Sostanze di riserva nei semi sono: zuccheri (arrivano sotto forma di saccarosio e vengono trasformati in AMIDO o in grassi), lipidi (trigliceridi) e proteine. L'amido viene accumulato nei leucoplasti/amiloplasti, le proteine in granuli di aleurone che derivano dal vacuolo e i lipidi in sferosomi che derivano dal vacuolo. Nelle monocotiledoni le risorse vengono lasciate nell'endosperma mentre nelle dicotiledoni vengono immagazzinate nell'embrione.

Tutte le angiosperme e alcune gimnosperme attuano la **doppia fecondazione**, che parte quando il tubetto penetra nell'ovulo e, una volta raggiunto il sacco embrionale, prende contatto con le sinergidi. La doppia fecondazione consiste nella fusione di una cellula spermatica con la cellula uovo, originando lo zigote, mentre l'altra si fonde con il nucleo diploide della cellula centrale che, dopo varie divisioni mitotiche formerà l'endosperma secondario triploide.

L'embrione è formato da: parte centrale (asse embrionale), cotiledoni (foglioline modificate con funzione di riserva), i due meristemi.

Il SEME è un ovulo maturo che contiene un embrione e sostanze di riserva;

nelle gimnosperme è portato sulla superficie di una squama, mentre nelle angiosperme è racchiuso nel frutto. Le parti principali del seme sono:

-**i tegumenti** (2n) sono di origine materna, aiutano il processo germinativo, svolgono una funzione di protezione

-**endosperma** (3n) prima che venga riassorbito occupa gran parte del seme

-**embrione** (2n)

La crescita dell'embrione si arresta prima che il seme sia completamente maturo e riprenderà solo al momento della germinazione. Le funzioni del seme sono quelle di 1) propagare la specie nello spazio e 2) sopravvivere nelle stagioni sfavorevoli. Il seme può essere protetto da un frutto, che svolge anche altre funzioni, come quella di attrarre i dispersori; i frutti si sono infatti evoluti in relazione alla necessità di essere dispersi. I semi danno mobilità alle piante però, per gravità, essi potrebbero cadere tutti ai piedi della pianta che li ha prodotti, e ciò sarebbe un disastro ai fini della colonizzazione di nuovi ambienti. per facilitare la dispersione dei semi nell'ambiente: i FRUTTI. E' l'ovario che si trasforma in frutto dopo la fecondazione. I falsi frutti sono strutture con origine diversa dall'ovario, come ad esempio le mele, le pere, le fragole.

I frutti si classificano in base al numero di carpelli che costituiscono il pistillo o di come i pistilli sono posizionati tra di loro.

A) SEMPLICI → deriva da un singolo ovario di un singolo fiore (pomodoro)

B) AGGREGATI → generato dalla fusione di più ovari separati, appartenenti al medesimo fiore (lampone, fragole)

C) MULTIPLI → deriva dalla fusione di diversi ovari di diversi fiori (ananas)

I frutti si possono anche classificare in base al loro grado di idratazione:

-**CARNOSI** → sfruttano gli animali come vettore, hanno infatti sviluppato diversi adattamenti per attrarli: colore e odore sono i principali. I frutti carnosì si dividono in: **DRUPA** (pesca, ciliegia) → con un seme solo in cui i tre strati costituenti il pericarpo sono distinguibili, e sono l'epicarpo, il mesocarpo e l'endocarpo, **BACCA** (pomodoro, uva) → con più di un seme, **POMO** (mela, pera) → falso frutto

-**SECCHI** → fortemente disidratati a maturità, usano acqua, aria e raramente animali come vettori. Si dividono in: **INDEISCENTI** (nociola) → a maturità non si aprono e i semi rimangono nel frutto e si dividono in *carossidi*= i tegumenti del seme sono fusi con le pareti dell'ovario (cereali) e *nocciole*= i tegumenti del seme e le pareti dell'ovario rimangono separate. Le pareti dell'ovario lignificano.

DEISCENTI (fagiolo) → a maturità la parete dell'ovario si apre liberando i semi; a loro volta si dividono in *capsule* (frutti secchi che si aprono in più punti, a maturità rilasciando i semi, es il cotone) e *legumi*

L'ovario è costituito da tre strati: l'esocarpo (+ esterno, deve accumulare pigmentazione e aromi), il mesocarpo e l'endocarpo (lignificano, facendo da protezione per il seme).

La dispersione dei frutti può avvenire tramite: aria,

acqua, animali, autodispersione (pianta utilizza se stessa come vettore, "frutti esplosivi"), antropica. ANEMOCORA= frutto leggero portato dal vento, inoltre alcuni dei frutti trasportati dal vento hanno delle ali che si sviluppano per modificazione del perianzio (sepali+petali) es. acero. Evoluzione dei frutti carnosì, dolci, è connessa alla co-evoluzione tra Angiosperme e animali. Quando i frutti sono mangiati i semi attraversano senza danno il tratto intestinale, in alcuni casi una parziale digestione aiuta la germinazione. Se il frutto si sviluppa senza che avvenga la fecondazione si parla di PARTENOCARPIA e spesso queste piante sono sterili, es. banana.

RIPRODUZIONE ASESSUALE

= che non coinvolge gameti e crea cloni, progenie uguale alla pianta madre, può essere: **vegetativa** (tramite frammentazione) o **apomittica** (mediante seme).

Frammentazione → distacco dal corpo della pianta di una porzione più o meno grande, a volte specializzata per la riproduzione, a volte no, capace di accrescersi in modo indipendente. Nelle piante superiori: bulbilli, tuberi, stoloni, rizomi. Strutture specializzate per la riproduzione vegetativa: Bulbilli: piccoli bulbi, ricchi di sostanze di riserva che si formano all'ascella delle foglie o al posto dei fiori, da ogni bulbillo nasce un nuovo individuo (es. aglio).

Tubero: fusto sotterraneo globoso, deposito di amido, presenta gemme che origineranno nuove piantine (patata, manioca, topinambur).

Stoloni: rami laterali che si allungano in superficie ed è in grado di formare radici e foglie formando nuove piantine (fragola).

Rizoma: fusto che cresce orizzontalmente sottoterra (banano, iris, mughetto)

APOMISSIA= processo sostitutivo della riproduzione sessuale che permette la moltiplicazione della specie senza fecondazione; consiste nella produzione di semi contenenti embrioni differenziati da una cellula dell'ovulo generalmente diploide. Gli embrioni così prodotti, senza che avvenga meiosi e gamia sono geneticamente identici alla pianta madre (es. nelle rosacee).

Quando il seme lascia la pianta madre e tocca il suolo è nella forma disidratata (quiescente, = enzimi inattivi e no sintesi), così da mantenere protette tutte le strutture. Questa fase consente ai semi chiamati ortodossi di trascorrere lunghi periodi senza germinare restando vitali, infatti il basso contenuto d'acqua permette un rallentamento del metabolismo ed aumenta la resistenza alle situazioni ambientali non favorevoli (inverno). I semi che non sono in grado di superare la fase di disidratazione, detti semi recalcitranti (Castagno, Ippocastano, Noce, Acero, Quercia, ecc.), devono necessariamente germinare appena cadono al suolo, prima che la disidratazione comporti la loro morte.

