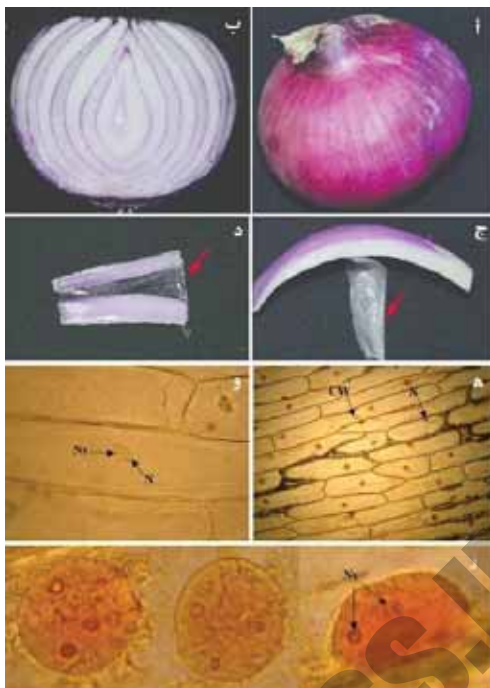
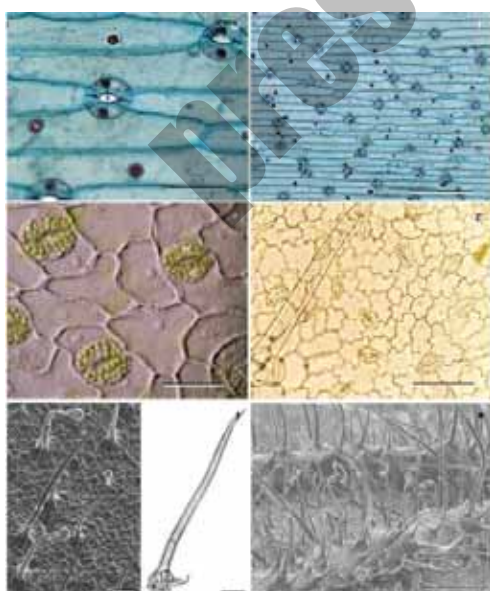


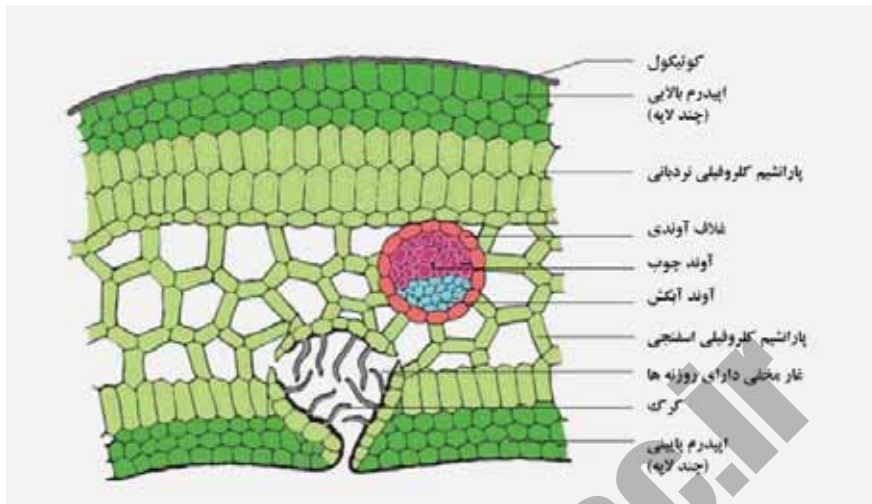
پیوست رنگی



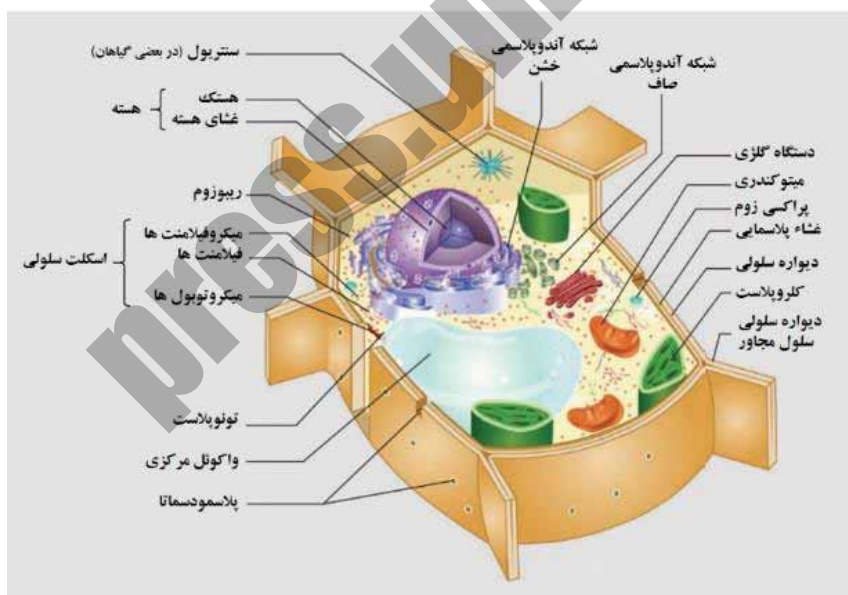
شکل ۱-۲ بشرة بین دو فلس پیاز (برای مشاهده سلول، هسته و هستکها از معرف رنگی لوگل استفاده شده است): (أ) پیاز قرمز؛ (ب) برش پیاز قرمز (مشاهده غلافهای برگي): (ج) جداسازی بشره از فلس؛ (د) تهیه برش و افزودن معرف رنگی؛ (ه) مشاهده سلولهای کشیده، دیواره سلولی (CW) و هسته (N) در بافت بشره پیاز، (و) هسته و هستکها (Ns) ، (ز) هستکها در داخل هسته.



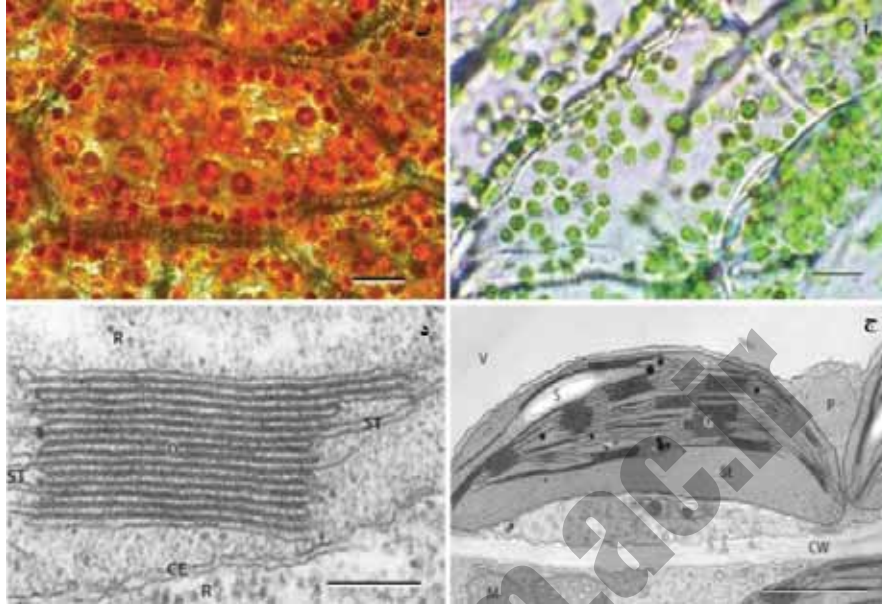
شکل ۱-۳ أ-ب) بافت اپیدرم زیرین برگ گیاه تره (*Allium porrum*) که برای مشاهده سلولها و هسته از معرف رنگی استفاده شده است؛ سلولهای لوبیایی شکل (GC) اطراف روزنه (S) قابل مشاهده است؛ ج-د) بافت اپیدرم زیرین برگ گیاه شمعدانی (*Pelargonium sp.*) بدون استفاده از معرف رنگی؛ سلولهای روزنه (GC) حاوی دانههای کلروپلاست (C) قابل مشاهده است؛ ه-و) تصویر SEM بافت اپیدرم زیرین برگ گیاه شمعدانی دارای کرکهای محافظ (C2) با انتهای نوکتیز و کرکهای ترشحي (C1) با انتهای کیسهمانند (مقیاس أ μm ۲۵؛ ج μm ۵۰؛ ب-د-ه μm ۱۰۰).



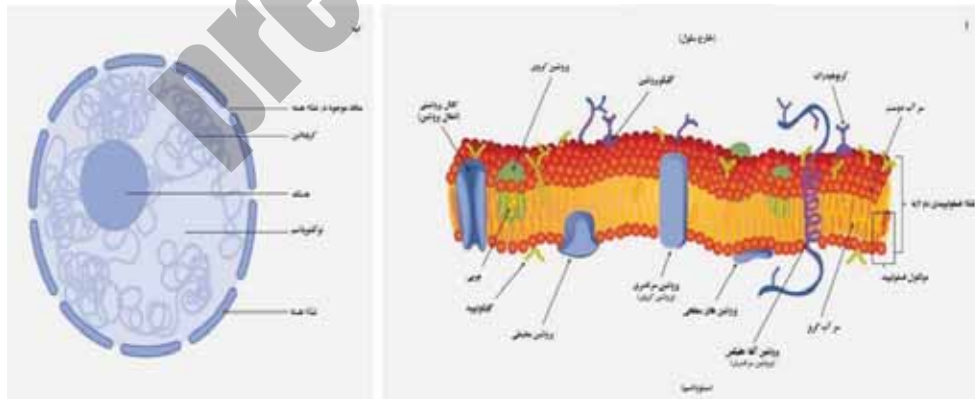
شکل ۴-۱ تصویر شماتیکی آناتومی برش عرضی برگ گیاه خرنهره (*Nerium oleander*) و قسمت‌های مختلف تشکیل دهنده آن.



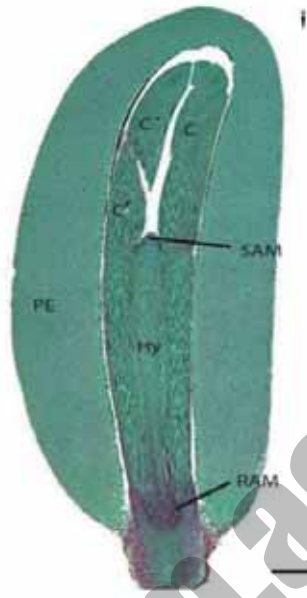
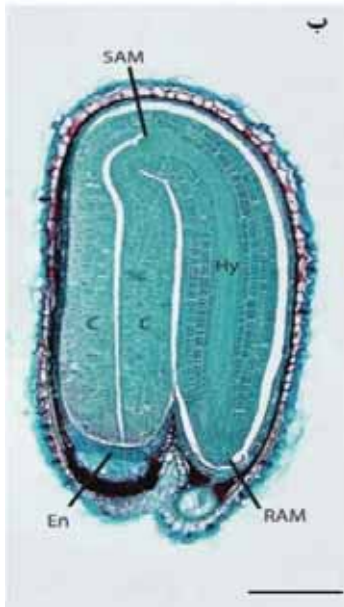
شکل ۵-۱ ساختار اصلی سلول گیاهی (سلول یوکاریوتیک رنگ آمیزی شده). در مورد اندامک‌های اختصاصی در متن توضیح داده شده است.



