

# Anatomická stavba kořene

---

# Osnova přednášky

## Úvod

### Základní typy kořenů a kořenových systémů

- Radikula
- Primární kořen
- Boční kořeny
- Adventivní kořeny



# Osnova přednášky

## Anatomická stavba kořene

- Vrchol kořene
  - Apikální meristém kořene
  - Kořenová čepička
- Primární stavba kořene
  - Pokožka a kořenové vlásky
  - Primární kůra
    - Endodermis
    - Hypodermis a exodermis
  - Střední válec
    - Pericykl
    - Xylém
    - Floém
- Sekundární stavba kořene
  - Kambium a jeho deriváty
  - Felogén a jeho deriváty
- Přehled stavby kořene dvouděložných rostlin
- Přehled stavby kořene jednoděložných rostlin

# Osnova přednášky

## Specializované typy kořenů

- Vzdušné kořeny
  - Zásobní kořeny
  - Kontraktilní kořeny
  - Chůdovité a tabulovité kořeny
  - Pneumatofory
  - Proteoidní kořeny
  - Mykorhizy
  - Kořenové hlízky
  - Haustoria
-



# Základní charakteristika kořene

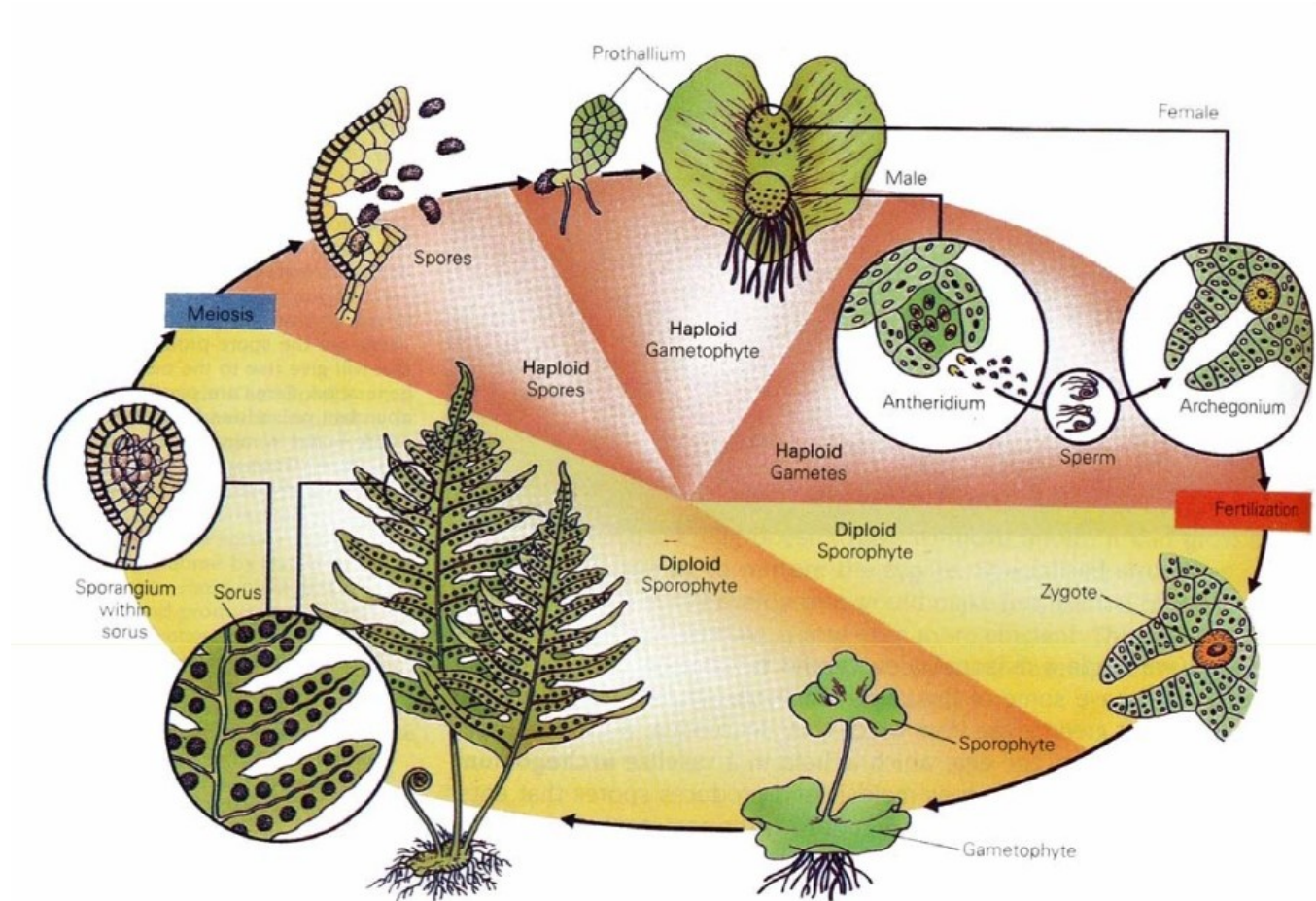
- ukotvení rostlin v půdě (+ epifyty, lithofyty)
- příjem vody a živin
- zásobní funkce
- syntetická funkce (cytokininy, ABA, gibbereliny)
- četné symbiotické interkace
- monopodiální větvení, **endogenní zakládání postranních kořenů v pericyklu**
- **nečláňkovaný** orgán
- nikdy nenese listy
- > pozitivně gravitropický

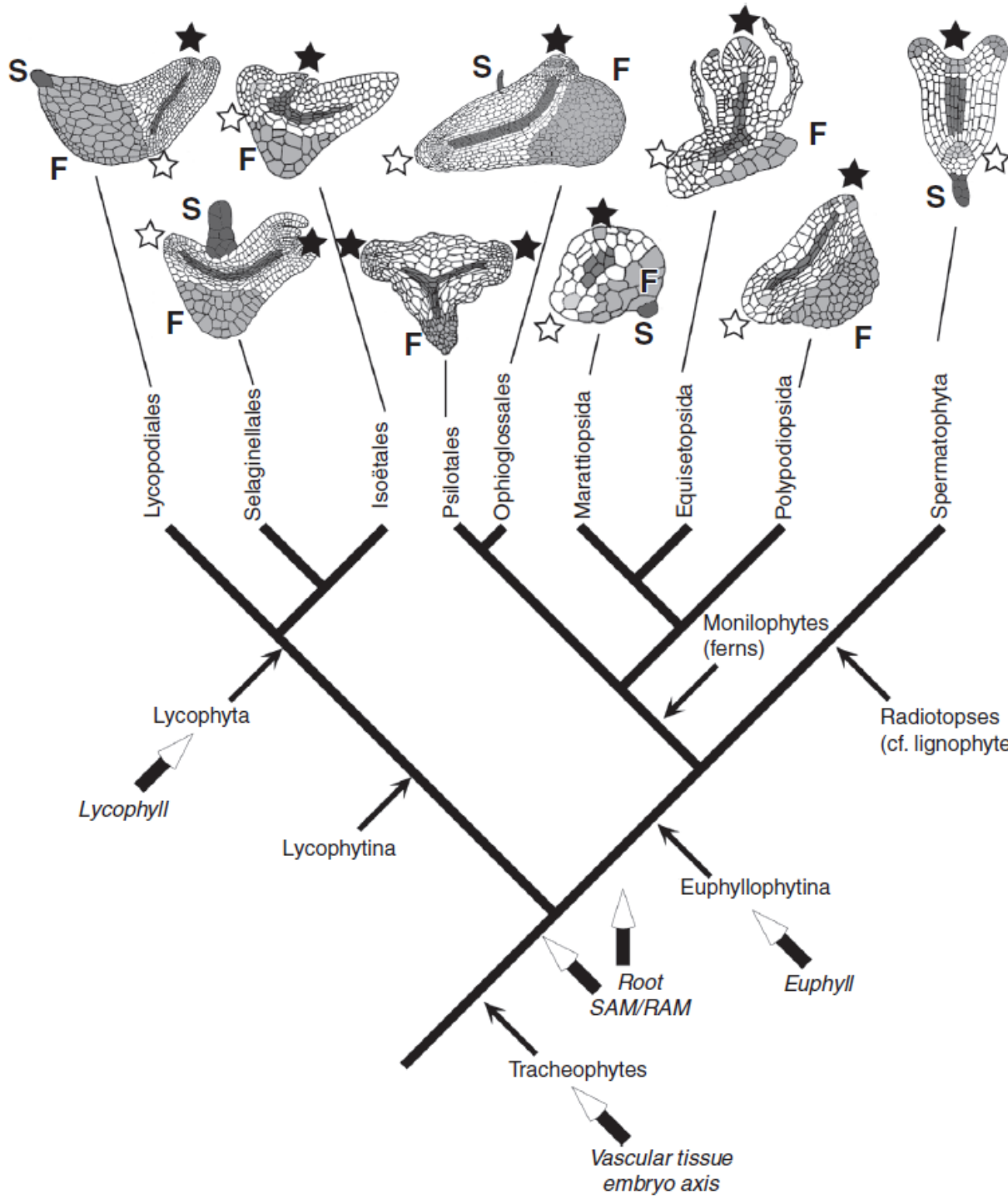
# Základní typy kořenových systémů

- Pteridophyta: primární homorhizie
- Pinophyta (Gymnospermae) + Magnoliopsida + Rosopsida: alorhizie
- Liliopsida: sekundární homorhizie
- všechny vegetativně rozmnožené rostliny: homorhizie
- homorhizní kořenové systémy → **adventivní kořeny**: kořeny vznikající na jiné části rostliny než v mladých oblastech primárního kořene a z něj vyrůstajících bočních kořenů



# Primární homorhizie u Pteridophyta





## Chapter 4 EVOLUTIONARY MORPHOLOGY OF FERNS (MONILOPHYTES)

Harald Schneider

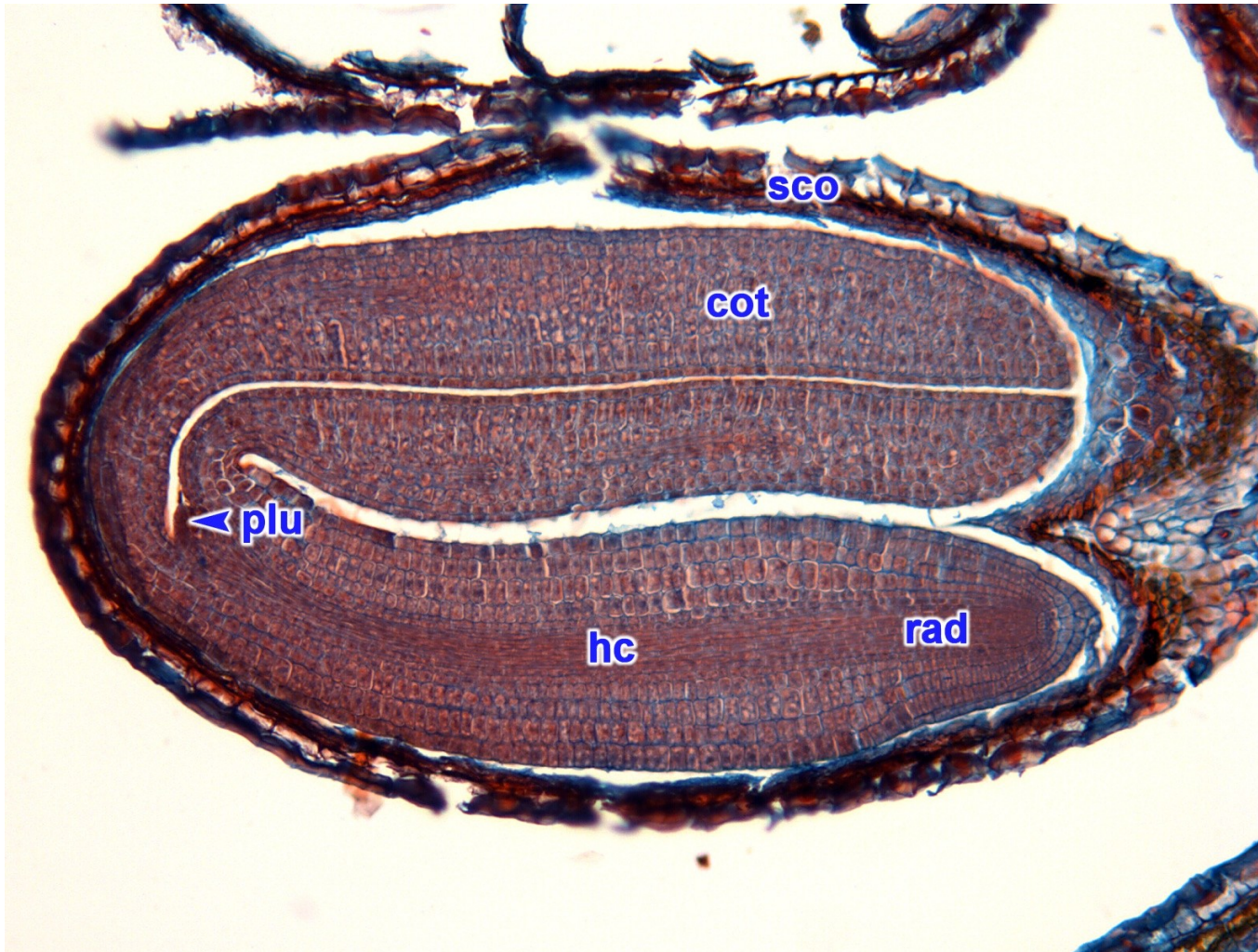
Department of Botany, Natural History Museum, London, UK

**Figure 4.4** Evolution of embryos in vascular plants, plotted onto a phylogenetic hypothesis proposed by Pryer *et al.* (2001). The graphics have been redrawn from descriptions of fern embryos obtained in studies carried out in the nineteenth and twenty-first centuries (Guttenberg 1965; Bierhorst 1971). The examples were chosen to represent the variation among lineages of vascular plants. In lineages with considerable variation such as Ophioglossales, the chosen example represents the majority of embryos described so far. As an example, in the Ophioglossales embryos of closely related species may differ in the absence/presence of a suspensor, size of the foot, and the geometry of the embryo. In other lineages, for example, Polypodiopsida, the variation among described embryos is limited and embryo shown likely represents the ancestral state of the lineage. The bipolar embryo of seed plants is unique and characterized by the absence of a foot, which likely coincides with the evolution of seeds. Among seed plants, the embryo structure can be very different but the bipolar structure is one of the apomorphic characters of the seed plant lineage. *Note:* the embryos are not shown at the same stage of their development and are not shown proportionately.

**Figure 4.4** (Continued) It is important to note the high level of variation supporting the notion of limited conservation of embryology in the early diversification of ferns. It is interesting to note the distinctive embryos of the Equisetopsida and Psilotales, suggesting substantial changes in their early ontogeny that likely contributes to their distinct body plans. Putative shared synapomorphies are plotted on some deeper nodes. Roots originated either before the split of lycophytes and trimerophytes or evolved at least twice. Lycophylls and euphylls are two independent events in the evolution of vascular plants. SAM, black star—shoot apical meristem; RAM, open star—root apical meristem; F, foot; S, suspensor; dark central area of embryos—vascular tissue—embryo axis. Simple arrows indicate lineages, open arrows indicate putative origins of structures.



# Alorhizní kořenový systém



cot [děloha](#)  
hc [hypokotyl](#)  
plu [plumula](#)  
rad [radikula](#)  
sco [osemení](#)

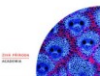
Podélný řez zralým semenem kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa-pastoris* L.).

# Alorhizní kořenový systém

pr [primární kořen](#)

**Primární seminální kořen** vyrůstající z klíčícího semene sóji luštinaté (*Glycine max* (L.) Merr.).

pr ➤





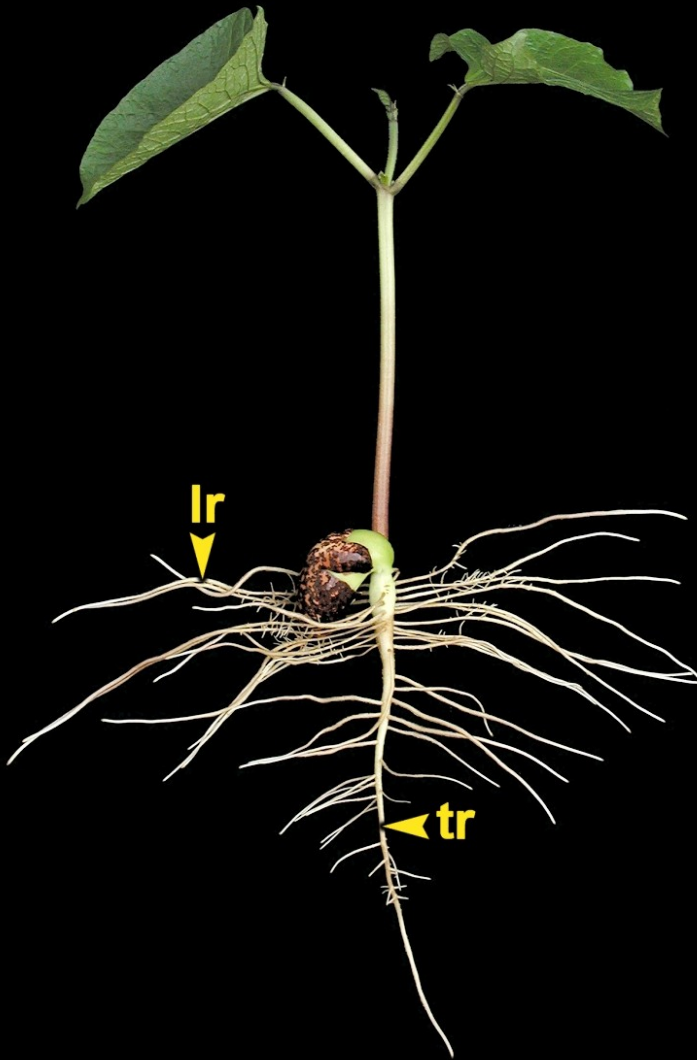
# Alorhizní kořenový systém

tr [hlavní kořen](#)

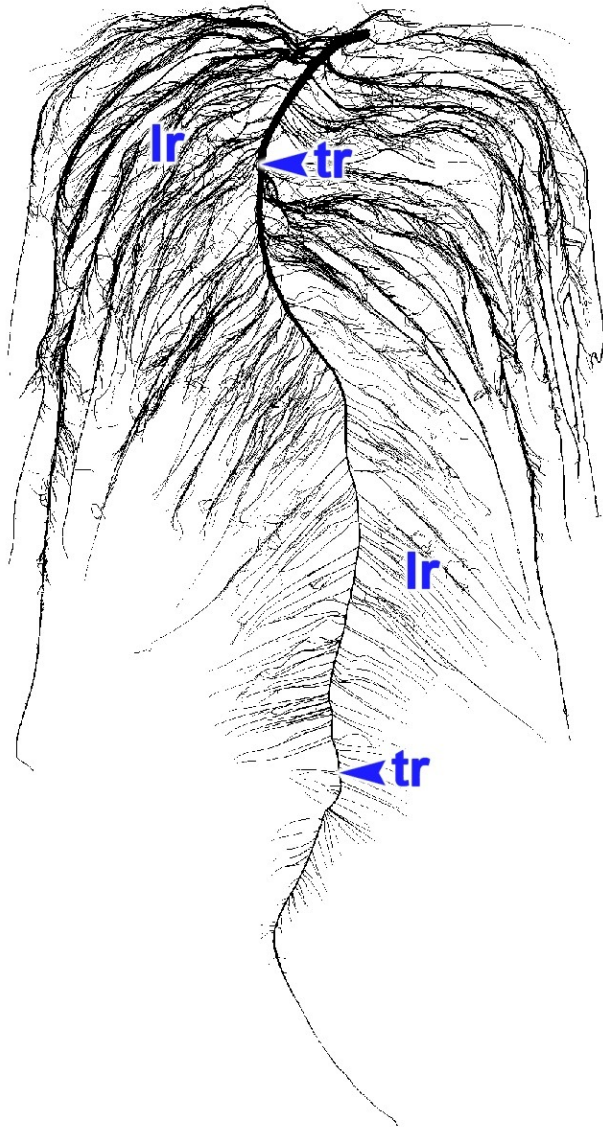
lr [boční kořen](#)

Alorhizní kořenový systém mladé rostliny fazolu obecného (*Phaseolus vulgaris* L.).

radikula → seminální (primární) kořen → hlavní (primární) kořen



# Alorhizní kořenový systém



tr hlavní kořen

lr boční kořen

Alorhizní kořenový systém sesbanie (*Sesbania rostrata* Bremek. & Oberm.). S poděkováním Hiroyuki Daimon, Osaka Prefecture University, Japonsko.

**Alorhizní kořenový systém** je tvořen hlavním kořenem, z něj vyrůstajícími bočními (postranními, laterálními) kořeny, z nichž mohou postupně vyrůstat boční kořeny nižších řádů.



# Sekundárně homorhizní kořenový systém



crh [koleorhiza](#)

rad [radikula](#)

rc [kořenová čepička](#)

Radikula ve zralém embryu pšenice seté  
(*Triticum aestivum* L.).



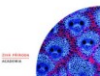
# Sekundárně homorhizní kořenový systém



crh [koleorhiza](#)

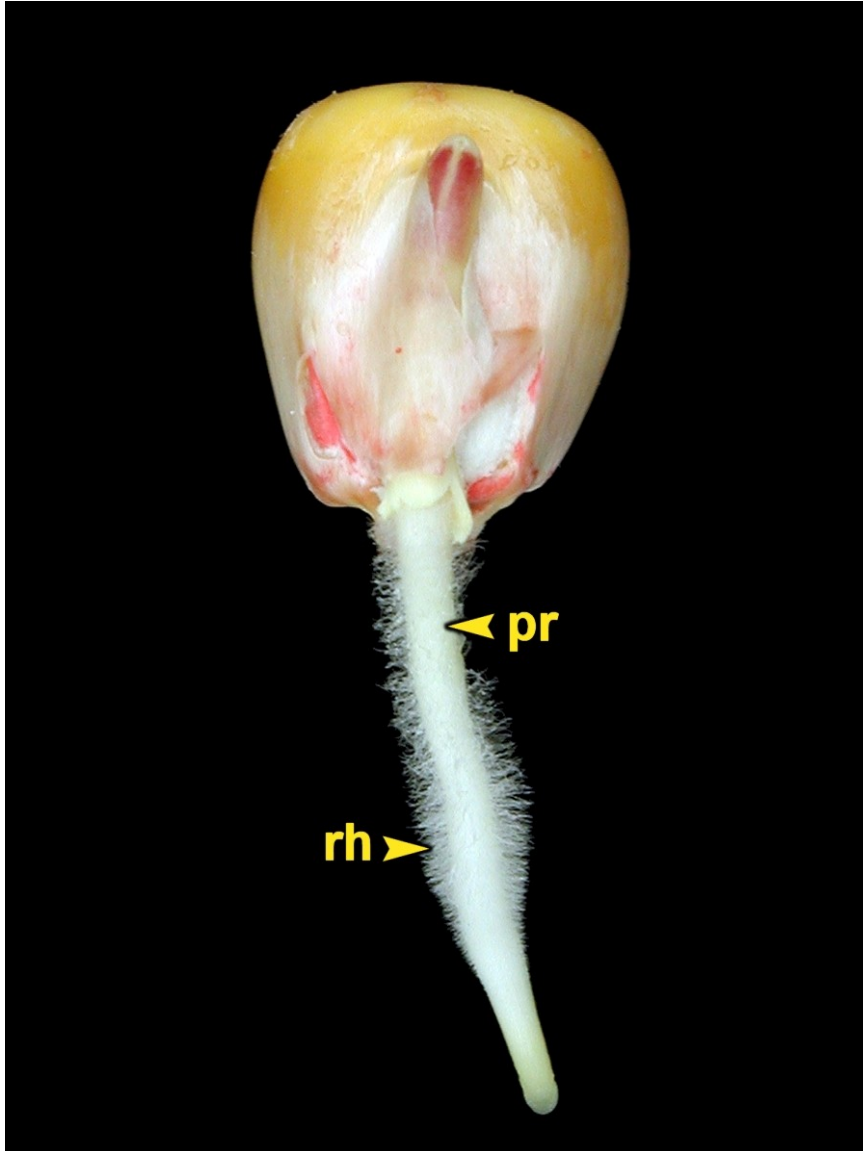
rad [radikula](#)

**Radikula** v obilce kukuřice  
(*Zea mays* L.).



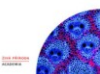


# Sekundárně homorhizní kořenový systém

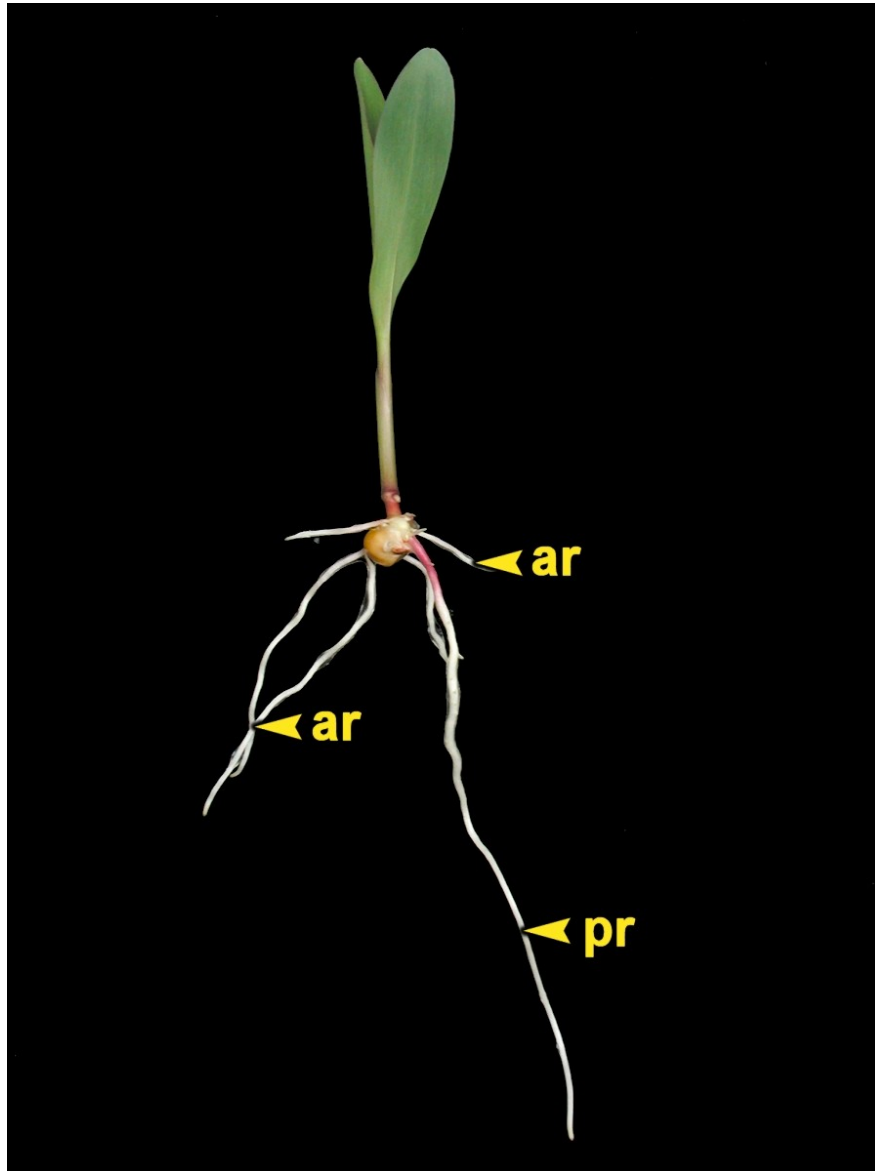


pr primární kořen  
rh kořenový vlásek

**Primární seminální kořen** mladé rostliny kukuřice seté (*Zea mays* L.).



# Sekundárně homorhizní kořenový systém

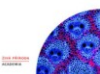


ar [adventivní kořen](#)

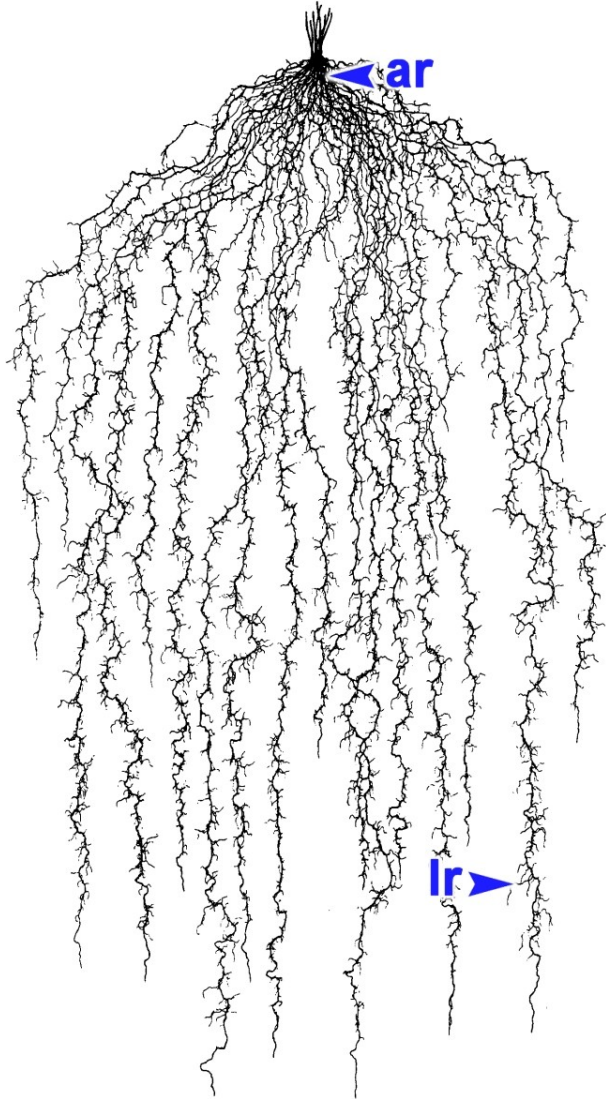
pr [primární kořen](#)

Počáteční fáze vývoje homorhizního kořenového systému, mladá rostlina kukuřice seté (*Zea mays* L.).

**Primární kořen posléze během života rostliny zaniká.**



# Sekundárně homorhizní kořenový systém



ar adventivní kořen

lr boční kořen

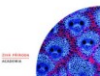
Plně vyvinutý homorhizní kořenový systém  
dospělé rostliny kukuřice seté (*Zea mays* L.).  
Převzato z Wurtzelatlas (Kutschera 1960).

# Homorhizní kořenový systém – vegetativně rozmnožené rostliny

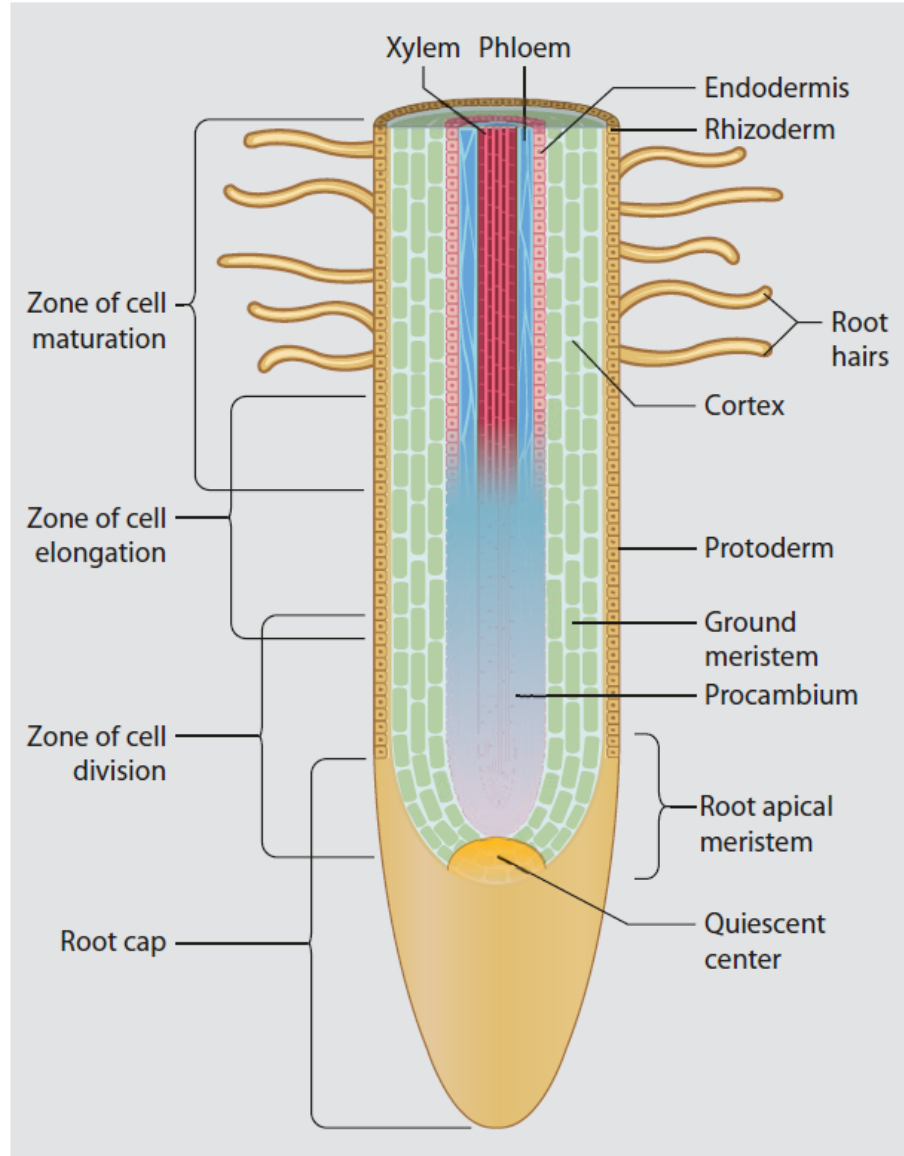


ar [adventivní kořeny](#)

Homorhizní kořenový systém tvořící se na stonkovém řízku pelargonie páskaté (*Pelargonium zonale* (L.) L'Hér. ex Aiton).

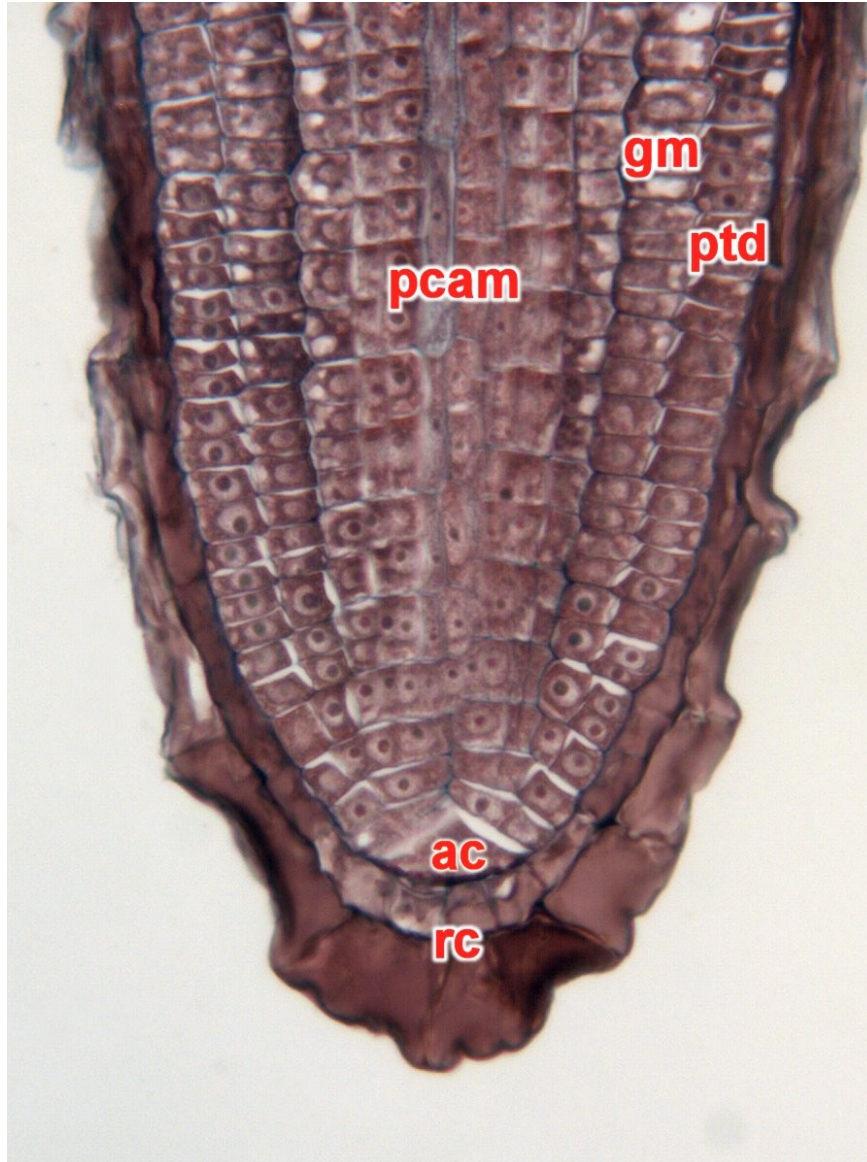






**Fig. 10.3** a Diagram of a root tip. The root cap and three zones of differentiation (division, elongation, and maturation) are labeled to the left. The four meristems (RAM, procambium, ground meristem, and protoderm) are labeled to the lower right. The six mature tissues (cortex, root hairs, rhizodermis, endodermis, xylem, and phloem) are labeled to the top right. (Redrawn from Crang and Vassilyev 2003)

# Primární anatomická stavba kořene – apikální meristém kořene (RAM)



ac apikální buňka  
gm základní meristém  
pcam prokambium  
ptd protoderm  
rc kořenová čepička

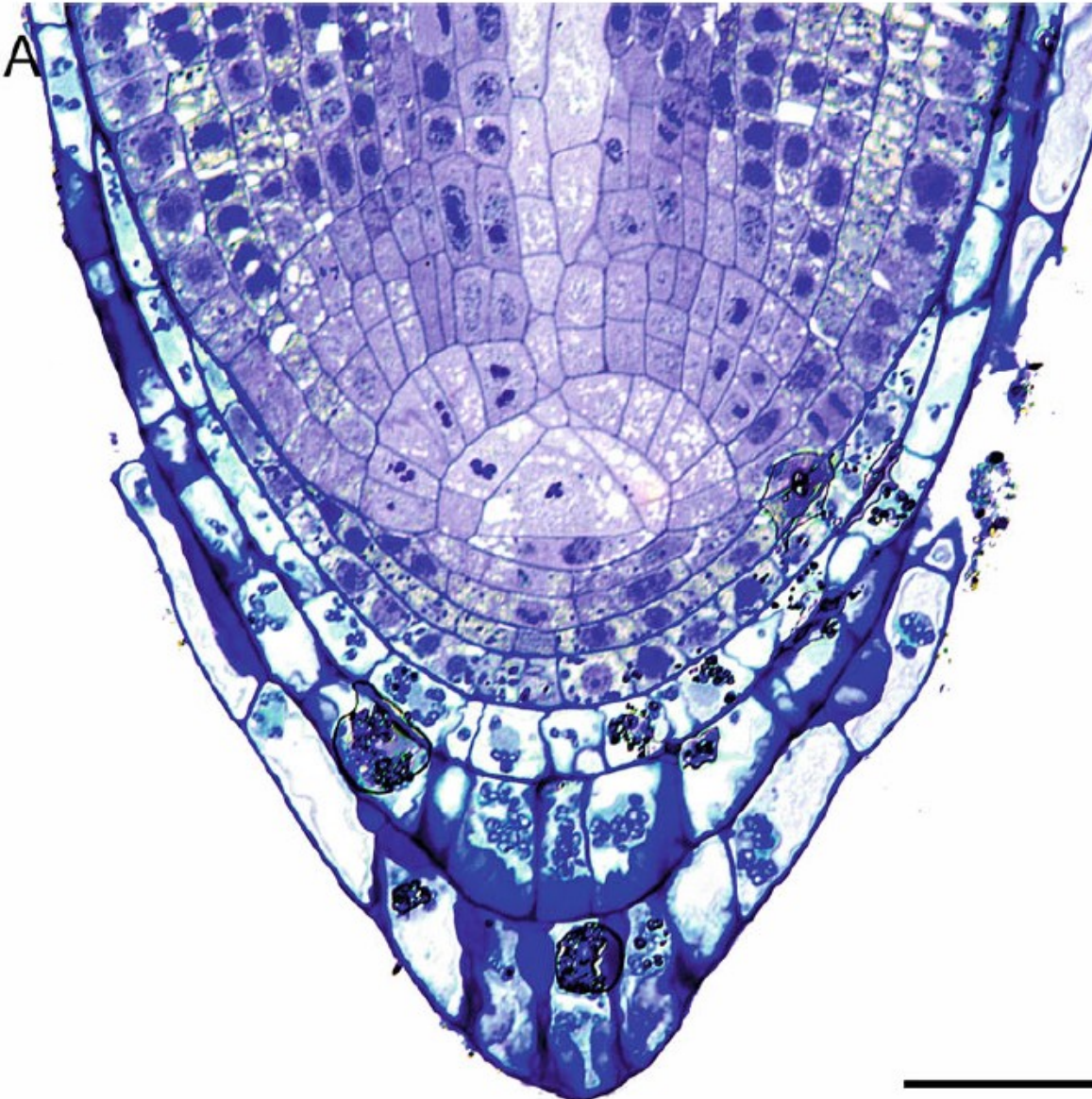
Podélný řez středem vrcholu kořene  
kapradiny rodu *Azolla*.

Výtrusné cévnaté rostliny: jedna  
iniciála (apikální buňka),  
tetragonální tvar





# Primární anatomická stavba kořene – apikální meristém kořene (RAM)



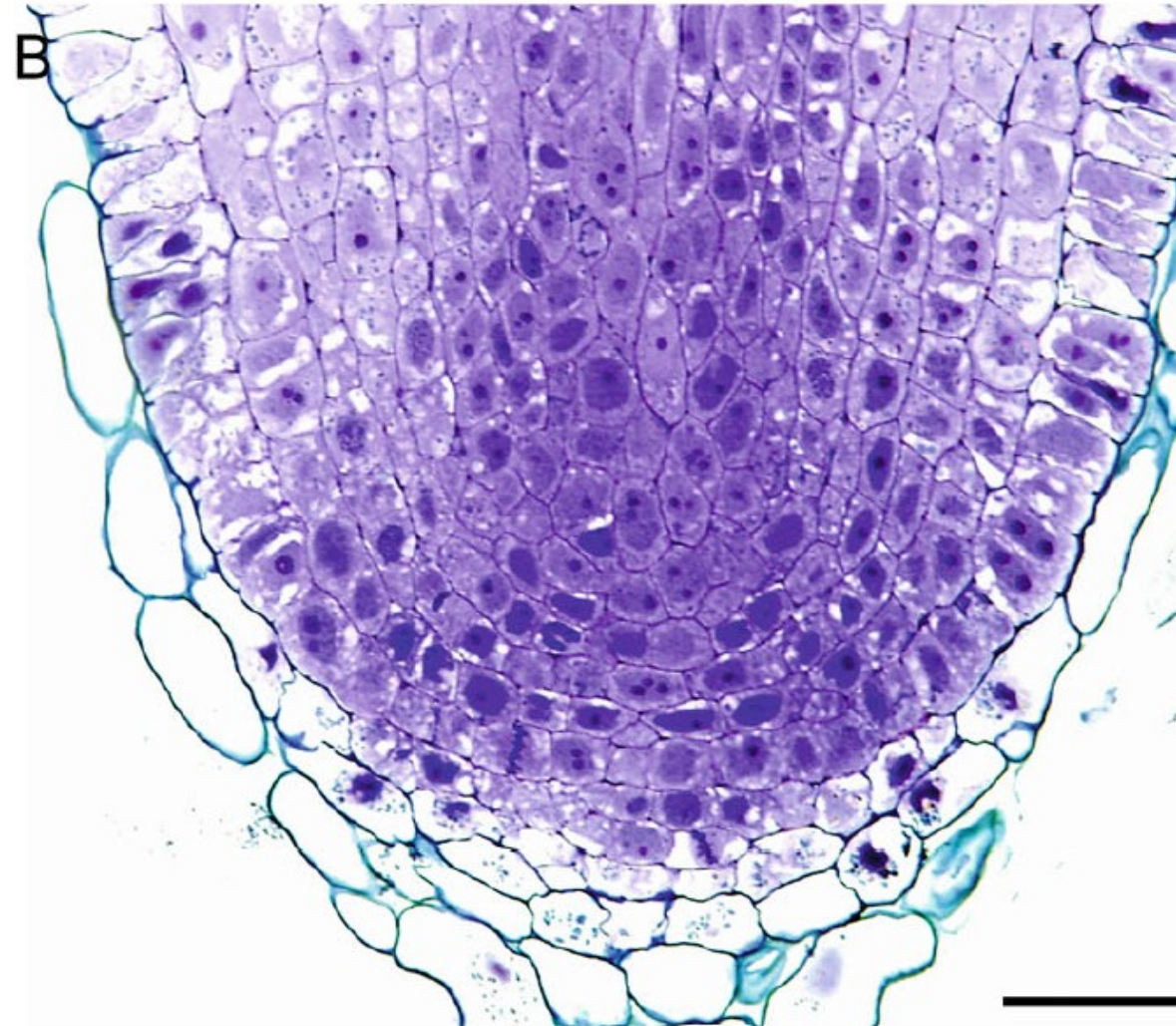
## Structures of fern and lycophyte root apical meristems (RAMs)

Like SAMs, root apical meristem types also vary across vascular plants. However, RAMs show a wider variety of structures than SAMs. Median longitudinal sections of a fern, *Hypolepis punctata* (Thunb.) Mett. ex Kuhn (Dennstaedtiaceae), and a lycophyte, *Huperzia serrata* (Thunb.) Trevis. (Lycopodiaceae), are shown in A and B, respectively.

In *Hypolepis punctata* RAM, the tetrahedral apical cell is very apparent, and merophytes of different size are regularly arranged around the apical cell, indicating that all cells of the root, including root cap cells are derived from the apical cell (A). In contrast, *Huperzia serrata* RAM have a layered organization rather than a single apical cell (B). It appears that the epidermis, cortex, central cylinder, and root cap have independent initial cells.



