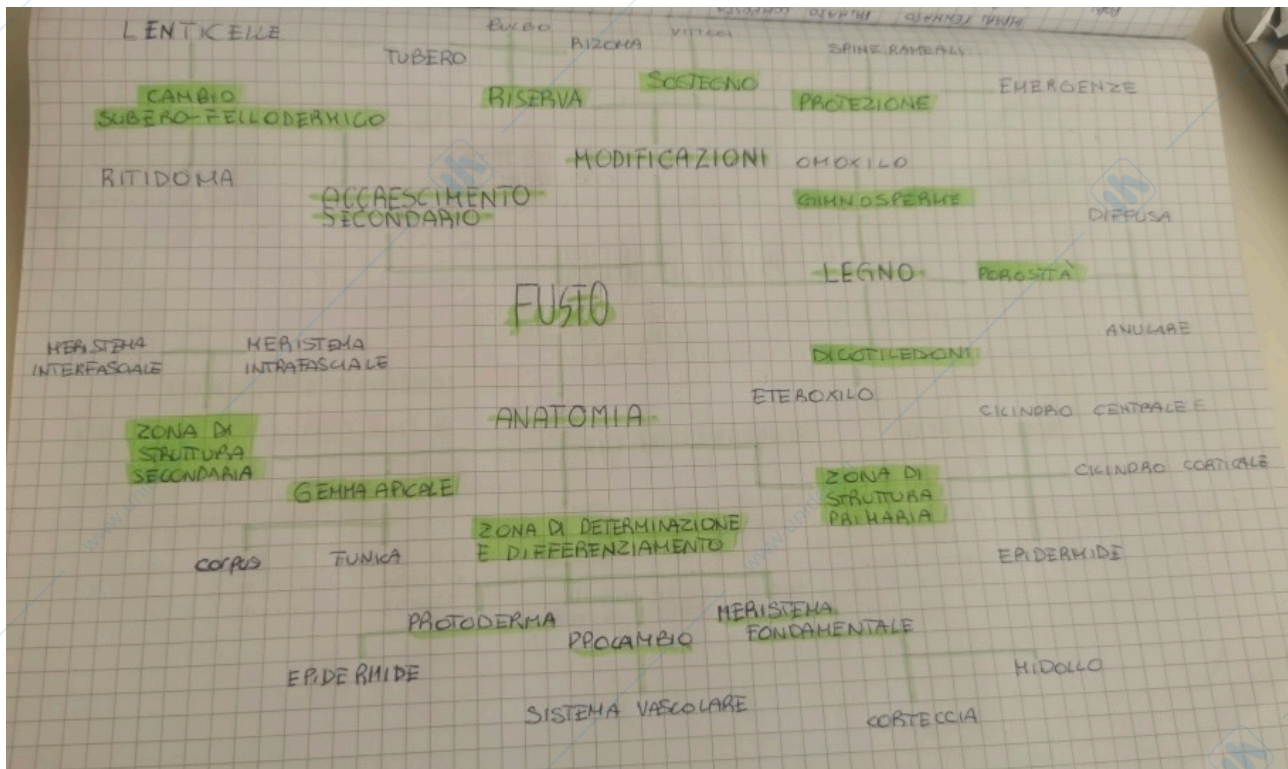


Il fusto



Il fusto, detto anche caule, rappresenta la parte assile della pianta che va a collegare l'apparato radicale con l'apparato fogliare assicurando il **trasporto di sostanze** elaborate e di sostanze da elaborare.

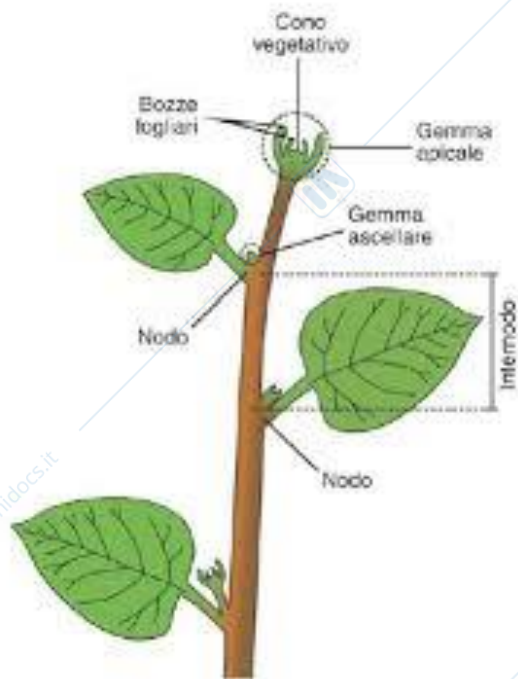
Il fusto deriva dallo sviluppo della **gemma caulinare** dell'embrione.

Le sue appendici laterali possono essere **i rami o le foglie** e quando è erbaceo presenta una colorazione verde e concorre alla fotosintesi.

