

MORFOLOGIA e ANATOMIA DELLA VITE

APPARATO RADICALE

1- Funzioni

2- Anatomia e morfologia

3- Sviluppo e tipologia

4- Distribuzione

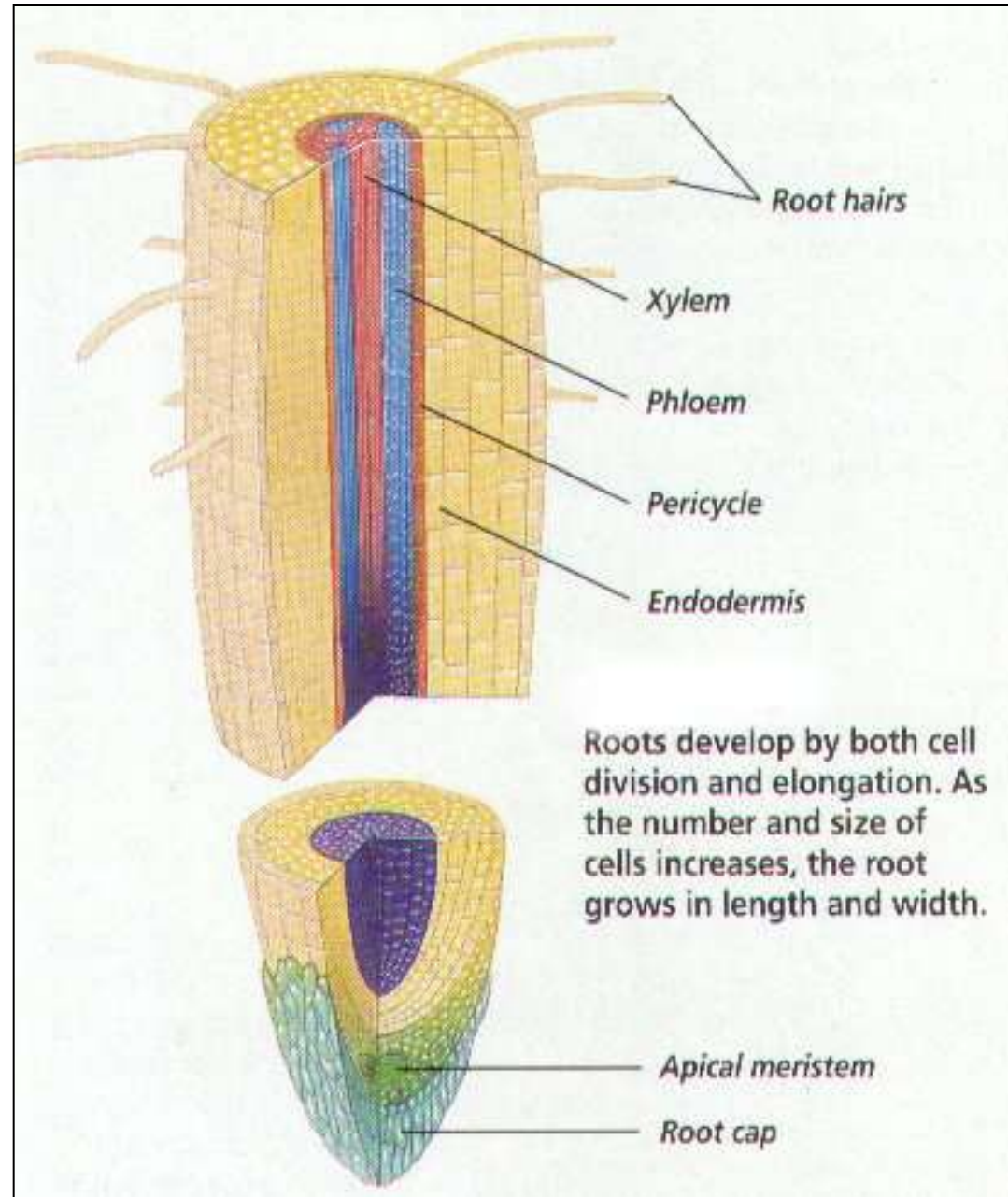
5- Fattori del suolo che influenzano la crescita

6- Interazioni con la parte aerea

1. FUNZIONI

- assorbimento dei nutrienti dalla soluzione circolante nel terreno;
- assorbimento di acqua (regolazione della traspirazione fogliare);
- ancoraggio della pianta al suolo anche se nella vite è spesso insufficiente
- accumulo dei carboidrati sintetizzati dalla chioma;
- mobilizzazione dei carboidrati di riserva al risveglio vegetativo
- sintesi ormoni di crescita (citochine e gibberelline)

2. Anatomia e morfologia

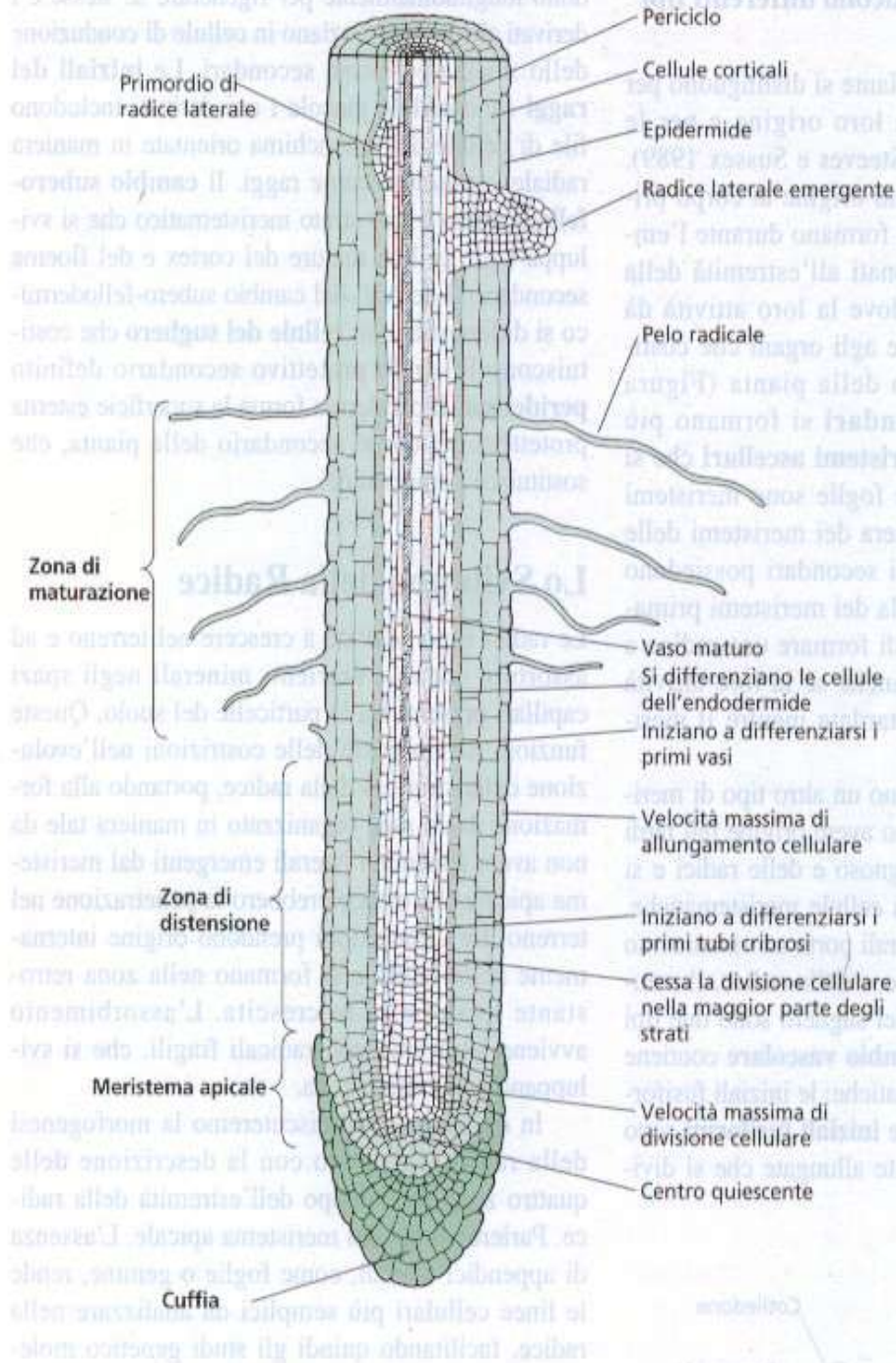


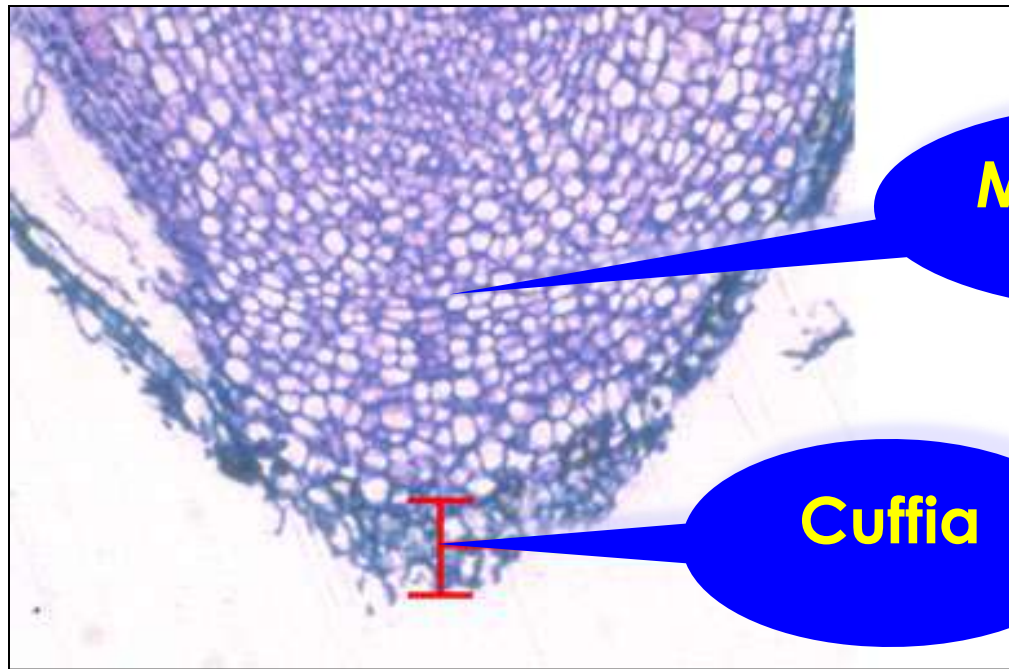
- **cuffia**: protegge il meristema apicale dai danni provocati dall'avanzamento nel terreno da parte della giovane radice

le cellule della cuffia si formano a partire da cellule specializzate del meristema apicale chiamate **iniziali della cuffia**

le cellule della cuffia sono in grado di secernere **mucopolisaccaridi**

- **meristema apicale**: si trova subito sotto la cuffia ed è in grado di generare solo la struttura primaria della radice





**Meristema
apicale**

Cuffia

Il meristema apicale da origine alle cellule iniziali che a loro volta si dividono e si differenziano dando origine alla cuffia, all'epidermide, alla corteccia, all'endoderma e ai tessuti vascolari.

L' apice vegetativo della radice (meristema apicale) da origine a

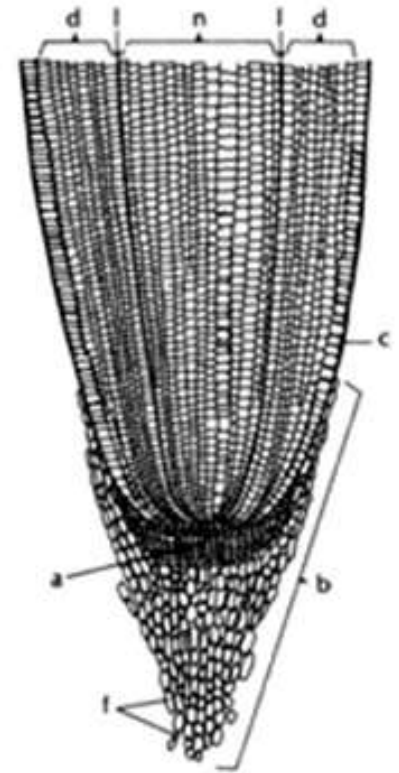
3 TIPI DI TESSUTI GENERATORI (ISTOGENI):

1. DERMATOCALIPTROGENO

produce l' epidermide e la cuffia

2. PERIBLEMA produce il tessuto corticale

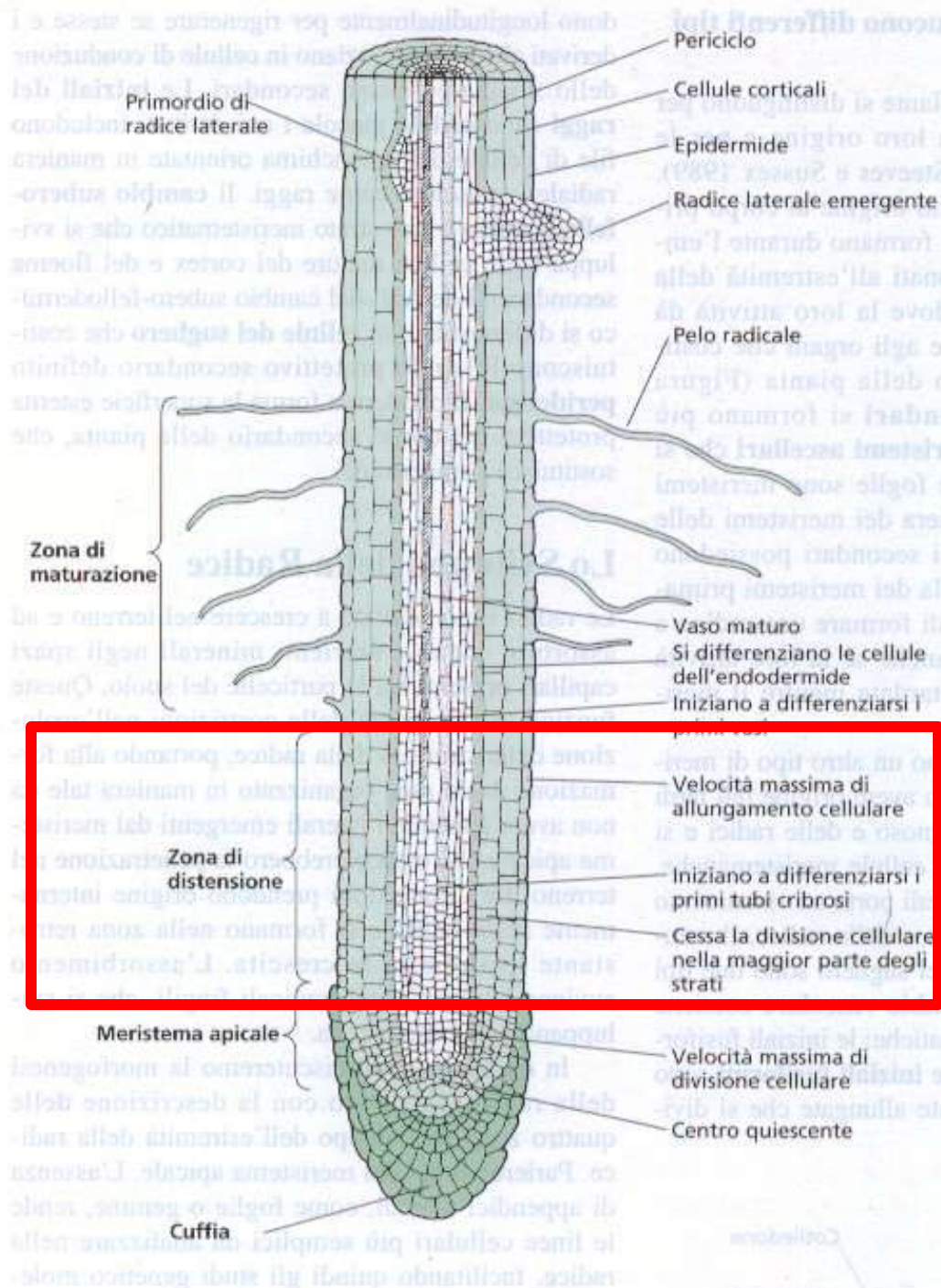
3. PLEROMA produce il cilindro centrale



Root Tip
vertical section

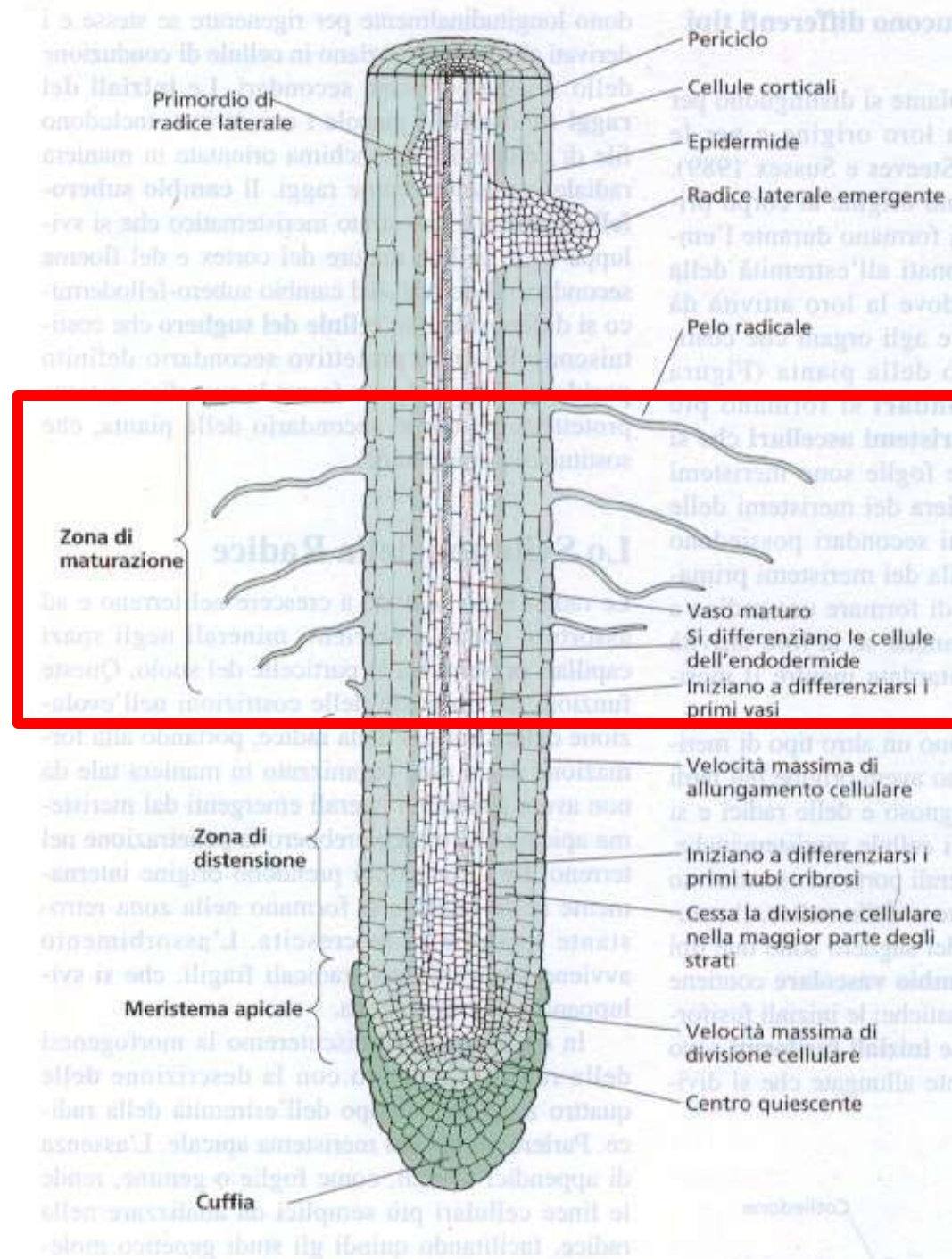
- L' apice della radice è lungo 2-4 mm ed è seguito dalla zona di allungamento (o di distensione) che può raggiungere diversi mm di lunghezza

- nella zona di distensione le cellule si dividono con un ritmo ridotto, mentre accentuata è la loro distensione ed allungamento