# Primární anatomická stavba kořene – apikální meristém kořene (RAM)



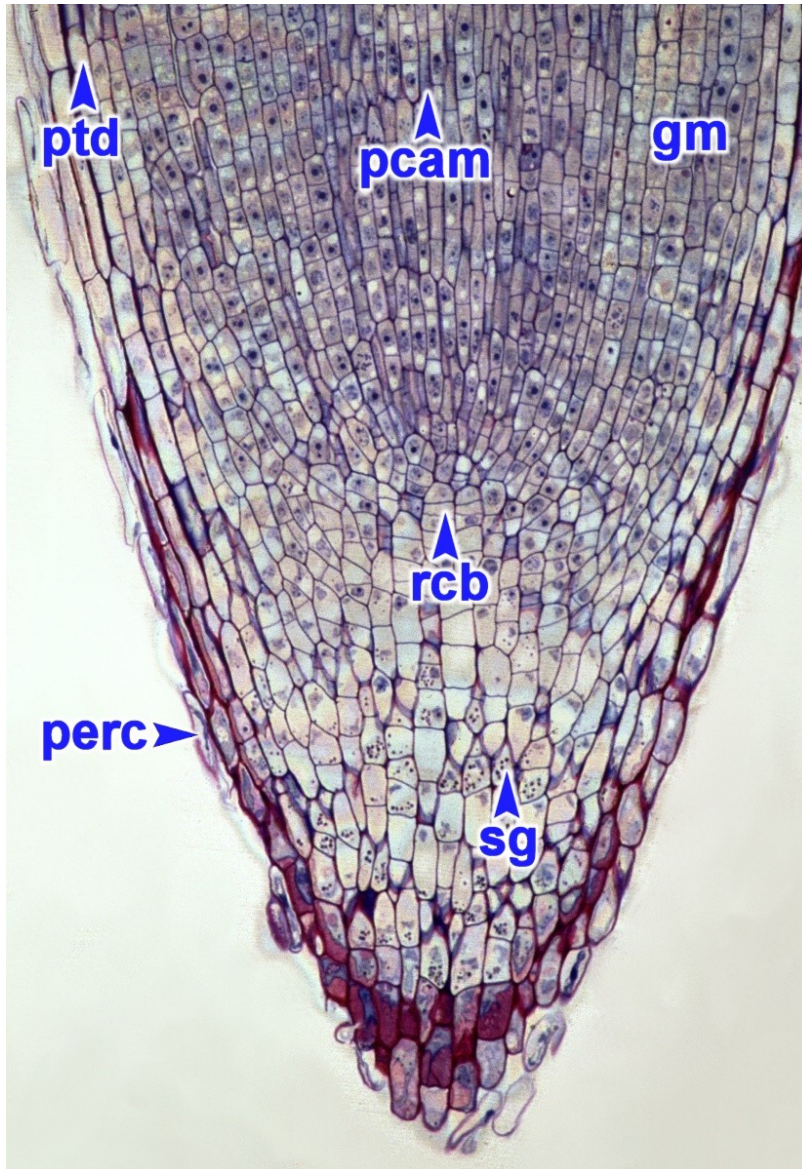
## Structures of fern and lycophyte root apical meristems (RAMs)

Like SAMs, root apical meristem types also vary across vascular plants. However, RAMs show a wider variety of structures than SAMs. Median longitudinal sections of a fern, *Hypolepis punctata* (Thunb.) Mett. ex Kuhn (Dennstaedtiaceae), and a lycophyte, *Huperzia serrata* (Thunb.) Trevis. (Lycopodiaceae), are shown in A and B, respectively.

In *Hypolepis punctata* RAM, the tetrahedral apical cell is very apparent, and merophytes of different size are regularly arranged around the apical cell, indicating that all cells of the root, including root cap cells are derived from the apical cell (A). In contrast, *Huperzia serrata* RAM have a layered organization rather than a single apical cell (B). It appears that the epidermis, cortex, central cylinder, and root cap have independent initial cells.



# Primární anatomická stavba kořene – otevřený typ RAM



gm [základní meristém](#)

pcam [prokambium](#)

perc [hraniční buňky](#)

ptd [protoderm](#)

rcb hranice [kořenové čepičky](#)

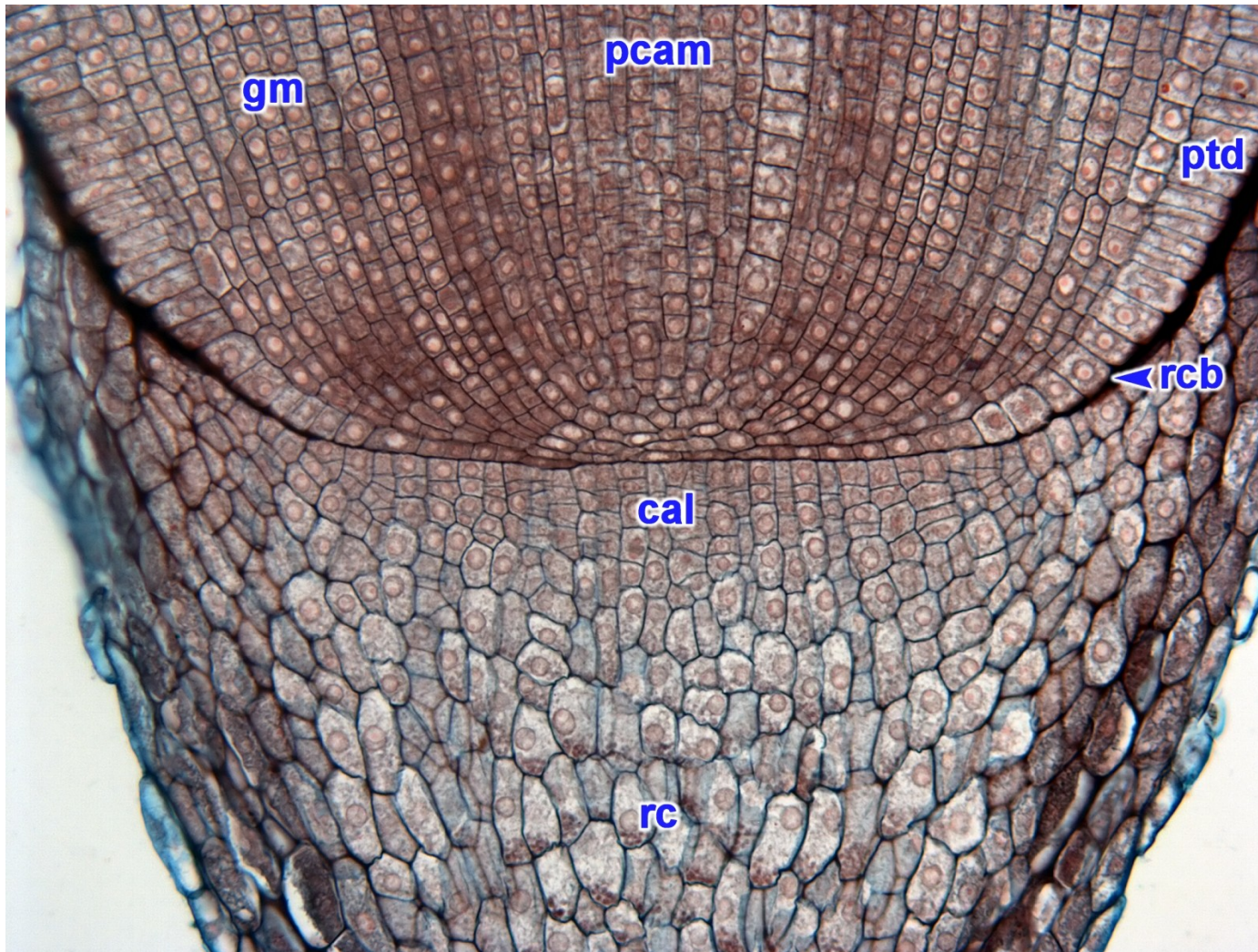
sg [škrobová zrna](#)

Apikální meristém kořene hrachu setého (*Pisum sativum* L.) - **otevřený typ apikálního meristému.**

Není zřetelná hranice mezi vlastním kořenem a kořenovou čepičkou.



# Primární anatomická stavba kořene – uzavřený typ RAM

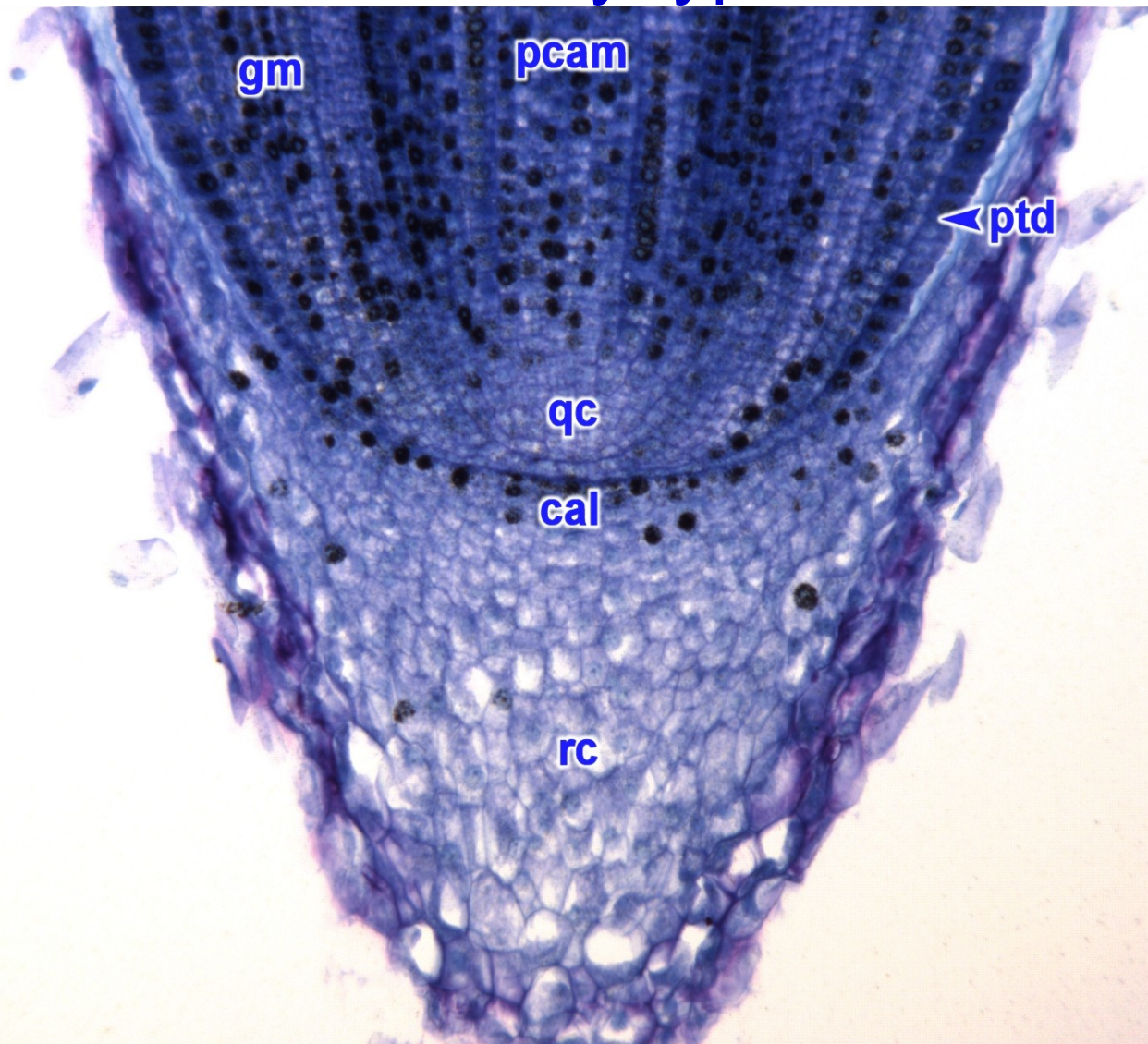


cal [kalyptrogen](#)  
gm [základní meristém](#)  
pcam [prokambium](#)  
ptd [protoderm](#)  
rc [kořenová čepička](#)  
rcb hranice [kořenové čepičky](#)

Podélný řez středem vrcholu kořene kukuřice seté (*Zea mays* L.) - **uzavřený typ apikálního meristému** = zřetelně oddělená kořenová čepička od vlastního kořene.



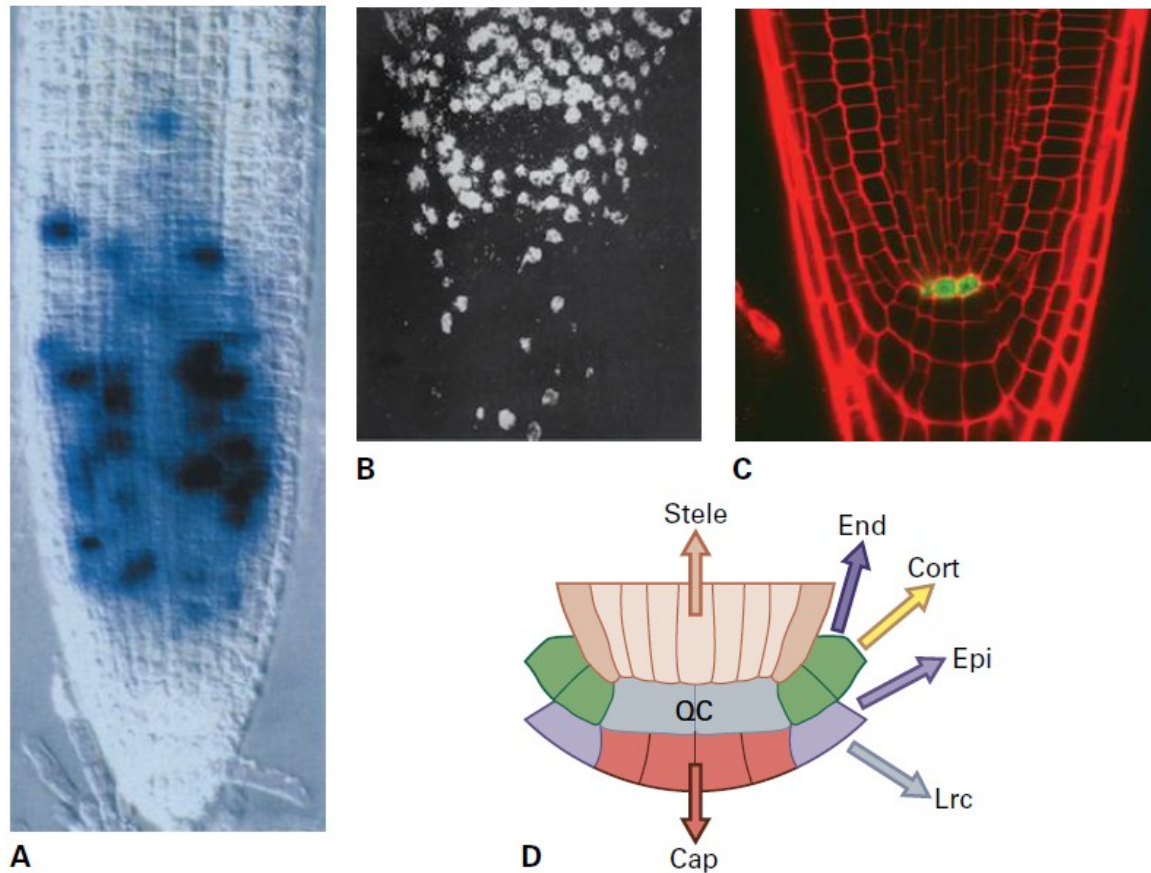
# Primární anatomická stavba kořene – uzavřený typ RAM + QC



cal [kalyptrogen](#)  
gm [základní meristém](#)  
pcam [prokambium](#)  
ptd [protoderm](#)  
rc [kořenová čepička](#)  
qc [klidové centrum](#)

Podélný řez středem vrcholu kořene kukuřice seté (*Zea mays* L.) - uzavřený typ apikálního meristému. Aktivně mitoticky se dělící buňky jsou označeny inkorporací radioaktivně značeného prekursoru DNA (černě zbarvená jádra). S poděkováním L. Feldman, UC Davis, Berkeley, USA.

# Apikální meristém kořene – klidové centrum (QC)



**FIGURE 11.27** Mitotic activities in the root apical meristem. (A) A longitudinal section through the root apex of Arabidopsis, as viewed by light microscopy. Patterns of mitotic activity are visualized by the activity of a CYCLIN–GUS fusion protein produced exclusively in mitotic cells. (B) Patterns of DNA synthesis in growing Arabidopsis roots. Roots were grown in a solution of radioactive thymidine, which was incorporated into the newly synthesized DNA. The longitudinal section was exposed to a photographic emulsion, and white spots represent cells with newly synthesized DNA. Reduced cell proliferation can be seen in the quiescent center (QC), the dark void in the center of the root. (C) A promoter:GFP reporter line highlighting cells of the root QC (green). (D) Organization of the root stem cell niche. Arrows indicate how stem cell division produces regular vertical files of cells. Above and around the QC are the stem cells for the root tissues: lateral root cap (Lrc, purple) and epidermis (Epi, purple), cortex (Cort, green) and endodermis (End, green), pericycle (dark brown) and vascular tissue (light brown). Below are the stem cells for the central portion of the root cap (pink).

Source: (A) Colón-Carmona et al. (1999). *Plant J.* 20:503–508. (B) O'Brien & McCully (1969). *Plant Structure and Development—A Pictorial and Physiological Approach*. Macmillan, New York.



# Primární anatomická stavba kořene – kořenová čepička

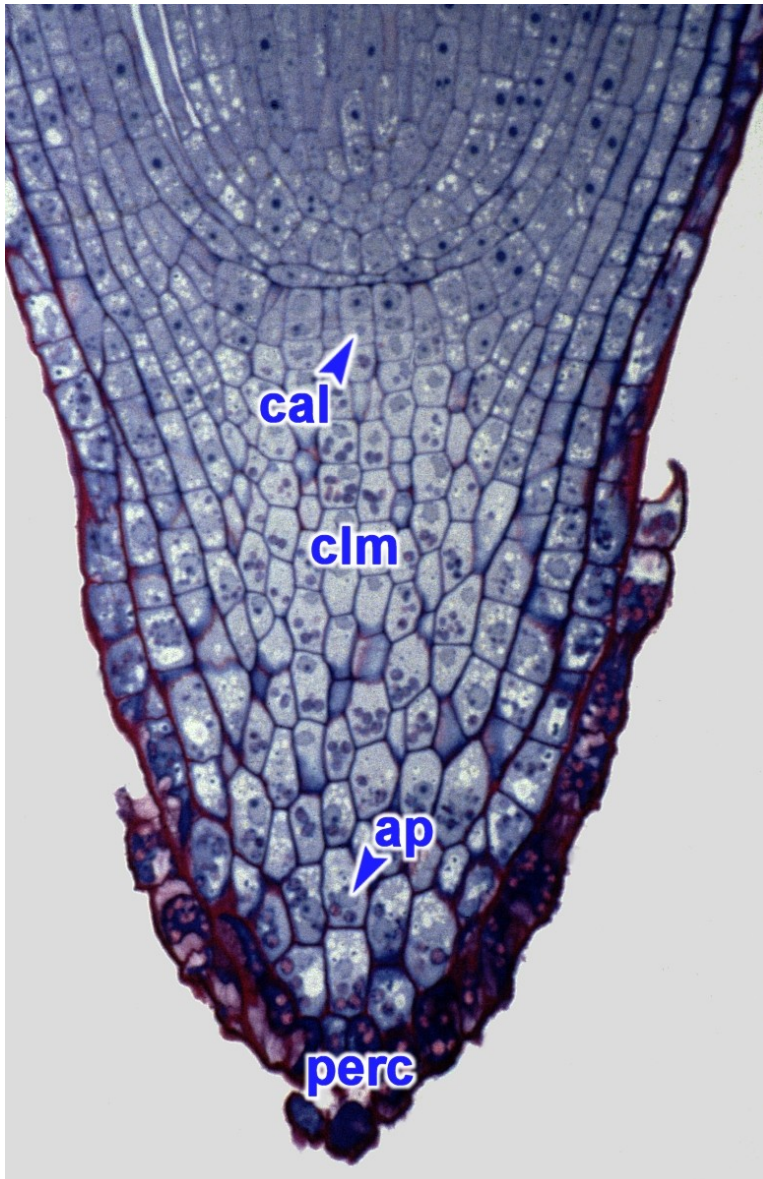


mu [mucigel](#)  
perc [hraniční buňky](#)  
rc [kořenová čepička](#)

Špičky seminálních kořenů kukuřice seté (*Zea mays* L.). Kořenové čepičky produkují **mucigel** a oddělují hraniční buňky.

Exocytózou z veziklů GA.

# Primární anatomická stavba kořene – kořenová čepička



ap [amyloplast](#)  
cal [kalyptrogen](#)  
clm [sloupek](#)  
perc [hraniční buňky](#)

Podélný mediánový řez kořenovou špičkou lilku rajčete (*Solanum lycopersicum* L.).

**Sloupek** tvořený **statocyty** obsahujícími **statolity** je místem zajišťujícím pozitivně gravitopický růst kořene.

ER –  $\text{Ca}^{2+}$  - polární transport auxinu PIN proteiny – omezení prodlužování buněk kořene v místě zvýšené koncentraci auxinu



GRAVITY SENSING AND SIGNAL TRANSDUCTION IN  
VASCULAR PLANT PRIMARY ROOTS<sup>1</sup>

KATHERINE L. BALDWIN, ALLISON K. STROHM, AND PATRICK H. MASSON<sup>2</sup>

Laboratory of Genetics and Program of Cellular and Molecular Biology, University of Wisconsin-Madison, 425G Henry Mall,  
Madison, Wisconsin 53706 USA

During gravitropism, the potential energy of gravity is converted into a biochemical signal. How this transfer occurs remains one of the most exciting mysteries in plant cell biology. New experiments are filling in pieces of the puzzle. In this review, we introduce gravitropism and give an overview of what we know about gravity sensing in roots of vascular plants, with special highlight on recent papers. When plant roots are reoriented sideways, amyloplast resedimentation in the columella cells is a key initial step in gravity sensing. This process somehow leads to cytoplasmic alkalization of these cells followed by reallocation of auxin efflux carriers (PINs). This changes auxin flow throughout the root, generating a lateral gradient of auxin across the cap that upon transmission to the elongation zone leads to differential cell elongation and gravibending. We will present the evidence for and against the following players having a role in transferring the signal from the amyloplast sedimentation into the auxin signaling cascade: mechanosensitive ion channels, actin, calcium ions, inositol trisphosphate, receptors/ligands, ARG1/ARL2, spermine, and the TOC complex. We also outline auxin transport and signaling during gravitropism.

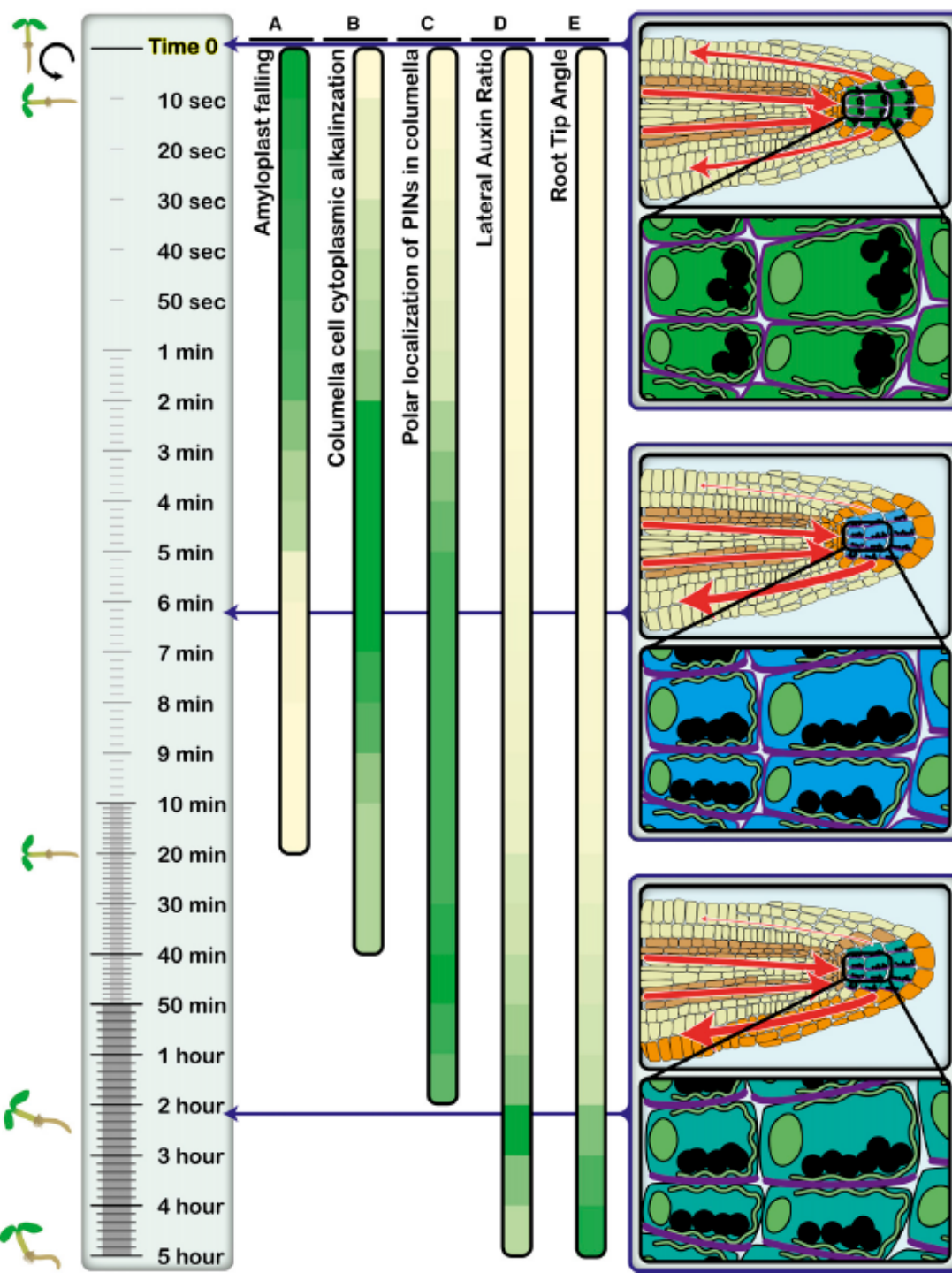
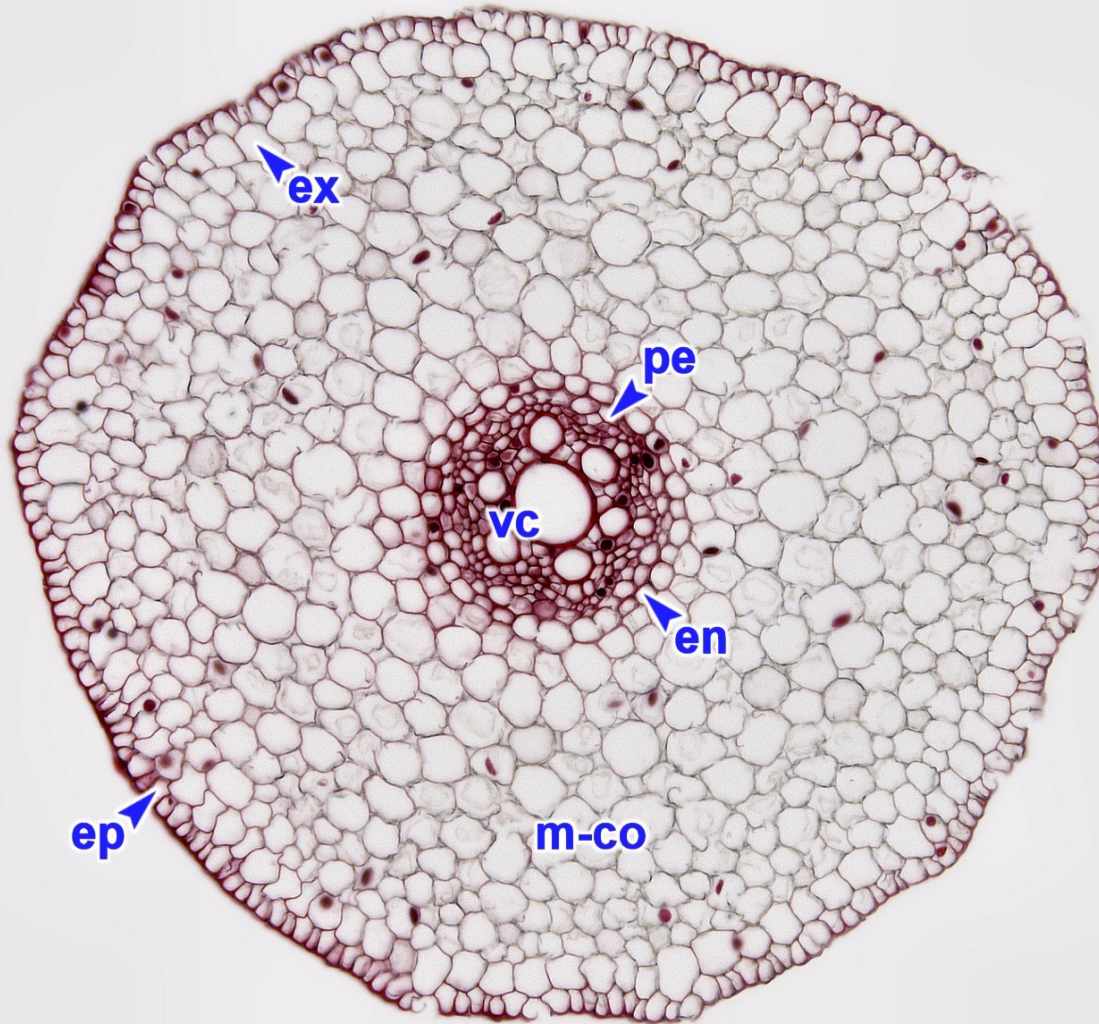


Fig. 2. Flow of events following gravistimulation of an *Arabidopsis* root. The top of the figure shows time zero when the seedling is rotated 90°. Note that the time scale is nonlinear. The heat-map ribbons depict the degree of change of the listed parameters. The sources that inspired these generalizations are cited: (A) Distance of the top amyloplast from the new bottom of the cell in Wassilewskija *Arabidopsis* (Stanga et al., 2009; fig. 6C). (B) Columella cell pH as visualized by injection of a pH sensitive dye (Fasano et al., 2001; fig. 5E). This cytoplasmic pH change is accompanied by an extracellular apoplastic pH change not shown here (Fasano et al., 2001; Monshausen et al., 2011). (C) PIN3 or PIN7 was scored on its polar vs. nonpolar localization from various sources. The early time points were inspired by fig. 5 of Friml et al., 2002b), who used antibodies to localize PIN3. The later points were inspired by fig. 1 of Kleins-Vehn et al. (2010), who used GFP fusions to PIN3 and PIN7, and also by fig. 3 of Harrison and Masson, 2008b), who used a PIN3 antibody. (D) Auxin concentration was indirectly measured using the DIL-VENUS reporter from Band et al. (2012). The heat ribbon illustrates the fluorescence ratio between the upper and lower sides of a gravistimulated root as shown in fig. 3B of Band et al. (2012). (E) Root tip angle was inspired by Lewis et al. (2007; fig. 7A). Note that the rate of root curvature is extremely variable depending on experimental conditions. Root insets: Flow of auxin according to the reverse fountain model (Swarup and Bennett, 2003) is shown in vermilion arrows. Thicker arrows indicate more flow. The relative auxin concentration in cells is shown in orange. Columella cells of the root tip are shown in green. Amyloplasts are shown as black circles. The nuclei and ER are shown in lighter green. The localization of PIN3 and PIN7 are diagrammed as a purple outline on the plasma membrane of the columella cells. The alkalization of the cytoplasm of the columella cells is diagrammed as blue.

# Primární anatomická stavba kořene – diferencovaná trvalá pletiva



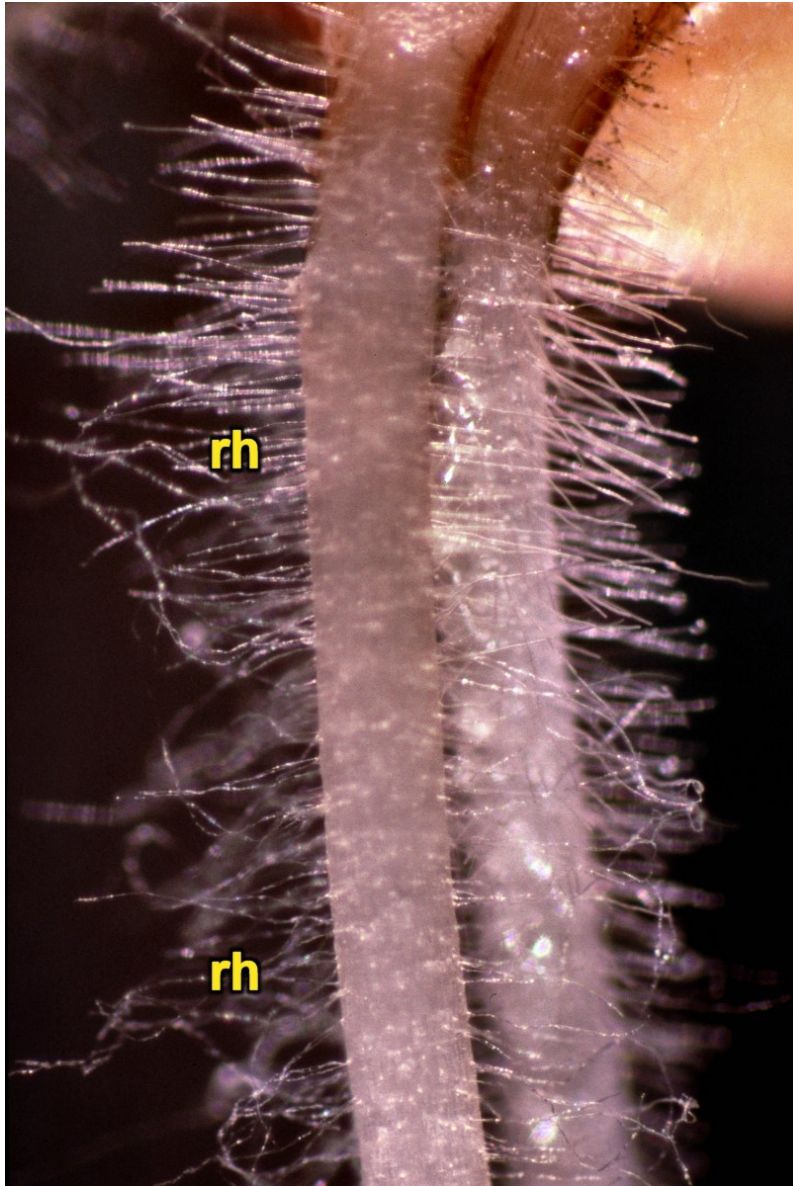
- en [endodermis](#)
- ep [pokožka](#)
- ex [exodermis](#)
- m-co [střední kortex](#)
- pe [pericykl](#)
- vc [střední válec](#)

Příčný řez adventivním kořenem česneku cibule (*Allium cepa* L.).

základní zonace:  
**krycí pletiva –  
primární kůra –  
střední válec**

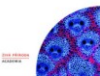


# Primární anatomická stavba kořene – rhizodermis

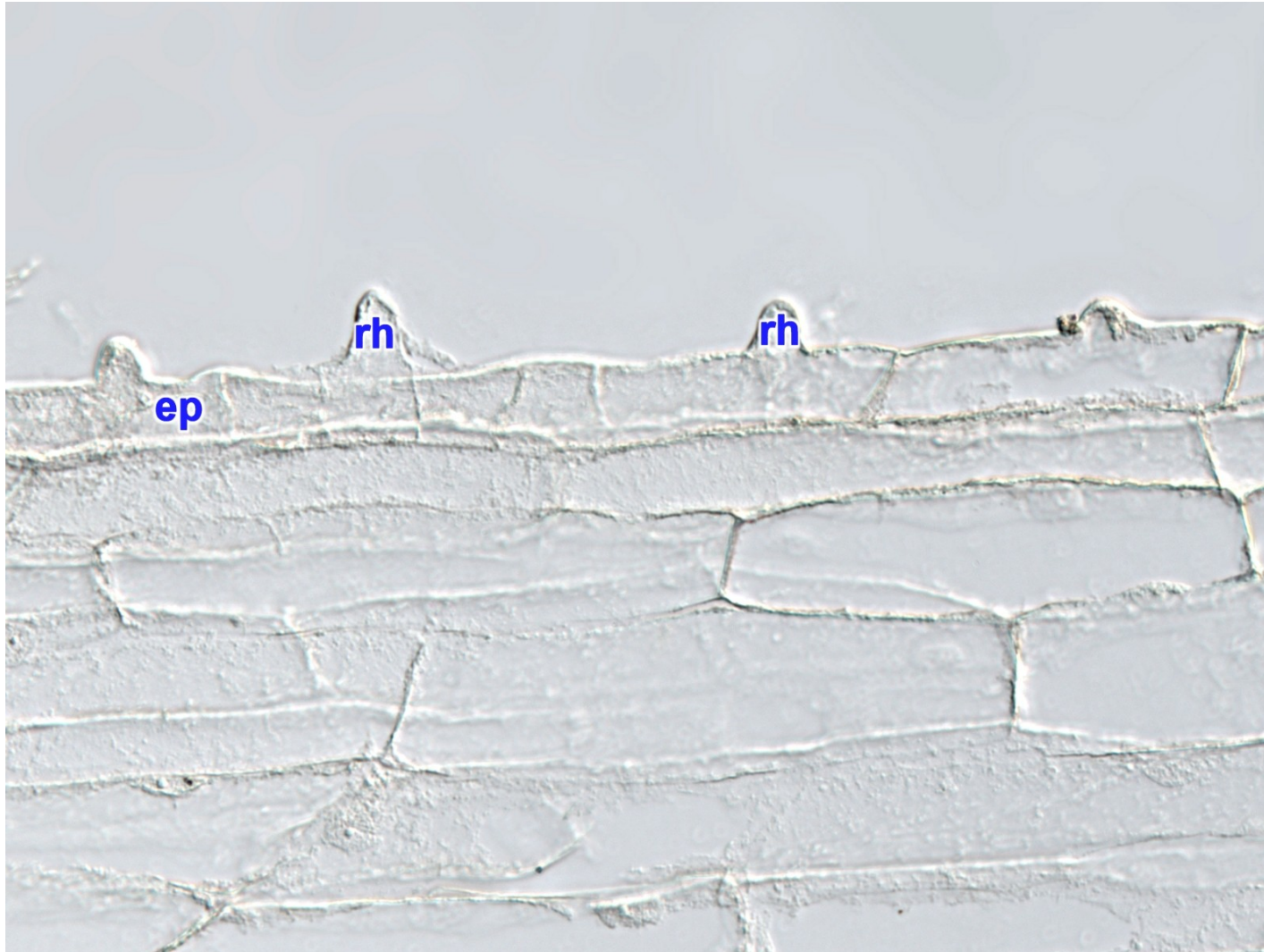


rh kořenové vlásky

Kořenové vlásky na seminálním primárním kořeni pšenice seté (*Triticum aestivum* L.).

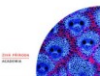


# Primární anatomická stavba kořene – rhizodermis



ep [pokožka](#)  
rh [kořenový vlásek](#)

Formování  
kořenových vlásků  
poblíž vrcholu  
kořene jabloně  
domácí (*Malus  
domestica* Borkh.).





# Primární anatomická stavba kořene – rhizodermis



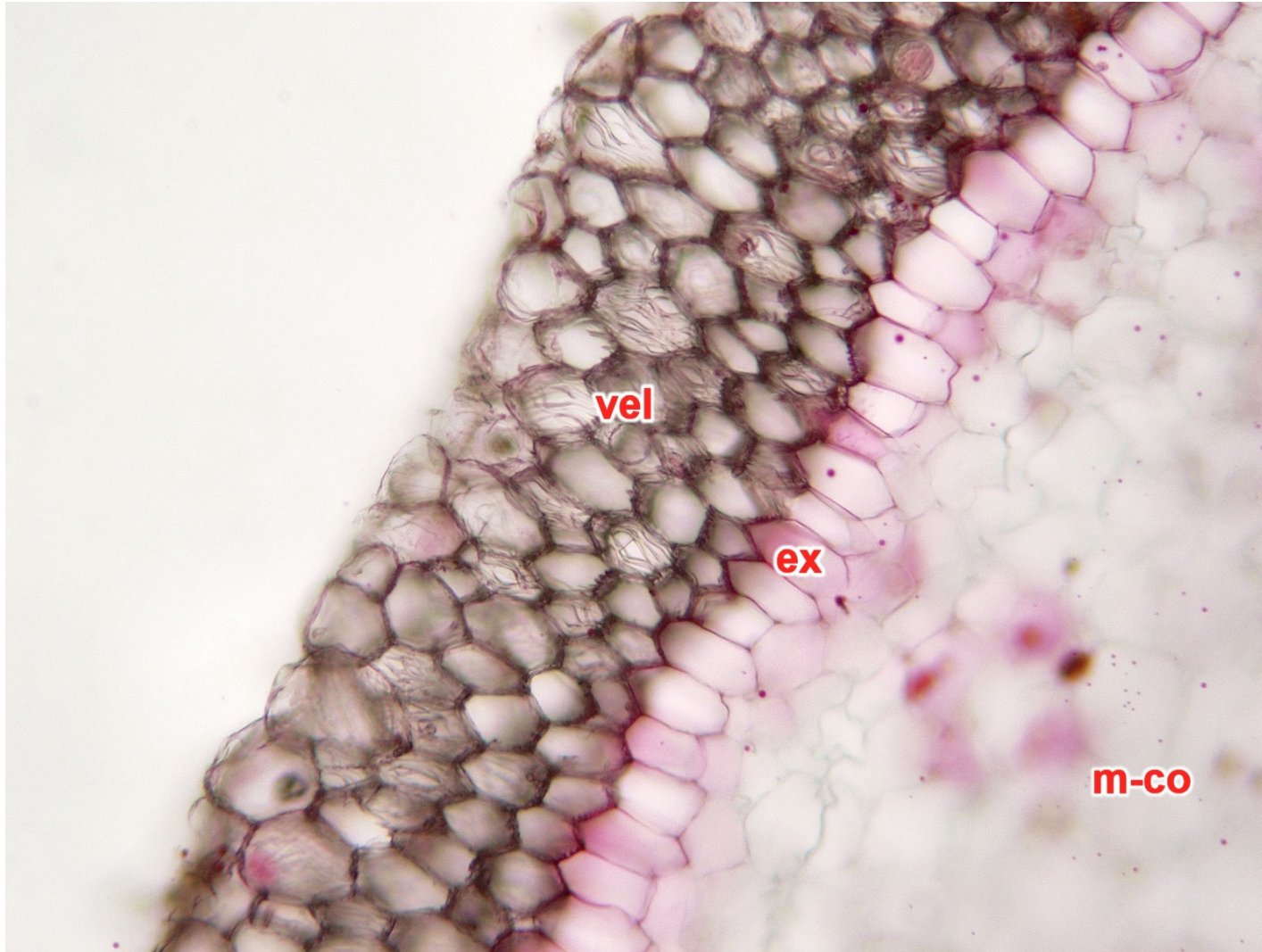
rh kořenové vlásky

Kořenové vlásky na  
kořeni *Fouquieria  
splendens* Engelm.





# Primární anatomická stavba kořene – velamen

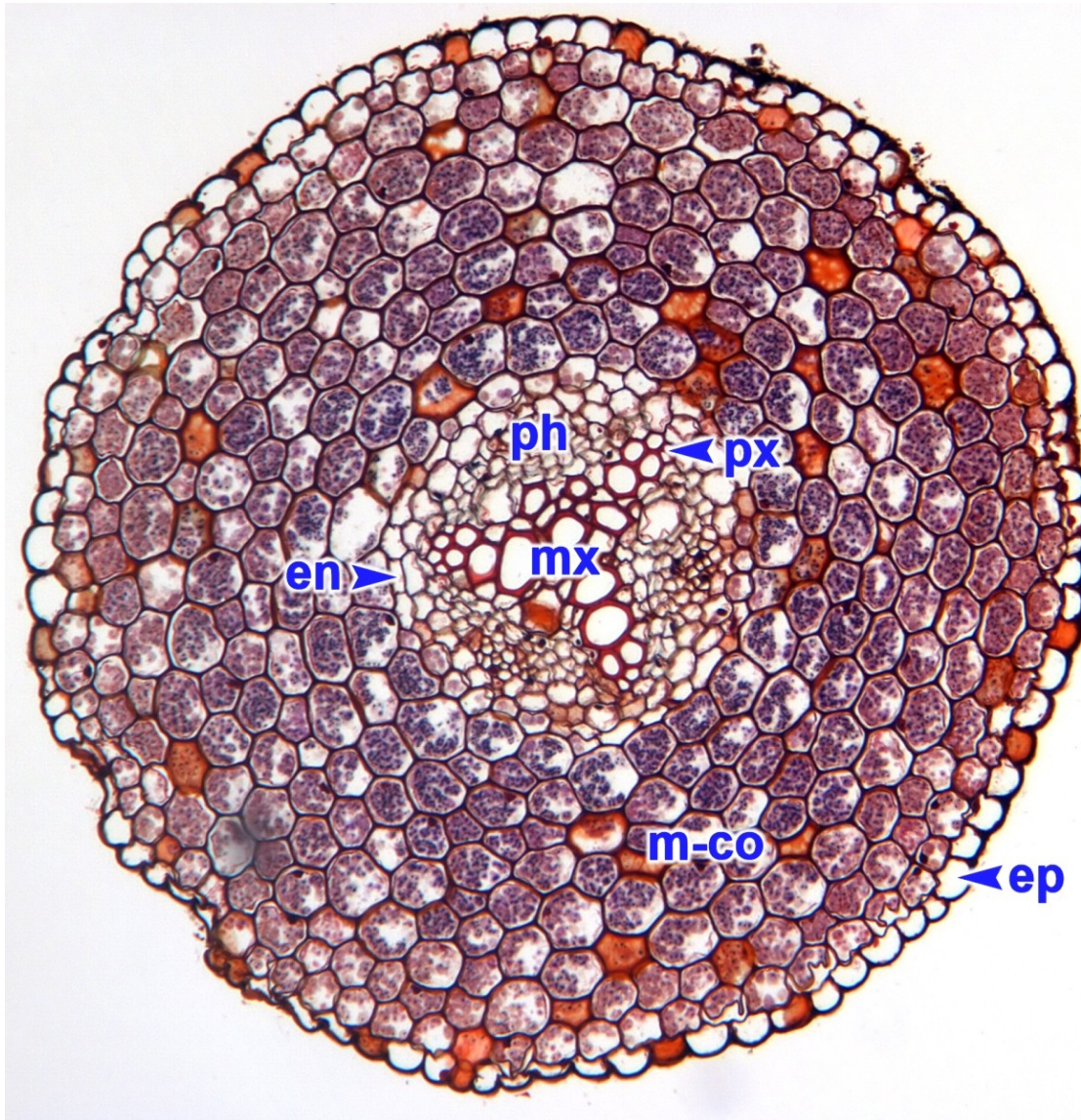


ex [exodermis](#)  
m-co [střední kortex](#)  
vel [velamen](#)

Vícevrstvá pokožka  
(velamen) na povrchu  
kořene řemenatky  
(*Clivia nobilis* Lindl.).