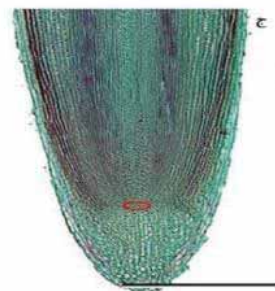
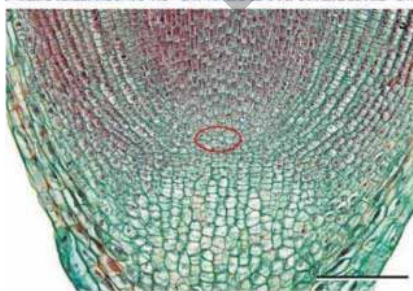
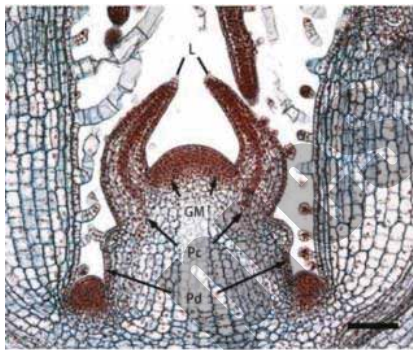
شکل ۱-۹ (أ) کلروپلاست‌های موجود در لایه خارجی میوه فلفل دلمه‌ای سبز (*Capsicum anuum*)؛ نقاط سیاه‌رنگ موجود در داخل هر کلروپلاست نشان‌دهنده گرانها است؛ (ب) سلول‌های میوه فلفل دلمه‌ای قرمز (*Capsicum anuum*) حاوی تعداد زیادی کروموپلاست؛ (ج) تصویر TEM کلروپلاست اسفناج (*Spinacia oleracea*) که در بین واکوئل (V)، دیواره سلولی (CW) و پراکسی‌زوم (P) قرار گرفته است. کلروپلاست شامل: گران (G)، ماده شفاف زمینه‌ای استروما (ST) و دانه نشاسته‌ای (S) است که در آن به‌طور شناور قرار گرفته است؛ (د) تصویر یک گران (G) از کلروپلاست سلول اسفناج (*Spinacia oleracea*) که در آن ۱۵ غشاء تیلاکوئیدی بر روی هر قرار گرفته‌اند و به وسیله تیلاکوئیدهای استرومایی (ST) با سایر گرانها ارتباط برقرار می‌کنند. غشاء دولایه کلروپلاست (CE) و ریبوزمها (R) نیز قابل‌رؤیت هستند (مقیاس ا-ب-ج: ۱۰ μm ؛ د: ۵۰ μm).



شکل ۱۳-۱ (أ) مدل موزاییکی غشاء پلاسمایی دولایه و اجزاء تشکیل‌دهنده آن؛ (ب) ساختار شماتیکی هسته و قسمت‌های مختلف آن در سلول.



شکل ۲-۱ (ا) برش طولی بذر کاج (*Pinus sp.*) مریستم جوانه انتهایی ساقه (SAM) و جوانه انتهایی ریشه (RAM) جنین به ترتیب در قسمت بالایی و پایینی هیپوکوتیل قرار گرفته و چند لپه (C) مریستم جوانه انتهایی ساقه را دربرگرفته است. مواد غذایی مورد استفاده جنین نیز درون آندوسپرم کاذب (PE) نسبتاً بزرگی قرار گرفته است؛ (ب) برش طولی بذر غیر آندوسپرمی کیسه کشیش (*Capsella bursa-pastoris*). مواد غذایی ذخیره شده در آندوسپرم کوچک (En) پس از تجزیه به سمت لپه های بزرگ (C) حرکت می کنند (مقیاس ا: ۵۰۰ μm ؛ ب: ۱۰۰ μm).



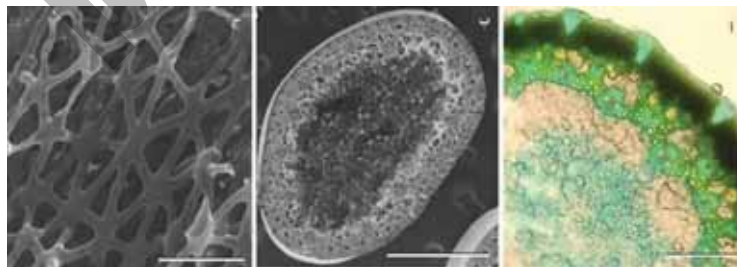
شکل ۲-۲ (ا-ب) برش طولی نوک ساقه حُسن یوسف (*Coleus blumei*) که در (ا) رشته های آوندی بالغ (V) مشاهده می شود و در (ب) محل برگ های اولیه (L)، مریستم زمینه ای (GM)، پروکامبیوم (Pc) و پروتودرم (Pd) نشان داده شده است. برگ های بالغ با کرک ها پوشیده شده است؛ (ج-د) برش طولی نوک ریشه نخود (*Pisum sativum*) که در آن ناحیه Quiescent که محل تلاقی لایه های مختلف هم است، با حلقه قرمز رنگ مشخص شده است (مقیاس ا: ۵۰۰ μm ؛ ب: ۰/۵ μm ؛ ج: ۰/۱ μm ؛ د: ۵۰۰ μm).



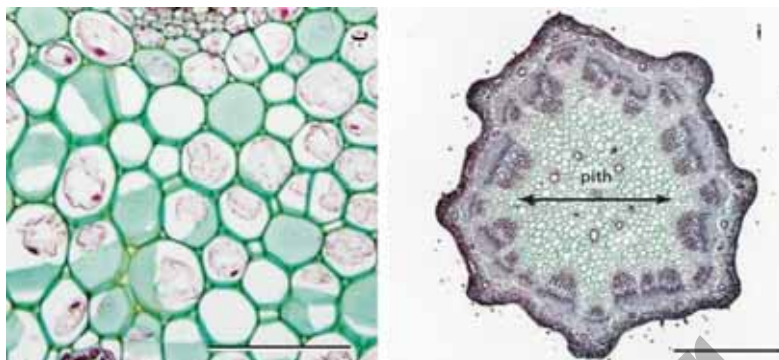
شکل ۲-۳ ساقه گیاه بامبو (*Bambusa sp.*) مریستم میان‌بافتی در محل میان‌گره (In) در فاصله بین دو گره (N) قرار گرفته است، به طوری که در طول میان‌گره ادامه داشته و در محل گره‌ها به اتمام می‌رسد (مقیاس ۱۰ Cm).



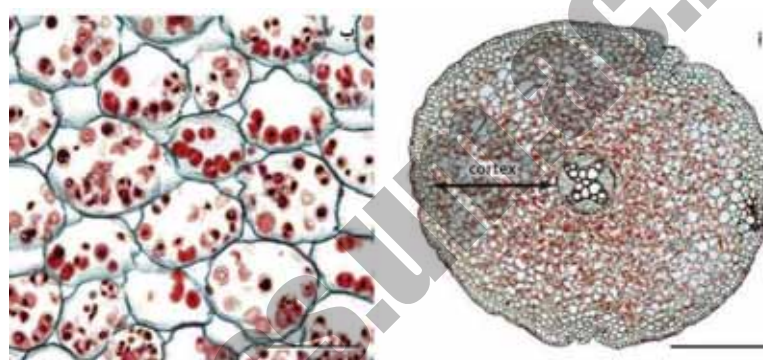
شکل ۲-۴ تصویر شماتیکی محل مریستم میان‌بافتی در چمن‌ها.



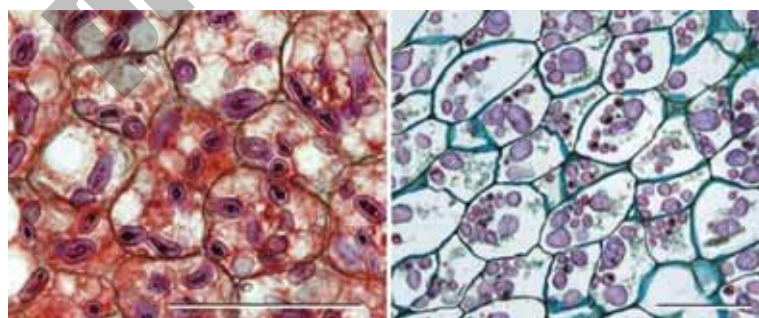
شکل ۲-۶ (A) پاراننشیم هوایی یا آئرنانشیم در مرکز برش عرضی ساقه سازو (*Juncus sp.*)؛ برای مشاهده بخش‌های استحکامی و شبکه ستاره‌ای (در مرکز ساقه) از معرف رنگی سبزی متیل استفاده شده است؛ (B) تصویر SEM برش عرضی ساقه سازو؛ (C) سلول‌های منحصربه‌فرد در بافت پاراننشیم هوایی ساقه سازو شبکه‌ای ستاره‌مانند یا بازودار را ایجاد کرده‌اند (مقیاس A ۵۰۰ μm؛ B ۱ μm؛ C ۱۰۰ μm).



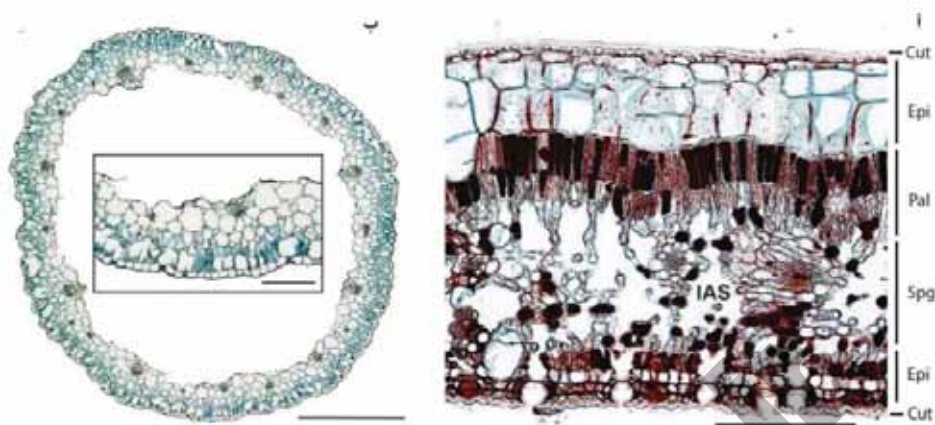
شکل ۲-۱۷) پارانشیم مغزی (Pith) در برش عرضی ساقهٔ برمنه (*Artemisia* sp.)؛ (ب) سلول‌های بافت پارانشیم مغزی ساقه در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند (مقیاس ا ۵۰۰ μm ؛ ب ۵۰ μm).



