

## La radice

Il modello più comune di radice è a **fittone** nelle Dicotiledoni, ovvero una grossa radice principale che deriva generalmente da quella del seme e radici laterali più piccole.

Possiamo trovare anche le radici **fascicolate**, ovvero che hanno tutte le stesse dimensioni, in piante come il frumento o la cipolla. Le **radici avventizie** sono invece tipiche delle piante rampicanti.

### Anatomia della radice

La radice la possiamo suddividere, osservandola in sezione longitudinale, in **zona apicale**, **zona liscia** o di differenziazione, **zona pilifera** (detta anche struttura primaria) e **zona rugosa** (detta anche zona secondaria).

### Cuffia apicale o caliptra

L'apice radicale, rispetto all'apice del fusto, ha una struttura più semplice poiché è **privo di primordi laterali**, e avrà quindi una crescita molto uniforme.

Un'altra differenza è la presenza della cuffia **radicale o caliptra**, una struttura a forma di cappuccio che va a proteggere e a ricoprire il sottostante meristema apicale. Le cellule della cuffia sono differenziate nella **fase G1** del ciclo cellulare.

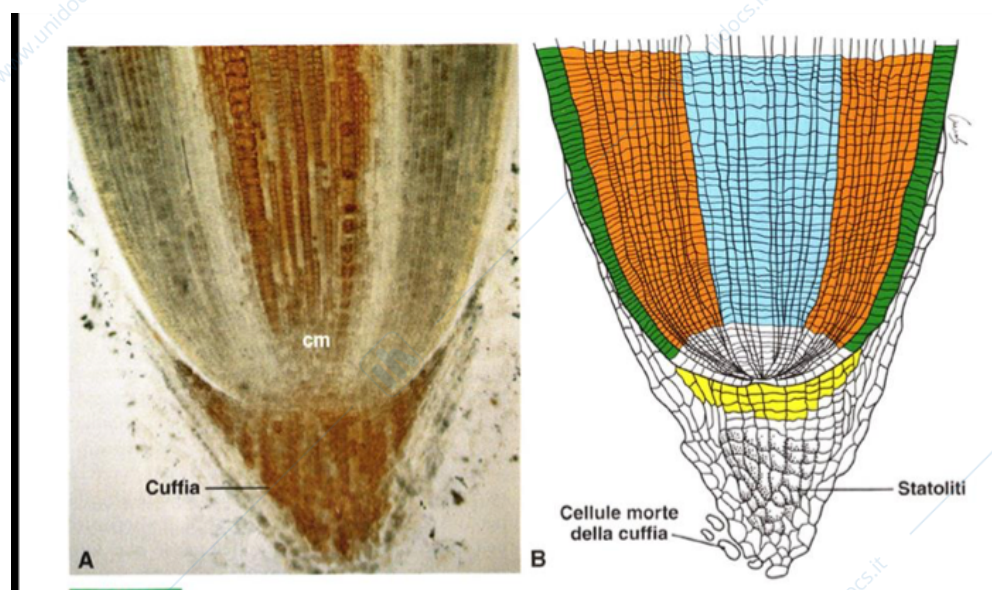
La cuffia si divide in due zone: la **columella**, che è la zona centrale assile, e una **zona periferica** divisa in tre regioni: **PC1, PC2 e PC3** (periferica cell 1, 2, 3). Queste tre regioni si distinguono tramite i vacuoli e le mucillagini.

Infatti, la PC1 presenta **numerosi e piccoli vacuoli** e all'interno della cellula sono presenti **pochissime mucillagini**. La PC2 ha i **vacuoli fusi tra loro** e abbiamo la presenza di **mucillagini tra la parete cellulare e il plasmalemma**. Nella PC3 abbiamo un **unico e grande vacuolo** e le cellule sono **immerse nella mucillagine**.