# Primární anatomická stavba kořene – primární kůra (kortex)

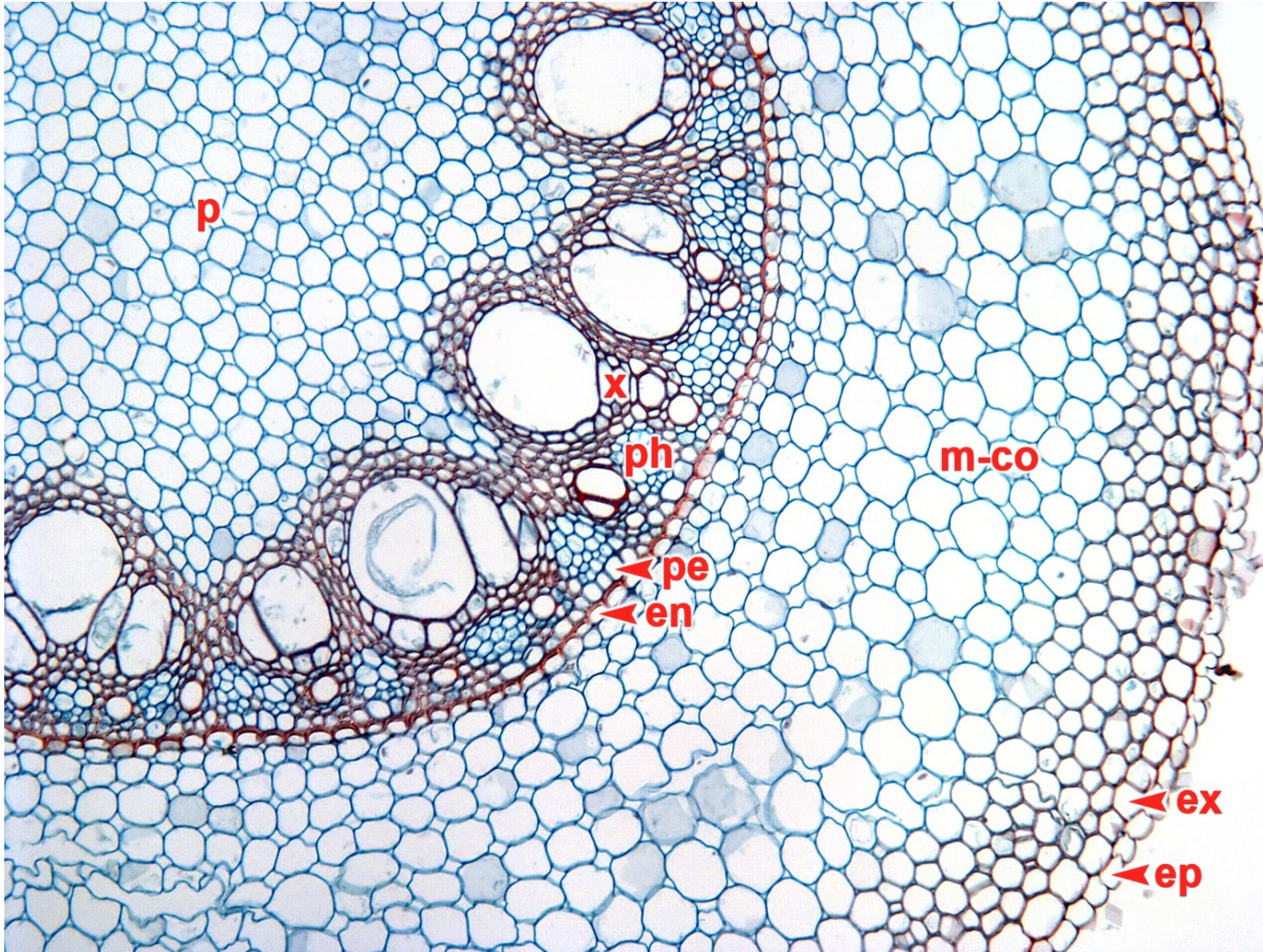


- en [endodermis](#)
- ep [pokožka](#)
- m-co [střední kortex](#)
- mx [metaxylém](#)
- ph [floém](#)
- px [protoxylém](#)

Příčný řez kořenem samorostlíku  
bílého (*Actaea pachypoda* Elliot).



# Primární anatomická stavba kořene – primární kůra (kortex)

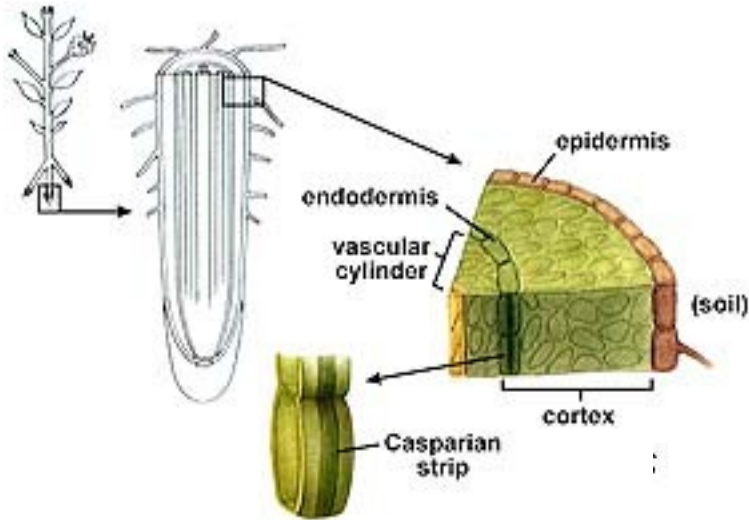


en [endodermis](#)  
ep [pokožka](#)  
ex [exodermis](#)  
m-co [střední  
kortex](#)  
p [dřeň](#)  
pe [pericykl](#)  
ph [floém](#)  
x [xylém](#)

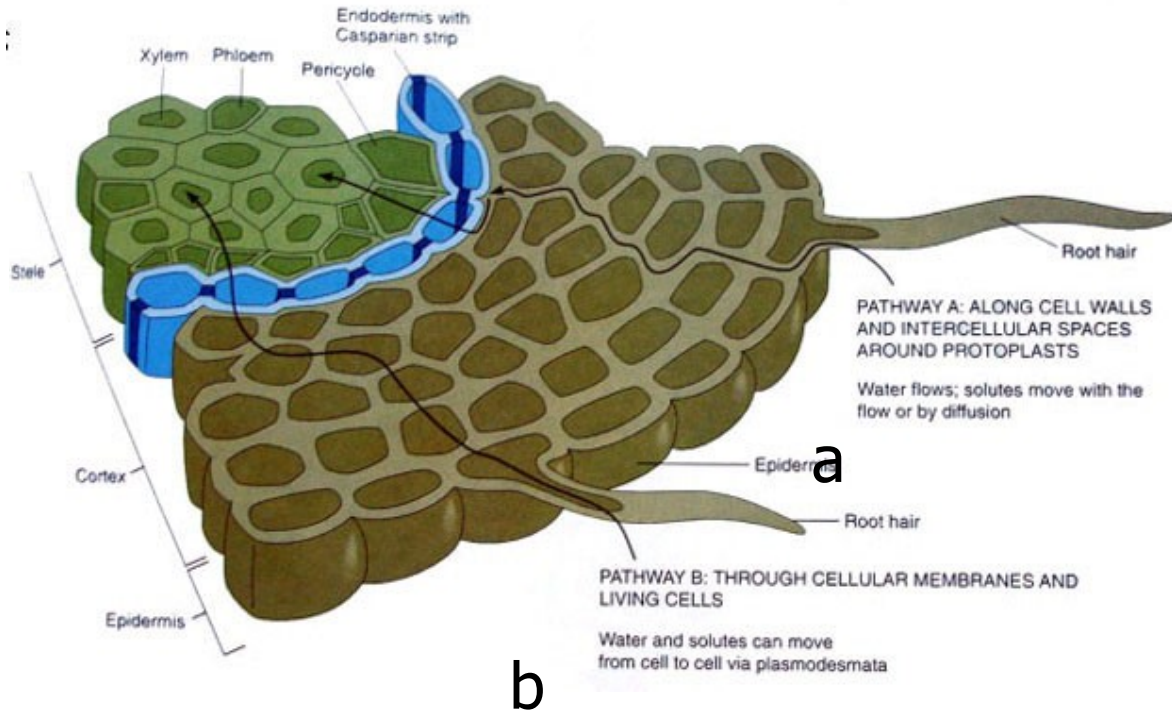
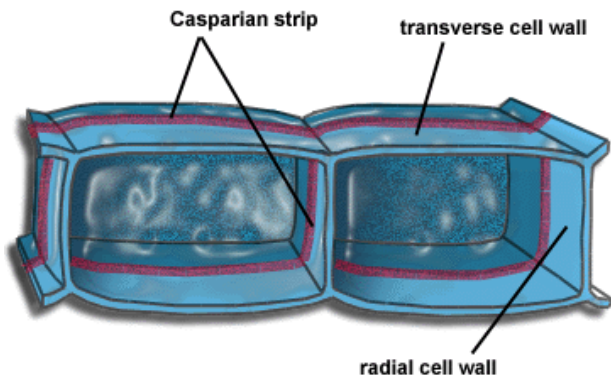
Příčný řez  
adventivním  
kořenem  
kukuřice seté  
(*Zea mays* L.).



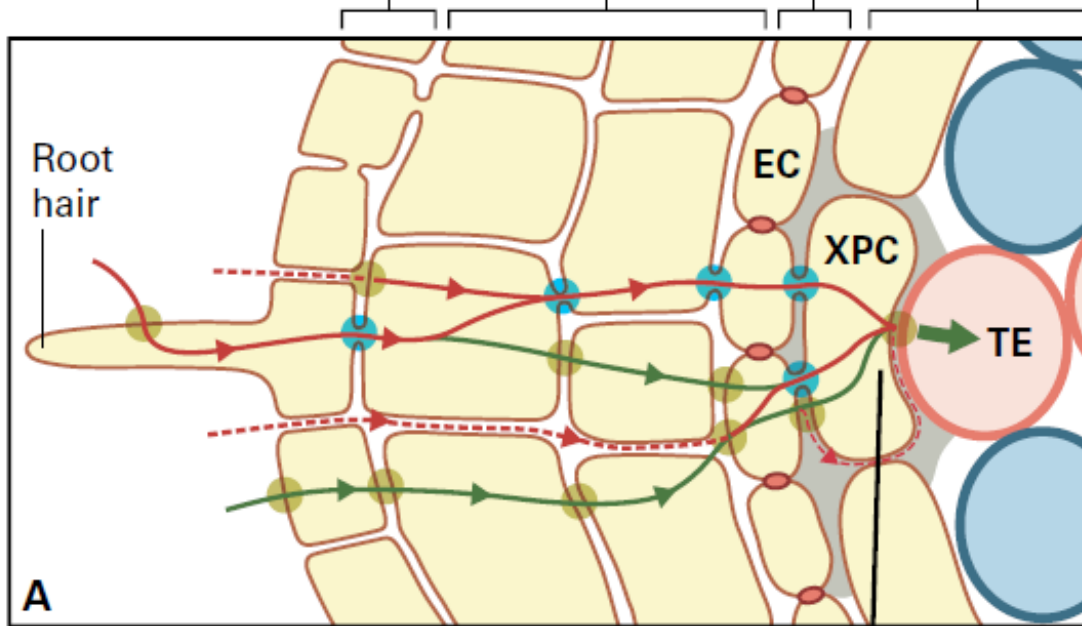
# Primární anatomická stavba kořene – endodermis



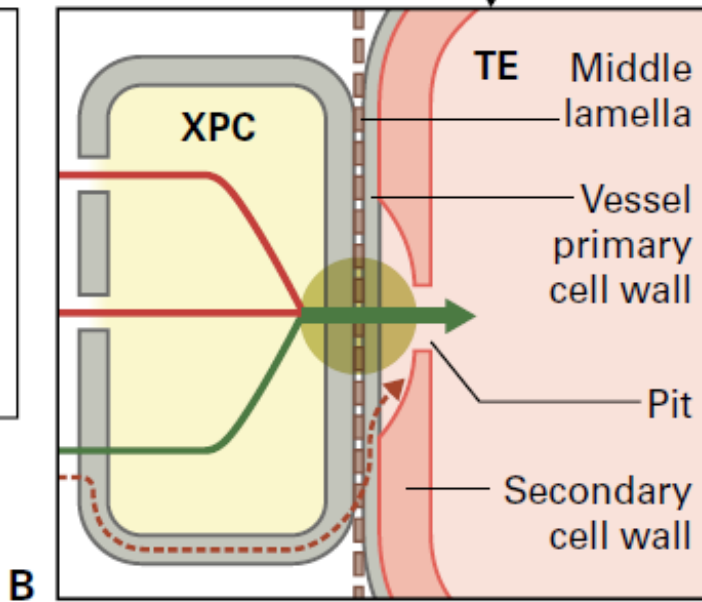
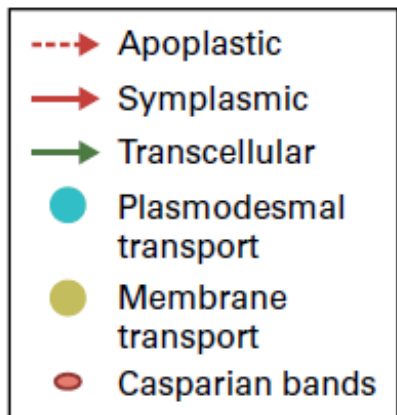
- a) apoplastický transport
- b) symplazmický transport



Epidermis    Cortex    End.    Stele



**FIGURE 15.10** Pathways of xylem loading of nutrients and water. (A) Stylized transverse section of a root showing root hair, epidermis, cortex, endodermis (End.) and stele. Pathways of nutrient and water movement across the root are indicated as well as key transport steps through plasmodesmata and plasma membranes. **At the endodermis, Casparian bands block apoplastic nutrient transport.** Hence nutrient movement must cross plasma membranes of each endodermal cell (EC) and pass to the stele via the symplasm or transcellularly, or once effluxed from endodermal cells via the apoplast. (B) Xylem parenchyma cells (XPC) load xylem tracheary elements (TE) through half-bordered pits where there is a concentration of membrane transporters.



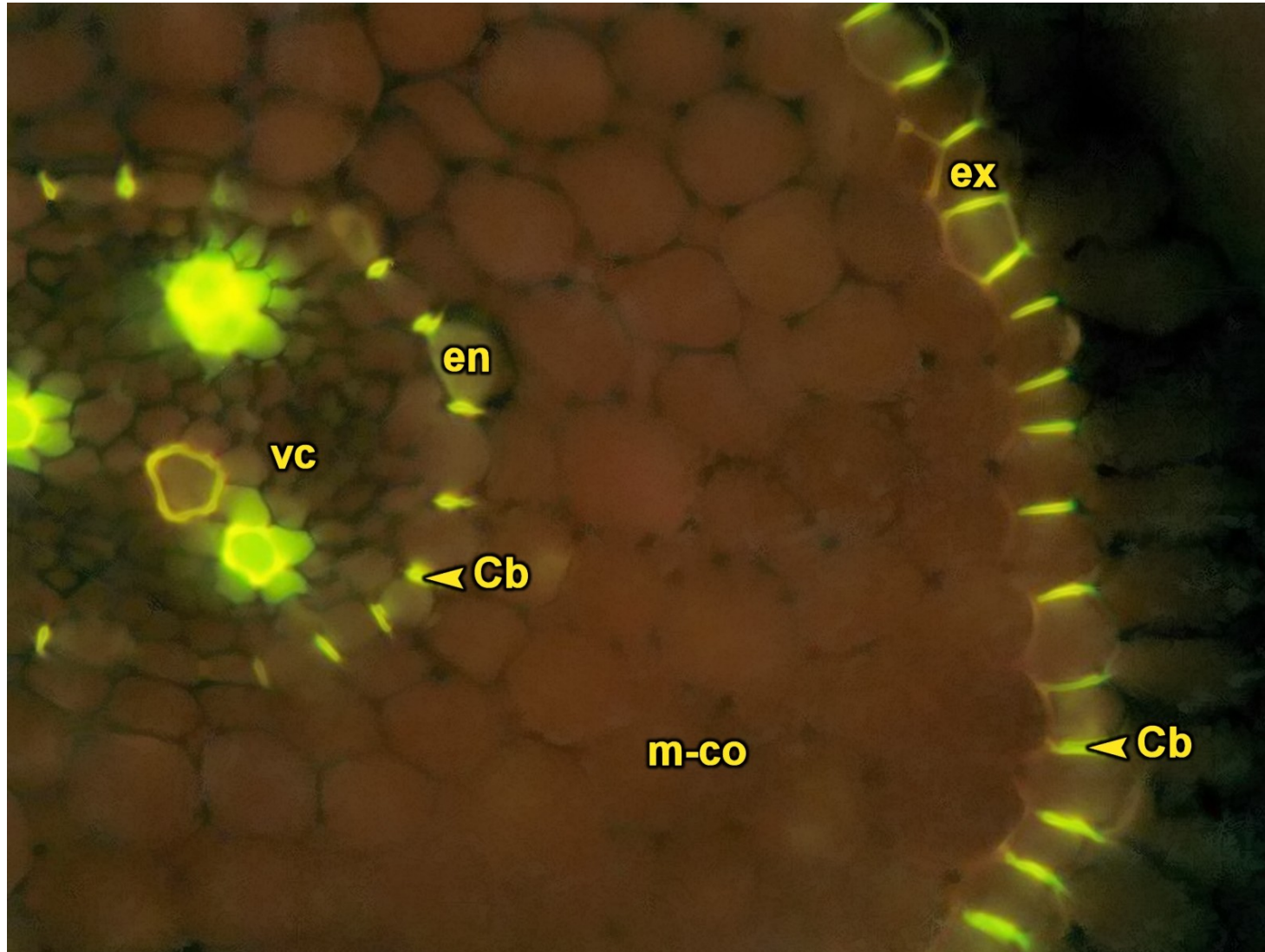
# Primární anatomická stavba kořene – endodermis v I. etapě vývinu

- Johann Xaver Robert Caspary 1865
  - Casparyho proužky/Casparian strip (band)
    - CP = I. etapa vývinu endodermis
    - **depozice lignosuberinu do primární neztloustlé BS**
    - approx. 1/3 délky antiklinálních BS
    - plazmalema (PM) lokálně bez plazmodezmat
    - odlišné domény PM na centrální (ke stéle přilehlé) a periferní straně
    - CP oddělují apoplastický prostor ve stéle od apopl. prostoru kortexu (kořenový vztlak, plnění floému, odstraňování kavitace xylému)
    - ochrana proti patogenům a herbivorům
    - pásková plazmolýza
      - „ukotvení“ PM k BS v místě CP - “Casparian strip membrane domain - CSD” – “zone of protein exclusion ”
      - CASP1-5 (Casparian Strip membrane domain Protein) – přesná lokalizace do CSD, raný marker tvorby CSD a CP



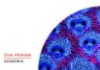
# Primární anatomická stavba kořene – kortex

- endodermis, I. etapa, Casparyho proužky

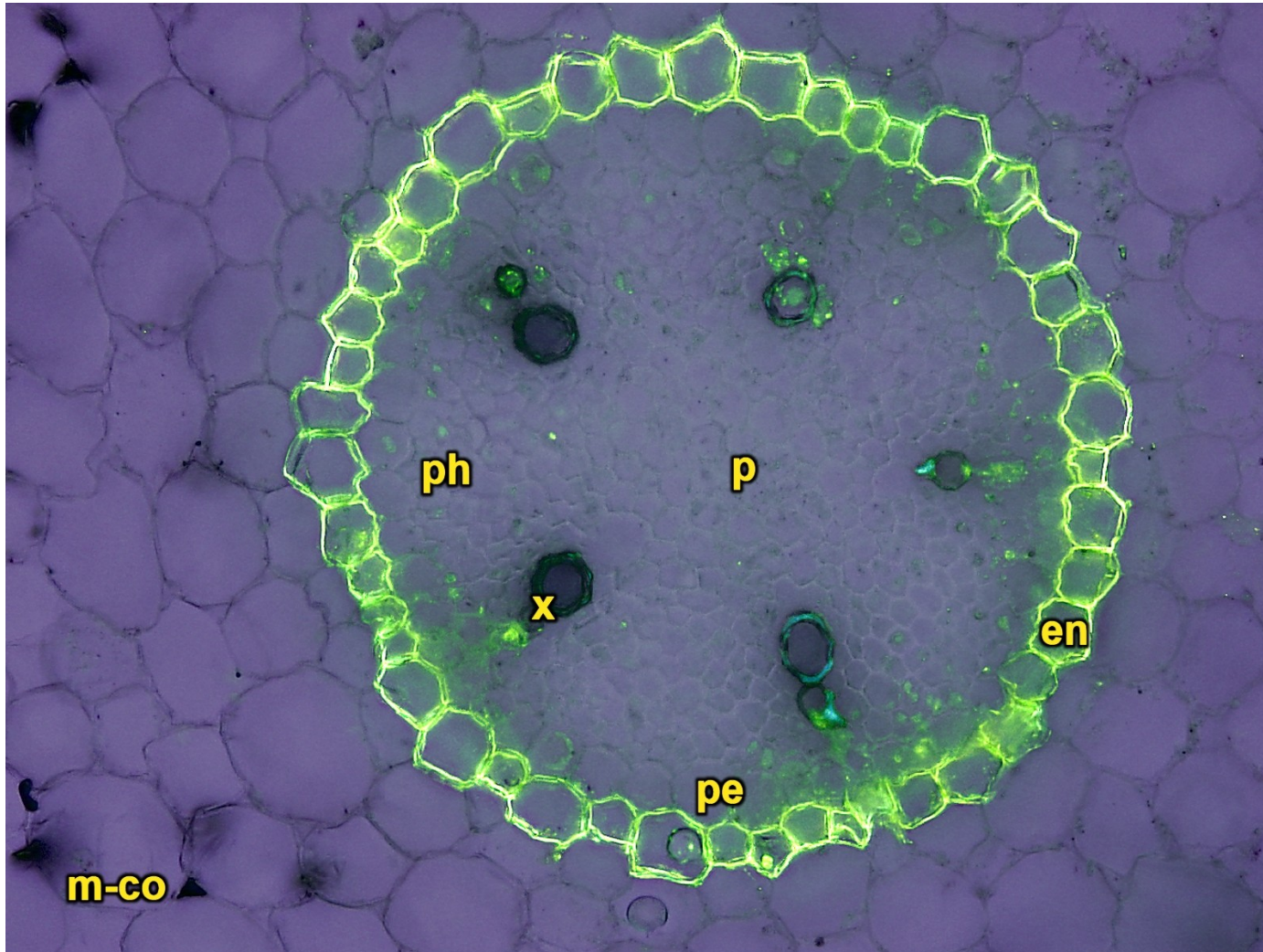


**Cb** [Casparyho proužek](#)  
**en** [endodermis](#)  
**ex** [exodermis](#)  
**m-co** [střední kortex](#)  
**vc** [střední válec](#)

Casparyho proužky - I. etapa vývoje jak endodermis, tak exodermis v kořeni hořce tolitovitého (*Gentiana asclepiadea* L.).  
Fluorescenční mikroskopie.



# Primární anatomická stavba kořene – kortex – endodermis, II. etapa, suberinové lamely



en [endodermis](#)  
m-co [střední kortex](#)  
p [dřeň](#)  
pe [pericykl](#)  
ph [floém](#)  
x [xylém](#)

Suberinové lamely -  
II. etapa vývoje  
endodermis v kořeni  
okurky seté (*Cucumis  
sativus* L.). Fluorescenční  
mikroskopie kombinovaná  
s technikou světlého pole.

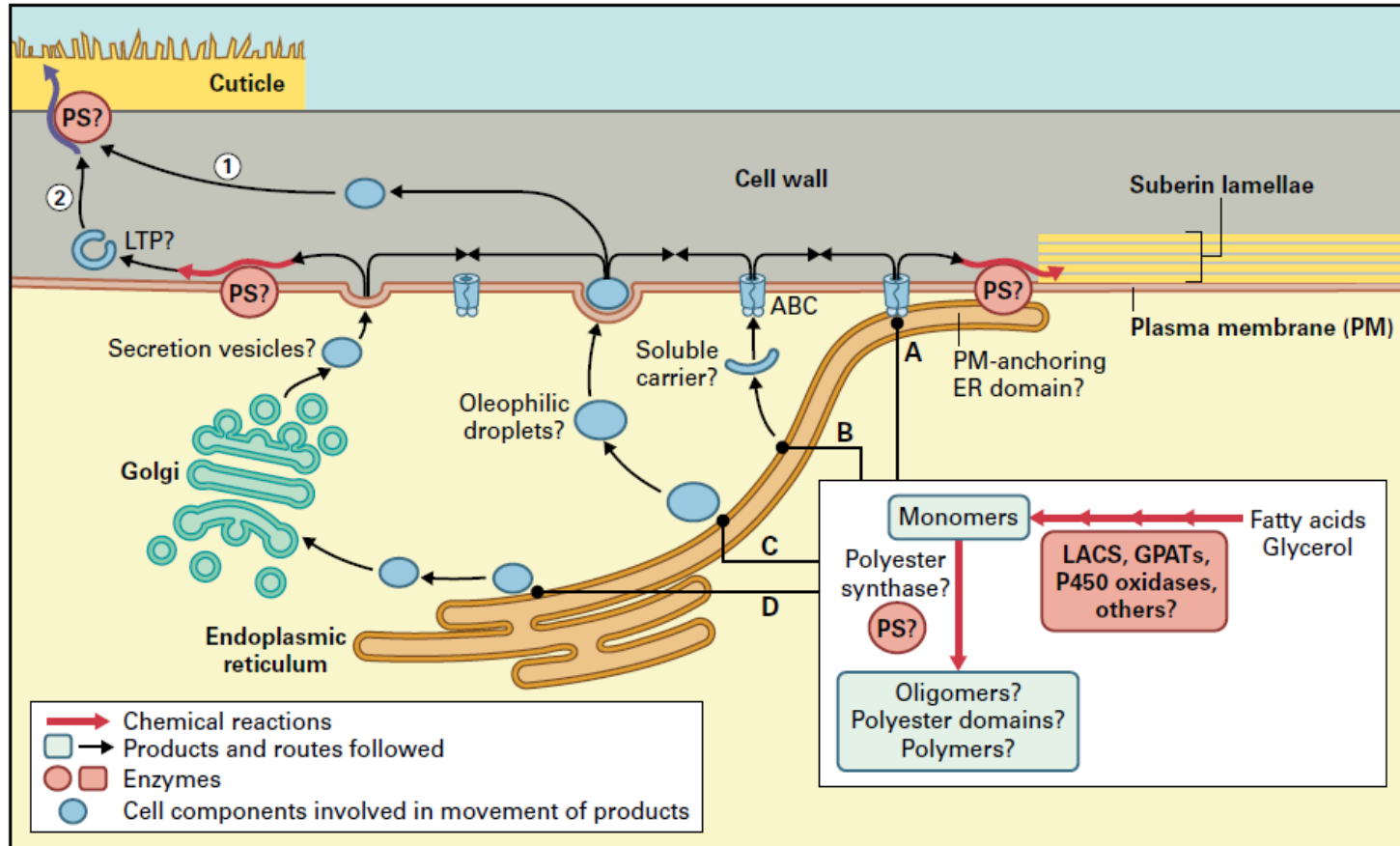
**TABLE 8.5** *Monomer composition of cutin and suberin.*

Monomer	Cutin	Suberin
Glycerol	10–50% of monomers	20–60% of monomers
Unmodified fatty acids	Minor (C <sub>16</sub> –C <sub>18</sub> )	Minor (C <sub>16</sub> –C <sub>26</sub> )
$\alpha,\omega$ -Dicarboxylic fatty acids	Minor <sup>a</sup>	Common and substantial (C <sub>16</sub> –vC <sub>26</sub> )
$\omega$ -Hydroxy fatty acids	Major (C <sub>16</sub> –C <sub>18</sub> )	Common and substantial (C <sub>16</sub> –C <sub>26</sub> )
Mid-chain modified $\omega$ -hydroxy fatty acids (C <sub>16</sub> –C <sub>18</sub> )	Major	Minor <sup>b</sup>
Fatty alcohols	Rare and minor (C <sub>16</sub> –C <sub>18</sub> )	Common and substantial (C <sub>18</sub> –C <sub>22</sub> )
Ferulate	Low	High

<sup>a</sup>C<sub>16</sub>–C<sub>18</sub> dicarboxylates are major monomers in *Arabidopsis* and *Brassica napus* cutin (>50%).

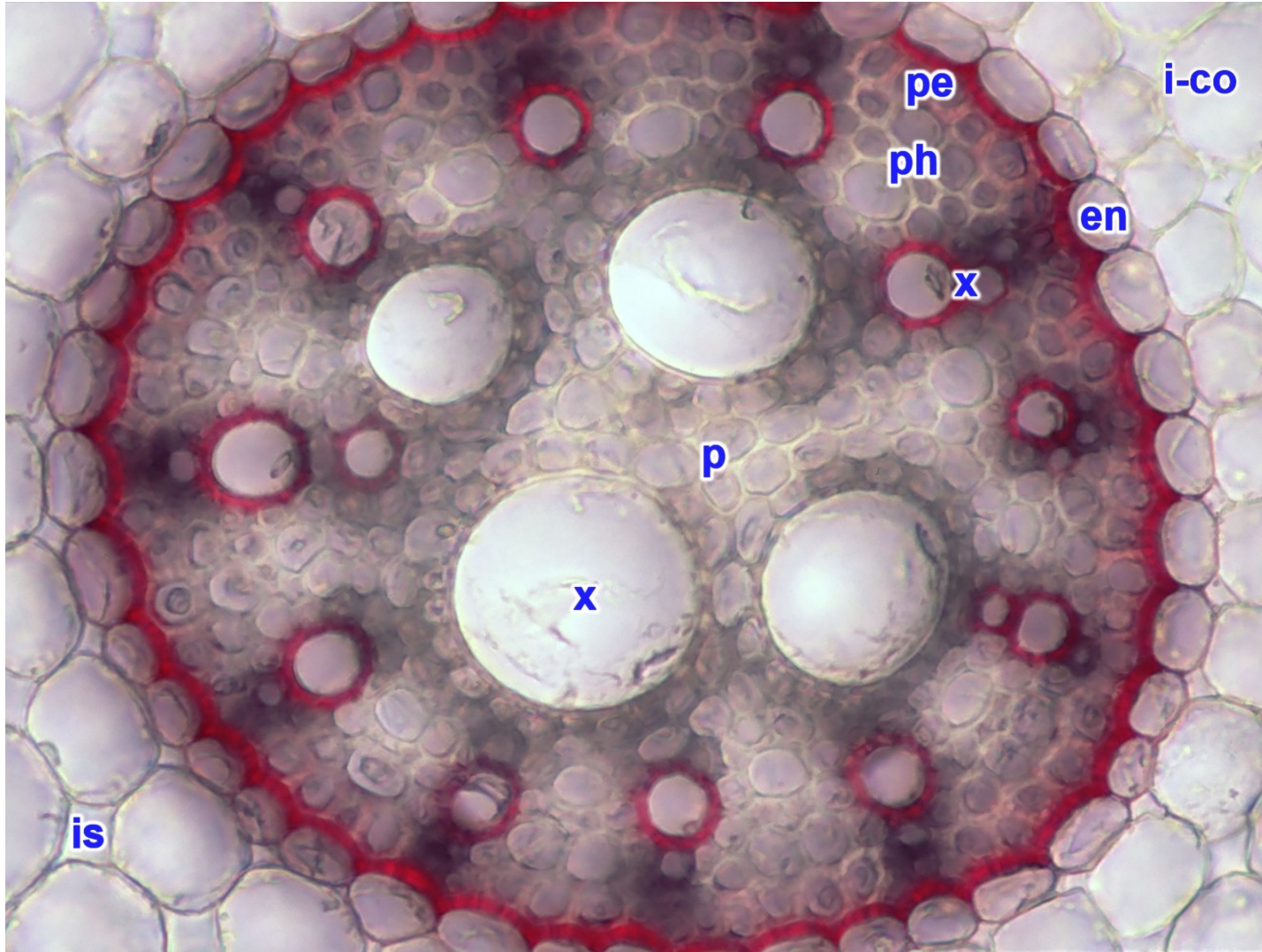
<sup>b</sup>In some cases is substantial. Substituted dicarboxylic acids are also frequently found in suberins.





**FIGURE 8.54** Mechanisms and cellular locations of cutin and suberin assembly and deposition. The enzymes of monomer synthesis, including acylglycerol synthesis, are thought to be localized to the ER. Polyester synthases (PS) are broadly defined as enzymes catalyzing the formation of ester bonds between monomers, and also between putative polyester oligomers or domains. Additional enzymes may also anchor the polymers to the cell wall (CW). Four possible mechanisms and associated routes leading from the ER to the external face of the plasma membrane are shown (A–D). In addition, two possible mechanisms of passage of lipophilic precursors from the plasma membrane (PM) through the apoplast to the final site of assembly and deposition are depicted for the case of cutin synthesis (i and ii). Similar mechanisms may be operating for suberin assembly and deposition, but are not shown. The mechanisms are not necessarily mutually exclusive, and not every possibility is shown. (A) PM-anchoring ER domain. This could involve a spatial coupling of monomer synthesis and transport across PM. Transport may be accomplished via an ABC transporter (ABC). (B) Cytoplasmic carrier protein. (C) Oleophilic droplets. Osmophilic particles have been observed in the outer CW of rapidly expanding epidermis and could constitute oleophilic droplets on their way to the cuticle. These droplets could originate from ER, in a way similar to the budding process proposed for the ontogeny of seed oil-bodies. (D) Golgi-mediated secretion vesicle mechanism. This would be a likely possibility if polyester domains or polymers were formed in the ER or if polyesters were attached to polysaccharides inside the cell. It is also possible that a polyester attachment site is added intracellularly to CW polysaccharides. Mechanisms (A) and (B) would most likely accommodate transport of monomers or oligomers. By contrast, mechanisms (C) and (D) could also accommodate polymer domains. (1) Unchaperoned movement of lipidic precursors or oleophilic droplets across the apoplast. (2) Movement of monomers, oligomers of polymers bound to a protein carrier (e.g., lipid transfer proteins) or after attachment to a carrier such as a CW polysaccharide.

# Primární anatomická stavba kořene – kortex – endodermis, III. etapa, U-forma



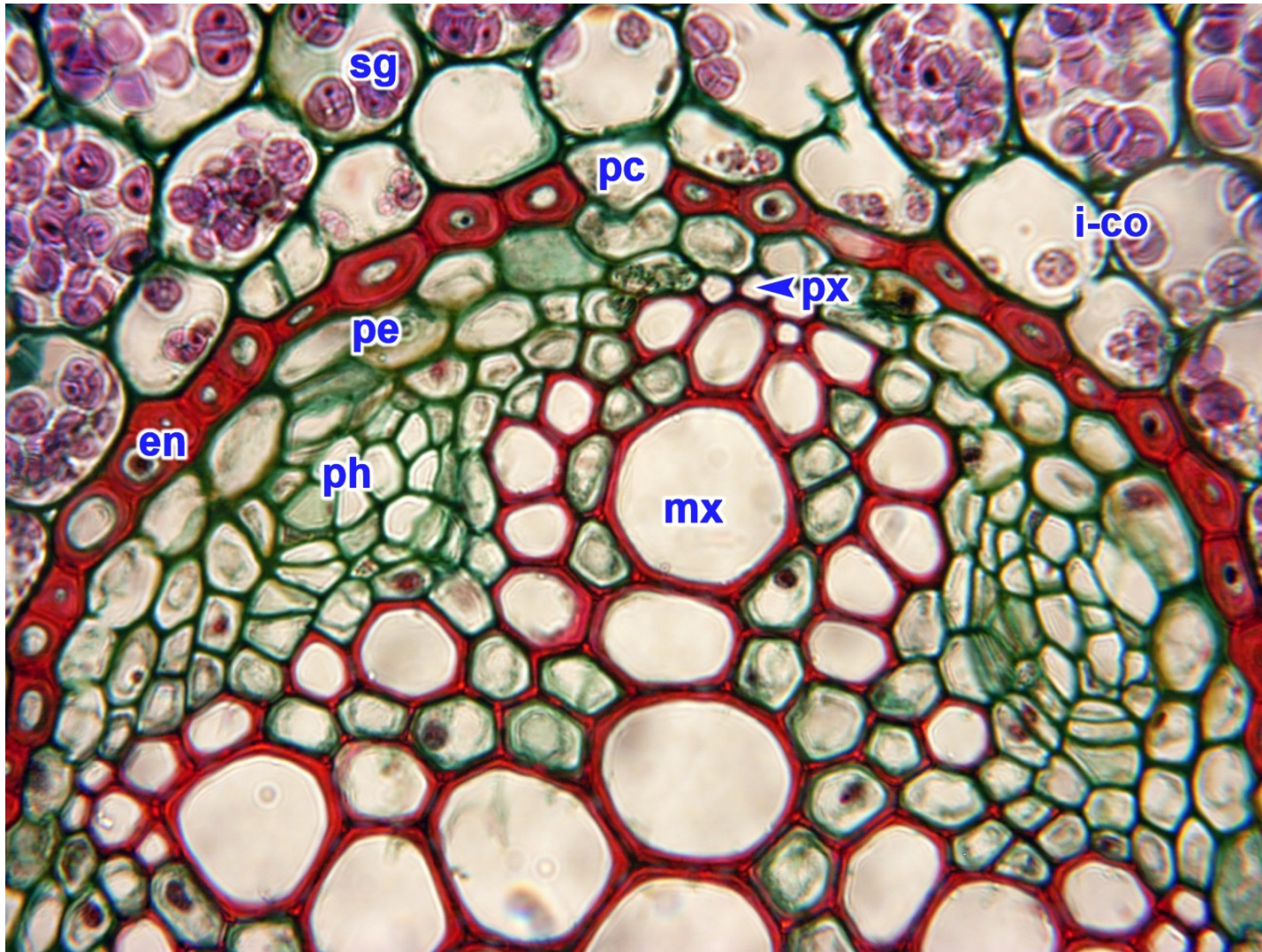
en endodermis  
is mezibuněčný prostor  
i-co vnitřní kortex  
p dřeň  
pe pericykl  
ph floém  
x xylém

Sekundární tloušťnutí buněčných stěn - III. etapa vývoje endodermis v seminálním kořeni čiroku obecného (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).



# Primární anatomická stavba kořene – kortex

## – endodermis, III. etapa, O-forma

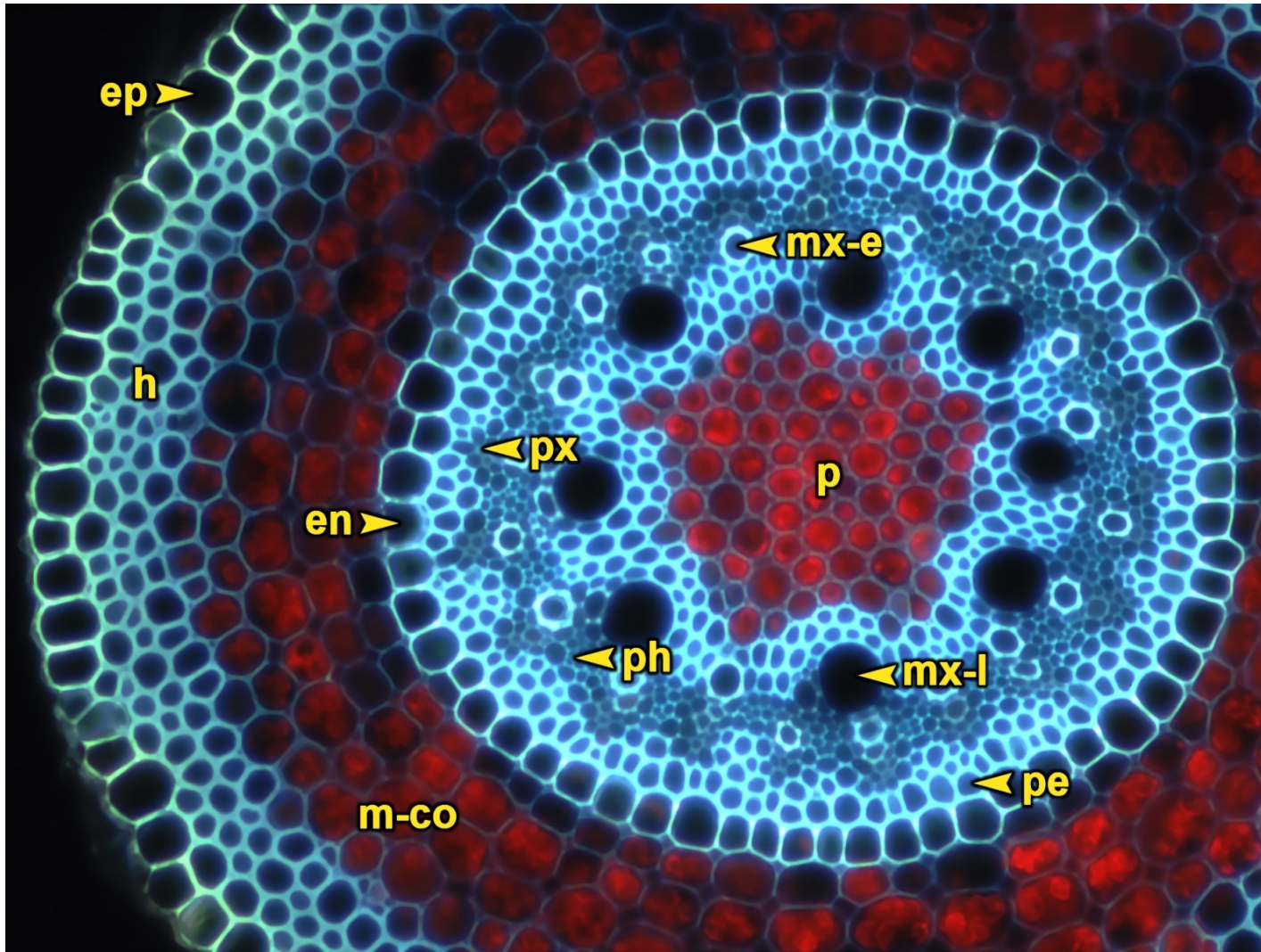


- en [endodermis](#)
- i-co vnitřní [kortex](#)
- mx [metaxylém](#)
- pe [pericykl](#)
- pc [propustná buňka](#)
- ph [floém](#)
- px [protoxylém](#)
- sg [škrobová zrna](#)

Sekundární tloušťnutí  
buněčných stěn -  
III. etapa vývoje  
endodermis v kořeni  
pryskyřníku prudkého  
(*Ranunculus acris* L.).



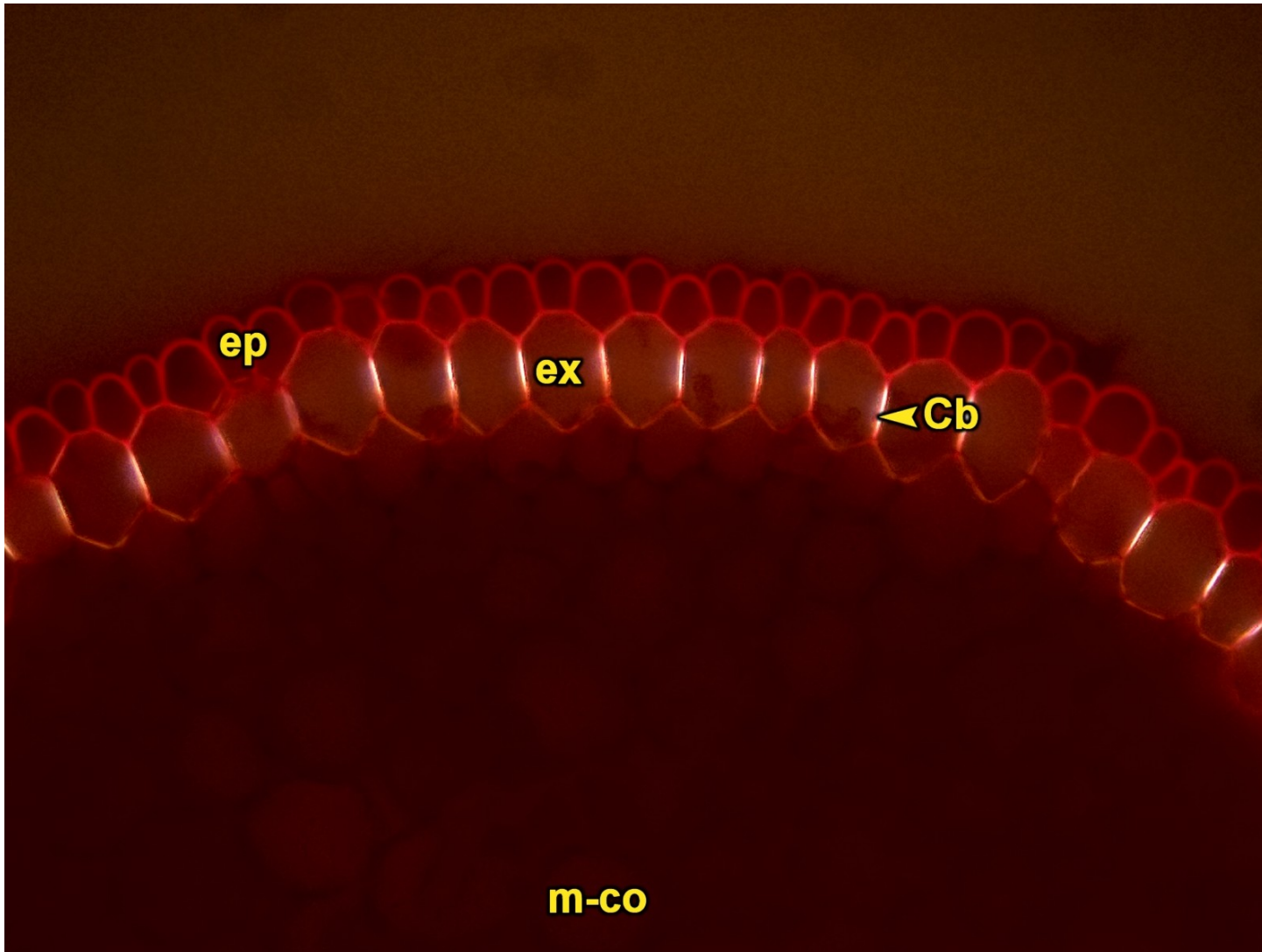
# Primární anatomická stavba kořene – kortex – hypodermis



- en [endodermis](#)
- ep [pokožka](#)
- h [hypodermis](#)
- m-co [střední kortex](#)
- mx-e [časný metaxylém](#)
- mx-l [pozdní metaxylém](#)
- p [dřeň](#)
- ph [floém](#)
- pe [pericykl](#)
- px [protoxylém](#)

Příčný řez  
adventivním kořenem  
trojkutě prstnatého  
(*Cynodon  
dactylon* (L.) Pers.).  
Autofluorescence.