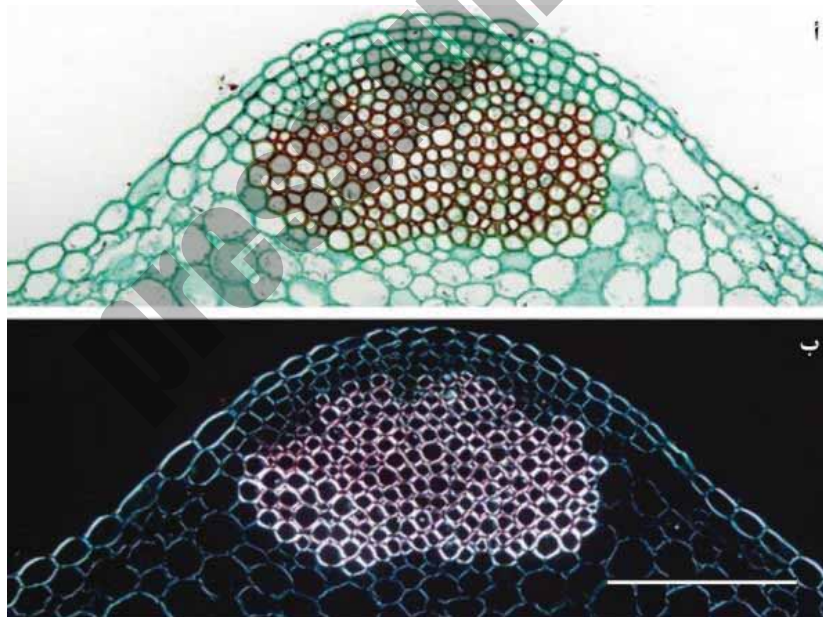
شکل ۲-۱۸) پارانشیم پوستی (Cortex) در ریشهٔ آلاله (*Ranunculus* sp.). دسته‌جات آوندی در مرکز ریشه و اپیدرم در خارجی‌ترین لایه مشاهده می‌شود؛ (ب) دانه‌های فراوان نشاسته (به صورت لکه‌های قرمز رنگ) در سلول‌های پارانشیم پوستی مشاهده می‌شود؛ از این رو، می‌توان آن را پارانشیم ذخیره‌ای نیز نام‌گذاری کرد (مقیاس ا ۵۰۰ μm ؛ ب ۵۰ μm).



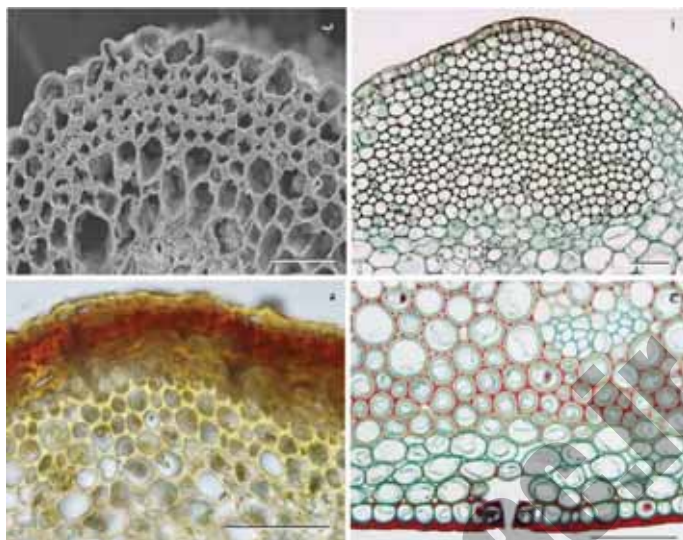
شکل ۲-۹) سلول‌های بافت پارانشیم ذخیره‌ای که بدون فاصله از یکدیگر در کنار هم قرار گرفته‌اند در (ا) غدهٔ سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*)؛ و (ب) بذر لوبیا (*Phaseolus vulgaris*). هر دو نمونه با استفاده از معرف رنگی لوگل جهت مشاهدهٔ دانه‌های نشاسته (به رنگ بنفش) رنگ‌آمیزی شده‌اند (مقیاس ۵۰ μm).



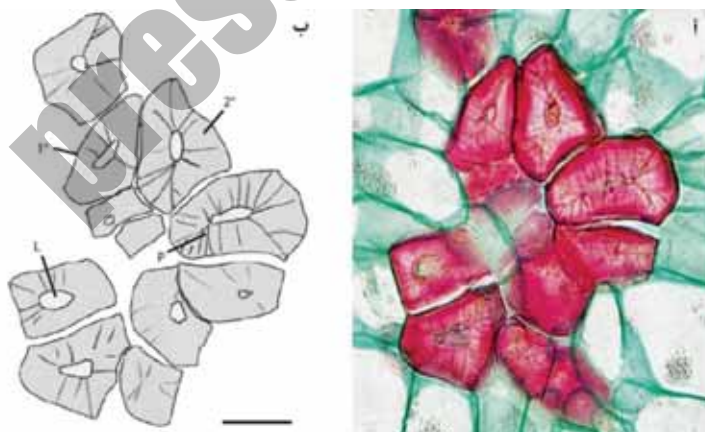
شکل ۲-۱۰ (أ) برش عرضی برگ گیاه دولپه فیکوس (*Ficus sp.*) که در آن اپیدرم بالایی و زیرین چندلایه (Epi)، پارانشیم کلروفیلی نردبانی دولایه (Pal) که با استفاده از معرف به رنگ قرمز دیده می‌شوند، پارانشیم کلروفیلی اسفنجی (Spg) دارای فضاهای بین‌سلولی فراوان (IAS) و لایه ضخیمی از کوتیکول بر روی اپیدرم زیرین قابل مشاهده است؛ (ب) برش عرضی برگ لوله‌ای گیاه تک‌لپه پیاز (*Allium cepa*)، اپیدرم بالایی برگ و پارانشیم کلروفیلی اسفنجی در زیر آن نیز قابل مشاهده است (۱ mm)؛ بخشی از برش عرضی برگ، بدون اپیدرم بالایی در داخل تصویر قرار گرفته است (مقیاس أ ۵۰ μm ؛ ب ۰/۲۵ mm).



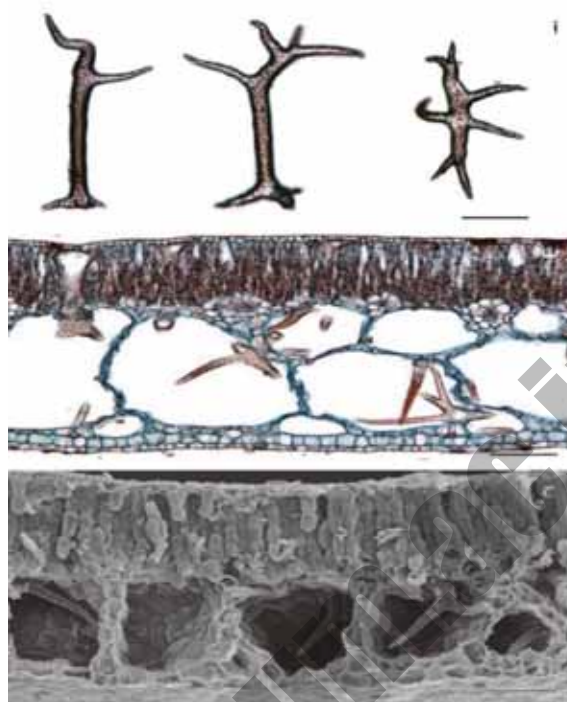
شکل ۲-۱۱ سلول‌های بافت کلانشیم در برش عرضی دم‌برگ هویج (*Daucus carota*) که در (أ) با میکروسکوپ نوری و در (ب) با میکروسکوپ قطبی تصویربرداری شده است (مقیاس ۱۰۰ μm).



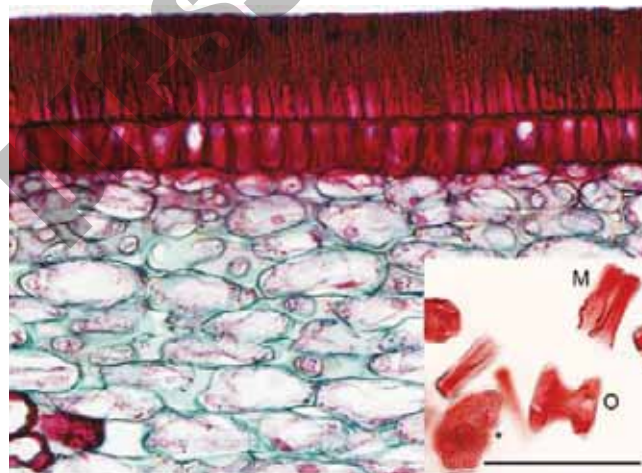
شکل ۲-۱۲) سلول‌های بافت کلانشیم در برش عرضی دمبرگ کرفس (*Apium* sp.) که موجب زاویه‌دار شدن دمبرگ شده است. ضخامت دیواره سلولی در سلول‌های بافت کلانشیم باعث ظاهر چندوجهی سلول‌ها نسبت به بافت پارانشیمی شده است؛ (ب) تصویر SEM دمبرگ ریواس (*Rheum rhabarbarum*) که مقادیر فراوان کلانشیم در زوایای دمبرگ را به خوبی نشان می‌دهد؛ (ج) تجمع سلول‌های کلانشیم در قسمت پوست برش عرضی ساقه جوان سوسن (*Lilium* sp.) که با استفاده از معرف رنگ‌آمیزی به رنگ قرمز مشاهده می‌شوند. سلول‌های روزنه و لایه مومی که اپیدرم ساقه را فراگرفته است نیز مشاهده می‌شوند؛ (د) سلول‌های بافت کلانشیم حلقوی در برش عرضی ساقه گل‌کاغذی (*Bougainvillea glabra*) که با استفاده از معرف رنگ‌آمیزی فلوروگلو سینول به رنگ طلایی دیده می‌شوند. فواصل بین سلولی در بافت کلانشیم بسیار کم است و یا وجود ندارد (مقیاس ۱۰۰ μm)؛ (ج-۵۰ μm).



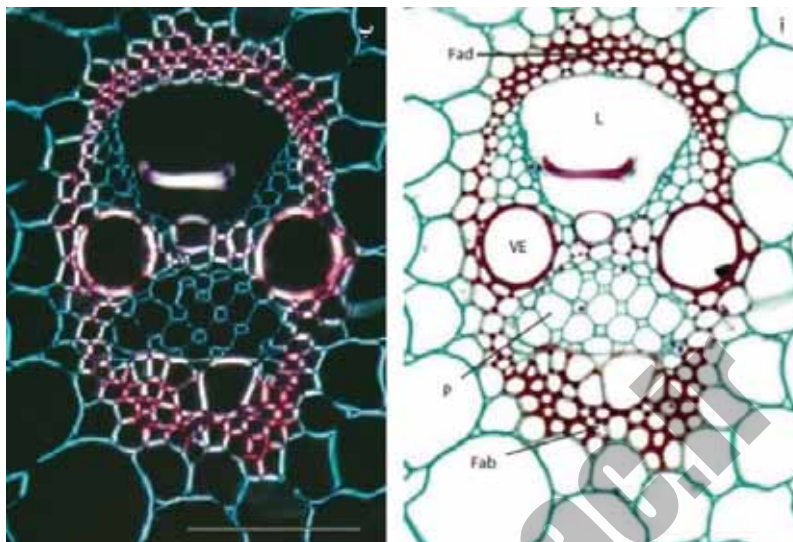
شکل ۲-۱۳) براکی اسکرتیدها در میوه تازه گلابی (*Pyrus communis*) که با استفاده از معرف رنگ‌آمیزی فلوروگلو سینول به رنگ قرمز مشاهده می‌شوند و نشان‌دهنده وجود مقادیر زیاد لیگنین در دیواره آنان است که به وسیله بافت نرم میوه گلابی (بخش سبزرنگ) احاطه شده است؛ (ب) تصویر شماتیکی براکی اسکرتیدها که در آن ۱°-دیواره سلولی اولیه، ۲°-دیواره سلولی ثانویه، P-انتشعابات و L-لومن سلولی (حفره خالی) است (مقیاس ۵۰ μm).