GERMINAZIONE non è un evento casuale, infatti sono poche le specie i cui semi germinano appena rilasciati dalla pianta madre. 3 fattori essenziali per la germinazione: disponibilità di H₂O, presenza di O₂ e una temperatura adeguata. I semi sono disidratati (5%-20% acqua). La presenza di ossigeno è

fondamentale nei processi germinativi anche se molte piante acquatiche, nonché la maggior parte delle specie che vivono in ambienti umidi, germinano normalmente con percentuali di ossigeno molto ridotte. Un terreno mediamente umido rappresenta la condizione ideale per la germinazione, mentre, se la quantità di acqua presente è troppo elevata, si determina una saturazione delle porosità del suolo, con conseguente diminuzione dell'ossigeno. Il seme contiene una piantina in miniatura equipaggiata da sostanze di riserva sufficienti alle prime fasi di sviluppo fino all'instaurarsi della vita autotrofa. Per poter germinare è essenziale l'assunzione d'acqua per la ripresa delle attività metaboliche. Nelle prime fasi il seme si rigonfia, assorbendo grandi quantità di acqua, successivamente l'acqua continua ad essere assorbita ma in minor misura fino a quando la radichetta inizierà a svolgere la funzione assorbente. Il segno visibile dell'avvenuta germinazione è la fuoriuscita della radichetta.

Anche la **luce** è un importante fattore per la germinazione, stimola infatti i semi detti fotoblastici di conifere, epfite, o depressivo nei semi afotoblastici di aglio, pomodoro, amaranto,..

La germinazione mette in moto una serie di meccanismi biochimici: reidratazione degli enzimi, riattivazione catalitica, utilizzo delle riserve accumulate, attivazione delle biosintesi, sintesi di nuovi enzimi, scissione anaerobica del glucosio, rottura dell'involucro seminale, respirazione aerobica.

Quando le condizioni ambientali sono favorevoli alcuni semi non germinano lo stesso **DORMIENZA** Le cause della dormienza sono:

1. Immaturità fisiologica del seme
2. impermeabilità dei tegumenti del seme Alcuni semi devono per poter germinare essere sottoposti a determinate condizioni ambientali (i.e. periodo di freddo). La dormienza è regolata da ormoni (ABA/GA), temperatura, luce.

Quando gli ostacoli alla germinazione del seme sono di tipo chimico (presenza di 'inibitori' che provocano la 'dormienza'), bisogna operare trattamenti che favoriscano la rimozione o la trasformazione delle sostanze inibenti. In natura tale situazione viene superata tramite la progressiva degradazione delle sostanze inibitrici, mentre in campo vivaistico ciò può essere indotto artificialmente attraverso una pratica denominata stratificazione. Essa consiste nel porre i semi, mescolati con un substrato umido, in ambiente arieggiato e freddo (stratificazione fredda o vernalizzazione o chilling) o caldo (stratificazione calda o estivazione), per un periodo di tempo variabile da specie a specie.

Germinazione epigea:

Assorbita acqua attraverso i tegumenti, il seme si gonfia, i tegumenti si spaccano e attraverso le spaccature esce la radichetta.

La radichetta diventa radice principale.

Il fusticino si allunga, si solleva dalla terra e si dirige verso l'alto. Il seme sembra ancora intatto. I cotiledoni assorbono intanto il nutrimento dall'albume e lo cedono alle parti che ne abbisognano. L'albume va consumandosi e i cotiledoni, terminata la loro prima funzione, cominciano ad aprirsi.

In mezzo ai due cotiledoni appare la gemmula. Intanto i cotiledoni (le prime due foglie della pianta) dapprima rossastri, diventano verdi. Da ora la plantula è capace di provvedere alla sintesi clorofilliana e può iniziare una propria vita indipendente.

Germinazione ipogea:

La radichetta ha rotto il tegumento e si è approfondita nel terreno.

La radichetta si sviluppa. Dalla direzione opposta esce dal seme il fusticino che subito si allunga verso l'alto.

I cotiledoni, ricchi di riserva, escono pochissimo dal terreno. Sopra essi si forma il fusto che porta la gemma apicale. Le due foglie tra cui si vede la gemma non sono, in questo caso, le foglie cotiledonari, ma due foglie normali.

ORMONI

Rivestono un ruolo determinante nella regolazione della crescita. Alcuni ormoni agiscono nel tessuto dove vengono prodotti, altri vengono trasportati altrove.

Spesso uno stesso ormone produce risposte differenti in tessuti differenti.

Il plastidio è ben integrato nella cellula, recepisce gli stimoli ambientali e li converte in ormoni, che:

- controllano la perdita delle foglie nel periodo autunnale
- quando le gemme interrompono la dormienza
- controllano la direzione verso la luce
- quando fiorire
- la fecondazione
- la crescita di peli radicali

solitamente sono piccoli, contengono basi azotate e si muovono facilmente tra le cellule es. etilene= ormone che controlla l'invecchiamento.

AUXINE (famiglia di molecole). Presenta un gruppo COOH (acido debole) nella forma priva di cariche oppure può perdere H acquistando così carica però riscontra difficoltà nell'attraversare il bilayer fosfolipidico. È anche costituita da un anello aromatico, che non è stabile, ma questo è positivo per gli ormoni. Viene prodotta dal meristema apicale e controlla la dormienza delle piante; le cellule che ne contengono meno si allungano meno (sono alla luce), quelle che invece ne contengono di più si allungano anche di più (all'ombra). Il movimento dell'auxina all'interno della pianta avviene seguendo due vie differenti: una veloce e non polare attraverso il floema e una più lenta e polare. Il trasporto polare di auxina può essere suddiviso in due processi: l'ingresso in

cellula dell' IAA e l'efflusso di IAA . l'auxina entra nelle cellule essenzialmente per la diffusione passiva attraverso il doppio strato fosfolipidico Quando l' IAA entra nel citosol che ha un pH di circa 7.2, la forma indissociata (IAAH) passa quasi tutta alla forma anionica (IAA⁻). L'auxina tende quindi ad accumularsi nel citoplasma La maggior parte dell'auxina che entra nella cellula esce attraverso carriers di efflusso per IAA chiamati PIN, proteine transmembrana localizzate sulla membrana basale della cellula.

A pH 7.1/7.2 l'auxina perde il gruppo ossidrilico, mentre un pH di circa 6.8 fa sì che l'ormone all'esterno sia protonato.

Darwin ha iniziato a ragionare sull'auxina, studiando il fototropismo e facendo esperimenti per capire quale fosse l'organo sensoriale della pianta (apice apicale).

ETILENE è un idrocarburo, viene sintetizzato a partire dalla metionina. Viene prodotto in gran parte nei tessuti soggetti a senescenza e a maturazione, simula la dormienza, promuove l'abscissione delle foglie, la schiusura dei fiori e delle gemme e promuove la senescenza.