# Primární anatomická stavba kořene – exodermis (I. fáze)



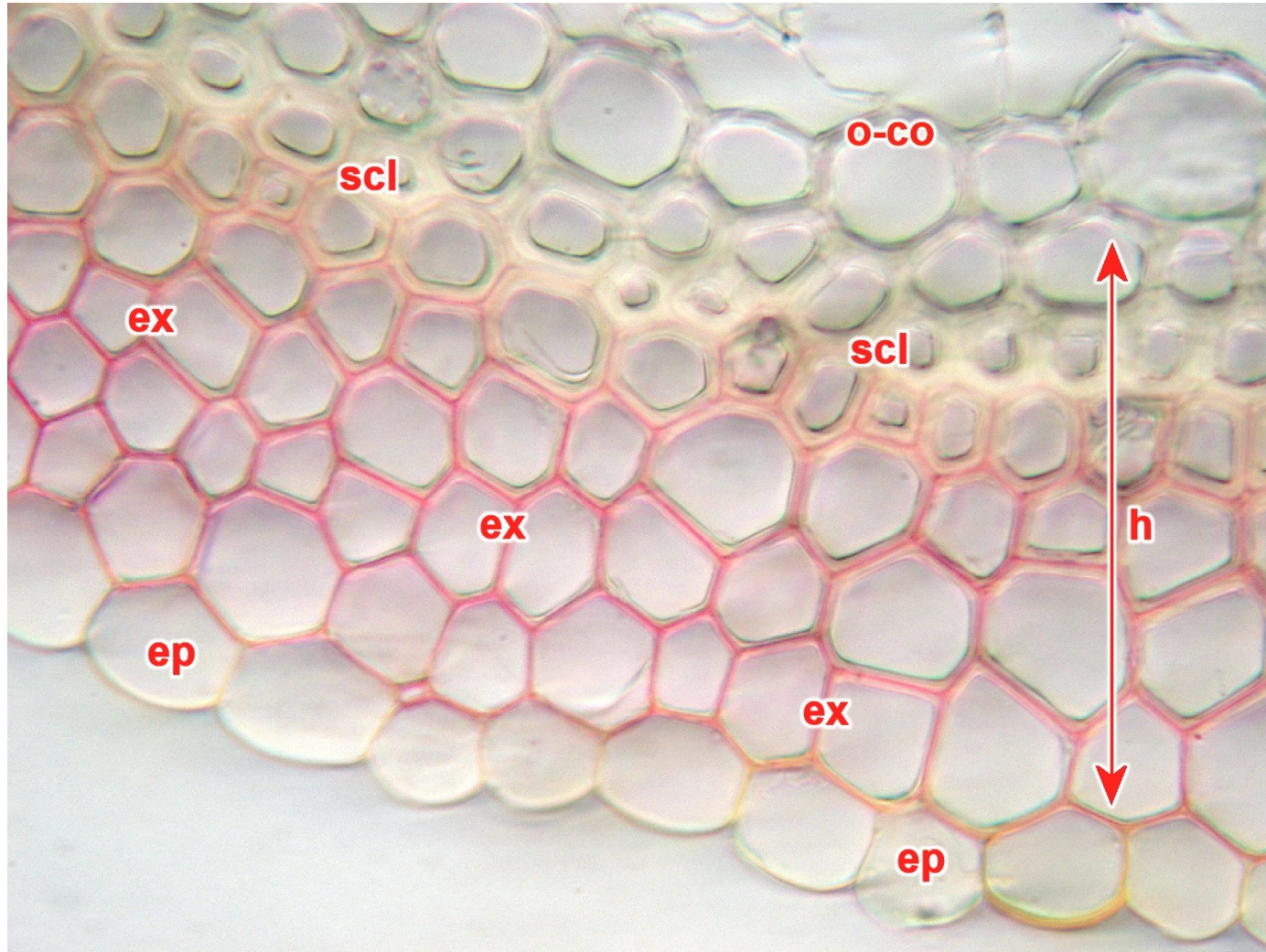
**Cb** [Casparyho proužek](#)  
**ep** [pokožka](#)  
**ex** [exodermis](#)  
**m-co** [střední kortex](#)

Exodermis v periferní části kořene česneku cibule (*Allium cepa* L).  
Fluorescenční mikroskopie.





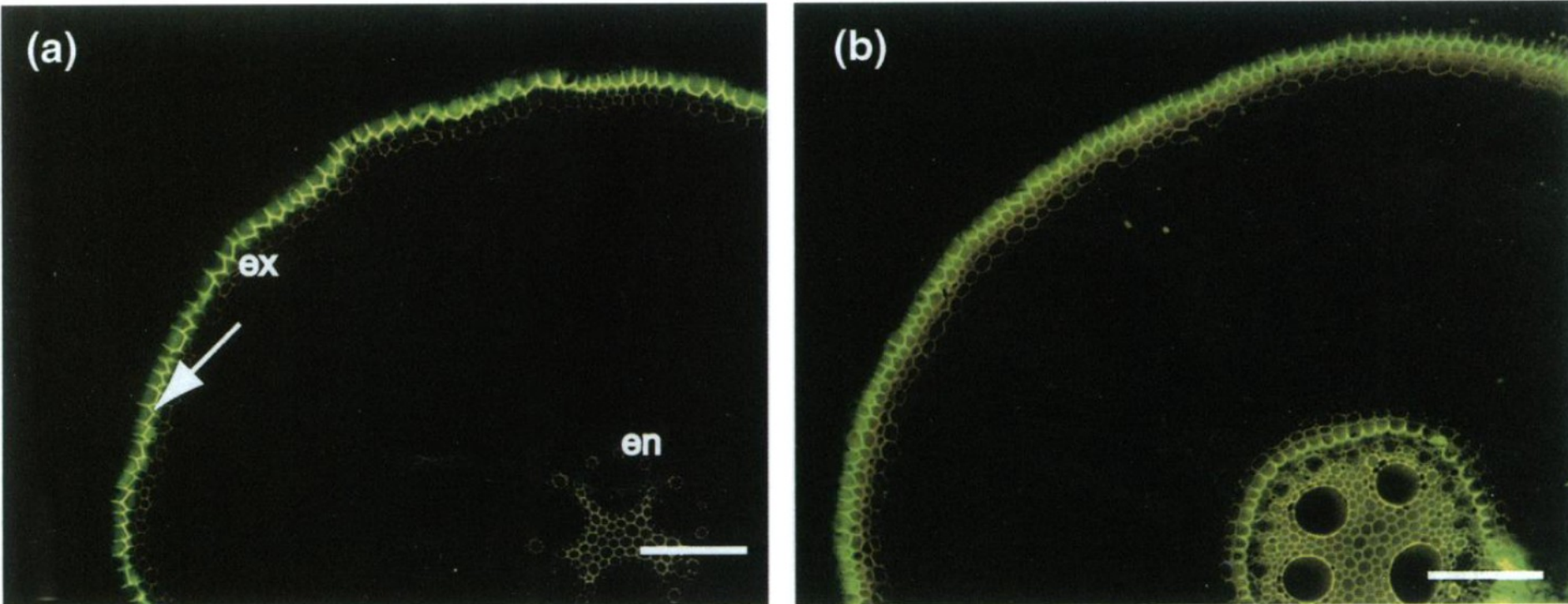
# Primární anatomická stavba kořene – složená hypodermis



ep [pokožka](#)  
ex [exodermis](#)  
h složená [hypodermis](#)  
o-co vnější [kortex](#)  
scl [sklerenchym](#)

Složená hypodermis v  
periferní části  
adventivního kořene  
rákosu obecného  
(*Phragmites  
australis* (Cav.)  
Trin. ex Steud.).

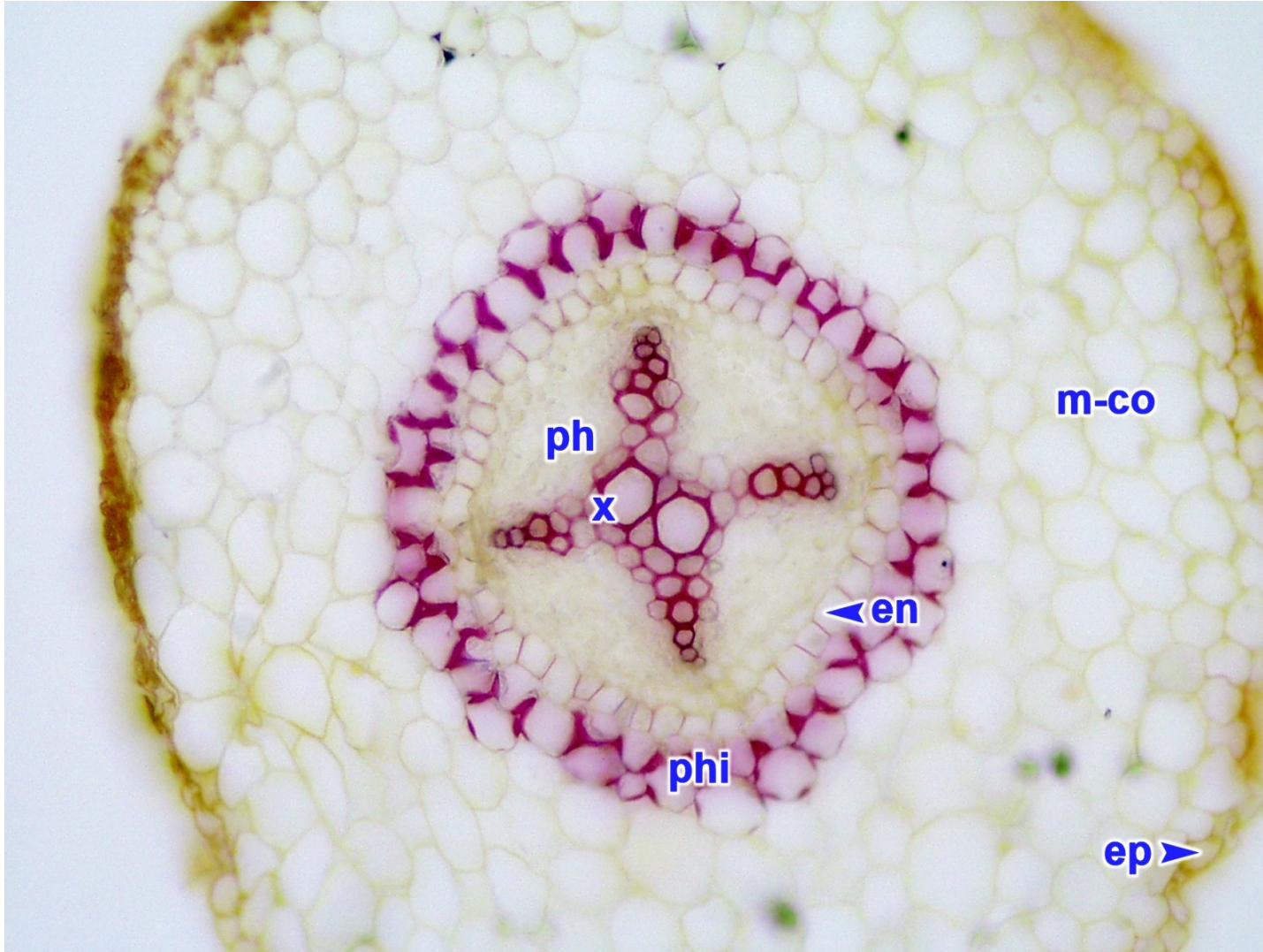
# Primární anatomická stavba kořene – (složená hypodermis) vícevrstvá exodermis



**Fig. 3** Phragmites: exodermis and endodermis. (a,b) Transverse sections taken 25 mm (a) and 50 mm (b) from the tip of root grown in well-aerated soil (root length, 80 mm; laterals emerged at 70 mm from tip), showing the relationship of the development of exodermis and endodermis, stained with berberine – aniline blue and viewed with blue light to show Casparian bands fluorescing yellow-green. In distal region exodermis impregnation was prominent showing Y-shaped Casparian bands (arrow) while no signs of impregnation were detected in endodermis. The same developmental pattern was found also in roots from the water culture (bar, 100  $\mu$ m).



# Primární anatomická stavba kořene – $\Phi$ vrstva



en [endodermis](#)  
ep [pokožka](#)  
m-co [střední kortex](#)  
ph [floém](#)  
phi [fí-vrstva](#)  
x [xylém](#)

Příčný řez kořenem  
třešně ptačí  
(*Cerasus avium* (L.)  
Moench).



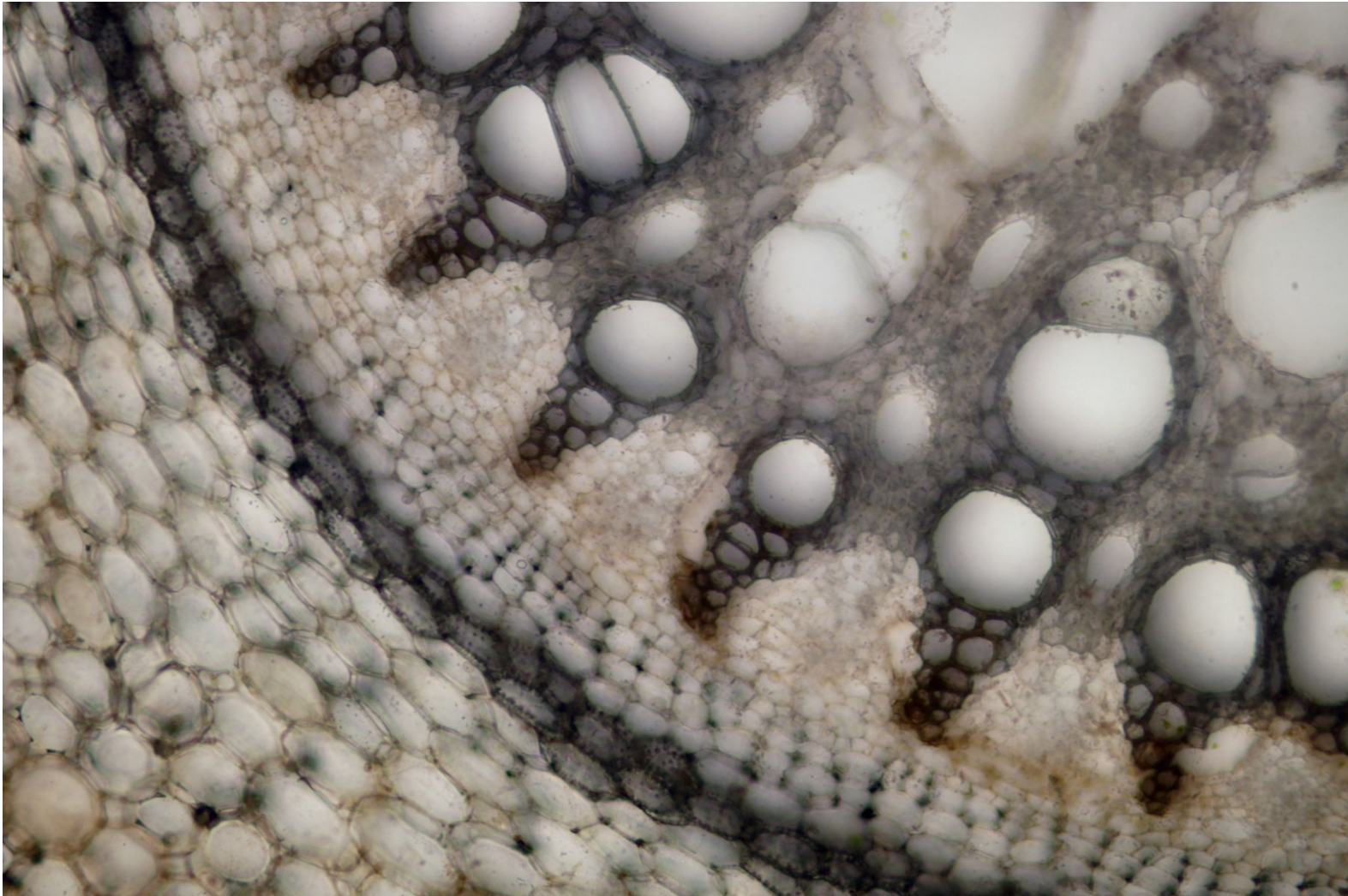
# Primární anatomická stavba kořene – skl ve vnitřním kortexu



Příčný řez adventivním kořenem monstery nádherné (*Monstera deliciosa*).

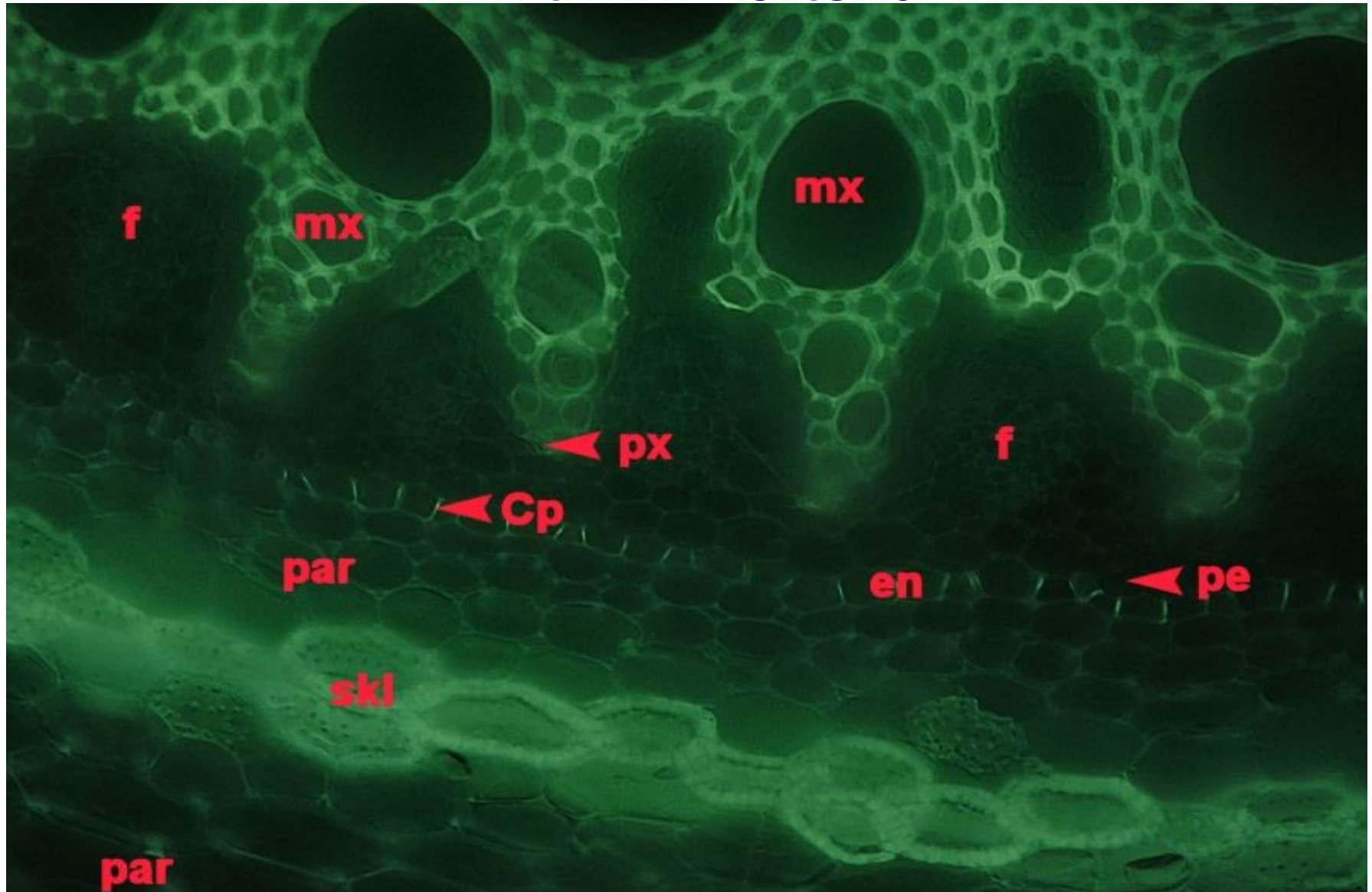


# Primární anatomická stavba kořene – skl ve vnitřním kortexu



Příčný řez adventivním kořenem monstery nádherné (*Monstera deliciosa*).

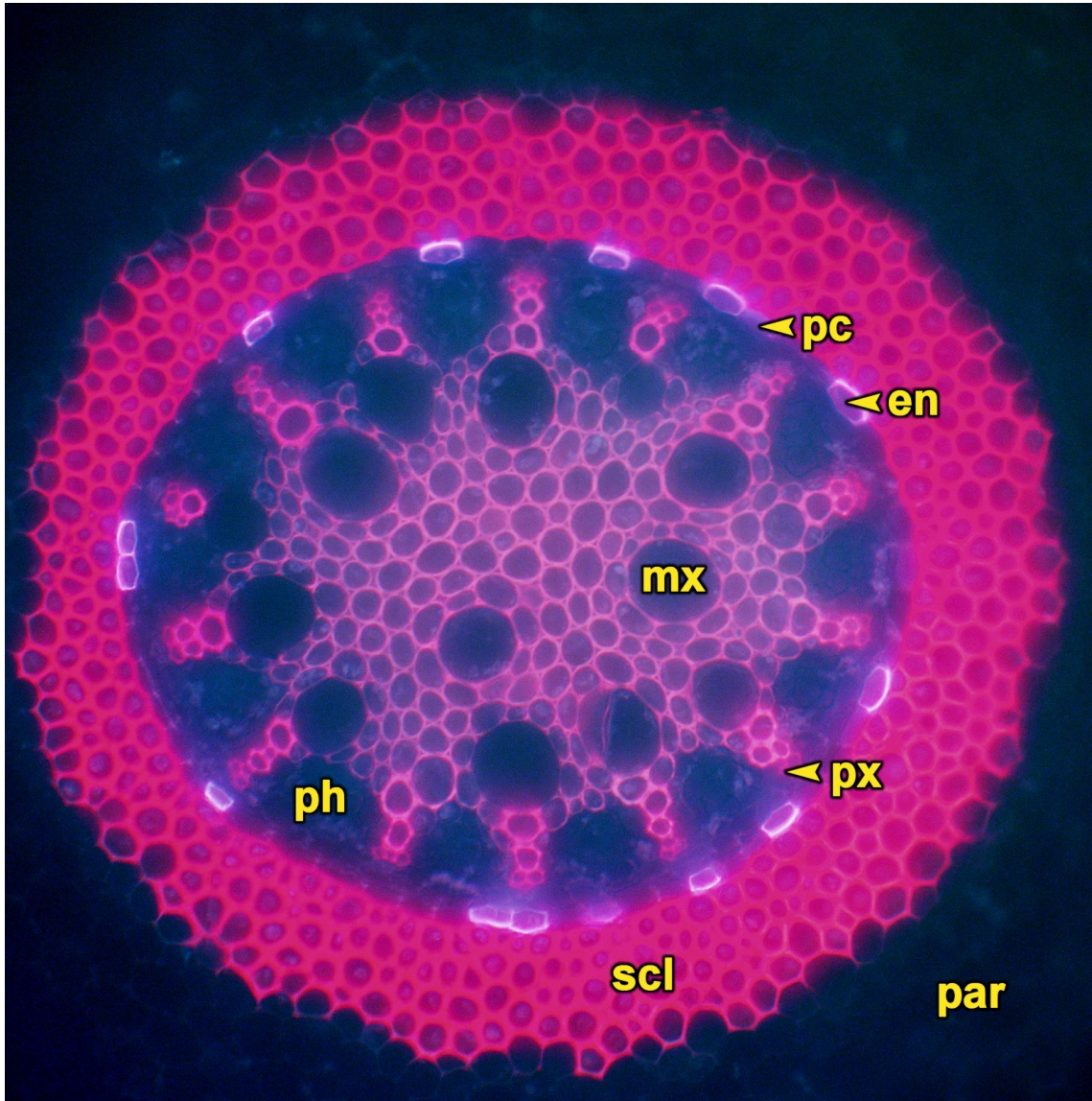
# Primární anatomická stavba kořene – skl ve vnitřním kortexu



Příčný řez adventivním kořenem monstery nádherné (*Monstera deliciosa*, Liliopsida).



# Primární anatomická stavba kořene – skl ve vnitřním kortexu

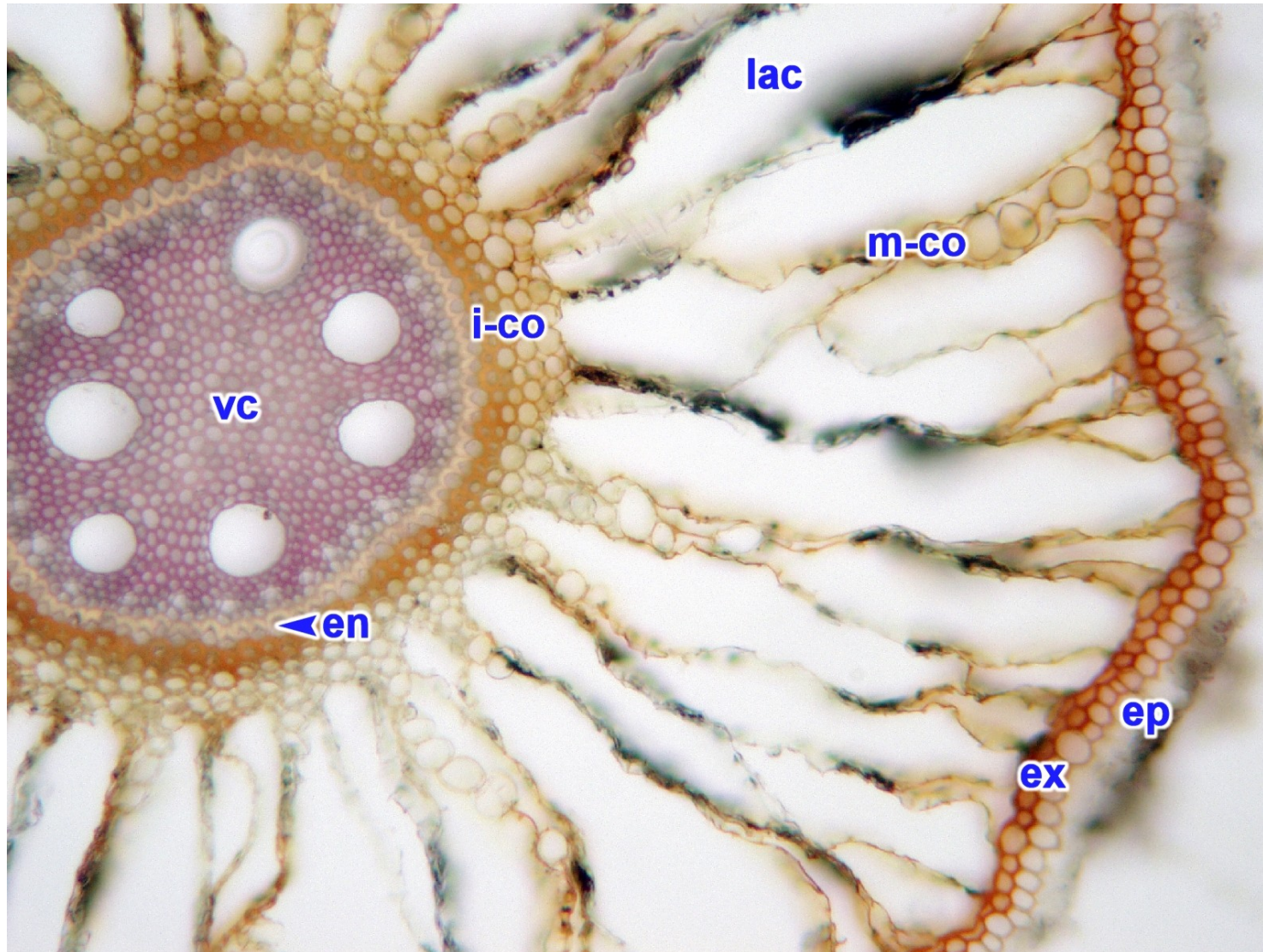


en [endodermis](#)  
mx [metaxylém](#)  
par [parenchym](#)  
pc [propustná buňka](#)  
ph [floém](#)  
px [protoxylém](#)  
scl [sklerenchym](#)

Příčný řez střední částí kořene  
*Calibanus hookeri* Trel.



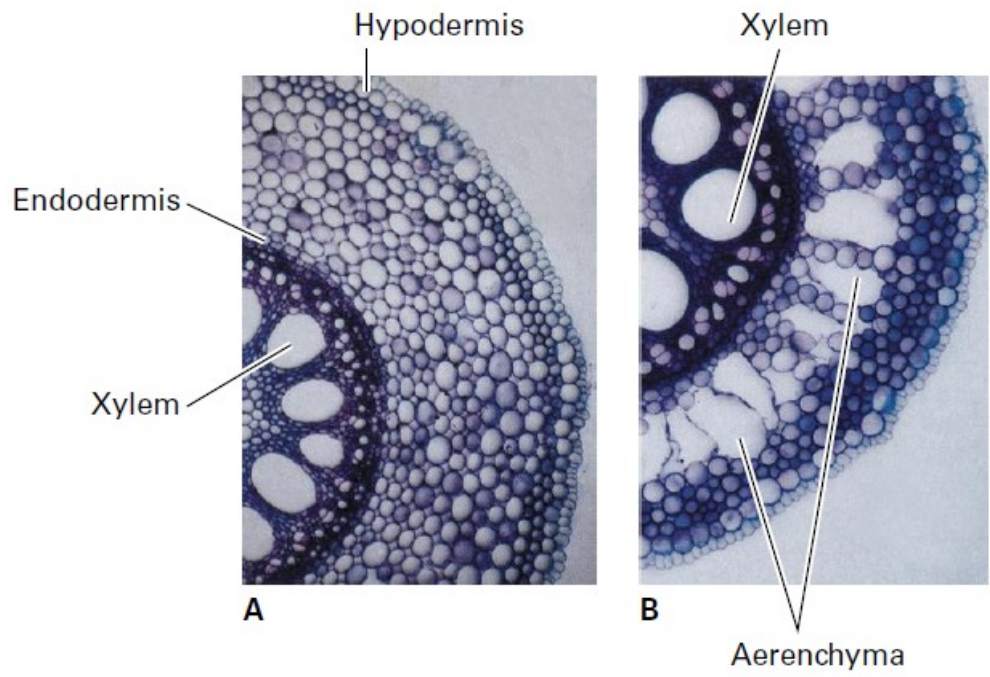
# Primární anatomická stavba kořene – primární kůra



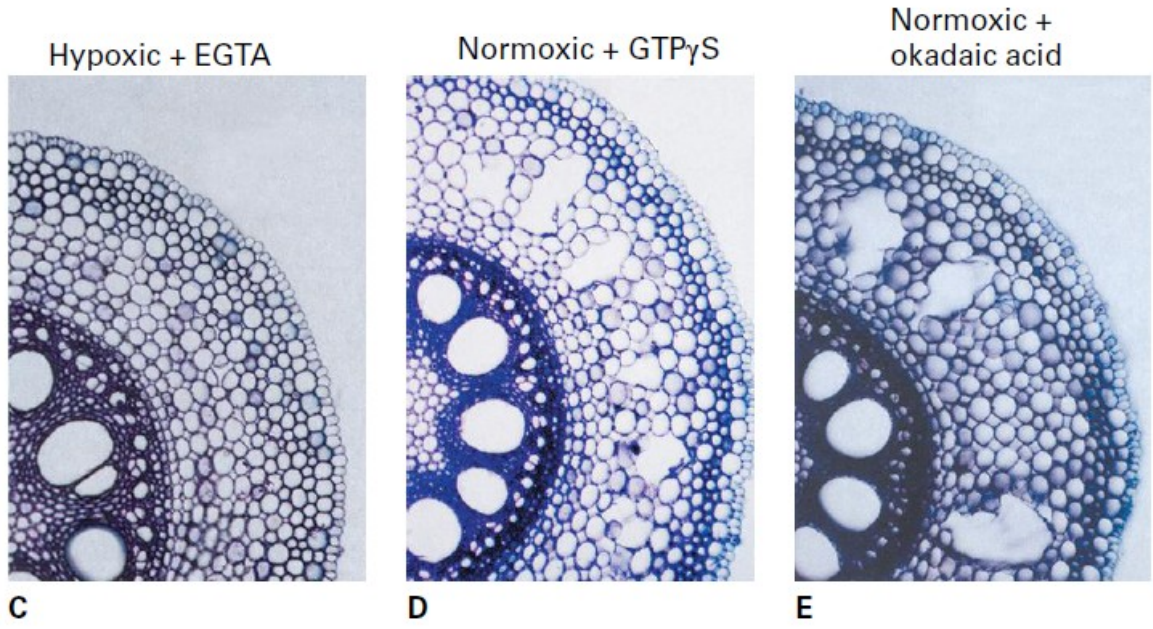
- en [endodermis](#)
- ep [pokožka](#)
- ex [exodermis](#)
- lac [lakuna](#)
- m-co [střední kortex](#)
- vc [střední válec](#)

Příčný řez  
adventivním  
kořenem sítny  
rozkladité (*Juncus  
effusus* L.).





**FIGURE 20.41** Aerenchyma formation in maize roots in response to hypoxia. Roots were grown under aerobic (A) and hypoxic (B) conditions. Under low-oxygen conditions, cortical cells between the endodermis and hypodermis undergo lysigeny to form air spaces that are continuous throughout the root, allowing submerged roots to access atmospheric gases obtained by above-ground tissues. Aerenchyma formation is influenced by agonists and antagonists of signal transduction pathways. The  $Ca^{2+}$  chelator EGTA prevents aerenchyma in maize roots under hypoxic conditions (C), whereas the G-protein activator  $GTP\gamma-S$  (D) and the protein phosphatase inhibitor okadaic acid (E) induce aerenchyma formation under aerobic conditions. Source: (A–E) He et al. (1996). *Plant Physiol.* 112:463–472.



- Lyzigení aerenchym
- Etylén



# Střední válec – počet px pólů

- jednoděložné vs. nahosemenné a dvouděložné rostliny

## Exarchní založení xylému v kořenech

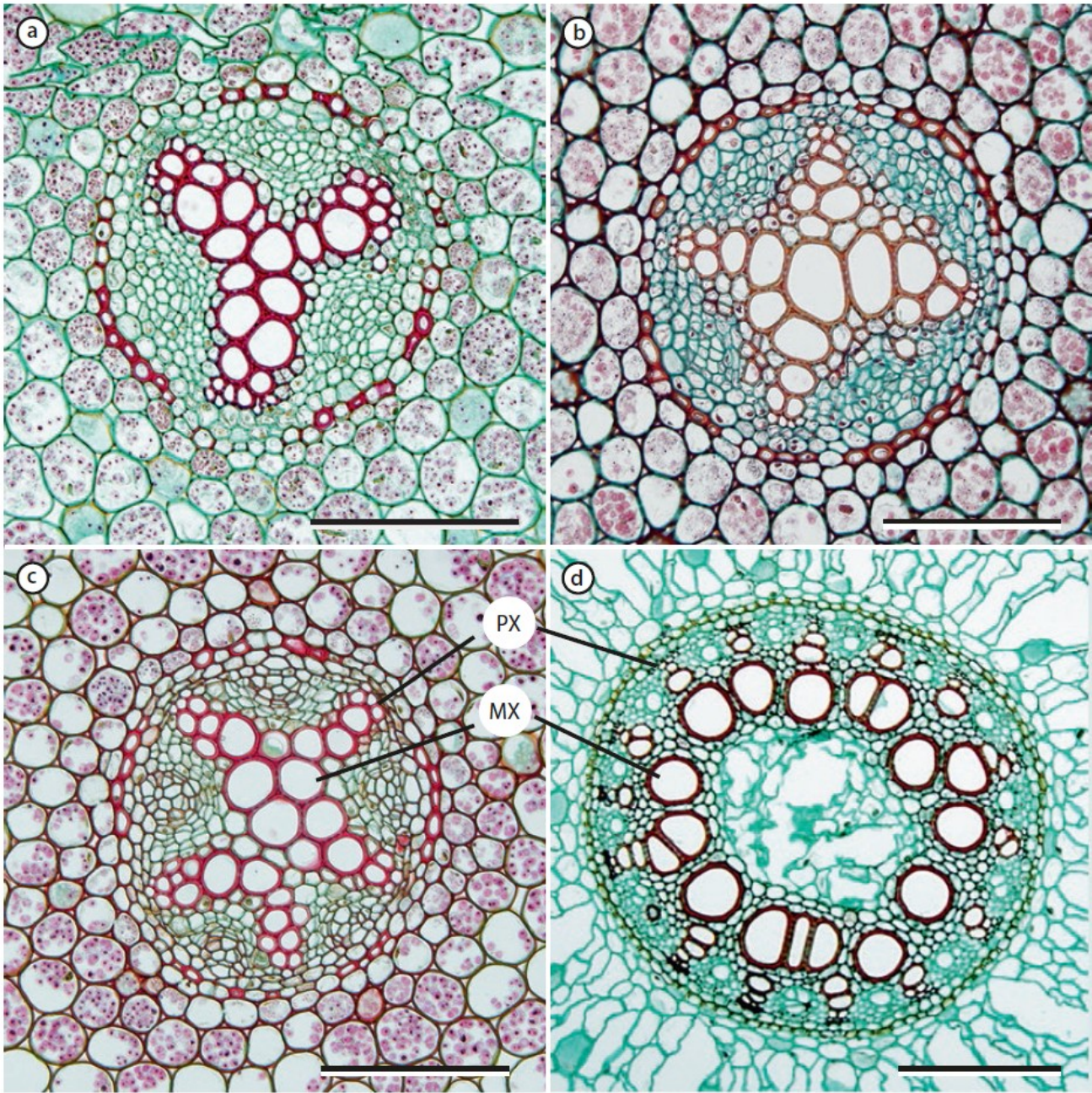
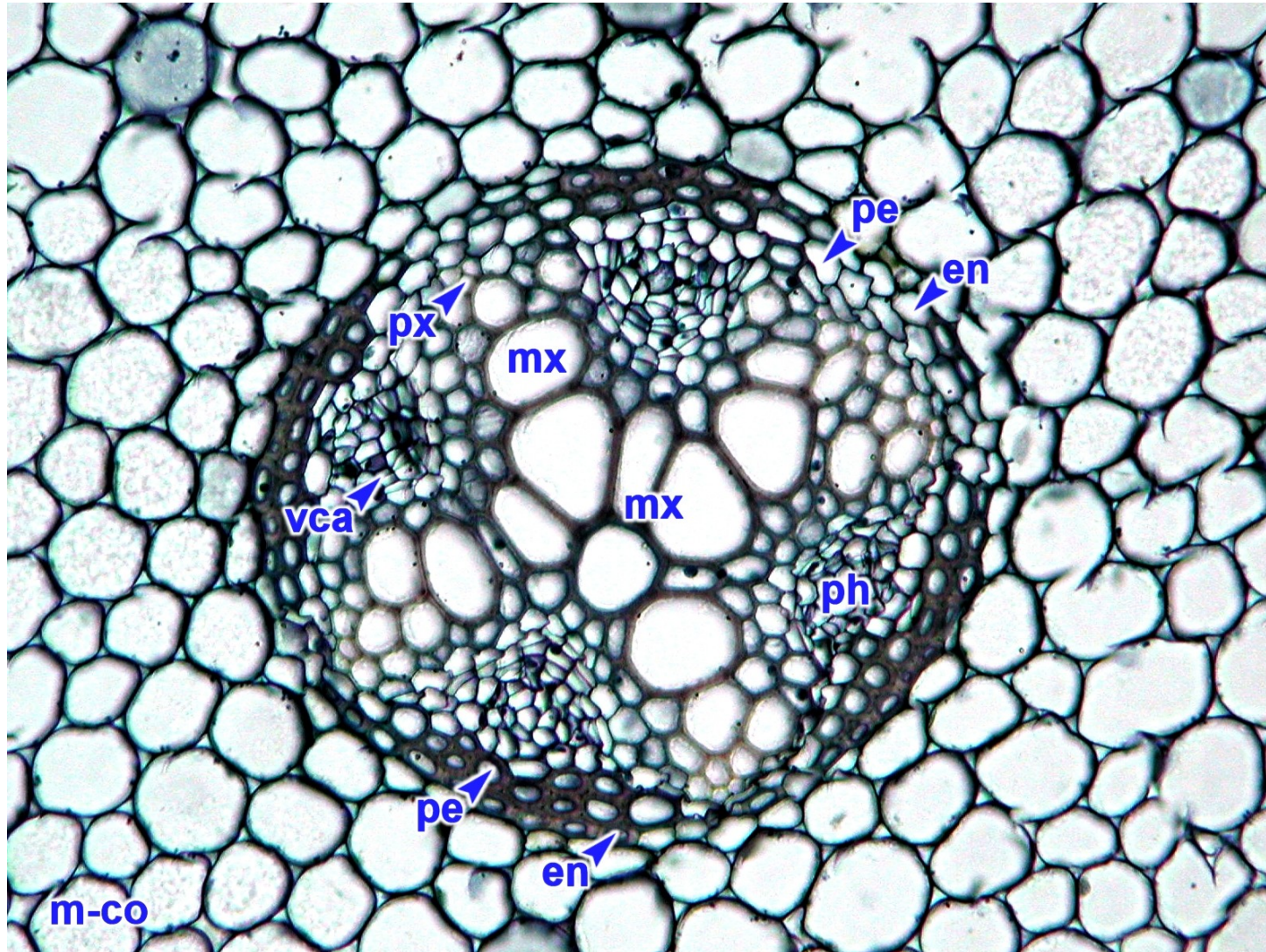


Fig. 10.7 a–d Images of a a triarch stele in a buttercup (*Ranunculus acris*) root, b tetrarch buttercup stele, c pentarch buttercup stele, and d polyarch asparagus (*Asparagus officinalis*) stele with multiple individual groupings of xylem. PX, protoxylem; MX, metaxylem. Scale bars = 100 μm in all panels. (a–d RR Wise)



# Primární anatomická stavba kořene – střední válec dvouděložné rostliny

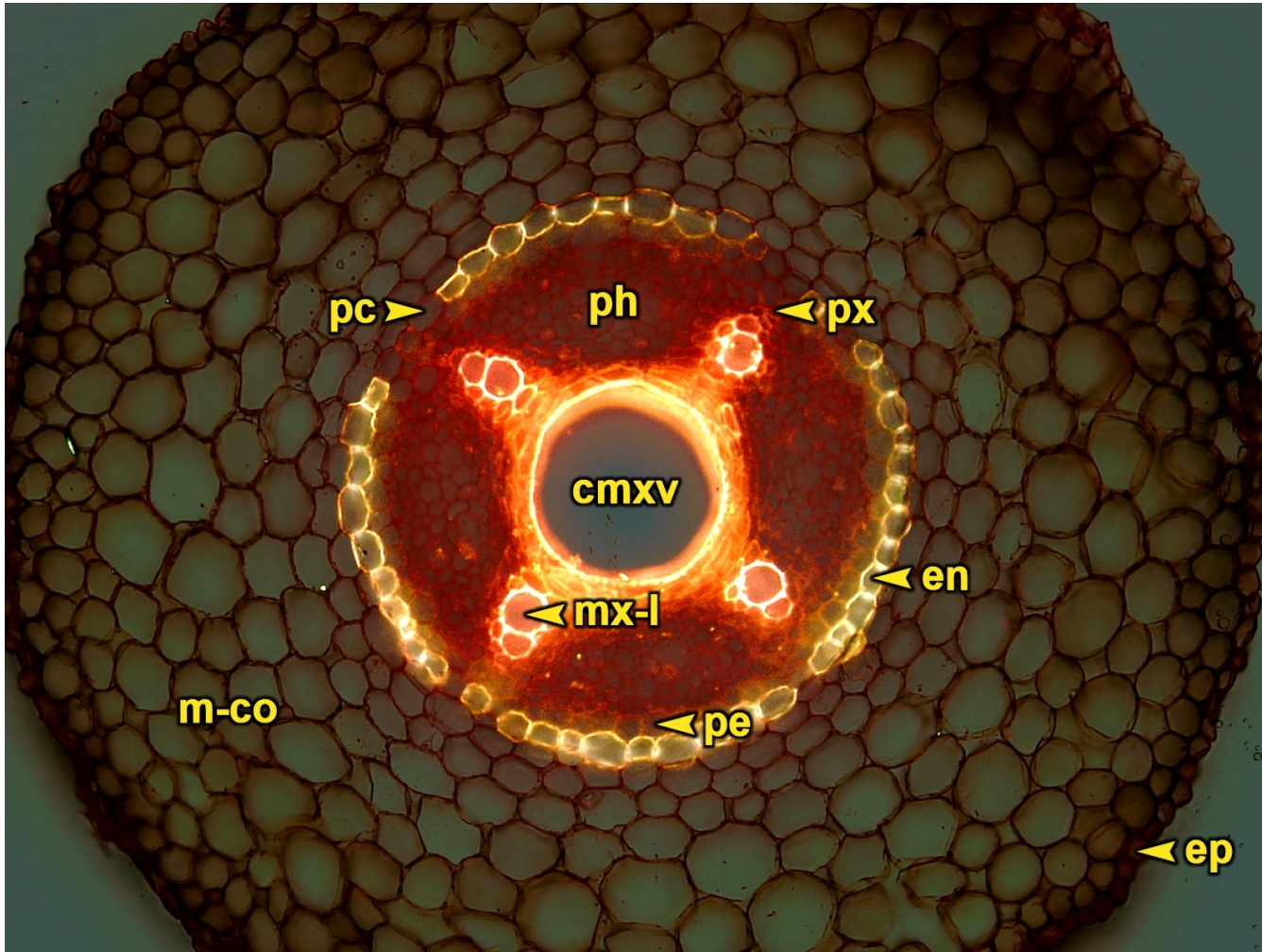


en [endodermis](#)  
m-co [střední kortex](#)  
mx [metaxylém](#)  
pe [pericykl](#)  
ph [floém](#)  
px [protoxylém](#)  
vca [kambium](#)

Příčný řez kořenem  
hvězdnatce zubatého  
(*Hacquetia  
epipactis* (Scop.)  
DC.).