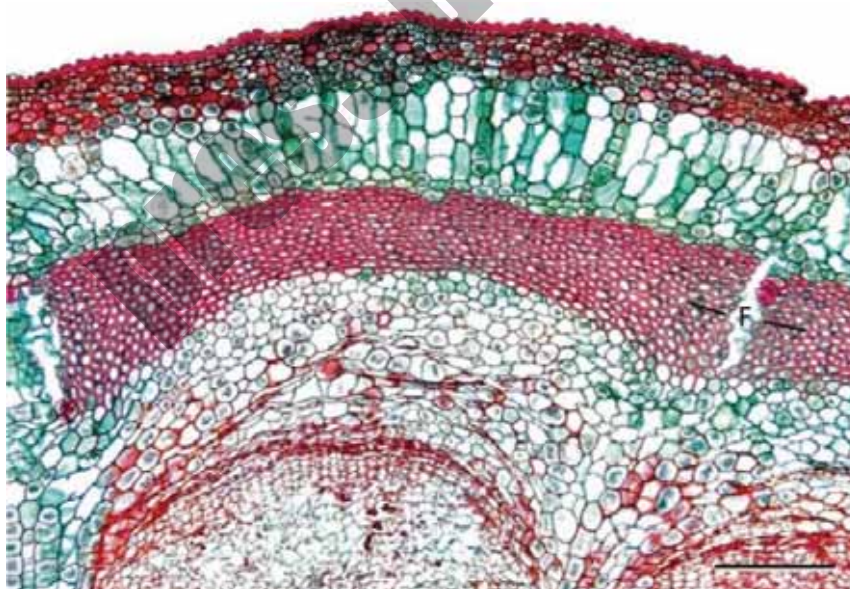
شکل ۲-۱۵ نمای آسترواسکرئیدها در برش عرضی برگ سوسن آبی آمریکایی (*Nymphaea odorata*) رنگ آمیزی شده با معرف رنگی و تصویربرداری با میکروسکوپ نوری (ا-ب) و تصویر SEM (ج) (مقیاس ا ۵۰ μm ؛ ب ج ۱۰۰ μm).



شکل ۲-۱۶ پوشش بذر دانه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) که در آن ماکرواسکرئیدها در خارجی ترین لایه و استئواسکرئیدها در لایه داخلی قرار دارند. ماکرواسکرئیدها (M) و استئواسکرئیدها (O) جدا شده از دانه خیس شده ماش (*Vicia faba*) نیز در قسمت پایین تصویر قرار داده شده است، به طوری که مجموعه‌ای از ماکرواسکرئیدها در سمت چپ تصویر نیز مشاهده می‌شوند (مقیاس ۵۰ μm).



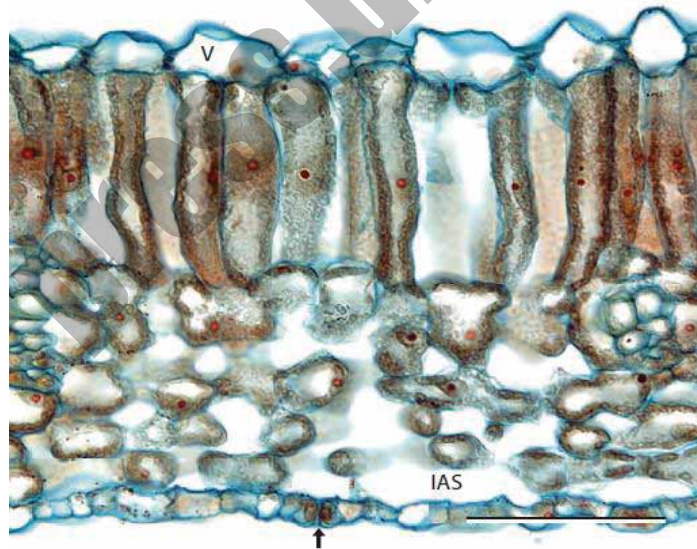
شکل ۲-۱۷) تصویر میکروسکوپ نوری از دسته‌جات فیبر اطراف ناحیه آوندی در برش عرضی ساقه جوان ذرت (*Zea mays*) که با استفاده از معرف رنگ آمیزی به رنگ قرمز تیره مشاهده می‌شوند؛ دسته‌جات فیبر (Fab-Fad)، عناصر آوند چوبی (VE)، آوندهای آبکش (P) و فضاهای خالی موجود در بین آوندها (L) نیز در تصویر دیده می‌شوند؛ ب) تصویر میکروسکوپ قطبی از همان برش عرضی (مقیاس ۵۰ μm).



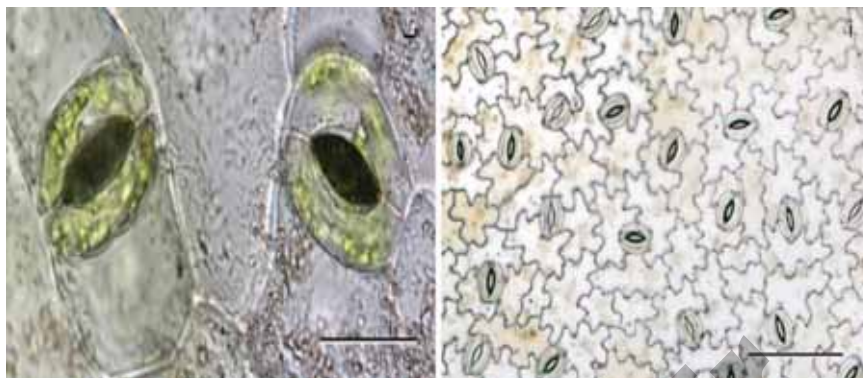
شکل ۲-۱۸) دسته‌جات گسترده فیبر (F) در برش عرضی ساقه پیپ هلندی دوساله (*Aristolochia sp.*) که در رنگ آمیزی با معرف‌های رنگی به رنگ قرمز مشاهده می‌شود (مقیاس ۱۰۰ μm).



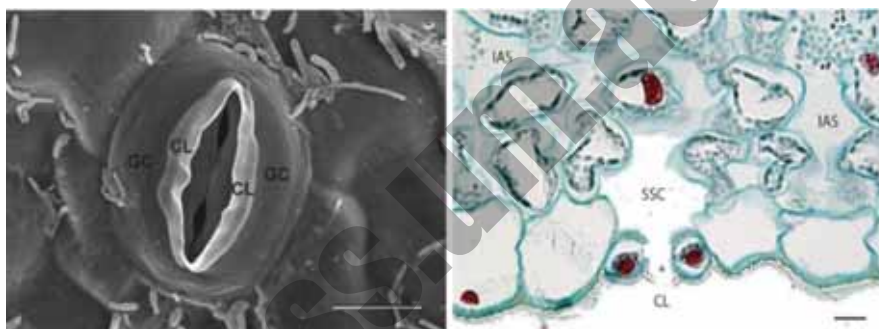
شکل ۲-۱۹ (أ) برش عرضی ساقه شاهدانه (*Cannabis sativa*) رنگ‌آمیزی‌شده با معرف‌های رنگی که دسته‌جات فیبر در ناحیه پوست ساقه به رنگ سبز و با دیواره‌های سلولزی بسیار ضخیم (و نه لیگنینی) مشاهده می‌شوند (مقیاس $100 \mu\text{m}$): (ب) مزرعه کشت شاهدانه.



شکل ۲-۲۰ اپیدرم یک‌لایه در قسمت بالایی و زیرین برش عرضی برگ سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*); واکوئل بزرگ (V) در سلول‌های اپیدرم بالایی، فضاها بین سلولی مزوفیل اسفنجی (IAS) و سلول‌های نگهبان روزنه (نوک پیکان) نیز قابل مشاهده هستند (مقیاس $50 \mu\text{m}$).



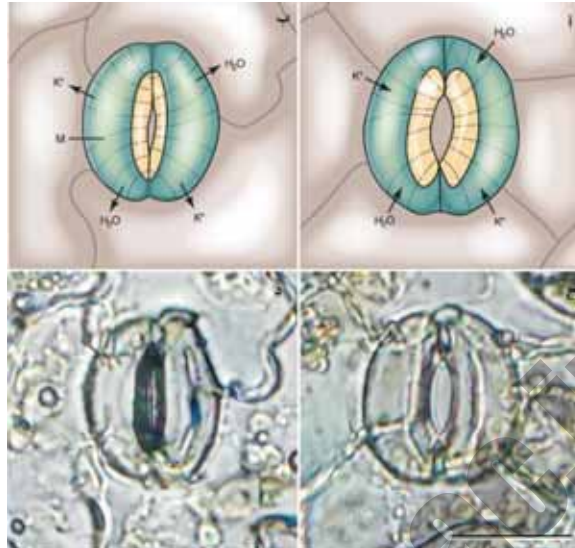
شکل ۲-۲۵ (ا) نمای کلی از سلول‌های روزنه، روزنه‌ها و سلول‌های اپیدرم بالایی سرخارگل (*Echinacea purpurea*)؛ سلول‌های روزنه، دو سلول لوبیایی شکل هستند که از سمت مقعر روبه‌روی هم قرار گرفته‌اند و تبادلات اکسیژن و دی‌اکسیدکربن بین داخل گیاه و محیط خارج را آسان می‌کنند؛ (ب) دو سلول لوبیایی شکل روزنه و روزنه‌های باز در اپیدرم بالایی برگ هوستا (*Hosta* sp.)؛ دانه‌های کلروپلاست در داخل سلول‌های نگهبان روزنه مشاهده می‌شوند (مقیاس ا ۱۰۰ μm؛ ب ۲۵ μm).



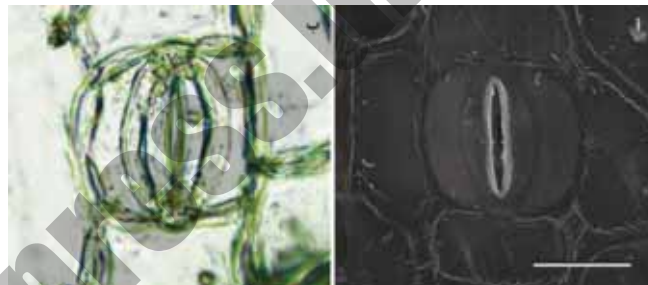
شکل ۲-۲۶ (ا) برش عرضی برگ کتان (*Linum* sp.) که در آن دو سلول روزنه، اتاقک زیر روزنه (SSC)، محفظه روزنه (*)، فضاهای بین‌سلولی بافت مزوفیل اسفنجی (IAS) و برآمدگی‌های لایه کوتیکولی (CL) مشاهده می‌شوند؛ (ب) تصویر SEM دو سلول روزنه در اپیدرم برگ پیچک باغی (*Glechoma hederacea*) و برآمدگی‌های لایه کوتیکولی (CL)، باکتری‌های میله‌ای نیز در سطح اپیدرم مشاهده می‌شوند (مقیاس ۱۰ μm).