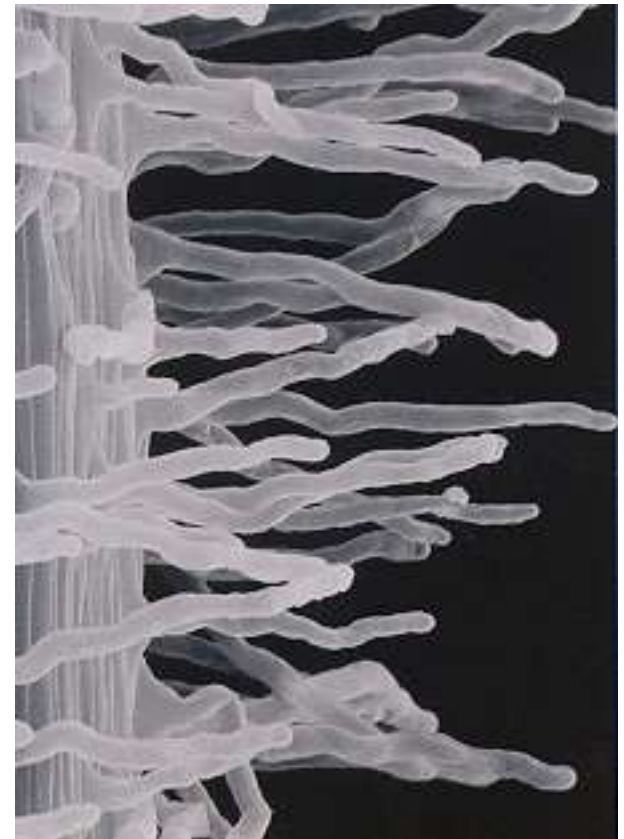


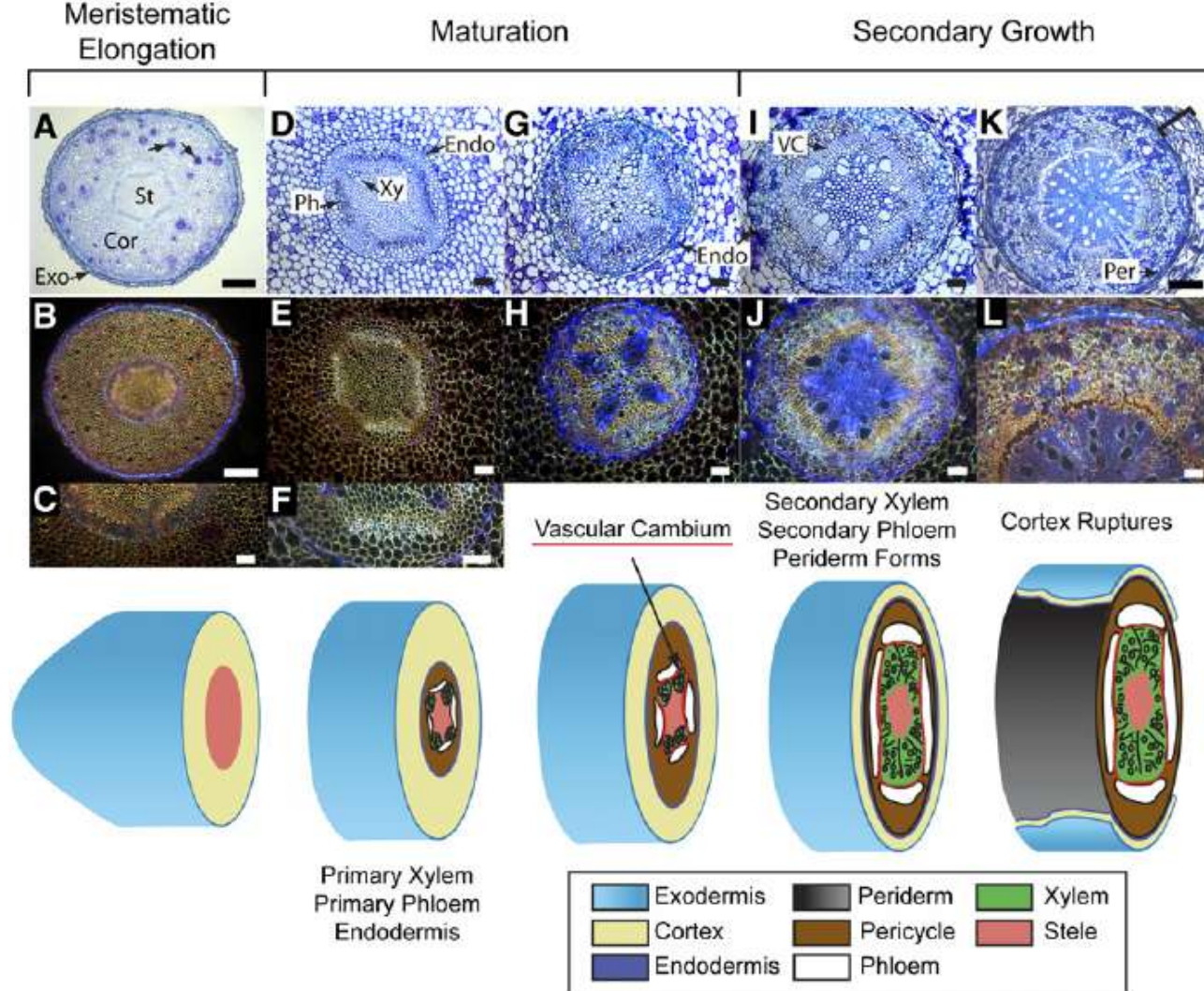
- terminata la fase di divisione ed allungamento inizia la zona di maturazione dove le cellule compiono il proprio differenziamento morfologico con la formazione dei vasi di conduzione (xilema e floema)

- la zona di maturazione, di colore biancastro, è la parte assorbente della radice stessa ed è ricoperta da PELI RADICALI che si sviluppano perpendicolarmente alla radichetta



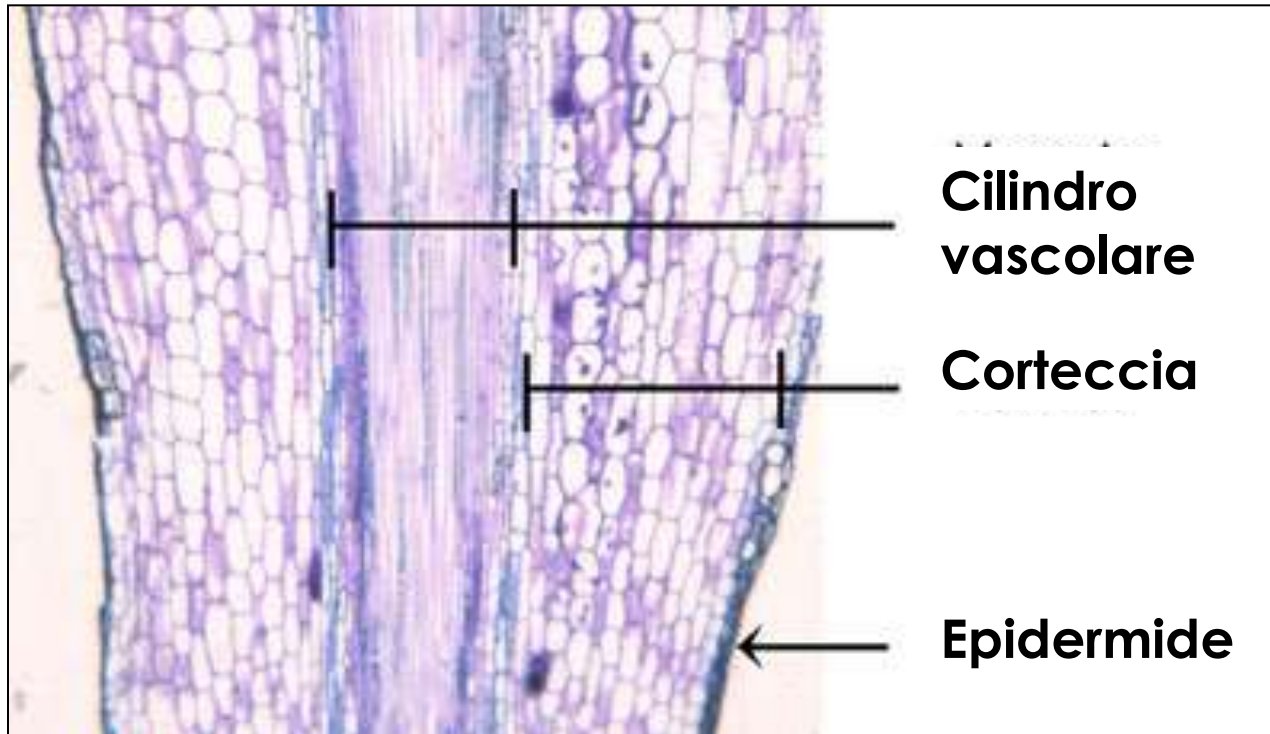
- **La densità dei peli radicali cambia con la varietà e può oscillare tra i 300 ed i 400 per mm²**
- **sono soggetti ad un rapido turn over, assicurando quindi sempre un' elevata funzionalità di assorbimento**





Developmental anatomy of grapevine fine roots visualized through the use of bright- and dark-field microscopy. A to C, Undifferentiated tissue of the meristematic and elongation zones: exodermis (Exo), cortex (Cor), and stele (St). Dark blotches in A (black arrows) are raphides. D to H, Maturation zone including the appearance of primary xylem (Xy), primary phloem (Ph), and an identifiable endodermis (Endo). I to L, Secondary growth with the vascular cambium (VC) clearly visible. At later stages (K and L), the periderm (Per) forms and the exodermis, cortex, and endodermis rupture and are lost (bracketed in K). Bars = 200 μ m (A, B, and K), 40 μ m (F), and 80 μ m (all others). (GAMBETTA ET AL., 2013)

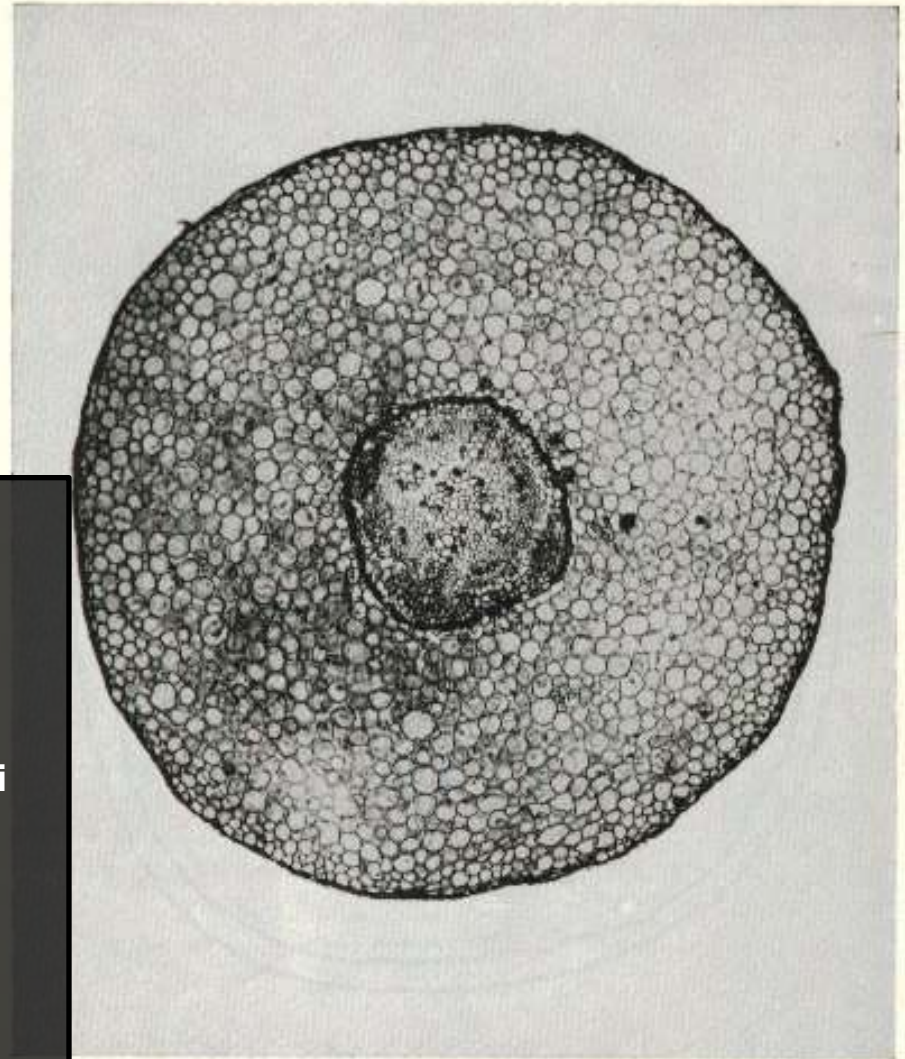
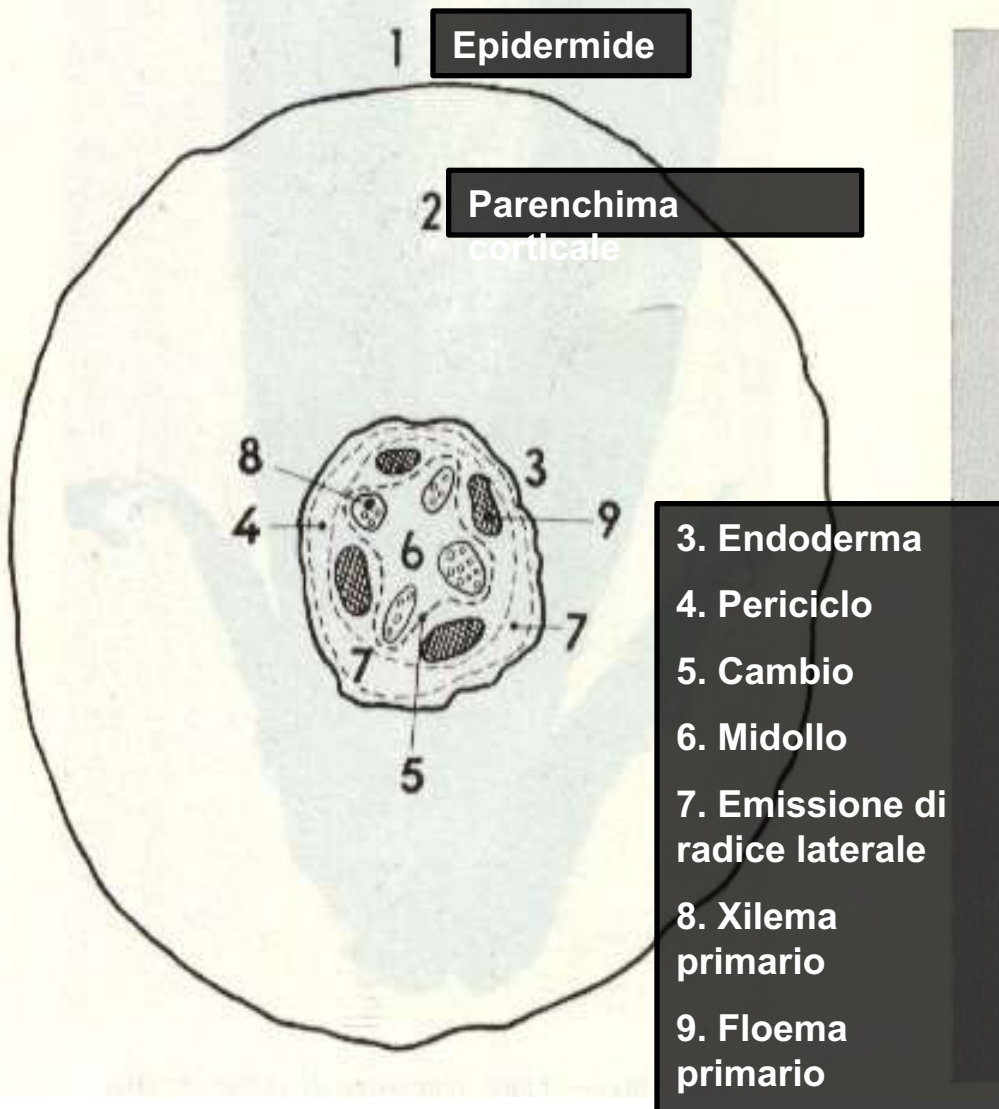
ZONA DI CRESCITA PRIMARIA DELLA RADICE



Le giovani radici sono **CILINDRICHE**, spesso **FILIFORMI**. La loro colorazione è inizialmente biancastra per poi virare al giallo bruno in virtù della progressiva suberificazione delle cellule facenti parte del **PERIDERMA**

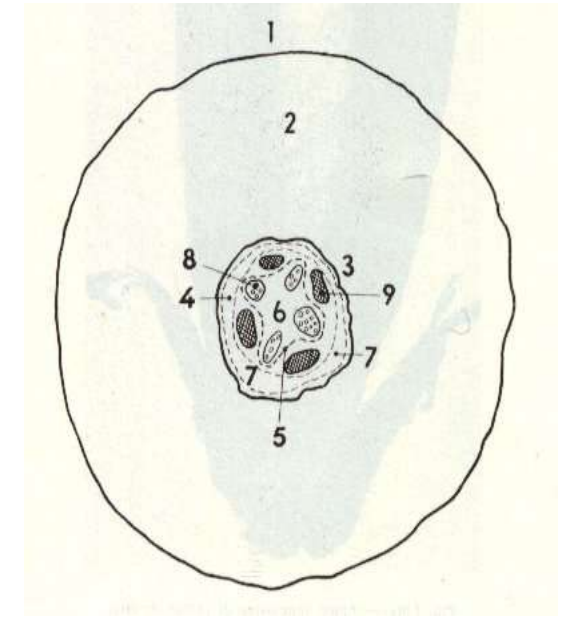
ANATOMIA RADICALE DELLA VITE

Struttura primaria della radice poco sopra la zona pilifera

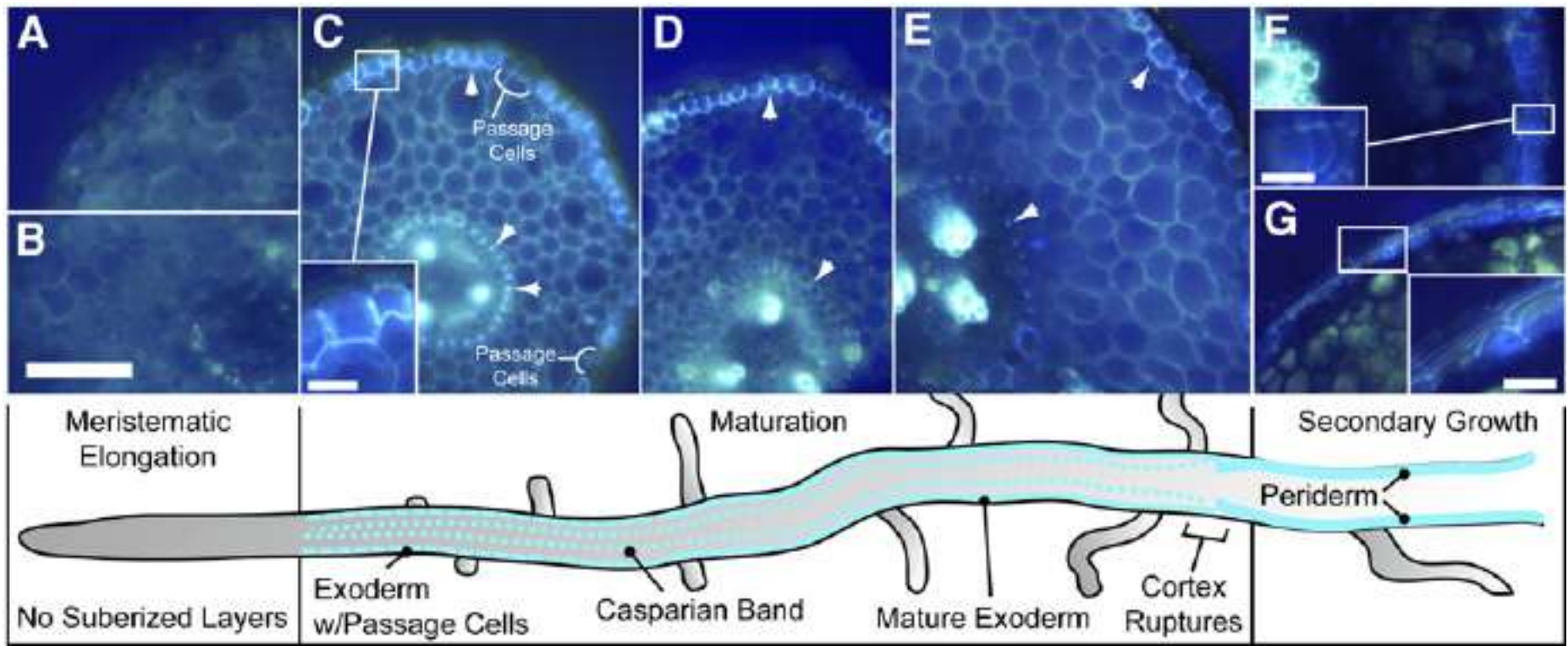


1. STRATO EPIDERMICO

Caratterizzato da cellule che si allungano formando i peli radicali, consentendo quindi un incremento della superficie di assorbimento



Con l' allungamento dell' apice e con l' invecchiamento della radice, i peli radicali cadono e le cellule sottostanti dello strato corticale in parte suberizzano, perdendo la propria funzionalità ed in parte rimangono attive nell' assorbimento di acqua e soluti



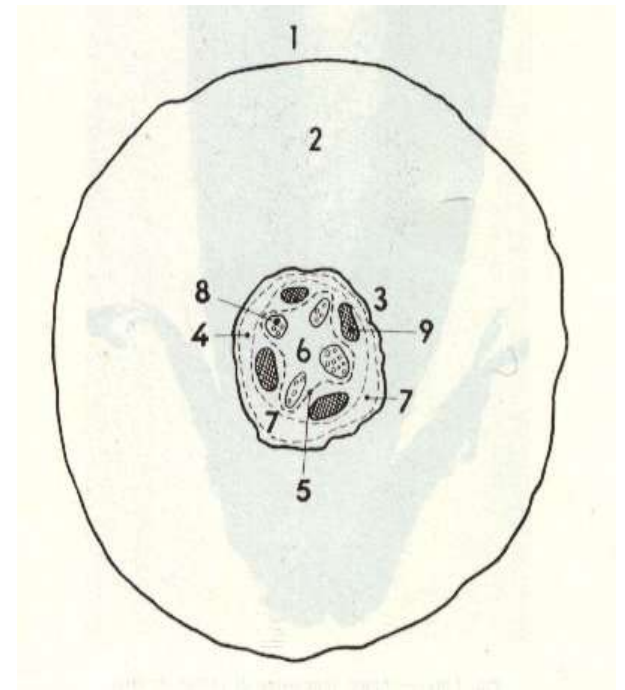
Patterns of suberization along the length of grapevine fine roots visualized through berberine sulfate, aniline blue staining. A and B, No suberization was detected within the meristematic and elongation zones. C to E, Within the maturation zone, suberization in both the endodermis and exodermis appeared coincidentally (white arrowheads). The exoderm was suberized on both anticlinal, but only the interior periclinal, walls (inset in C). At early stages of development, the suberization in the exodermis was incomplete (passage cells in C). F and G, after the initiation of secondary growth and the rupture and loss of the outer cell layers, there was a multiple cell layer periderm within which both anticlinal and periclinal walls were suberized (insets). Bars = 100 μ m (main panels) and 20 μ m (insets).