# Primární anatomická stavba kořene – střední válec dvouděložné rostliny



- cmxv** centrální [metaxylémová céva](#)
- en** [endodermis](#)
- ep** [pokožka](#)
- m-co** [střední kortex](#)
- mx-l** pozdní [metaxylém](#)
- pc** [propustná buňka](#)
- pe** [pericykl](#)
- ph** [floém](#)
- px** [protoxylém](#)

Příčný řez kořenem  
okurky seté (*Cucumis  
sativus* L.).  
Fluorescenční  
mikroskopie  
kombinovaná s  
technikou světlého  
pole.



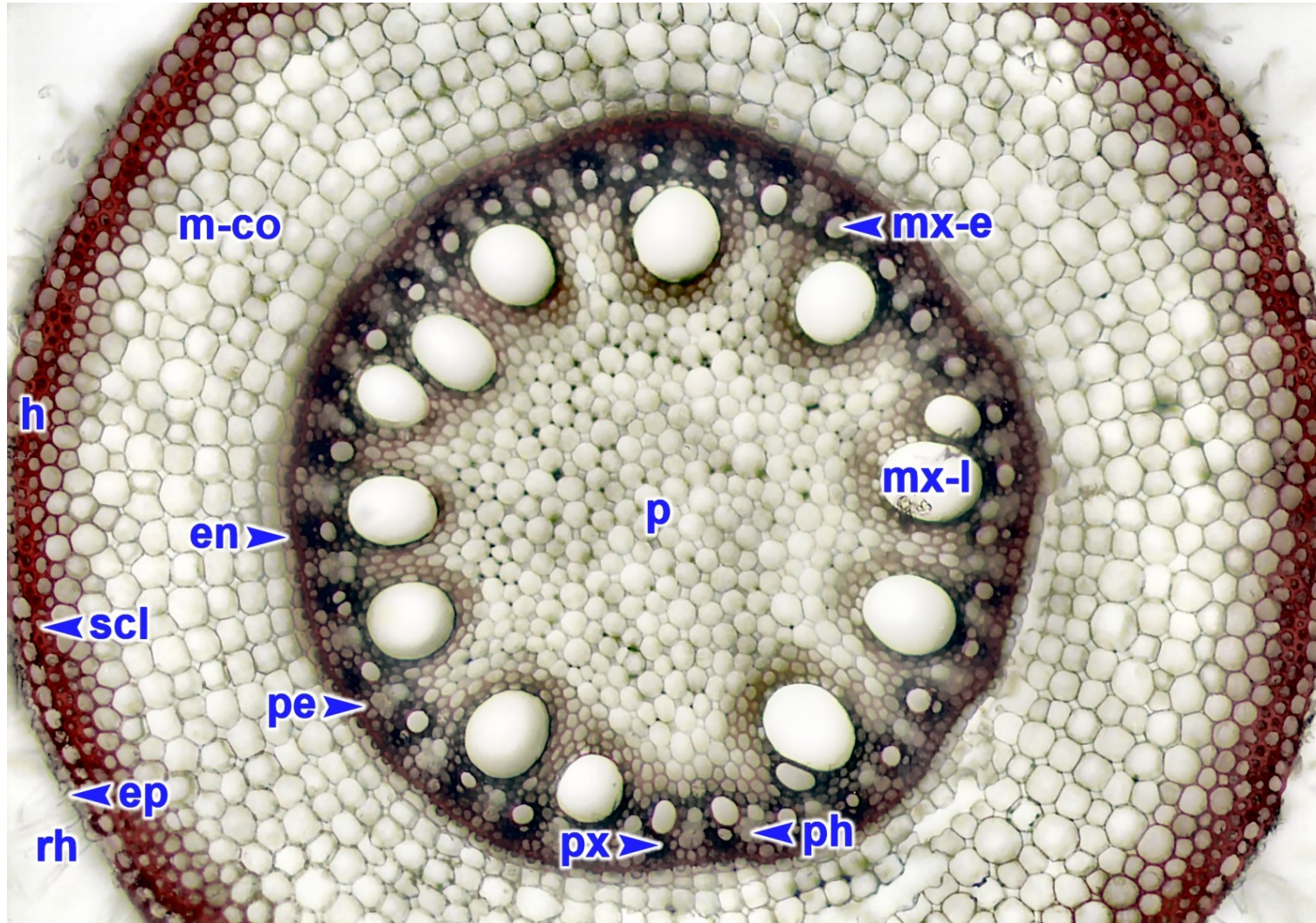
# Primární anatomická stavba kořene – střední válec dvouděložné rostliny



Příčný řez seminálním kořenem bobu setého (*Vicia faba*).



# Primární anatomická stavba kořene – střední válec jednoděložné rostliny

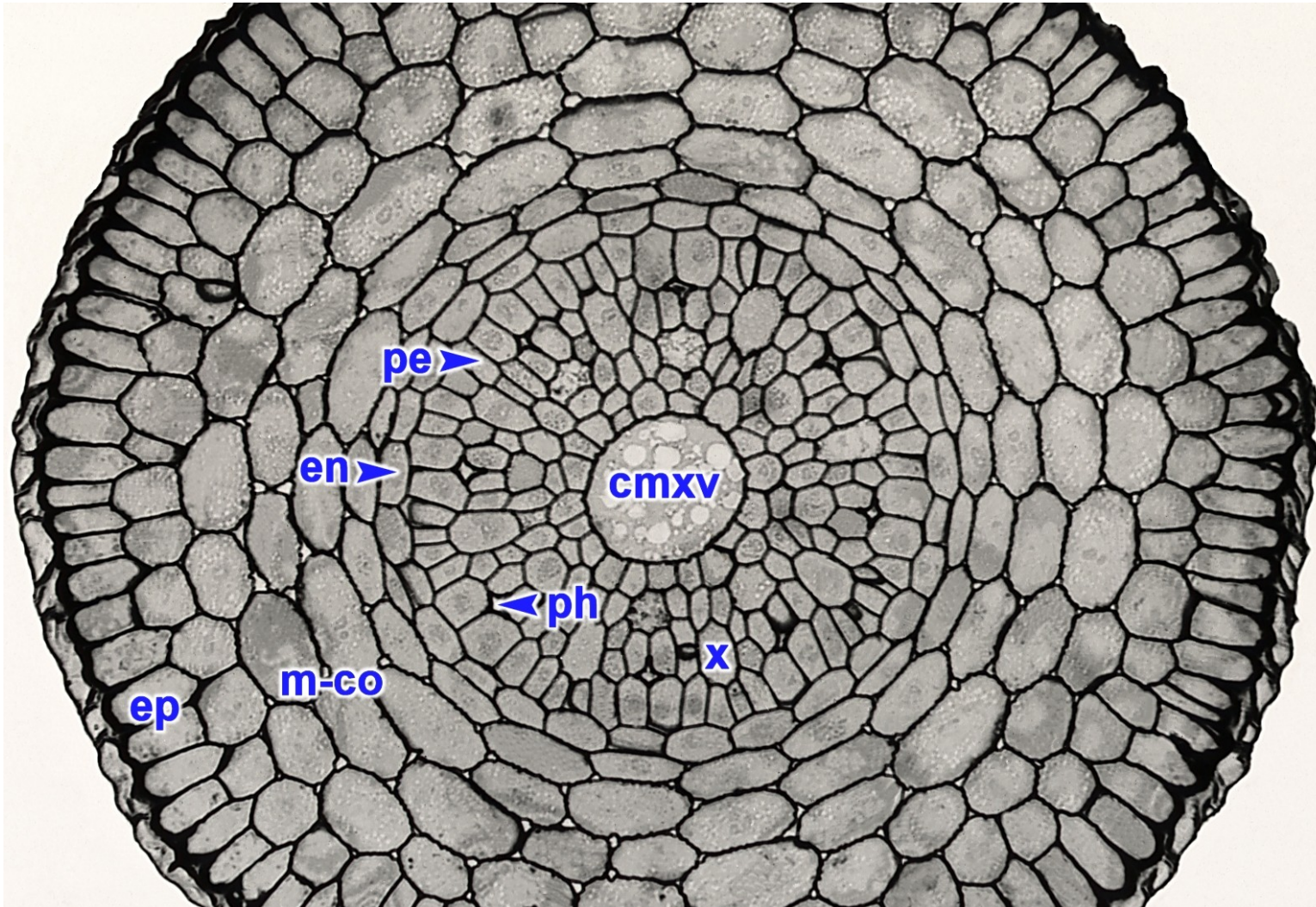


- en [endodermis](#)
- ep [pokožka](#)
- h [hypodermis](#)
- m-co [střední kortex](#)
- mx-e raný [metaxylém](#)
- mx-l pozdní [metaxylém](#)
- p [dřeň](#)
- pe [pericykl](#)
- ph [floém](#)
- px [protoxylém](#)
- rh [kořenový vlásek](#)
- scl [sklerenchym](#)

Příčný řez  
adventivním  
kořenem čiroku  
obecného  
(*Sorghum  
bicolor* (L.)  
Moench).



# Primární anatomická stavba kořene – střední válec jednoděložné rostliny



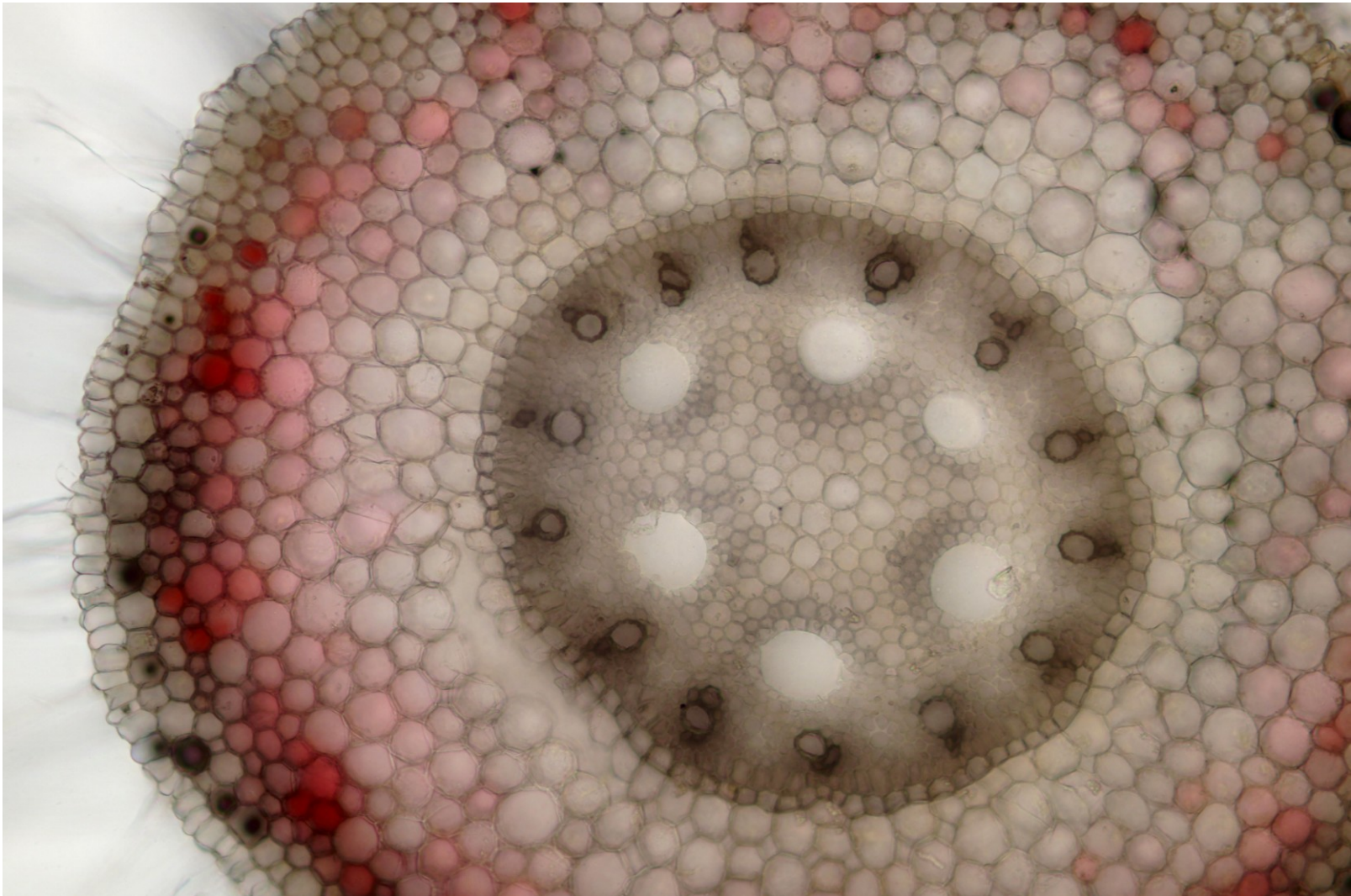
cmxv centrální metaxylémová céva  
en endodermis  
ep pokožka  
m-co střední kortex  
pe pericykl  
ph floém  
x xylém

Příčný řez  
primárním  
seminálním  
kořenem  
ječmene setého  
(*Hordeum  
vulgare* L.).





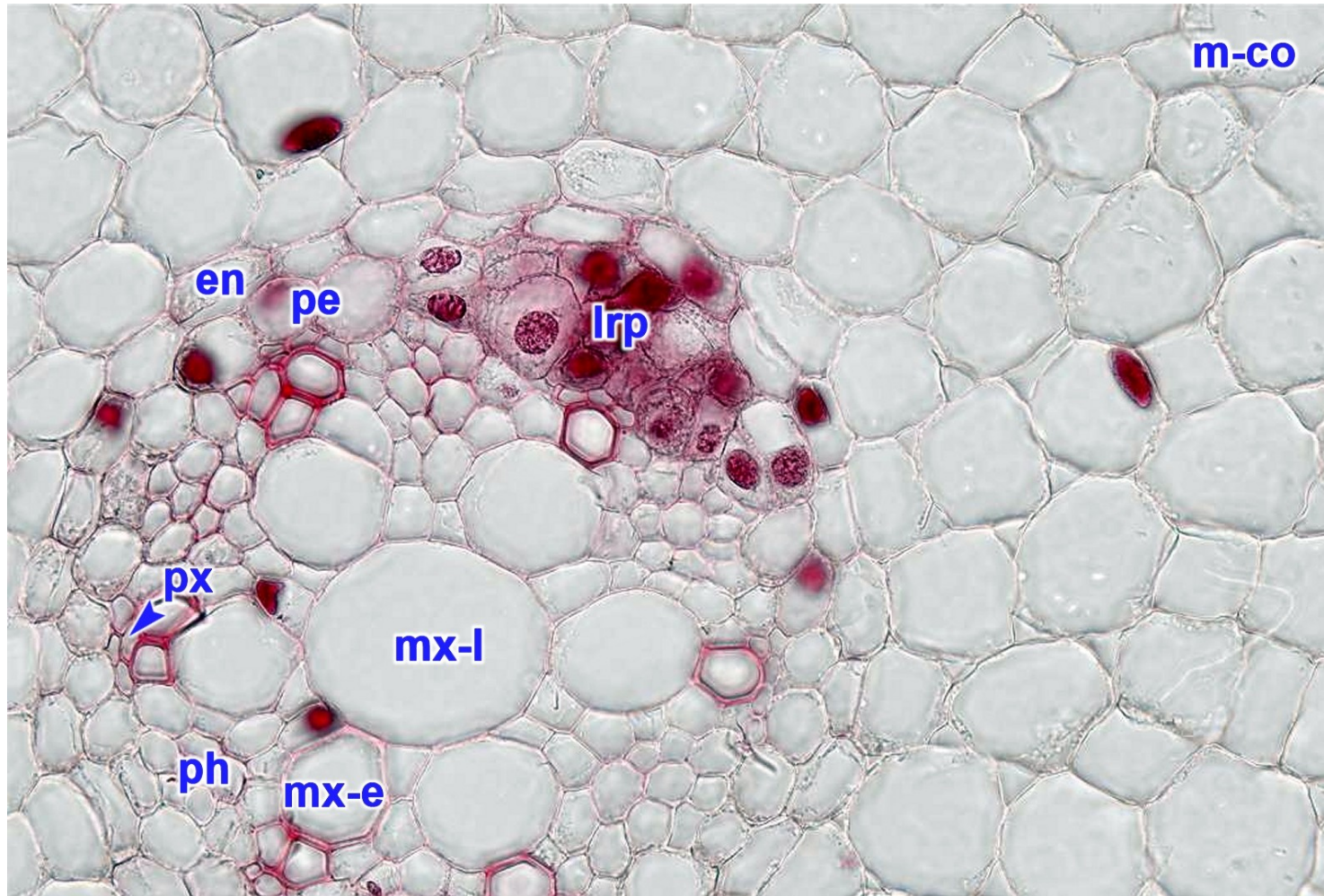
# Primární anatomická stavba kořene – pericykl (perikambium): latentní meristém



Příčný řez seminálním kořenem kukuřice seté (*Zea mays*).

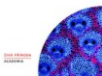


# Primární anatomická stavba kořene – pericykl – boční (laterální kořeny)



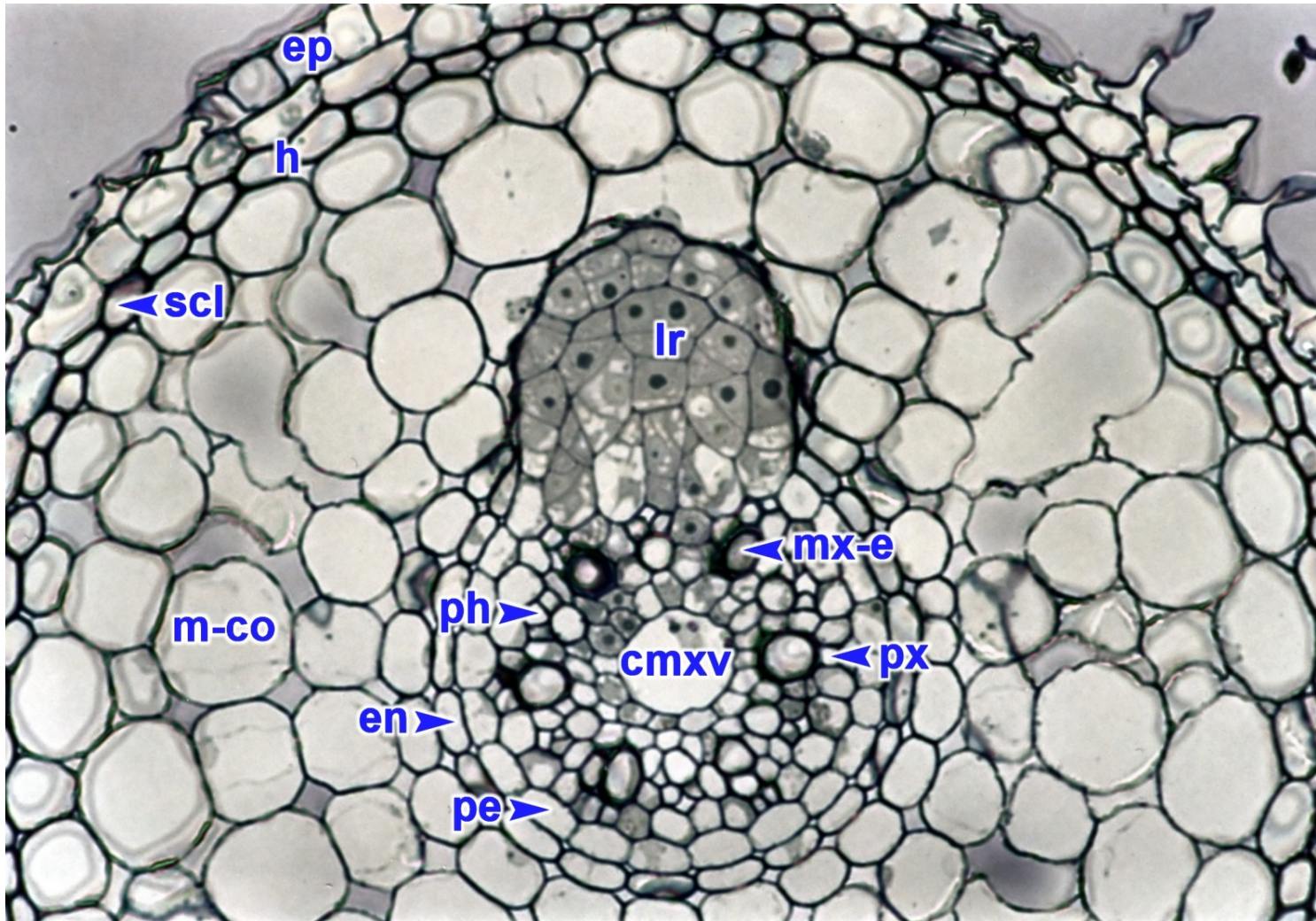
- en [endodermis](#)
- lrp [primordium bočního kořene](#)
- m-co [střední kortex](#)
- mx-e raný [metaxylém](#)
- mx-l pozdní [metaxylém](#)
- pe [pericykl](#)
- ph [floém](#)
- px [protoxylém](#)

Příčný řez  
adventivním  
kořenem česneku  
cibule  
(*Allium cepa* L.).





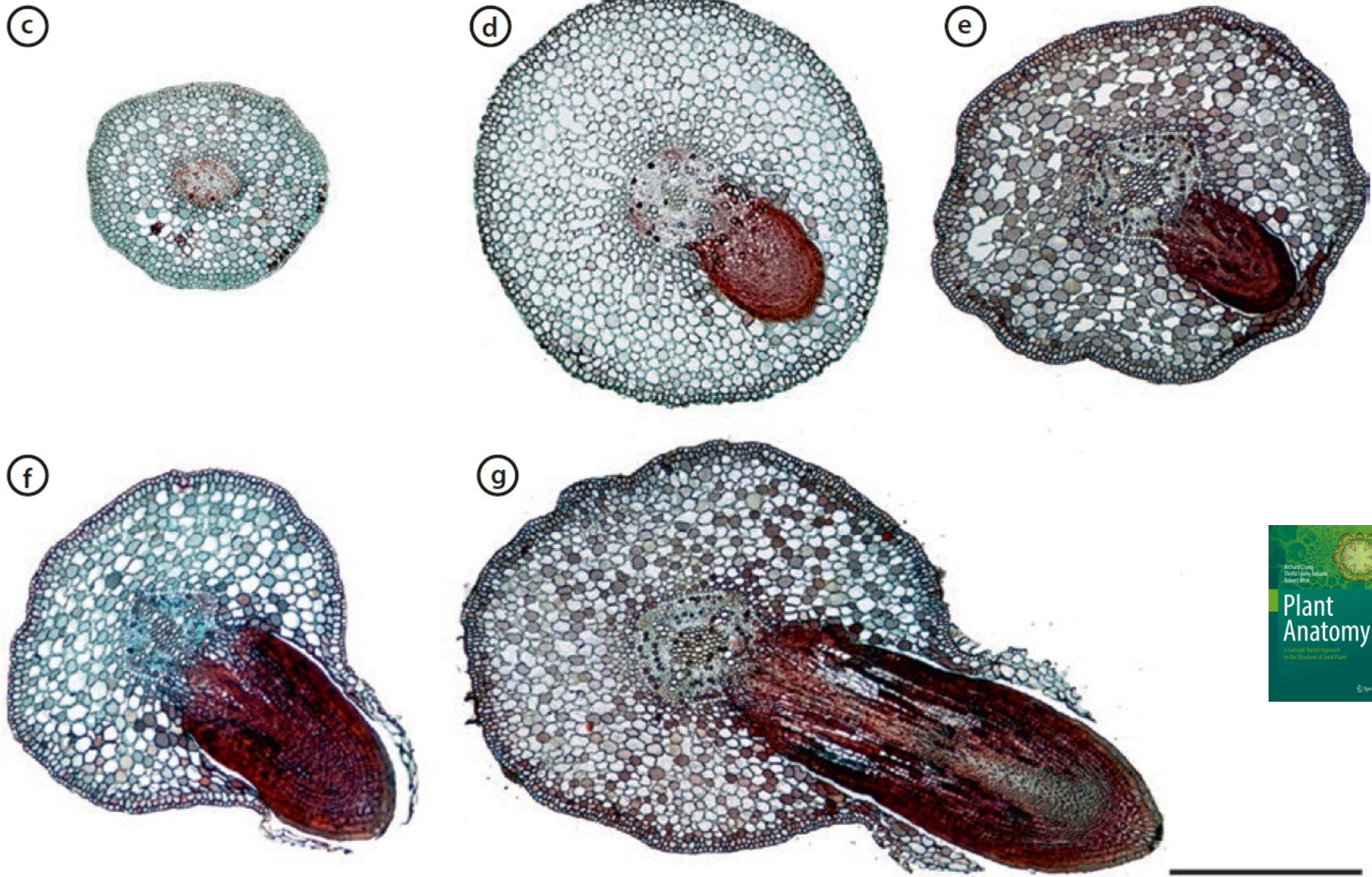
# Primární anatomická stavba kořene – pericykl – boční (laterální kořeny)



- cmxv centrální metaxylémová céva
- en endodermis
- ep pokožka
- h hypodermis
- lr boční kořen
- m-co střední kortex
- mx-e ranný metaxylém
- pe pericykl
- ph floém
- px protoxylém
- scl sklerenchym

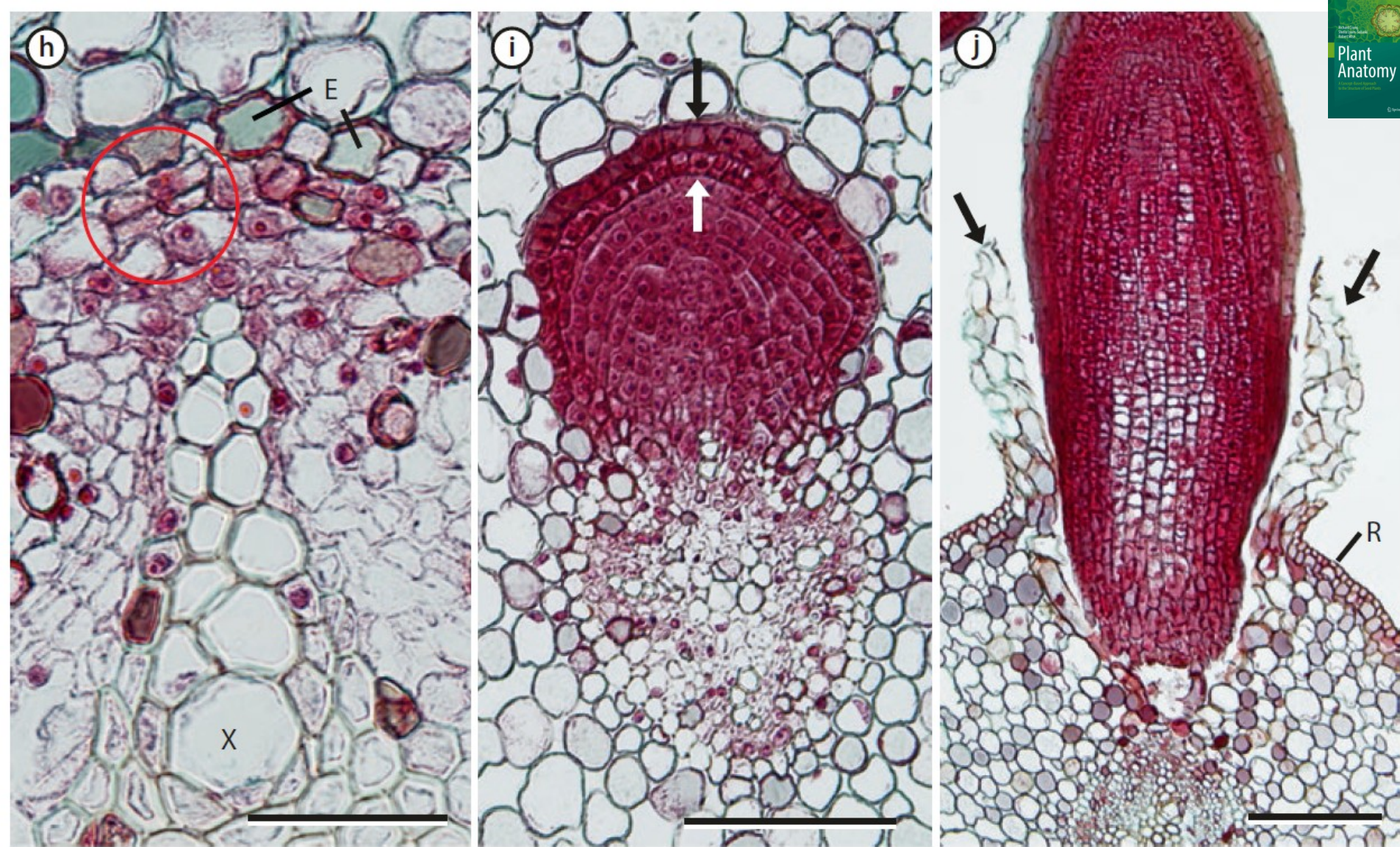
Příčný řez  
seminálním  
kořenem rýže  
seté (*Oryza  
sativa* L.)  
s primordiím  
bočního kořene.





■ Fig. 10.8 c–g A sequence of light micrographs of willow (*Salix* sp.) lateral roots arising from the central vascular stele. Scale bar = 0.5 mm. (c–g RR Wise)

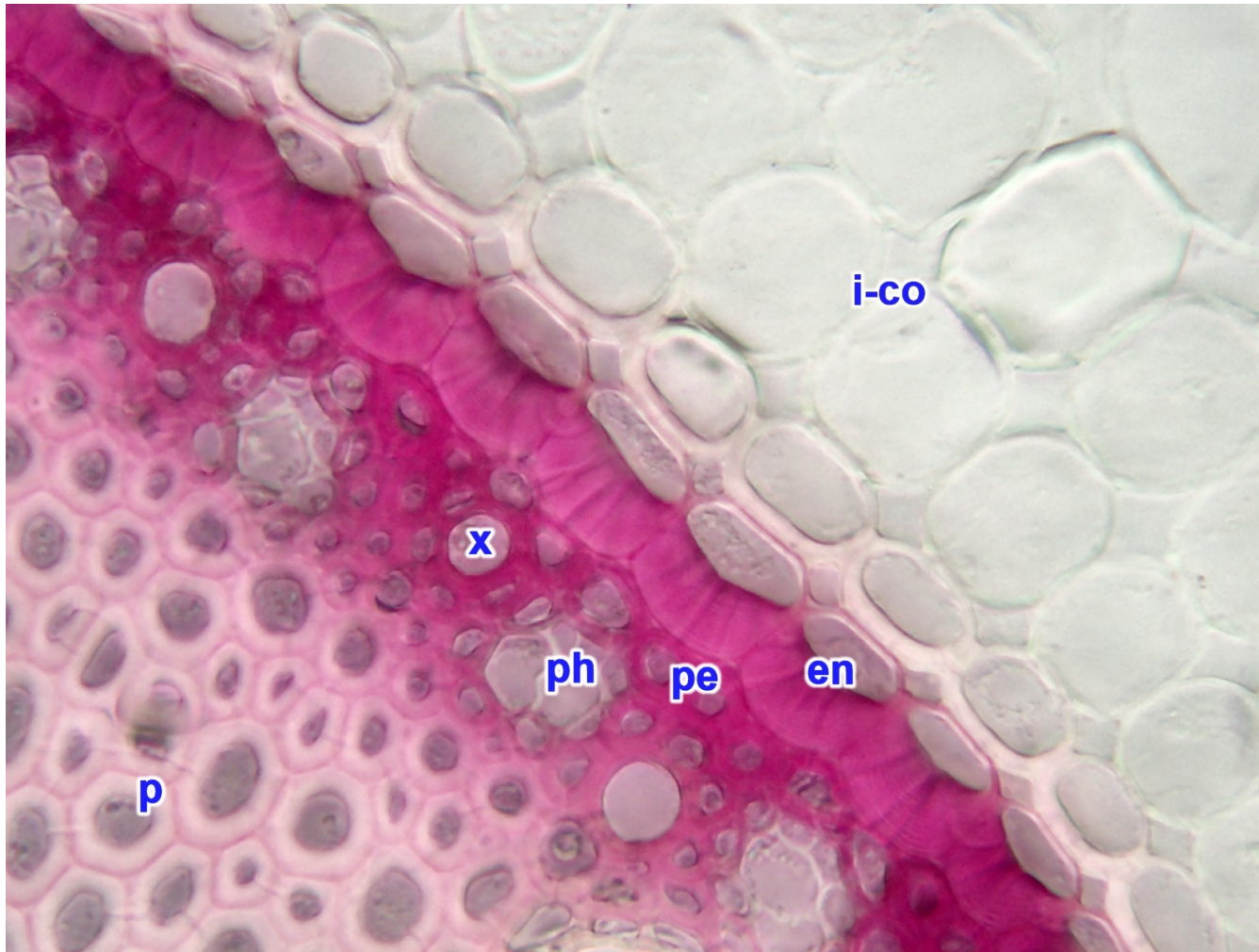




**Fig. 10.8** h–j Root development in black willow (*Salix nigra*). h Very early stage in lateral root development. Two pericycle cells (in red circle) opposite the xylem (X) arm are dividing in a periclinal plane. The endodermis (E) lies to the outside of the pericycle. i At a later stage, the root tip is about halfway through the cortex and has developed a root cap two cell layers thick (between arrows). j After pushing through the rhizodermis (R), the hole in the parent root is sealed by a collar of corky cells (arrows). Scale bars = 25  $\mu\text{m}$  in h, 50  $\mu\text{m}$  in i, and 100  $\mu\text{m}$  in j. (h–j RR Wise)



# Primární anatomická stavba kořene – sklerifikovaný pericykl



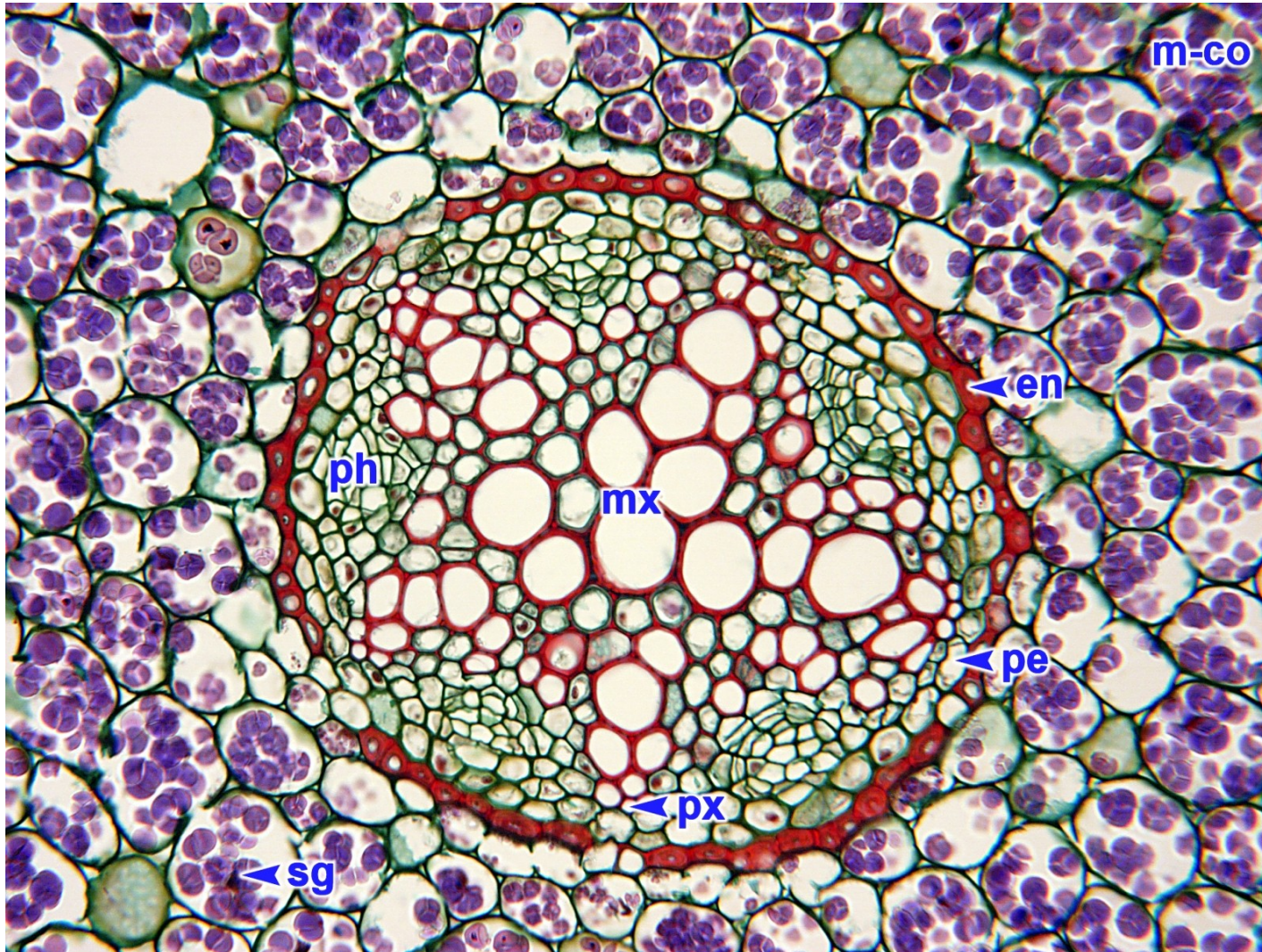
en endodermis  
i-co vnitřní kortex  
pe pericykl  
p dřeň  
ph floém  
x xylém

Příčný řez kořenem  
bezkolence modrého  
(*Molinia caerulea* (L.)  
Moench).





# Prim. + sek. anatomická stavba kořene – pericykl → kambium

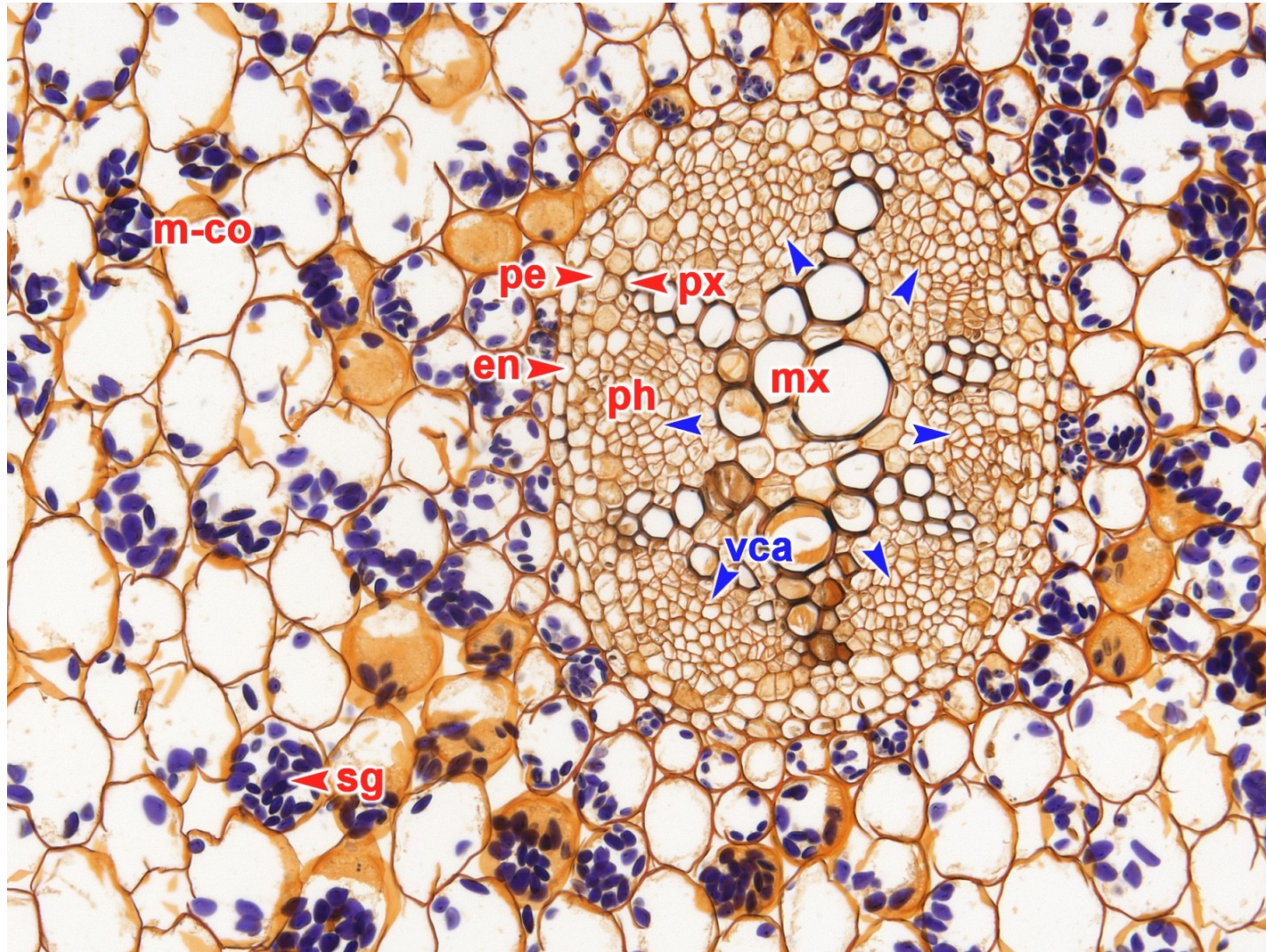


- en endodermis
- m-co střední kortex
- mx metaxylém
- pe pericykl
- ph floém
- px protoxylém
- sg škrobová zrna

Příčný řez kořenem  
pryskyřníku prudkého  
(*Ranunculus acris* L.).



# Primární + sekundární anatomická stavba kořene – kambium

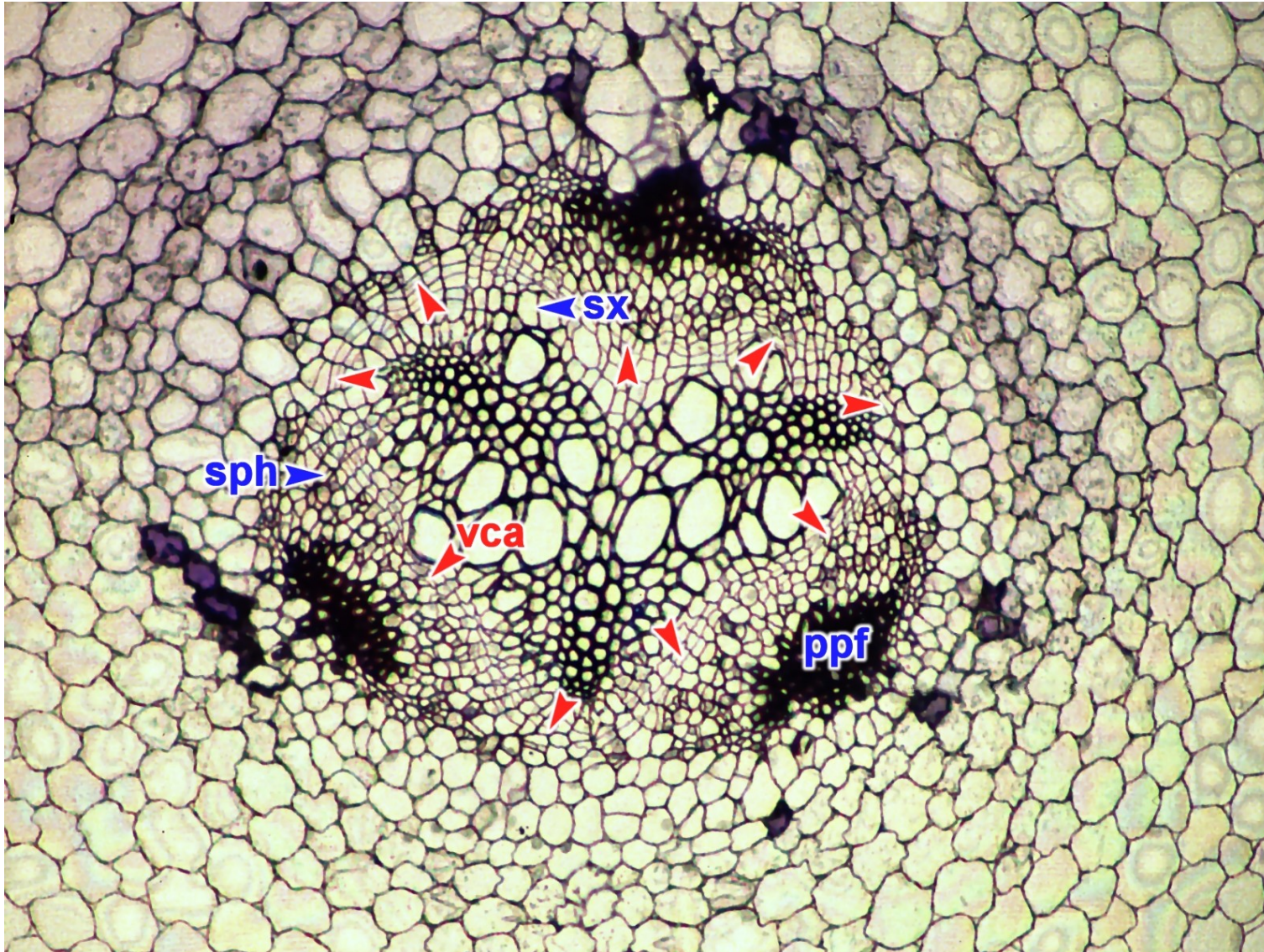


- en [endodermis](#)
- m-co [střední kortex](#)
- mx [metaxylém](#)
- ph [floém](#)
- px [protoxylém](#)
- sg [škrobové zrno](#)
- pe [pericykl](#)
- vca [kambium](#)

Příčný řez kořenem  
blatouchu bahenního  
(*Caltha palustris* L.).