La mucillagine ha lo scopo di **lubrificare** la radice e di **solubilizzare gli ioni** legati alle particelle del suolo rendendoli disponibili per l'uptake. Questa azione avviene nella **rizosfera**, ovvero la zona di terreno in prossimità alla radice.

La cuffia ha origine dal **caliptogeno**, lo strato più prossimo al meristema la cui attività garantisce un continuo ricambio delle cellule della caliptra.

Man a mano che la radice si allunga la cuffia è sottoposta a una pressione maggiore e le **cellule periferiche si schiacciano e si sfaldano** facendo fuoriuscire mucillagine.



Importanti sono gli **statoliti**, poiché il loro movimento determina una certa pressione sul **reticolo**

**endoplasmatico** che di conseguenza produce **ioni calcio**.

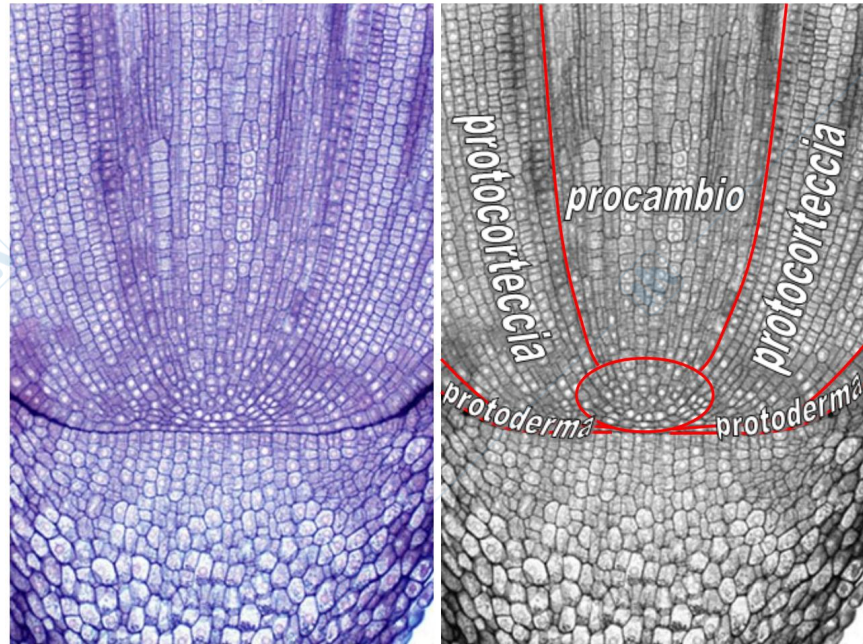
Ad un certo valore di ioni calcio si attiva la **calmodulina** che induce una cascata di segnali che vanno a determinare un accumulo di **auxina** (IAA) nella zona apicale.

**Alte concentrazioni** di auxina vanno ad **inibire** la crescita per distensione, mentre **basse concentrazioni** di auxina **promuovono** la crescita per distensione.

### Apice

L'apice è costituito dalla **zona embrionale** (z.e), formata dai protomeristemi, e dalla **zona di determinazione**, formata dai meristemi primari ormai determinati.

Tutte le cellule del meristema apicale derivano da alcune cellule poste all'estremità dell'apice dette **iniziali** che si dividono in maniera **asimmetrica**: la più grande rimane in **posizione iniziale** mentre l'altra si aggiunge alle cellule del **tessuto meristemato sottostante**.



Le iniziali e le derivate vanno a formare il **protomeristema**.

All'interno dell'apice radicale troviamo anche il **centro quiescente**, fatto di cellule che si dividono di rado che regola l'architettura della radice tramite ormoni detti citochinine.

I meristemi determinati sono il **protoderma**, il **meristema fondamentale**, costituito da protocortecia e protomidollo, e il **protocambio**.

Successivamente troviamo la **zona liscia**, immediatamente superiore all'apice meristemato, dove l'attività mitotica rallenta. Rispetto al fusto, nella radice questa zona è più corta.

