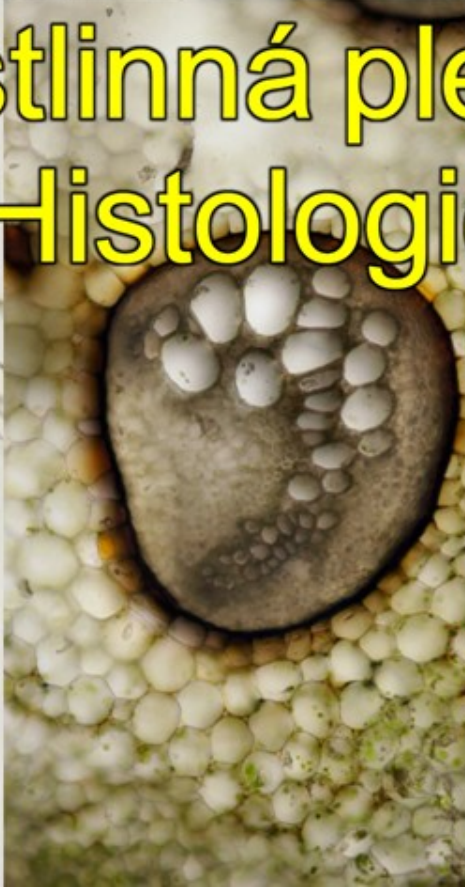


Rostlinná pletiva (Histologie)



Vodivá pletiva

- cévnaté rostliny (Tracheophyta)
- transport látek na dlouhé vzdálenosti
- složená pletiva – mnoho buněčných typů
- xylém a floém
- prokambium, kambium
- primární a sekundární vodivá pletiva
- organizace do cévních svazků

Xylém

- primární xylém: protoxylém (prstencovitě, popř. spirálovitě ztloustlé BS) a metaxylém
- sekundární xylém: dřevo
 - jarní a letní dřevo, kruhovitě vs. rozptýleně pórovité dřevo, jádro a běl
- zabezpečuje >> akropetální (transpirační) proud xylémové šťávy (kohezně-adhezně-tenzní model)
- mechanické pletivo, složené pletivo, dominance skl buněk
- neperforované a perforované (skl) buňky
- **vlastní vodivé elementy xylému: cévice (tracheidy) a cévy (tracheje)**
 - funkční až po maturaci – apoptóza, mrtvé buňky
 - ztloustlé sekundární buněčné stěny
 - lokální neztloustlá místa: dvůrkaté ztenčiny
 - homoxylní a heteroxylní xylém
 - tracheidy: jednotlivé, protáhlé vřetenovité buňky, délka max jednotky mm, průměr do 80 μm ; dvůrkaté ztenčiny typu torus-margo
 - tracheje: složené z cévních článků; perforované desky, koncové stěny; délka až m, průměr až stovky μm ; jednoduché dvůrkaté ztenčiny
 - vodivost elementů: Hagen-Poiseuilleova rovnice
 - vodivost roste se čtvrtou (!) mocninou poloměru vodivého elementu
- další typy buněk: vláknité tracheidy, libriform, dřevní parenchym, želatinová vlákna
- recentní podoba vodivých elementů xylému: výsledek evoluční optimalizace potřeby efektivně vést vodu a zabraňovat vzniku, popř. šíření embolií

Box 7.1 Xylem Cell Types

Gymnosperm

1. Tracheid: function in conduction of water and minerals, densely covered with circular bordered pits, lack a perforation plate (therefore, imperforate)
2. Parenchyma: alive at maturity, function in storage/synthesis/cavitation recovery

Angiosperm

1. Imperforate tracheary elements: long, narrow, tapered at ends, lack a perforation plate
 1. Tracheid: function in conduction of water and minerals, densely covered with circular bordered pits, usually found adjacent to vessels.
 2. Fiber-tracheid: function in support, largely non-conductive, fewer and smaller bordered pits than found in tracheids
 3. Libriform fiber: function in support, largely nonconductive, may be alive at maturity, containing a few simple pits, pits often slit-shaped
2. Perforate tracheary elements: possess a perforation plate, short, wide, connected end-to-end to form a vessel
 1. Vessel elements: function in conduction of water and minerals, large diversity in size and shape, side walls thickenings may be annular, helical, reticulate or pitted, perforation plates may be simple or compound
3. Parenchyma: storage/synthesis/cavitation recovery

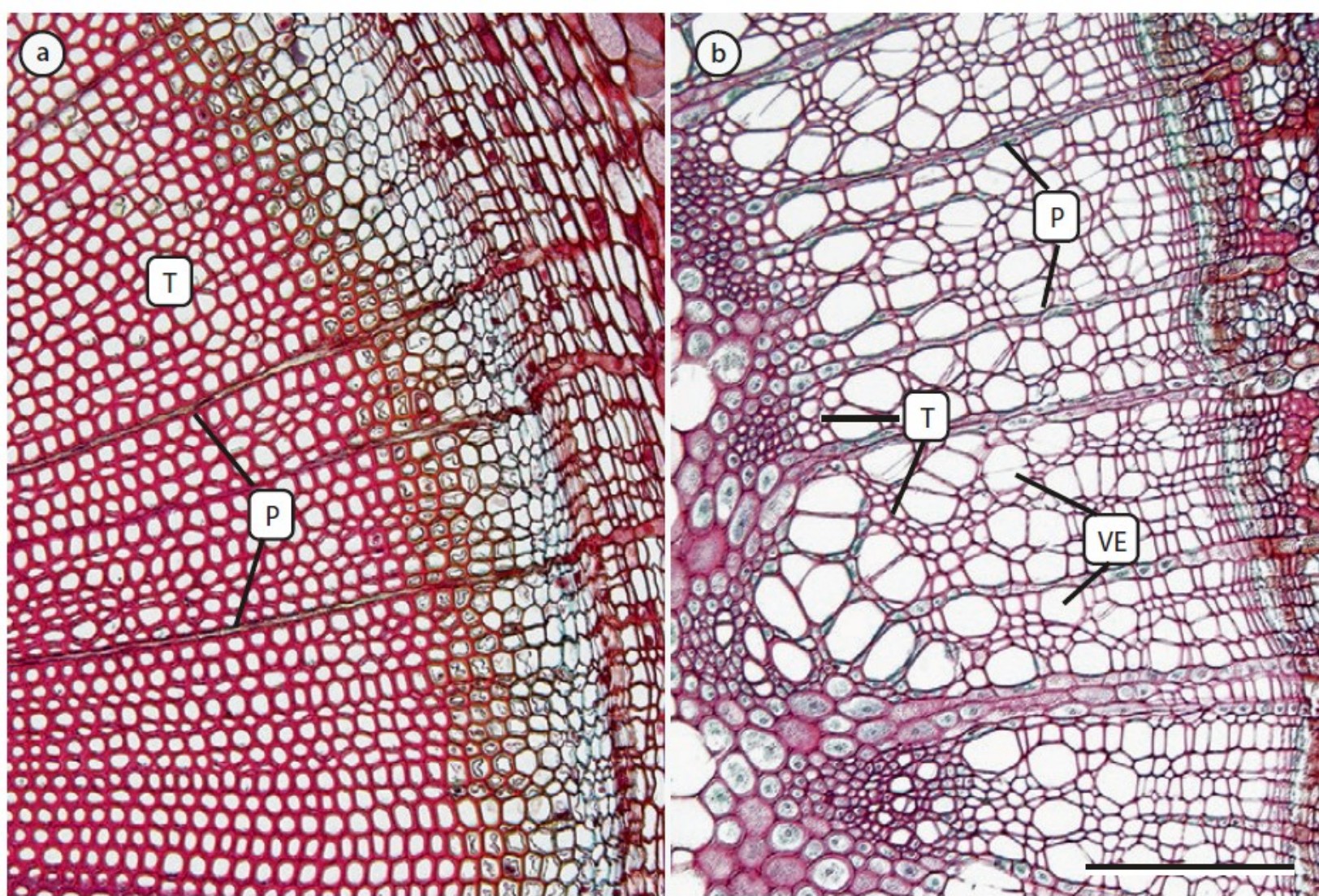


Fig. 7.1 Representative cell types in cross sections of young stems of a Canadian yew (*Taxus canadensis*, a gymnosperm) xylem has parenchyma (P) in the xylem rays against a field of axial tracheids (T, imperforate tracheary elements). **b** Tulip tree (*Liriodendron tulipifera*, a woody eudicot) has ray parenchyma and tracheids intermixed with the much larger axial vessel elements (VE, perforate tracheary elements). Both of the images are from one-year-old stems. Scale bar in **b** = 100 μ m and applies to both panels. (a, b RRWise)

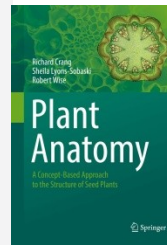
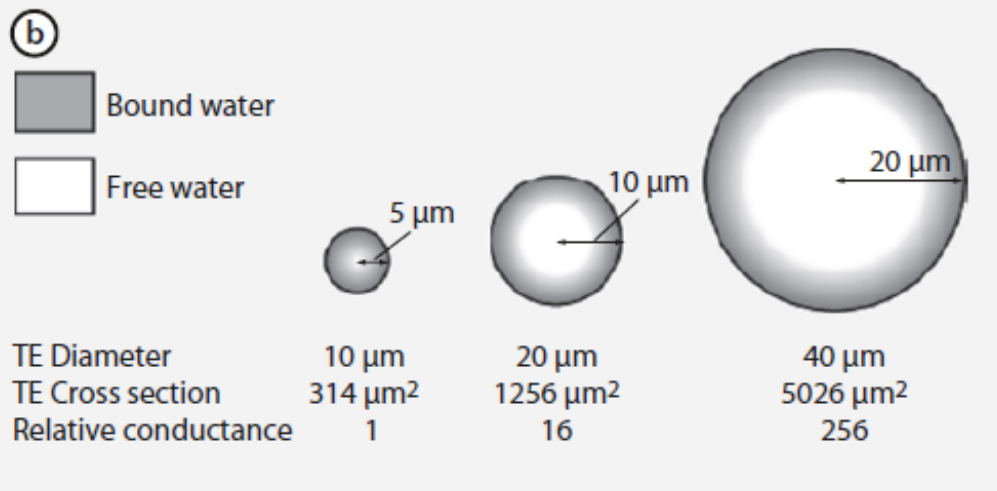


Fig. 7.2 b The relationship between tracheary element (TE) diameter and relative water conductance. (Redrawn from Mauseth (1988), with permission)

Hagen-Poiseuilleův zákon [editovat | editovat zdroj]

Ze znalosti rozložení rychlostí je možné spočítat **objemový tok** Q_v . Rychlost v je v určité vzdálenosti x od osy trubice **konstantní**.

Plochou mezikruží ve vzdálenosti x a **šířce** dx proteče za **časovou jednotku** kapalina o **objemu**

$$dQ_v = 2\pi x v dx = \frac{\pi}{2\eta} \frac{\Delta p}{\Delta l} (r^2 - x^2) x dx$$

Integrací přes celý průřez trubice dostaneme

$$Q_v = \frac{\pi r^4}{8\eta} \frac{\Delta p}{\Delta l}$$

Tento vztah je **matematickým** vyjádřením tzv. **Hagen-Poiseuilleova zákona**, který zní:

Objemový tok viskózní tekutiny při laminárním proudění trubcí **kruhového** průřezu je **přímo úměrný tlakovému** spádu $\frac{\Delta p}{\Delta l}$
a **čtvrté mocnině poloměru** trubice a je **nepřímo úměrný dynamické viskozitě** η .

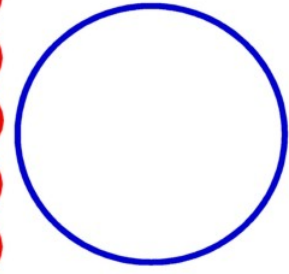
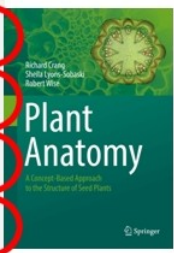
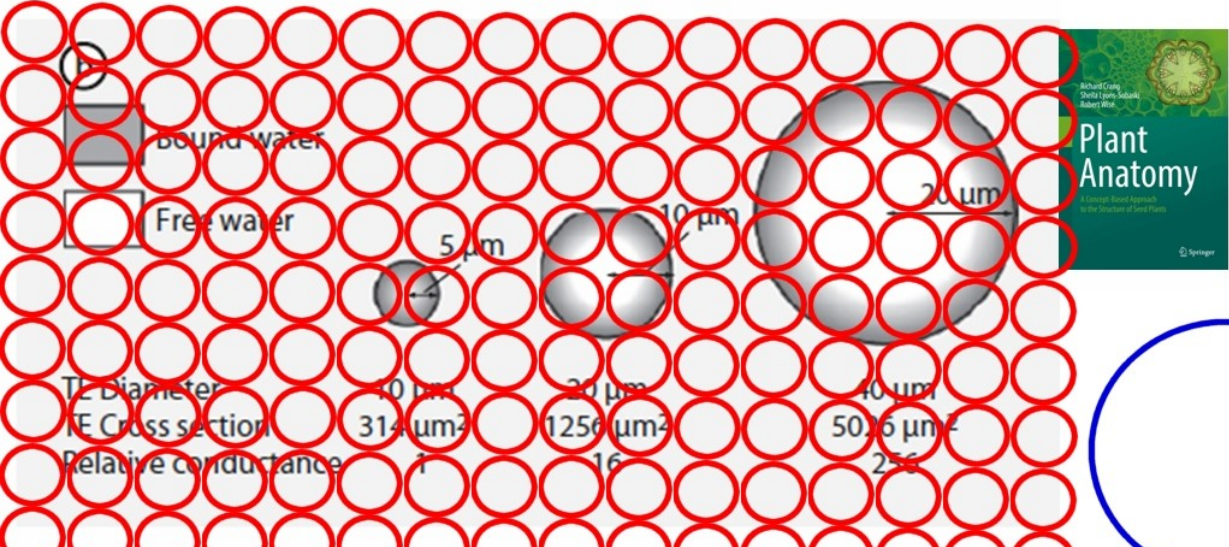


Fig. 7.2 b The relationship between tracheary element (TE) diameter and relative water conductance. (Redrawn from Mauseth (1988) with permission)