# Primární + sekundární anatomická stavba kořene – kambium

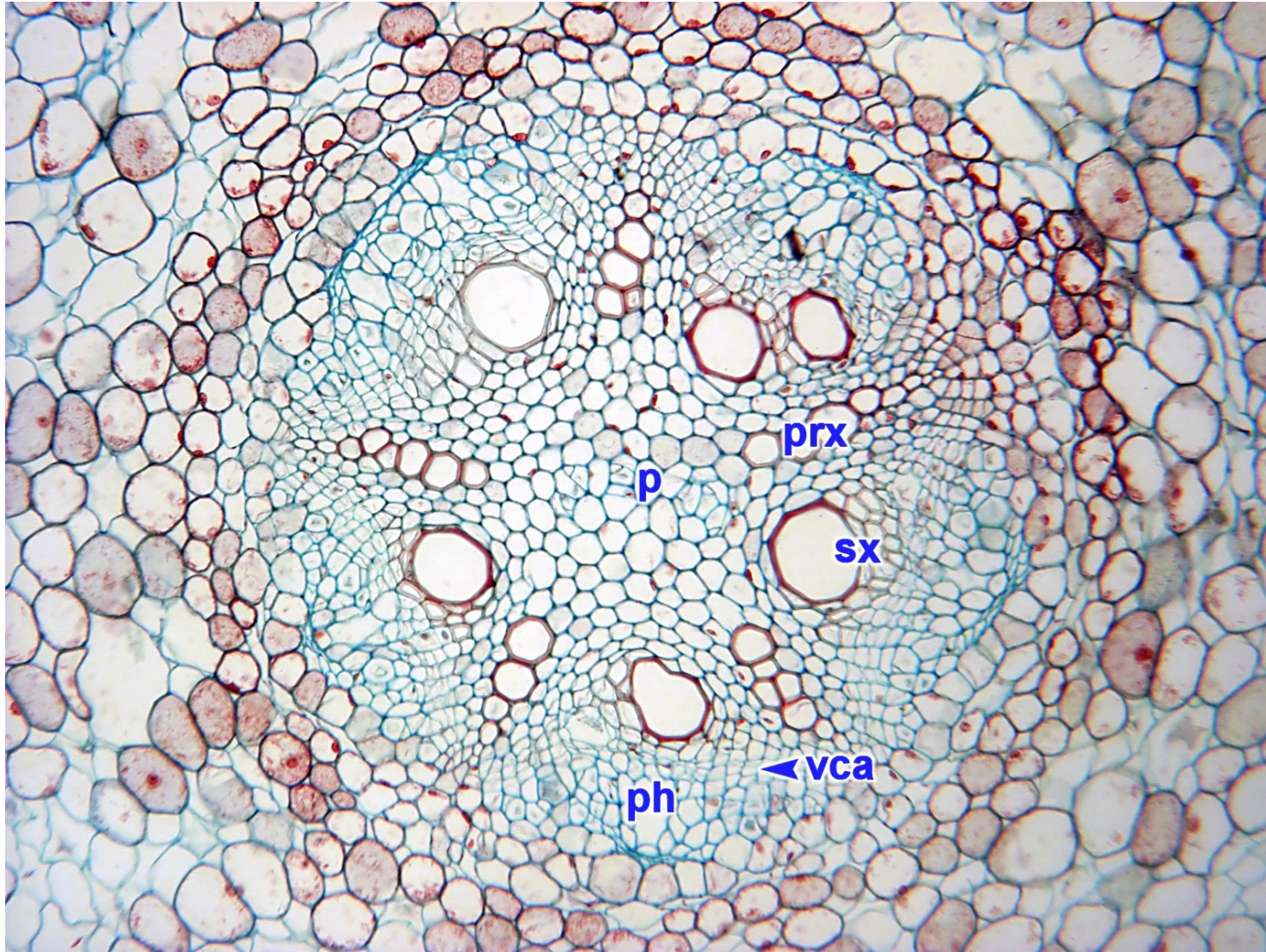


**ppf** vlákna primárního floému  
**sph** sekundární floém  
**sx** sekundární xylém  
**vca** kambium

Příčný řez kořenem hrachu setého (*Pisum sativum* L.).



# Primární + sekundární anatomická stavba kořene – kambium

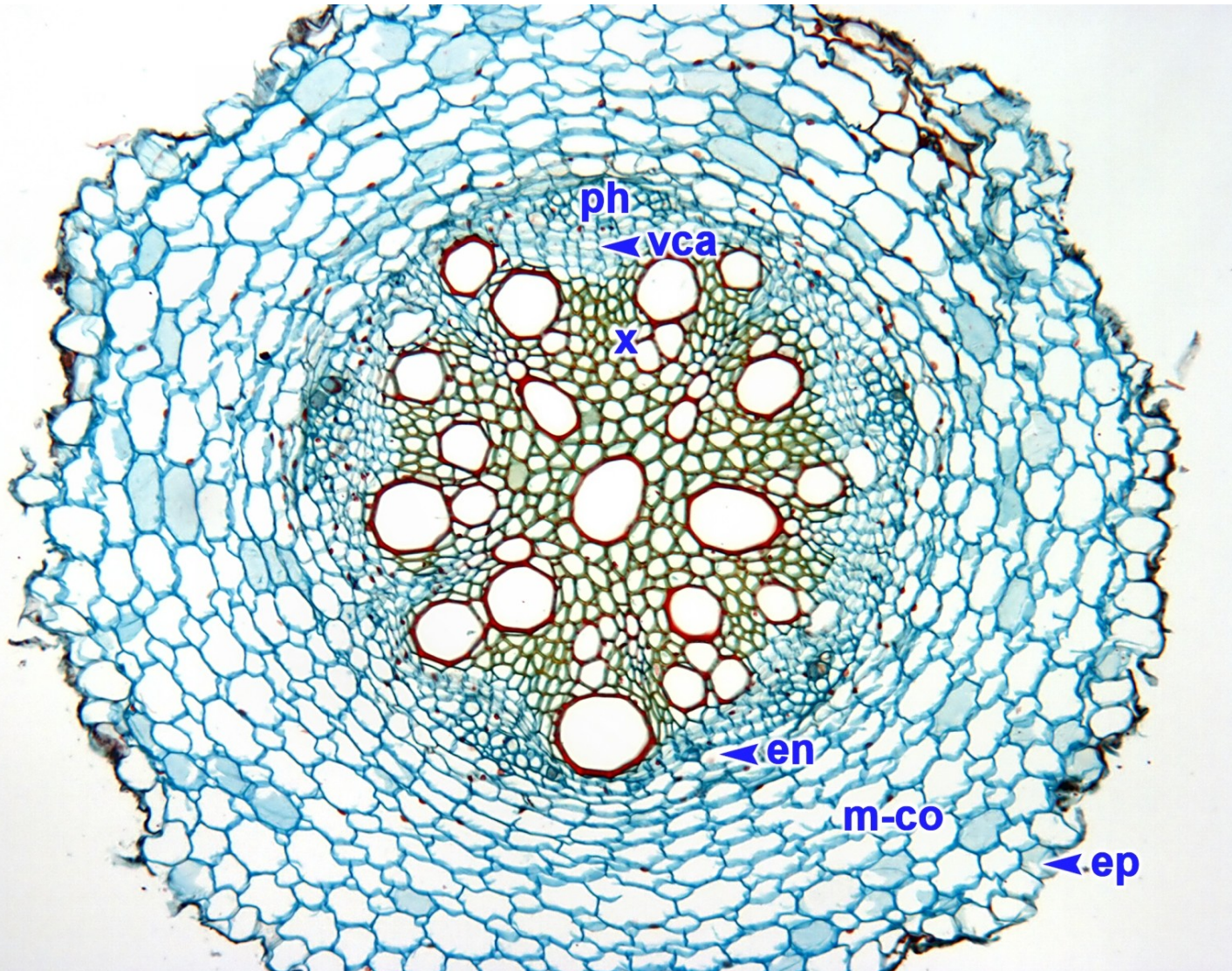


p dřeň  
ph floém  
prx primární xylém  
sx sekundární xylém  
vca kambium

Příčný řez kořenem  
povijnice jedlé  
(*Ipomoea batatas* (L.) Poir.).



# Primární + sekundární anatomická stavba kořene – kambium

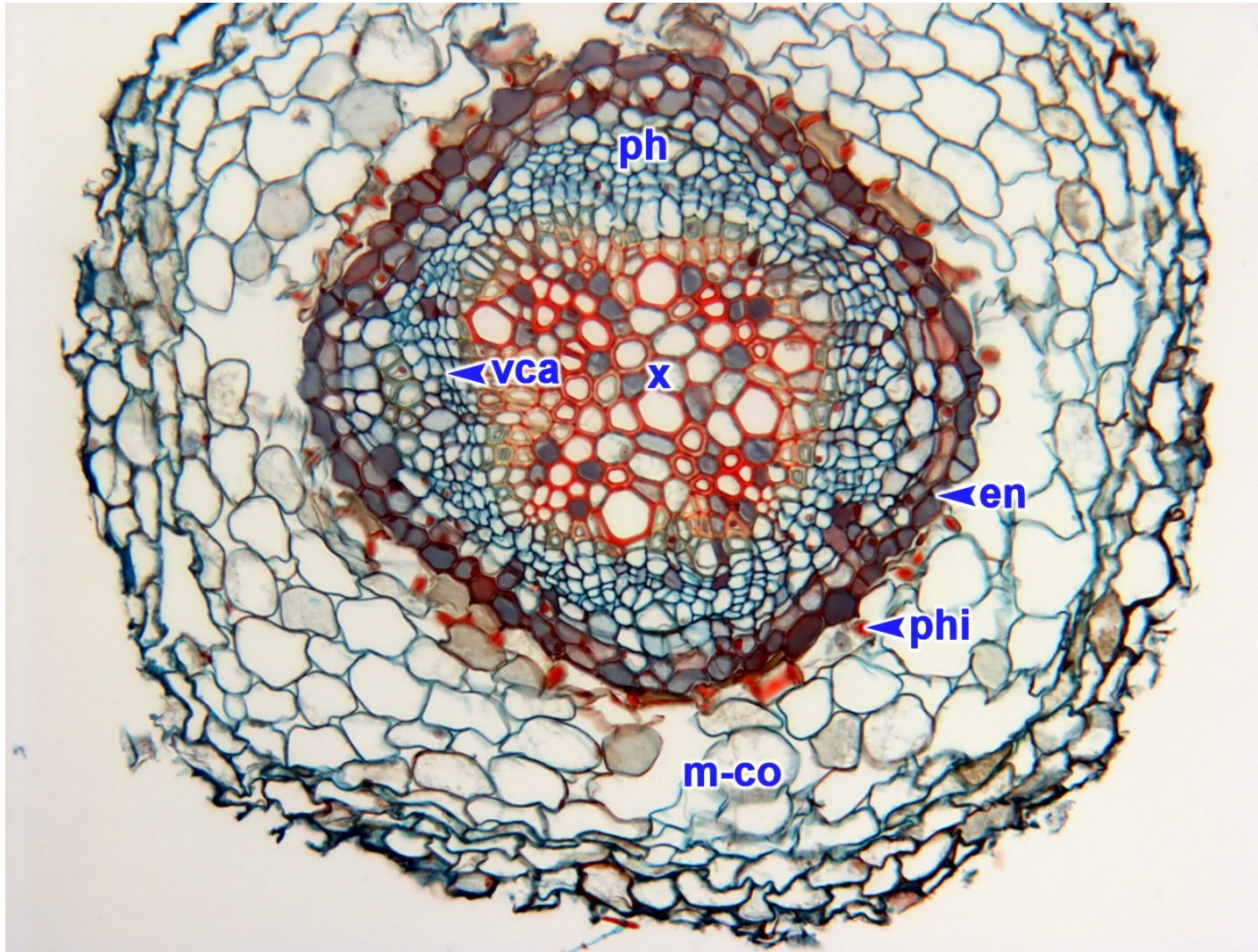


ep [pokožka](#)  
en [endodermis](#)  
m-co [střední kortex](#)  
ph [floém](#)  
x [xylém](#)  
vca [kambium](#)

Příčný řez kořenem slunečnice roční (*Helianthus annuus* L.).



# Primární + sekundární anatomická stavba kořene – kambium

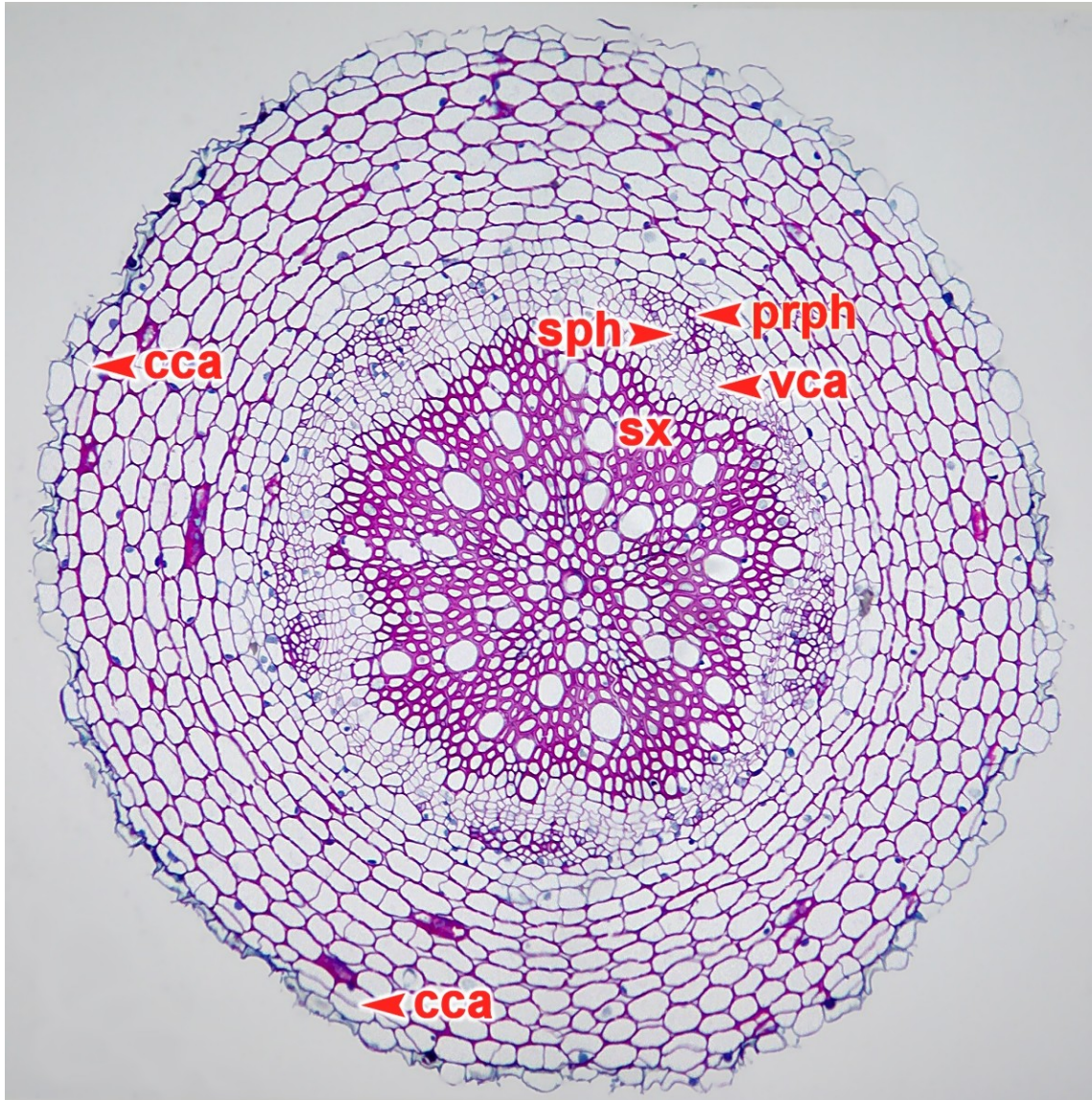


en endodermis  
m-co střední kortex  
ph floém  
phi phi vrstva  
vca kambium  
x xylém

Počátek sekundárního tloušťnutí kořene hrušně obecné (*Pyrus communis* L.).



# Sekundární anatomická stavba kořene – kambium + felogén

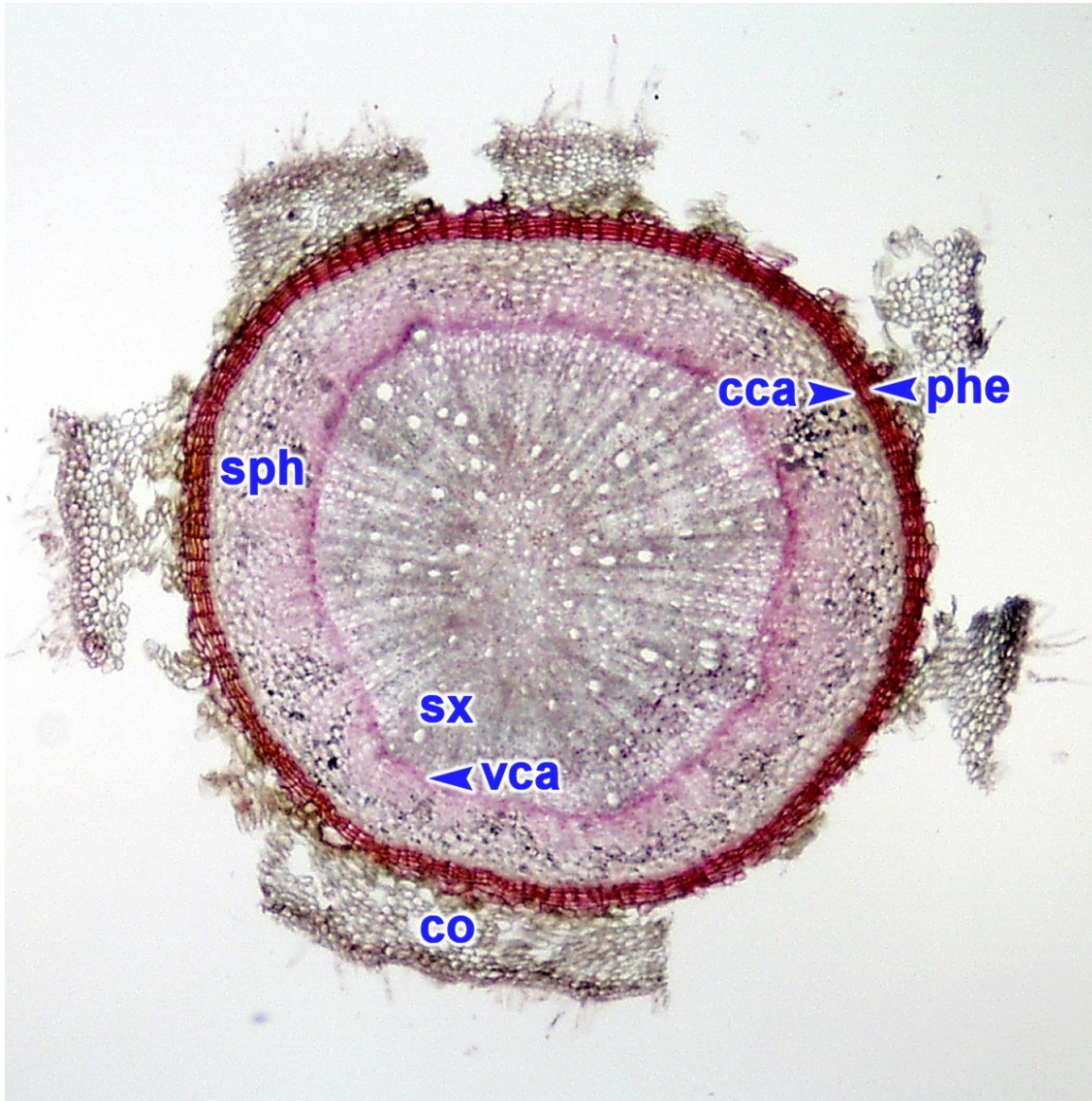


cca [felogén](#)  
prph [primární floém](#)  
sph [sekundární floém](#)  
sx [sekundární xylém](#)  
vca [kambium](#)

Příčný řez sekundárně ztloustlým kořenem řebříčku chlumního (*Achillea collina* J. Becker ex Rchb.). Objem primární kůry je zvětšován **dilatačním růstem** doprovázeným antiklinálními děleními ve všech vrstvách primární kůry.



# Sekundární anatomická stavba kořene – kambium + felogén

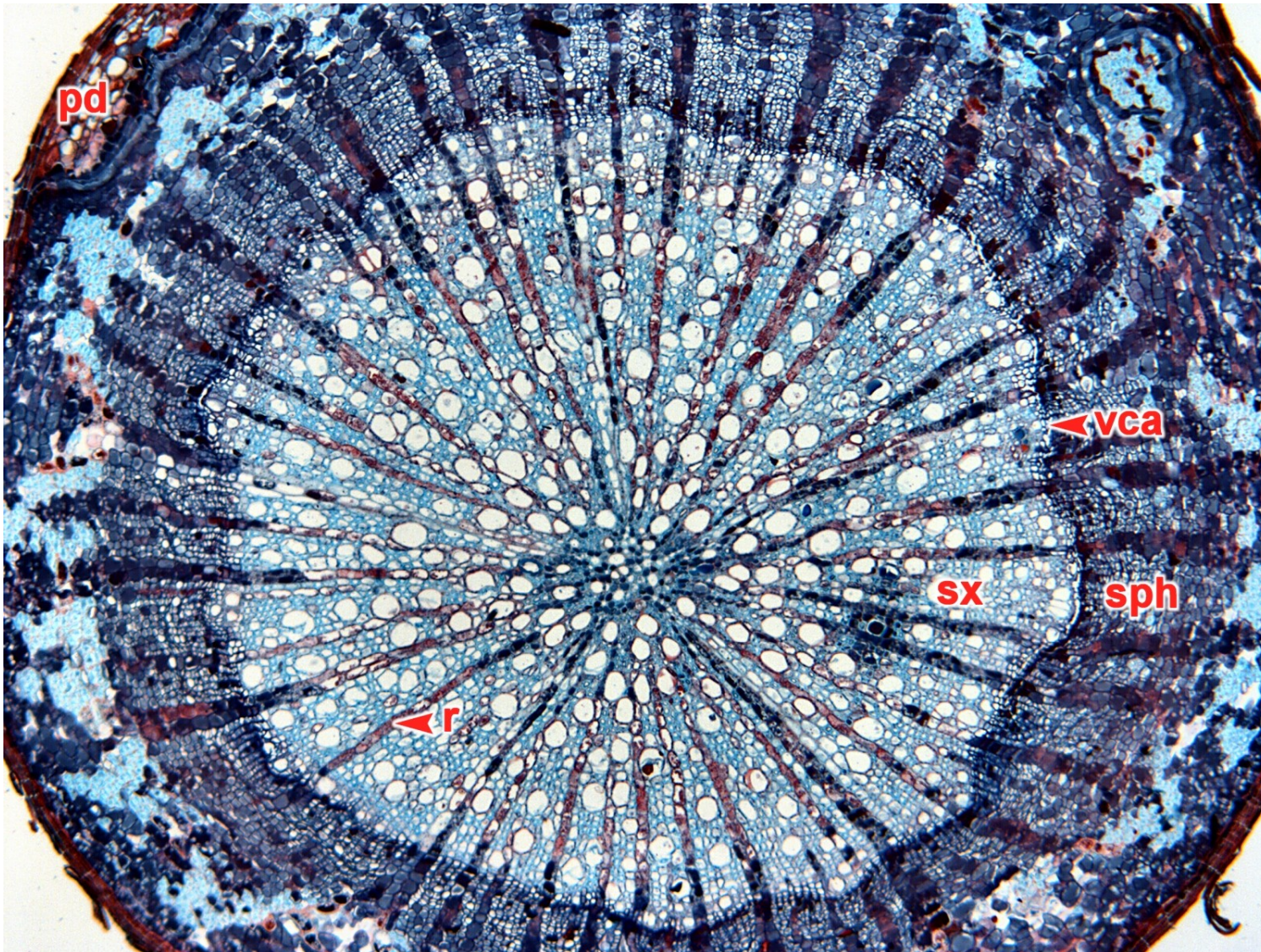


cca [felogén](#)  
co [primární kůra](#)  
phe [korek](#)  
sph [sekundární floém](#)  
sx [sekundární xylém](#)  
vca [kambium](#)

Příčný řez sekundárně ztloustlým kořenem dubu letního (*Quercus robur* L.).



# Sekundární anatomická stavba kořene – kambium + felogén

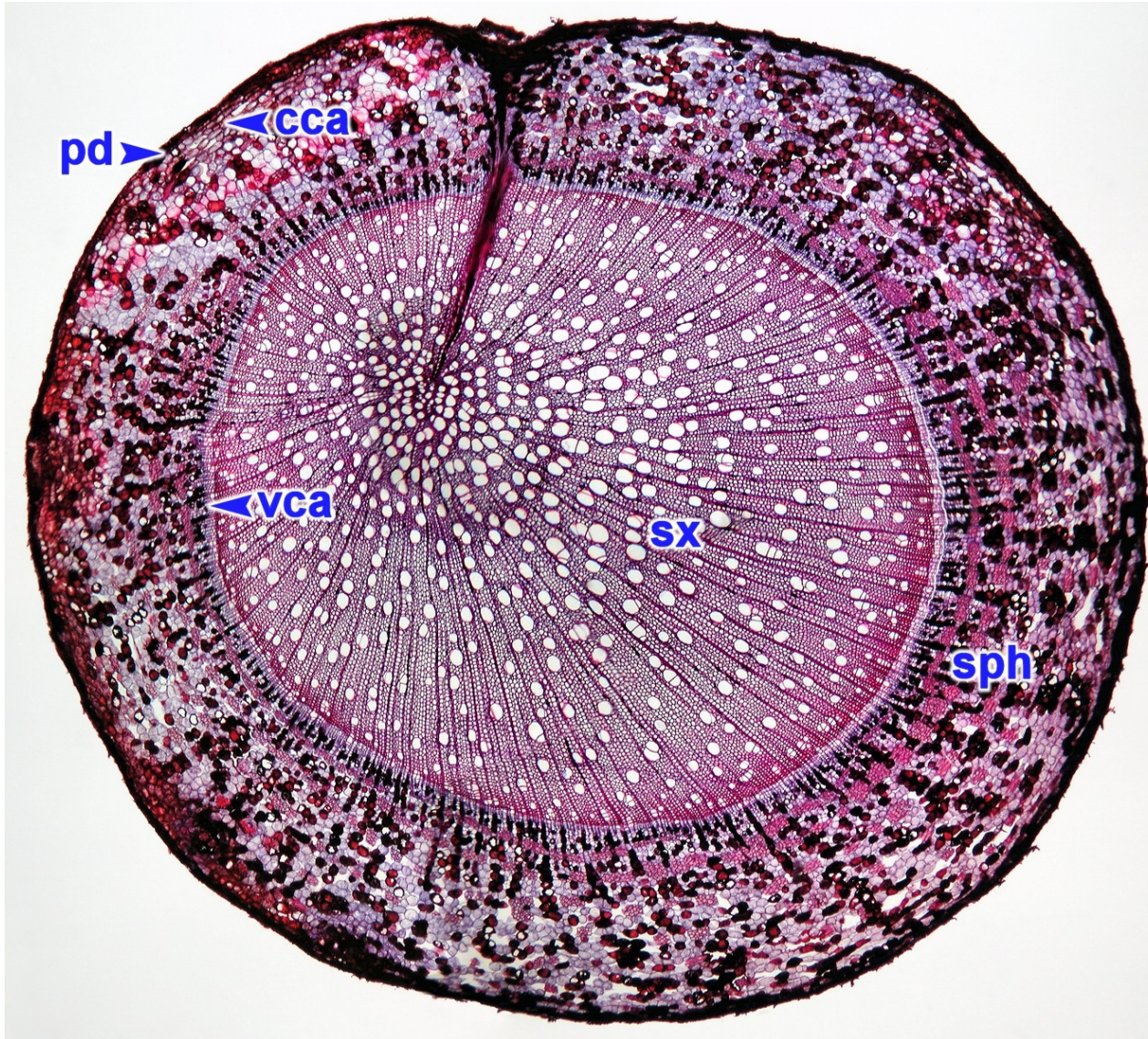


- pd [periderm](#)
- r [parenchymatický paprsek](#)
- sph [sekundární floém](#)
- sx [sekundární xylém](#)
- vca [kambium](#)

Pozdější stádium sekundárního tloušťnutí kořene hrušně obecné (*Pyrus communis* L.).



# Sekundární anatomická stavba kořene – kambium + felogén

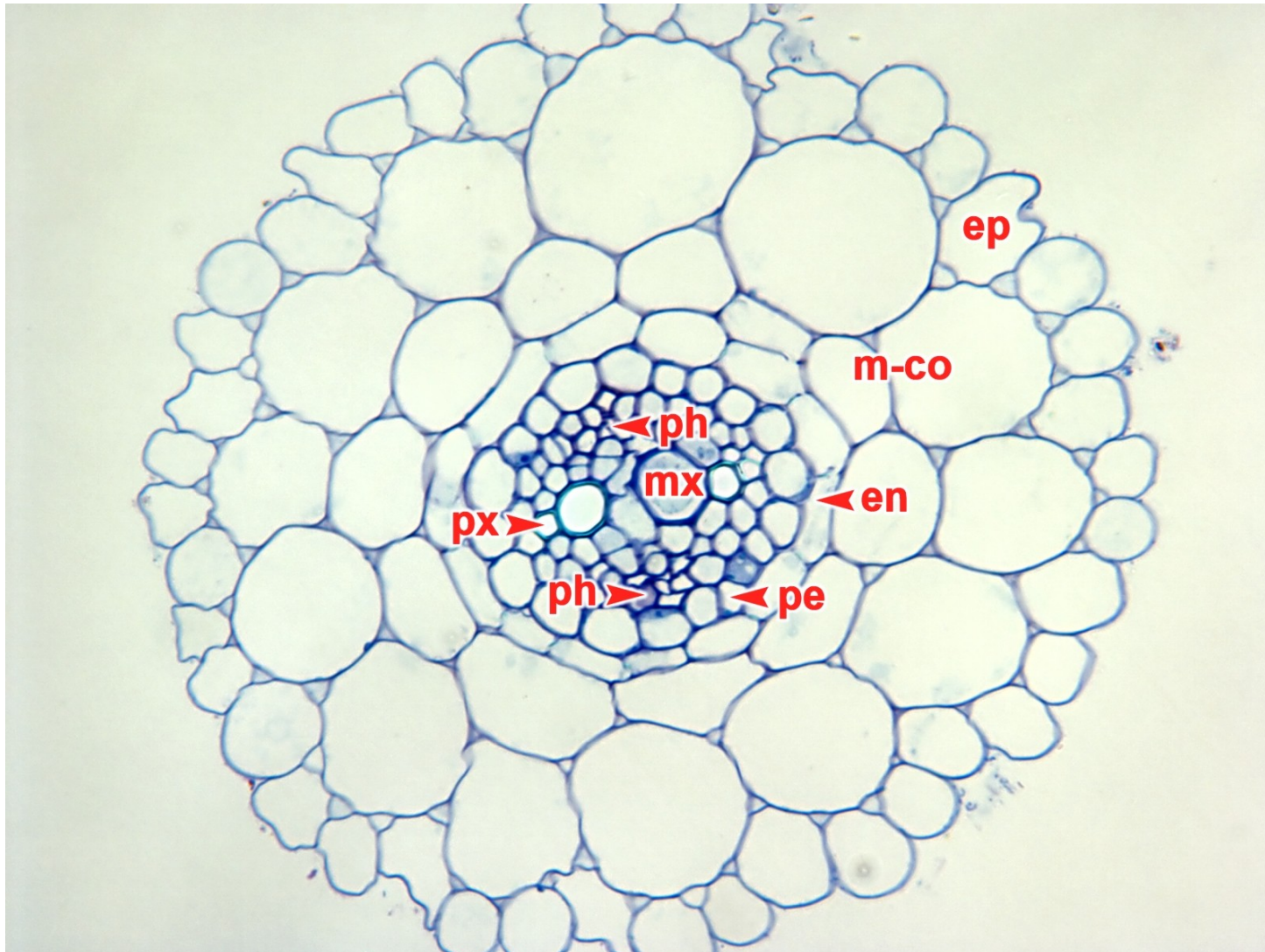


cca [felogén](#)  
pd [periderm](#)  
sph [sekundární floém](#)  
sx [sekundární xylém](#)  
vca [kambium](#)

Příčný řez sekundárně  
ztloustlým kořenem vrby jívy  
(*Salix caprea* L.).



# Kořeny dvouděložných rostlin - review

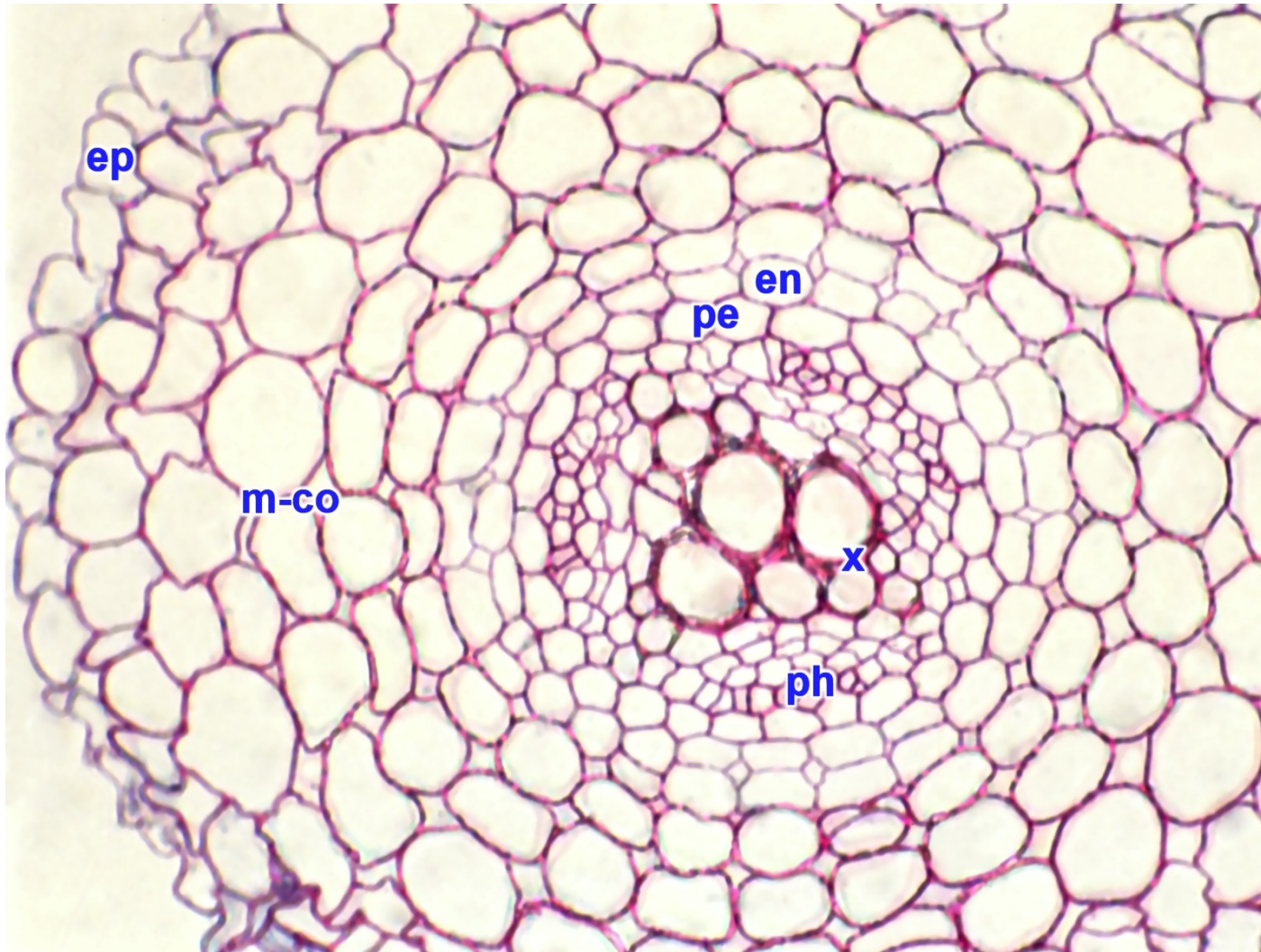


en [endodermis](#)  
ep [pokožka](#)  
m-co [střední kortex](#)  
mx [metaxylém](#)  
pe [pericykl](#)  
ph [floém](#)  
px [protoxylém](#)

Příčný řez  
diferencovanou oblastí  
kořene huseníčku  
rolního (*Arabidopsis  
thaliana* (L.) Heynh.).



# Kořeny dvouděložných rostlin - review

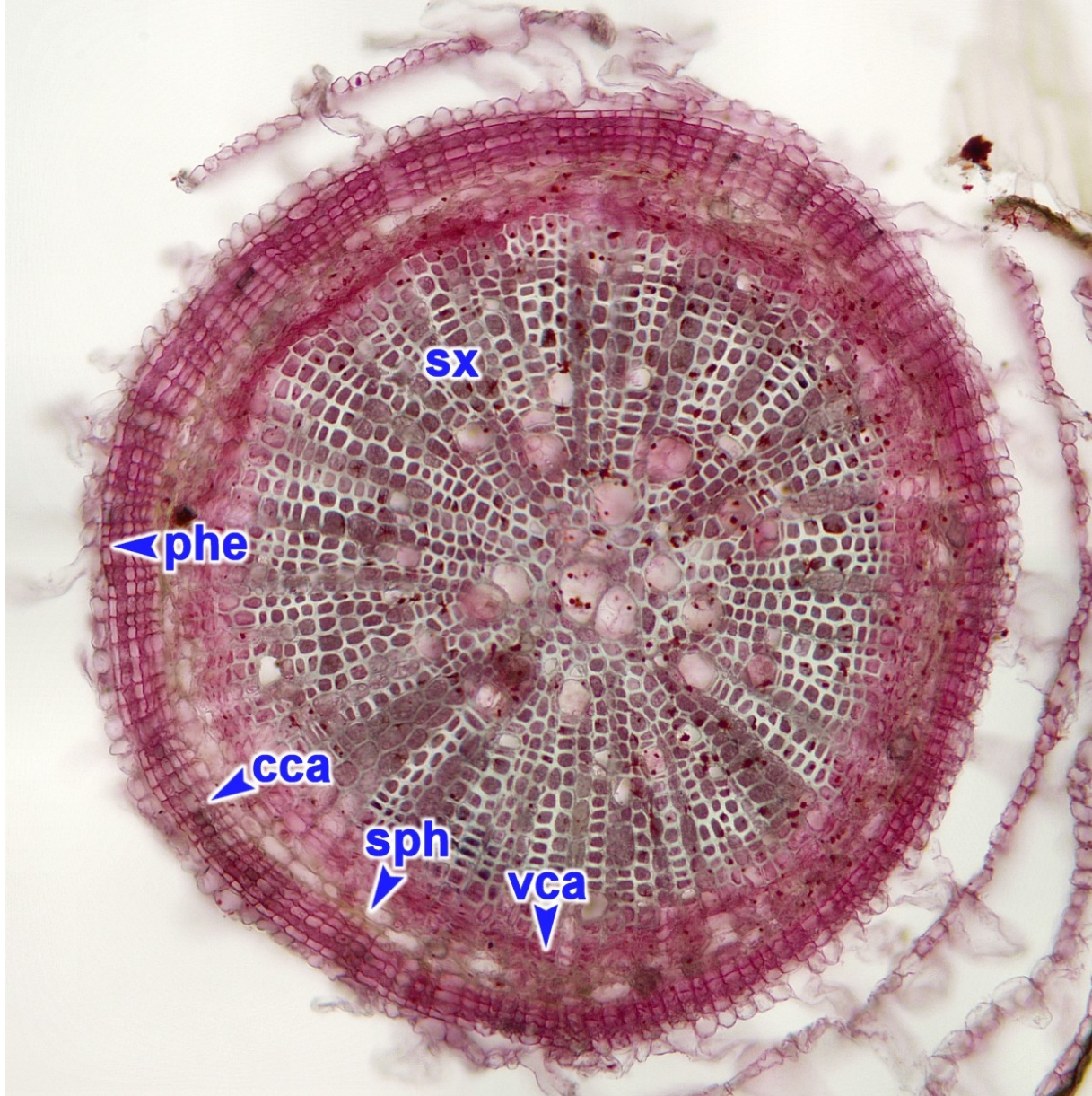


en [endodermis](#)  
ep [pokožka](#)  
m-co [střední kortex](#)  
pe [pericykl](#)  
ph [floém](#)  
x [xylém](#)

Příčný řez adventivním kořenem řebříčku chlumního (*Achillea collina* J. Becker ex. Rchb.).



# Kořeny dvouděložných rostlin - review

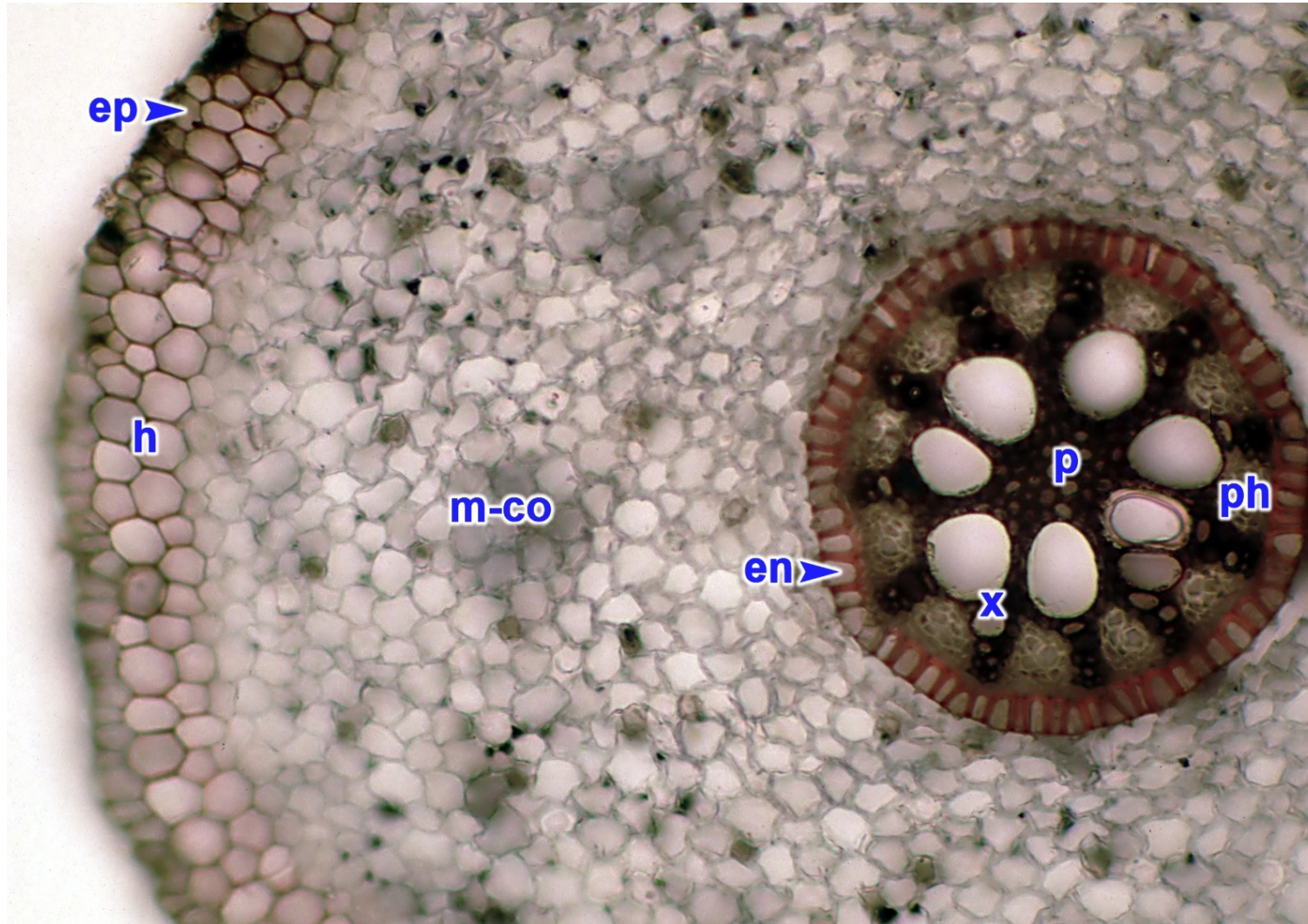


cca [felogén](#)  
phe [korek](#)  
sph [sekundární floém](#)  
sx [sekundární xylém](#)  
vca [kambium](#)

Příčný řez sekundárně ztloustlým kořenem kypřeje vrbice (*Lythrum salicaria* L.).