### Rizoderma

Osservando la radice in sezione trasversale osserveremo il rizoderma, il cilindro corticale e il cilindro centrale.

Il rizoderma è un'epidermide **priva di cuticola e di stomi** che ha il compito di assorbire l'acqua, funzione facilitata dalla presenza di peli radicali.

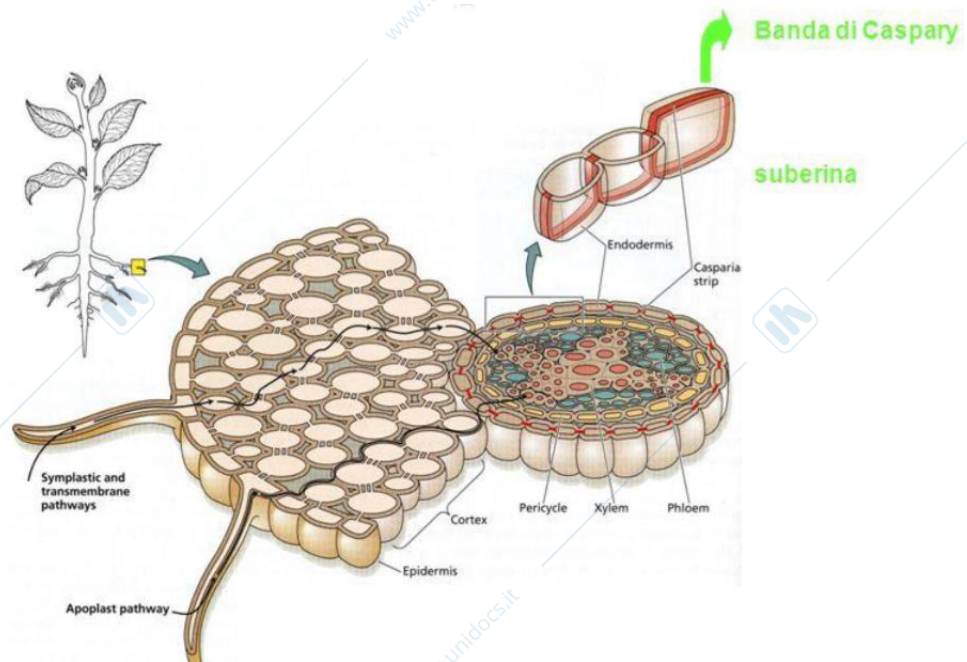
È il 1  
di p  
prot  
celli  
pres  
Svol  
poti

Apoplastica

La p  
a fo  
Que  
gior  
(nel  
sub  
ciliin

Transmembrana

simplastica



I **tricoblasti** formano un'**estroflessione** dove va ad insinuarsi il nucleo e che va a formare il pelo. Più il terreno è **umido** meno si svilupperanno i peli, che sono infatti assenti in piante acquatiche.

Dopo la caduta dei peli radicali le cellule parenchimatiche sottostanti suberificano e vanno a formare l'**esoderma**.

### Cilindro corticale

Il cilindro corticale è formato dall'**esoderma** e ha una funzione di **riserva**.

Lo strato più interno è detto **endoderma**.

### Cilindro centrale

Il cilindro centrale della radice ha un diametro inferiore rispetto a quello del fusto ed è formato da **cellule parenchimatiche** e da **tessuto conduttore**.

Il primo strato a contatto con l'**endoderma** è il **periciclo** che va a contribuire alla formazione del cambio cribrovascolare, può formare fellogeno e dà origine alle radici secondarie.

I fasci di tessuto conduttore sono detti **arche** e le radici possono essere biarche, triarche, tetrarche... Generalmente il numero delle

arche è basso nelle **Dicotiledoni** e alto nelle **Monocotiledoni**.

Nella radice il protoxilema è esarco e il metaxilema è endarco. Il discorso è uguale anche per le arche cribrose.