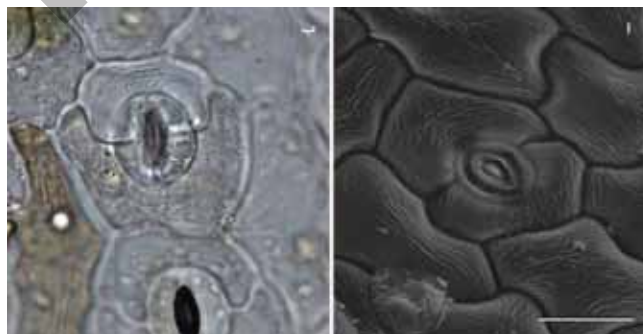
شکل ۲-۲۷ (ب) سلول‌های روزنه دمبلی‌شکل در برگ ذرت (*Zea mays*) (مقیاس ۲۵ μm).



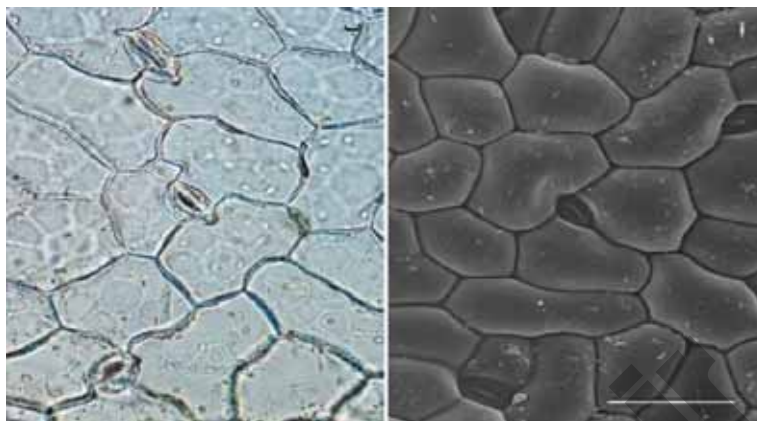
شکل ۲-۲۸ (أ) تصویر شماتیکی روزنه باز (ورود یون پتاسیم به داخل سلول‌های نگهبان روزنه و به دنبال آن، ورود آب که منجر به تورژسانس سلول‌های لوبیایی شکل روزنه و باز شدن منفذ می‌شود)؛ (ب) روزنه بسته (خروج یون پتاسیم از داخل سلول‌های روزنه و به دنبال آن، خروج آب که منجر به پلاسمولیز سلول‌های روزنه و بسته شدن منفذ می‌شود)؛ (ج) روزنه باز؛ و (د) روزنه بسته در اپیدرم برگ سرخارگل (*Echinacea purpurea*) (مقیاس ۲۵ μm).



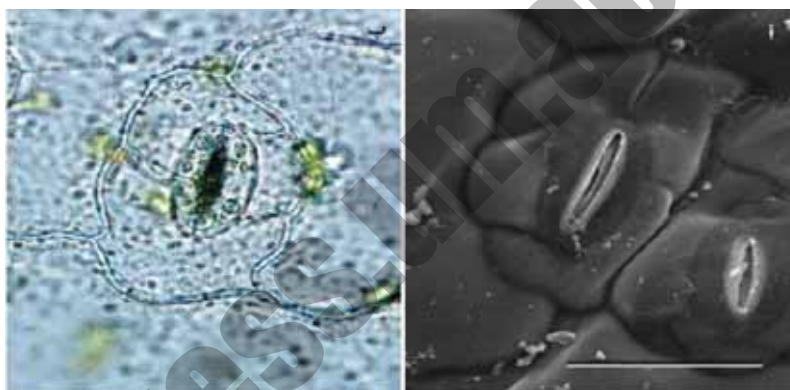
شکل ۲-۲۹-أ (ب) روزنه پارسینتیک برگ سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*)؛ سلول‌های همراه موازی با سلول‌های روزنه (مقیاس ۲۵ μm).



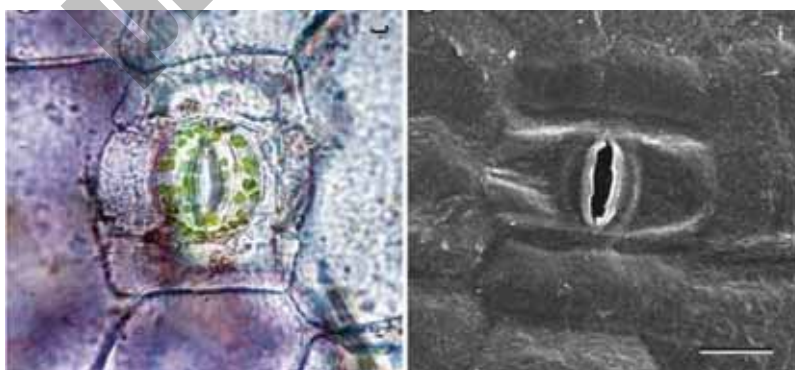
شکل ۲-۳۰-أ (ب) روزنه دیاسینتیک برگ هویج (*Daucus carota*)؛ سلول‌های همراه عمود بر جدار سلول‌های روزنه (مقیاس ۲۵ μm).



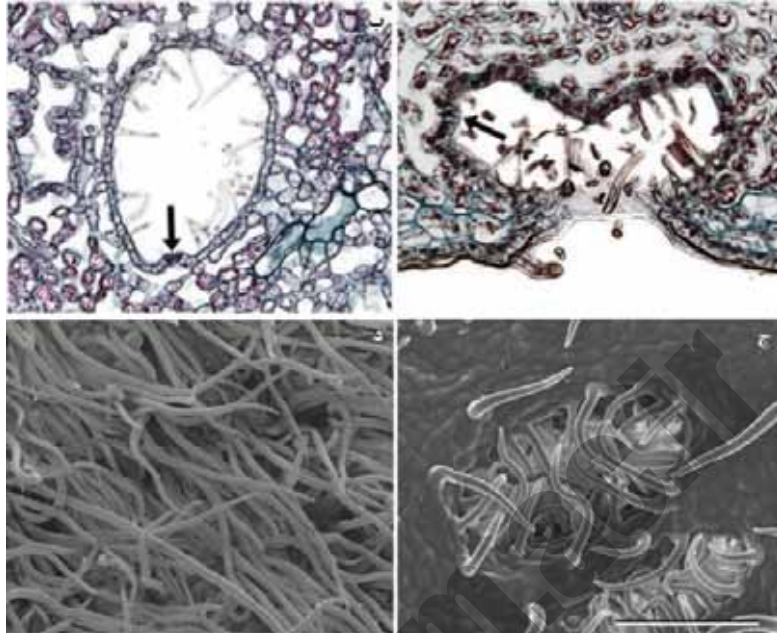
شکل ۲-۳۱-ا (ب) روزنه تریاسیتیک برگ تاج خروس دمروباهی (*Amaranthus caudatus*): سه سلول همراه اطراف سلول‌های روزنه را فراگرفته‌اند (مقیاس ۵۰ μm).



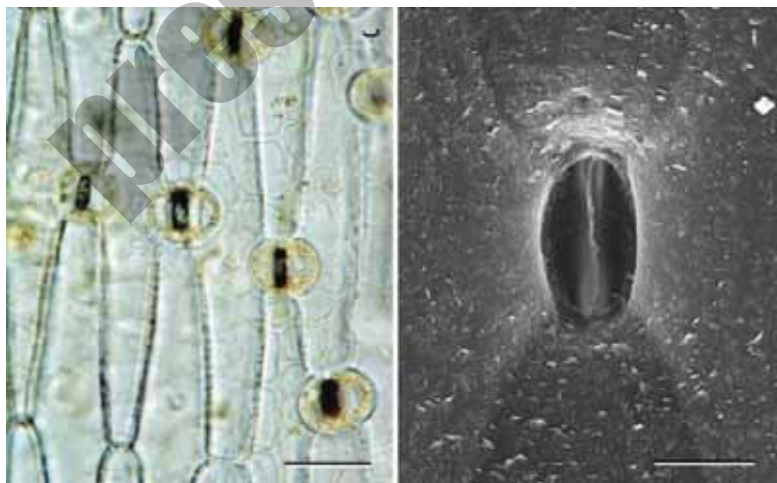
شکل ۲-۳۲-ا (ب) روزنه آنیزوسیتیک برگ گل‌ناز (*Sedum spectabile*). یکی از سلول‌های همراه سلول‌های روزنه از دو سلول دیگر کوچک‌تر است (مقیاس ۵۰ μm).



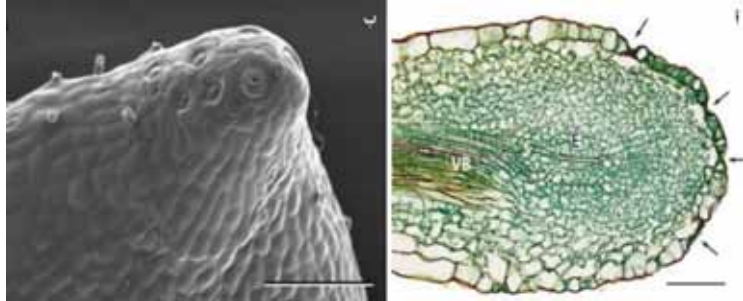
شکل ۲-۳۳-ا (ب) روزنه تتراسیتیک برگ موسی‌درگهواره (*Tradescantia spathacea*). چهار سلول همراه اطراف سلول‌های روزنه را فراگرفته‌اند. رنگ‌دانه‌های بنفش آنتوسیانین نیز در سلول‌های اپیدرمی تصویر ب مشاهده می‌شوند (مقیاس ۲۵ μm).



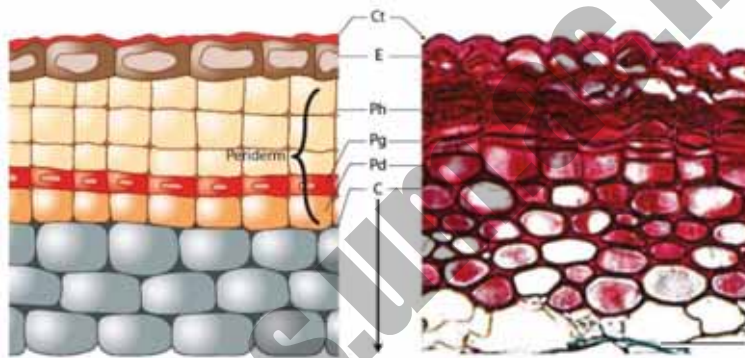
شکل ۲-۳۶) برش عرضی برگ خرزهره (*Nerium oleander*) که در آن اپیدرم تحتانی با سلول‌های متراکم و محفظه کریپت، (نوک پیکان روزنه را نمایش می‌دهد) مشاهده می‌شود؛ (ب) نمایش دیگری از ساختار کریپت در برگ خرزهره؛ لایه متراکم اپیدرم و بافت مزوفیل اسفنجی که کریپت را فراگرفته است، نیز مشاهده می‌شود؛ (ج) تصویر SEM از سطح زیرین برگ خرزهره؛ کرک‌های فراوانی سطح کریپت را به خوبی پوشانده‌اند؛ (د) تصویر SEM برگ سنجد (*Elaeagnus angustifolia*)؛ کرک‌های موم‌مانند متراکی سطح روزنه‌ها را پوشانده است، به طوری که قابل مشاهده نیستند (مقیاس $100 \mu\text{m}$).