# Kořeny jednoděložných rostlin - review



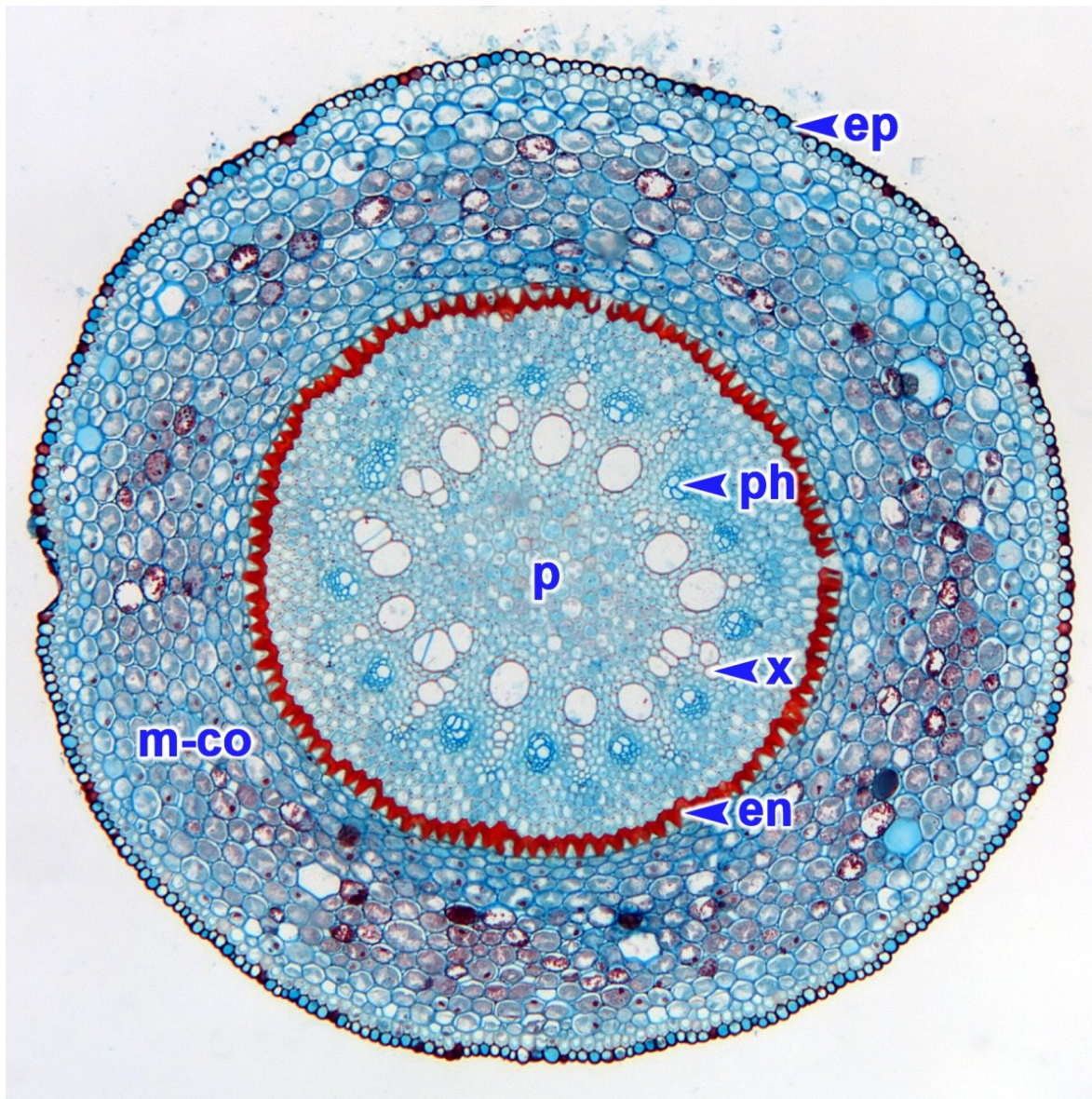
- en [endodermis](#)
- ep [pokožka](#)
- h [hypodermis](#)
- m-co [střední](#)  
[kortex](#)
- p [dřeň](#)
- ph [floém](#)
- x [xylém](#)

Příčný řez  
adventivním  
kořenem kosatce  
německého (*Iris* ×  
*germanica* L.).





# Kořeny jednoděložných rostlin - review

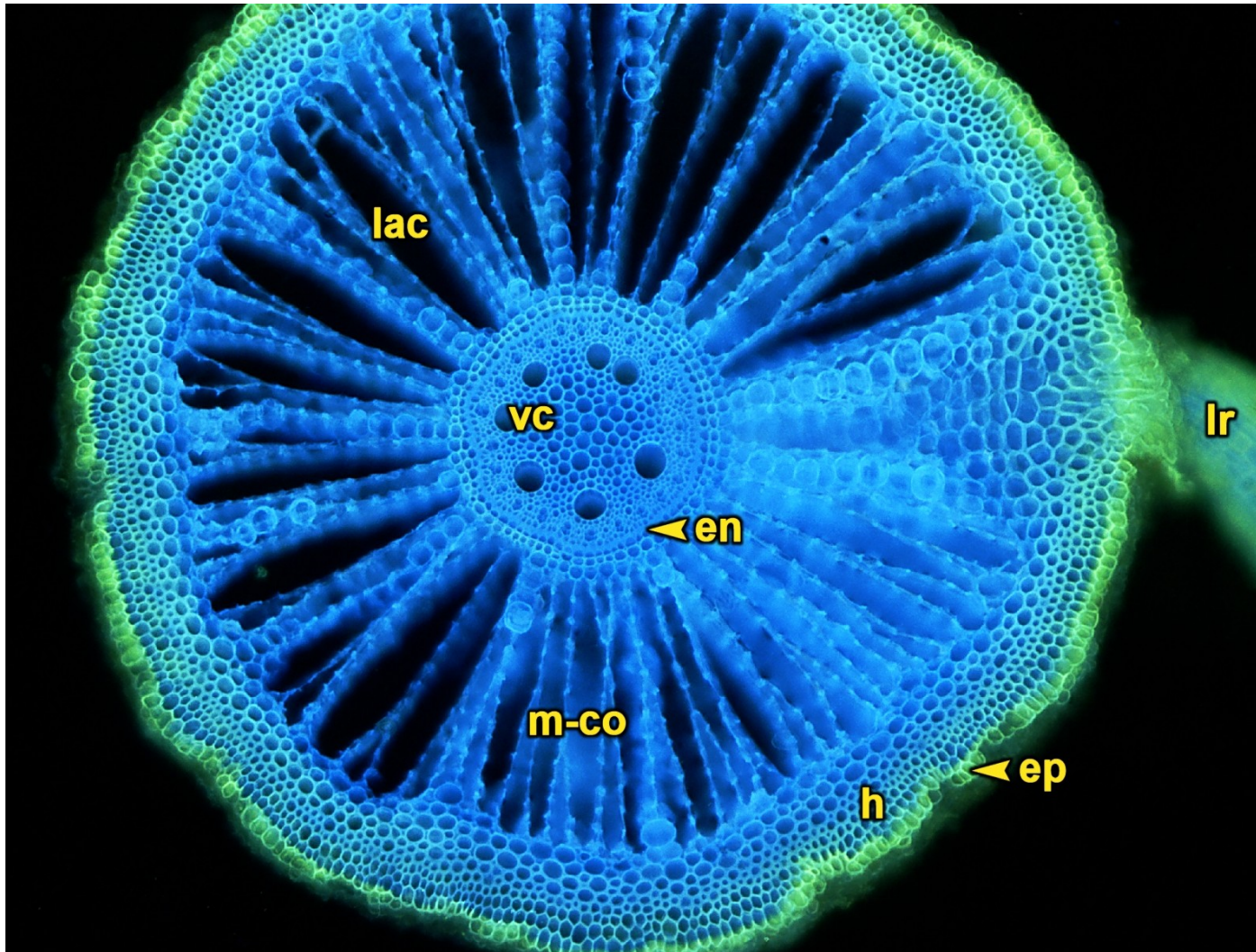


en endodermis  
ep pokožka  
m-co střední kortex  
p dřeň  
ph floém  
x xylém

Příčný řez adventivním kořenem přestupu bylinného (*Smilax herbacea* L.).



# Kořeny jednoděložných rostlin - review



- en [endodermis](#)
- ep [pokožka](#)
- h [hypodermis](#)
- lac [lakuna](#)
- lr [boční kořen](#)
- m-co [střední kortex](#)
- vc [střední válec](#)

Příčný řez adventivním kořenem rákosu obecného (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Fluorescenční mikroskopie.



# Specializované typy kořenů – vzdušné absorpční kořeny



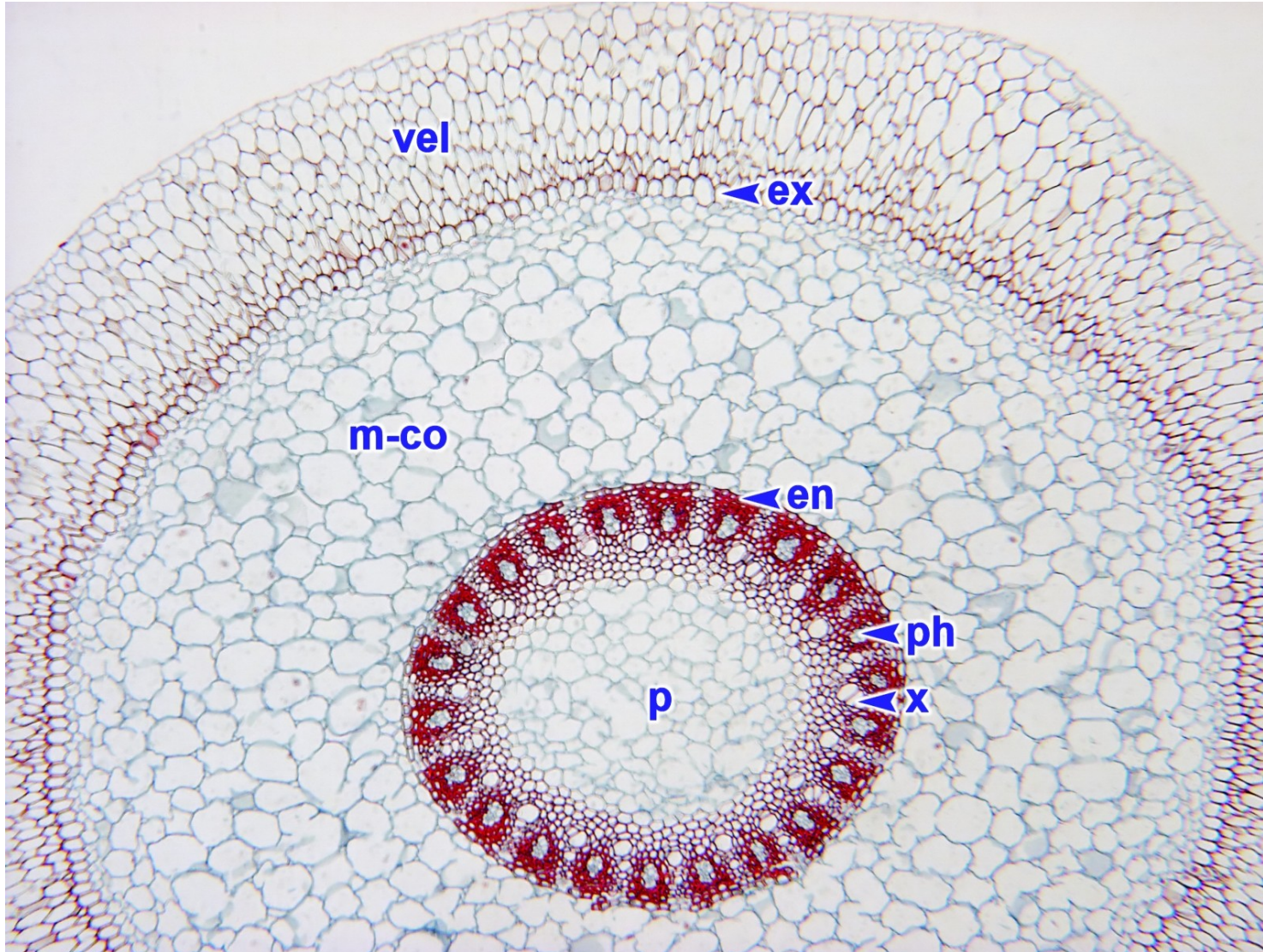
aer [vzdušné kořeny](#)

Vzdušné kořeny  
epifytické orchideje  
*Oncidium* sp.





# Specializované typy kořenů – vzdušné absorpční kořeny

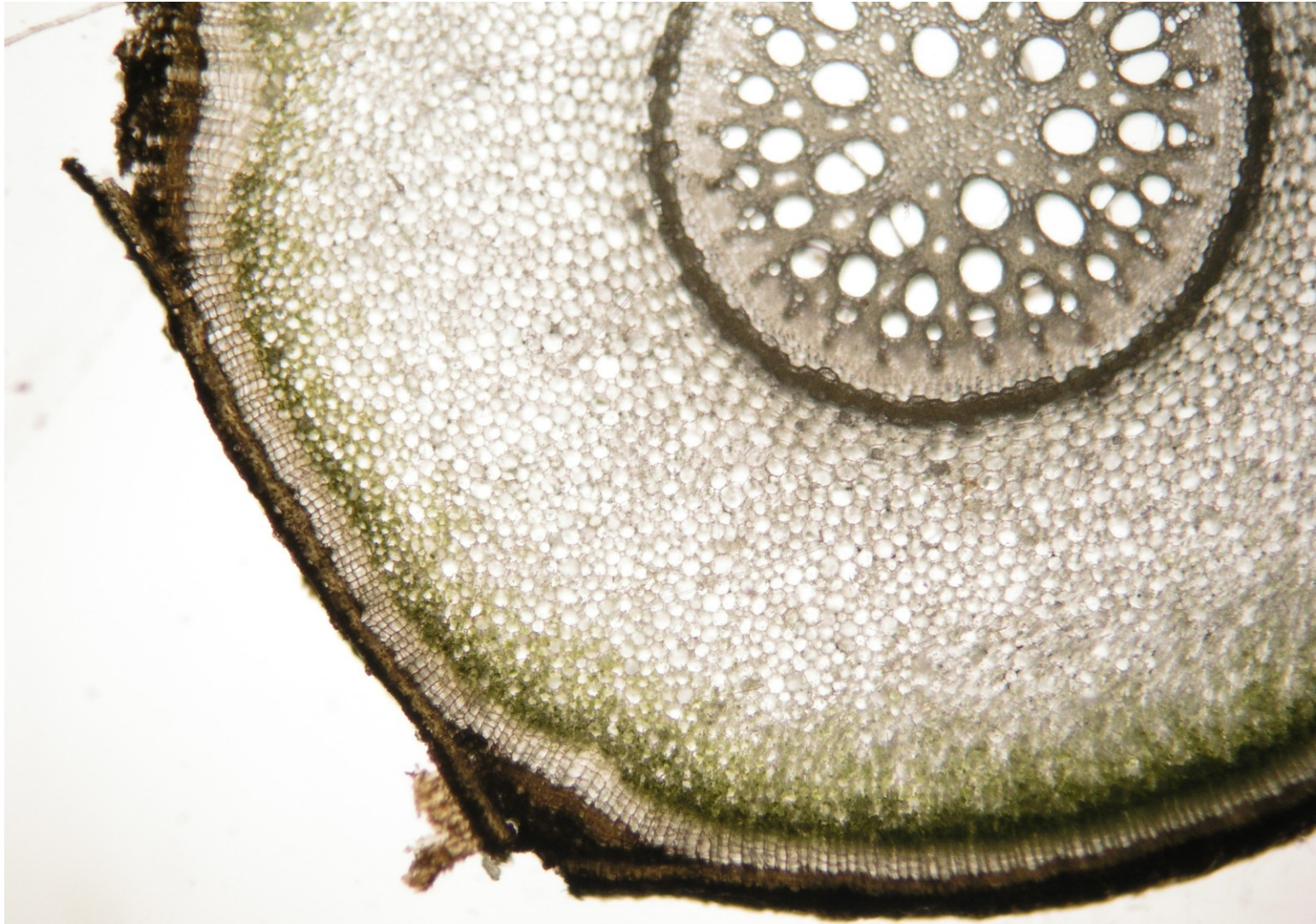


en endodermis  
ex exodermis  
m-co střední kortex  
p dřeň  
ph floém  
vel velamen  
x xylém

Příčný řez vzdušným  
kořenem epifytické  
orchideje *Epidendrum  
radicans* Lindl.



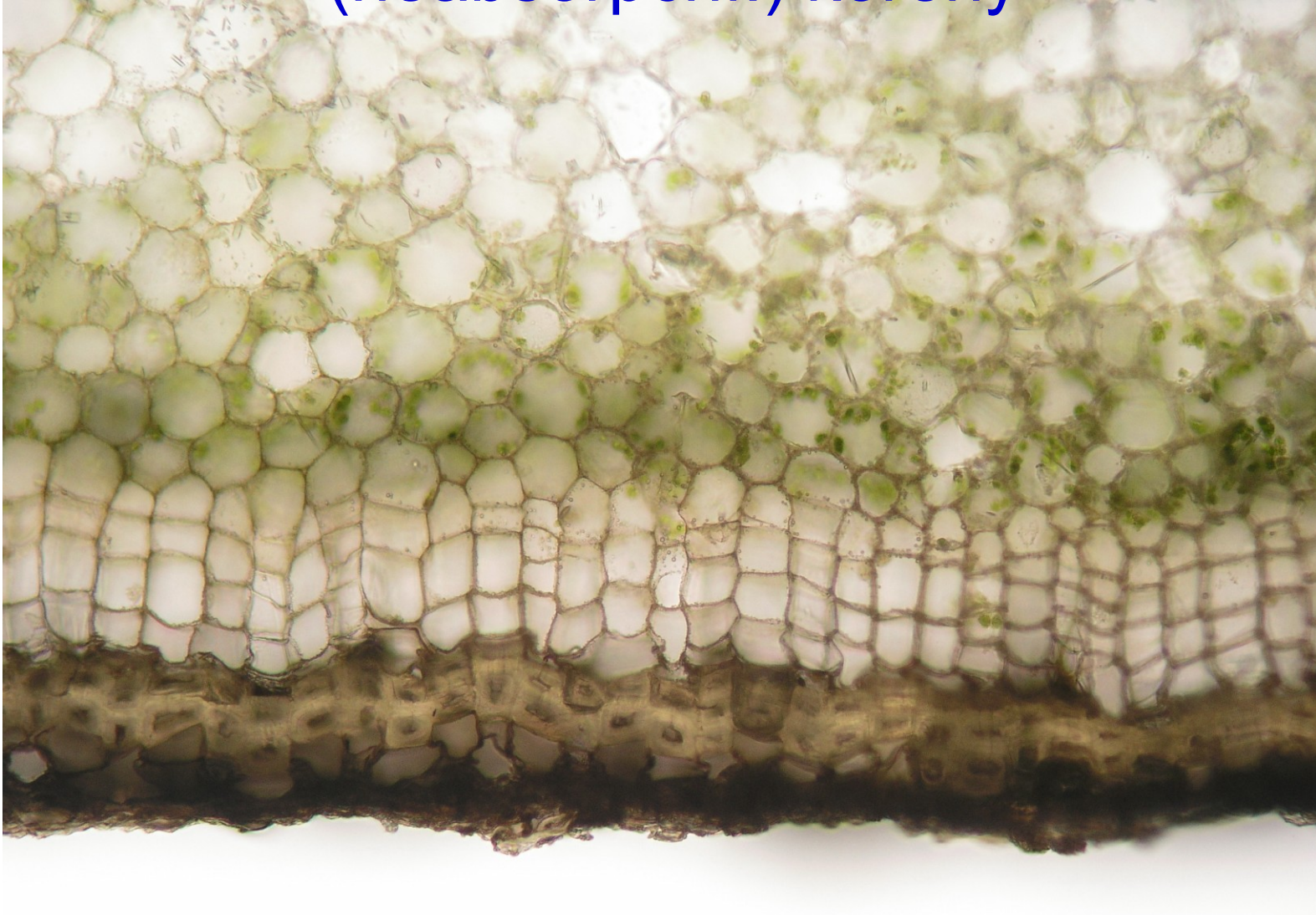
# Specializované typy kořenů – vzdušné (neabsorpční!) kořeny



Příčný řez vzdušným kořenem monstery nádherné (*Monstera deliciosa*, Liliopsida).



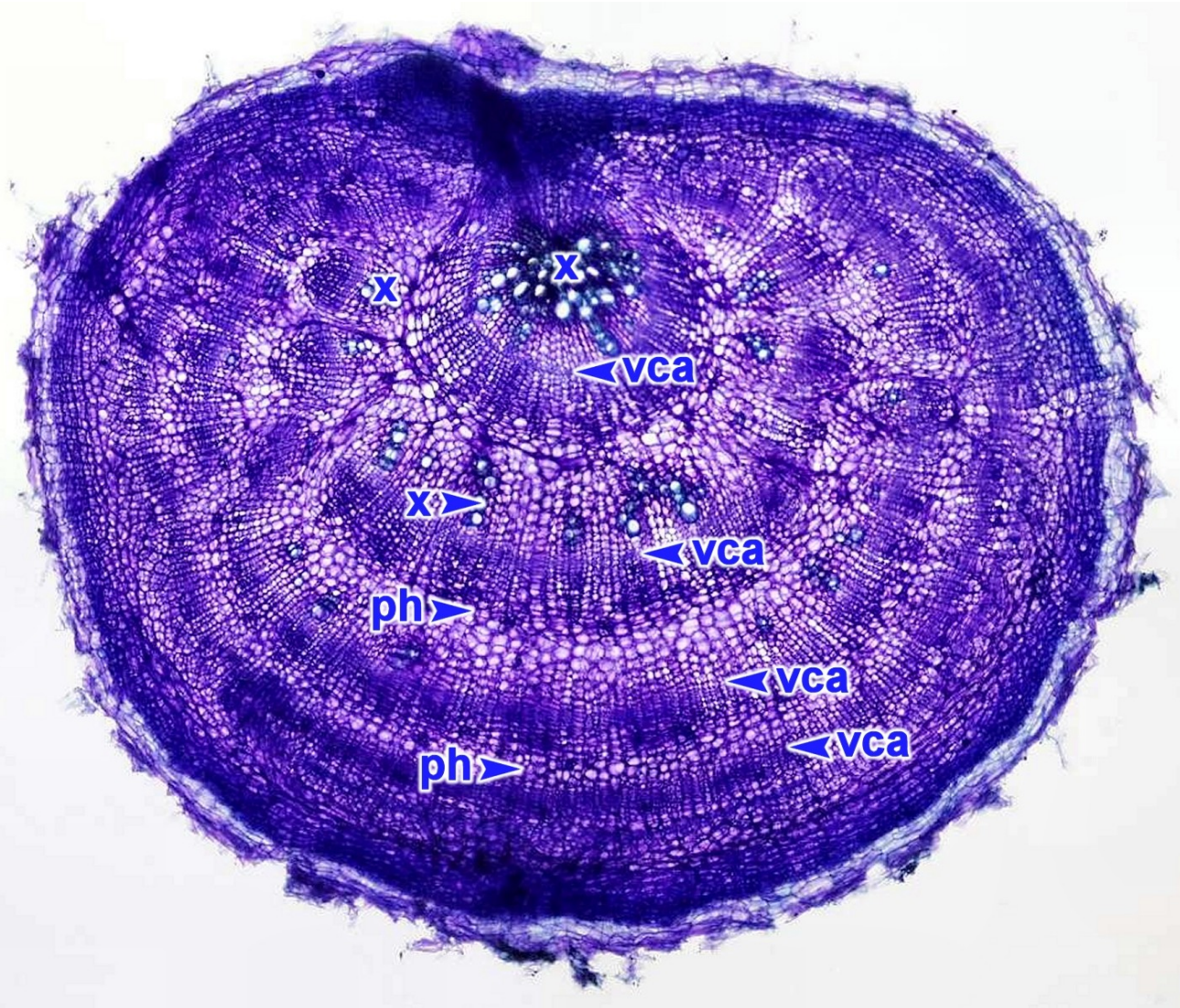
# Specializované typy kořenů – vzdušné (neabsorpční!) kořeny



Příčný řez vzdušným kořenem monstery nádherné (*Monstera deliciosa*, Liliopsida).



# Specializované typy kořenů – zásobní kořeny



ph floém

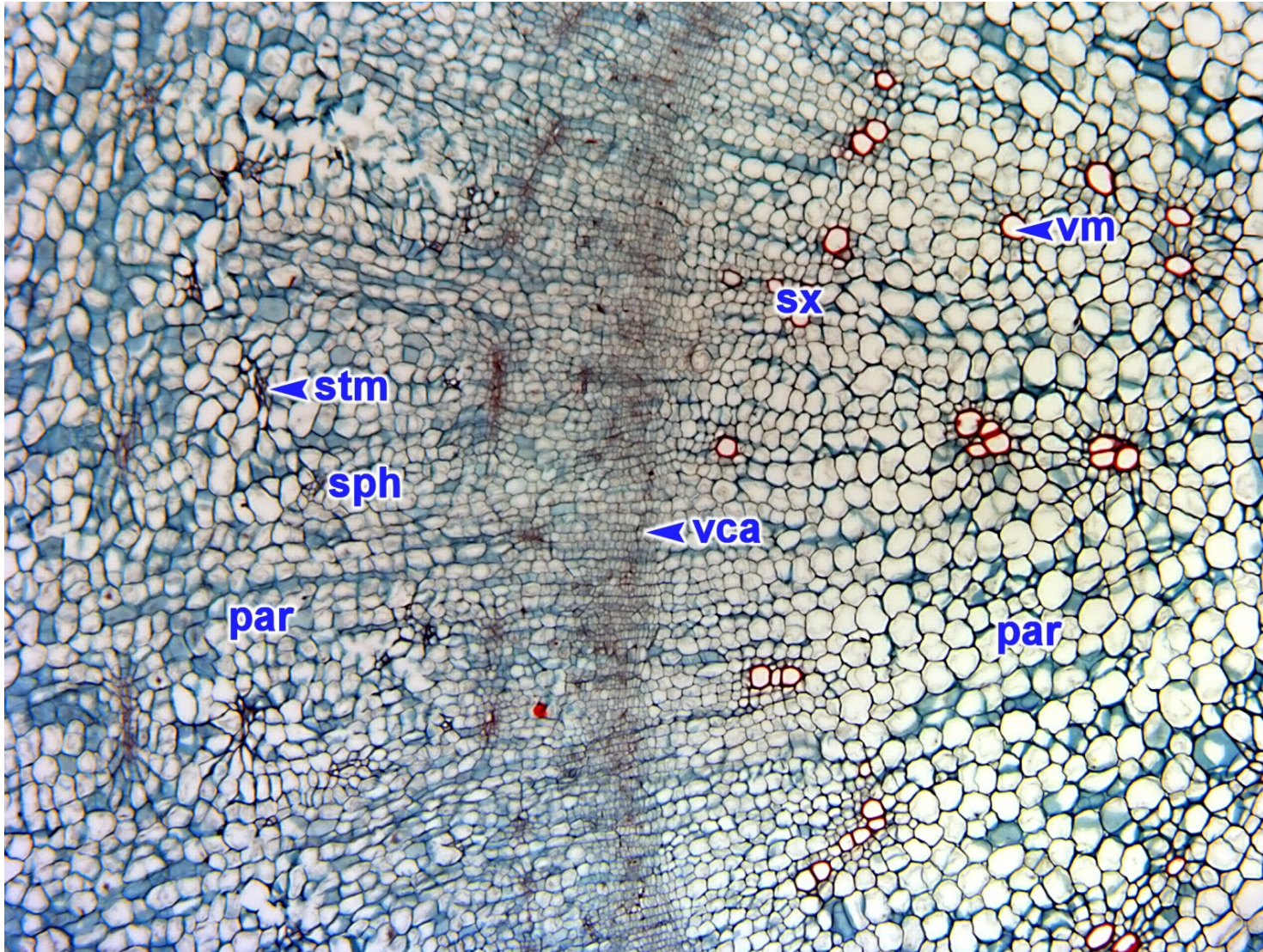
x xylém

vca kambium

Příčný řez zásobním kořenem řepy (*Beta* sp.).



# Specializované typy kořenů – zásobní kořeny



**par** [parenchym](#)  
**sph** [sekundární floém](#)  
**stm** [článek sítkovice](#)  
**sx** [sekundární xylém](#)  
**vca** [kambium](#)  
**vm** [cévní článek](#)

Příčný řez zásobním kořenem mrkve obecné (*Daucus carota* L.).

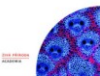


# Specializované typy kořenů – zásobní kořeny



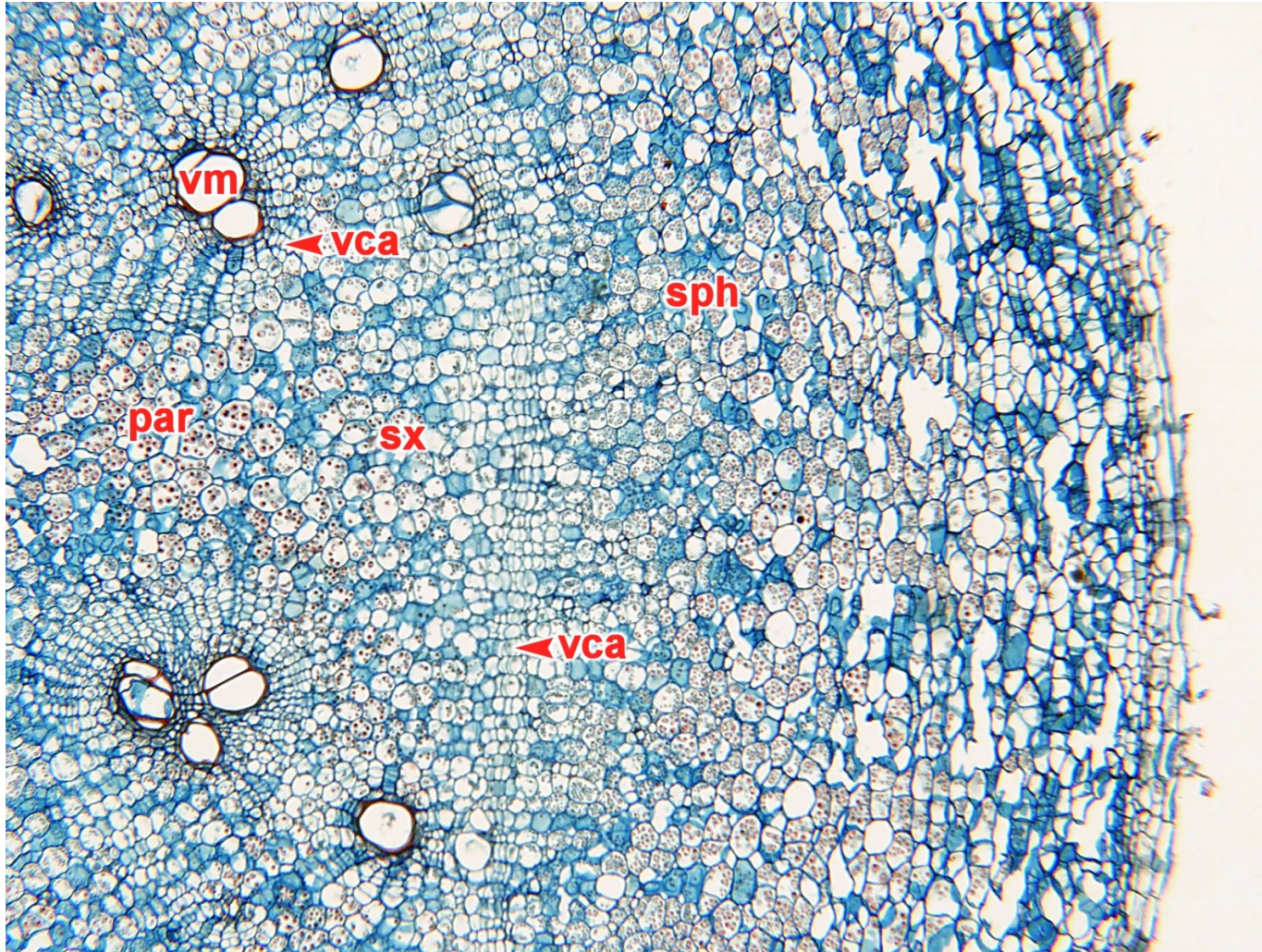
**fsr** zdužnatělý  
zásobní kořen

Zásobní kořen  
povijnice jedlé  
(*Ipomoea  
batatas* (L.) Poir.).





# Specializované typy kořenů – zásobní kořeny

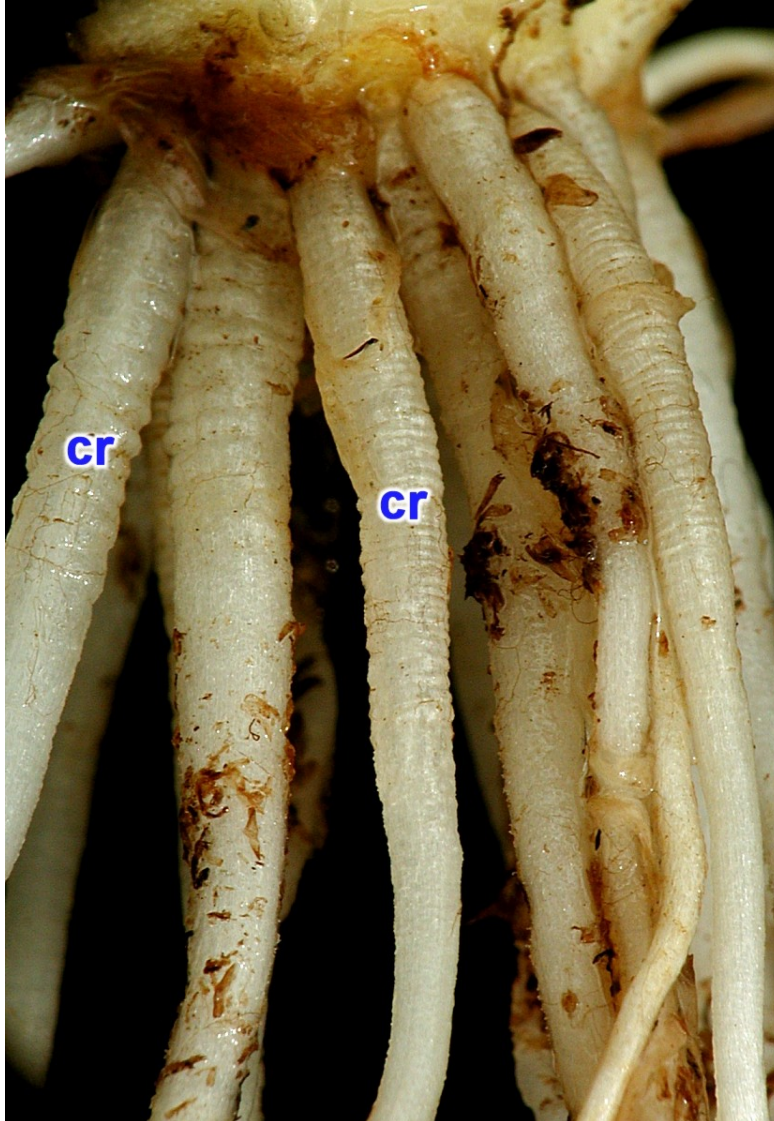


par [parenchym](#)  
sph [sekundární floém](#)  
sx [sekundární xylém](#)  
vca [kambium](#)  
vm [cévní článek](#)

Příčný řez zásobním kořenem povijnice jedlé (*Ipomoea batatas* (L.) Poir.). Kolem cév se nacházejí anomální kruhovitá kambia.



# Specializované typy kořenů – kontraktilní kořeny



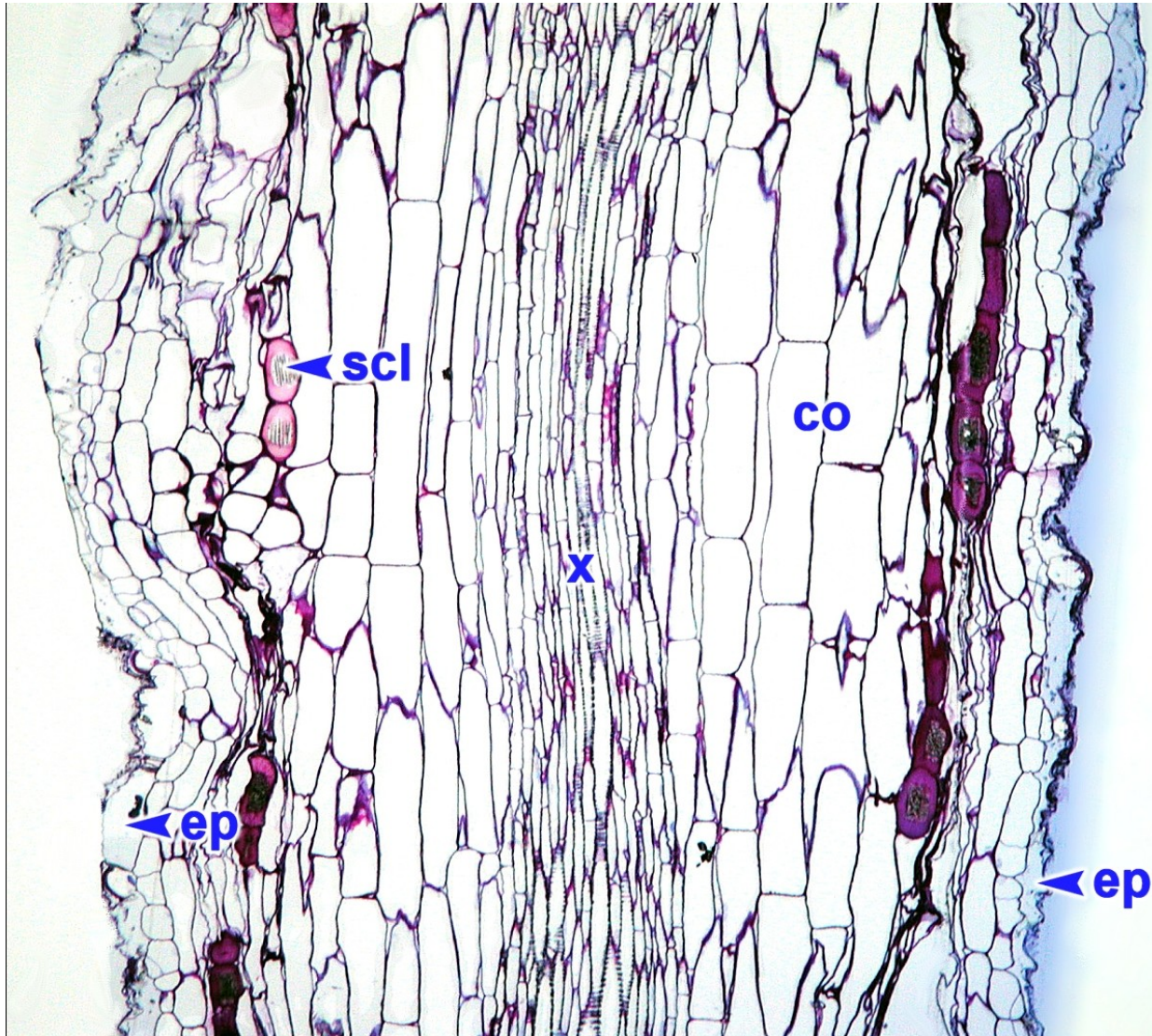
cr [kontraktilní kořeny](#)

Kontraktilní kořeny ladoňky sibiřské (*Scilla tubergeniana* Hoog & Stearn).





# Specializované typy kořenů – kontraktilní kořeny



ep pokožka  
co primární kůra  
scl sklerenchym  
x xylém

Podélný řez kontraktilním kořenem modřence hroznatého (*Muscari racemosum* (L.) Mill.).

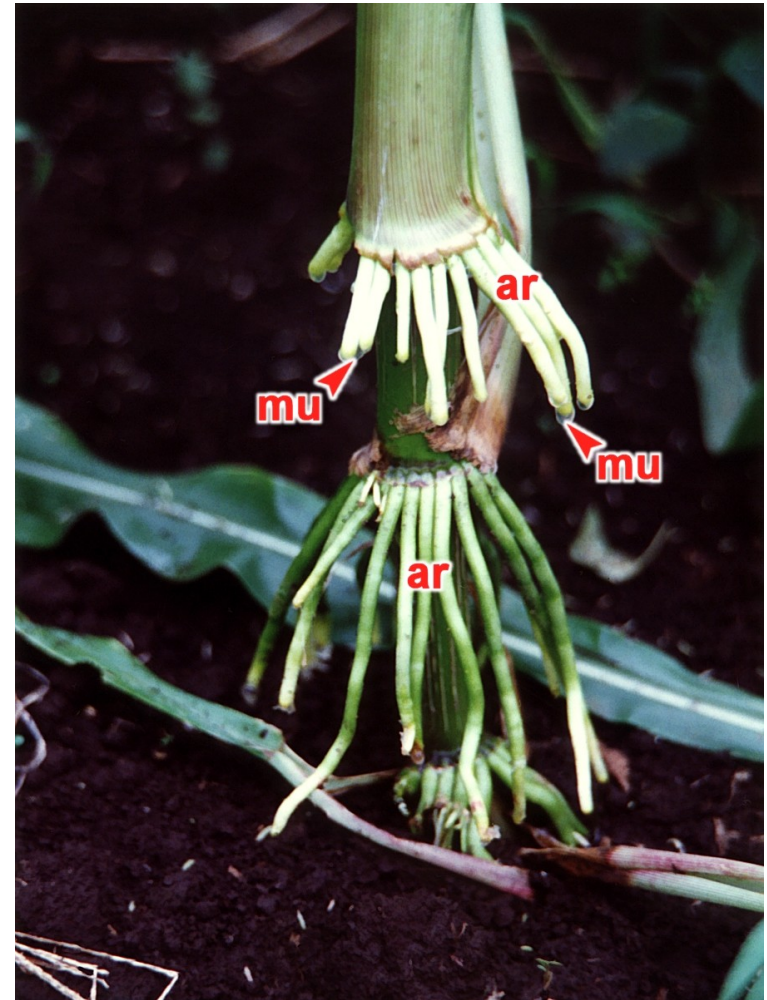


# Specializované typy kořenů – chůdovité a tabulovité kořeny



**sr** chůdovitý kořen

Chůdovité kořeny pandánu (*Pandanus* sp.).



**ar** adventivní kořeny

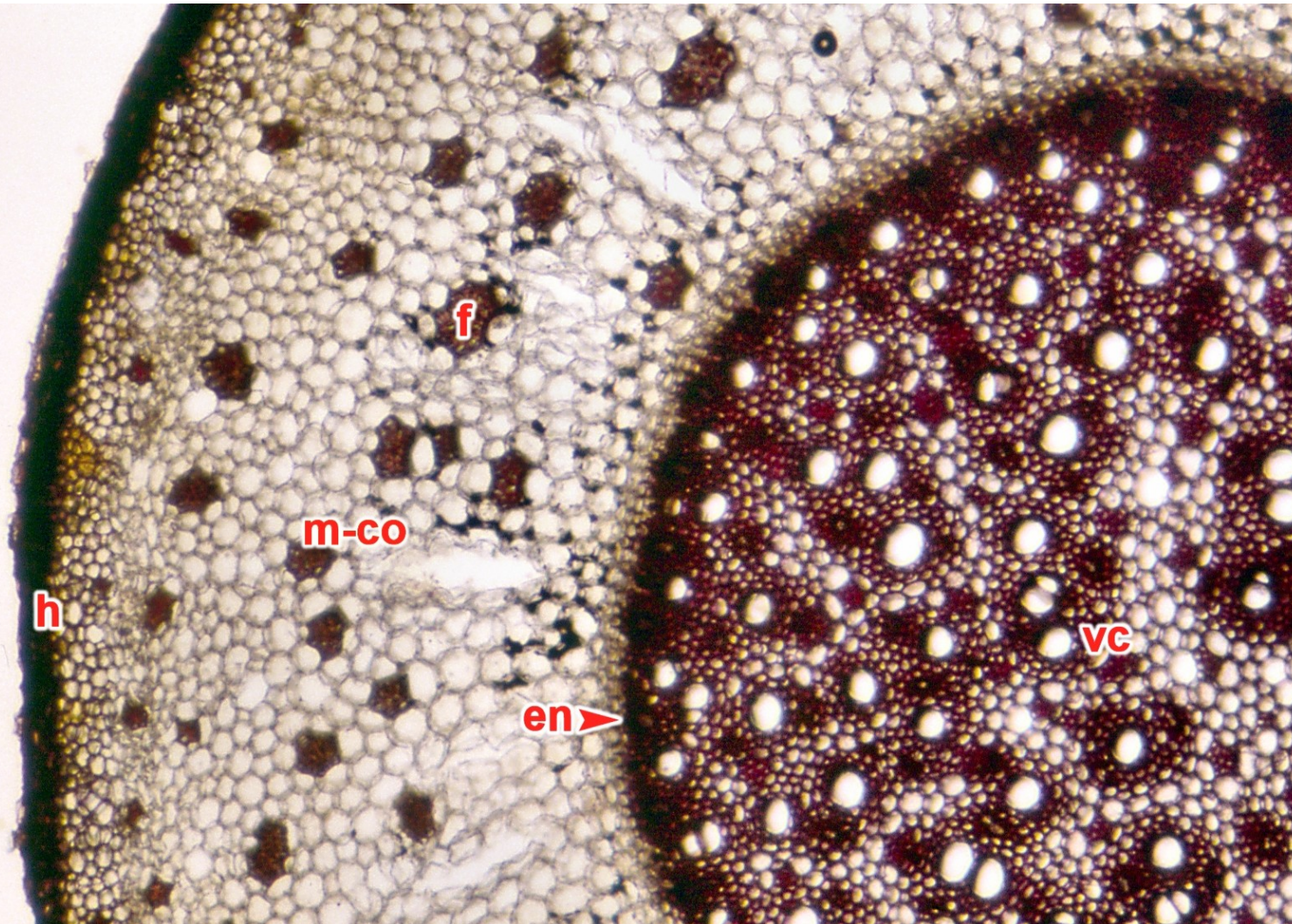
**mu** mucigel

Adventivní kořeny kukuřice seté (*Zea mays* L.), produkující mucigel.





# Specializované typy kořenů – chůdovité a tabulovité kořeny



en endodermis  
f sklerenchymatí  
cká vlákna  
h hypodermis  
m-co střední  
kortex  
vc střední válec

Příčný řez  
chůdovitým  
kořenem  
pandánu  
(*Pandanus* sp.).