### Formazione delle radici laterali

Le radici laterali o radici secondarie si formano **ad una certa**

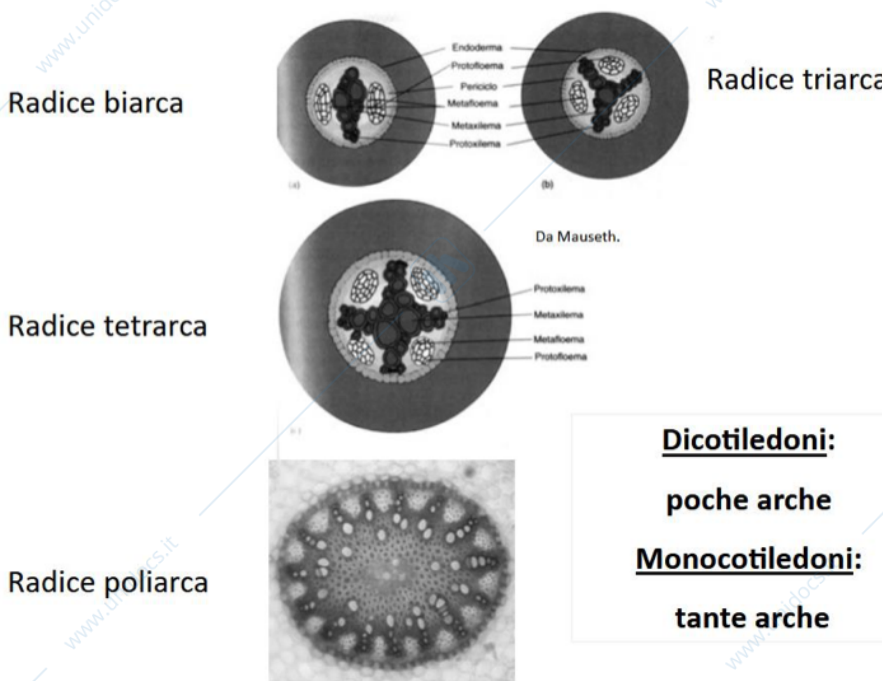
**distanza dall'apice**, sopra la zona pilifera, dove la struttura primaria è già differenziata.

Hanno un'origine **endogena** dato che si forma dal periciclo, le cui cellule si trovano in corrispondenza delle arche legnose, si dividono periclinamente (in modo parallelo al piano longitudinale) e formano il primordio della radice laterale.

Questa accresce facendosi strada nel **parenchima corticale** e già nel primo stadio si formano la cuffia, il meristema apicale e i meristemi determinati.

I tessuti conduttori si connettono successivamente quando le cellule del periciclo si differenziano in **xilema** e **floema**.