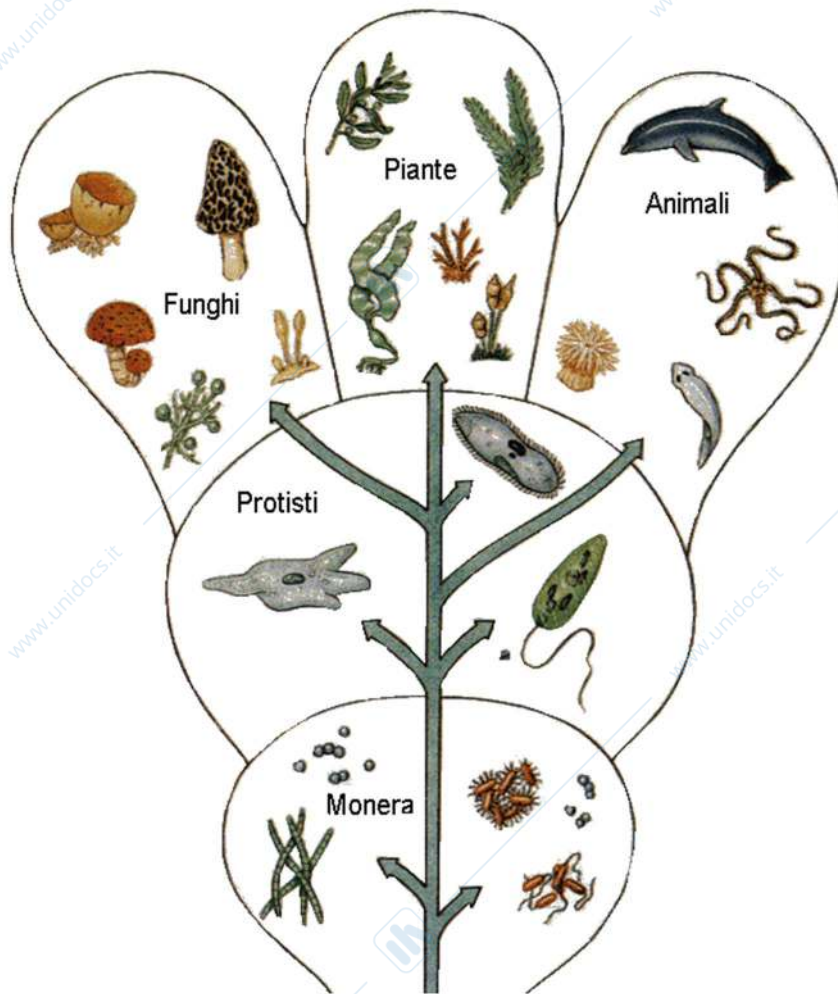
FRUTTI CLIMATERICI (no in frigo): maturazione scatenata da un picco di etilene es. pomodoro, che arrossisce verso la parte più interna perché i semi comunicano la maturazione, diventa molle perché le pareti cellulari si rimodellano e sono un po' meno rigide così che il vacuolo possa accumulare più acqua.

FRUTTI NON CLIMATERICI (in frigo): esempio fragola, uva

ACIDO ABSCISSICO viene sintetizzato nelle foglie mature specialmente in risposta a stress e viene trasportato per via FLOEMATICA. Decide se e quando chiudere gli stomi.

GIBBERELLINE L'acido gibberellico è il più abbondante delle Gibbereline. E' sintetizzato nei tessuti giovani del germoglio e nei semi in germinazione. Le gibberelline sono trasportate dallo xilema e dal floema e sono gli ormoni della crescita; scatenano la fioritura e la germinazione e si sviluppano solo se i semi hanno vissuto un periodo di freddo e a seconda del fotoperiodo. Sono gli ormoni che causano la distensione delle cellule.

PARTE V SISTEMATICA



animali= eucarioti pluricellulari, protisti= eucarioti, unicellulari e monere= procarioti unicellulari. Protisti I: gruppi più ancestrali: euglenoidi, muffe mucillaginose criptomonadi, alghe rosse, dinoflagellate, aptofite. Protisti II: gruppi più recenti (muffe acquatiche, diatomee, crisofite, alghe brune e alghe verdi, dalle quali si sono evolute le piante)

I **cianobatteri** appartengono al gruppo dei bacteria, sono fotosintetici, posseggono clorofilla a, carotenoidi e pigmenti accessori. Nelle cellule dei cianobatteri sono presenti tanti strati di membrane, parallele tra di loro e parallele alla membrana plasmatica, dette tilacoidi, dove avviene la fotosintesi. Le prime alghe verdi hanno inglobato un cianobatterio; le alghe verdi furono successive a quelle rosse, che possiedono un plastidio. Le alghe inoltre non sono monofiletiche= non derivano tutte da un solo unico ancestrale.

Le alghe pluricellulari inferiori sono dette TALLOFITE (piante primitive, costituite da un tallo formato da tessuti indifferenziati, comprendono alghe e briofite), mentre quelle pluricellulari superiori CORMOFITE (piante evolute, dotate di un corpo formato da radici, fusto e foglie; vengono anche chiamate piante vascolari o trecheofite perchè dotate di vasi conduttori), e si dividono in:

- pteridofite= prive di fiori, semi e frutti
- spermafite= con semi, che si dividono in → *gimnosperme* (semi nudi) e *angiosperme* (semi in frutto; divise in monocotiledoni e dicotiledoni).

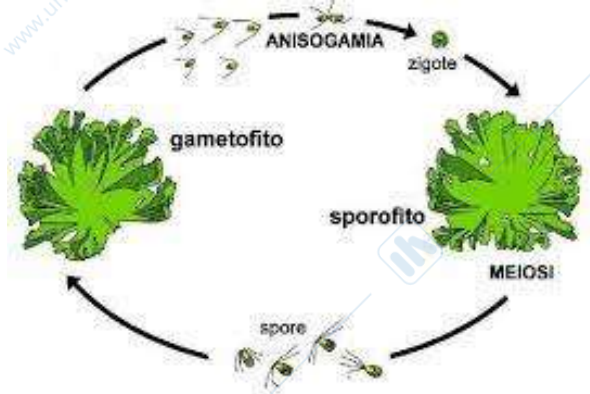
Le tallofite e le cormofite rappresentano due ben distinte categorie di organismi, la cui evoluzione è stata imposta da differenti fattori ambientali; vivendo in un ambiente poco selettivo hanno potuto “sperimentare” diversi tipi di organizzazione, originando un'ampia varietà di forme, strutture cellulari, tipi di riproduzione.

ALGHE hanno organizzazione eucariotica → presentano nucleo, plastidi ed endomembrane, hanno struttura a tallo= non presentano veri tessuti e organi quali radici fusto e foglie, contengono clorofilla= organismi fotoautotrofi. Le alghe rosse sono quelle che vivono a profondità più basse, quelle brune nel mezzo e in superficie quelle verdi. Si sono evolute in ambienti acquatici senza che il loro habitat si estendesse alle terre emerse, tuttavia esse possono essere presenti in luoghi molto umidi dove si rinvengono in forme microscopiche o molto ridotte; in queste condizioni si sono affermati organismi il cui corpo è costituito da: cellule singole, aggregati coloniali di cellule, piccoli gruppi di cellule coordinate tra di loro, cospicui insiemi cellulari di forma definita e con un grado notevole di coordinazione. La forma primitiva è molto probabilmente quella unicellulare flagellata; questi organismi possono presentare un'organizzazione **coccale**, caratterizzata da cellule con parete evoluta e immobili, prive di flagelli e che vivono isolate oppure in forme coloniali. Ci possono essere delle colonie complesse, ad esempio nelle volvocales gli individui biflagellati si associano a formare colonie globose dette CENOBI, costituite da un numero abbastanza definito di cellule; il grado di organizzazione dei cenobi è notevole dato che nelle fasi iniziali della formazione della colonia una sottile briglia citoplasmatica collega i veri individui. Sono colonie in cui si assiste già ad una specializzazione cellulare: cellule vegetative e cellule riproduttive. Inoltre le cellule comunicano tra loro e possono compiere movimenti direzionati rispondendo a stimoli chimici o luminosi coordinando il battito flagellare dei componenti della colonia. Le alghe sono un gruppo **POLIFETICO**= non si riconosce una progenie comune, di questo gruppo fanno infatti parte organismi morfologicamente divergenti che comprendono: forme unicellulari, coloniali semplici, coloniali complesse, pluricellulari.