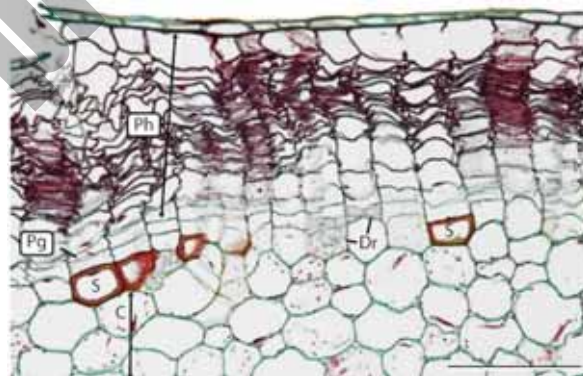
شکل ۳-۳۷-ا) روزنه در برگ زنبق (*Iris domestica* sp.)؛ سلول‌های همراه پاراستیک اطراف سلول‌های روزنه مشاهده می‌شوند (مقیاس ا $10 \mu\text{m}$ ؛ ب $50 \mu\text{m}$).



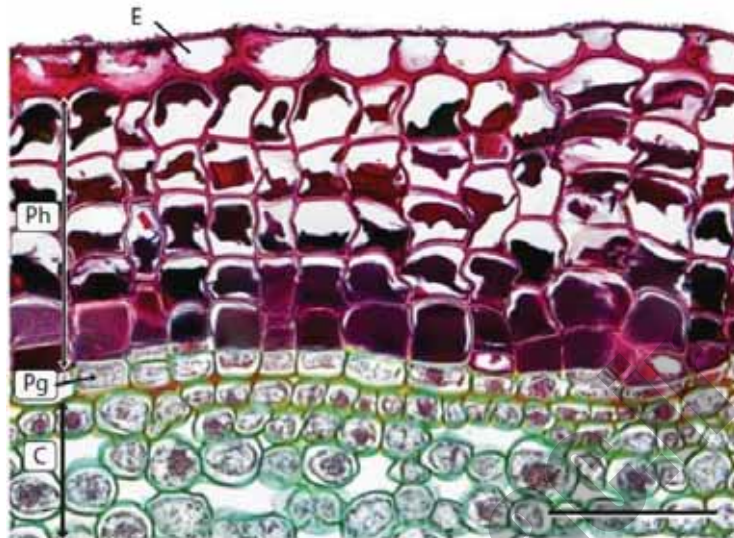
شکل ۲-۱۳۸) حاشیه انتهای برگ کلم (*Brassica oleracea*)؛ اپیتم (E) در بافت هیداتود، بافت مزوفیل و روزنه‌های باز (نوک پیکان‌ها) به خوبی مشاهده می‌شوند. آب از غلاف آوندی (VB) تأمین می‌شود؛ ب) تصویر SEM بافت هیداتود در نوک برگ گل‌داوودی (*Chrysanthemum* sp.) که چندین روزنه باز را نشان می‌دهد (مقیاس A $250 \mu\text{m}$ ؛ B $200 \mu\text{m}$).



شکل ۲-۴۰) سطح خارجی برش عرضی ساقه زیرفون یکساله آمریکایی (*Tilia americana*) رنگ آمیزی شده با معرف رنگی و تصویر شماتیکی آن. پریدرم نسبت به کوتیکول (Ct) و اپیدرم (E) توسعه بیشتری یافته است. فلم (Ph) به مقدار قابل توجهی سوبرینی شده است. لایه مریستمی فلورن (Pg) با تقسیمات پری‌کلینال به سمت بیرون فلم و به سمت داخل، یک لایه فلودرم (Pd) با سلول‌های تقریباً بزرگ را تولید می‌کند. آخرین لایه پوست (C) از فلودرم متمایز است، اما اندکی سوبرینی شده است (مقیاس $25 \mu\text{m}$).



شکل ۲-۴۱) توسعه فلم (Ph) در برش عرضی ساقه شمعدانی (*Pelargonium* sp.). فلورن (Pg) سازمان یافته نیست و از لایه‌های بالایی و تحتانی خود نیز به خوبی قابل تشخیص نیست. سلول‌های فلم مرده‌اند و آخرین لایه به علت رشد ساقه له شده است. بعضی از سلول‌های فلودرم اسکلتی و در بعضی دیگر کریستال (Dr) تشکیل شده است. پوست (C) نیز قابل مشاهده است (مقیاس $100 \mu\text{m}$).



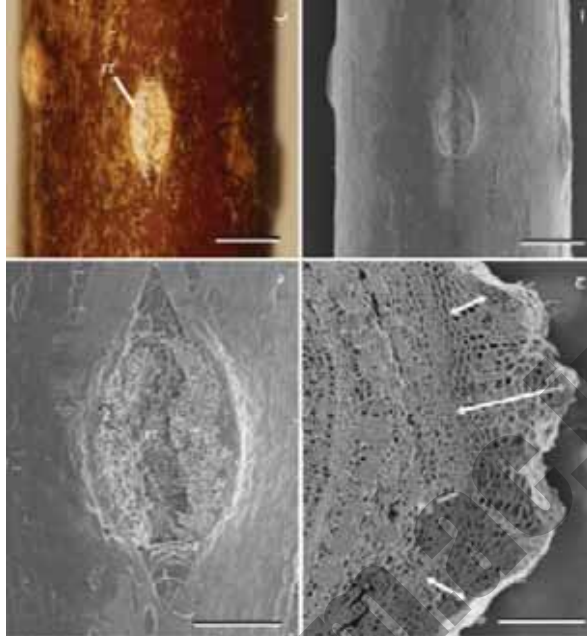
شکل ۲-۴۲ پریدرم در ساقه آقطی سنپاه (*Sambucus sp.*) دارای یک لایه اپیدرم (E) و ۵ تا ۶ لایه فلم (Ph) تولیدشده از فلورن (Pg) است؛ فلورم تشکیل نشده است. تمام سلول‌های اپیدرم و پریدرم سوبرینی شده و فضای بین سلولی مشاهده نمی‌شود. در بیشتر سلول‌های فلم تانن تشکیل شده است (مقیاس ۵۰ μm).



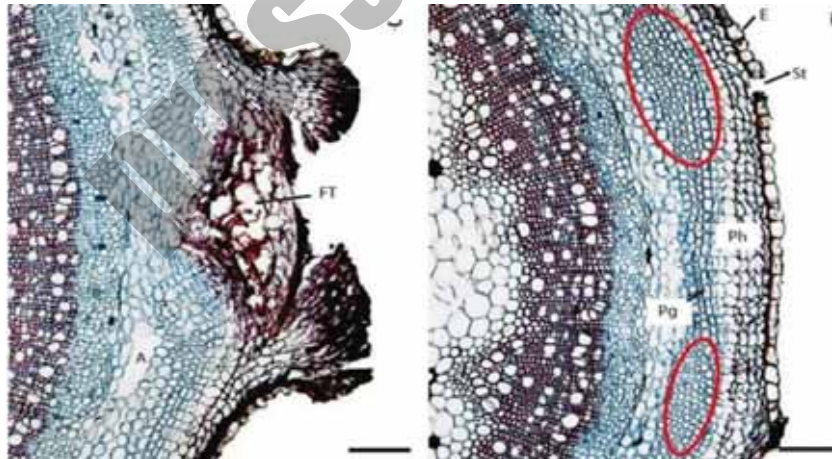
شکل ۲-۴۴ برش عرضی ریتیدوم در مو (*Vitis sp.*) آوند چوب (X) به صورت شیارهای حلقوی بزرگی در داخلی‌ترین قسمت ساقه مشاهده می‌شود. به سمت خارج چهار لایه آوند آبکش (CP) به وسیله سه لایه فیبرهای فلورن (F) احاطه شده است. کامبیوم آوندی که در تصویر مشخص نشده است نیز، بین آوند چوب و اولین لایه آوند آبکش قرار دارد. پریدرم (Pd) به صورت نواری بی‌رنگ و به سمت خارج مشاهده می‌شود که با نوارهای سیاه‌رنگی منقطع شده است (سلول‌های چوب‌پنبه‌ای). سلول‌های مرده خارجی‌ترین لایه پریدرم، ریتیدوم (Rh) را تشکیل می‌دهند. آبکش‌های بین لایه‌ها (اشعه آبکشی) حاصل از فعالیت کامبیوم فلورن با PR مشخص شده است (مقیاس ۱۰۰ μm).



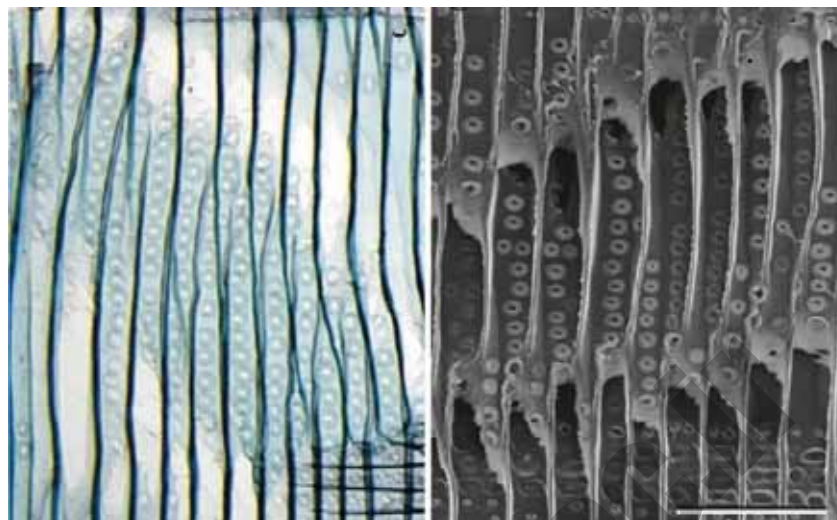
شکل ۲-۴ ساختار پوست در درختان: ا-ب) کاج سفید (*Pinus strobus*)؛ ج-د) زبان گنجشک (*Fraxinus pennsylvanica*)؛ ه-و) سپیدار (*Populus grandidentata*)؛ ز-ح) بلوط سفید (*Quercus alba*) (مقیاس در برش‌های عرضی $100\ \mu\text{m}$ و در تصاویر پوست درختان ۵ Cm).