Hagen-Poiseuilleův zákon

Ze znalosti rozložení rychlosti je možné spočítat objemový tok Q_v . Rychlost v je v určité vzdálenosti x od osy trubice konstantní. Plocha mezi kruží ve vzdálenosti x a šířce dx protече za časovou jednotku kapalina o objemu

$$dQ_v = 2\pi x v dx = \frac{\pi \Delta p}{2\eta \Delta l} (r^2 - x^2) r dx$$

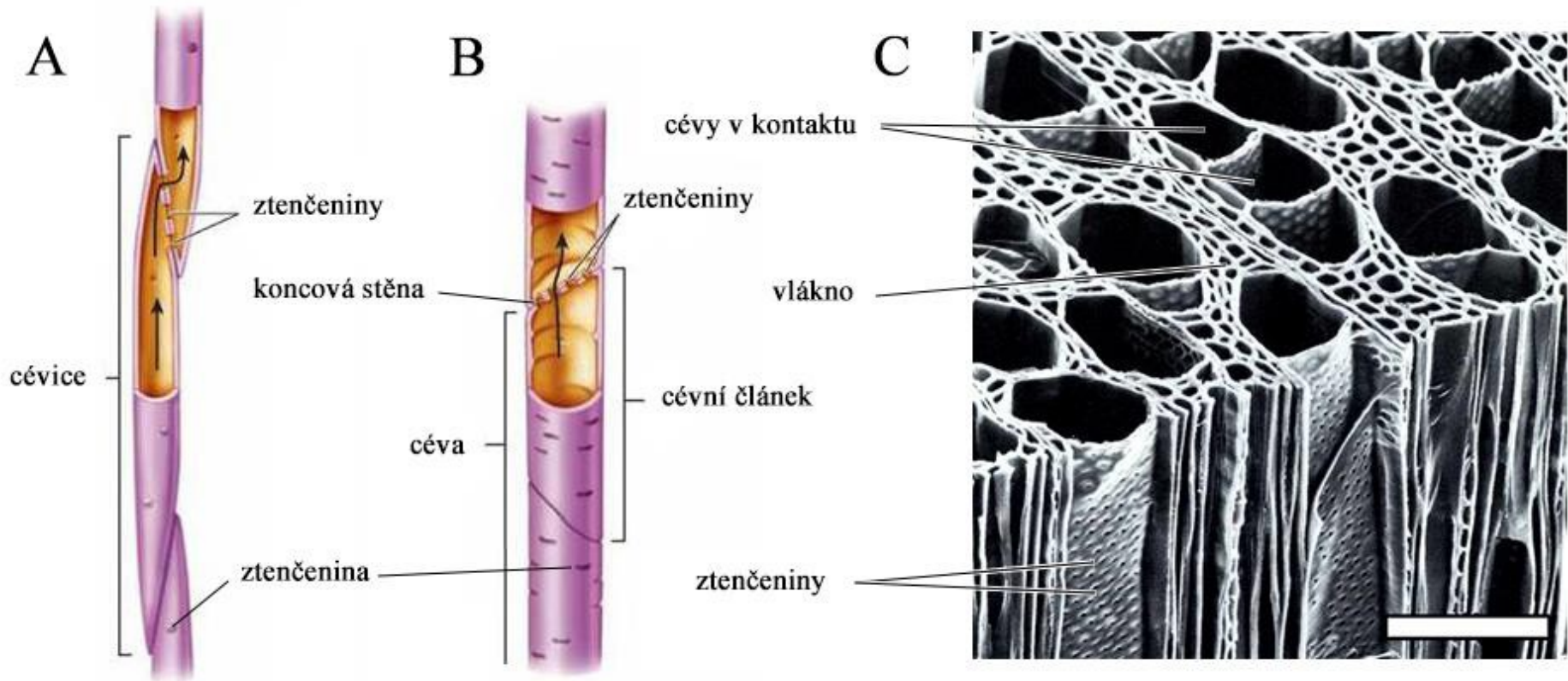
Integrací přes celý průřez trubice dostaneme

$$Q_v = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8\eta \Delta l}$$

Tento vztah je matematickým vyjádřením tzv. **Hagen-Poiseuilleova zákona**, který zní:

Objemový tok viskózní tekutiny při laminárním proudění trubici **kruhového** průřezu je **přímo úměrný tlakovému spádu** $\frac{\Delta p}{\Delta l}$ a **čtvrté mocnině poloměru trubice** a je **nepřímo úměrný dynamické viskozitě** η .

<https://cs.wikipedia.org/>



Schématické znázornění dvou základních typů vodivých elementů - (A) cévice a (B) cévy. (C) Snímek části sekundárního xylému druhu *Populus grandidentata* pořízený skenovacím elektronovým mikroskopem. Měřítko (bílá úsečka) představuje délku 100 μm (upraveno z <https://schoolbag.info/> a Tyree et Zimmermann, 2002).

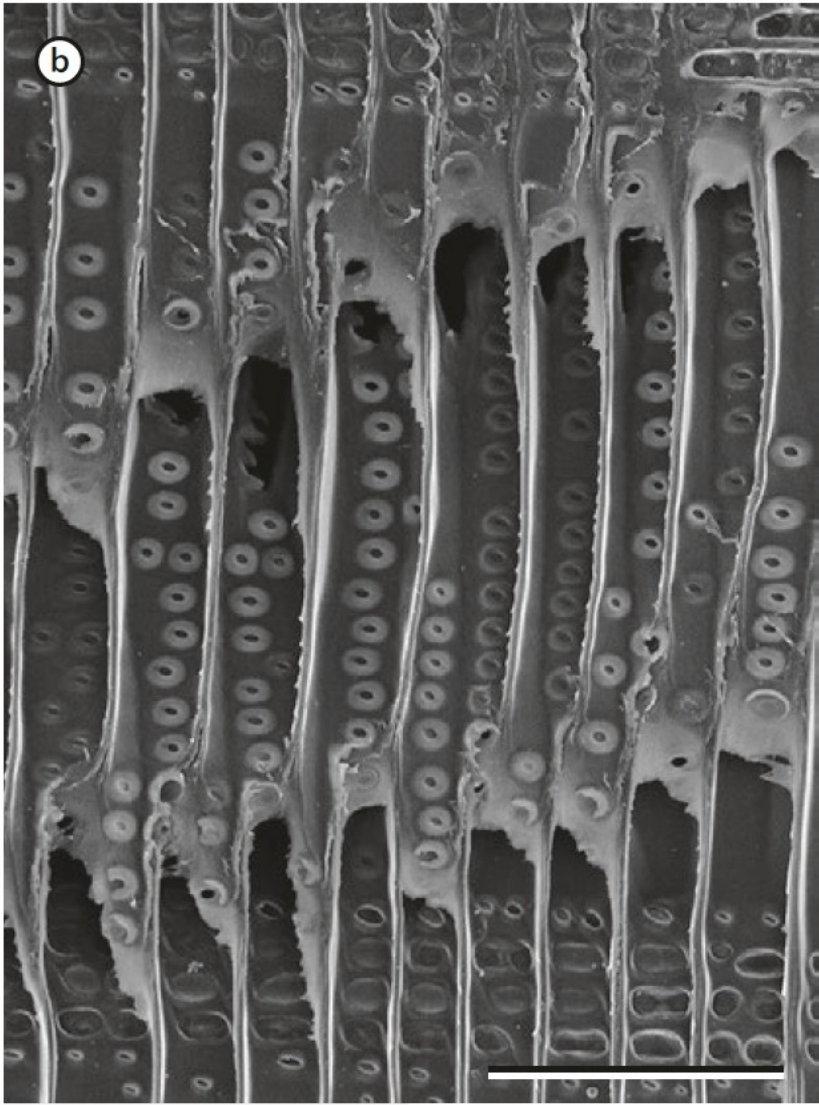
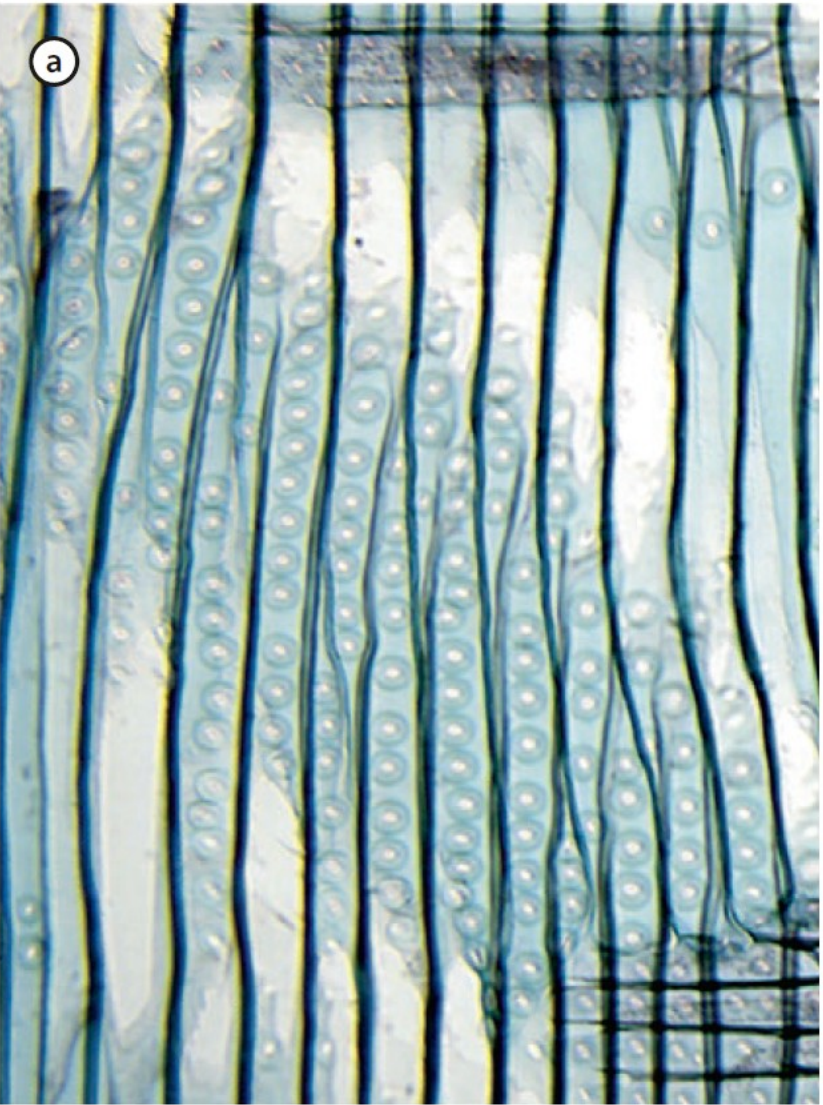


Fig. 7.3 a, b Tapered ends of tracheids in radial sections of coast redwood (*Sequoia sempervirens*) and pine (*Pinus* sp.). Note the numerous circular bordered pits in the radial walls. Scale bar in **b** = 100 μ m and applies to both panels. (a RR Wise)

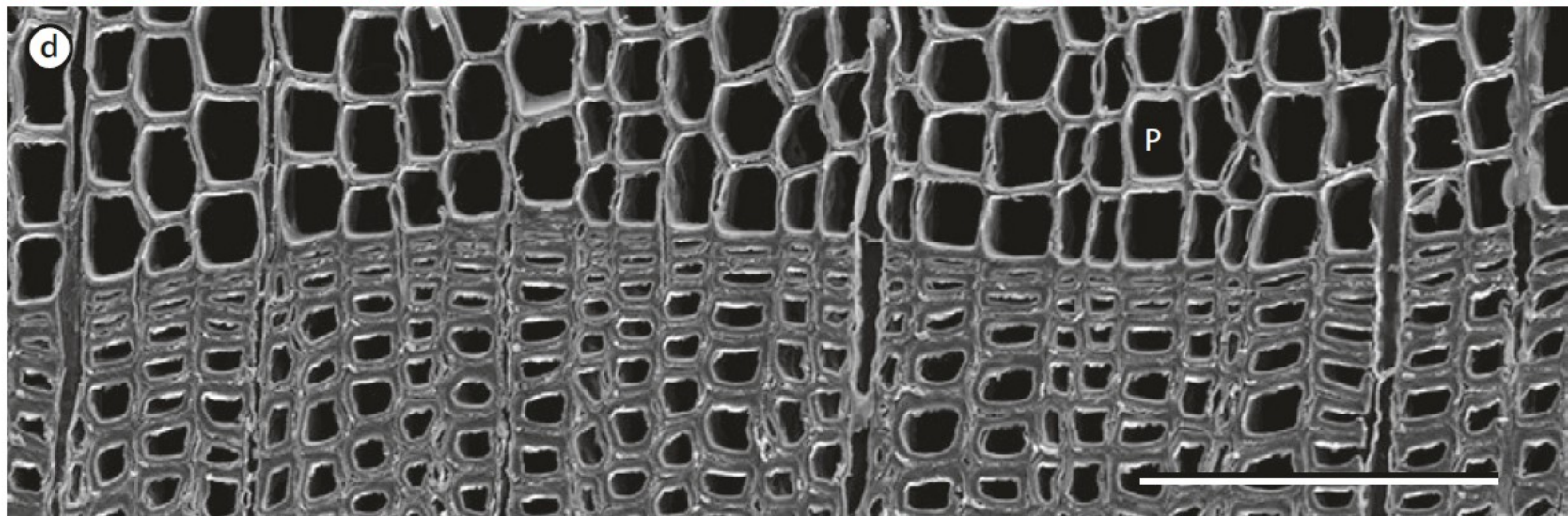
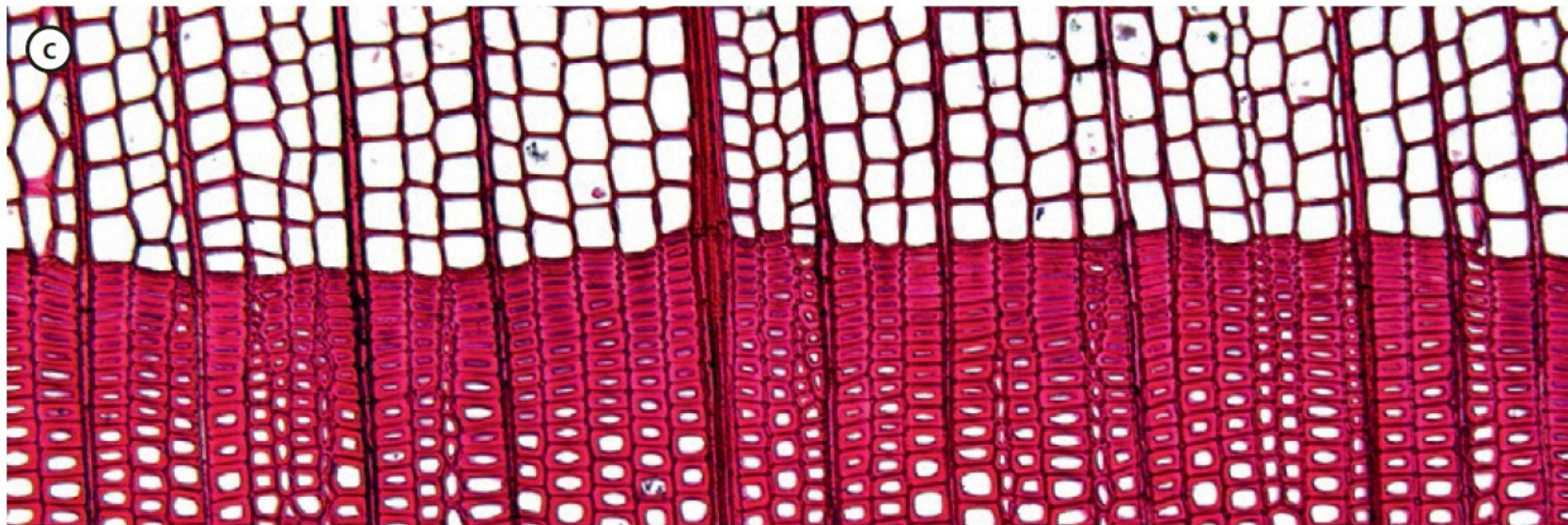
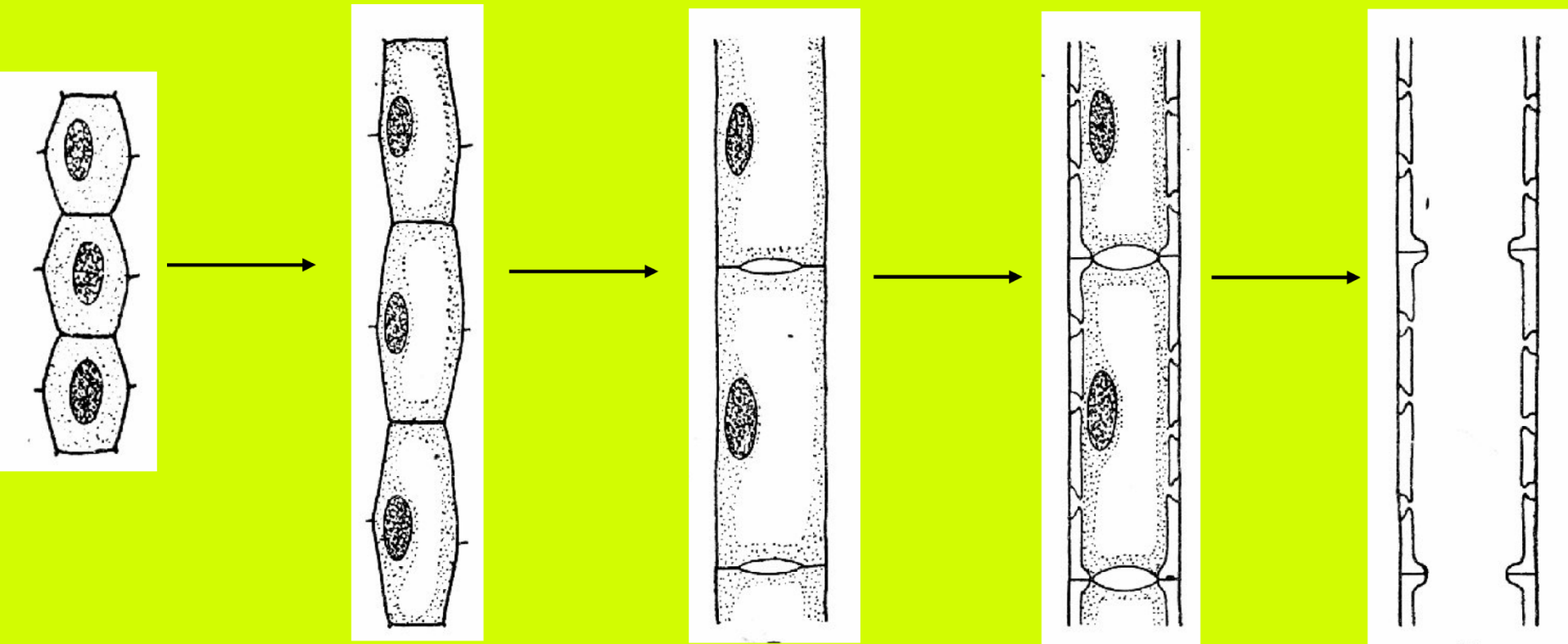
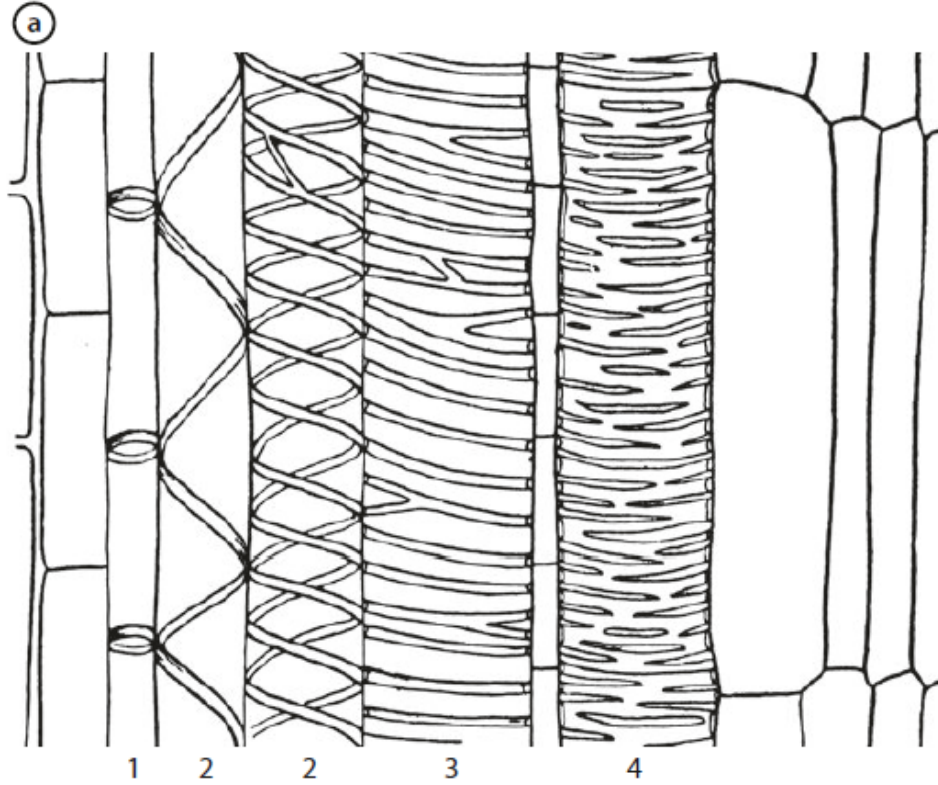