2. PARENCHIMA CORTICALE

- formato da 8-9 strati di cellule grandi che contengono amidi e tannini
- gli strati più interni del parenchima corticale delimitano uno strato differenziato detto endoderma

3. CILINDRO CENTRALE

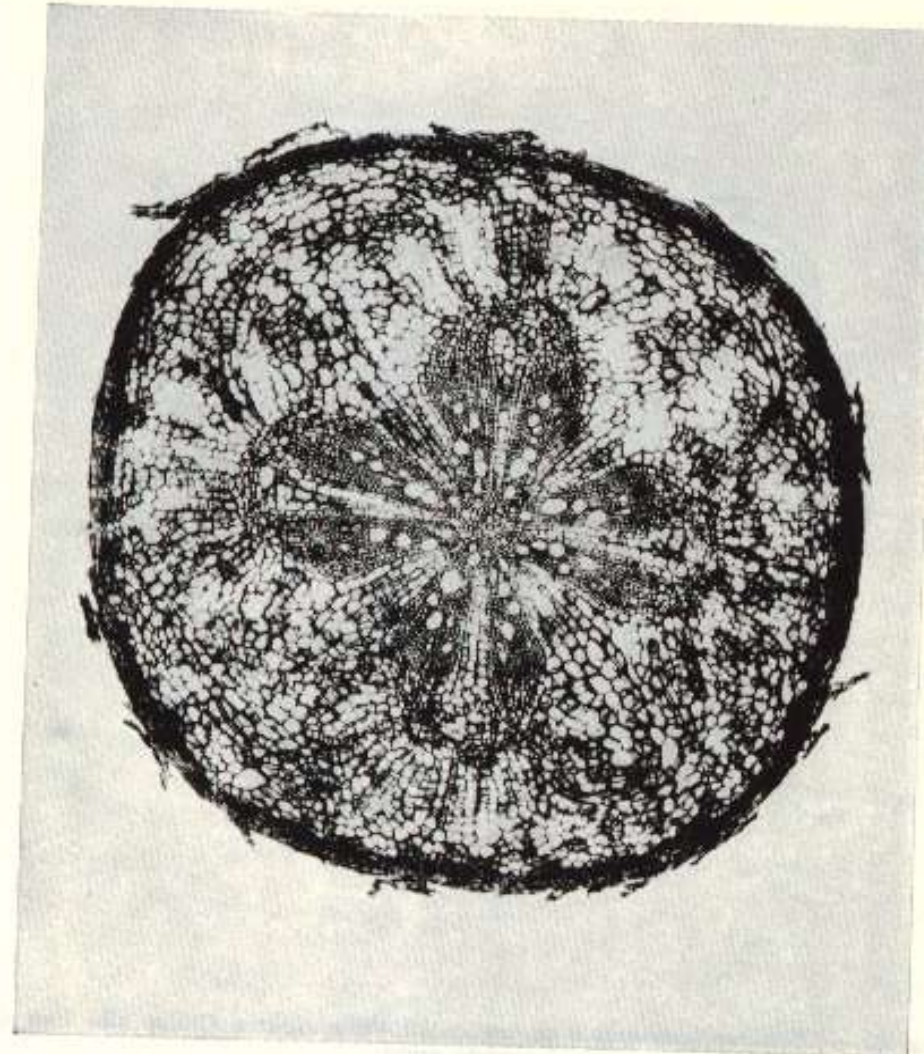
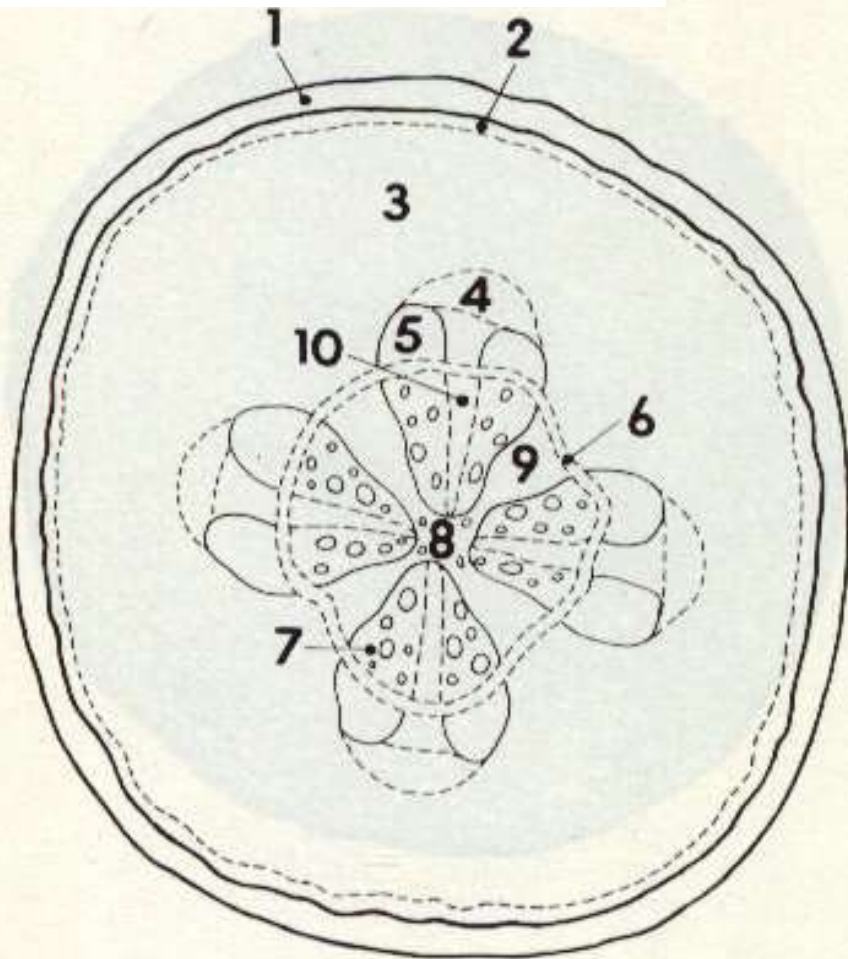
- formato esternamente dal periciclo (in continuità con l' endoderma)
- 4 Arche xilematiche e 4 floematiche sono alternate tra loro e confluiscono al centro



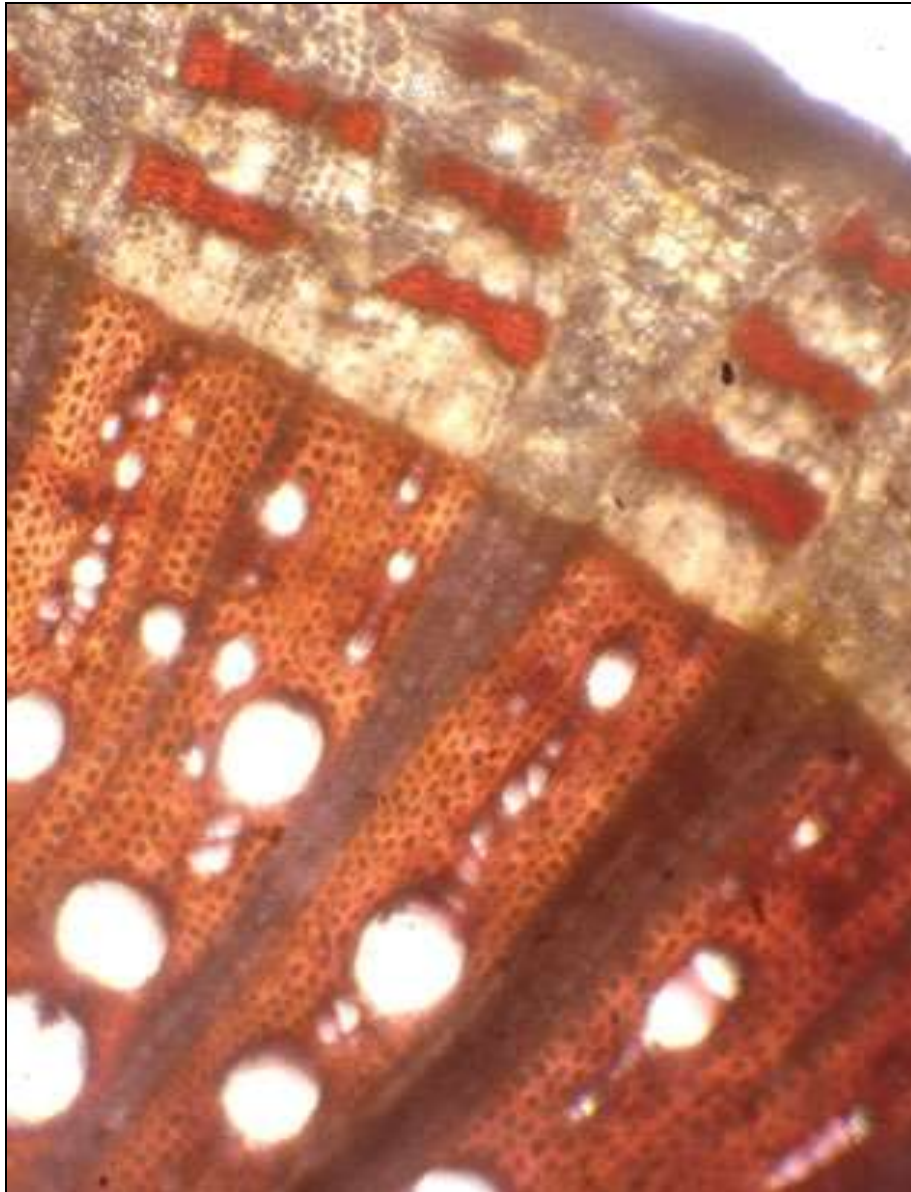
ANATOMIA RADICALE DELLA VITE

Sezione trasversale al termine del primo anno

1. Periderma
2. Fellogeno
3. Parenchima corticale secondario



ZONA DI CRESCITA SECONDARIA DELLA RADICE



STRUTTURA SECONDARIA DELLA RADICE

L' accrescimento secondario è connesso all' entrata in funzione di due tessuti generatori (fellogeno e cambio)

1. IL FELLOGENO (cambio sughero-fellodermico)

- si differenzia a partire dalle cellule del periciclo, e produce sughero e parenchima corticale secondario (FELLODERMA)
- Le pareti cellulari del sughero sono suberizzate determinando la necrosi di tutti i tessuti esterni (PERIDERMA).
- Il fellogeno successivamente produce altri strati di felloderma e sughero formando il RITIDIOMA, uno strato di corteccia screpolata
- Le sostanze di riserva (amido) si depositano nel felloderma, nel parenchima libroso e nei raggi midollari

2. IL CAMBIO cribo-vascolare

- **si differenzia a partire da cellule parenchimatiche, unendo fra loro i diversi fasci fibro-vascolari (floema e xilema primari)**
- **in seguito inizia la deposizione di floema e xilema secondari**
- **il CILINDRO CENTRALE è nella struttura secondaria nettamente preponderante rispetto allo strato del periderma, molto sottile**

ANATOMIA RADICALE DELLA VITE

Sezione trasversale al termine del primo anno

4. Floemi primari

5. Floemi secondari

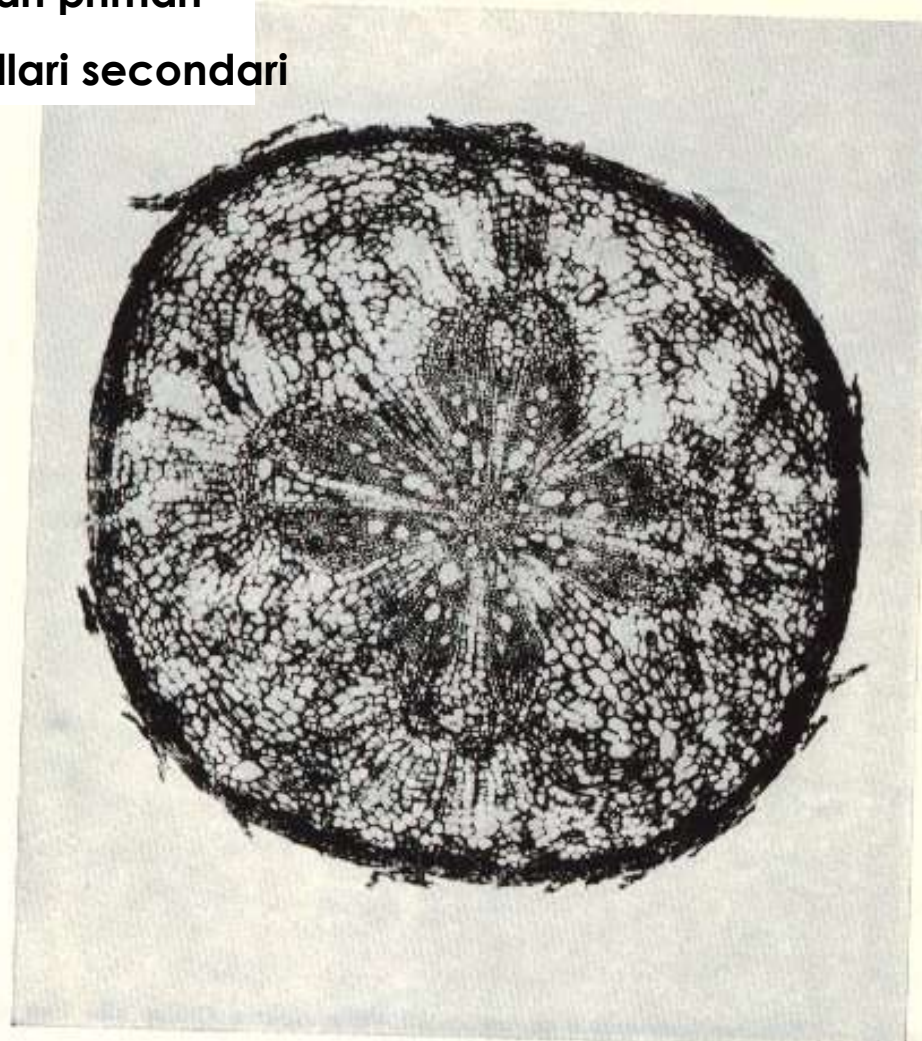
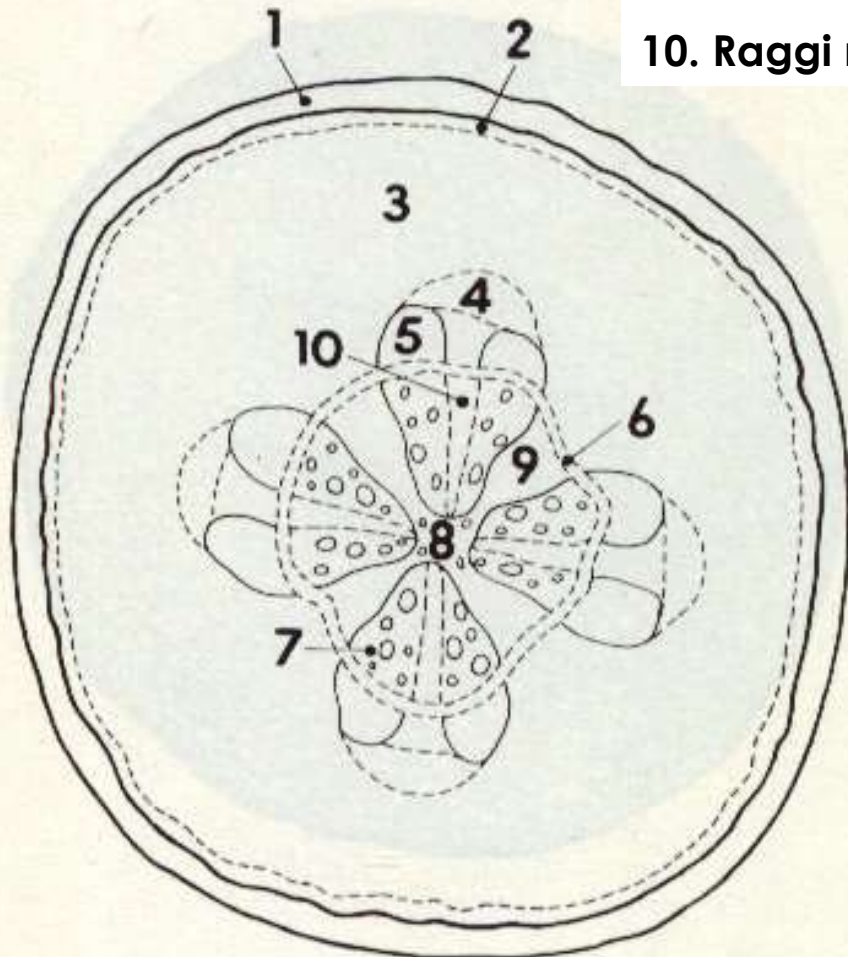
6. CAMBIO

7. Xilemi secondari

8. Xilemi primari

9. Raggi midollari primari

10. Raggi midollari secondari



Sezione trasversale di radice alla fine del primo anno

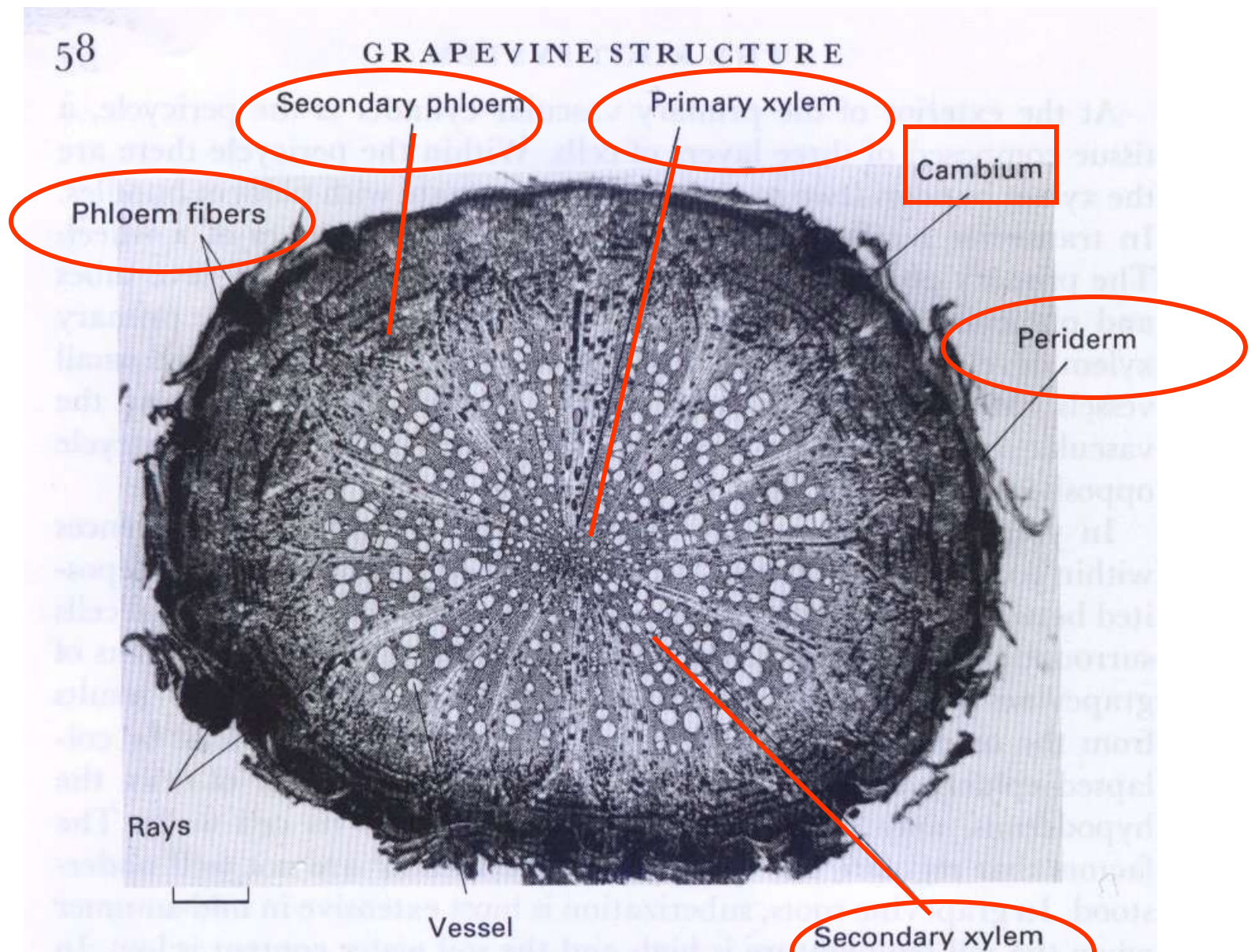


Fig. 3.15. Transverse section of a one-year-old grapevine root, showing extensive secondary thickening. (Bar = 1 mm.)