### Struttura secondaria

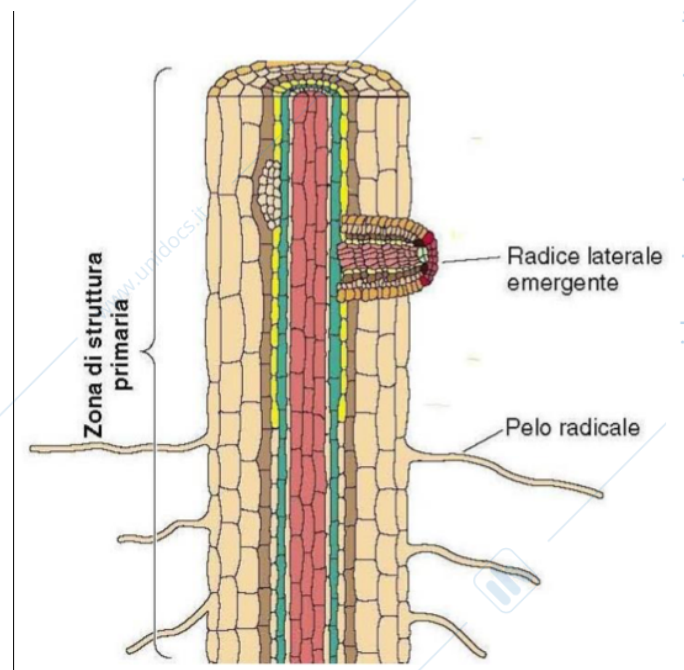


#### Dicotiledoni:

poche arche

#### Monocotiledoni:

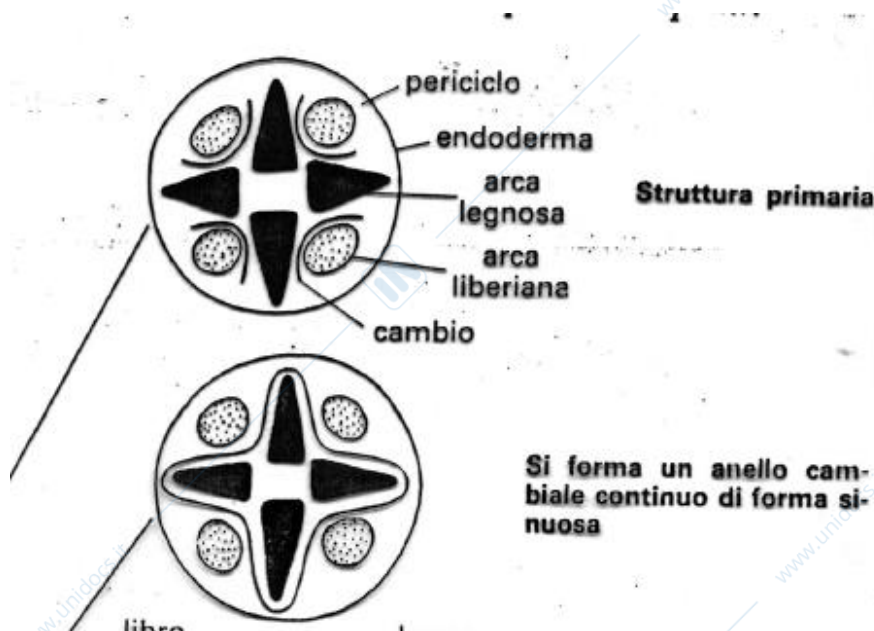
tante arche



La struttura secondaria è presente nelle Dicotiledoni e nelle Gimnosperme mentre è generalmente assente nelle Monocotiledoni, tranne che per il genere *Dracaena*, dove si forma grazie a un cambio che si origina dal periciclo che forma i **fasci cribrovascolari collaterali chiusi**.

Nella struttura secondaria troviamo i meristemi secondari, ovvero il **cambio cribrovascolare** e il **cambio sughero-fellodermico** (fellogeno).

### Formazione del cambio nella radice



Il cambio si forma a partire dal differenziamento delle **cellule parenchimali** all'interno delle arche cribrose disposte in modo tale da formare un arco.

Questo arco si congiunge con un altro arco che si forma

all'esterno delle arche legnose per **sdifferenziamento del periciclo**.

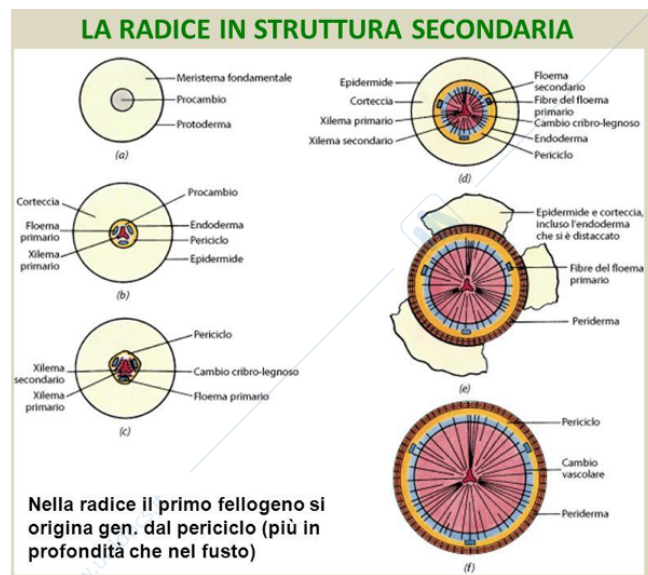
Si forma così una linea continua di cambio dalla forma sinusoide che lascia all'**interno il legno** e all'**esterno il cribro**.