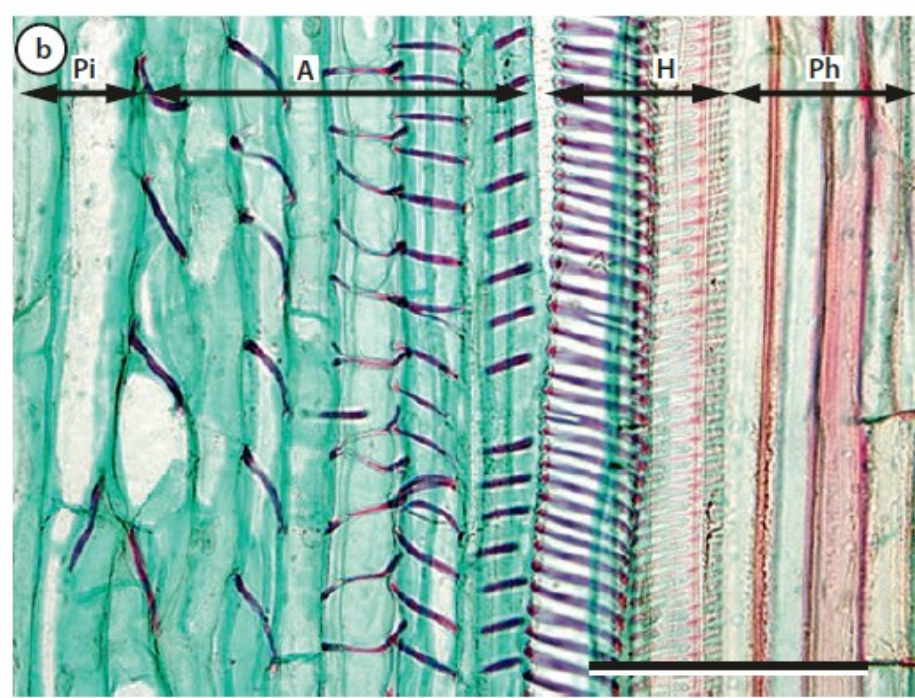
Fig. 7.3 c, d Seasonal growth ring boundaries in c Norway spruce (*Picea abies*) and d pine (*Pinus* sp.) stems in cross-section. **Early wood** tracheids (toward the top in each panel) have a large diameter and thin walls, while **late wood** tracheids (toward the bottom) are narrow with thick walls. Note several bordered pits surrounding the letter P in b. Scale bar in b = 200 μ m and applies to both panels. (c, d RR Wise)

Ontogenetický vývoj tracheje z meristematických buněk. Meristematické buňky, mají hustou cytoplazmu a značně vyvinuté endoplazmatické retikulum a diktyozomy. Ontogeneze tracheje je doprovázena celou řadou změn na buněčné úrovni. Dochází k intenzivnímu růstu mladého tracheálního článku do délky a šířky, vzniká velké centrální vakuola, v prostoru mezi plazmalemou a primární buněčnou stěnou se shromažďují vesikuly s materiálem k tvorbě sekundární buněčné stěny, postupně dochází k tvorbě sekundární buněčné stěny ukládáním hemicelulózy a ligninu mezi celulózní mikrofibrily z vnitřní strany primární buněčné stěny. Celý proces je završen kompletní enzymatickou autolýzou protoplastu (apoptóza) a částečným (vznik schodovitých nebo síťovitých perforací) nebo úplným (vznik jednoduchých perforací) rozpuštěním příčných buněčných stěn v místech styku sousedních tracheálních článků.

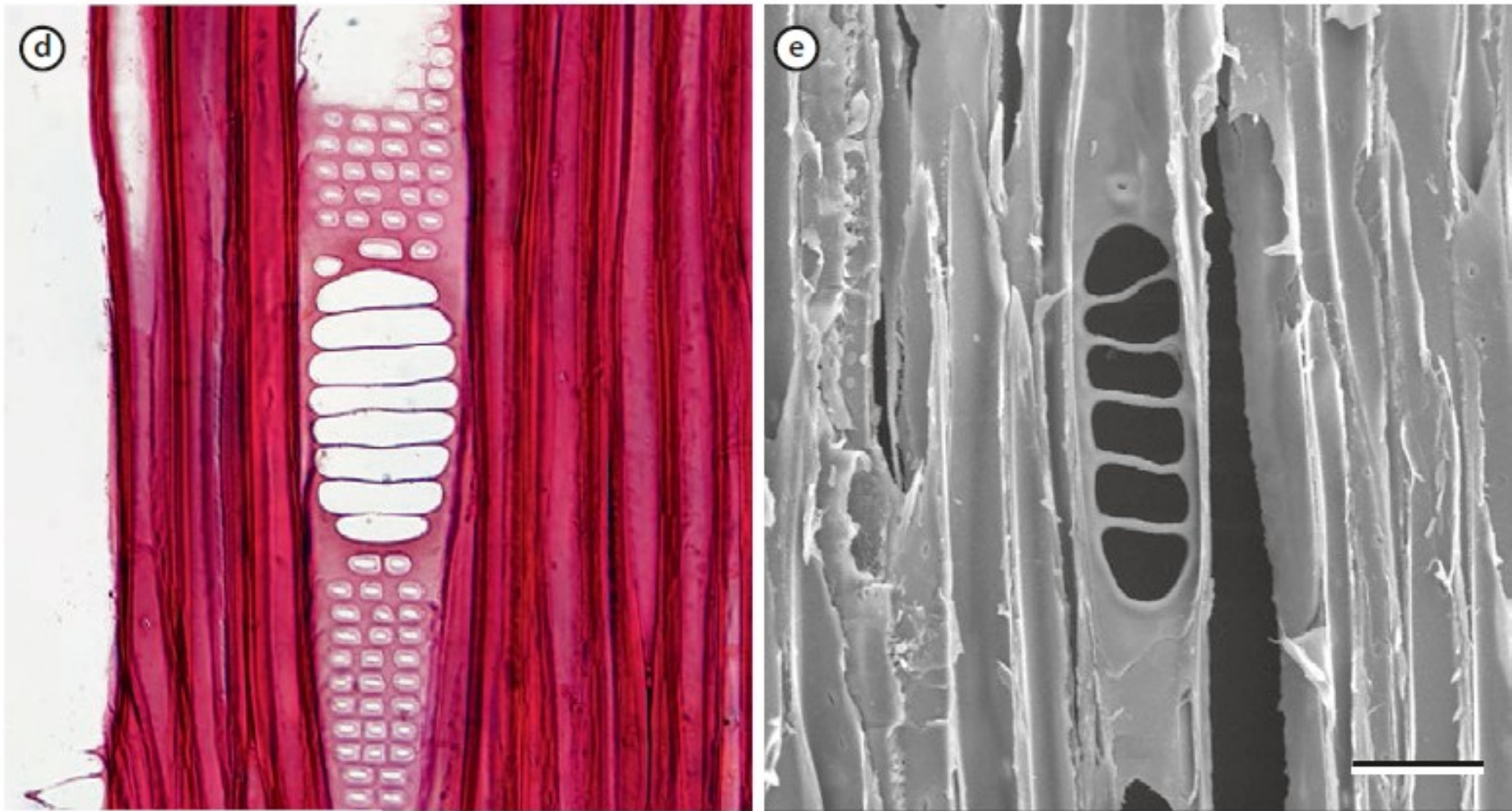




■ Fig. 7.6 a Patterns of secondary cell wall deposition in vessel elements. 1 = annular, 2 = spiral or helical, 3 = scalariform, 4 = reticulate. (From Coulter et al. (1910). public domain)



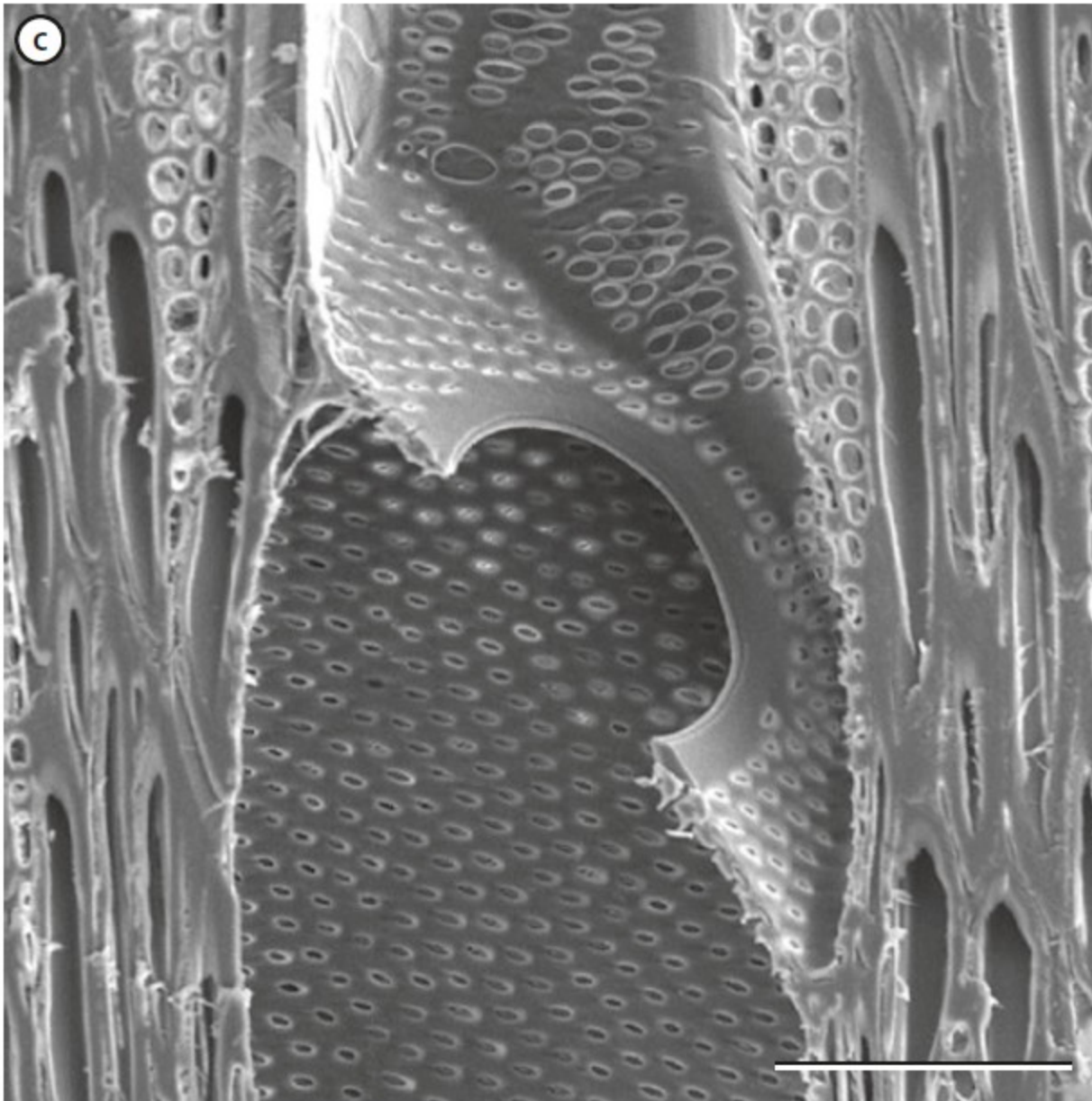
■ Fig. 7.6 b Annular and helical (or spiral) wall patterns in a single longitudinal section of a hemp (*Cannabis sativa*) stem. The stem shows primary growth of pith (Pi) to the left, five xylem vessels made of vessel elements with annular wall thickenings (A), two with helical thickenings (H), and phloem (Ph) to the right. The vessels to the far left, adjacent to the pith, were laid down first (protoxylem) and have been stretched in an axial direction as the stem elongated. Scale bar = 50 μ m. (RR Wise)