Caratteristiche comuni alle divisioni di alghr:

- sono tutte eucariotiche
 - sono organismi autotrofi
 - fanno fotosintesi
 - il corpo è costituito da un tallo, non presentano mai tessuti
- le alghe si riproducono mediante ciclo aplodiplonte, diplonte e aplonte

Es, *Laminaria*: alga aplo-diplonte



Ciclo simile alle piante terrestri, c'è uno sporofito (diploide), che presenta una struttura che richiama un piccolo alberello (ma no tessuti e organi), è sessile e con strutture laminarie per fare fotosintesi. Tra le "foglie" dello sporofito si differenziano degli sporangi, all'interno dei quali ci sono cellule che producono gameti flagellati. Vantaggio di essere in H₂O: la fecondazione può avvenire esternamente. I gametofiti sono autonomi e sono maschile e femminile, formano individui che hanno una loro vita; nei gametofiti si differenziano i gameti maschili e femminili. Rispetto alle angiosperme la generazione aploide può avere vita più lunga e può anche essere un individuo autonomo. Gametofito femminile differenzia una cellula uovo, quello maschile dei gameti flagellati, che raggiungeranno la cellula uovo, da cui si svilupperà lo zigote. Inizialmente il gametofito maschile fornisce protezione alla cellula, poi muore. (stesso ciclo di muschi e felci, è molto evoluto: generazione aploide autonoma e i gametofiti hanno strutture diverse, sono quindi dioici) (zea mais monoica).

Ulva ciclo aplo-diplonte ma non così sofisticato. I gametofiti sono identici allo sporofito, ed è quindi più semplice; non ha alternanza di generazioni eteromorfe, ma le generazioni sono isomorfe. Ciclo riproduttivo: nello sporofito si differenziano gli sporangi, all'interno dei quali ci sono le cellule madre delle spore, che fanno meiosi, vengono prodotte spore che crescono e danno origine alla generazione gametofitica (sporofito e gametofito sono identici). Nei gametofiti (monoici) verranno prodotti i gametangi maschili e femminili. I gameti sono identici e quando si fondono danno origine allo zigote. La riproduzione è casuale, avviene libera nell'acqua.

CLASSIFICAZIONE: un po' col DNA, guardando i pigmenti, e le sostanze di riserva, studiando il plastidio e la composizione della parete cellulare; non si guarda la morfologia nel tipo di riproduzione. Ci si affida ad analisi chimiche, citologiche e genetiche.

Per l'enorme varietà morfologica dei diversi gruppi di alghe la parete cellulare presenta una differente composizione. È generalmente formata da **una porzione fibrillare** (costituita da cellulosa, mannani e xilani) e da una **porzione amorfa**. Non vi è lignina, la sua consistenza può essere aumentata dalla presenza di deposizioni di CaCO₃ o di silice. Ad esempio le alghe rosse sono quelle da cui

estraiama l'agarosio. La componente di caco₃ e silice danno origine alle farine fossili, usata come materiale abrasivo ma anche come fertilizzante. I cloroplasti: grande varietà di forme; non è raro trovare che i plastidi si dispongono intorno al nucleo, per fare fotoprotezione. Ultrastruttura: in base a questi si riescono a distinguere le alghe verdi, brune e rosse. cloroplasti alghe verdi: ultrastruttura simile a quella delle piante terrestri. Spesso all'interno dei cloroplasti c'è una macchia scura, chiamata PIRENOIDE (consente la catalogazione); i cloroplasti possono averne uno o molti, è un complesso macro-proteico, enzima che ha il compito di produrre il glucosio durante la fotosintesi. Il pirenoide è la maniera per rendere efficiente il ciclo di Calvin. Nelle alghe verdi i TILACOIDI sono impilati in grana, in quelle brune vanno a coppie di lamelle che corrono parallele all'asse longitudinale del plastidio; in quelle rosse sono unici e hanno granuli (pigmenti che assorbono la luce) attaccati a loro. I pigmenti sono molto importanti: le alghe verdi possiedono la clorofilla b, che è tipizzante. Le clorofille sono presenti in tutte le alghe, ma quelle b solo in quelle verdi.

Vari gruppi:

ALGHE ROSSE forme complicate, nelle acque tropicali, amano correnti tiepide e il loro plastidio ha lamelle lunghe con granuli. Sono le uniche a non avere cellule flagellate, contengono amido florideo come sostanza di riserva; il cloroplasto contiene ficobiline e presenta clorofilla a e clorofilla d. la parete presenta una componente cellulosica e una esterna di mucillagini. Molte contribuiscono alla formazione delle barriere coralline. Sfruttano la luce attraverso le ficobiline(molecole che catturano la luce)

ALGHE BRUNE: notevole grado di differenziamento, raggiungono dimensioni notevoli, hanno sviluppato boe galleggianti per sostegno e ricerca della luce. Contengono laminaria e mannitolo come sostanze di riserva e il cloroplasto presenta clorofilla a e c, mentre la parete contiene cellulosa e alginati. Es. Laminaria, Macrocistis, Sargassum. Plastidio= lamine che corrono a due o tre e non ci sono i pigmenti che caratterizzano le alghe rosse. Si spingono fino ai 30 metri, a loro serve un certo spettro luminoso (acque limpide le favoriscono).

ALGHE VERDI: hanno conquistato tutti gli ambienti acquatici, sono molto plastiche e possono vivere in simbiosi con gli animali e i funghi. Es. Ulva, Acetabularia. Plastidio simile a quello delle piante superiori, clorofilla a e b, normalmente hanno cicli aplonti e aplo-diplonti. La **Charophyceae** (è aploide) è il progenitore delle piante terrestri, ha una struttura complessa e il suo ciclo vitale è aplonte. La generazione dominante è quella aploide, ogoni (produce cellula uovo) e spermatogoni sono quindi aploidi. I gameti femminili, contenuti nell'ogonio, sono immobili, aspettano i gameti femminili che sono flagellati. L'ogonio contiene un'unica cellula uovo, mentre lo spermatogonio da origine agli spermatozoidi flagellati, i quali vengono rilasciati, si fondono con la cellula uovo e si forma lo zigote che ha vita breve, e darà origine alle spore,

ricominciando il ciclo. Le alghe verdi contengono amido, clorofilla a e b, carotenoidi e hanno già un fragmoplasto.

Spinta per la conquista delle terre emerse= disponibilità illimitata di luce, ma il problema è la disidratazione (alghe no tessuti e organi).