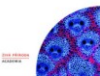


# Specializované typy kořenů – pneumatofory



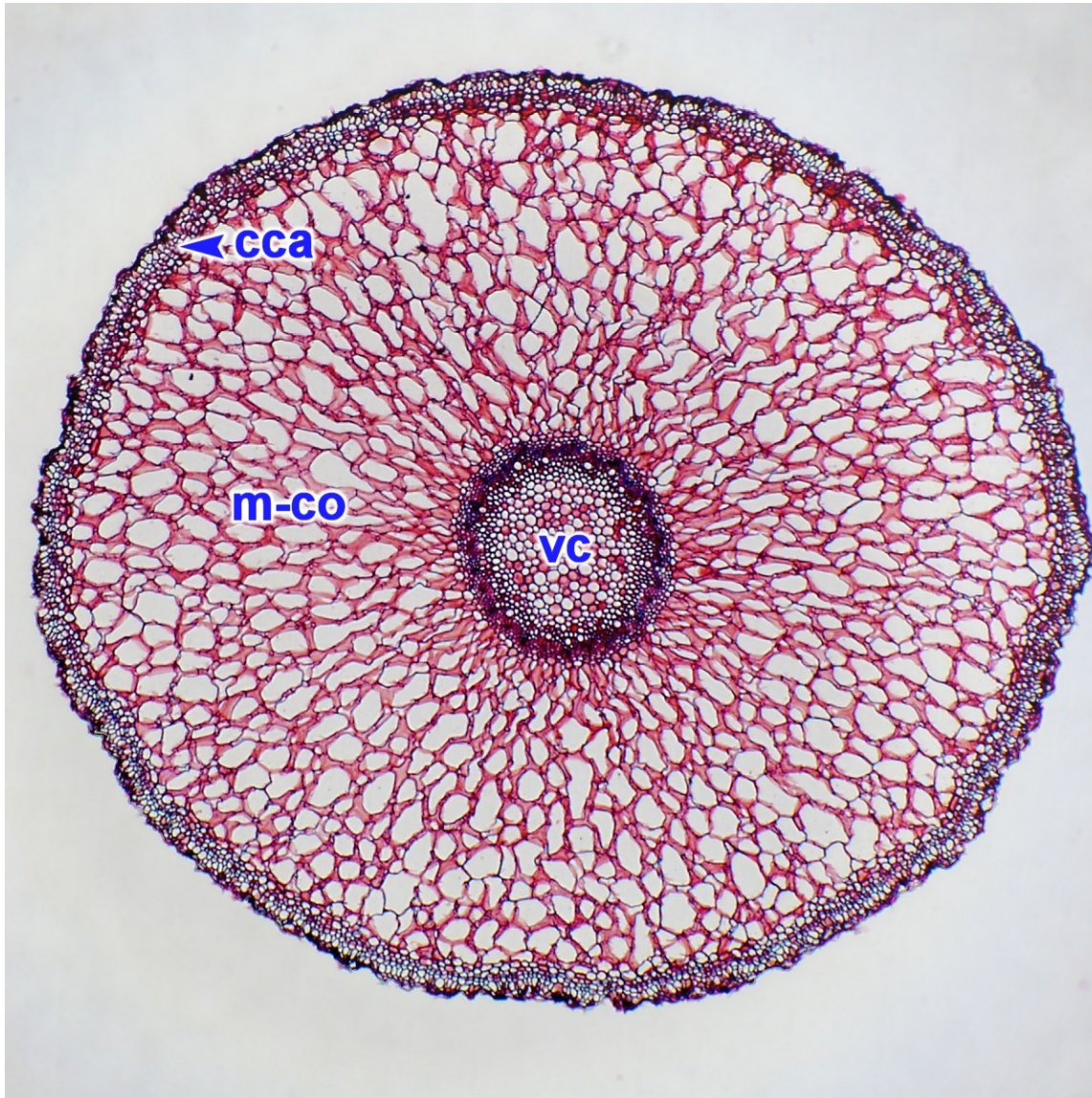
pn [pneumatofor](#)

Mangrove  
(*Avicennia marina*  
(Forssk.) Vierh.)  
na jihoafrickém  
pobřeží.





# Specializované typy kořenů – pneumatofory

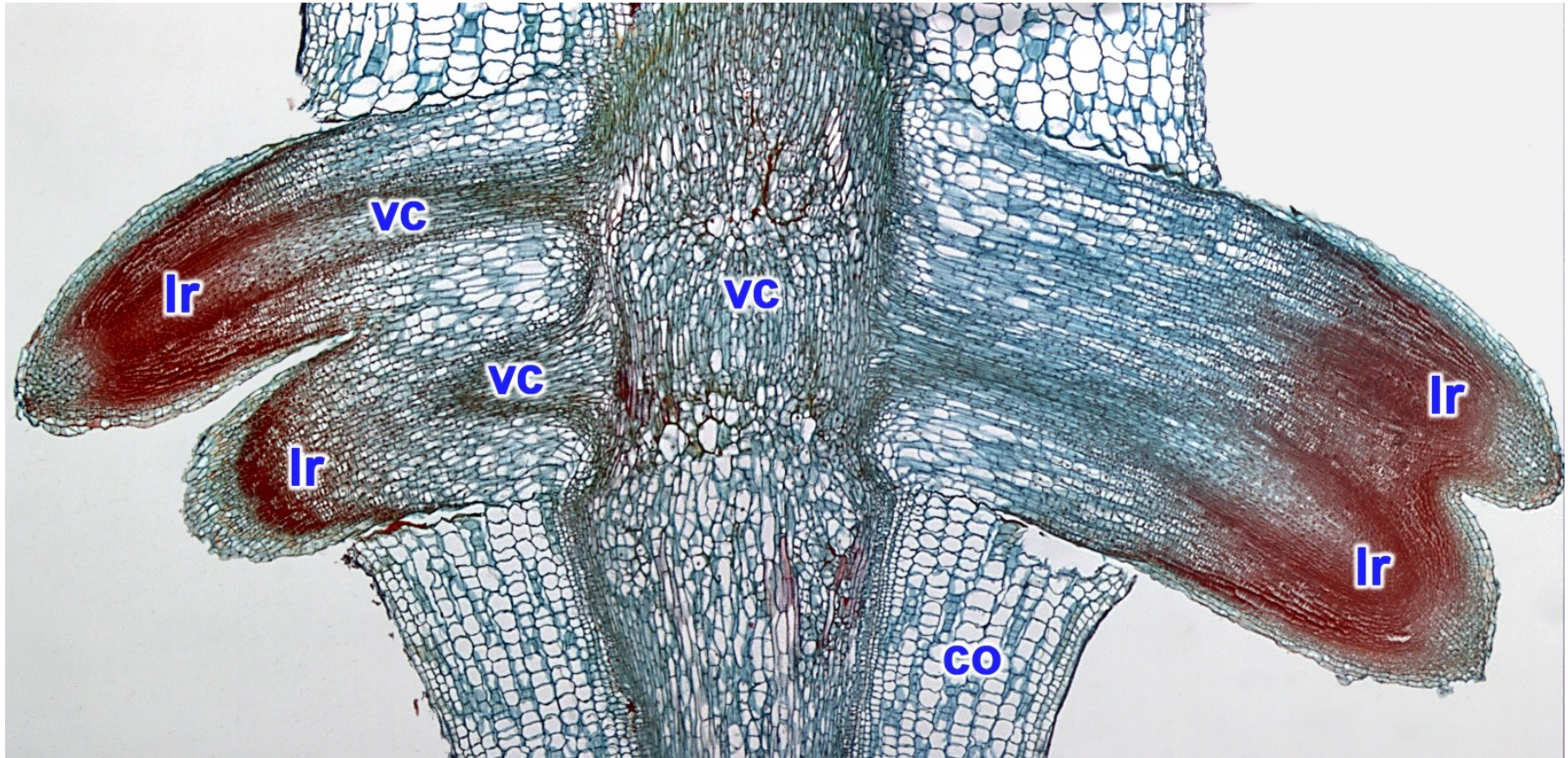


cca felogén  
m-co střední kortex  
vc střední válec

Příčný řez kořenem *Avicennia* sp.



# Specializované typy kořenů – proteoidní kořeny



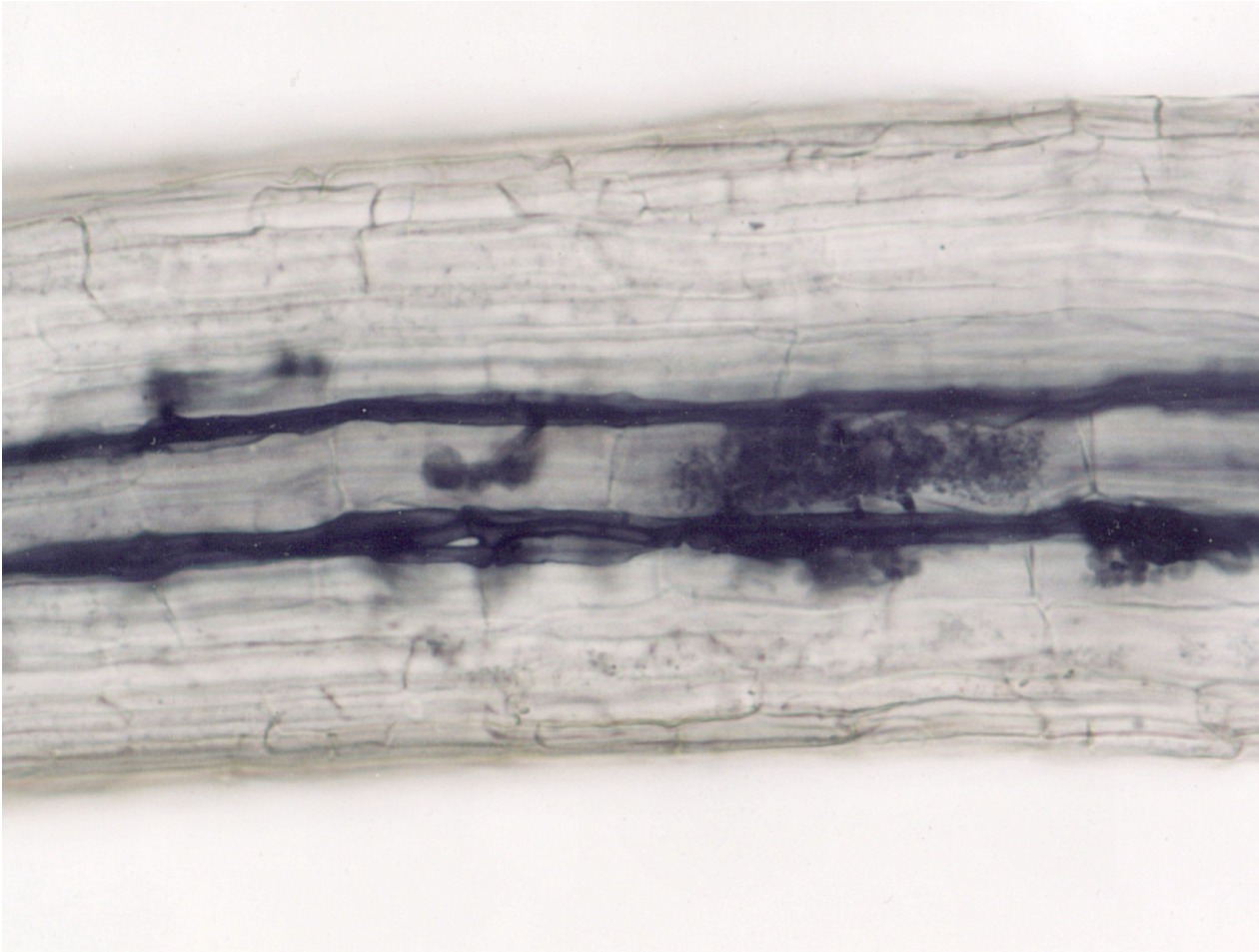
- co primární kůra
- lr boční kořen
- vc střední válec

Proteoidní kořeny vyrůstající z mateřského kořene vličího bobu (*Lupinus* sp.).





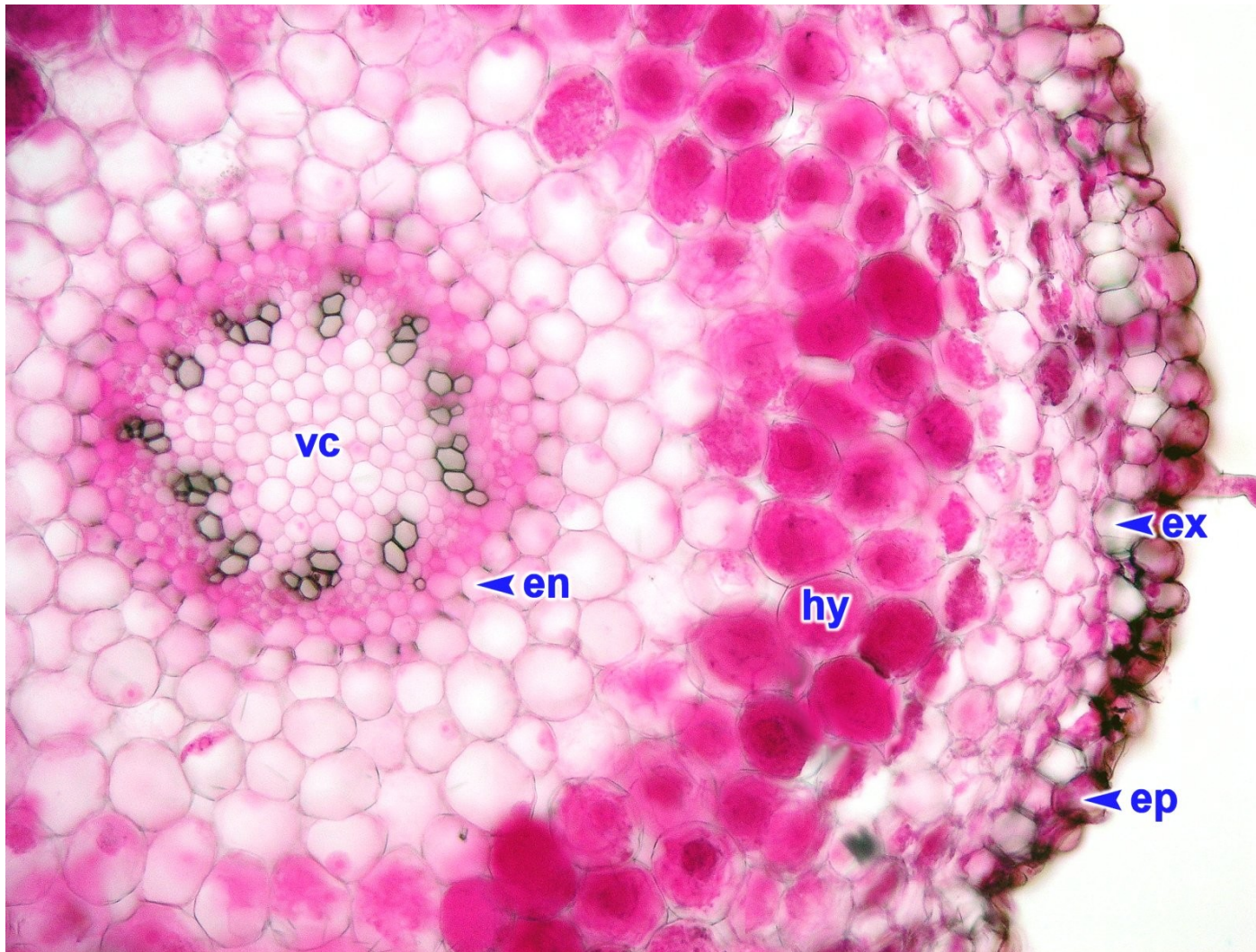
# Specializované typy kořenů – arbuskulární mykorhiza



Houba z oddělení Glomeromycotina tvořící arbuskulární mykorhizu v kořeni jahodníku obecného (*Fragaria vesca*).

**Arbuskulární mykorhiza; cca 70% druhů vyšších rostlin; >> mutualismus, symbiotická výměna Pi za C látky**

# Specializované typy kořenů – orchideoidní mykorhiza



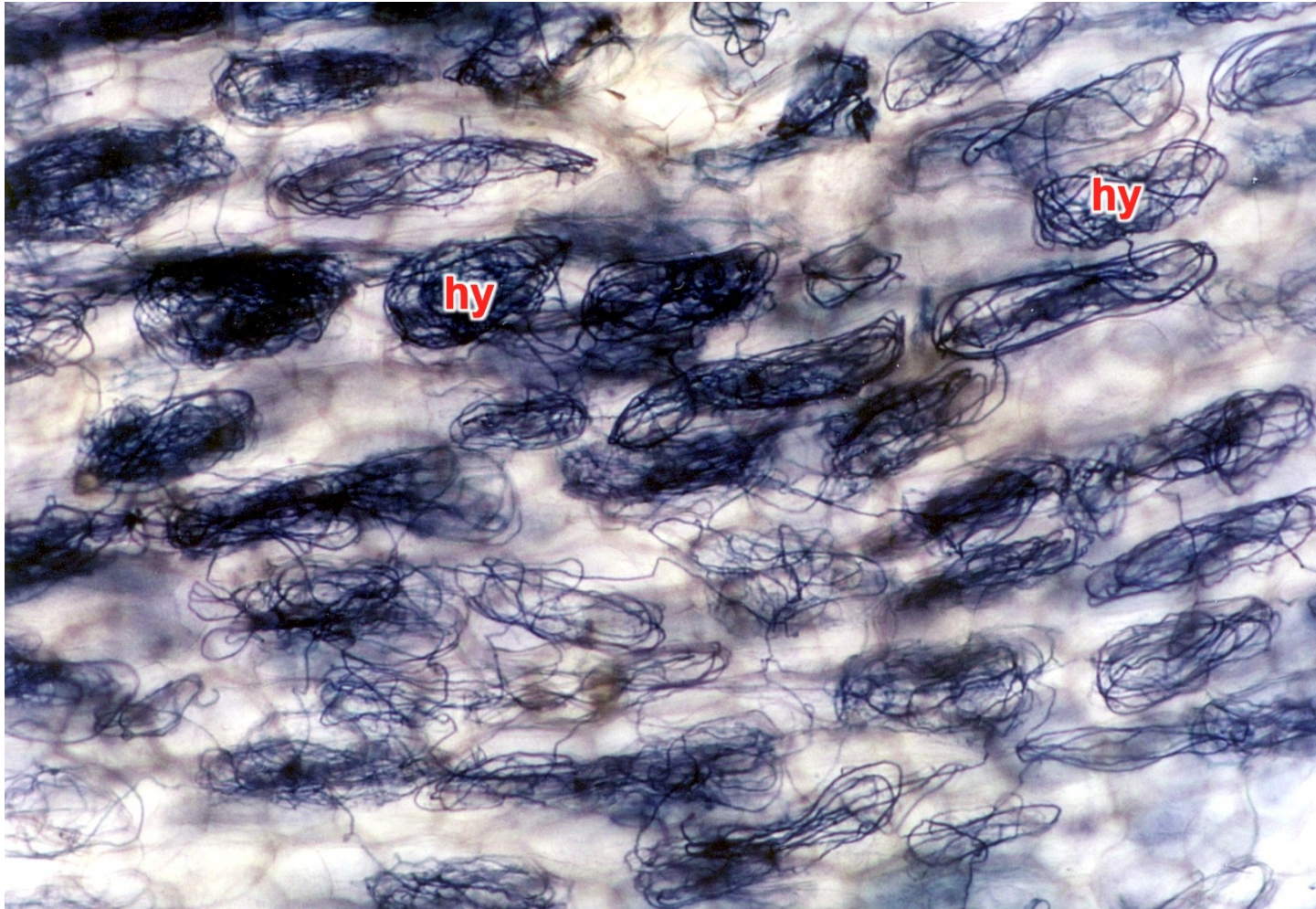
en [endodermis](#)  
ep [epidermis](#)  
ex [exodermis](#)  
hy [hyfy](#)  
vc [střední válec](#)

Příčný řez  
kořenem točiče  
brvitého (*Ophrys  
speculum* Link) s  
klubíčky hyf  
mykorhizních  
hub ve středním  
kortexu.

**Orchideoidní mykorhiza** – výhradně čeled' Orchidaceae; pelotony = klubíčka hyf;  
iniciální mykoheterotrofie, symbiotické kontinuum parazitismus až mutualismus

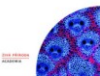


# Specializované typy kořenů – orchideoidní mykorrhiza



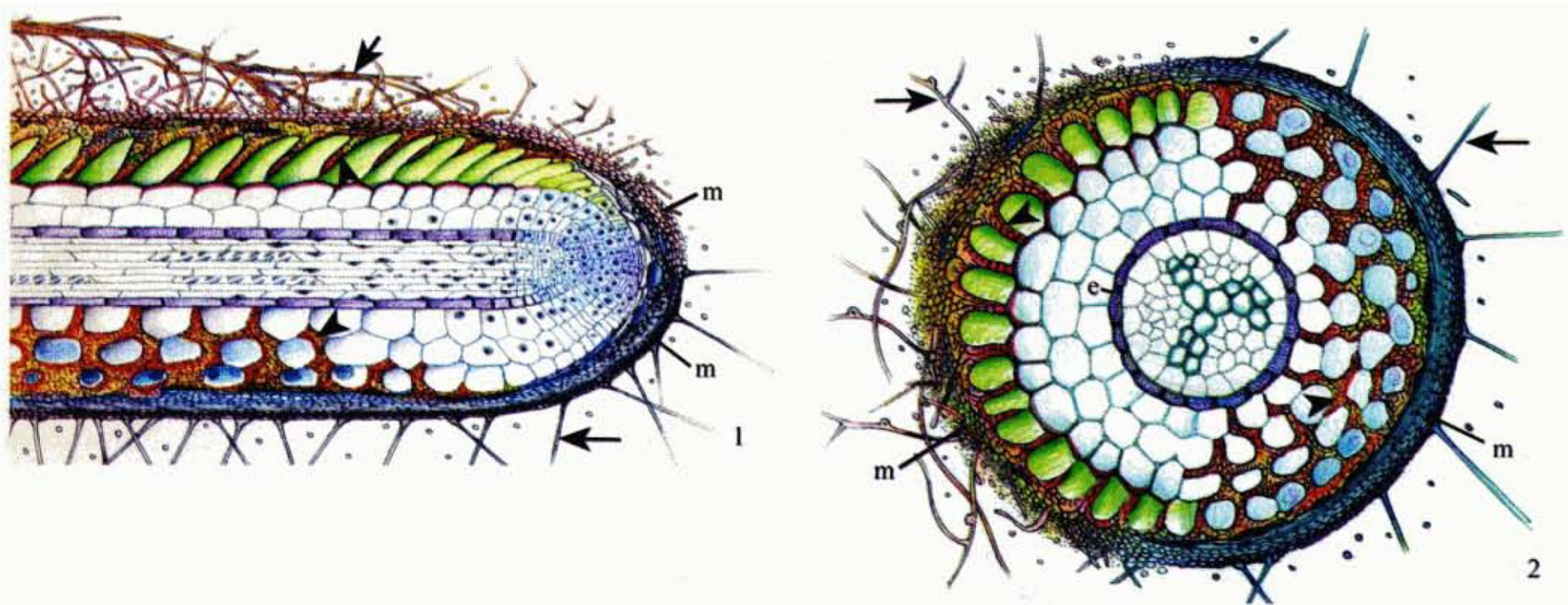
hy [hyfové pelotony](#)

Pelotony hyf v primární kůře adventivního kořene vemeníku dvoulistého (*Platanthera bifolia* (L.) Rich.).

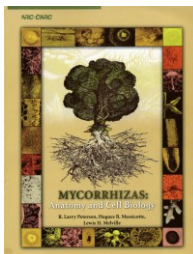




# Specializované typy kořenů – ektomykorrhiza

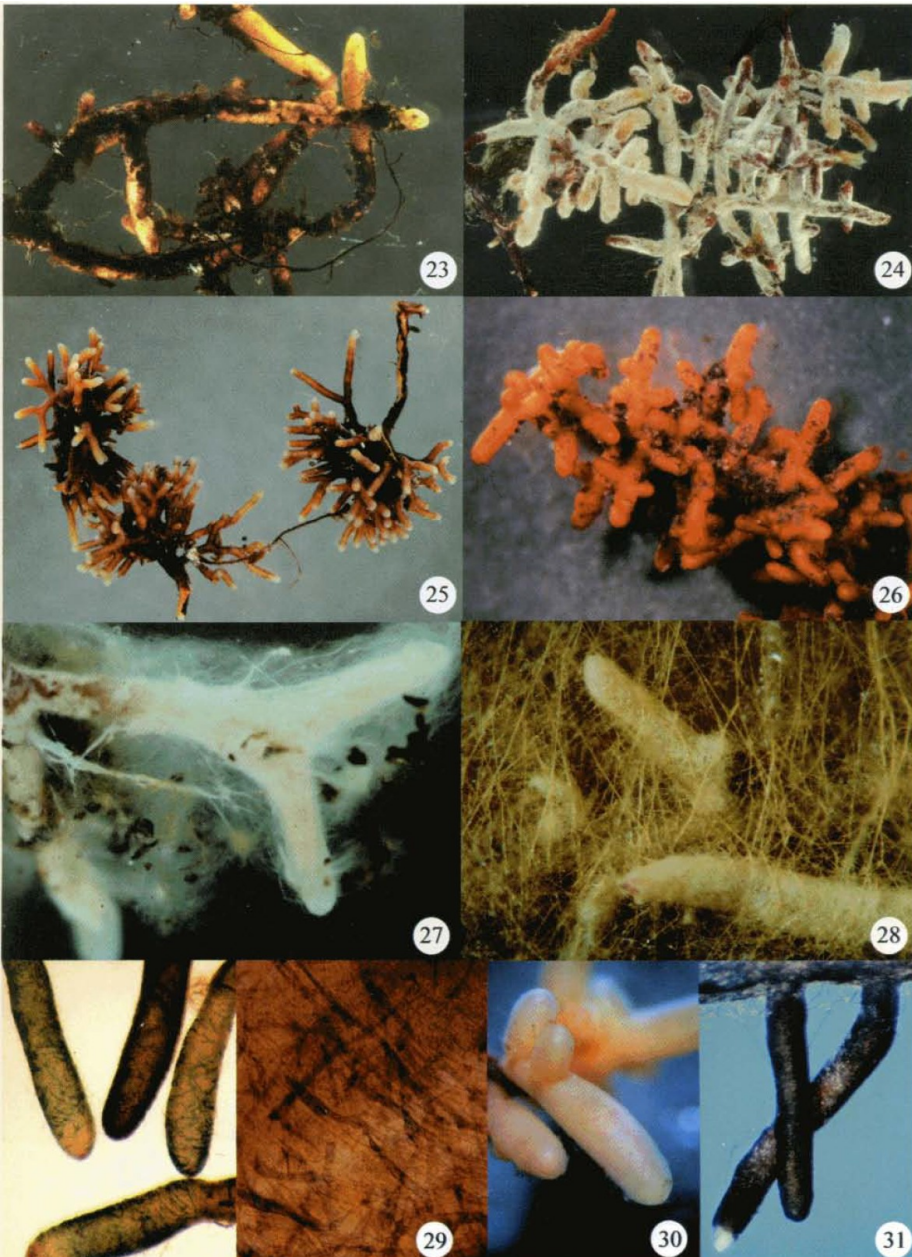


**Figure 1.** Diagram of ectomycorrhiza in longitudinal section illustrating the major features that occur in angiosperms (top half) and conifers (bottom half). Both have a mantle (m), Hartig net (arrowheads), and extraradical mycelium (arrows). The main difference between these two systems is that the Hartig net in angiosperms is usually confined to the epidermis whereas in conifers it forms around both epidermal and cortical cells.





# Specializované typy kořenů – ektomykorhiza



Figures 32–38. Mantle features of various ectomycorrhizas.

Figure 32. Unknown morphotype on mature *Pseudotsuga menziesii*. Mantle exhibits long straight cystidia; a basal clamp connection (arrowhead) is evident. (Differential interference contrast (DIC) microscopy).

Figure 33. Unknown morphotype on mature *Pseudotsuga menziesii*. Curling cystidia with thick walls emanate from the mantle surface (DIC microscopy).

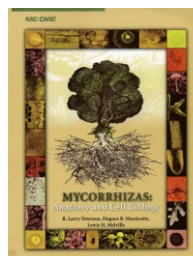
Figure 34. Unknown morphotype (possibly a member of the Russulaceae) on mature *Pseudotsuga menziesii*. The mantle surface has numerous ampoule-shaped cystidia, some visible in transverse section. (DIC microscopy).

Figure 35. Unknown dark brown morphotype on *Pseudotsuga menziesii* sapling. The mantle has clusters of raised round cells and emanating hyphae.

Figure 36. Typical stellate pattern of the mantle of *Cenococcum* on *Pinus sylvestris*.

Figure 37. Outer mantle of unknown fungal species (possibly a member of the Russulaceae) on hybrid spruce showing interlocking irregular synenchyma.

Figure 38. Mantle surface showing angular regular synenchyma of a *Tomentella*-like morphotype on hybrid spruce.



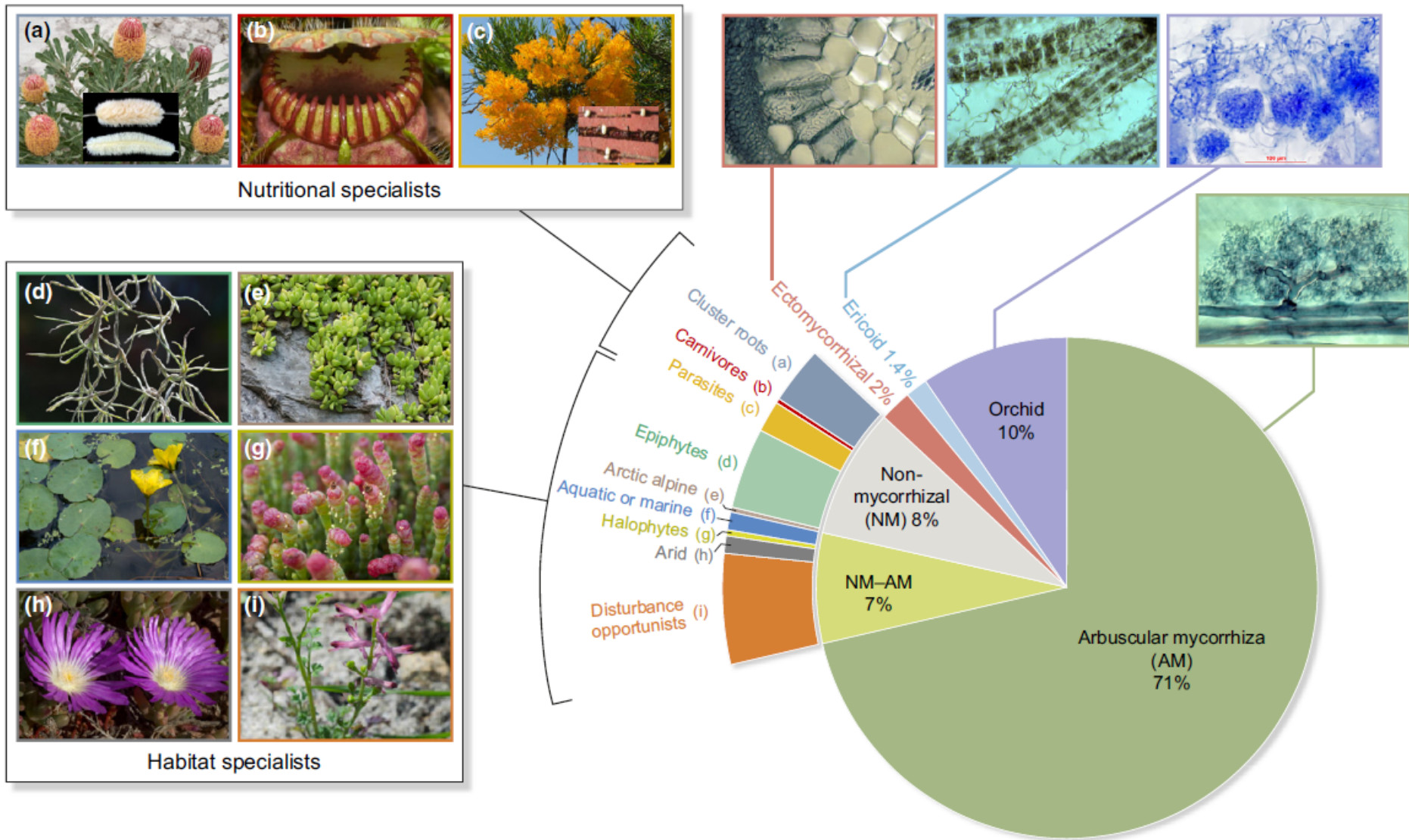
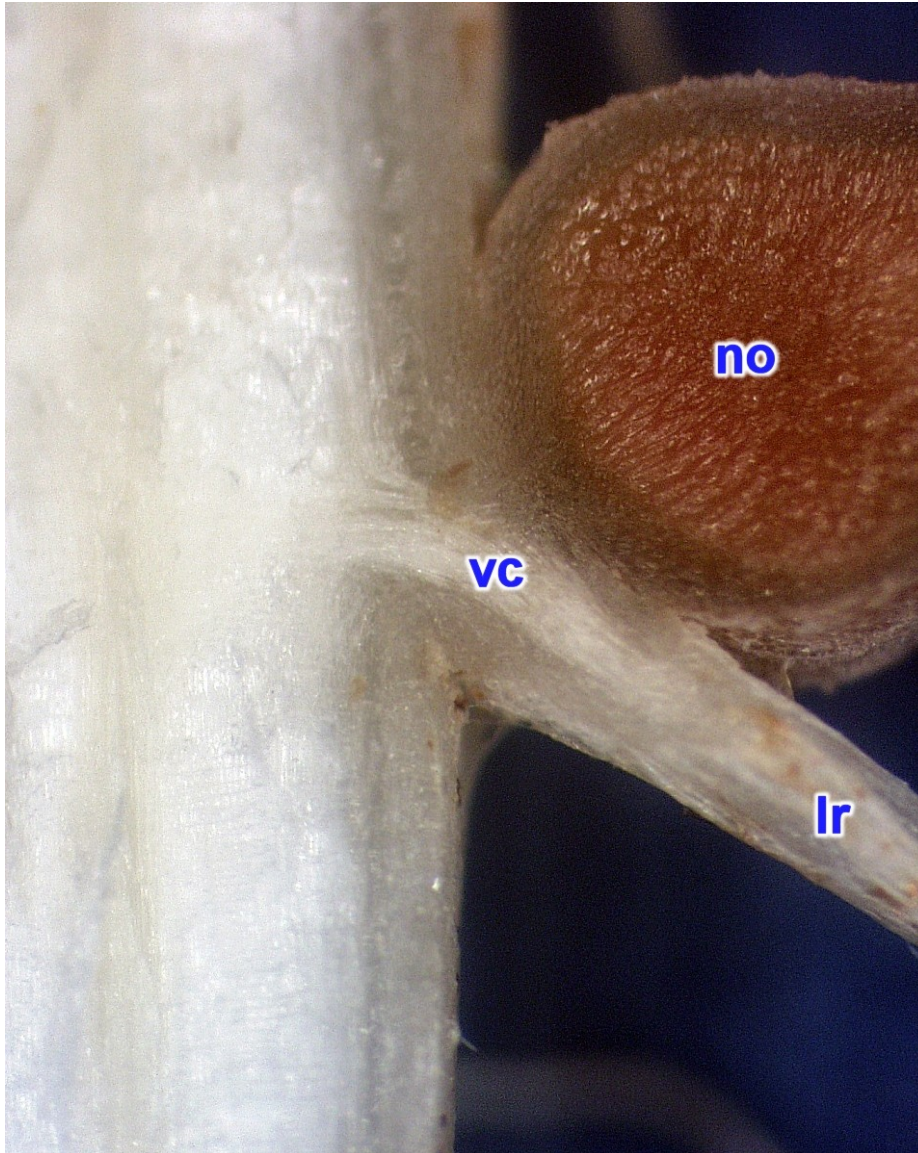


Fig. 1 Pie chart showing the taxonomic diversity of plants with different types of mycorrhizas, nonmycorrhizal (NM) roots, or inconsistent mycorrhizas (arbuscular mycorrhiza (AM–NM)). Exploded pie segments show plants assigned to the categories NM and NM–AM, which are combined and then reallocated to groups based on mineral nutrition or habitat specializations. These specialized plants are assigned to categories at the family level, based on the most important strategy for each family (families often include several of these strategies). Note that these specialized habitats also include many mycorrhizal plants, but NM and NM–AM plants are much more common than elsewhere. Inset photos show mycorrhizal structures (right side) or examples of specialized plants (left side). Data are from Brundrett (2017b).



# Specializované typy kořenů – kořenové hlízky



lr boční kořen

no kořenová hlízka

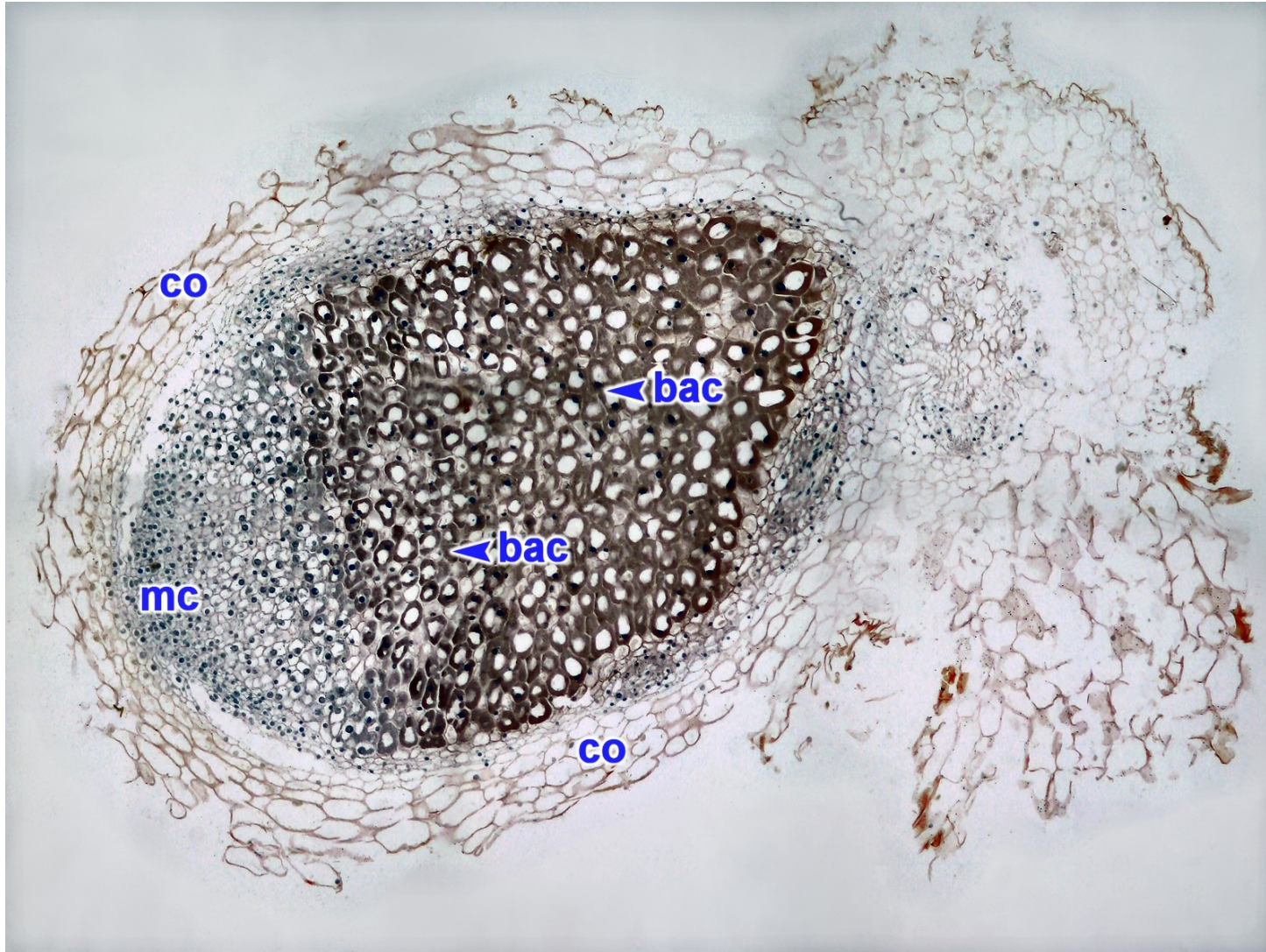
vc střední válec

Průřez kořenem a kořenovou hlízkou sesbanie (*Sesbania rostrata* Bremek. & Oberm.). S poděkováním Hiroyuki Daimon, Osaka Prefecture University, Japonsko.





# Specializované typy kořenů – kořenové hlízky



**bac** buňky s  
[bakteroidy](#)  
**co** [primární kůra](#)  
**mc** [meristematické  
buňky](#)

Kořenová hlízka na  
kořeni bobu  
obecného (*Vicia  
faba* L.).

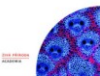


# Specializované typy kořenů – haustoria



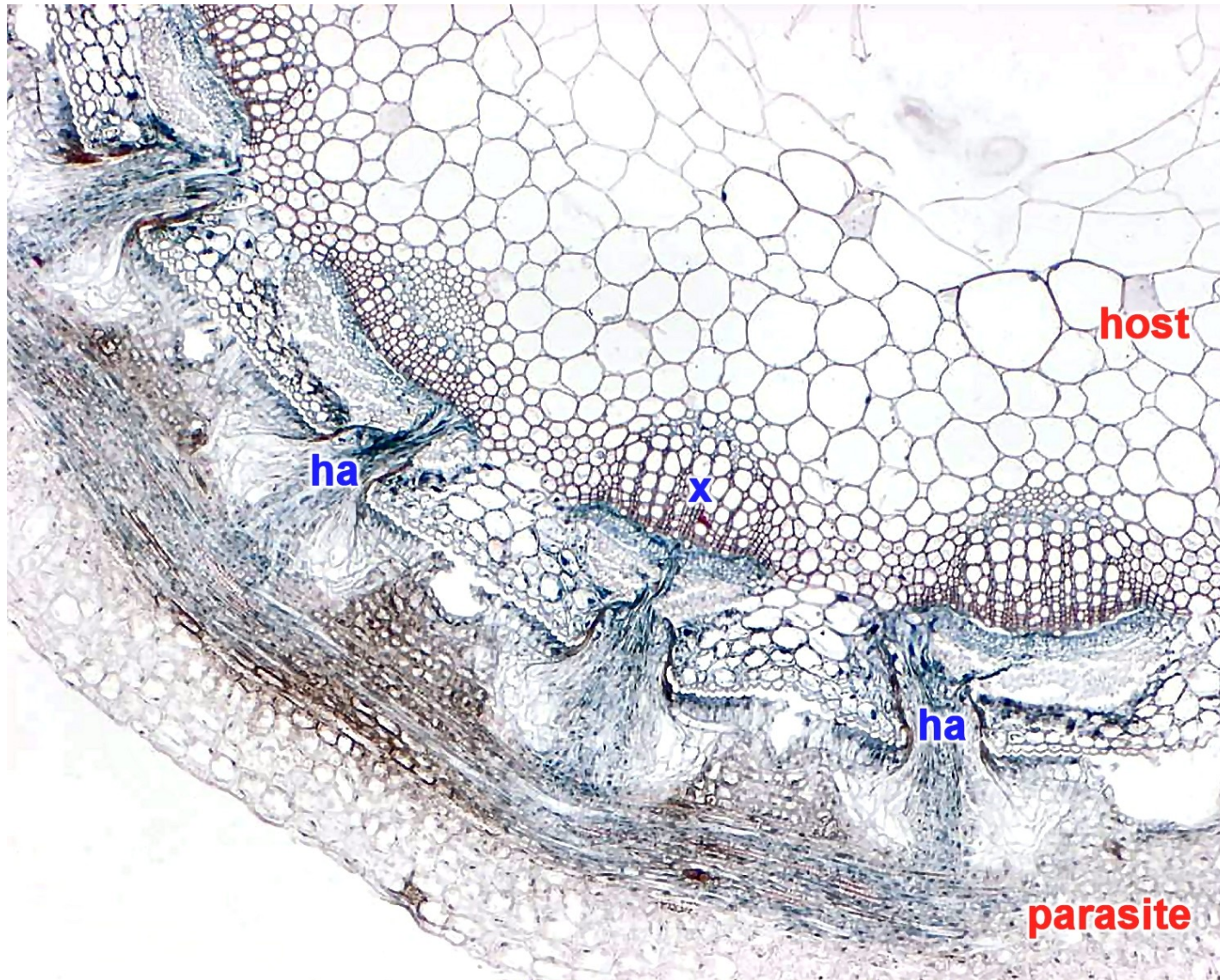
ha [haustorium](#)

Kokotice  
(*Cuscuta* sp.)  
přichycená  
ke svému  
hostiteli.





# Specializované typy kořenů – haustoria



ha haustorium  
x xylém  
host hostitel  
parasite parazit

Kokotice  
(*Cuscuta* sp.)  
parazitující  
na stonku jetele  
(*Trifolium* sp.).



## Srovnání anatomicko – morfologických znaků kořene a stonku u krytosemenných rostlin

Anatomický (morfologický) znak	Kořen	Stonek
Morfologické členění orgánu	Nečlánkový.	Článkový.
Přítomnost listů	Nikdy nese listy.	Nese listy.
Směr růstu	Nejčastěji pozitivně gravitropický.	Nejčastěji negativně gravitropický.
Stavba růstového vrcholu	Primární apikální meristémy uspořádány nejčastěji podle histogenové teorie (dermatogen, periblem, plerom, kalyptragen). Růstový vrchol kryje kalyptra.	Primární apikální meristémy rozlišeny nejčastěji na tuniku a korpus. Růstový vrchol bez kalyptry.
Vznik postranních orgánů	Postranní orgány vznikají v určité vzdálenosti od růstového vrcholu, endogenně – z pericyklu.	Postranní orgány vznikají exogenně – z periferního primárního apikálního meristému.
Uspořádání primárního xylému	Protoxylém exarchní, metaxylém se zakládá centripetálně od protoxylému.	Protoxylém endarchní, metaxylém se zakládá centrifugálně od protoxylému.
Způsob zakládání kambia	Kambium vzniká z pericyklu přiléhajícího z vnější strany k primárnímu xylému a z nediferencovaných buněk přiléhajících z vnitřní strany k primárnímu floému.	Kambium vzniká spojením pruhů dediferencovaných buněk dřevných paprsků, které získaly schopnost dělení, s pruhy prokambia.
Struktura sekundárního xylému	Hranice letokruhů méně výrazné, většinou vyšší počet a větší šířka vodivých elementů, více dřevního parenchymu a parenchymu paprsků, méně mechanických pletiv.	Hranice letokruhů výraznější, většinou méně vodivých elementů, vodivé elementy užší, méně parenchymu, více mechanických pletiv.
Vzájemná poloha protoxylému, metaxylému a deuterioxylému	Centripetálně (dostředivě) od kambia leží deuterioxylém, protoxylém a metaxylém.	Centripetálně (dostředivě) od kambia leží deuterioxylém, metaxylém a protoxylém.
Mechanická pletiva	Pouze sklerenchym.	Sklerenchym i kolenchym.
Přítomnost kořenového vlášení	Buňky rhizodermis většiny rostlin vytvářejí kořenové vlášení.	Buňky epidermis stonku netvoří kořenové vlášení.
Přítomnost stomat v primárních krycích pletivech	Stomata v rhizodermis chybí (výjimečně mohou být přítomna).	Stomata v epidermis přítomna (výjimečně mohou chybět).