Durante la fase riproduttiva della pianta si formano in posizione terminale o laterale gli organi riproduttivi, ovvero **i fiori o infiorescenze**.

Durante le stagioni sfavorevoli come autunno e inverno il fusto svolge spesso **funzioni di riserva**, mentre in altri casi si specializza in questa funzione rimanendo sotterraneo e trasformandosi in rizomi, bulbi o tuberi.

Nell'estremità apicale del fusto abbiamo la gemma che rappresenta lo stato giovanile e in essa osserviamo un complesso di **cellule meristematiche** detto cono o **apice vegetativo**.



Al di sotto possiamo distinguere delle protuberanze denominate **bozze fogliari** che si differenziano con l'allontanarsi dell'apice e tendono a coprire la zona meristematica.

All'ascella delle bozze fogliari si sviluppano altre protuberanze dette primordi dei rami. Le

gemme vengono classificate in base alla loro posizione e possiamo distinguerle in **terminali** e in **lateral**i, mentre in base al loro contenuto si dividono in **gemma vegetativa**, **gemma a fiore** o **gemma mista**.

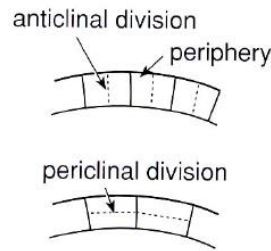
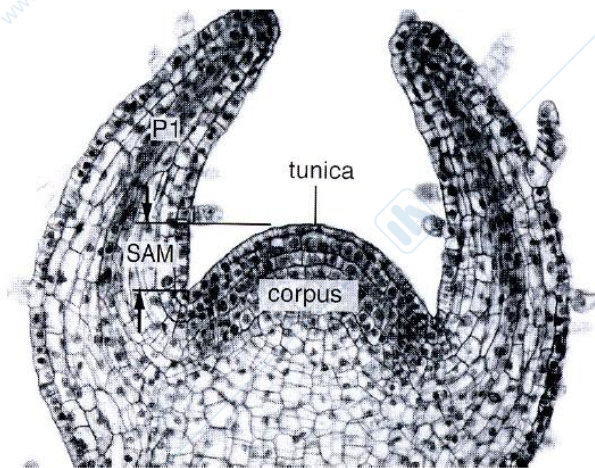
Le **gemma avventizie** si formano in parti adulte della pianta e anche su organi diversi dai fusti come la radice o le foglie e sono capaci di riprodurre nuove piante.

Anatomia del fusto

In sezione longitudinale possiamo osservare, partendo dall'apice, la zona embrionale (ovvero la gemma apicale), la zona di determinazione e differenziamento, la zona di struttura primaria e la zona di struttura secondaria.

Zona embrionale

L'apice caulinare risulta estremamente complesso ed eterogeneo dato che nella maggior parte delle Pteridofite l'apice del fusto presenta un'unica cellula iniziale detta **cellula apicale**, con una forma tetraedica con la faccia basale rivolta verso l'esterno.



La cellula iniziale nelle Pteridofite si divide secondo piani paralleli alle tre dimensioni dello spazio in **maniera ineguale**, dando luogo a una cellula più grande che

rimane cellula apicale e a una cellula più piccola e appiattita.

Invece nelle Gimnosperme e nelle Angiosperme abbiamo più iniziali, la **tunica** e il **corpus**. La tunica è più esterna ed è un involucro più o meno stratificato che va a rivestire come un cappuccio il corpus, una massa interna di cellule distribuite in modo disordinato.

Dall'attività dei meristemi della tunica si originano le **bozze fogliari**, che hanno un'origine esogena. Mano a mano che il fusto si allunga si formano nuove bozze fogliari.