BRIOFITE definibili come muschi, anche se sono più complicate, hanno un ciclo aplo-diplonte, si differenziano da cara perché hanno alternanza di generazioni, ma la generazione dominante è quella gametofitica, quindi il tappetino verde è diploide. Le piante terrestri che compaiono dopo i muschi hanno un ciclo aplo-diplonte che ha come generazione dominante quella sporofitica (diploide). Si decide di abbandonare l'acqua nell'Ordoviciano, ma solo nel Siluriano compaiono le prime piante con tessuti. La conquista della terra avviene in condizioni climatiche ben diverse da quelle moderne: atmosfera era ricca di CO₂ (favoriva la fase oscura della fotosintesi) e l'ossigeno era molto meno. La quantità di CO₂ dipende dalle temperature delle acque: picco= repentine piccole glaciazioni. Ora la CO₂ è molto minore e l'ossigeno si è equilibrato. Il picco di ossigeno marca il momento in cui le radiazioni del sole sono state filtrate molto meglio. Vantaggi= luce, CO₂ sufficiente, no competizione. Svantaggi= disidratazione, distribuzione nutrienti e dover completare cicli riproduttivi in assenza di acqua. Le prime briofite scoprono la cutina, che serve ad evitare la disidratazione e la sporopollinina; queste due molecole rimarranno sempre. Anche la capacità di produrre lignina fu una conquista, perché permette la conquista della posizione eretta, che permette di raggiungere più raggi solari e ad evitare troppa dispersione idrica. Solo con l'avvento della lignina arrivano i tessuti di trasporto e meccanici, poi arrivano anche quelli fondamentali. Un altro passaggio fondamentale è il passaggio da una struttura a tallo a una a corno, passaggio che avviene con le felci.

Tutte le piante terrestri hanno un embrione= sono embriofite (muschi, felci, gimnosperme e angiosperme). Il primo gruppo che ha conquistato la terra= BRIOFITE; hanno embrione ma no tessuti, quindi non sono vascolari. Si dividono in: MUSCHI (sviluppano sorta di strutture fogliari, EPATICHE (gametofito a forma di fegato) e ANTOCEROTE. Adattate a vivere in ambienti particolari, sottobosco ed estremi, ghiacciai. Gametangi = anteridi (strutture che portano i gameti maschili) e archegoni, come cara. Rispetto a cara le briofite hanno esteso la fase diploide. I muschi sono importanti per gli ecosistemi umani. Il gametofito non ha tessuti ed è ancorato al suolo, produce rizoidi, i quali non hanno funzione di assorbimento ma solo di ancoraggio. Chi si occupa degli scambi? Inventano anche i pori, buchi da cui possono passare H₂O, gas e Sali minerali che però non sono regolabili, inventano anche i plasmodesmi. La fogliolina non può crescere molto, perché non hanno i sistemi di conduzione, quindi le foglie non possono crescere oltre il limite consentito dal

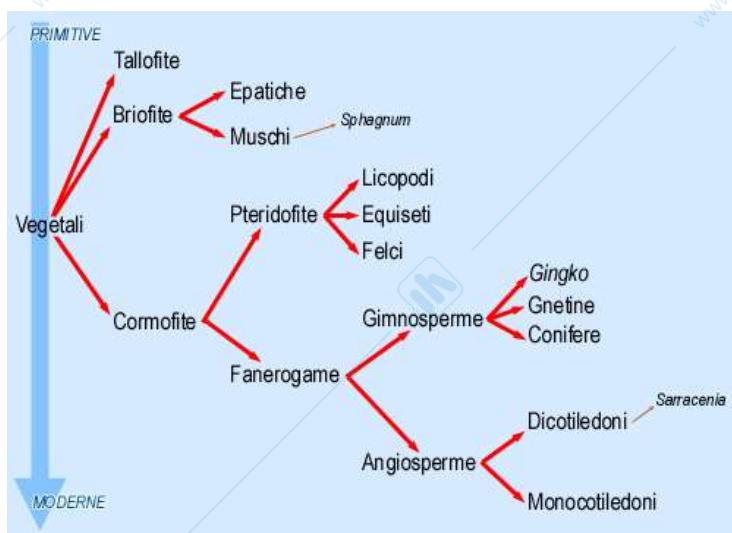
passaggio di acqua per osmosi da una cellula all'altra. L'acqua viene assorbita da tutto l'organismo= non sono bravi a raccogliarla. Lo sporofito dei muschi è dipendente troficamente dalla pianta madre, non ha mai vita autonoma ed è incapace di fare fotosintesi. Compito gametofito= produrre gameti (cellule madri delle spore) e lo sporofito produce spore. La competizione favorisce la riproduzione sessuale. L'acqua piovana non è ricca di Sali e le briofite hanno imparato a vivere in simbiosi con cianobatteri, che sanno produrre azoto organico usando azoto atmosferico. Possono vivere anche con i funghi, che sono i degradatori, scompongono le molecole organiche. All'interno dei fusticini dei muschi ci sono delle cellule: LEPTOIDI e IDROIDI, che sono un tentativo di fare tessuto, sono specializzate nel trasporto di H₂O e linfa. I leptoidi hanno molto in comune con le cellule del floema (esempio di convergenza evolutiva= piante che non hanno nulla in comune stanno andando nella stessa direzione evolutiva). I muschi producono la auxina ma non le giberelline. Compagano anche delle nervature, all'interno delle quali ci sono leptoidi e idroidi.

Riproduzione: generazione aploide è dominante e i gameti maschili sono flagellati. I muschi sviluppano gametangi (anteridi: producono tantissimi gameti maschili per mitosi e archegoni: contengono cellula uovo, una sola). Un gametofito produce dei anteridi all'interno dei quali ci sono gameti maschili, che hanno bisogno di acqua per il trasporto; arriva una goccia d'acqua che rompe l'antidio e porta via i gameti che devono raggiungere l'archegonio per fecondarlo. Si forma lo zigote che fa divisioni mitotiche che producono la generazione sporofitica. Lo sporofito mantiene sempre un piede nell'embrione, che serve a prendere nutrienti dal gametofito; lo sporofito produce capsule all'interno delle quali delle cellule madri delle spore faranno meiosi producendo spore aploidi che verranno rilasciate nell'ambiente e danno origine al gametofita. L'archegonio è un tentativo di protezione delle future generazioni. Spesso sia anteridi che archegoni sono protetti da foglioline sterili. Lo zigote rimane sempre dipendente dal gametofito; l'embrione è semplice, mancano i tessuti (no meristema apicale o radicale), e alcune cellule dello sporofito formano il piede che fa scambi con lo sporofito. Le cellule del piede (diploidi) presentano plasmodesmi con cellule aploidi; poi lo sporofito cresce (non è autonomo) con una discreta specializzazione: nella capsula cellule madri delle spore che fanno meiosi e cellule che formano la seta= struttura di esposizione del gametofito, favorisce la dispersione delle spore negli ambienti circostanti. Le spore (aploidi) vengono rilasciate e germinano solo quando è umido. Protonema= spore che stanno iniziando a svilupparsi. Le generazioni sono eteromorfe (gener. Gametofitica diversa da quella sporofitica). Lo sporofito ha vita breve, il gametofito ha vita lunga. Problemi: perdita di H₂O (hanno imparato a cutinizzare), approvvigionamento H₂O (dipendono dall'umidità dell'ambiente), sopravvivenza di spore e gameti.

Sono importanti per noi perché intervengono negli ecosistemi delle torbiere, che producono torba (suoli con pH acidi e con poco ossigeno). Es. le eriche vivono lì grazie alla simbiosi con funghi.

EPATICHE: es. marcanzia, ha un tallo a forma di fegato, capace di produrre amido e ha il pirenoide. Ciclo vitale: dioica ci sono gametofiti femminili (portano gli archegoni) e i gametofiti maschili (portano anteridi), è necessario che siano vicini; è un ciclo aplodiplonte e i gametofiti sono eteromorfi (portano strutture maschili e femminili su individui separati). La pioggia prende i gametofiti maschili, che devono raggiungere l'archegonio. Gametofito maschile struttura ad ombrello chiuso, quello femminile è un po' più aperto; arrivano gli anteridi, nuotano, risalgono e fecondano la cellula uovo, dalla quale si origina lo sporofito che rimane sempre dipendente dal gametofito.