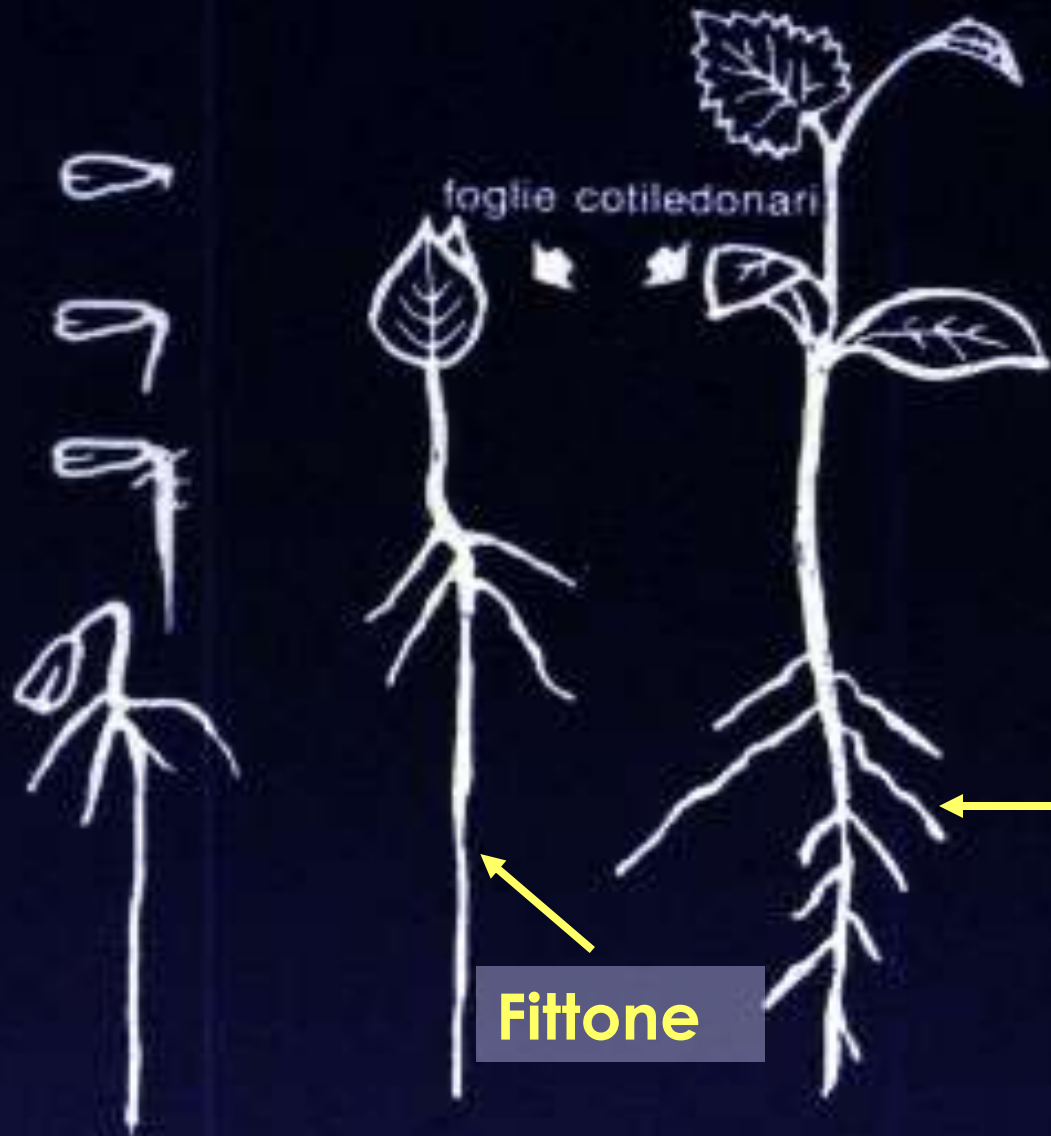
3. SVILUPPO e TIPOLOGIA DELLE RADICI

EVOLUZIONE E SVILUPPO DEI SISTEMI RADICALI

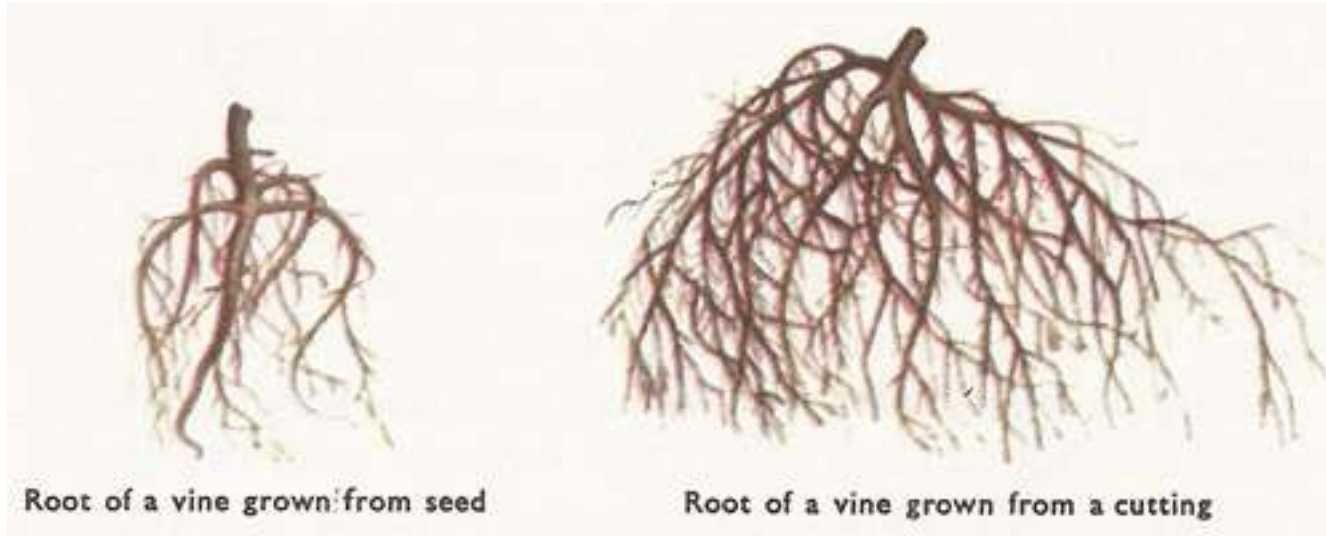
Le piante propagate per seme originano, a partire dall'embrione, una radichetta (FITTONE) che si approfondisce verticalmente nel terreno



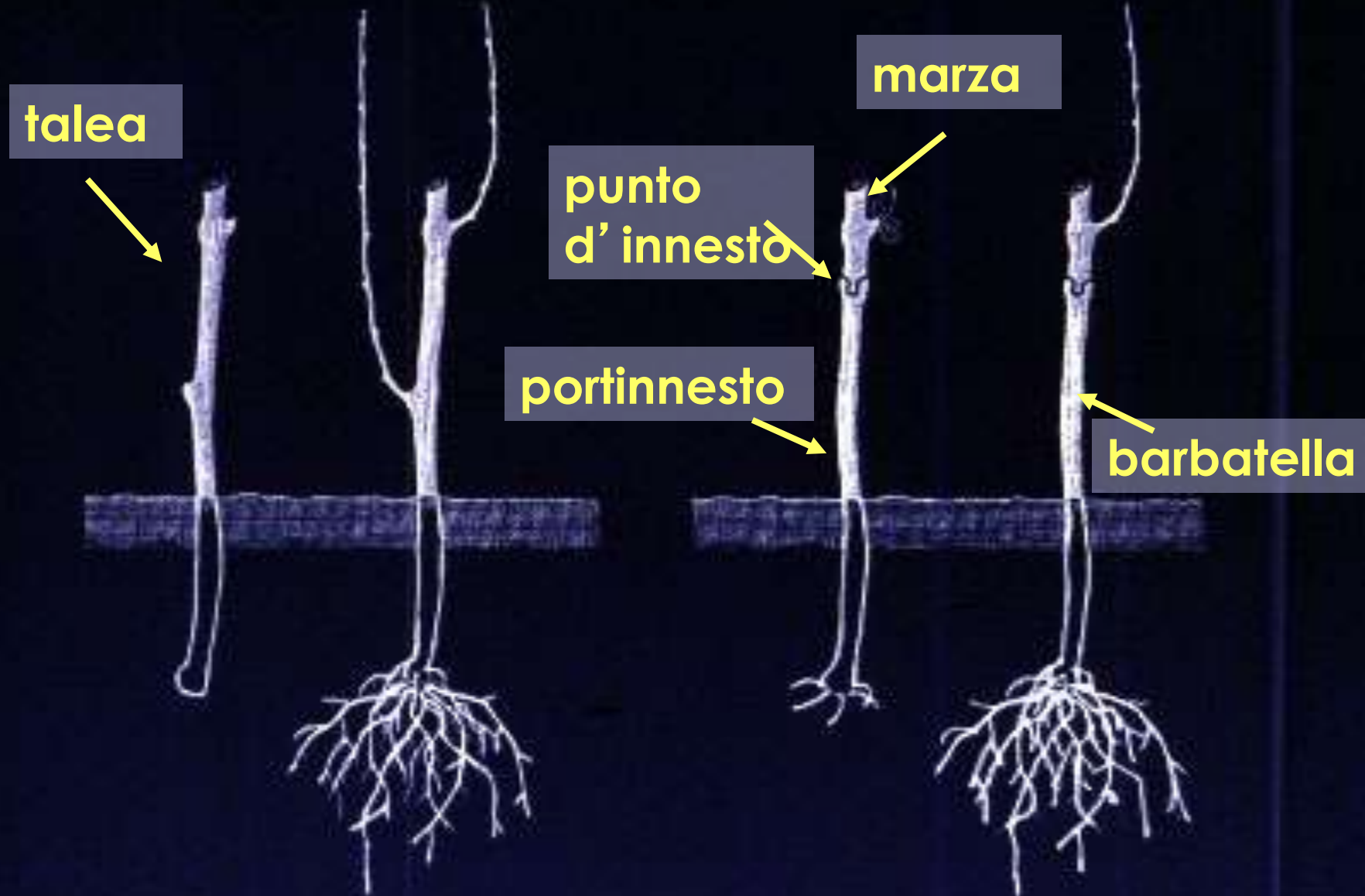
APPARATO RADICALE PROVENIENTE DA VINACCIOLO IN GERMINAZIONE



Da piante propagate agamicamente (con processo di autoradicazione) si origina invece un apparato radicale formato da RADICI AVVENTIZIE che si accrescono in senso tendenzialmente orizzontale



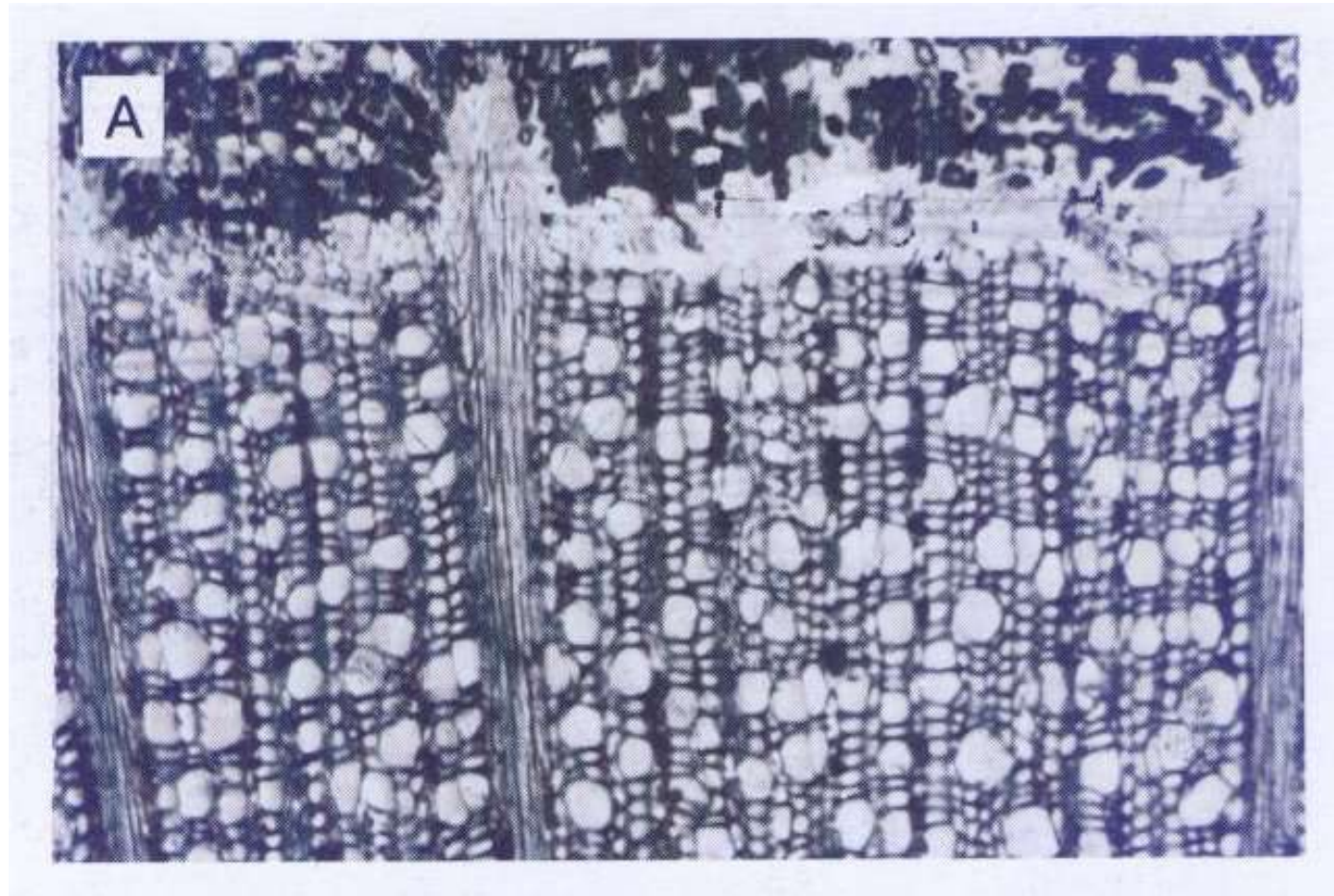
APPARATO RADICALE ORIGINATO PER AUTORADICAZIONE



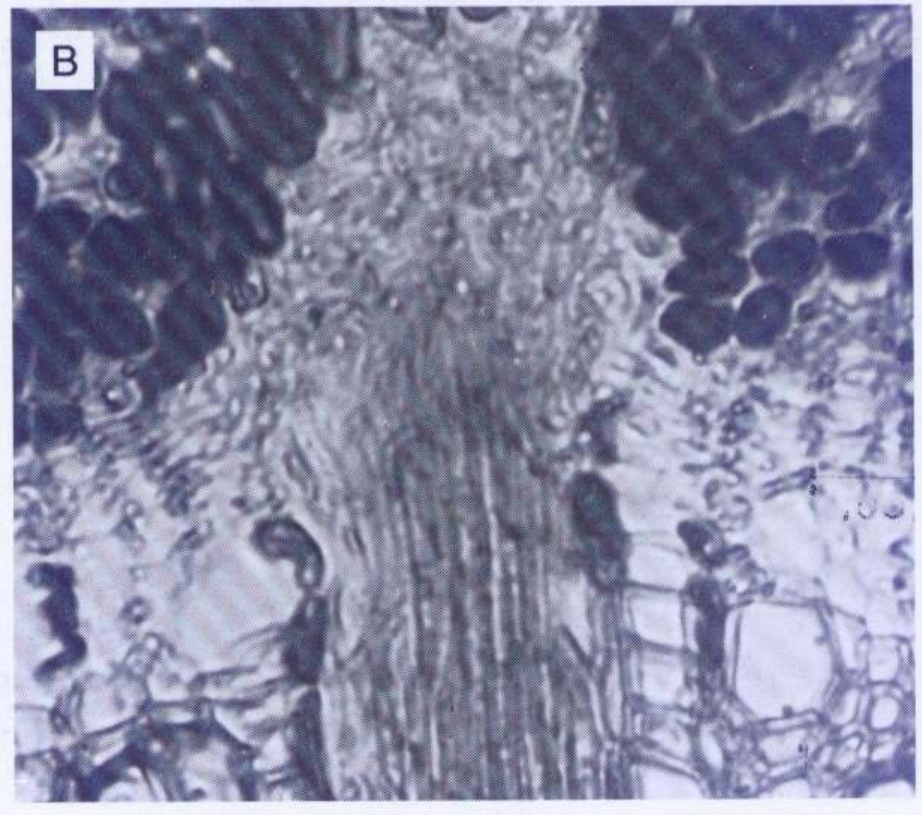
da Reynier, 1989

RIZOGENESI: formazione di radici avventizie

- **Consiste nell'organizzazione e formazione di INIZIALI RADICALI da parte di alcune cellule del floema secondario e del cambio in corrispondenza dei raggi midollari**

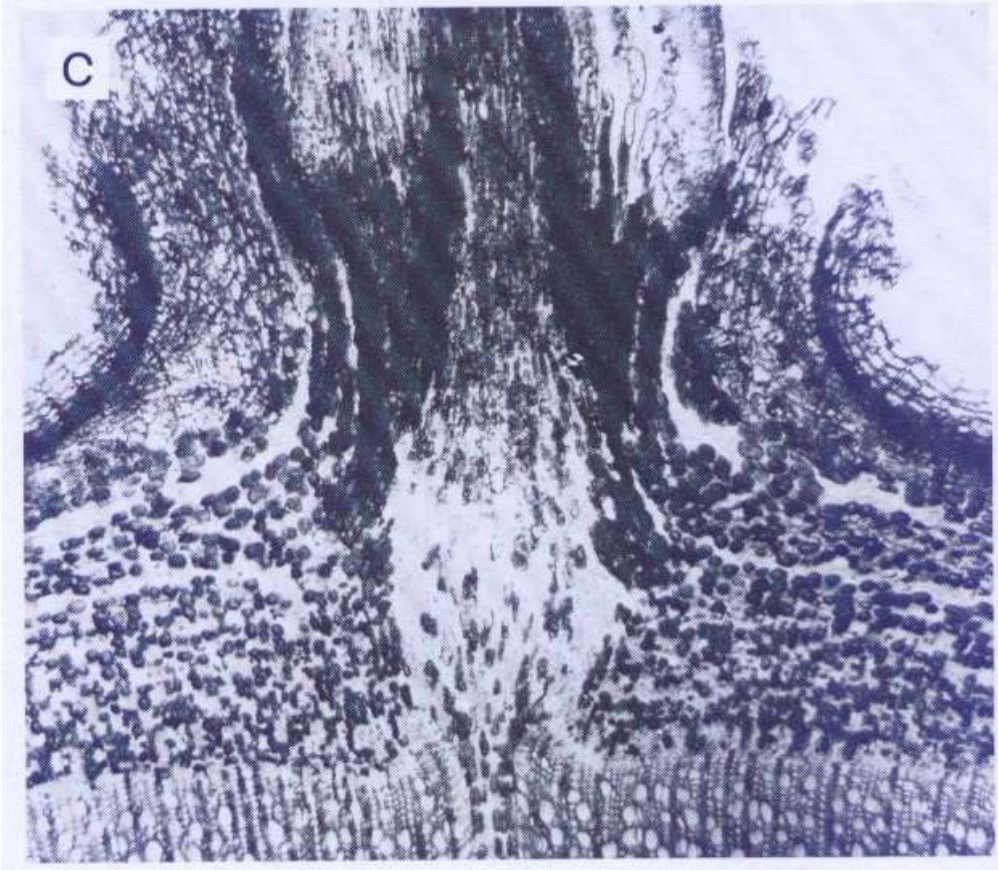


- Le iniziali radicali evolvono in **PRIMORDI RADICALI**
- I primordi radicali, in opportune condizioni si accrescono, attraversano la corteccia ed erompono all' esterno



(B) PRIMORDIO sviluppatosi in corrispondenza del raggio parenchimatico e penetrato nel floema

I primordi sono collegati internamente al sistema conduttore (floema e xilema)