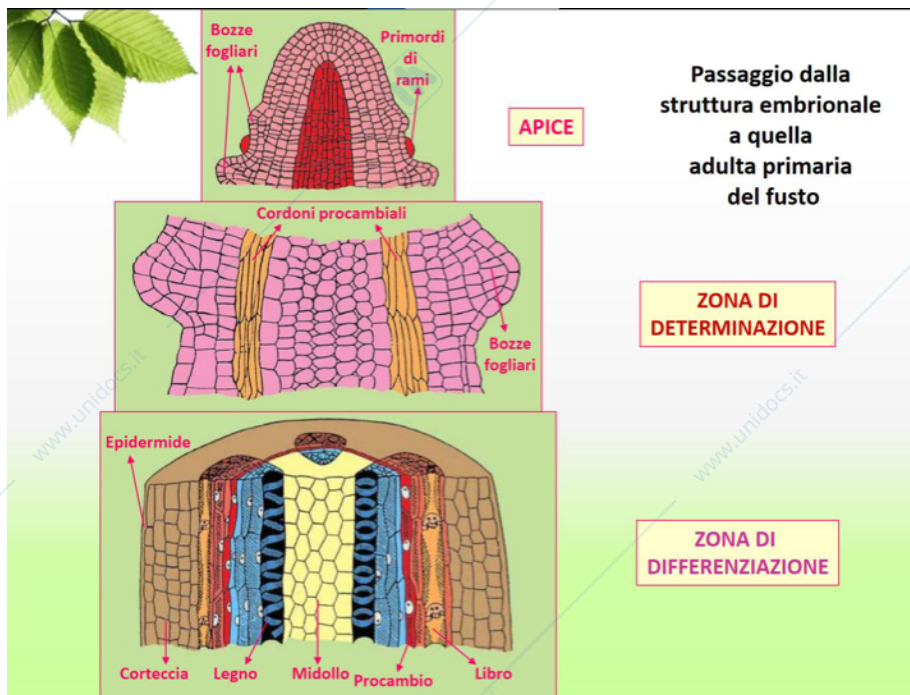
I **primordi dei rami** si formano nella zona embrionale in seguito alla comparsa delle bozze fogliari e comunemente si formano all'ascella di queste. La loro formazione può essere eterogenea, dato che in molte Dicotiledoni partecipa solo la tunica mentre in altre Dicotiledoni e in moltissime Monocotiledoni partecipa anche il corpus.

Zona di determinazione o meristema subapicale

La zona di determinazione coincide spesso con la zona di allungamento. Dalle cellule iniziali derivano i tre meristemi primari: il protoderma, il procambio e il meristema fondamentale. Dalle divisioni di questi meristemi derivano i tessuti adulti primari che contribuiscono al corpo primario della pianta.

Nella zona di determinazione iniziano a formarsi le appendici laterali del fusto, ovvero le bozze fogliari e i primordi dei rami.

Zona di differenziamento



In questa zona le cellule perdono gradualmente le loro caratteristiche giovanili e iniziano a differenziarsi sospendendo l'attività meristemica.

Avremo perciò la formazione dell'**epidermide** a partire dal

protoderma, del **sistema vascolare** a partire dal procambio e del **midollo e della corteccia** a partire dal meristema fondamentale.

Sempre nella zona di differenziamento si osserva un rapido incremento delle dimensioni del fusto, specialmente in lunghezza. Dobbiamo sottolineare che, mentre nella zona di determinazione l'accrescimento avviene sia in lunghezza che in larghezza nella zona di differenziamento l'accrescimento è dovuto alla **distensione delle cellule**.

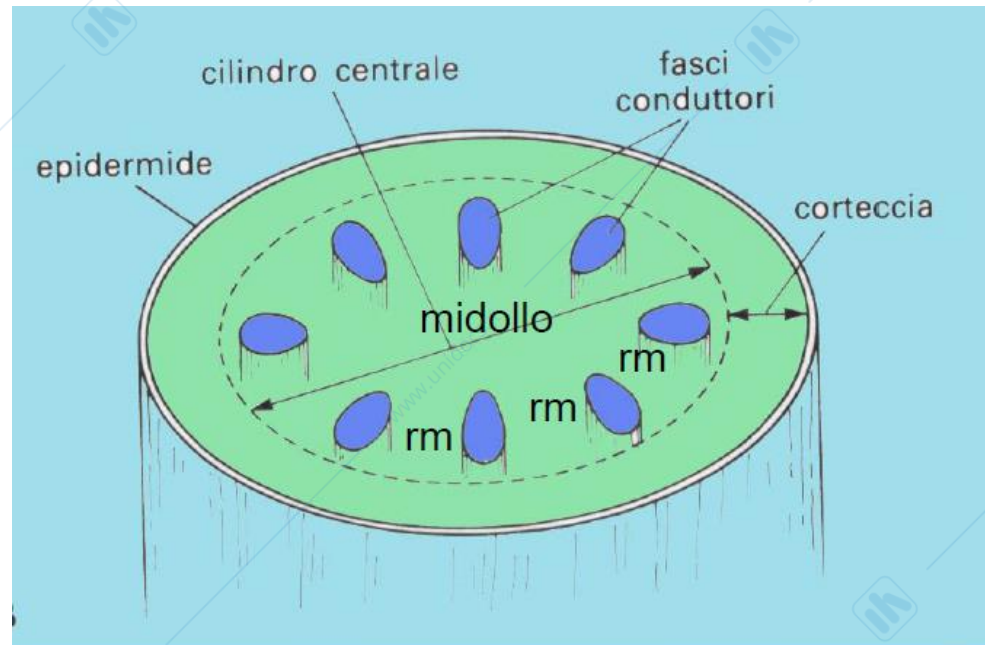
Questo processo di differenziamento è lento e graduale, gli internodi si allungano e le foglie si distanziano.