Dalle briofite non si è evoluto nulla. Dalle embriofite si sono generate le Briofite (tallofite) e le Cormofite (pteridofite, gimnosperme, angiosperme

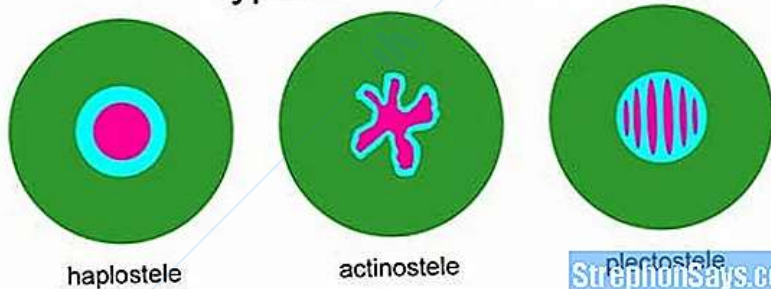


PTERIDOFITE ottimizzano l'approvvigionamento di acqua, piante da sottobosco, le associamo con le felci. Ma c'è stato un momento dell'evoluzione in cui le felci erano arboree (con foglie, fusto, no fiori e semi); inizialmente erano solo degli steli fotosintetici, poi si sono sviluppate le foglie.

Le pteridofite sono piante a ciclo aplo-diplonte, ma la generazione diploide (sporofito) è quella che domina (ottimale per le condizioni ambientali con scarso ozono: altamente mutagene). Il gametofito è autonomo ma vita molto breve e ricorda molto quello delle epatiche. Sviluppano e scoprono la lignina, fondamentale per il trasporto di H₂O; le tracheidi dipendono da questa scoperta. Hanno un embrione, che si può considerare uno sporofito allo stadio giovanile che viene nutrito dal gametofito e continua così quella dipendenza trofica tra le due generazioni già presente nelle briofite; tuttavia questa dipendenza è limitata nel tempo, in quanto ben presto dall'embrione si sviluppa la giovane piantina che diviene autosufficiente. Lo sporofito adulto è una vera e propria pianta

terrestre, con fusto, foglie (funzione trofica, fotosintetica e protettiva), e apparato radicale. I fusti potevano raggiungere dimensioni ragguardevoli, ora sono quasi tutte di dimensioni minori; la sua funzione principale è quella di portare le foglie (organi deputati alla fotosintesi), ma il fusto deve anche trasportare H₂O alle foglie per fare la fotosintesi e i prodotti della fotosintesi alla pianta. Quindi si sviluppano XILEMA e FLOEMA. La disposizione di questi elementi ricorda quella delle dicotiledoni= fasci disposti intorno ad una circonferenza con floema verso l'esterno e xilema verso l'interno e nel centro tessuto meristemico cambiale. La prima stele era la PROTOSTELE: abbastanza rigida, c'è un cordone centrale di xilema intorno al quale si dispone il floema. La stele della radice ha un cordone di xilema che arriva fino al cuore della radice, ma prima il protosteles si organizza in ACTINOSTELE, che è costituita da una massa centrale legnosa alla cui periferia sono situati alternativamente tessuti conduttori cribrosi e legnosi (l'aumento di tessuti favorisce il maggior trasporto di acqua e soprattutto aumenta la superficie di contatto tra xilema e floema). La radice rimane più vicina alle condizioni primitive, rispetto al fusto, perché l'ambiente aereo consente maggiori cambiamenti (adattamento al vento, esposizione, flessibilità,..). le steli delle pteridofite sono complesse: ci sono diversi tipi di protosteles

Types of Protosteles



Si arriva alla stele pensando di introdurre un midollo parenchimatico all'interno dello xilema, si rompe l'anello floematico in fasci conduttori (passaggio richiesto per avere maggior flessibilità). Ramificazioni per le foglie: altro problema, fanno fuoriuscire dal cordone centrale una nervatura in cui c'era xilema circondato da floema; questo aumenta la capacità di flessibilità (capacità di oscillare al vento). Le foglie: le felci primitive erano fusticini senza diramazioni con la stele che correva all'interno, la stele sviluppa poi un fascio di parenchima interno per alleggerirsi, e guadagnare in altezza, inizia poi a migliorare l'apporto di H₂O e si formano così i rami che possono sviluppare palmazioni che danno origine alle foglie. Quindi le foglie si sviluppano con l'ottimizzazione del trasporto di H₂O. Le prime foglie (scaglie) non avevano nervature, poi arrivano scaglie più grandi (con le *Lycophyta*). Gli organi "gialli" contengono le strutture riproduttive dello *Xiloto*, ci sono le cellule madri delle spore; sono abbastanza esposte. La selaginella produce spore che hanno forme diverse.

Ciclo riproduttivo basato sull' ISOSPORIA ed è sempre aplodiplonte; le spore danno origine ai gametofiti, che sono troficamente indipendenti dallo sporofito, possono essere verdi e/o sotterranei (interagiscono con funghi). I gameti maschili (prodotti dal gametofito) sono ancora flagellati (indizio di struttura primitiva). Gametofiti= strutture prive di tessuti e organi, possono essere sia dioici che monoici. La posizione di quelli dioici non è casuale: gli archegoni si dispongono nella zona più centrale mentre gli anteridi in quella più esterna; avvenuta la fecondazione si sviluppa lo zigote. La generazione diploide è quella dominante e i gametofiti producono anteridi e archegoni. Il *Lycopodium* inizia ad avere tratti moderni: inizia a differenziare strutture che proteggono gli sporangi, che acquisiscono una posizione ascellare. Le Licopodofia sono **isosporee** (sporangi producono spore uguali). la crescita dell'embrione è inizialmente supportata dal gametofito che poi darà origine alla nuova pianta. Come escono le spore dagli sporangi? Nelle antesi delle antere ci sono delle cellule che depongono parete secondaria in maniera asimmetrica, e poiché la lignina è idrofobica l'H₂O potrà penetrare solo da un lato causando tensioni e lacerazione.

Selaginella è una pianta moderna, si instaura l'**eterosporia** (spore delle due linee germinali sono diverse). Alcune fanno parte delle "resurrection plant" = basta dare H₂O e risorgono, e possono vivere in una situazione di "stallo" a lungo. Produce sporangi diversi, che danno origine a piccole microspore numerose e grandi megaspore in numero ridotto, che daranno origine a gametofiti diversi (come nelle angiosperme). Microspore → gametofito maschile, composto da una cellula protallare e da un anterido; macrospore → gametofito femminile, che in parte esce dalla parete della megaspora, questa parte a volte diventa verde e su di essa si sviluppano gli archegoni. L'acqua porta i gameti maschili verso la cellula uovo per avere la fecondazione e riprendere il ciclo.

Le *Isoetaceae* è eterosporea e fa una fotosintesi particolare. *Equisetum* hanno un fusto cavo e sono molto flessibili, producono strutture per fare fotosintesi e quando si devono riprodurre producono rami fertili privi di clorofilla, che contengono gli stobili. Hanno un apparato radicale molto stabile, a rizoma e diventa anche invasivo; le spore sono in grado di muoversi anche a discrete distanze grazie a strutture che ricordano quelle del granulo pollinico.