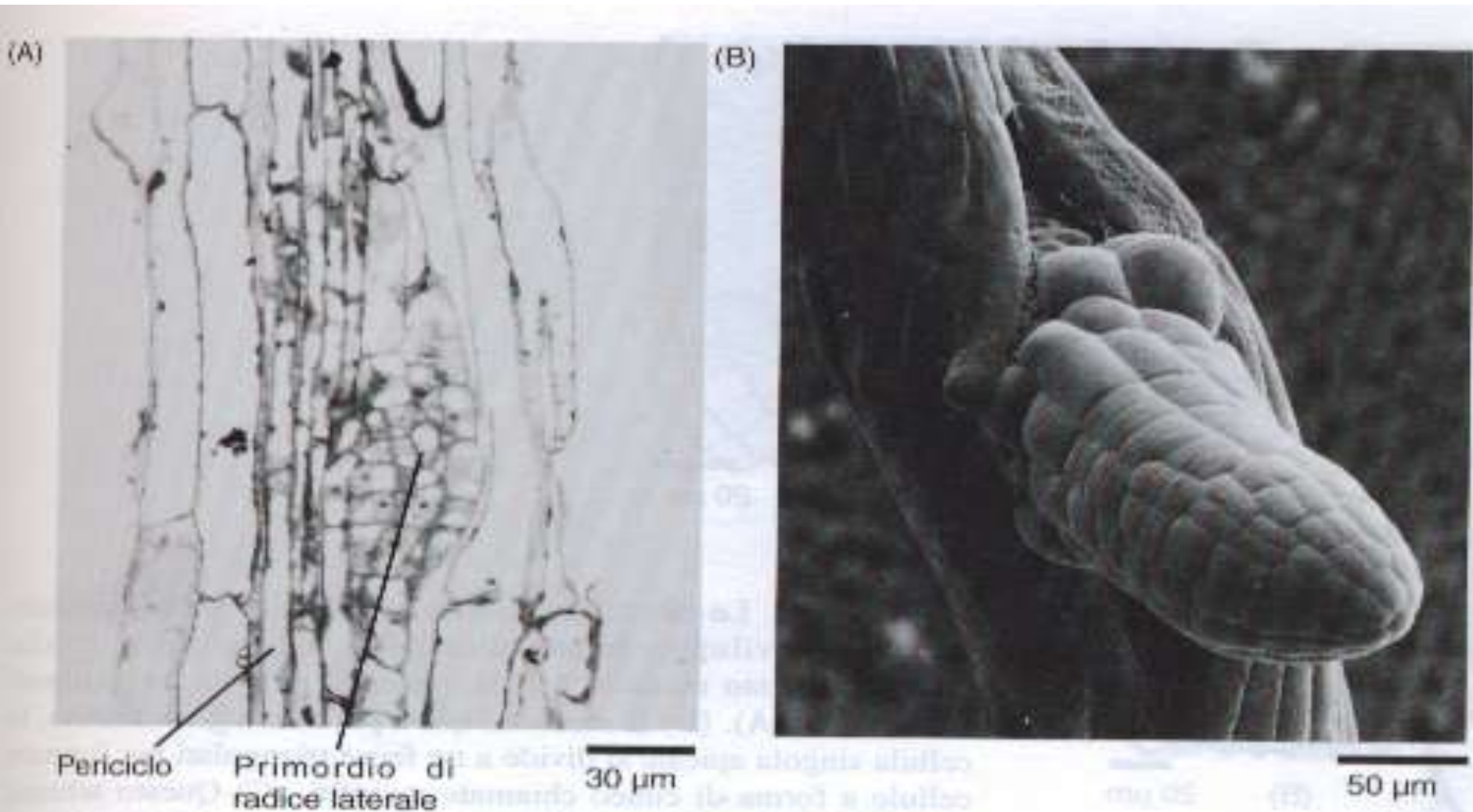


•L'attitudine rizogena varia da specie a specie

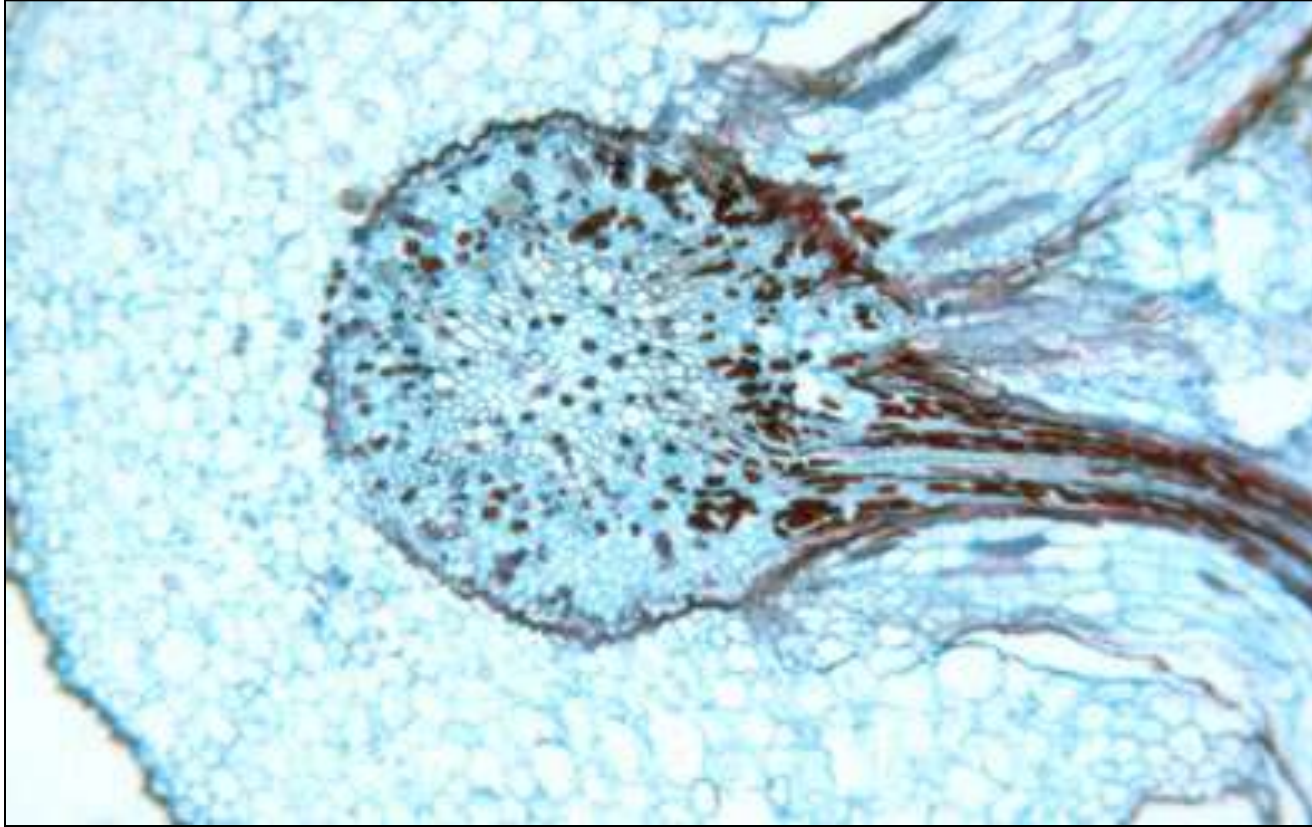
(C) ABBOZZO RADICALE che, attraversata la corteccia, è affiorato all'esterno della talea

RADICI LATERALI

- le divisioni cellulari nel periciclo (all'altezza delle arche xilematiche) costituiscono i *meristemi secondari* che crescono verso l'esterno attraverso il parenchima corticale e l'epidermide



ORIGINE DELLE RADICI LATERALI



Le radici laterali si originano dal periciclo, uno strato concentrico di cellule parenchimatiche localizzato all'interno dell'endoderma. Ogni nuova radice sviluppa un meristema e tutti gli altri tessuti della radice parentale.

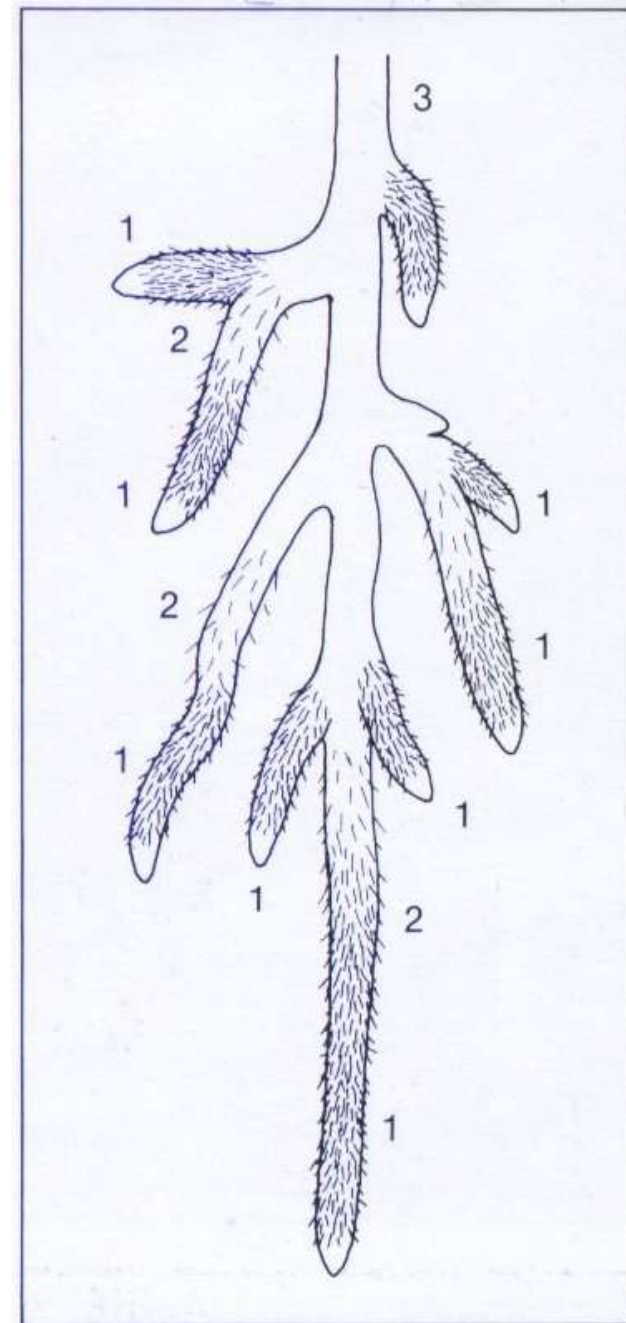
TIPOLOGIA DELLE RADICI

(classificazione di Kolesnikov, 1971 – funzione e morfologia)

1. RADICI ASSORBENTI : sono bianche traslucide e caratterizzate da una struttura anatomica primaria, sono fisiologicamente molto attive e rappresentano circa il 5-10% in peso dell'intero sistema radicale di un albero adulto.

- La superficie assorbente di queste radici aumenta (anche di 10 volte) nel tratto subapicale per la presenza di PELI RADICALI
- I peli radicali derivano da cellule epidermiche ed hanno una membrana molto sottile
- Il turn over delle radici assorbenti è molto veloce (da qualche settimana a qualche mese)

- A volte rimangono vitali pur perdendo la loro capacità di assorbimento e diventando **RADICI DI TRANSIZIONE (2)**
3. **RADICI DI CONDUZIONE:** sono brune ed assicurano il collegamento tra quelle assorbenti o di transizione e quelle principali con funzioni di sostegno e di trasporto. Rappresentano il 20% circa del complesso radicale
- Le radici assorbenti e quelle di conduzione più giovani rappresentano il CAPILLIZIO RADICALE

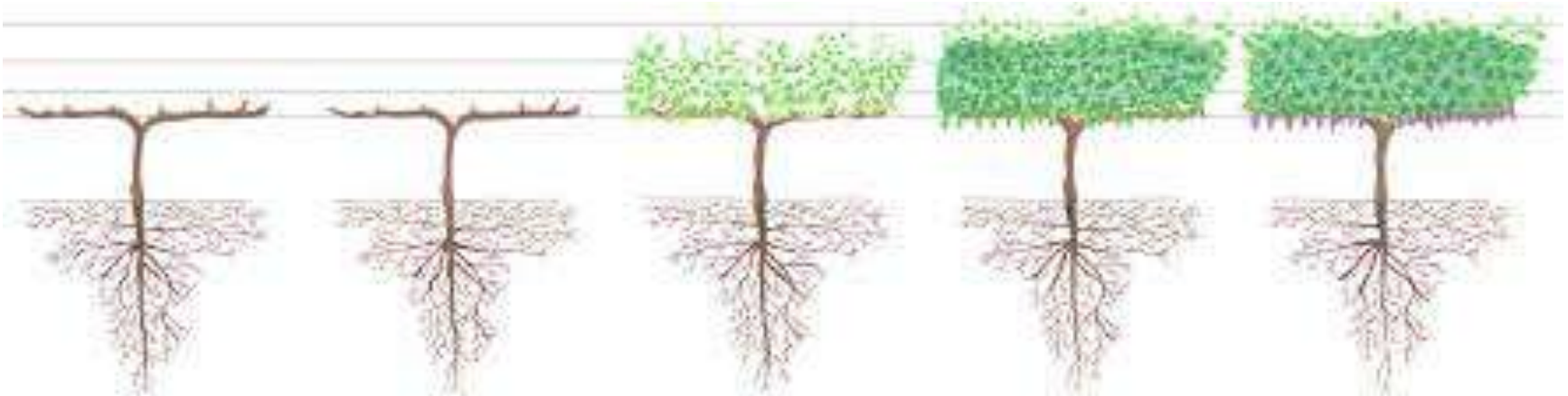


Già alla nascita è possibile distinguere le **radici strutturali** –che diventeranno parti permanenti del sistema radicale- da quelle **assorbenti** destinate a non ramificarsi

Le radici strutturali hanno un diametro maggiore, un apice radicale più sviluppato e sono in grado di estendersi velocemente in modo indeterminato, raggiungendo in pochi giorni, una lunghezza di diversi centimetri.

Al contrario, le radici destinate a non ramificarsi (o a ramificarsi solo limitatamente) e a fungere principalmente da radici assorbenti, mostrano una crescita determinata, non hanno accrescimento secondario e sono le prime ad essere colonizzate dalle micorrize.

E ' possibile attribuire buona parte della CAPACITÀ DI RESISTENZA DELLA VITE a condizioni di aridità, bassa fertilità, suoli molto salini e calcarei (situazioni queste spesso ricorrenti nell'area del bacino mediterraneo) proprio alle caratteristiche dell'apparato radicale di questa specie

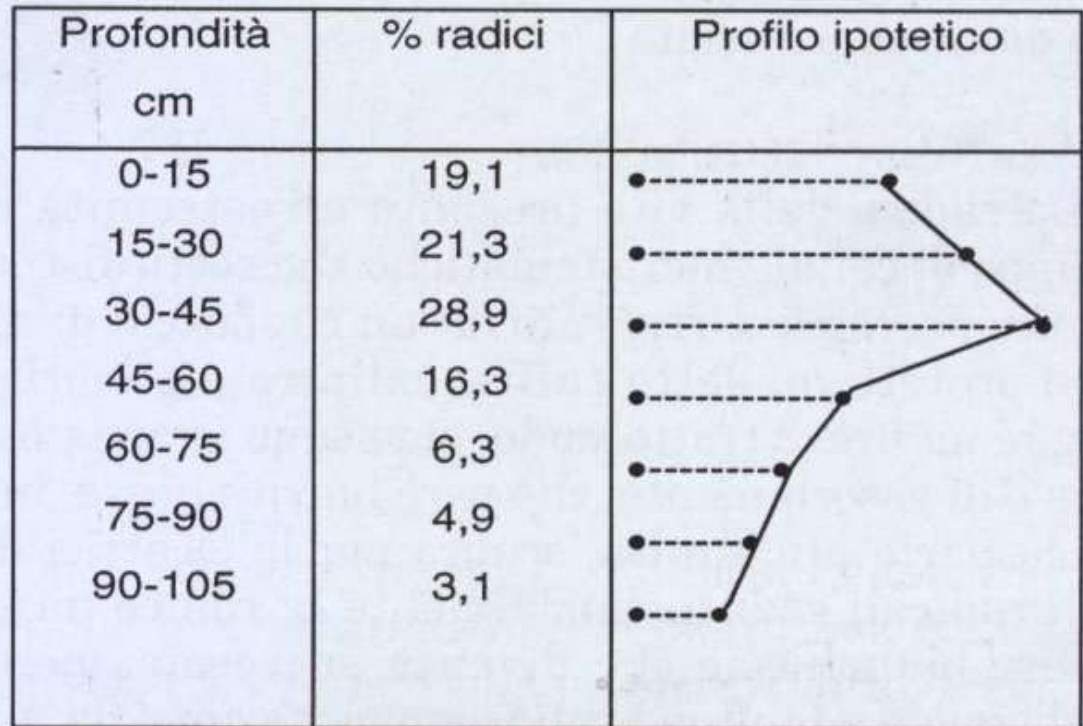


4. Distribuzione delle radici

- ◆ **Verticale ed orizzontale**
- ◆ **In funzione della densità di impianto**
- ◆ **Lavorazione ed inerbimento**
- ◆ **Pacciamatura e diserbo**
- ◆ **Irrigazione**

- **LO SCHELETRO PRINCIPALE** (con radici fino a 10 cm di diametro) si sviluppa nei primi 30-35 cm di profondità
- Da esso si dipartono radici più sottili (2-6 mm di diametro), sempre permanenti e che si **ACCRESCONO IN SENSO ORIZZONTALE (SPREADERS)**, diffuse ed espanse
- Lo sviluppo laterale può raggiungere i 4 metri
- **SVILUPPO IN PROFONDITÀ: le RADICI SINKERS** possono raggiungere anche i 3 metri di profondità
- Da queste radici se ne dipartono altre molto ramificate e suddivise dette **RADICI AVVENTIZIE (RADICI FIBROSE O ASSORBENTI)**

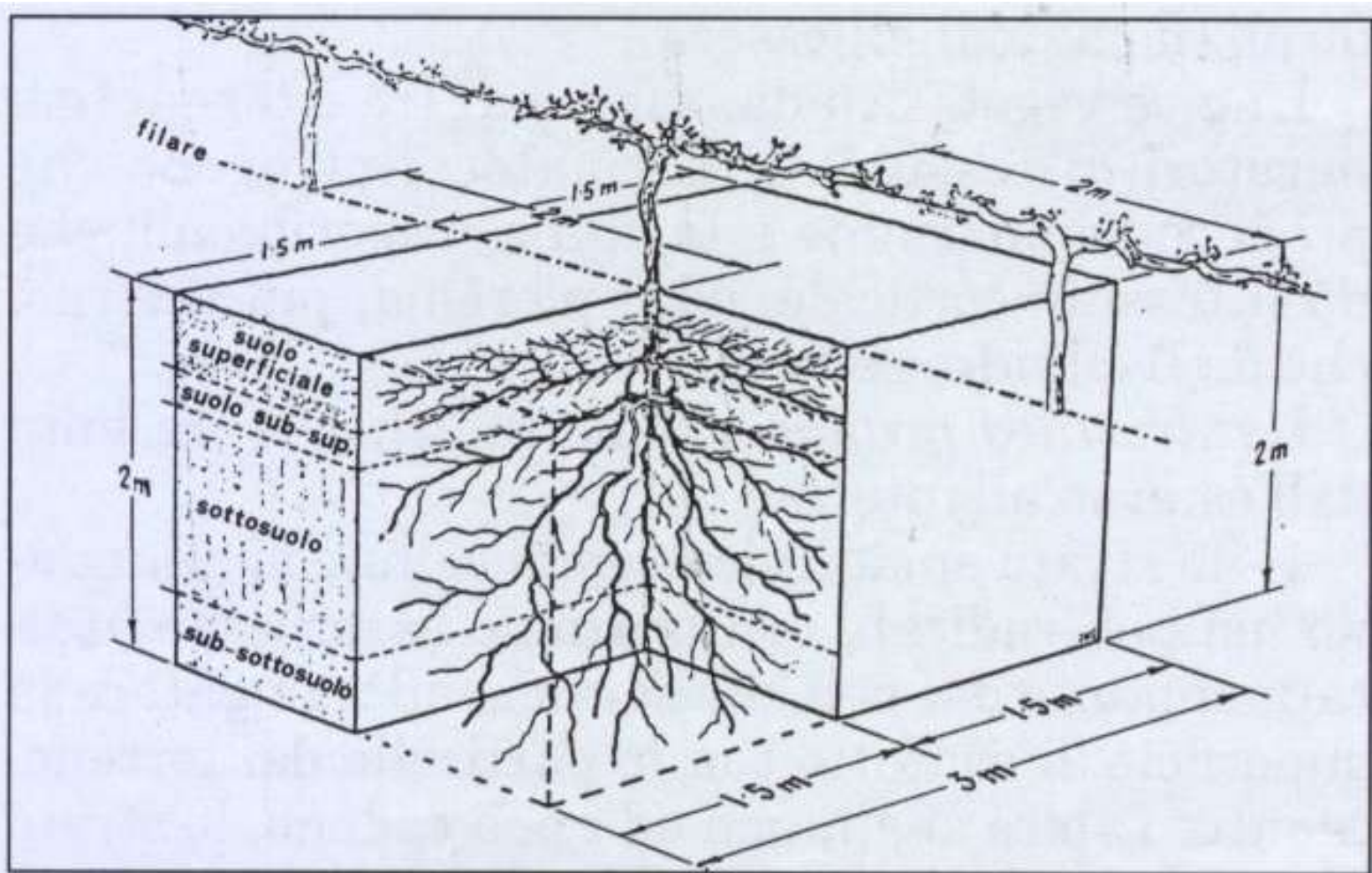
•Queste ultime rappresentano la maggior parte della massa radicale e si trovano in maggioranza in posizione piuttosto superficiale (nonostante le sinkers raggiungano diversi metri di profondità) a seconda anche del tipo di terreno, della cultivar e della età della pianta



Distribuzione percentuale delle radici in relazione alla profondità in un terreno vitato.