Il procambio visto in sezione trasversale assomiglia a un ammasso continuo. Molto presto in alcune zone delle cellule cessano di dividersi mentre altre continuano formando i **cordoni procambiali** di differenziazione e si formeranno i **vasi cribro-vascolari**.

Nelle Gimnosperme e nelle Dicotiledoni i cordoni risultano disposti a **cerchio** mentre nelle Monocotiledoni sono distribuiti in maniera **apparentemente disordinata** all'interno del cilindro centrale.

Zona di struttura primaria

La zona di struttura primaria è costituita da **tessuti di origine primaria** e possiamo distinguere in sezione trasversale tre zone anatomiche concentriche: l'epidermide, la corteccia e il cilindro centrale o stele.



Nelle Gimnosperme e nelle Dicotiledoni possiamo distinguere nel cilindro centrale i **raggi midollari** dal midollo, entrambi composti da parenchima. In queste la zona si estende per un breve tratto e il resto è costituito dalla zona di struttura secondaria.

L'**epidermide** è un tessuto tegumentale che deriva dal protoderma e riveste il corpo primario della pianta. Solitamente è monostratificata e presenta stomi e talvolta anche rivestimenti tricomatosi (peli).

Il **cilindro corticale**, conosciuto anche con il nome di corteccia, deriva dal meristema fondamentale e il suo ultimo strato, compreso tra esso e l'epidermide, è detto endodermide, che al contrario di quanto accade nella radice non è così differenziato, tralasciando i fusti sotterranei (rizomi).

La corteccia è costituita da **parenchima di riserva** e/o da **parenchima fotosintetico** (clorenchima): infatti gli strati più superficiali nei quali può arrivare la luce presentano cloroplasti.

Spesso si trovano **tessuti meccanici** (collenchimi e sclerenchimi); i primi si trovano generalmente subito sotto l'epidermide in un anello continuo o sotto forma di cordoni separati. Gli sclerenchimi generalmente formano un anello continuo che delimita esternamente la zona dei fasci.

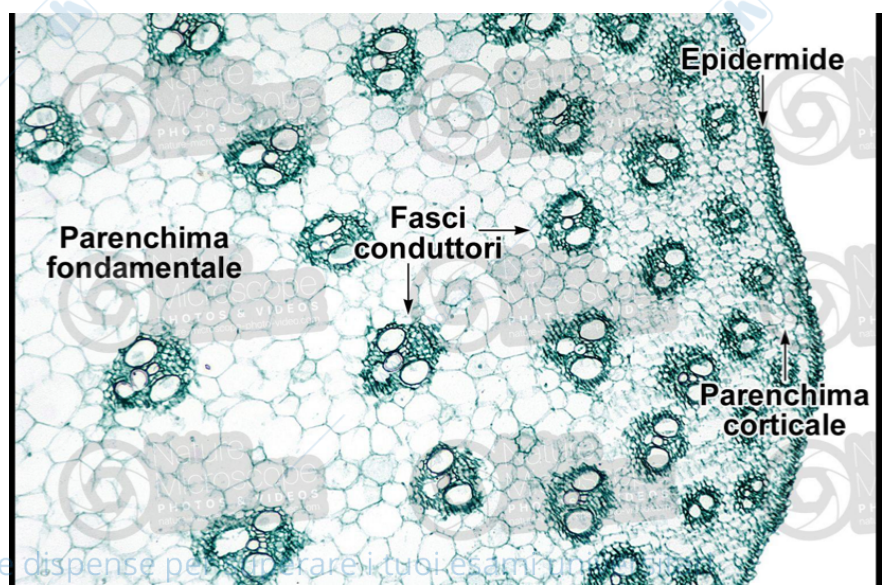
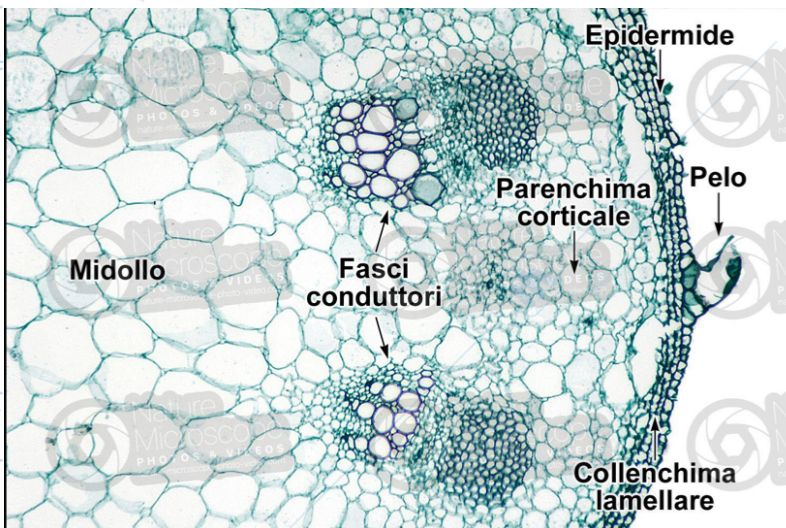
Il **cilindro centrale** è la porzione più interna del fusto, costituito da parenchima e da fasci conduttori. Lo strato più esterno del cilindro centrale è il **periciclo**: generalmente monostratificato e di natura