■ Fig. 7.7 d, e Scalariform perforation plates in tulip tree (*Liriodendron tulipifera*) vessel elements. Scale bar in e = 25 μm and applies to both panels. (d, e RR Wise)

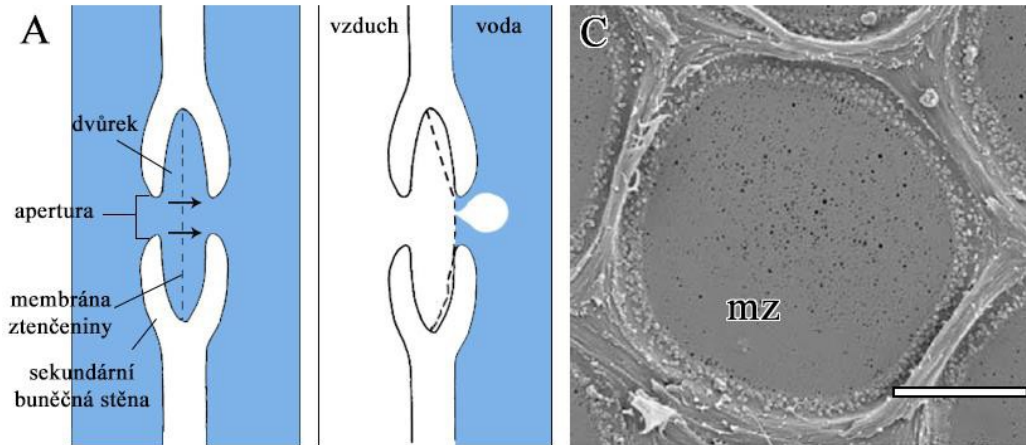


■ Fig. 7.7 f Reticulate perforation plate from the feather duster palm (*Rhopalostylis sapida*). g Ephedroid perforation plate from longleaf joint fir (*Ephedra trifurca*) = 10 μm in f and 25 μm in g. (f from Crang and Vassilyev 2003; g RR Wise)



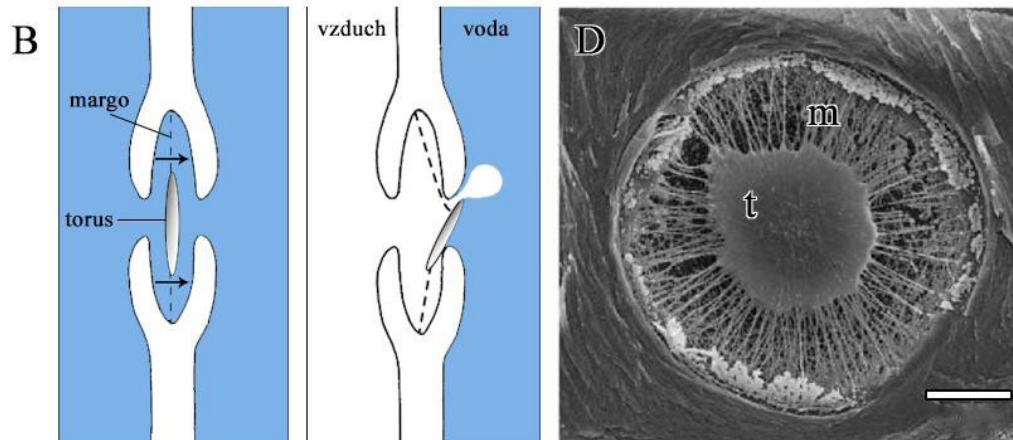
■ Fig. 7.7 c Simple perforation plate in a black walnut (*Juglans nigra*) connecting two vessel elements. In this example, the perforation plate is a combination of a simple pore with a large rim containing numerous pits. Scale bar = 100 μ m. (RR Wise)

cévy (krytosemenné)

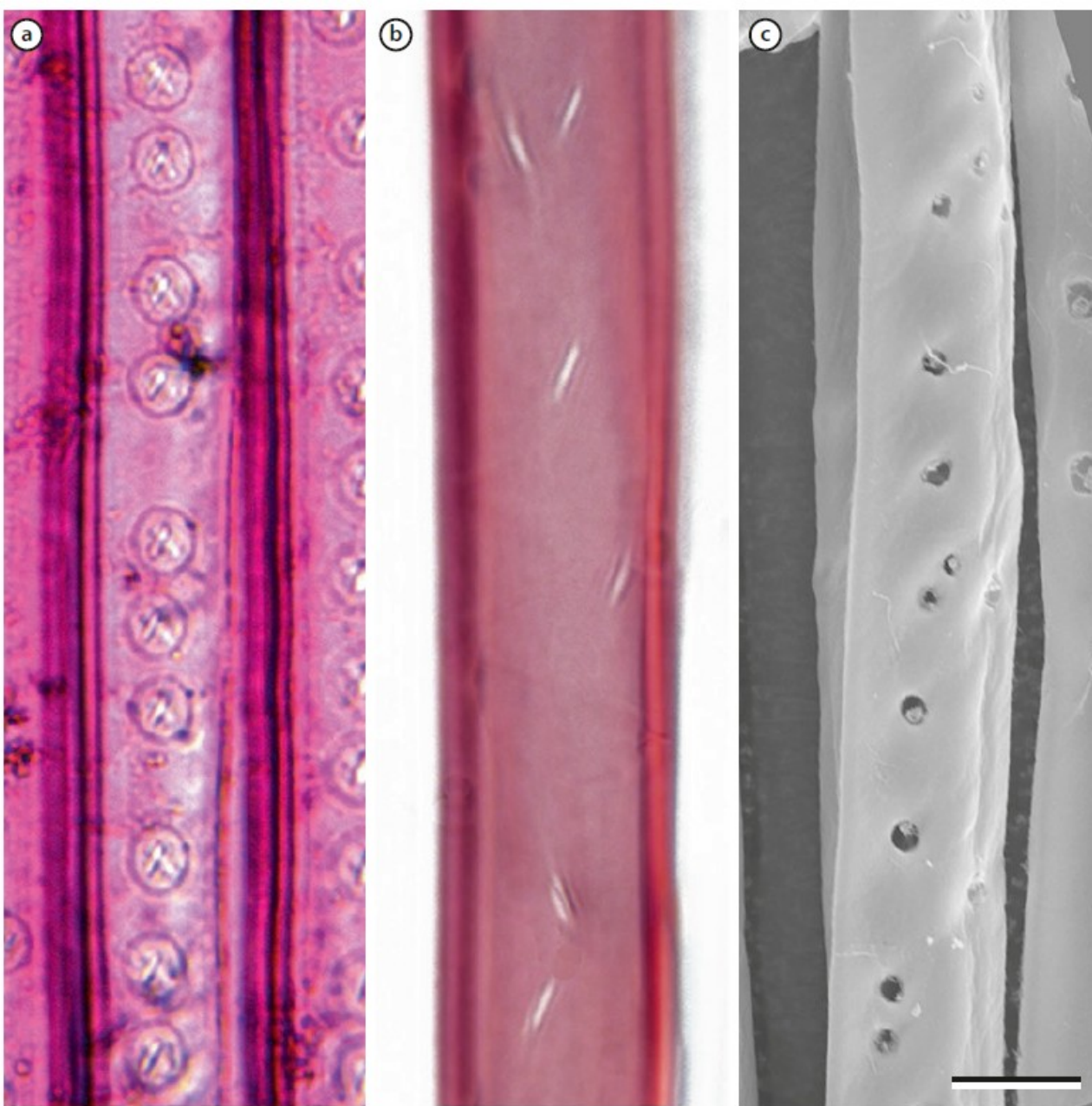


Funkční vodivé elementy Air-seeding

cévice (nahosemenné)



Schématické znázornění ztenčenin u plně funkčních vodivých elementů a při procesu šíření embolie (air-seeding). (A) U krytosemenných druhů dřevin se vyskytují ve stěnách cév dvůrkaté ztenčeniiny s homogenní membránou. Při šíření embolie z embolizované cévy do funkční cévy je rozhodující velikost největšího póru v membráně ztenčeniiny. (B) Nahosemenné druhy mají ve svých cévicích dvůrkaté ztenčeniiny se ztloustlým středem membrány (torus) a okolní, pórovitější částí membrány (margo). K šíření embolie z embolizované cévice dochází kvůli nedostatečnému přilnutí toru k apertuře ztenčeniiny v důsledku nerovností v jeho struktuře nebo přetržení marga. Na snímcích z elektronového mikroskopu jsou zobrazeny membrány ztenčenin. (C) Homogenní membrána u druhu *Acer negundo* a (D) membrána typu torus-margo u druhu *Calocedrus decurrens*. mz – membrána ztenčeniiny, m – margo, t – torus. Měřítka (bílé úsečky) odpovídají délce 2 μm (upraveno z Cochard et al., 2009; Delzon et al., 2010).



- a) tracheida
- b) vláknitá tracheida
- c) libriform

■ Fig. 7.4 a–c Pitting patterns of imperforate tracheary element side walls. a Tracheids from *Drimys*, a primitive vessel-less angiosperm, have side walls with numerous circular bordered pits. b Fiber tracheids from red maple (*Acer rubrum*) have fewer pits, with slit-like apertures. c Libriform fibers from grape (*Vitis* sp.) have simple pits. Scale bar in c = 10 μ m and applies to all panels. (a–c RR Wise)

Floém

- translokace sacharidů (**sacharóza**, rafinóza, stachyóza), AK, fytohormony; viry
 - Münchův model tlakového transportu
- primární floém (protoflém a metafloém); z prokambia
- sekundární floém; z kambia (laterální sekundární meristém)
- vlastní vodivé elementy: **sítkové buňky vs. sítkovice**
 - s nimi funkčně a prostorově asociované průvodní buňky (event. albuminové b.) či parenchymatické b.
 - i v dospělosti živé buňky, ale výrazně modifikované (absence jader, bez vakuoly a mnohých organel)
- další buňky: parenchym, skl fibrily, mléčnice (laticifery)

■ Table 8.1 Phloem cell types and their functions in angiosperms and gymnosperms

Phloem cell type	Function	Angiosperm	Gymnosperm
Sieve tube elements	Translocation of sugars, amino acids and hormones	Yes	Yes
Companion cells	Metabolic support, phloem loading/unloading	Yes	No, but contain albuminous cells
Fibers	Support/protection	Yes	No
Parenchyma	Storage/synthesis	Yes	Yes

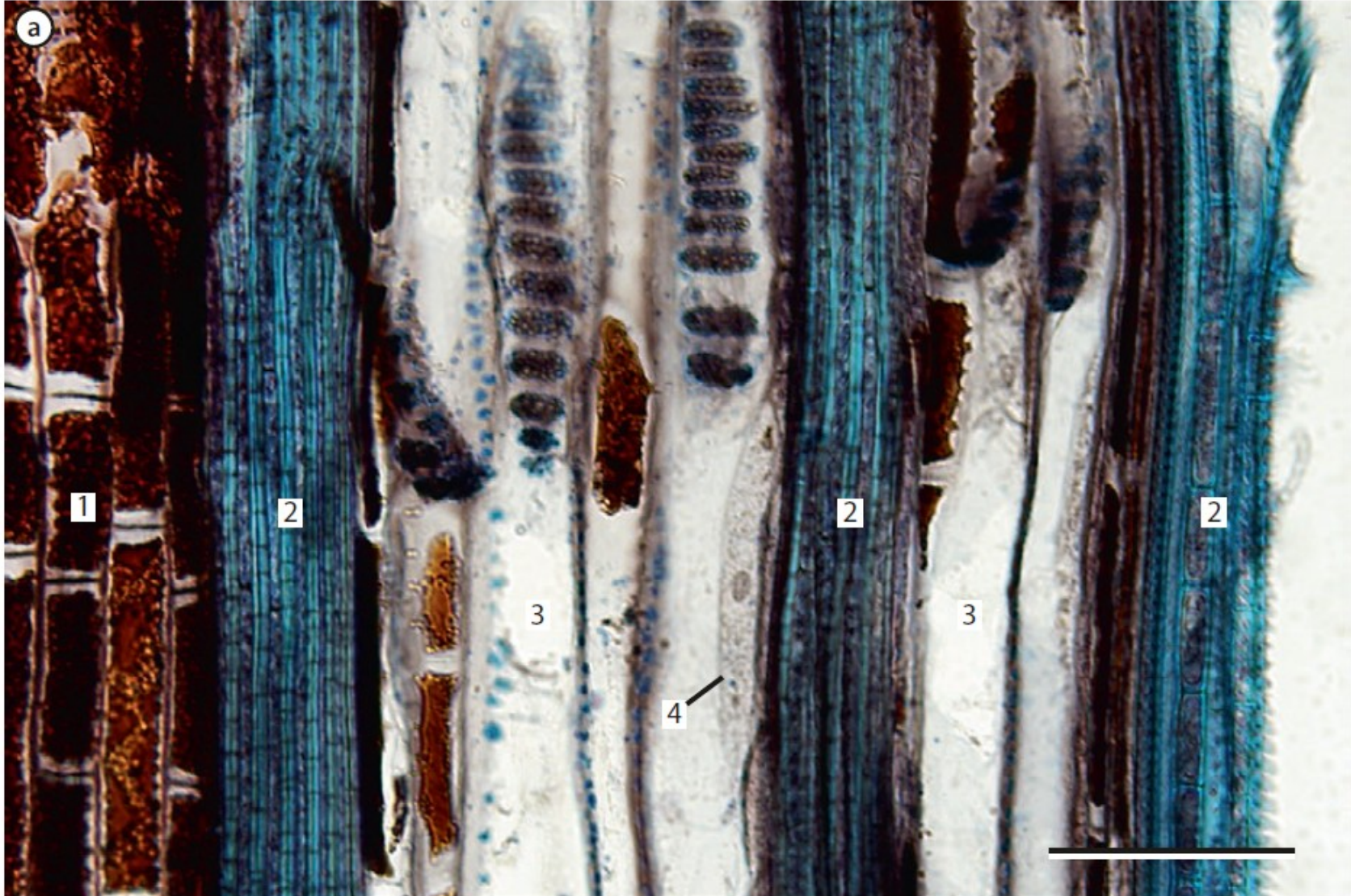
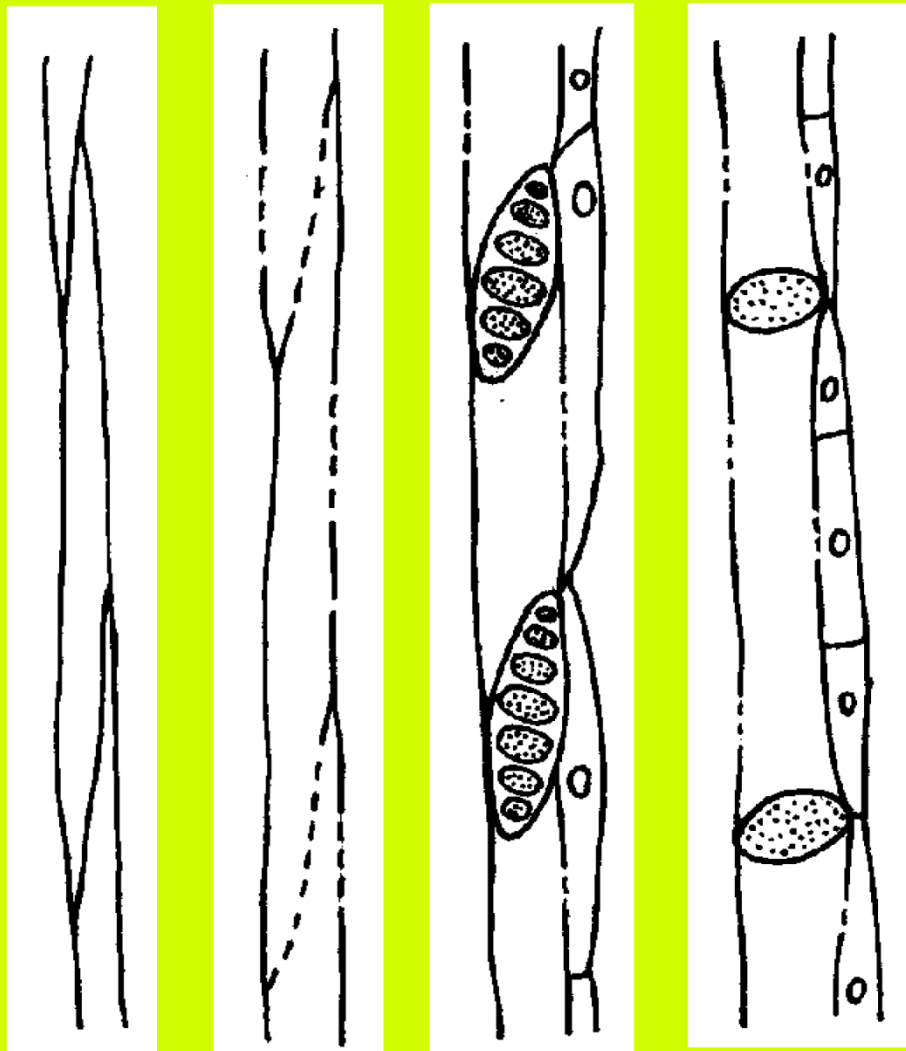