FELCI: foglie grandi, picciolate e arrotolate che si chiamano pastorali; vivono in ambienti acidi, ai lati delle torbiere. La maggior parte sono isosporee, gli sporangi si trovano sulla pagina inferiore delle foglie e hanno morfologie molto diverse: la foglia svolge funzione protettiva. Gli sporangi contengono le spore e possono essere protetti da delle protuberanze delle foglie (indusio), vanno in deiscenza, le spore fuoriescono, danno origine al gametofito e tutto riprende. Gli sporangi si aprono grazie alla lignificazione asimmetrica delle cellule dello sporangio stesso. Su uno dei piani dello sporangio vi sono delle cellule con

parete ispessita (anulus) alcune delle quali, in seguito a disidratazione, si lacerano, facendo aprire lo sporangio, con liberazione delle spore.

Capel venere non hanno un indusio ma è la foglia stessa che causa protezione ripiegandosi sullo sporangio (sviluppo del carpello ha seguito questa strada).

Azzolla è una felce acquatica che viene coltivata col riso, è eterosporea e all'interno delle sue foglie vivono dei cianobatteri in simbiosi. Lo sviluppo del cianobatterio e dello sporangio è sincrono; una volta insediato il cianobatterio si presenta come acinete (forma di resistenza) e allo sviluppo del nuovo sporofito tornerà nella forma vegetativa.

Macroelementi= azoto e fosforo (grossi fertilizzanti), microelementi= nickel, ferro, cobalto, rame.

GIMNOSPERME piante che migliorano la riproduzione e ottimizzano i sistemi di conduzione; sono estremamente longeve. Erano abbondanti nel giurassico, erano molte le *Cycadopsida* e le *Ginkgopsida*. Sono comparse prima delle angiosperme, che derivano infatti da esse. Difficoltà: cicli riproduttivi lunghissimi, nel fusto non hanno ancora le trachee (devono fare attenzione all'uso di H₂O); stanno ad elevate altitudini e nella zona boreale. Passaggio felci gimnosperme è riconosciuto dai fossili; via via la foglia delle felci si è avvolta intorno allo sporangio per proteggerlo, ma se nel frattempo c'è eterosporia è stato costruito l'ovulo. Anche il tronco si evolve: compare il cambio, quindi cresce di anno in anno. Le gimnosperme si dividono in: CONIFERE, GINCOFITE, CICADOFITA. Oltre alla novità dell'ovulo ci sono delle foglie che si organizzano per far avvenire la fecondazione; se c'è l'ovulo c'è anche il seme, che è una struttura vincente, protegge l'embrione, contiene riserve e l'embrione può rimanere quiescente finché le condizioni ambientali saranno favorevoli. Sono eterosporee, ma non è una scelta come nelle pteridofite, perché hanno spore maschili (autonome) e spore femminili (rimangono dipendenti dalla pianta madre, racchiusi nell'ovulo).

Modello di Benson per la formazione dell'ovulo:

1. Raccorciamento dei rami apicali fertili e sterili
2. Prevalente sviluppo di un solo sporangio apicale
3. "Sterilizzazione" degli altri rami apicali circostanti
4. Appiattimento e concrescimento dei rami apicali sterili con formazione del tegumento dell'ovulo mentre la nucella deriverebbe dallo sporangio

Modello Andrews: l'ovulo si sarebbe differenziato progressivamente da uno sporangio che, all'inizio, era avvolto da una serie di filamenti verticillati. Se i filamenti concregono tra loro riunendosi in modo sempre più ampio si forma il tipico ovulo delle gimnosperme, costituito dalla nucella avvolta completamente dai TEGUMENTI e comunicante con l'esterno attraverso una minuscola apertura apicale detta MICROPILO.

Acquisiscono una struttura eretta molto importante, la pianta più alta è una gimnosperma (sequoia). Tutti i fasci conduttori hanno diametro piccolo e simile, perché contengono solo tracheidi: si parla di legno OMOXILO (=xilema uniforme); le trachee non hanno setti di separazione tra le cellule dei vasi, mentre le tracheidi sì, quindi il passaggio di H₂O è più difficile. Sono però strutture che sostengono meglio e in caso di embolia viene sacrificato solo un tratto. Ci sono dotti resiniferi, dentro i quali colano le resine, che hanno capacità protettive molto importanti. Tutte le foglie sono aghiformi, il rapporto superficie volume è a favore del volume, perché questa struttura evita la dispersione di acqua. I fasci conduttori delle foglie sono circondati da un tessuto di cellule differenziate che ci ricorda l'apparato radicale= stessa funzione della banda del caspary, quindi controlla quanta acqua può arrivare al parenchima clorofilliano. Gli stomi sono invaginati in cavità (cripte), tipico di piante che vivono in ambienti secchi, questo perché in montagna la reperibilità di H₂O è scarsa. È anche presente un'importante cutinizzazione. Gli ovuli non sono parte di un ovario, i gametofiti sono ancora poco ridotti e l'embrione è nutrito da un endosperma primario aploide; sono quasi sempre unisessuati e in maggioranza anemofili. **QUESTE PIANTE NON FANNO LA DOPPIA FECONDAZIONE.** Gli ovuli sono nei coni, che hanno morfologia diversa in base a se portano il gametofito maschile (leggere) o femminile (lignificate, con squame che quando arriva il polline si chiudono). Nell'ovulo un'unica cellula madre delle spore fa meiosi, si formano 4 meiospore di cui 3 degenerano e solo una si sviluppa a dare il gametofito femminile, la meiospore si ingrandisce ed il suo nucleo si divide più volte senza che avvenga divisione cellulare. Si forma un protallo plurinucleato e non cellulare. La cellularizzazione avviene in un secondo momento. L'endosperma primario è pluricellulare e va ad occupare gran parte dello spazio occupato dalla nucella. Presenta due Archegoni ridotti che contengono il gamete femminile. Gli archegoni non presentano più le cellule della parete del ventre e del collo. Il tubetto pollinico (austorio) percorre la nocella in diversi mesi, perché è spessa.

Coniferophyta le cellule spermatiche nel tubetto pollinico non sono flagellate, sono divise in 3 famiglie: TAXACEAE (tra quelle più evolute), CUPERESSACEAE e PINACEAE. Gli sporangi sono portati sui coni unisessuali, la maggior parte delle specie è monoica (ogni individuo produce sia coni maschili che femminili in parti diverse della pianta). Alcune specie sono dioiche (coni maschili e femminili portati su individui diversi). Esternamente, gli individui maschili e femminili sono indistinguibili. Alcuni coni rilasciano i semi stando attaccati alla pianta madre, altri chiudono le squame e cadono a terra. **CICLO VITALE:** i coni maschili vanno produrre il granulo pollinico aploide (simile a quello delle angiosperme) che si forma per meiosi da una cellula madre delle microspore e tutte e 4 le microspore danno origine ad un granulo; in quello femminile invece sopravvive un solo granulo, che però non è

autonomo. Quando arriva il granulo pollinico sull'ovulo le squame si richiudono, questo serve a proteggere un evento molto lungo. La dispersione del granulo è affidata al vento e il granulo ha delle sacche che gli consentono di volare. Il gametofito maschile (granulo) è costituito da 4 cellule: 1 cellula spermatica, 1 che darà origine al tubetto e 2 cellule protallari. Il tubetto ha una struttura diversa da quello delle angiosperme: quando cresce nella nocella produce invaginazioni che trasportano energia e molecole importanti per la sua crescita, la sua crescita è lenta; inoltre arrivano decine di granuli sull'ovulo e quindi la nocella supporta la vita di tutti i granuli in competizione.