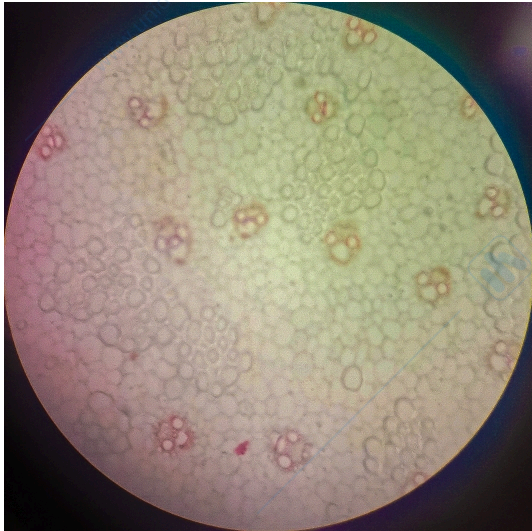
parenchimatosa. I fasci variano per forma, dimensioni, distribuzione nei diversi gruppi di piante.

Infatti, nelle Gimnosperme e nelle Dicotiledoni i fasci sono in genere di **tipo collaterale aperto** e sono distribuiti secondo un anello regolare detto **eustele**. Sono immersi nel parenchima dove distinguiamo una parte

centrale denominata **midollo** e delle porzioni comprese tra i fasci dette **raggi midollari**. Spesso, associati ai tessuti conduttori troviamo i tessuti meccanici.

Nelle Monocotiledoni il cilindro centrale è caratterizzato dalla presenza di numerosi fasci sparsi ed è detto **actostele**. Sono fasci di **tipo collaterale chiuso** spesso si può osservare una forma a V. **Non possiamo distinguere né midollo né i raggi midollari e**





nemmeno il cilindro corticale poiché i fasci si spingono vicino all'epidermide.

Zona di struttura secondaria

Nelle Gimnosperme e in parte delle Dicotiledoni troviamo un **accrescimento diametrico secondario** di fusto e radice a carico dei due meristemi laterali: il cambio subero-fellodermico e il cambio cribro-vascolare. I tessuti originati da questi cambi vanno a formare il corpo secondario della pianta.

Il passaggio dalla struttura primaria a quella secondaria è graduale e ha inizio con la formazione del cambio cribro-vascolare.

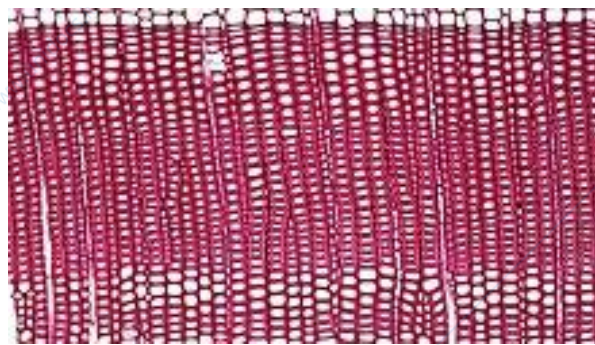
Nei fasci cribro-vascolari persiste, tra legno e cribro, il **cambio cribro-vascolare interfasciale**, ovvero quello che si forma per differenziamento delle cellule dei raggi midollari. I due cambi si uniscono in modo tale da formare un anello continuo. Il cambio formato avrà un' **attività dipleurica**, ovvero sarà capace di produrre due diversi tessuti adulti in due direzioni opposte.

Una parte delle cellule meristematiche di questi cordoni procambiali va a differenziarsi formando i tessuti di conduzione, ma in alcuni casi alcune cellule meristematiche nella zona centrale di ogni fascio procambiale non si differenziano e rimangono cellule **meristematiche intrafasciali**.

Alla fine del differenziamento dei tessuti di conduzione il cordone procambiale si è trasformato in un fascio di conduzione che possono essere chiusi se privi di meristema intrafasciale o aperti se invece lo contengono.

I meristemi conservano la loro funzione meristematica e sarà ripresa durante la **costruzione del corpo secondario** della pianta e a questi meristemi si uniranno i meristemi interfasciali per formare il cambio cribro-vascolare.

La funzione dei raggi midollari è quella di assicurare il passaggio dei liquidi tra i tessuti più interni e i più esterni, ovvero il **trasporto radiale**. Quelli già presenti nella struttura primaria, ovvero i raggi primari, vengono prolungati dal cambio.