Fig. 8.1 a Phloem tissue in a grape (*Vitis* sp.) stem showing the relationship of the four cell types; the stem abaxis is to the left. Phloem parenchyma (1) are darkly stained due to the presence of tannins, fibers (2) are blue, sieve tube elements (3) have slanted compound sieve plates, and companion cells (4) have a nucleus and dense cytoplasm. Note that the companion cell shown is shorter than the sieve tube element it serves. Scale bar = 50 μ m. (RR Wise)

Schéma evolučního vývoje vodivých elementů floému.



1

2

3

4

1. prozenchymatické buňky bez perforací u psilofyt;
2. sítkové buňky s perforacemi u výtrusných a nahosemenných rostlin;
3. a 4. sítkovice s průvodními buňkami u krytosemenných rostlin - perforace ve stěnách sítkových článků vytvářejí sítková políčka nebo jedno sítko. Sítková políčka se nacházejí i v podélných stěnách sítkových článků.

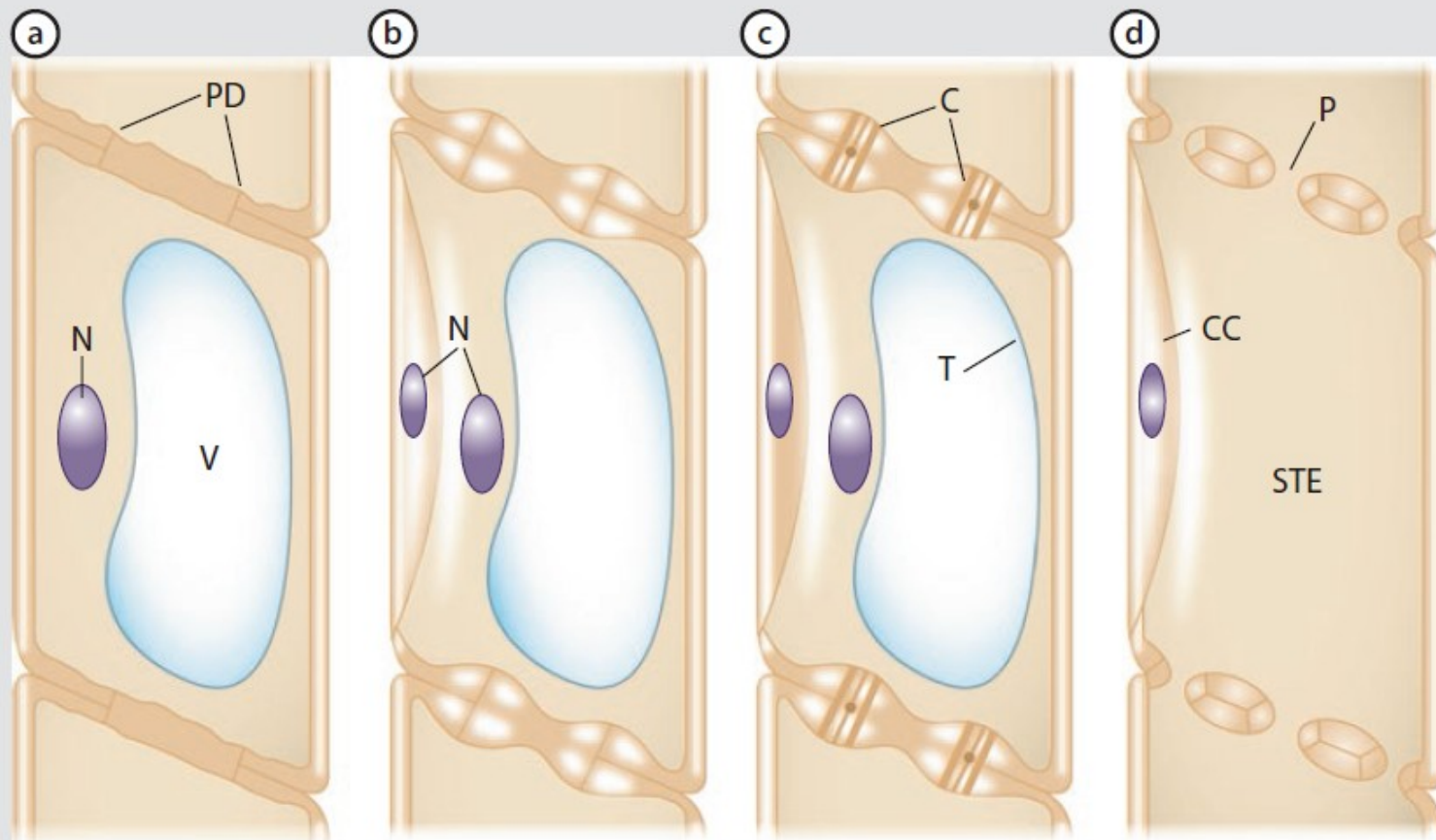
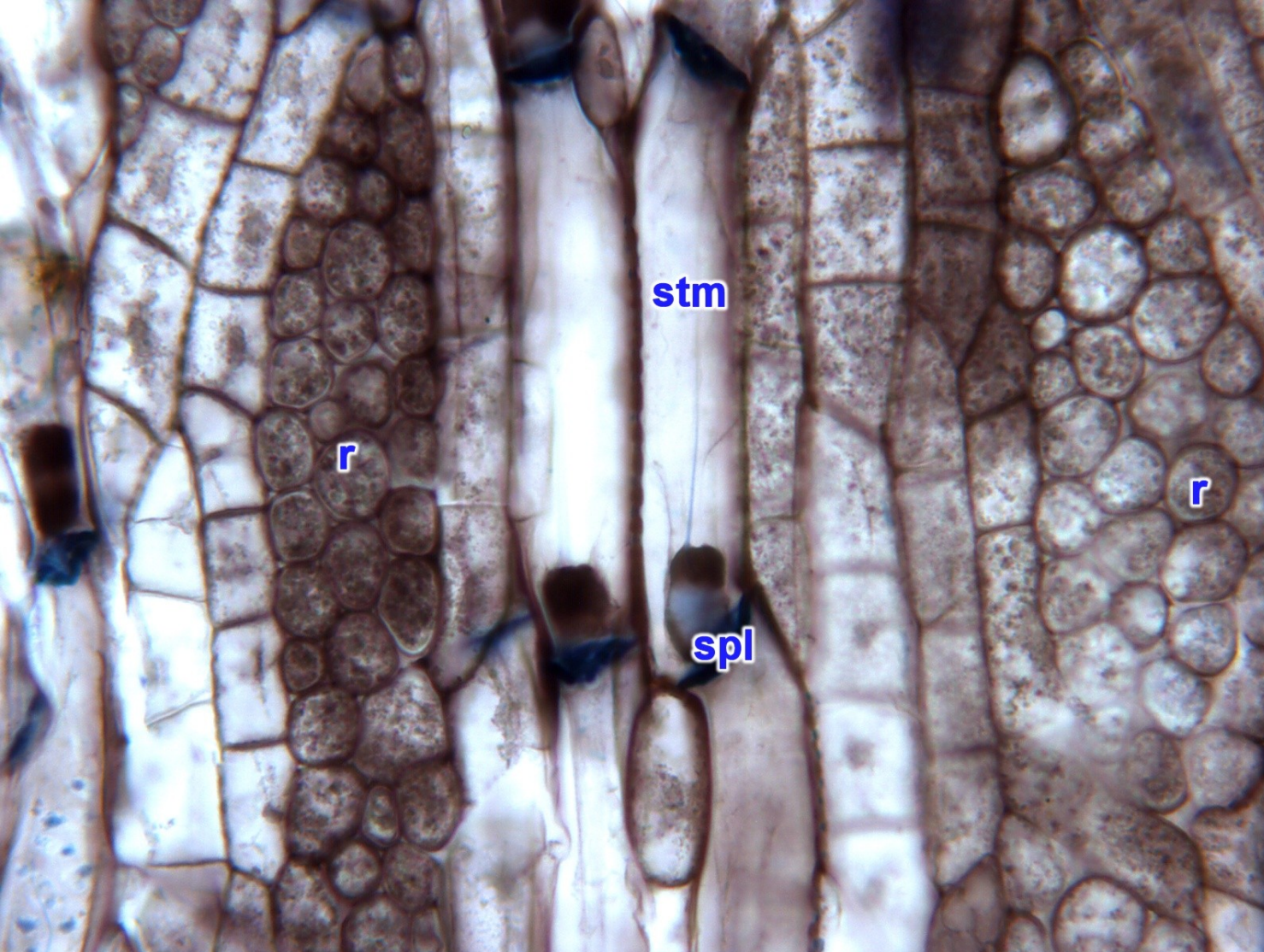
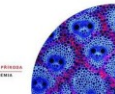


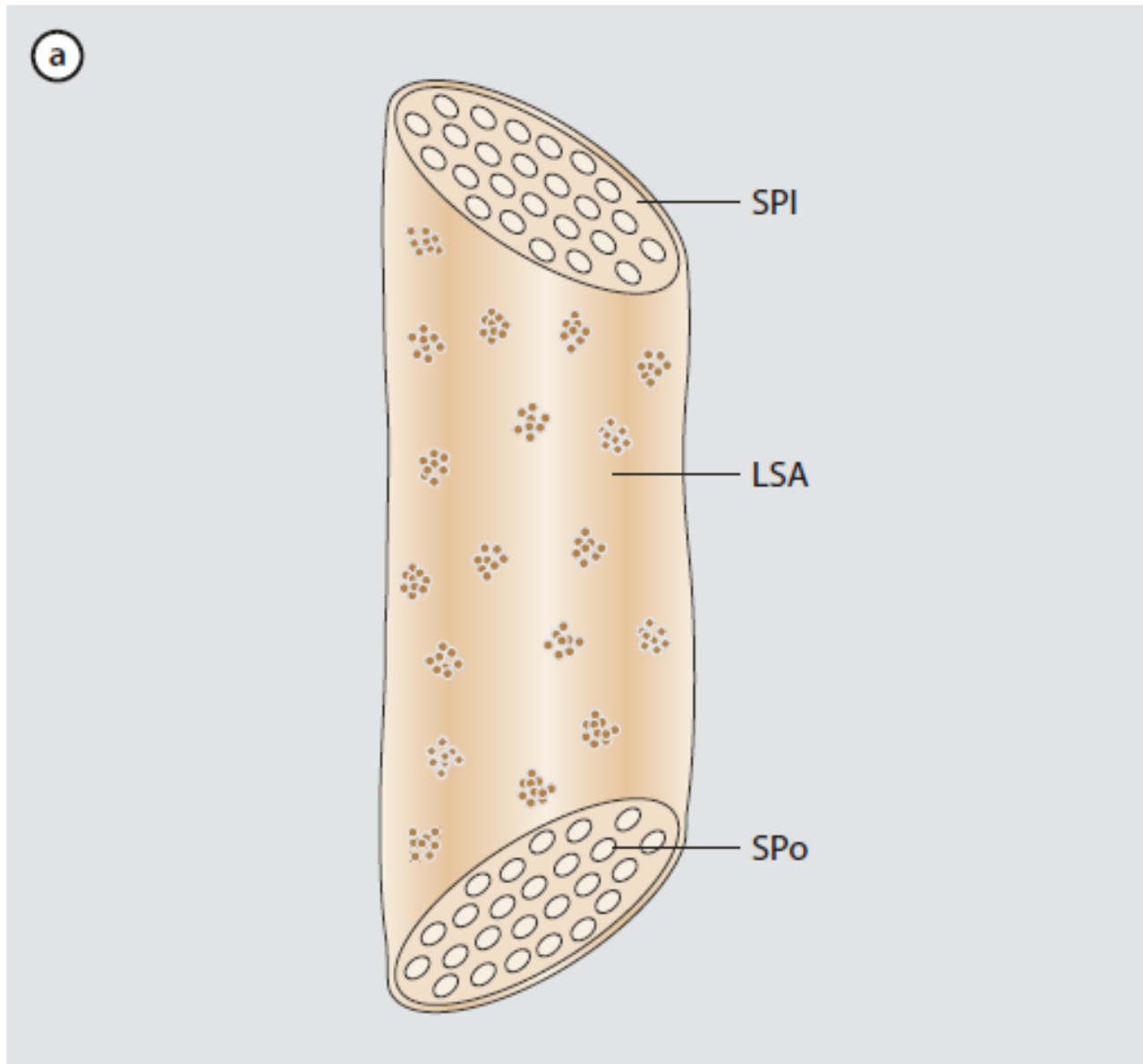
Fig. 8.4 a–d Development of a sieve tube element (STE) and its companion cell (CC) from a single phloem mother cell. **a** The phloem mother cell has a single nucleus (N), a large vacuole (V) and plasmodesmata (PD). **b** Mitosis generates two cells, each with its own nucleus. **c** The STE nucleus and tonoplast (T) break down. Callose (C) accumulates at the developing sieve pores. **d** In the mature state, sieve tube elements each have an accompanying companion cell and are connected via a sieve plate (SP) containing large sieve pores (P). The CC retains its nucleus and the common wall between the CC and STE has numerous plasmodesmata (not shown). The CC is often shorter than the STE (Redrawn from Crang and Vassilyev 2003)