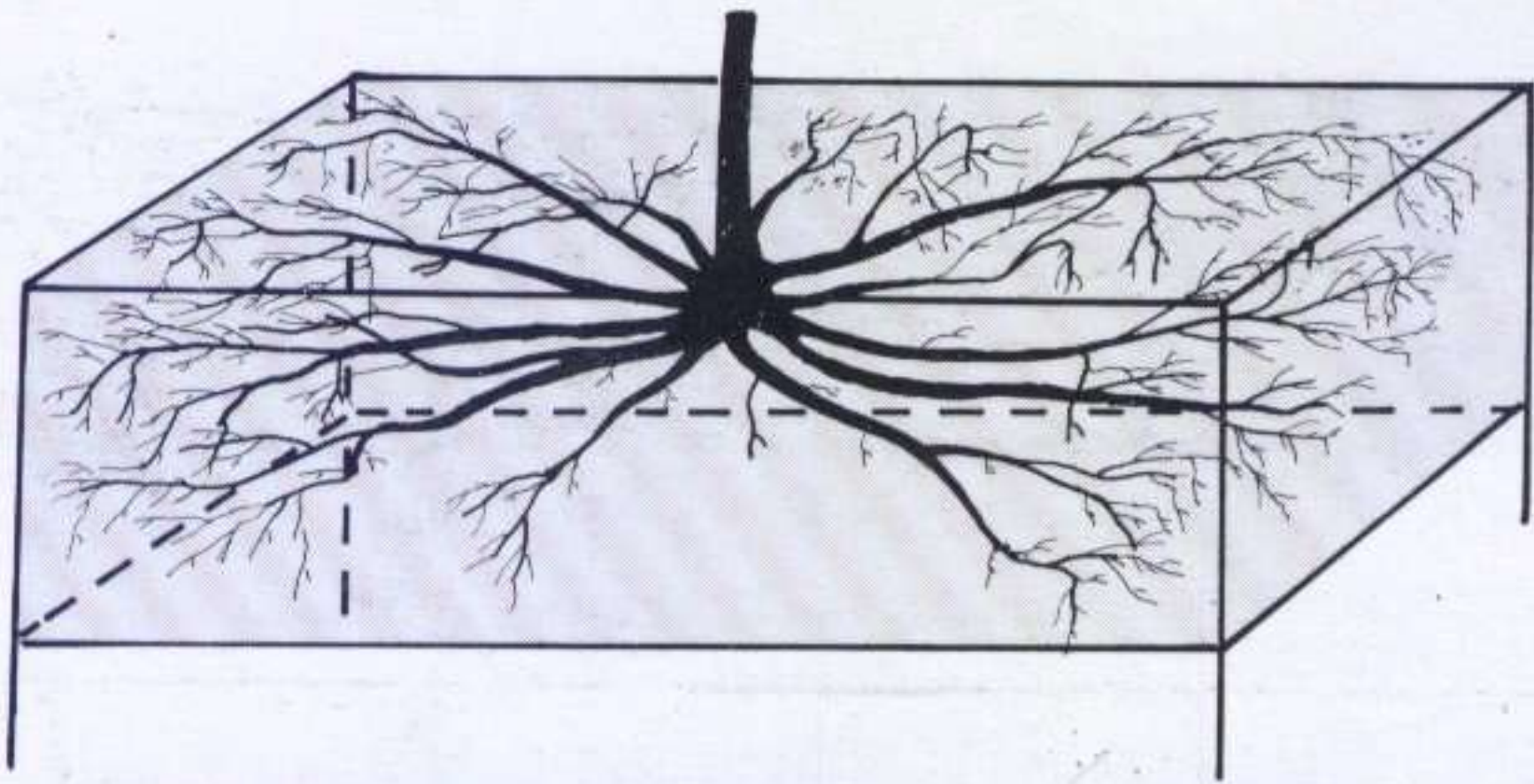
(da: Van Zyl e Weber, 1981, modificato)

Caratteristiche dell' apparato radicale della vite



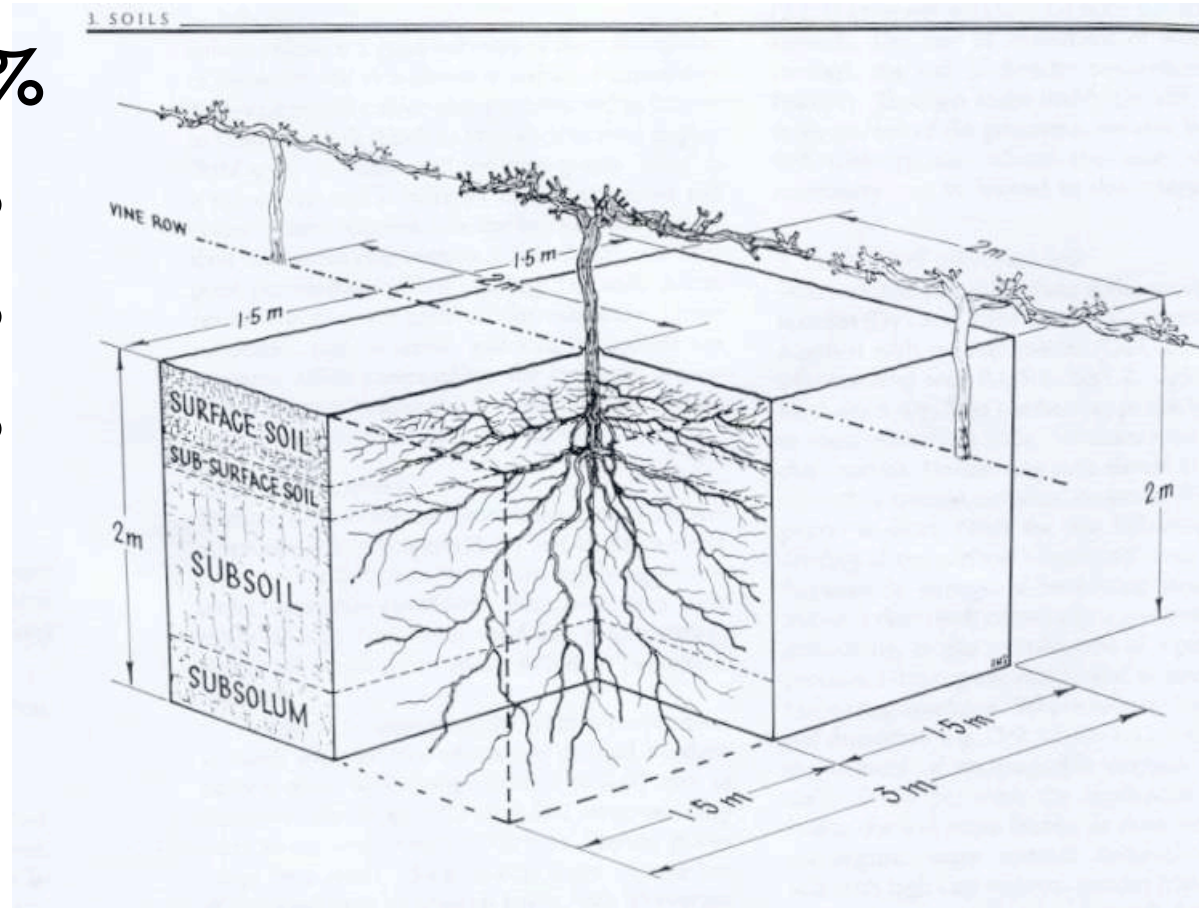
Distribuzione ipogea delle radici (da Drawn e R.M. Schuster)

- **UNITA' DI SUOLO**: è la massa di terreno occupata dal sistema radicale di un albero
- Tenendo conto dell'eterogeneità dei diversi fattori in grado di incidere sullo sviluppo dell'apparato radicale (genetici, pedologici, colturali), in generale l'apparato radicale delle piante coltivate si presenta molto espanso in senso radiale (la maggior parte delle radici assorbenti è distribuita oltre la proiezione della chioma), con profondità non elevata (20-150 cm con maggior frequenza tra 20-70 cm)
- In un impianto ad elevata densità, l'unità di suolo di un ettaro può essere tra gli 8.000 e 10.000 m³

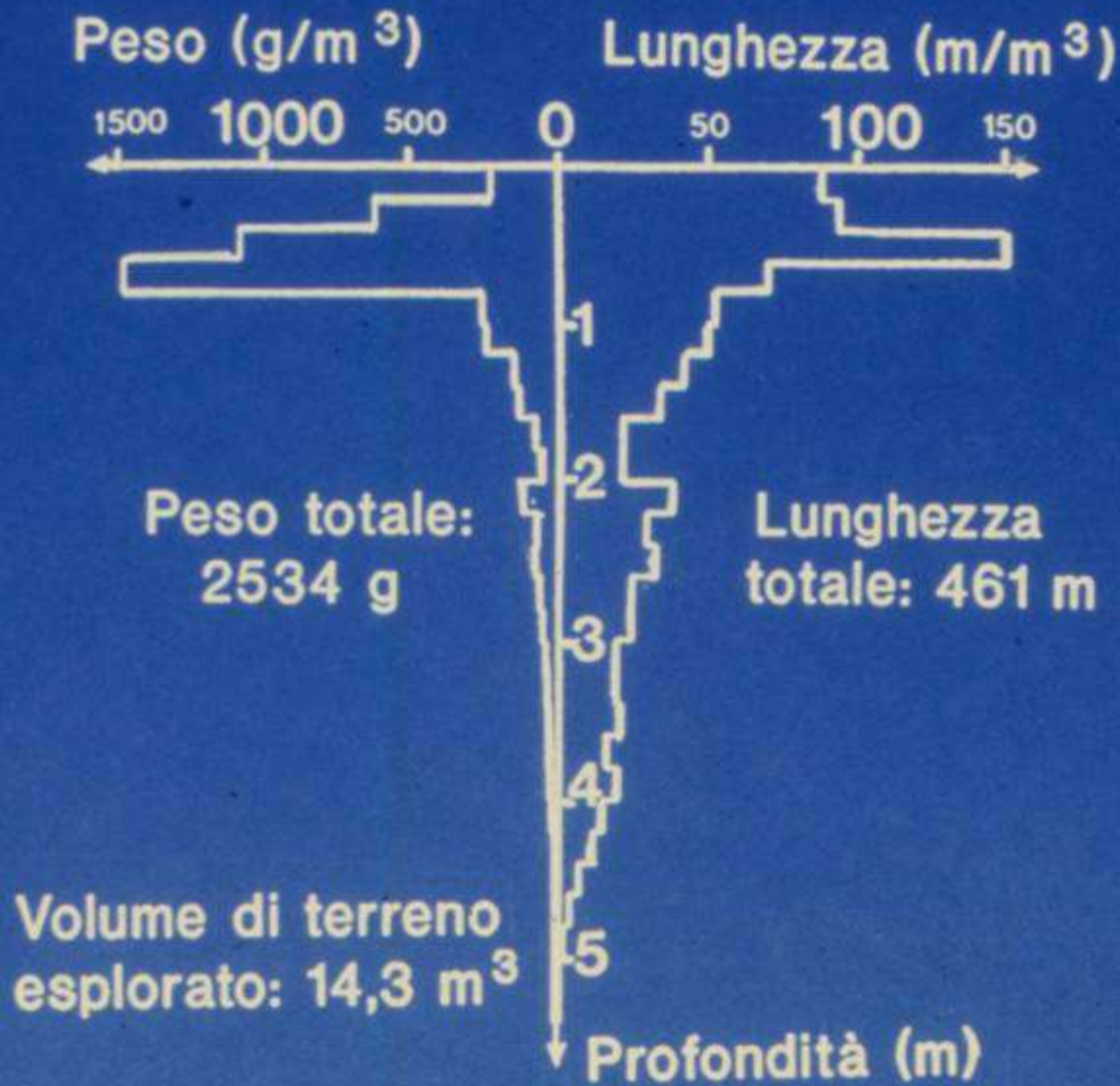


La massa radicale ha solitamente la seguente ripartizione percentuale lungo il profilo del terreno:

0 - 15 cm	19%
15 - 30 cm	21%
30 - 45 cm	29%
45 - 60 m	16%
60 - 75 cm	6%
75 - 90 cm	5%
90 - 105 cm	3%



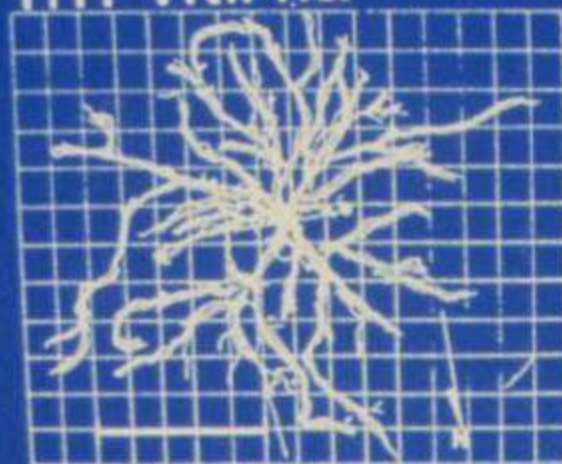
Densità radicale



da Garcia e Gil, 1982

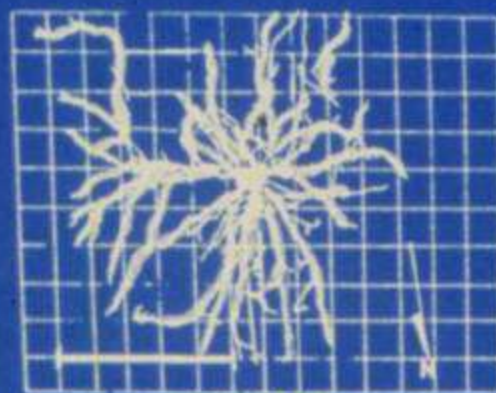
Effetti della densità di impianto sulla distribuzione dell'apparato radicale

1111 viti/ha



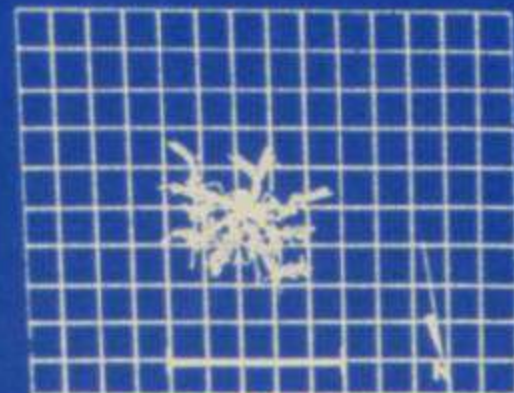
3,0 X 3,0 m

2500 viti/ha



2,0 X 2,0 m

10000 viti/ha



1,0 X 1,0 m

9 m²/vite



3,0 X 3,0 m

4 m²/vite



2,0 X 2,0 m

1 m²/vite



1,0 X 1,0 m

da Archer e Strauss, 1985

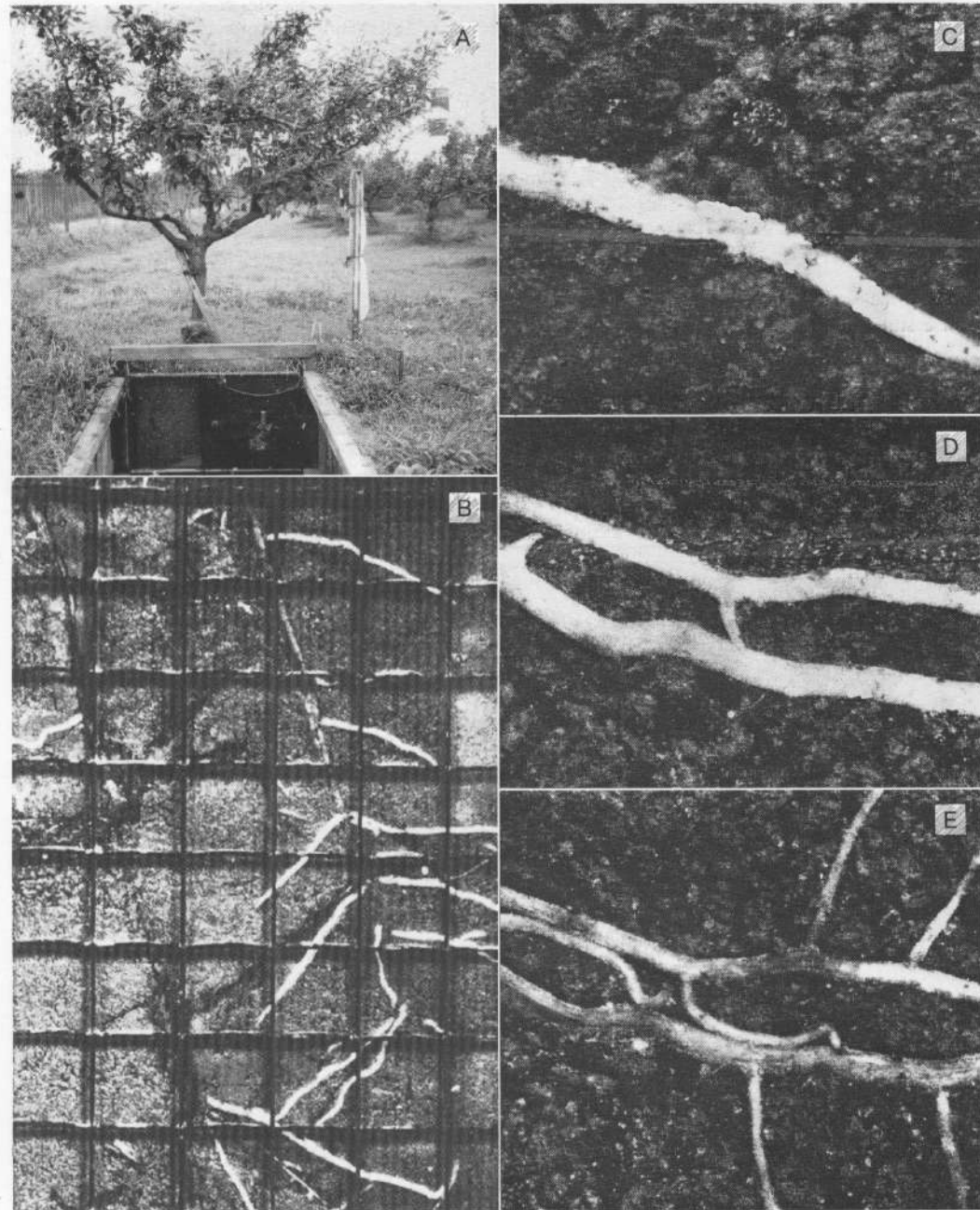
- Le differenze visibili su piante adulte di origine vegetativa o gamica sono minime e difficilmente evidenziabili

- Lo **studio della dinamica di crescita delle radici** è eseguito con tecniche piuttosto dispendiose che prevedono anche l'osservazione diretta tramite finestre e trincee

Trincea e finestra per lo studio della dinamica radicale (**A e B**)

C: radichetta assorbente ingrandita

D e E: evoluzione di radici di conduzione con sviluppo di nuove radici secondarie





9.3.2001



Evoluzione di una radice neoformata di vite osservata attraverso un minirizotrone

210

Julian day

224

239

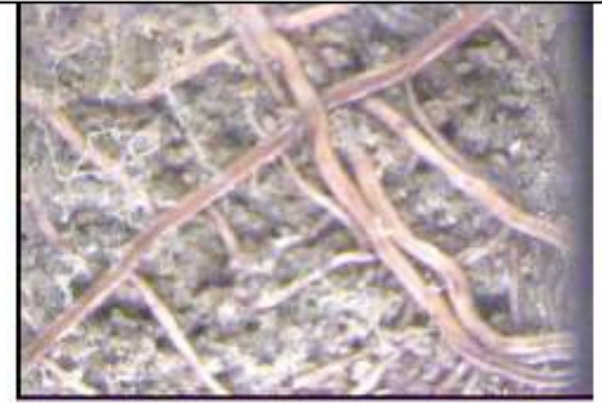
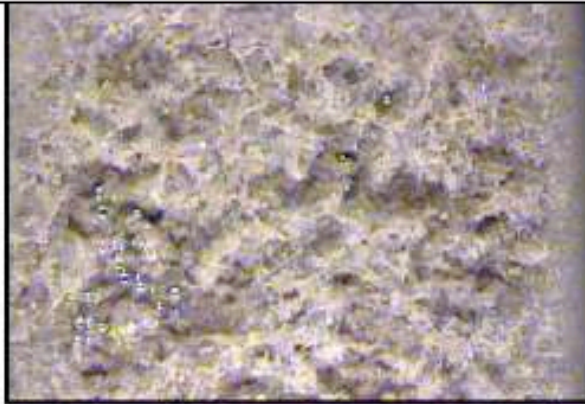
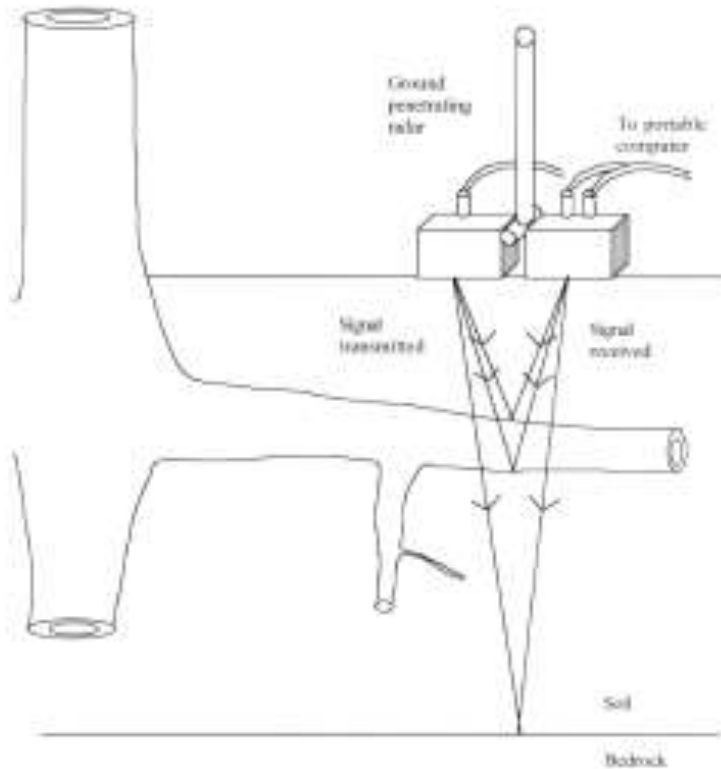
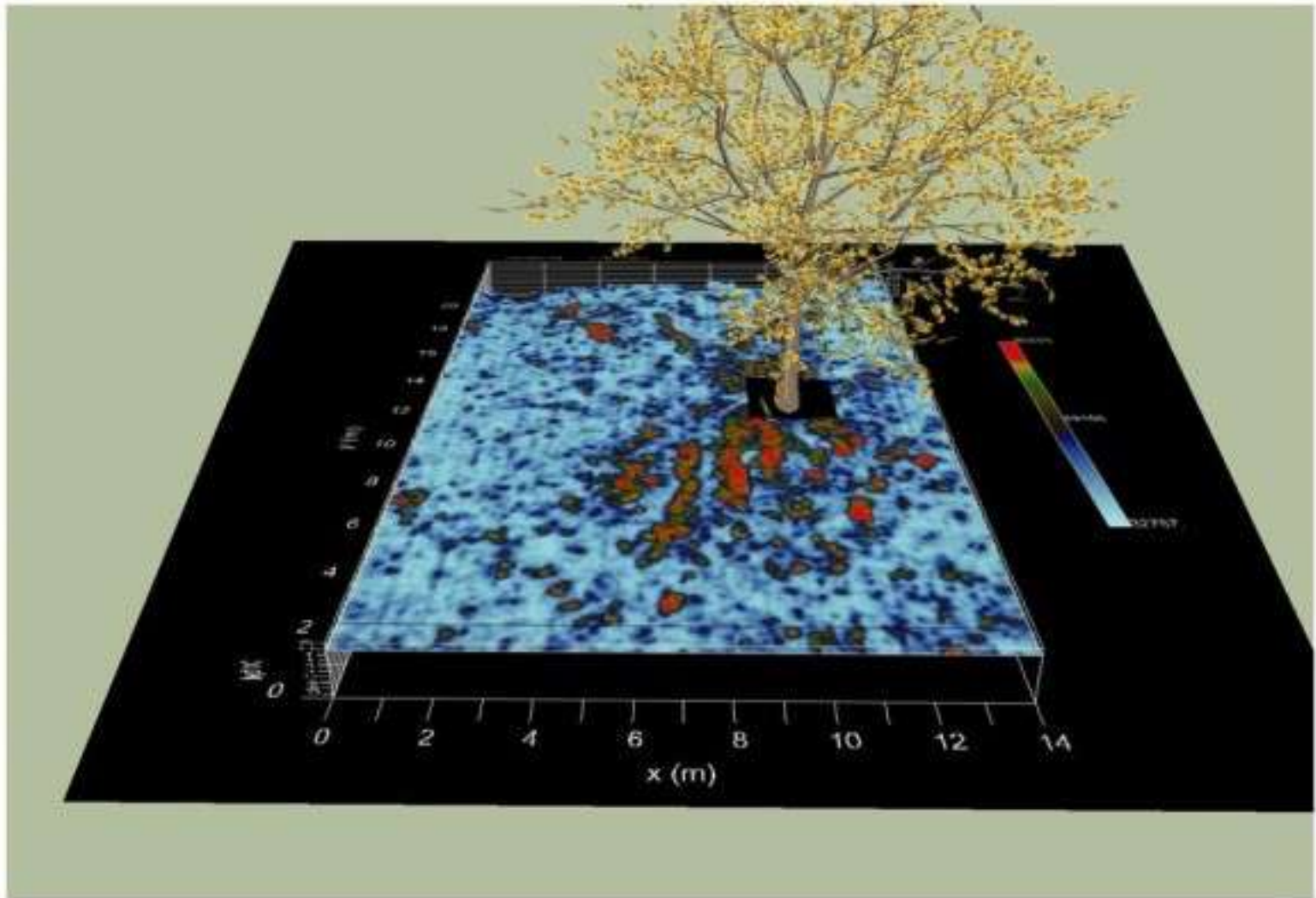


Figure 3. Typical root development of 'Thompson Seedless' grapevines, Parlier, CA, 2003. Most vines produced roots in periodic flushes, beginning after Julian day 210. The color of root surfaces generally changed from white to brown within 14 d.