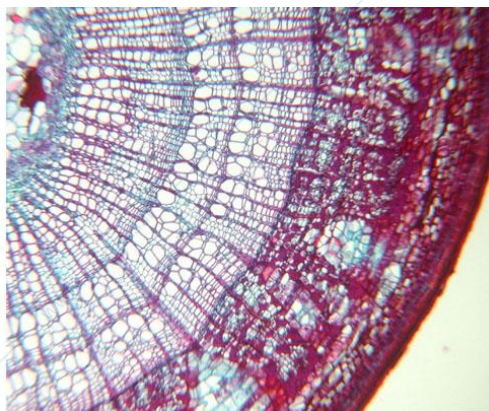


I raggi midollari secondari si formano dall'accrescimento secondario del fusto.

Legno o xilema secondario

Il legno è principalmente costituito da **elementi vasali**, le tracheidi e/o le trachee. Al tessuto vascolare si accompagnano spesso i tessuti parenchimatici, meccanici e secretori.

Lo xilema secondario ha origine dall'attività del cambio cribrovascolare e possiamo distinguere due tipi di cellule: le **iniziali fusiformi** e le **iniziali dei raggi**: dalle prime avrà origine il sistema assiale mentre dalle seconde il sistema radiale.



Il legno sarà perciò costituito da un **sistema assiale** e da un **sistema radiale** che si compenetrano tra loro integrando in maniera reciproca le loro funzioni.

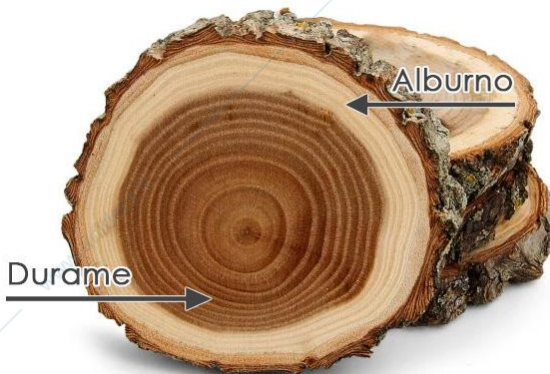
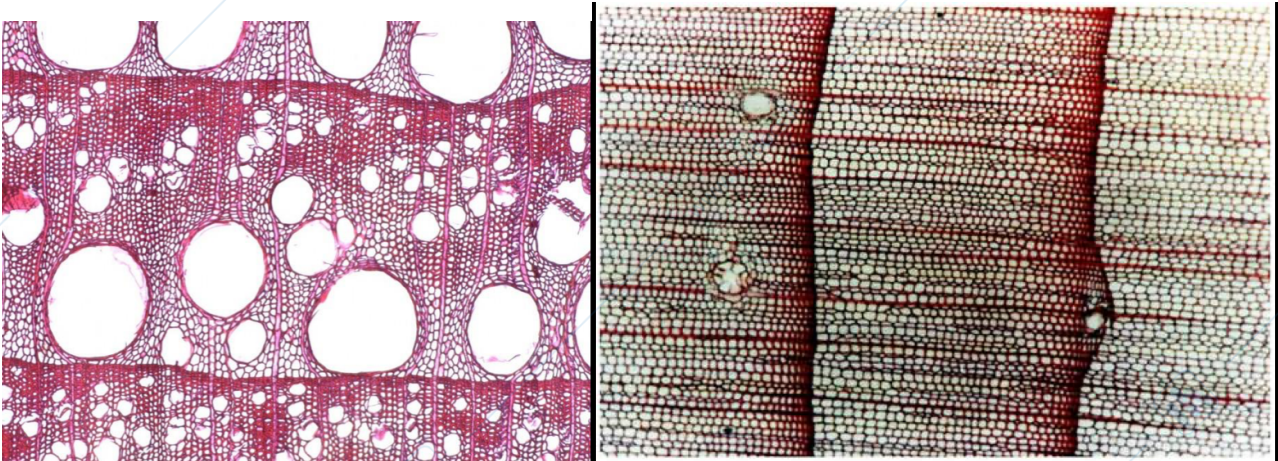
Nelle Dicotiledoni lo xilema secondario è detto **eteroxilo** poiché è costituito da vasi, da tessuto meccanico e da tessuto parenchimatico. Nelle Gimnosperme è invece chiamato **omoxilo** dato che è costituito esclusivamente da fibrotracheidi e da pochissimo parenchima.

Inoltre nelle Angiosperme i raggi midollari sono **pluriseriati** mentre quelli delle Gimnosperme sono **uniseriati**.

Il legno delle Dicotiledoni cambia inoltre a seconda delle stagioni, e nei nostri climi avremo un **legno primaverile**, con vasi di diametro

grande, molte cellule parenchimatiche e poche fibre, e un **legno estivo**, prodotto in estate e in autunno, che presenta pochi vasi di piccole dimensioni e molte fibre.