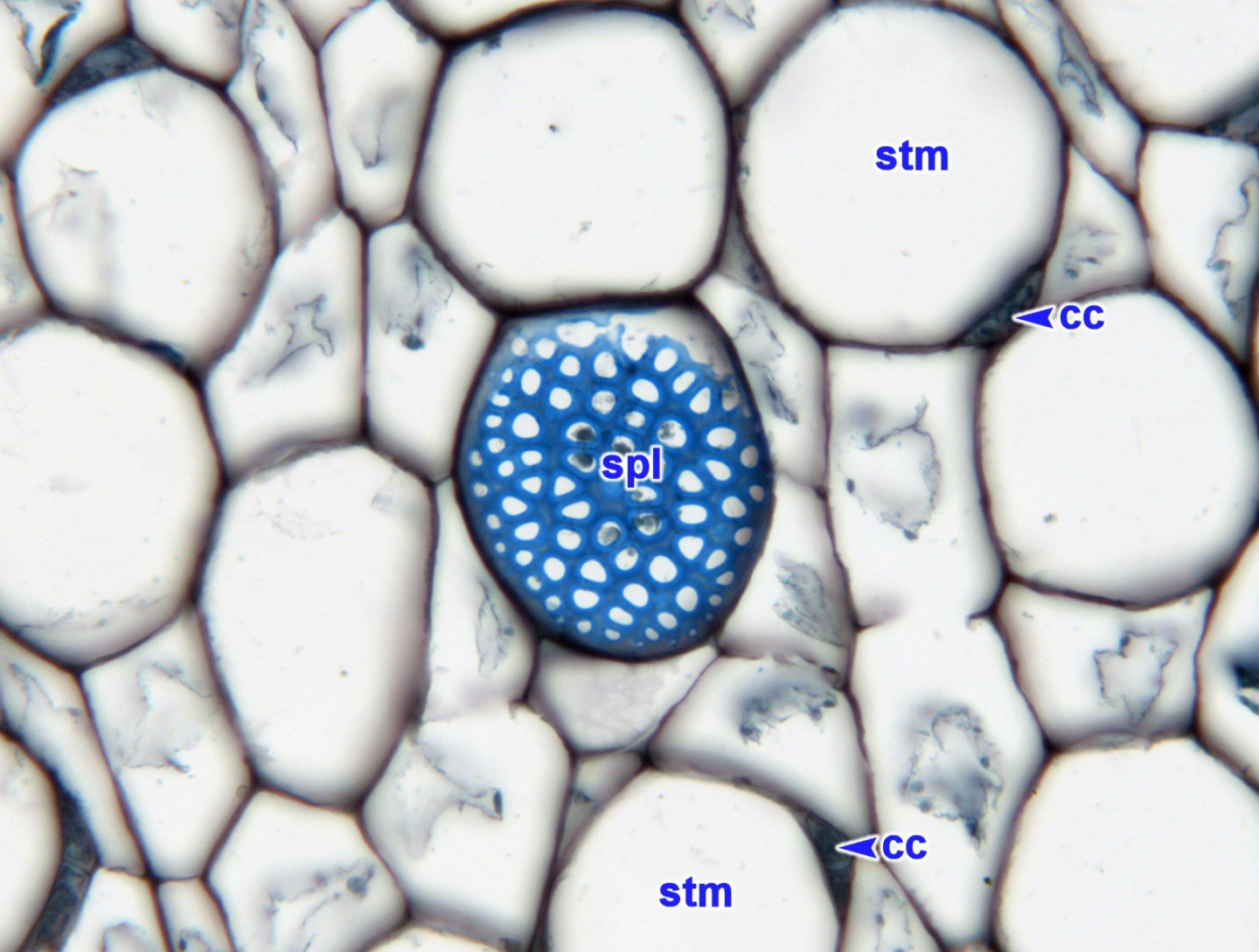
r [paprsek](#)
spl [sítková deska](#)
stm [článek sítkovice](#)

Tangenciální řez
stonkem trnovníku
(*Robinia* sp.) v oblasti
sekundárního floému.





■ Fig. 8.3 a Drawing of a sieve tube element showing the terminal sieve plates (SPI) with sieve pores (SPo) and lateral sieve areas (LSA) (Redrawn from Crang and Vassilyev 2003)



cc [průvodní buňka](#)
spl [sítková deska](#)
stm [článek sítkovice](#)

Příčný řez stonkem tykve
(*Cucurbita* sp.), detail
[floémové části](#)
[bikolaterálního cévního](#)
[svazku.](#)



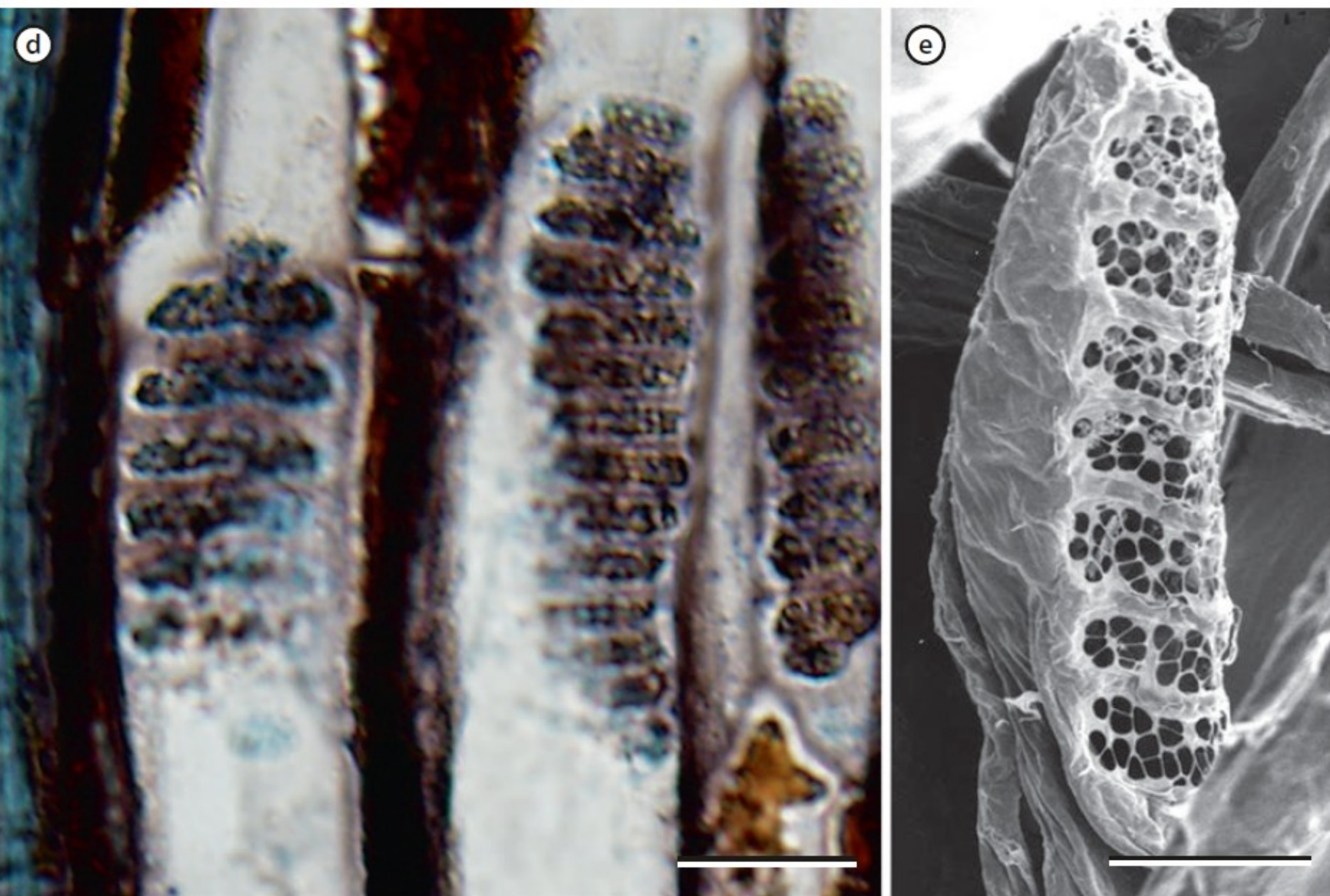


Fig. 8.3 d, e Compound sieve plates in grape (*Vitis* sp.). e Light micrograph of three sieve plates. f Scanning electron micrograph of an isolated grape STE from a stem maceration. The specimen experienced some shrinkage during preparation for microscopy. Scale bars = 20 μ m in both panels. (d RR Wise; Image e courtesy of J. D. Curtis)

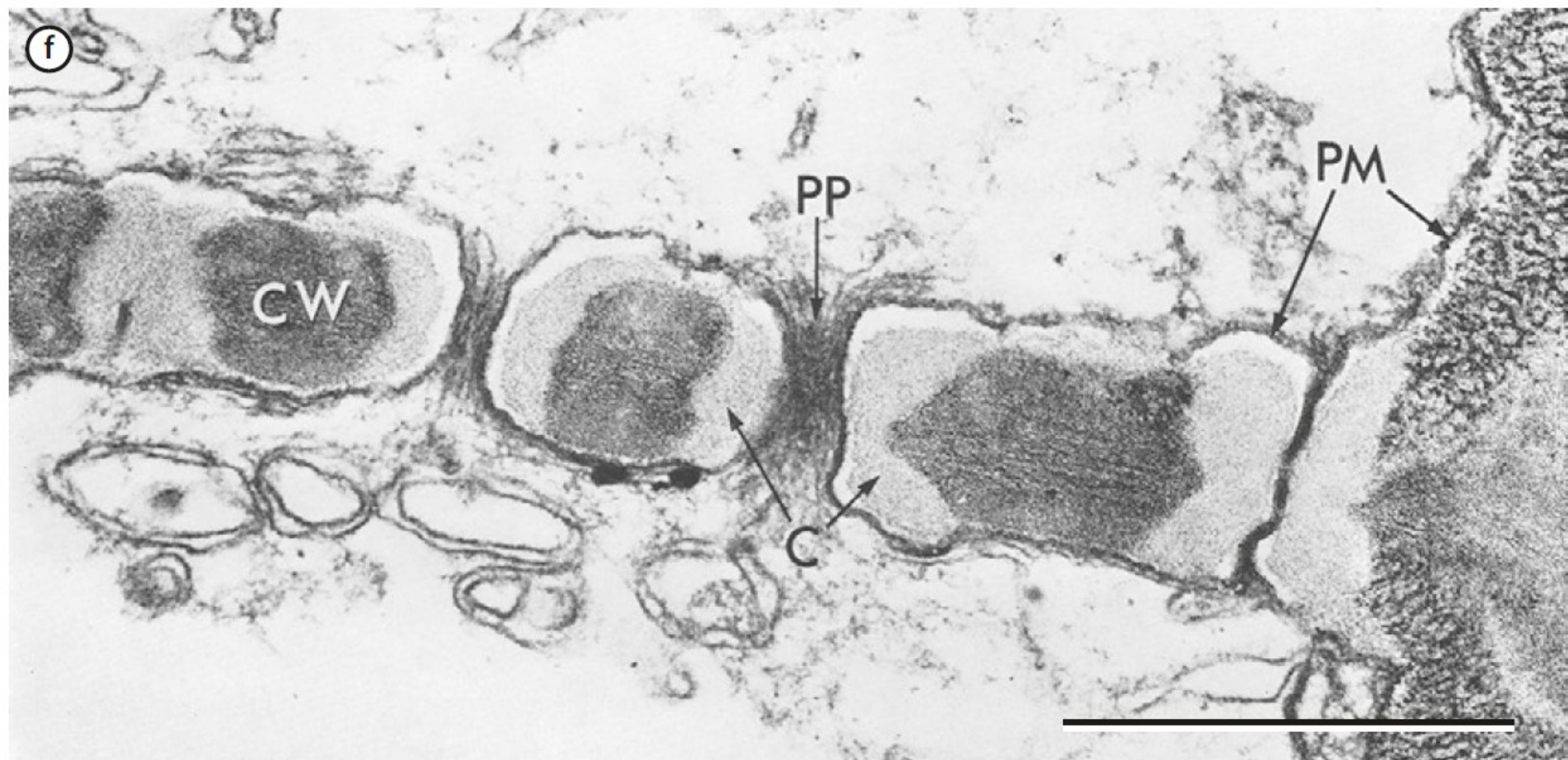


Fig. 8.3 f Transmission electron micrograph of a portion of a sieve plate in *Arabidopsis* showing details of the sieve pores. Seen in cross-section, the areas of cell wall (CW) between the pores appear as isolated islands. Callose (C) lines the pores, while the plasma membrane (PM) surrounds the cells and extends through the sieve pores. Strands of P-protein (PP) are indicated. Scale bar = 1 μm . (Image from Ledbetter and Porter (1970), with permission)

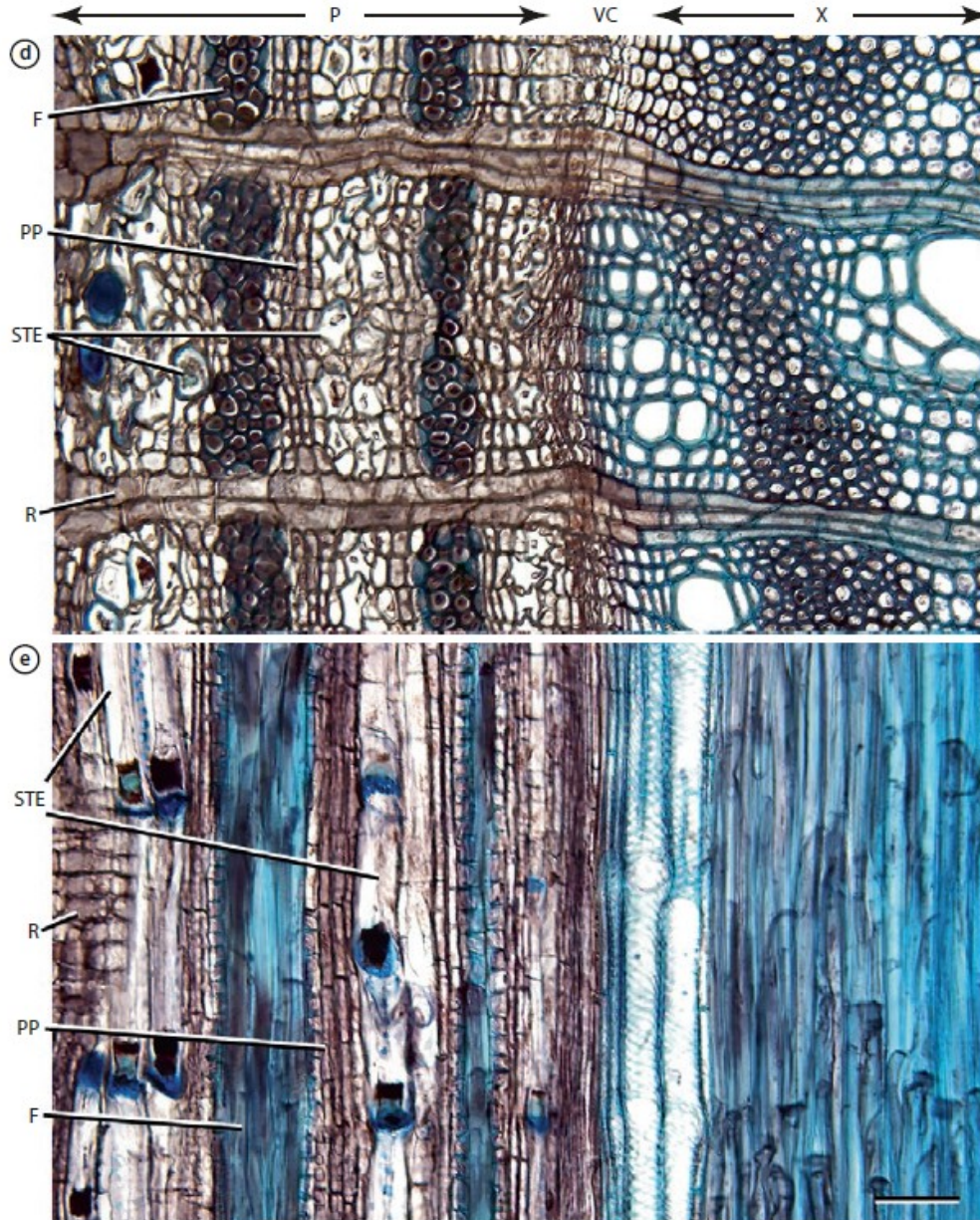


Fig. 8.6 d, e Secondary phloem in the stem of black locust (*Robinia pseudoacacia*) in d cross-section and e radial section. Phloem (P) is to the left and xylem (X) is to the right in both panels. The two images are of separate sections and are aligned to show correspondence between the two sectional views. Fibers (F), phloem parenchyma (PP), sieve tube elements (STE), and rays (R) are indicated in both panels. Scale bar in e = 25 μ m and applies to both panels. (d, e RR Wise)