GEORADAR
Schematic
representation of a portable ground-penetrating radar (GPR) device. Tree roots are detected by an electromagnetic signal, as anomalies in the soil, and this information is transmitted in the form of travel time pulses to a portable computer.





5. FATTORI CHE INFLUENZANO LA CRESCITA DELLA RADICE

FATTORI ENDOGENI CHE INFLUENZANO L'ACCRESIMENTO RADICALE

- Fattori genetici (es. angolo geotropico)
- Equilibrio fisiologico della pianta: l'apparato fogliare deve essere in grado di rifornire le radici di metaboliti, auxine e gibberelline. Le citochinine sono prodotte dagli apici delle radici stesse
- Potenziale idrico: l'accrescimento delle radici è maggiore nelle ore notturne per effetto di un potenziale idrico più elevato in grado di influire positivamente sull'attività cellulare mitotica e di distensione. Nei periodi di prolungato stress idrico le radici cessano di accrescersi
- Competizione con altre attività fisiologiche della pianta: ad esempio lo sviluppo della chioma e la formazione e maturazione dei frutti

- L'angolo geotropico di accrescimento delle radici coincide con l'orientamento da esse assunto in assenza di ostacoli
- rappresenta quindi un carattere genetico
- Sperimentalmente l'angolo geotropico è determinato in coltura idroponica

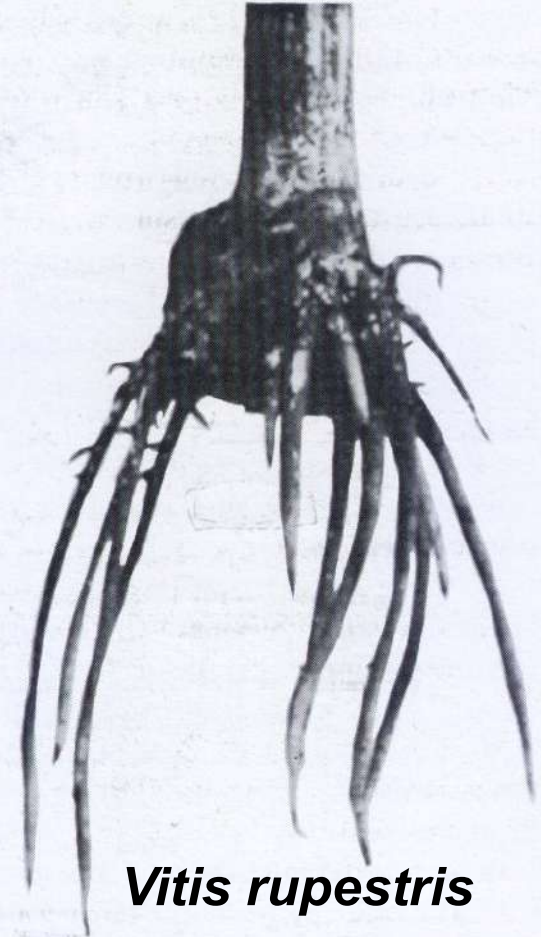
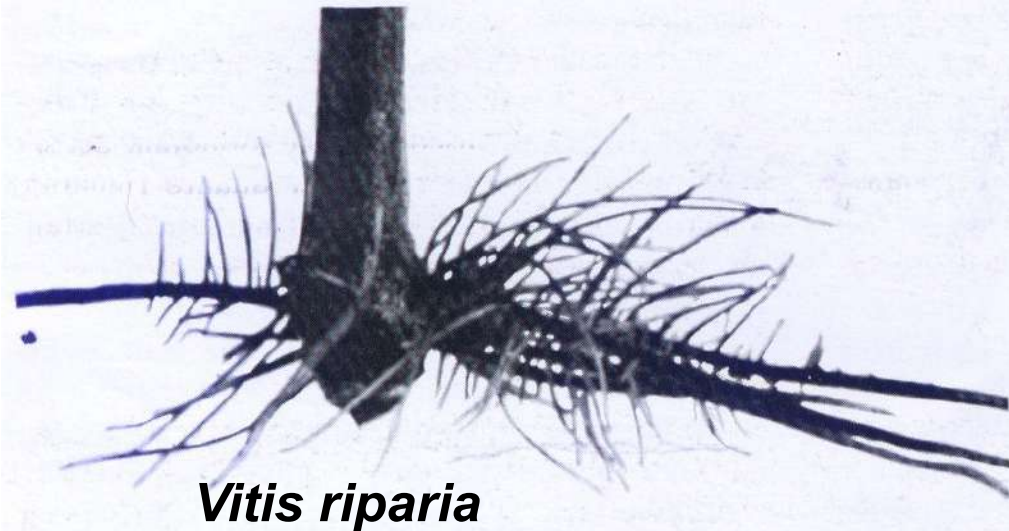
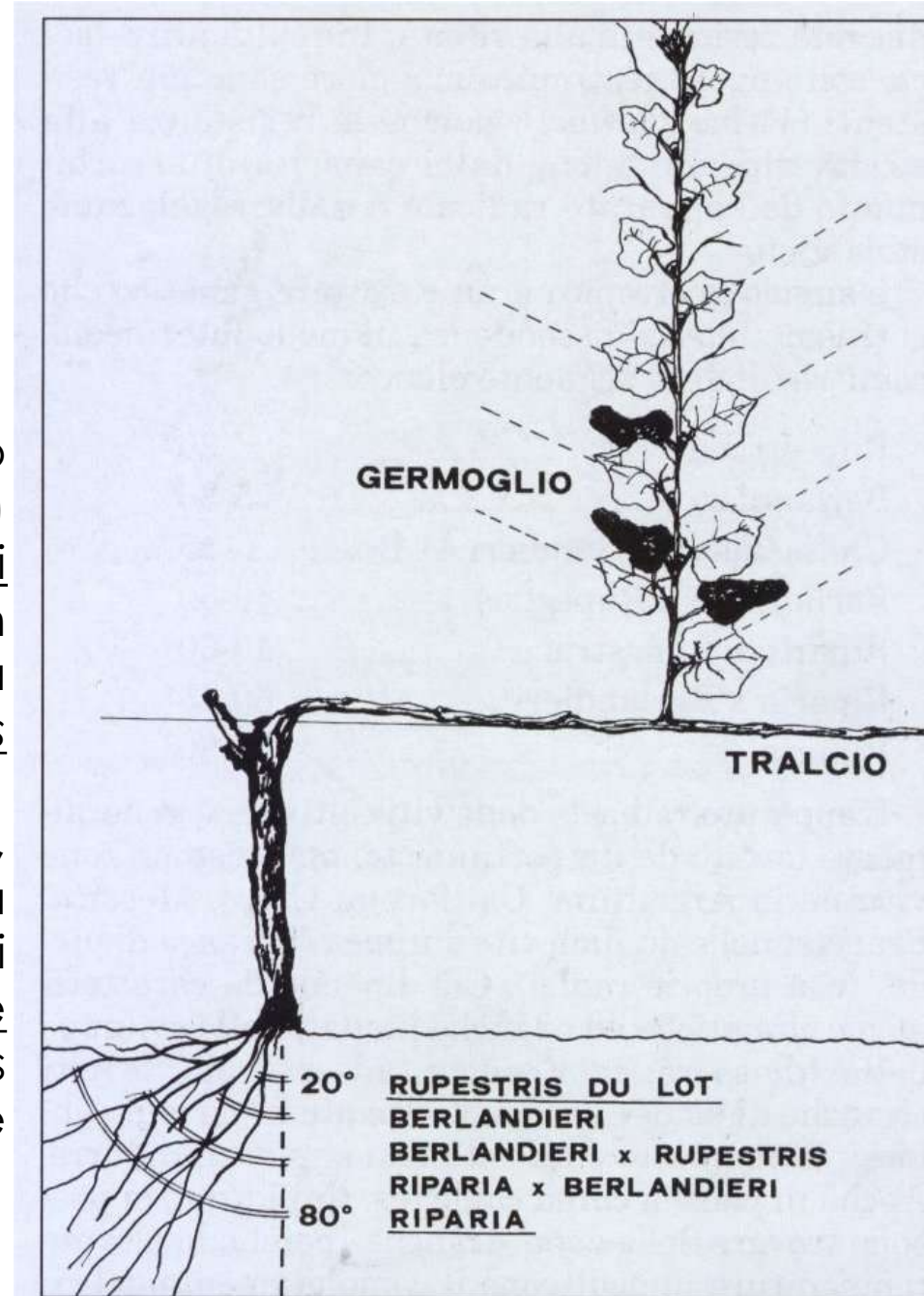


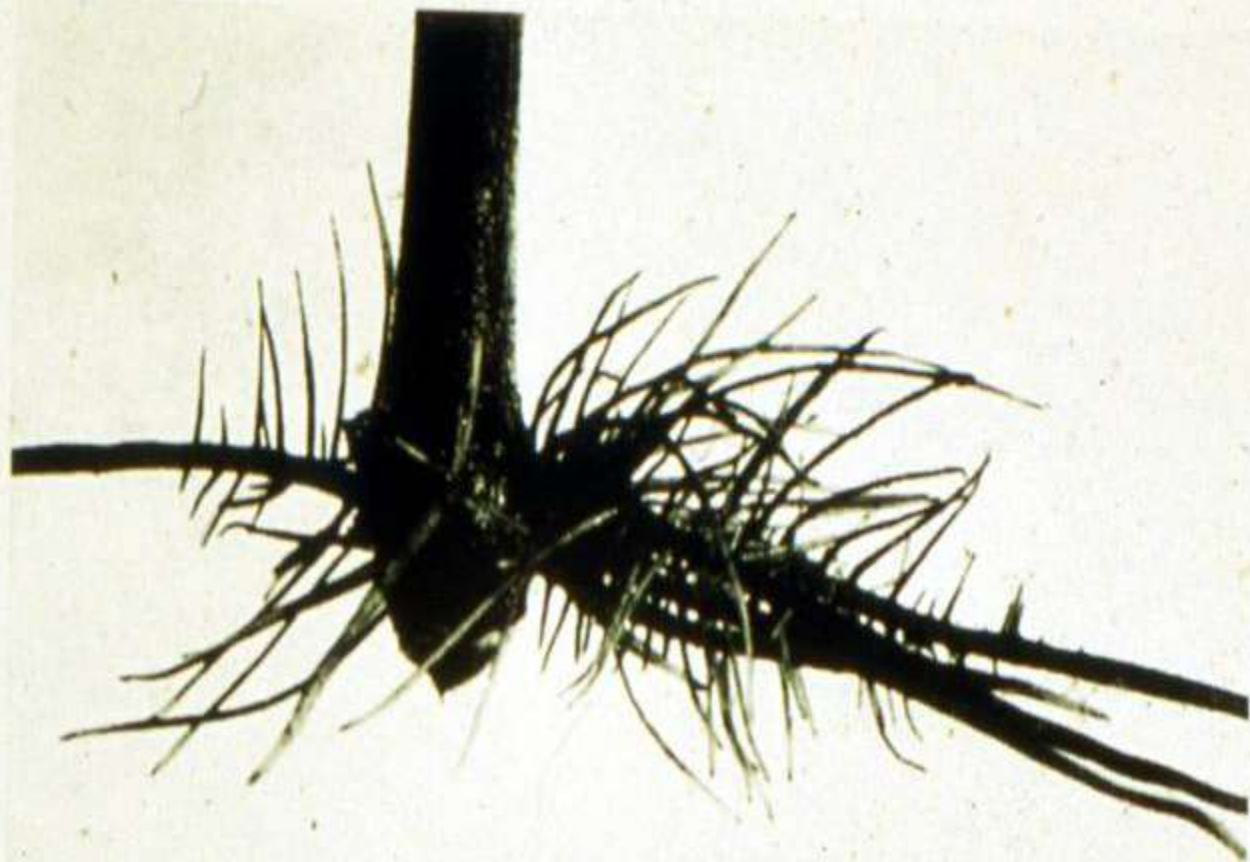
Fig. 2.18 - Angolo geotropico. In coltura idroponica le radici della *Vitis riparia* (a sinistra) e quella della *Vitis rupestris* (a destra) formano con la verticale angoli assai diversi, e cioè ampio nel primo caso e stretto nel secondo. Nel terreno, però, l'orientamento delle radici è essenzialmente determinato dalle sue caratteristiche fisiche.

Angolo geotropico

Consiste nell'angolo che il prolungamento ideale del fusto forma con la direzione presa dalle radici in accrescimento

- In generale viti con angolo geotropico limitato (attorno ai 20°) sono quelle maggiormente resistenti alla siccità in quanto dotate di un apparato radicale che si sviluppa molto in profondità (ad es *V. rupestris* con angolo di 20°)
- Non sempre però è così, considerando che la resistenza alla siccità dipende anche da altri fattori come la capacità di reale assorbimento di acqua dal terreno (es *V. berlandieri*, angolo $25-30^\circ$, è ancora più resistente a siccità)





(neg. L. Manzoni)

Fig. 11. — Radici quasi orizzontali uscenti da una talea di *Riparia Gloire* tenuta sospesa nell'acqua. Un po' impicciolita.

Angolo geotropico (°):

1-Riparia Gloire de Montpellier

75 - 80

2-V.rip x V.rup/

60 - 75

3-Rupestris du Lot

20

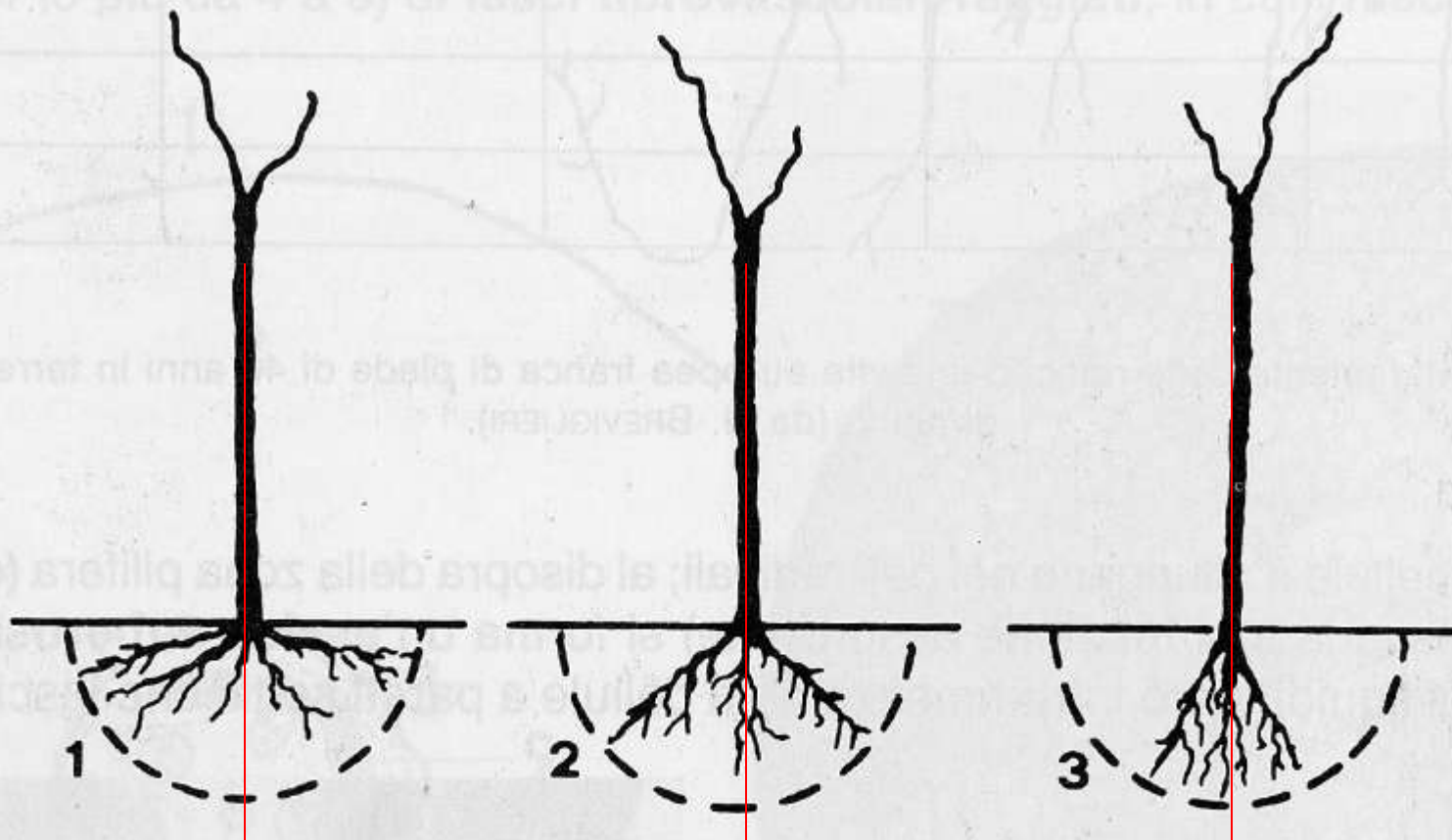
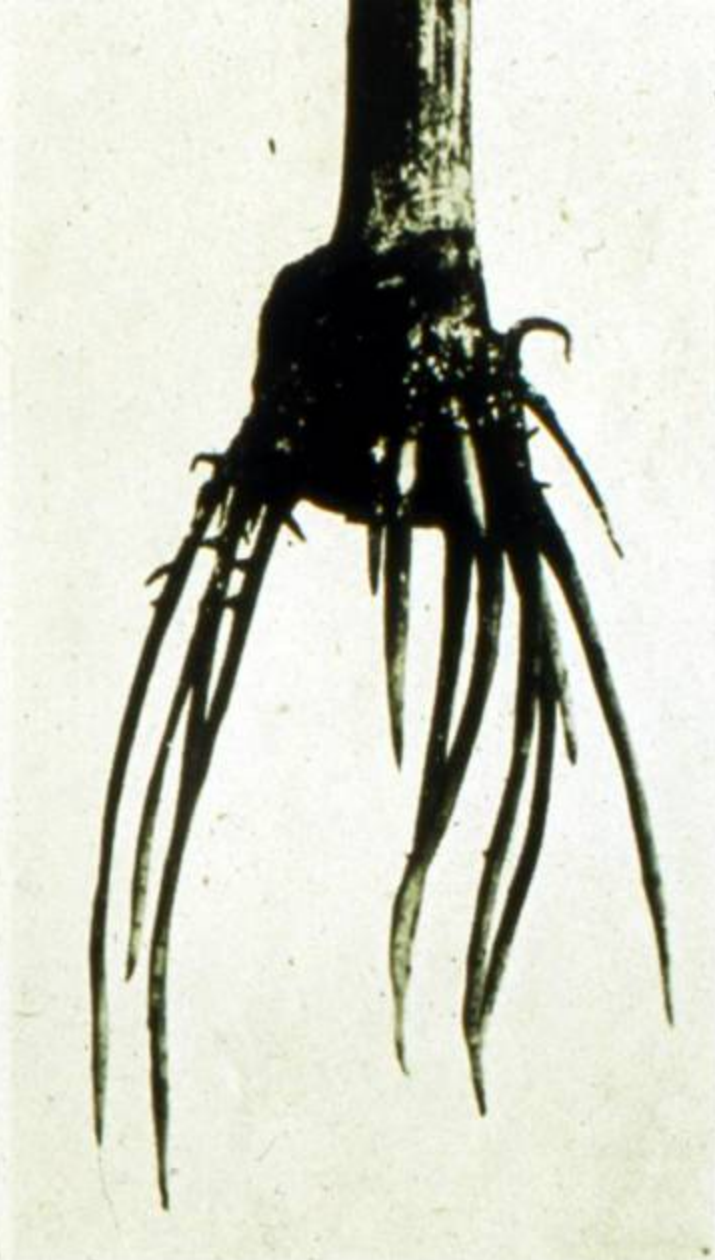