Se possiamo distinguere un legno primaverile da uno estivo parleremo di **porosità anulare**, mentre se una pianta vive in un ambiente con temperature omogenee si parlerà di legno con **porosità diffusa** e avremo vasi con grossomodo le stesse dimensioni.



La funzione di conduzione del legno è limitata alle parti più periferiche, di più recente costruzione. Questa zona, generalmente incolore o poco colorata, è chiamata **alburno**. La parte centrale è detta **duramen** o dai falegnami mogano, molto duro e pregiato poiché è impregnato di gomme, resine e tannini che lo

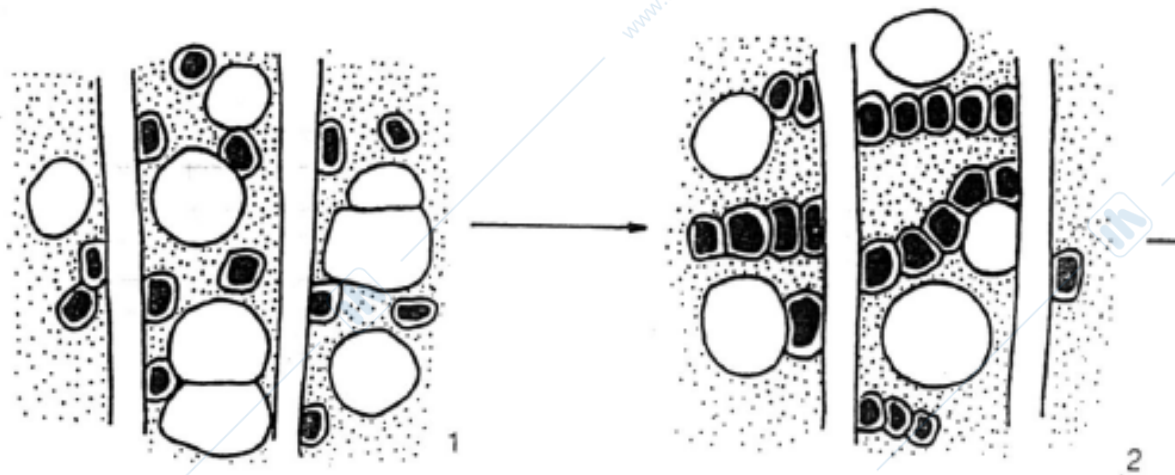
rendono aromatico e resistente ai parassiti. Perde la funzione di conduzione.

I raggi midollari, che possono essere **uniseriati**, **biseriati** o **pluriseriati**, si originano dalle iniziali dei raggi midollari e possono essere **primari** o **secondari**.

Il parenchima del legno è molto importante e può essere costituito da **cellule lunghe** quanto le iniziali fusiformi da cui derivano oppure **molto corte** a causa delle ripetute divisioni trasversali delle iniziali.

La funzione del parenchima del legno è essenzialmente di **riserva e di conduzione**.

Il tessuto parenchimatico del legno è distribuito in base al rapporto tra cellule parenchimatiche e i vasi: mentre nel parenchima **apotracheale**, il più primitivo, non vi è rapporto tra i vasi e le cellule parenchimatiche, nel parenchima **paratracheale**, più evoluto, abbiamo vasi con cellule parenchimatiche associate.



Nel sistema assiale del floema secondario delle Dicotiledoni possiamo trovare i **tubi cribrosi con cellule compagne**. Sia nel sistema assiale che in quello radiale troviamo i cristalli di ossalato di calcio, tubi lattiferi, cavità secrete e idioblasti. I raggi midollari del floema secondario sono simili a quelli dello xilema secondario.

Il floema secondario deriva dalla formazione di **anelli di cribro** da parte del cambio che si appoggiano internamente a quelli preesistenti. Il cribro più vecchio, dopo l'accrescimento in diametro del fusto, si frantuma in tanti cunei con la base rivolta verso il cambio.