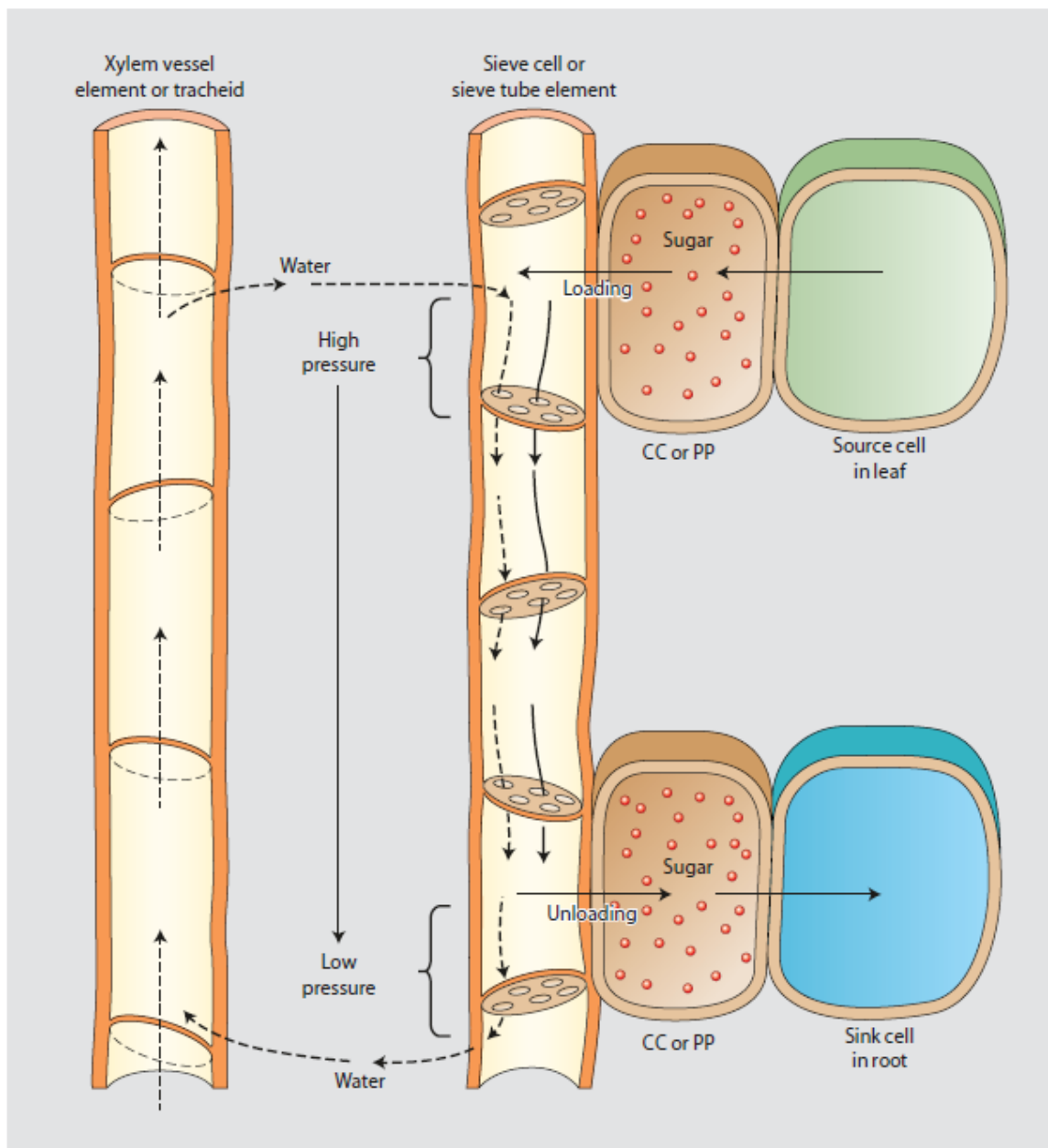
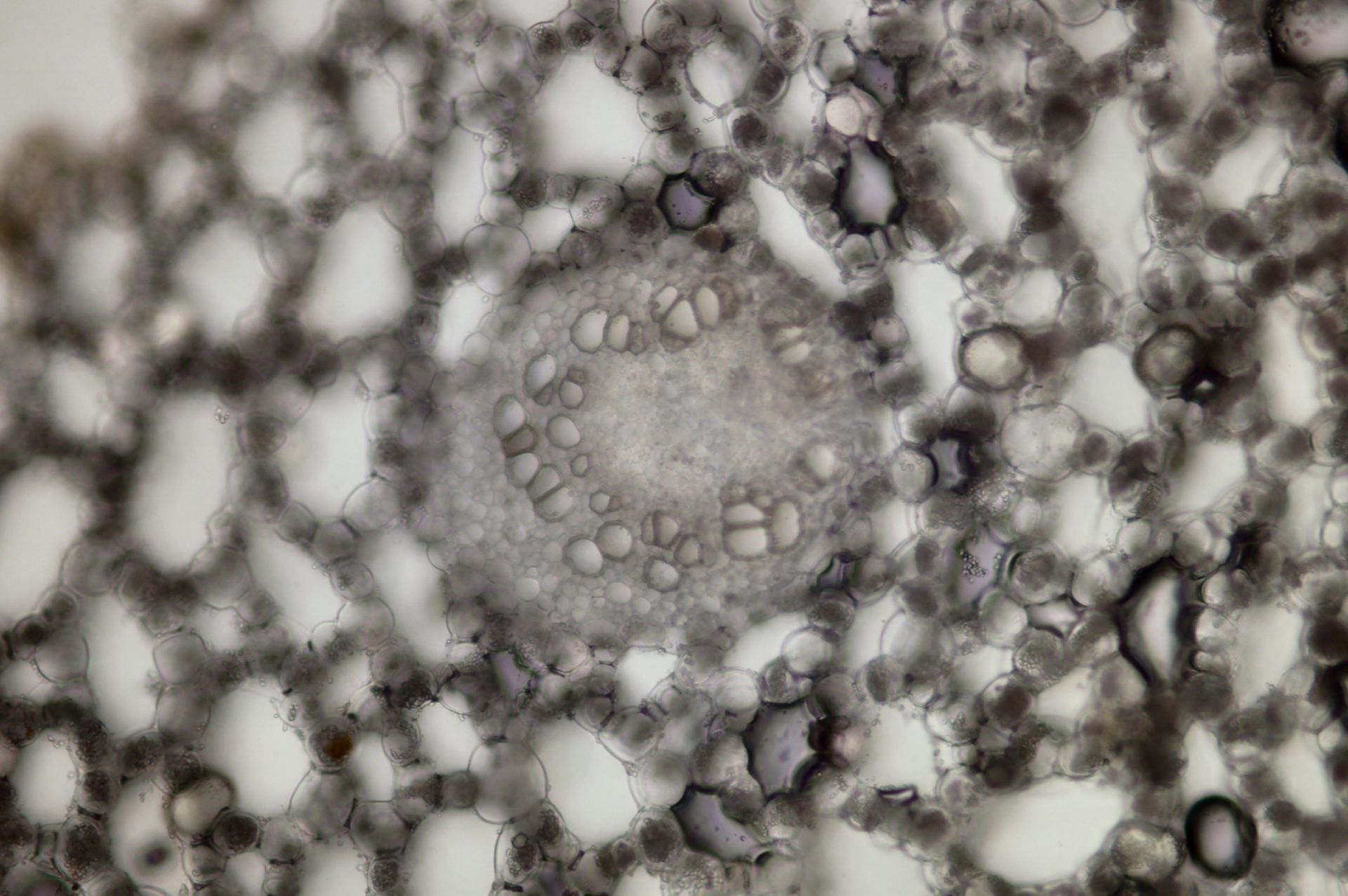


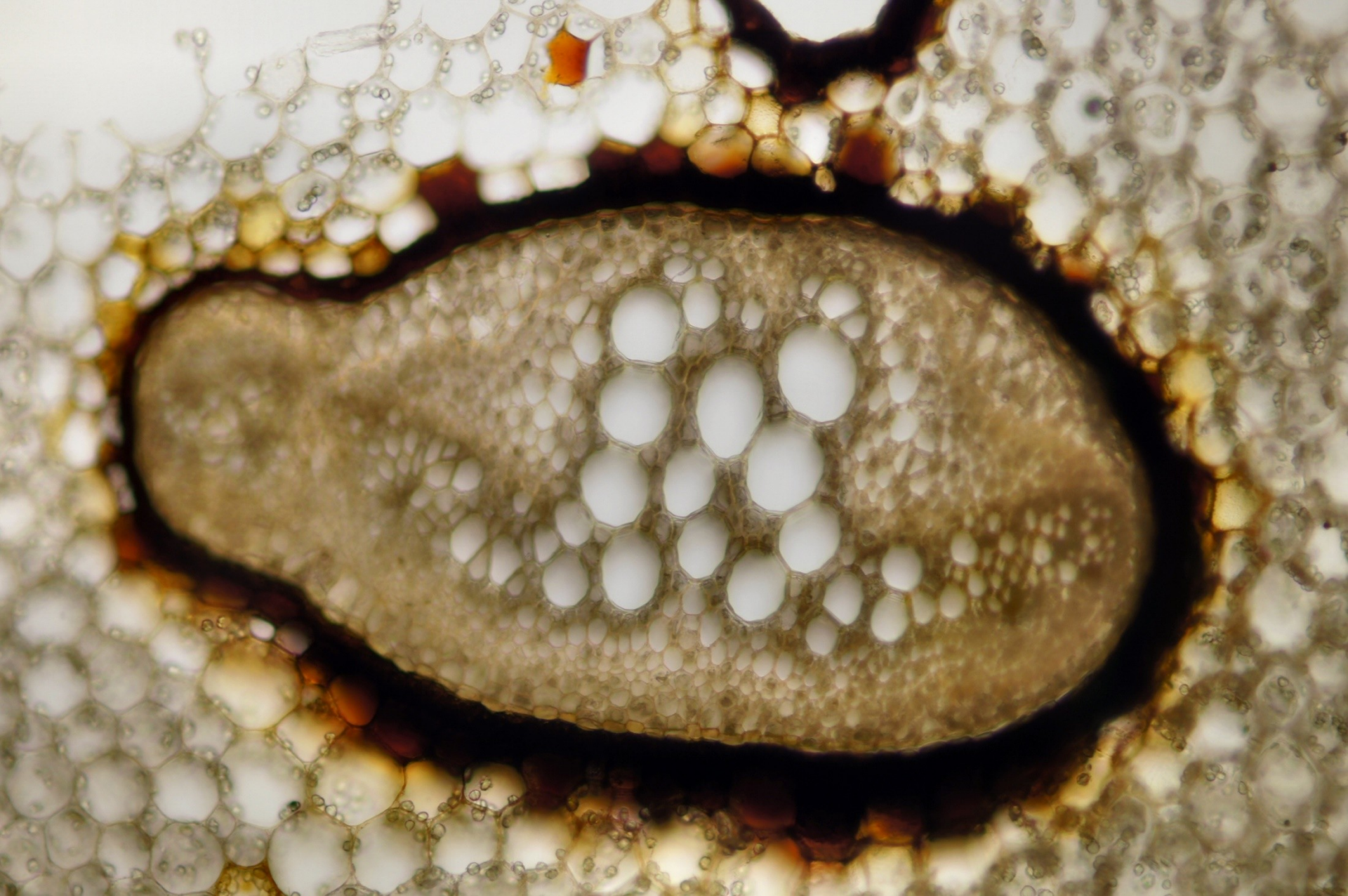
Fig. 8.2 Anatomy and physiology of the Münch pressure flow hypothesis. Sugar loading (top right of figure) from a source cell to a phloem sieve tube element (STE) occurs via either companion cells (CC) or phloem parenchyma (PP), depending on the species. This lowers the water potential of the STE which draws water via osmosis from the neighboring xylem tracheary element and pressurizes the STE. Phloem sap is therefore pushed to the sink tissues, where the sugar is unloaded (by either a CC or PP) (Redrawn from Crang and Vassilyev 2003)

Cévní svazky

- asociace xylémových a floémových částí vodivých pletiv
- uzavřené (nemají) vs. otevřené (mají kambium)
- koncentrické (uzavřené)
- kolaterální (uzavřené nebo otevřené)
- bikolaterální (otevřené)
- radiální organizace vod. pletiv (uzavřená nebo otevřená)



Koncentrický (amfivazální, leptocentrický) CS v oddenku puškvorce obecného (*Acorus calamus*).



Koncentrický (amfikribrální, hadrocentrický) CS v řapíku listu ledviníku ztepilého (*Nephrolepis exaltata*).