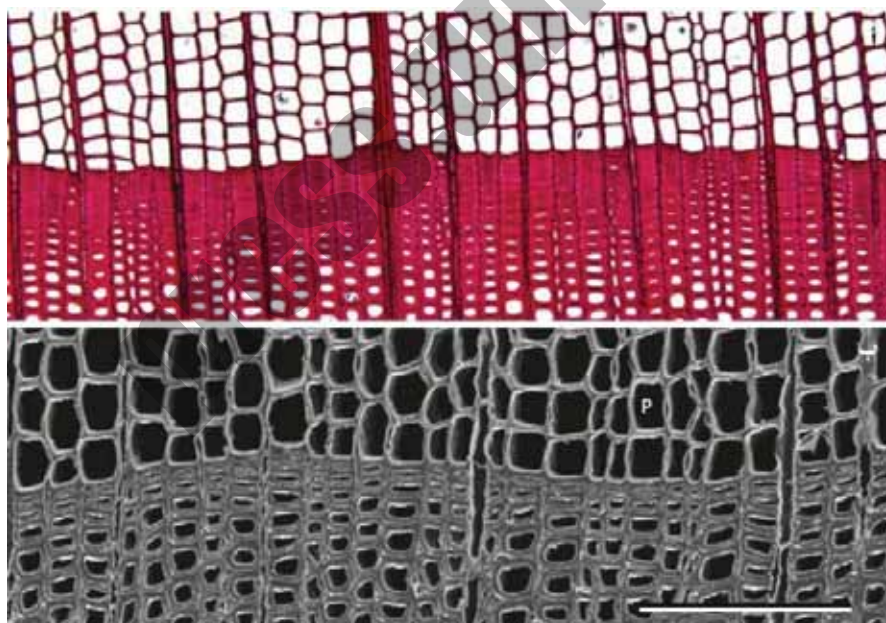
شکل ۲-۴۵ چهار نمای مختلف از عدسک‌های ساقهٔ درخت ارغوان ژاپنی (*Cercidiphyllum japonicum*): (ا) تصویر SEM عدسک در پوستهٔ درخت؛ (ب) تصویر عدسک تهیه‌شده با میکروسکوپ نوری؛ (ج) تصویر SEM از برش عرضی عدسک. فلم در بافت پُرکننده (FT) (پیکان‌های دو طرفه) از فلورن (Pg) سطح ساقه توسعه یافته است؛ (د) تصویر SEM پارگی اپیدرم و پریدرم در اثر توسعه و رشد عدسک (مقیاس ا-ب ۵۰۰ μm ؛ ج-د ۲۵۰ μm).



شکل ۲-۴۶ (ا) ساختار عدسک و چگونگی توسعهٔ آن در پریدرم ساقهٔ آقطی (*Sambucus canadensis*)؛ مراحل اولیهٔ تشکیل دو عدسک نمایش داده شده است. عدسک با تخریب روزنه (St) و توسعهٔ سلول‌های بافت پاراننشیمی (حلقه‌های قرمز رنگ) پوست ایجاد می‌شود. عدسک در حال توسعه دیگری نیز در پایین تصویر مشاهده می‌شود. فلم (Ph) با ایجاد فشار به بافت اپیدرم (E) باعث تورم آن می‌شود؛ (ب) عدسک بالغ موجب تخریب سطح ساقه شده و سلول‌های مردهٔ فراوانی این پارگی را پُر کرده‌اند. فضاهای خالی (A) نیز در پوست شکل می‌گیرد (مقیاس ۱۰۰ μm).



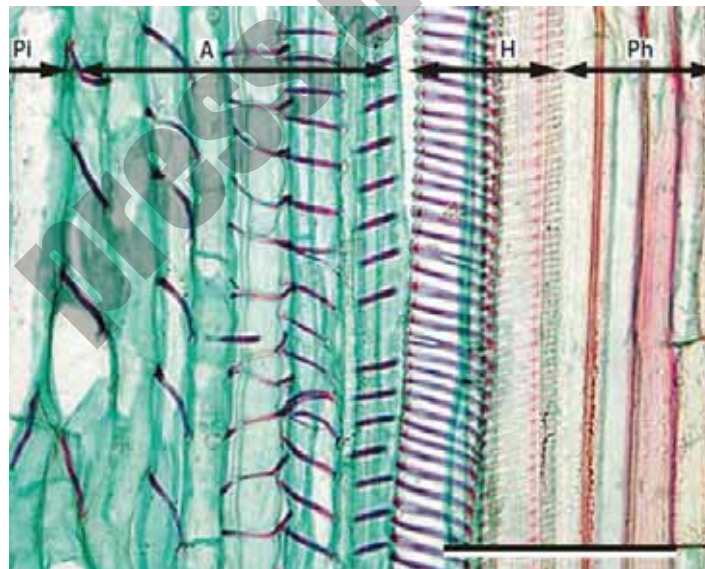
شکل ۲-۴۸ انتهای باریک تراکئیدها در برش شعاعی تنه درخت: (ا) سکویا (*Sequoia sempervirens*)؛ و (ب) کاج (*Pinus sp.*)؛ تعداد و آرایش منافذ موجود در دیواره سلولی نمایش داده شده است (مقیاس $100 \mu\text{m}$).



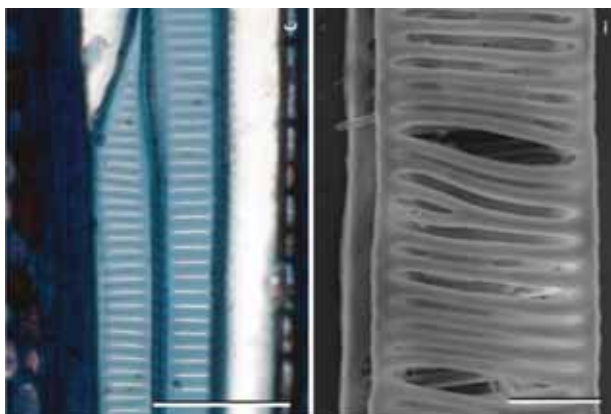
شکل ۲-۴۹ حلقه‌های رشد فصلی در برش عرضی ساقه: (ا) صنوبر نروژی (*Picea abies*)؛ (ب) کاج (*Pinus sp.*)؛ تراکئیدهای چوب اولیه (بخش بالایی در هر دو تصویر) دارای قطر دهانه بزرگتر و دیواره‌های نازک‌تری هستند، درحالی‌که تراکئیدهای چوب ثانویه (بخش پایینی در هر دو تصویر) دارای قطر دهانه کوچکتر، اما دیواره‌های ضخیم‌تری هستند (یکی از منافذ با P نمایش داده شده است) (مقیاس $200 \mu\text{m}$).



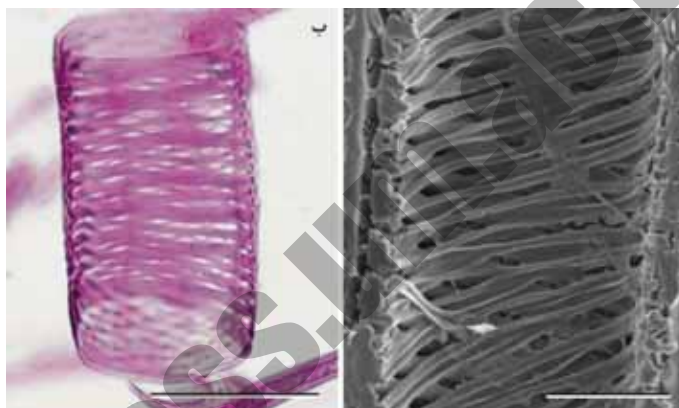
شکل ۲-۵۰ الگوی منافذ در دیواره عناصر تراکنیدی بسته: (أ) فیبرهای لیفی در مو (*Vitis* sp.) با منافذ ساده؛ (ب) تراکنیدهای فیبری در افرای قرمز (*Acer rubrum*) با منافذی کم تعداد و دهانه‌های شکاف‌مانند؛ (ج) تراکنیدهای *Drimys* عناصر آوندی اولیه در نهان‌دانگان؛ دیواره‌های سلولی تعداد زیادی منفذ دایره‌ای دارد (مقیاس ۱۰ μm).



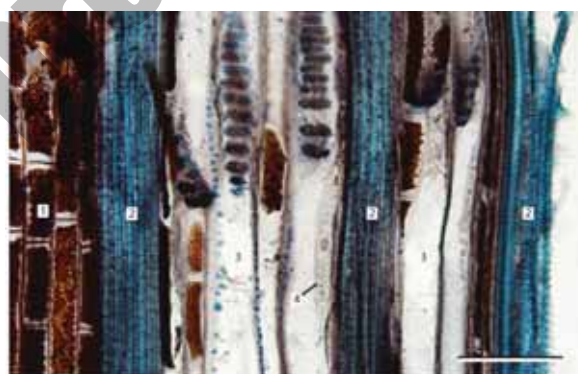
شکل ۲-۵۳ تزئینات حلقوی و مارپیچی آوندهای چوبی در برش طولی ساقه شاهدانه (*Cannabis sativa*). رشد اولیه منفذ (Pi) در سمت چپ تصویر، ۵ آوند چوبی (که از عناصر آوندی ایجاد شده‌اند) با تزئینات حلقوی بر روی دیواره (A)، ۲ آوند چوبی با تزئینات مارپیچی (H) و آوند آبکش (Ph) در سمت راست تصویر نمایش داده شده است. دورترین آوندهای چوبی را که در مجاورت منفذ هستند، پروتوزایلم می‌نامند (مقیاس ۵۰ μm).



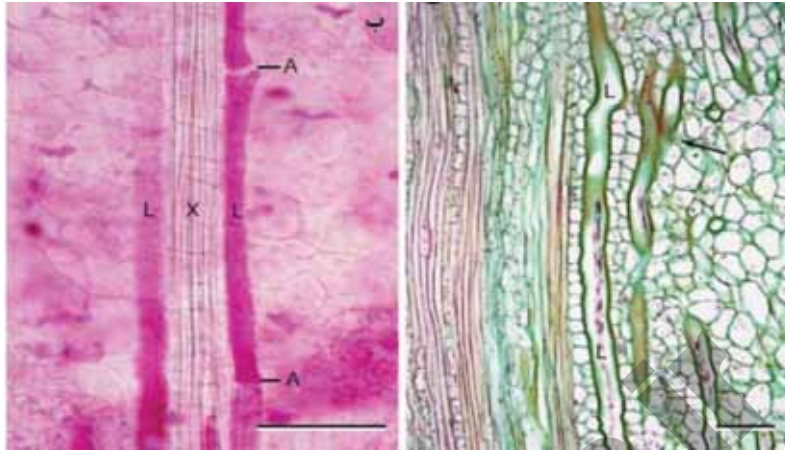
شکل ۲-۵۴ تزئینات زردبانی دیواره عناصر آوند چوبی در ساقه مو (*Vitis* sp.): (ا) تصویر SEM؛ (ب) تصویر میکروسکوپ نوری (مقیاس ا ۱۰ μm ؛ ب ۵۰ μm).