### Accrescimento secondario della corteccia

Il fellogeno determina l'**accrescimento secondario della corteccia** che va stirarsi, a comprimersi e si schiaccia all'accrescimento secondario del cilindro centrale.

Nella maggior parte delle piante il fellogeno si forma dal periciclo, specialmente quando è pluristratificato. Grazie a divisioni periclinali il fellogeno forma all'esterno il sughero e all'interno il felloderma. Entrambi formano il **periderma**.

L'insieme dei tessuti morti situati all'esterno del felloderma è definito **scorza o rizodoma** e con l'aumento del diametro questo viene lacerato e tende a distaccarsi. Nella radice è più sottile rispetto al fusto.



### Cambio cribrovascolare

Il cambio cribrovascolare è formato da **cellule iniziali fusiformi** e da **cellule iniziali dei raggi**.

Le prime sono **allungate longitudinalmente, appiattite tangenzialmente** e con le estremità affusolate, mentre le seconde hanno una forma **quasi isodiametrica**.

Le iniziali fusiformi formano tramite divisioni periclinali il legno verso l'interno e il cribro verso l'esterno. Le iniziali dei raggi formano in maniera analoga le **cellule dei raggi midollari** che formano il sistema di conduzione radiale.

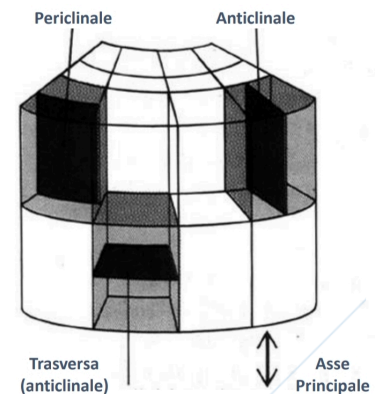
Le cellule iniziali fusiformi si dividono formando una **cellula cambiale** e **una cellula madre dello xilema se interna o del floema se esterna** e generalmente prima di differenziarsi si dividono più volte conferendo un'aspetto pluristratificato al cambio.

I raggi midollari hanno una lunghezza variabile e consentono il passaggio di fluidi tra floema e xilema oltre che essere utilizzati come riserve.

Il cambio deve aumentare il suo spessore tramite divisioni **anticlinali** (perpendicolari alla superficie dell'organo) delle iniziali fusiformi con l'aumentare dello spessore del legno.

Dalla divisione trasversale di iniziali fusiformi si formano nuove iniziali dei raggi midollari che producono raggi midollari secondari, terziari ecc..

Questi meristemi si dividono in senso periclinale e anticlinale, portando gradualmente tutta la struttura ad assumere una **forma conica**. Questi meristemi possono essere visti come una sequenza di coni, l'uno interno all'altro, qualora li si consideri in sezione longitudinale.



Se si considera la sezione trasversale, allora la struttura presenterà meristemi identificabili come circonferenze concentriche distinte.

Il fellogeno, come il cambio, ha attività **dipleurica e produce sughero verso l'esterno e felloderma verso l'interno** ed è meno attivo rispetto a quello del fusto.

È costituito da un solo tipo di iniziali e dal secondo anno in poi il nuovo fellogeno si origina dal **felloderma**.

Il **periderma** vive per una stagione. La formazione interna del nuovo fellogeno che produce il sughero porta alla morte i tessuti esterni