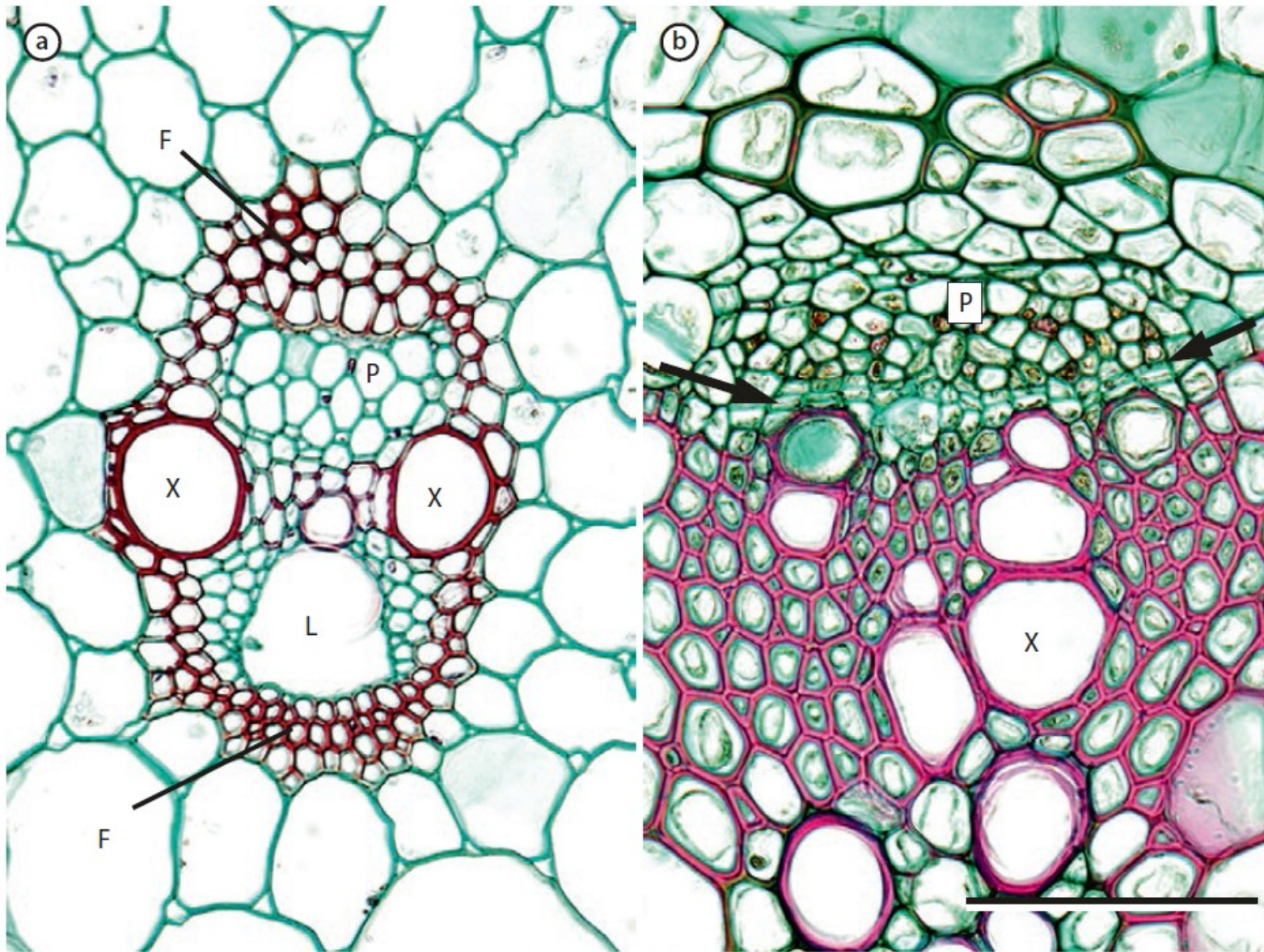
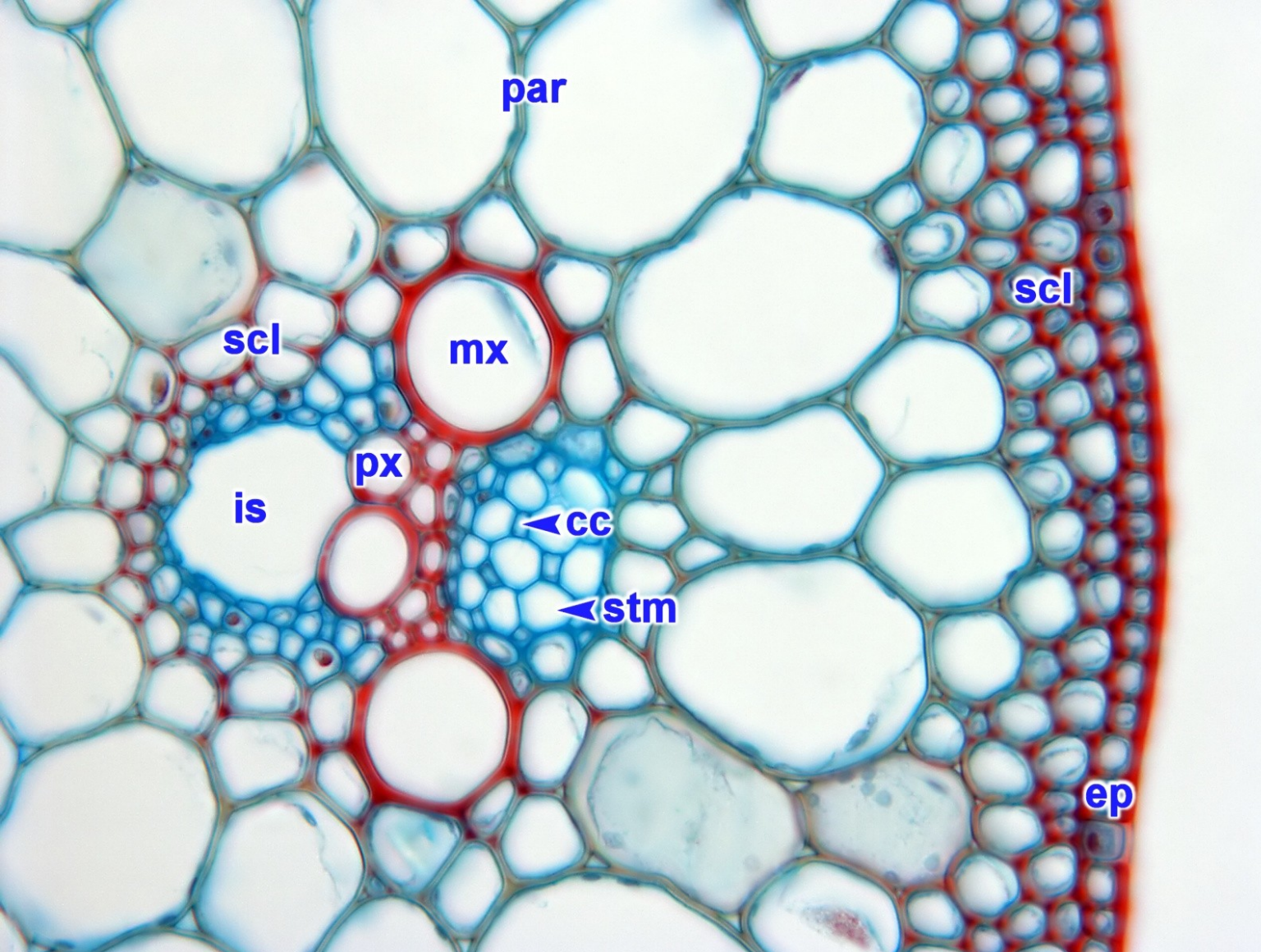


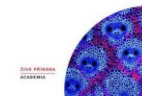
Fig. 14.2 a Closed vascular bundle from a maize (*Zea mays*) stem. The bundle has phloem (P), xylem (X), and fibers (F) but will not develop further. The large hole in the center is a lacuna (L) produced by the tearing of parenchyma cells during bundle expansion. b An open vascular bundle from beet (*Beta vulgaris*) stem. In addition to xylem and phloem, this bundle has a fascicular cambium (light-green cells between arrows) that has generated secondary vascular tissues. Scale bar in b = 50 μ m for both panels (a, b RR Wise)

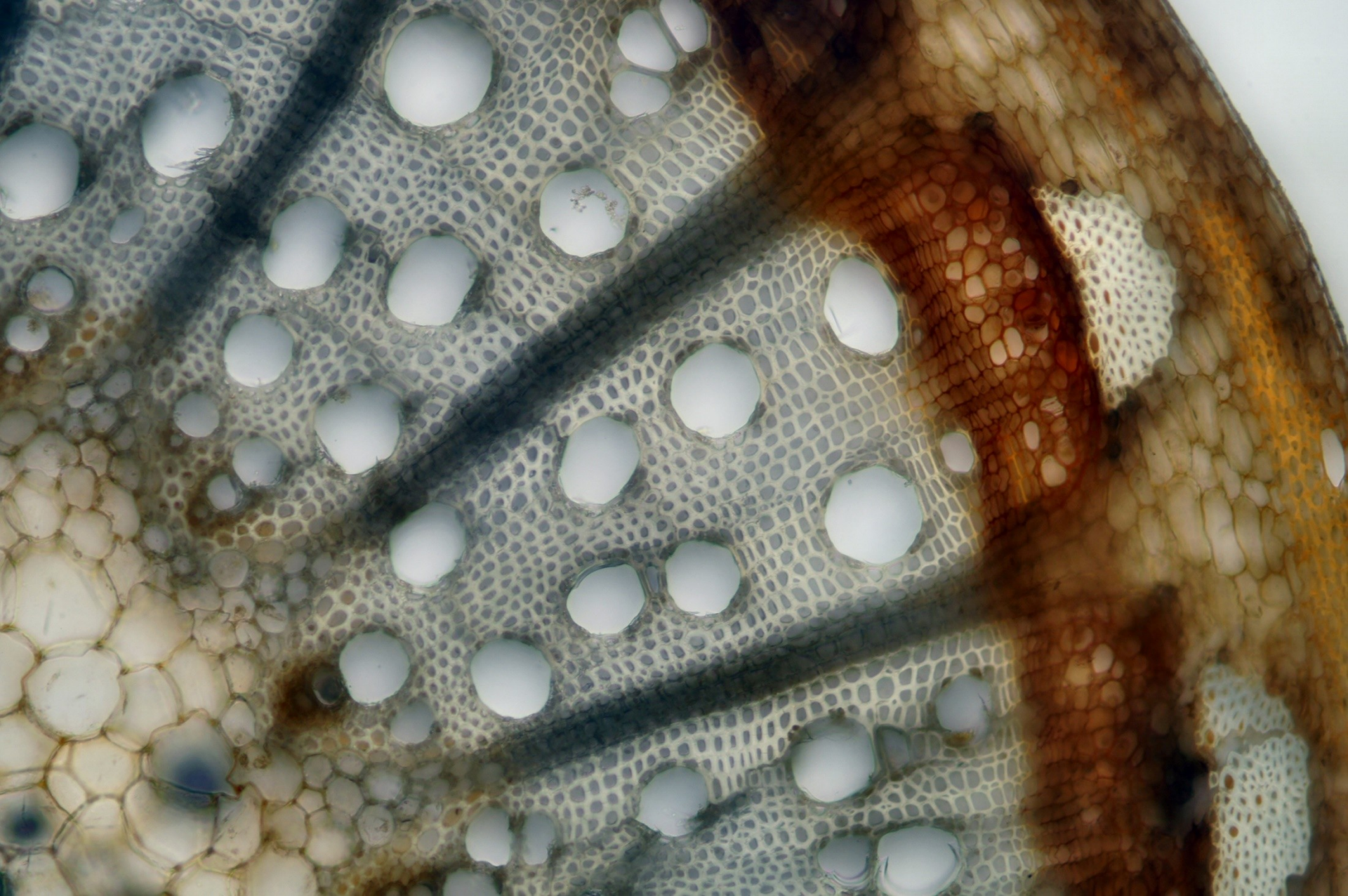


cc [průvodní buňka](#)
ep [epidermis](#)
is [mezibuněčný prostor](#)
mx [metaxylém](#)
par [parenchym](#)
px [protoxylém](#)
scl [sklerenchym](#)
stm [článek](#)
[sítkovice](#)

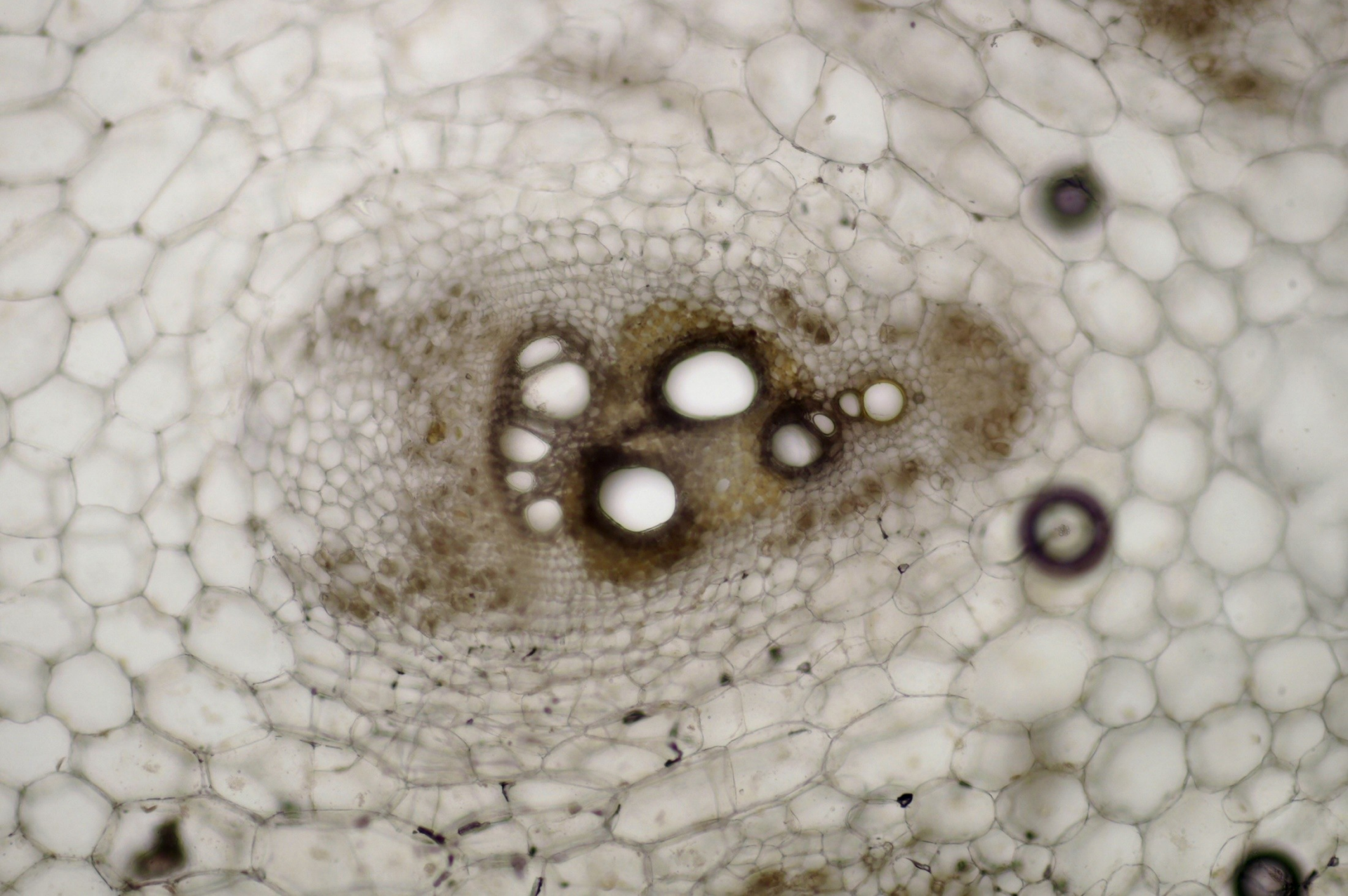
Příčný řez stéblem pšenice seté (*Triticum aestivum* L.).

Kolaterální uzavřený cévní svazek.





Kolaterální otevřený cévní svazek ve stonku révy vinné (*Vitis vinifera*).



Bikolaterální cévní svazek ve stonku okurky seté (*Cucumis sativus*).



Radiální organizace vodivých pletiv v kořeni kukuřice seté (*Zea mays*).