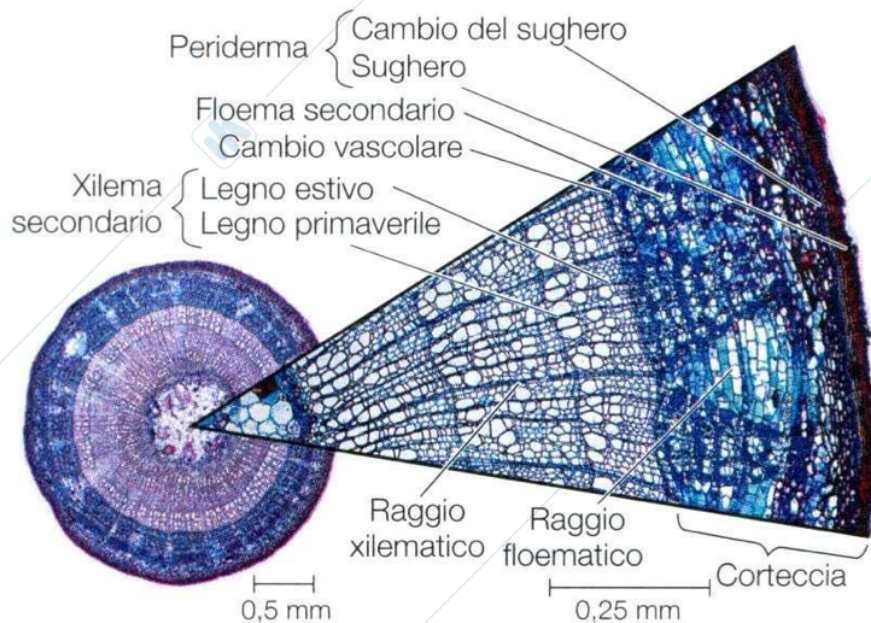
Gli spazi tra questi cunei vengono riempiti da **parenchima di dilatazione** grazie alla divisione delle iniziali dei raggi e delle cellule dei raggi parenchimatici.

Il cribo secondario ha uno spessore inferiore rispetto a quello primario.

Il cribo è soggetto a schiacciamento, soprattutto il cribo più esterno, quindi per proteggerlo si formeranno abbondanti **fibre sclerenchimatiche**. La sua funzionalità è generalmente limitata a un anno.

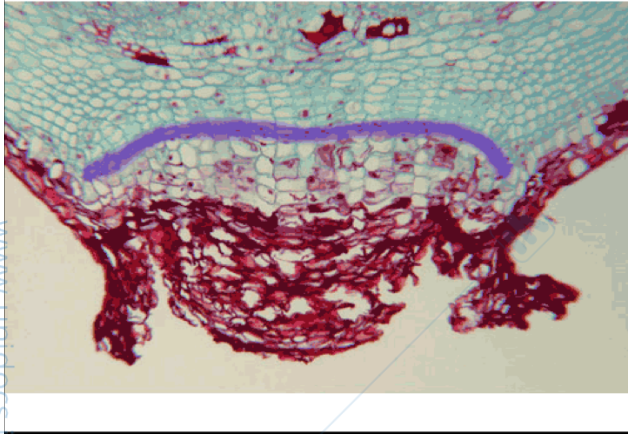
Accrescimento secondario del cilindro corticale

Il **cambio subero-fellogermico** o fellogeno va a determinare l'accrescimento secondario del cilindro corticale.



Il fellogeno produce verso **l'esterno il sughero** e verso **l'interno il fellogeno**: il sughero ha una funzione protettiva e va a sostituire l'epidermide lacerata dall'accrescimento secondario del fusto mentre il fellogeno si genera dal parenchima corticale a profondità diverse ad originarsi dal cribo.

Il fellogeno rimane attivo solo per un anno e va a riformarsi nuovamente in zone più interne. Con la formazione del sughero i



tessuti esterni rimangono isolati da quelli interni e muoiono formando il **ritidoma o scorza**.

Gli scambi gassosi con tra il sughero sono consentiti dalle **lenticelle**.

Il cambio subero-fellodermico del fusto è un **tessuto meristemico di origine secondaria** che deriva dal differenziamento delle cellule parenchimatiche situate sotto

l'epidermide del fusto.

Il cambio subero-fellodermico produrrà tutte le cellule che formano il **periderma e il ritidoma**.

Fusti modificati

I fusti possono modificarsi al fine di svolgere varie funzioni come quella di riserva, quella di ancoraggio e sostegno e quella di difesa.



bulbo di cipolla



tubero di patata



rizoma di iris



stolone di fragola

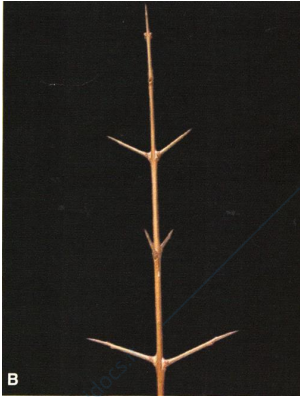


Alcune specie come la vite da uva hanno fusti specializzati per la funzione di sostegno detti **viticci**. Dobbiamo però ricordarci che le strutture devolute al sostegno in piante come il pisello, dette cirri, non sono fusti ma foglie modificate.

Un esempio di fusto specializzato per la riserva sono i **tuberi**, fusti sotterranei con parenchimi amiliferi ben sviluppati, i **bulbi**, germogli modificati con un fusto molto accorciato la cui funzione di riserva è svolta dai catafilli con una

base carnosa ricca di sostanze nutritive, e i rizomi, fusti ingrossati che si

sviluppano o sotto terra o lungo la superficie del terreno.



Le spine possono essere foglie o fusti modificati, nel primo caso sono dette spine fogliari e nel secondo si chiamano spine rameali.