Il cono femminile è costituito da squame, ognuna delle quali porta almeno 2 ovuli, che stanno nella pagina superiore della foglia. Il gametofito femminile non è ancora completamente differenziato quando arriva il granulo pollinico; Nell'ovulo, un'unica cellula madre delle spore fa meiosi. Si formano 4 meiospore di cui 3 degenerano e solo una si sviluppa a dare il gametofito femminile. La meiospora si ingrandisce ed il suo nucleo si divide più volte senza che avvenga divisione cellulare. Si forma un protallo plurinucleato e non cellulare. La cellularizzazione avviene in un secondo momento. Siccome differenziano due cellule uovo per gametofito il seme supporterà la crescita di due embrioni, di cui solo uno sopravvive. Nelle angiosperme non c'è mai poliembrionia. I coni devono guidare il granulo pollinico, emettono delle gocce che catturano il polline e poiché contengono zucchero promuovono la germinazione iniziale. La goccia viene prodotta finché non avviene la fecondazione. Possono formarsi tanti embrioni quanti sono gli archegoni, di norma un solo embrione giunge a maturazione, il tegumento ovarico si trasforma in tegumento del seme nell'endosperma primario si accumula materiale di riserva. L'embrione ha numerose foglie cotiledonari.

Cicadophyta dioiche, usano gli insetti (formiche) per la fecondazione e per la dispersione del polline, hanno foglie sempreverdi, hanno radici curiose, sviluppano corolloidi: aspetto simile a quello di un corallo con un anello verde, che sono cianobatteri che forniscono alla pianta un ambiente costantemente umidi e in cambio ricevono zucchero.

Gynkgophyta: tratti primitivi, cellule spermatiche flagellate, sono dioiche e la fecondazione avviene in tempi lunghi; l'ovulo contiene acido butirrico. Il granulo pollinico emette un tubetto che ha funzione austoriale, non penetra nell'archegonio ma nella nucella dove assorbe nutrienti.

FUNGHI regno molto ampio ma non così antico, non fa parte della famiglia delle piante; possono essere simbiotici e parassiti. Vengono divisi in vari gruppi:

- Zigomicota: muffe
- Ascomicota: includono l'agente lievitante, tartufi
- Basidomicete: amanite

-Critiomycota: molto antiche

I primi a comparire furono i glomeromicota nel Cambriano. I funghi sono i degradatori, sono delle biofactory, distruggono materiale organico ricavando energia, sono capaci di interagire con l'apparato radicale delle piante; l'80% delle piante hanno **microrizze**, che incrementano la produzione vegetale globale. Vantaggio della pianta di avere un degrassatore nell'apparato radicale: avere azoto e fosforo; in molti casi le piante non producono neanche più i peli radicali. Sono organismi eterotrofi e hanno una parete particolare: non di cellulosa ma di chitina; una grossa parte del loro metabolismo è dedicato alla secrezione degli enzimi, che degradano i composti organici morti in monomeri, che vengono poi usati per la crescita del fungo. Il corpo è costituito da un tallo chiamato micelio, che è un reticolo molto stretto di ife che al loro interno contengono le cellule che danno origine ai funghi. Le ife sono settate o cenocitica (no setti di separazione), inoltre accrescono sempre dalla parte apicale, quindi la porzione centrale è quella più quiescente.

I Critidiomicota sono acquatici, non hanno il micelio e sono saprofiti (crescono su organismi morti) o parassiti.

Zigomiceti: sono saprofiti e parassiti, spore non mobili, hanno ife cenocitiche da cui si diramano sporangi che producono spore. Ciclo riproduttivo: è sessuale, la struttura diploide può dare origine a delle spore che vengono rilasciate; questo ciclo può essere fatto sia da organismi aploidi che diploidi, le spore producono le ife cenocitiche aploidi che possono rilasciare anche delle spore aploidi per mitosi (riproduz. vegetativa). Come fanno ad incrociarsi gli sporofiti aploidi? Hanno sesso diverso, che dipende dalla produzione di ferormoni diversi. Le strutture sporofitiche crescono e danno origine al gamete, che producono lo zigote prima e una struttura diploide che produce sporangi che rilascia spore come risultato della meiosi. Gli ASCOMICETI sono il gruppo più diffuso, **ciclo vitale**: producono ife settate che sono aploidi; le strutture sono date dalla concrescita di ife aploidi, alcune strutture maschili e femminili si fondono a dare regioni diploidi le quali rilasciano spore per meiosi; hanno anche un ciclo asessuale, perché possono riprodursi rilasciando spore dalle ife.

Ciclo lievito: può scegliere se riprodursi per via sessuale o mitotica, tutte le volte che produce una gemma si sta riproducendo per via vegetativa: emette una gemma figlia che rimane attaccata alla cellula madre finché non raggiunge circa il 30% del volume della cellula madre per poi staccarsi. Si parte da una cellula diploide, che ha due scelte: fare mitosi (vegetativamente) oppure fare meiosi, la scelta è influenzata dalla presenza di stress o meno = carenza di molecole che forniscono energia. Tutti gli organismi unicellulari utilizzano il glucosio come fonte di energia, e se manca vanno in starvation e decidono di fare meiosi, producendo due spore di sesso + e due di sesso -.

I Basiliomiceti hanno un ciclo più semplice: ife settate che si fondono e danno origine a ife diploidi da cui si sviluppano i corpi fruttiferi. Il tessuto che da

origine alle spore si chiama imenio e può essere di diversi tipi: spugnoso, lamellare,...

LICHENI: simbiosi che coinvolge un organismo fotoautotrofo (alga o cianobatterio) e un autotrofo (fungo). Il fungo abbraccia l'organismo fotoautotrofo, mantenendolo sempre umido, in cambio ha a disposizione una riserva di glucosio; i licheni si trovano sui tronchi degli alberi e sui muri/rocce verso il nord.

I funghi più antichi sono i GLOMEROMICETI, che sono coinvolti nella formazione di **micorizze**, è una simbiosi mutualistica che dà vantaggi al fungo e alla pianta: la pianta fornisce zuccheri e il fungo fornisce acqua ed elementi nutritivi. Le micorizze si dividono in:

- ECTOMICORIZZE (che stanno fuori): è un guanto che si dispone attorno alla radice per colonizzare il suolo.
 - ENDOMICORIZZDE (che stanno dentro le cellule vegetali): funghi che hanno struttura semplice, spore germinano e cercano una pianta a cui rivolgersi (producono ormoni stringo lattoni) e penetrano nella struttura primaria utilizzando anche i peli radicali; alcuni penetrano nella cellula della corteccia, altri nel rizoderma e formano arbuscoli che sono delle diramazioni delle ife.
- ARBUSCOLO= interazione tra membrana cellulare e fungo, ma ci sono le due pareti: il glomeromicota percepisce gli stringo lattoni, viene guidato verso la pianta e se è un ericales forma l'arbuscolo nel rizoderma se invece è un'orchidea lo forma nella zona corticale; penetra e degrada la parete cellulare delle cellule vegetali.