Fig. 10 — Angolo geotropico

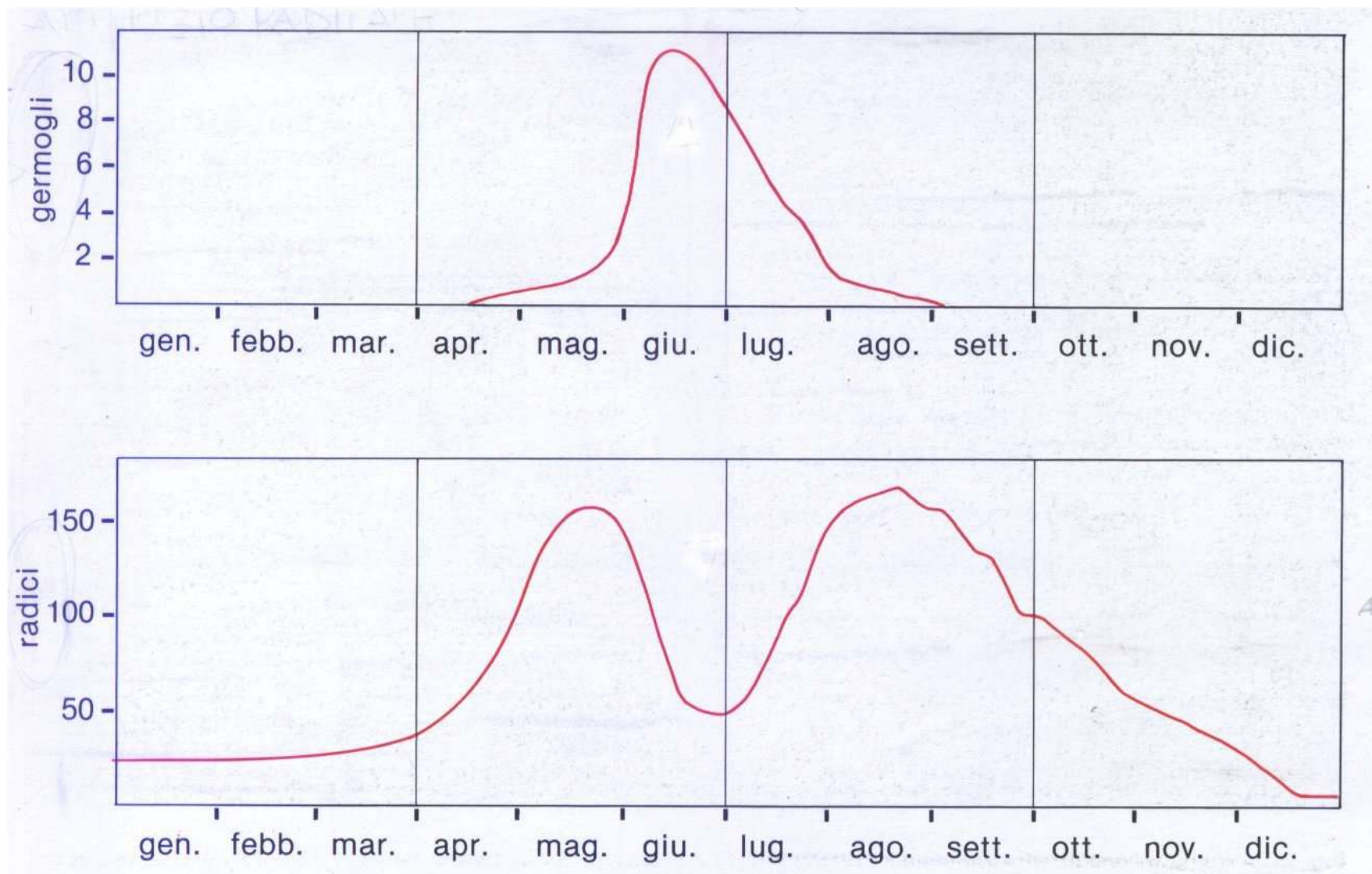
1, nella *Vitis riparia* (Gloire) - 2, in un ibrido di *riparia* × *rupestris* - 3, nella *Vitis rupestris* ('du Lot').



(neg. L. Manzoni)

Fig. 10. — Radici quasi verticali uscenti da una talea di *Rupestris du Lot* tenuta sospesa nell'acqua. Grandezza naturale.

Equilibrio fisiologico della pianta



FATTORI ESOGENI

- CARATTERISTICHE E CONDIZIONI DEL TERRENO
- GESTIONE DEL SUOLO
- ALLELOPATIE e STANCHEZZA
- ASSOCIAZIONE con ALTRI ORGANISMI

Condizioni del terreno e crescita radicale

Temperatura

Disponibilità di nutrienti

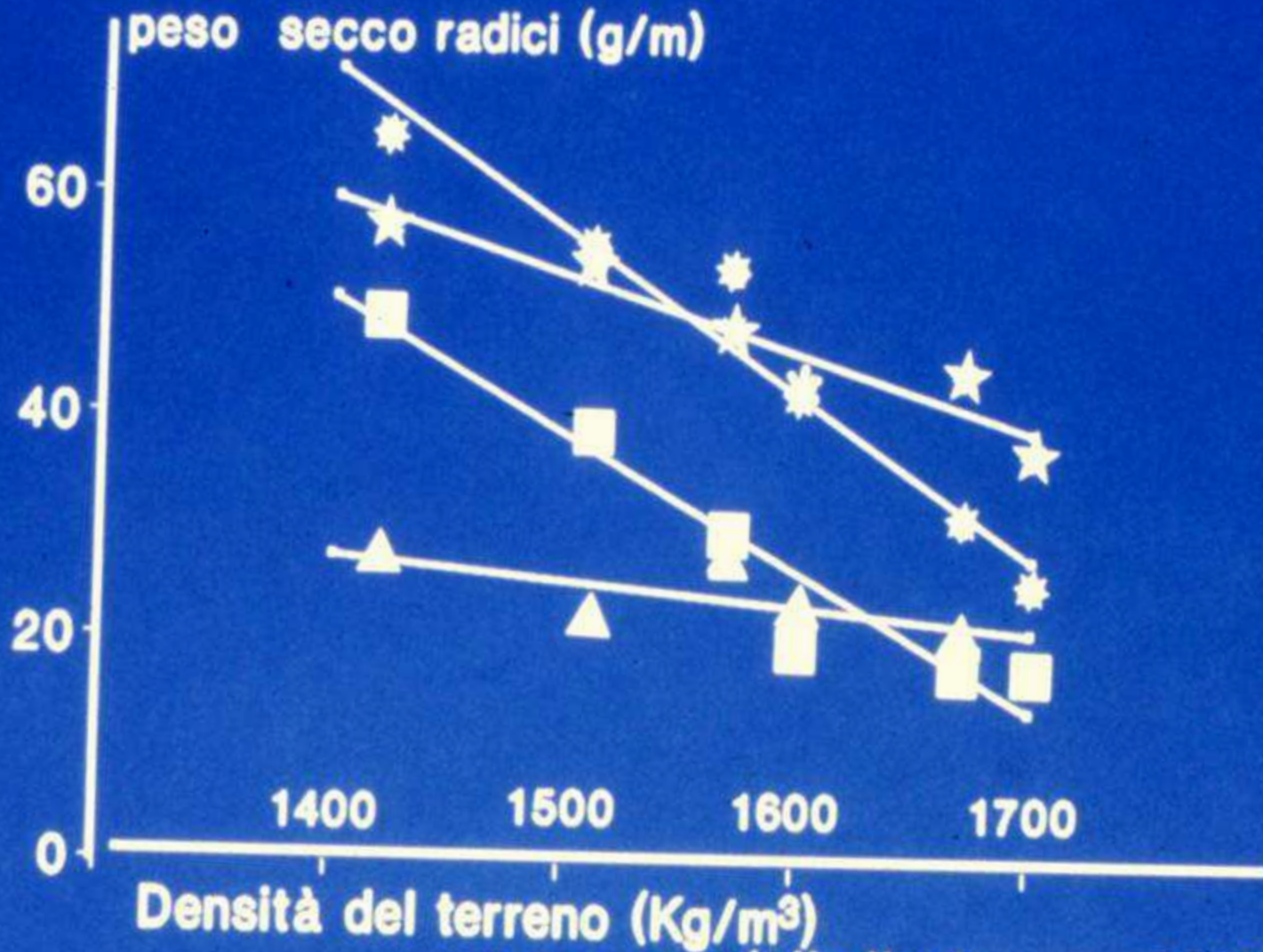
Umidità del suolo

Resistenza meccanica

Aerazione

Interazione fra diversi fattori fisici

Relazione tra compattezza del terreno e sviluppo dell'apparato radicale



da Van Huysteen e Van Zyl, 1988









GESTIONE EL SUOLO

LAVORAZIONI, intervenendo sulle caratteristiche del terreno, cambiano lo sviluppo dell' apparato radicale

INERBIMENTO

PACCIAMTURA

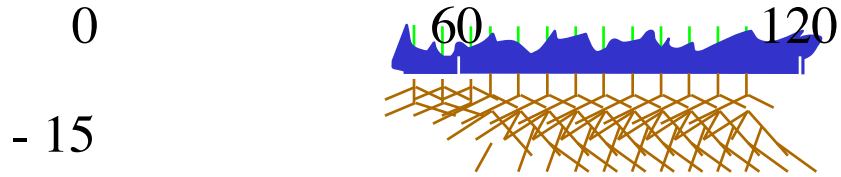
DISERBO

IRRIGAZIONE FERTILIZZAZIONE

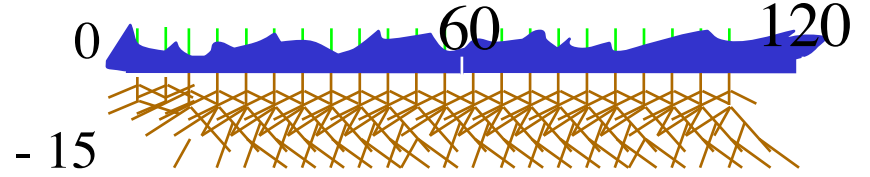
Diverse gestioni del suolo (lavorazione, inerbimento, pacciamatura) provocano un diverso sviluppo dell'apparato radicale



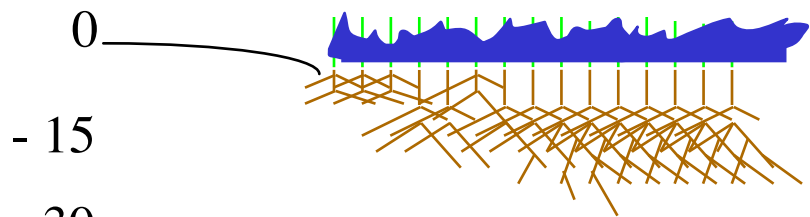
Diserbato + Inerbito



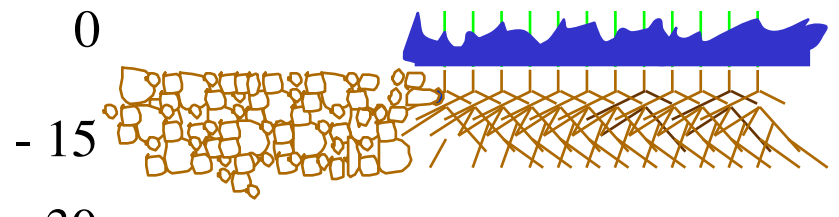
Inerbito + Inerbito



Pacciamato + Inerbito



Lavorato + Inerbito



Lavorato + Lavorato



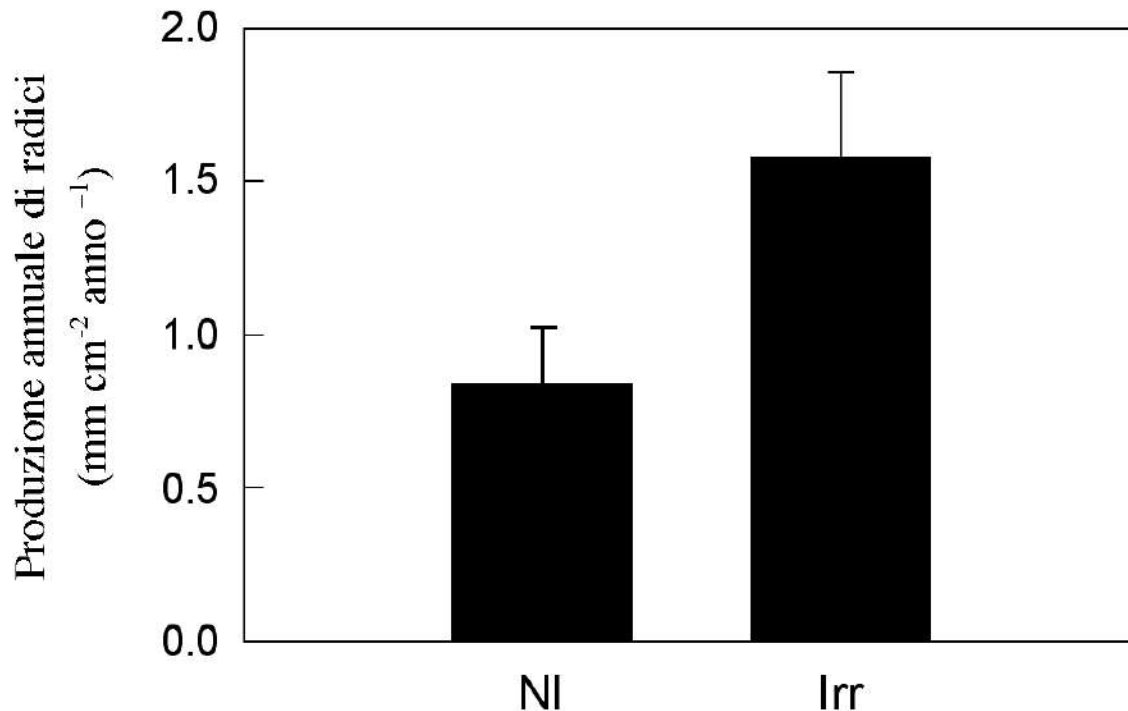
Ipotetica localizzazione degli apparati radicali delle viti, realizzata tenendo conto degli effetti provocati dalla gestione del suolo (referenze bibliografiche) e delle prime indicazioni sulle variazioni di contenuto idrico del terreno (metodo TDR).



9.3.2001



E' stato osservato, ad esempio, che nelle viti della cultivar Concord la crescita radicale durante le estati con scarsa piovosità era pressoché doppia nelle piante irrigate rispetto a quelle non irrigate (Comas et al., 2005). Nello stesso studio è stato notato che viti non irrigate possedevano radici profonde con vasi xilematici molto larghi, quindi con un'elevata capacità di trasporto di acqua e soluti.



Irrigazione:

- Un irrigazione a goccia stimola, in particolare, lo sviluppo superficiale delle radici soprattutto lungo la fila in prossimità dei gocciolatori

- L'irrigazione a pioggia o per sommersione determina invece la formazione di un apparato radicale più espanso e profondo

Portainnesto:

- Come dimostrato dallo studio di radici appartenenti alla medesima varietà innestata su portainnesti differenti, ogni binomio si caratterizza per una conformazione differente dell'apparato radicale sia come profondità che come densità

INFLUENZA DELLA CRESCITA RADICALE SULLA CRESCITA DELL' APPARATO AEREO



Sinistra:apparato radicale ridotto a causa di una cattiva preparazione del terreno. Destra: ampio apparato radicale dovuto ad una buona preparazione del terreno.



ESISTE UN EQUILIBRIO FUNZIONALE TRA CHIOMA E RADICE, IL LORO PESO DOVREBBE ESSERE IN RAPPORTO DI 1:1

Rapporto tra numero di radici e massa dei germogli 2,5:1

Rootstock	Number of roots per m² profile wall	Average shoot mass (t/ha)
Ramsey	595	4,22
99 Richter	402	3,06
101-14 Mgt	343	2,95
143-B Mgt	340	2,41
Jacquez	293	1,96
3306 Couderc	266	1,84
Teleki 5BB	136	1,24

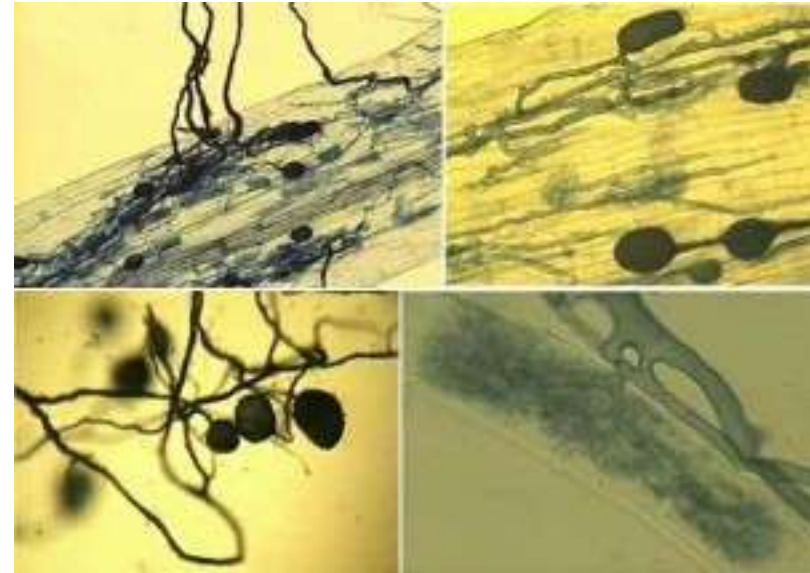
STANCHEZZA e ALLELOPATIE

Stanchezza del terreno quadro sintomatico non ben definito, che riguarda uno **squilibrio** nei diversi effettori (cioè fattori e condizioni) nel **sistema suolo-pianta** e che porta ad un lento declino dello sviluppo e della produzione soprattutto in caso di ristoppio (**malattia da reimpianto.**)

Allelopatie escrezione radicale di cataboliti secondari che creano condizioni ostili per gli apparati radicali di giovani piante reimpiantate nello stesso terreno, inibendone l'accrescimento. i messaggi chimici rilasciati dalle piante sono molecole organiche non nutrizionali, il più delle volte fitotossiche (allelosostanze)

LA RIZOSFERA E L'ASSOCIAZIONE CON ALTRI ORGANISMI

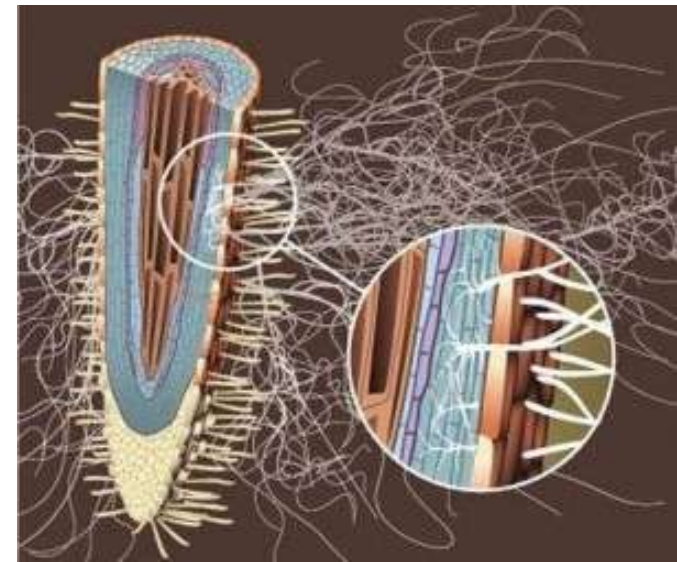
ENDOMICORRIZE penetrano attraverso i peli radicali e occupano gli spazi intercellulari della zona corticale. I VAM (micorrize vescicolo-arbuscolari) forma strutture ramificate dove avvengono gli scambi nutrizionali soprattutto P ,K e microelementi in cambio di linfa elaborata.



MICORRIZOSFERA associazione radici-micorrize-microrganismi utili

EFFETTI DELLE MICORRIZE

- **Maggior resistenza alla siccità**
- **Resistenza alla salinità**
- **Effetto barriera meccanica contro alcuni funghi e nematodi**
- **Riduzione stress da trapianto**
- **Bonifica suoli inquinati da metalli pesanti (ectomicorrize)**



BIBLIOGRAFIA

A Gambetta, Gregory & Fei, Jiong & Rost, Thomas & Knipfer, Thorsten & Matthews, Mark & A Shackel, Ken & Walker, M. Andrew & Mcelrone, Andrew. (2013). Water Uptake along the Length of Grapevine Fine Roots: Developmental Anatomy, Tissue-Specific Aquaporin Expression, and Pathways of Water Transport. Plant physiology. 163. 10.1104/pp.113.221283.

VIDEO

<https://www.youtube.com/watch?v=MxOLo4n3Vio>