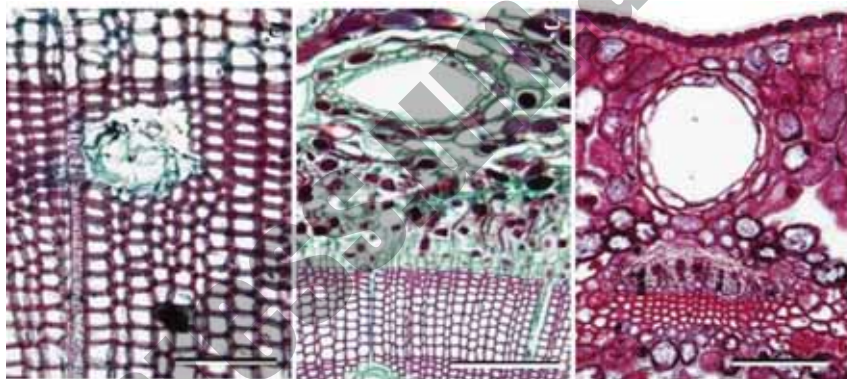
شکل ۲-۵۵ تزئینات مشبک دیواره عناصر آوند چوبی در (ا) درخت لوکاست (*Gleditsia triacanthos*): (ب) *Aristolochia* sp. (مقیاس ا ۲۰ μm ؛ ب ۵۰ μm).



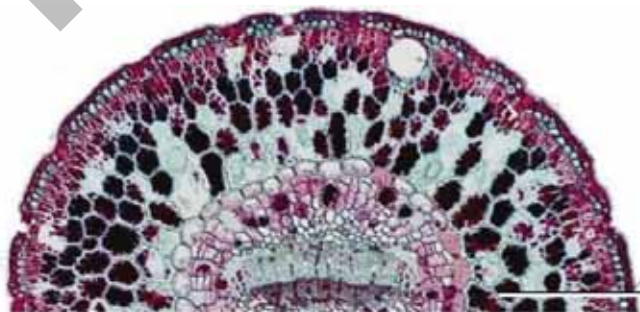
شکل ۲-۵۸ بافت آوندی آبکش در مو (*Vitis* sp.) که ارتباط میان چهار نوع سلول را نشان می‌دهد. پاراننشیم آبکشی (۱) که به دلیل وجود مقادیر زیاد تانن پس از رنگ آمیزی به رنگ سیاه مشاهده می‌شود، فیبر (۲) به رنگ آبی، عناصر صفحه غربالی (۳) با انتهای باریک و کشیده به سمت سلول‌های همراه و سلول‌های همراه (۴) با هسته و سیتوپلاسم متراکم. سلول‌های همراه به نسبت عناصر صفحات غربالی اندازه بسیار کوچکتری دارند (مقیاس ۵۰ μm).



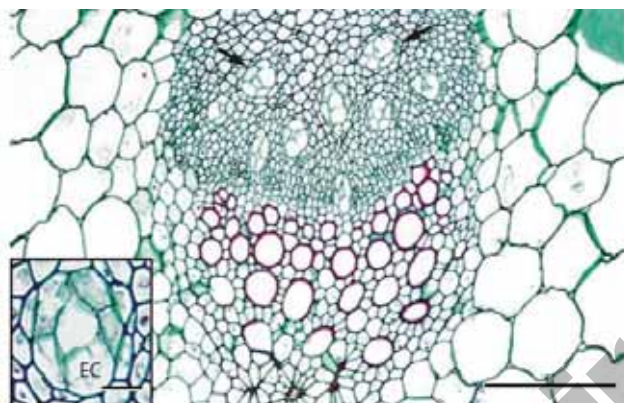
شکل ۲-۶۱ لوله‌های ترشحی شیرابه‌ای (L) در (أ) برش طولی ساقه *Euphorbia* sp. که تشکیل لوله جدید در بافت ساقه با نوک پیکان مشخص شده است؛ (ب) در برگ موز (*Musa* sp.)؛ دو لوله شیرابه‌ای (L) در دو طرف آوند چوبی (X) قرار گرفته‌اند. محصل اتصال سلول‌های لوله شیرابه‌ای با A مشخص شده است (مقیاس أ ۱۰۰ μm ؛ ب ۵۰ μm).



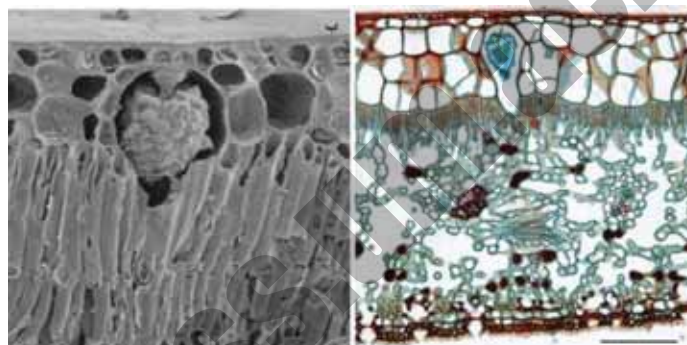
شکل ۲-۶۲ مجاری رزین در برش عرضی: (أ) برگ *Juniperus virginiana*؛ (ب) ساقه کاج قرمز (*Pinus resinosa*)؛ (ج) ساقه کاج کوهی (*Pinus contorta*) (مقیاس أ-ج ۵۰ μm ؛ ب ۱۰۰ μm).



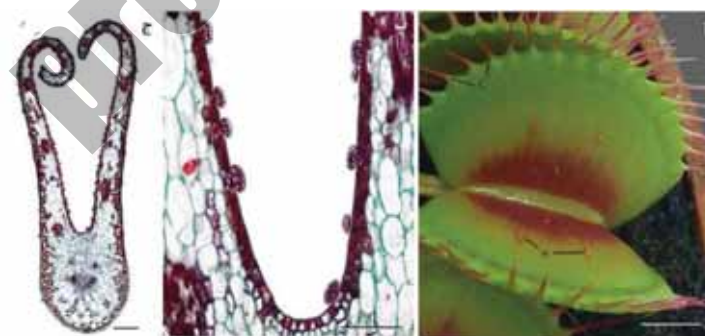
شکل ۲-۶۳ برش عرضی برگ کاج (*Pinus monophylla*) با سلول‌های بسیار بزرگ حاوی تانن. یک مجرای عبور تانن نیز در نزدیکی بافت اپیدرم مشاهده می‌شود (مقیاس ۲۵۰ μm).



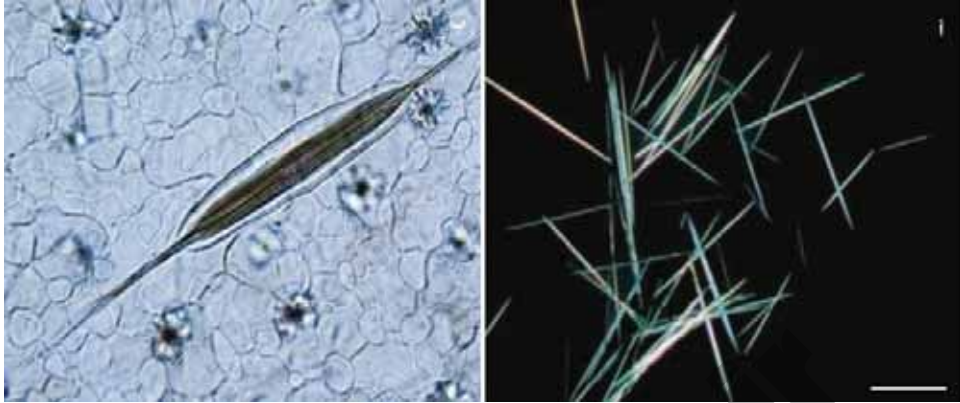
شکل ۲-۶۴ نمایش دسته‌جات آوندی در برش عرضی دم‌برگ کرفس (*Apium graveolens*): تعدادی مجرای ترش‌چی با نوک پیکان مشخص شده است. هر مجرای ترش‌چی ($10\ \mu\text{m}$) را سلول‌های دارای واکوئل‌های بزرگ احاطه کرده است (مقیاس $100\ \mu\text{m}$).



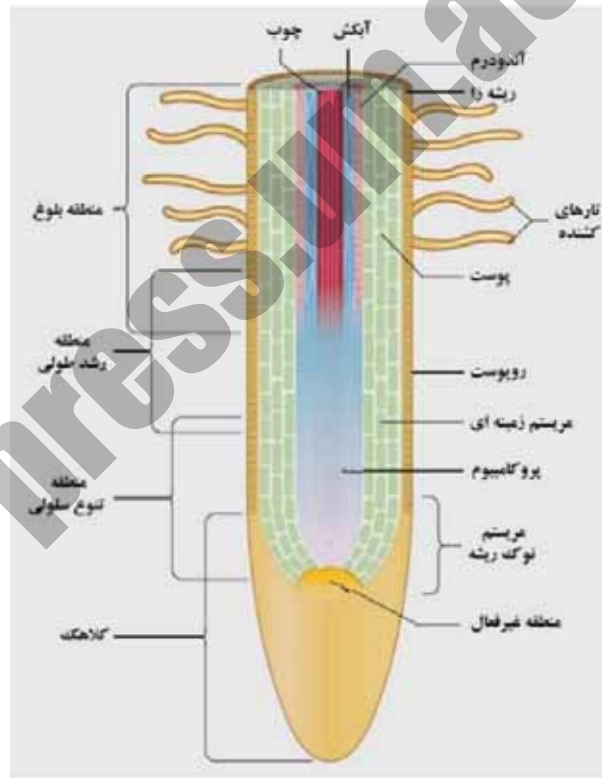
شکل ۲-۶۵ خوشه‌آهکی یا لیتوسیست در اپیدرم چند لایه برگ فیکوس (*Ficus* sp.): (A) برش عرضی (مقیاس $125\ \mu\text{m}$); (B) تصویر SEM تهیه‌شده از برگ.



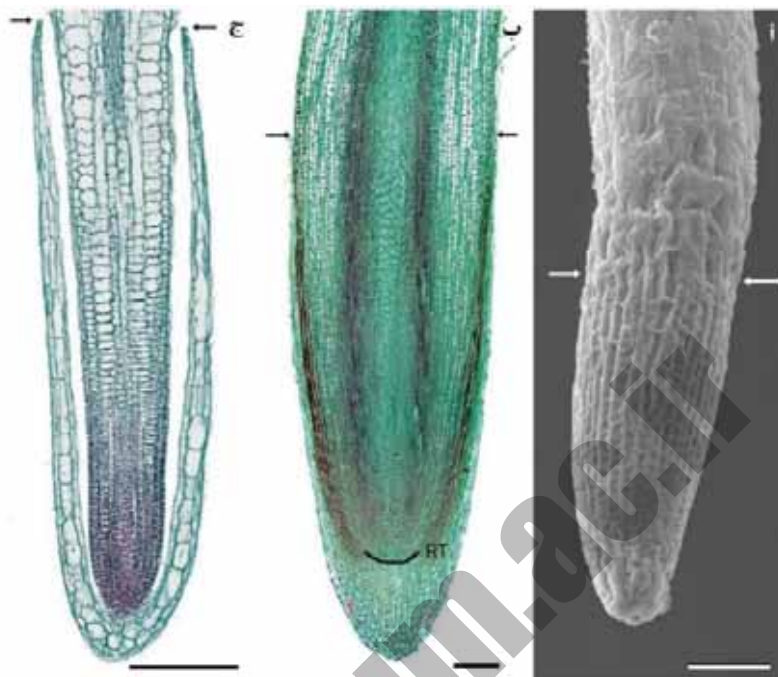
شکل ۲-۶۷ (A) برگ گیاه ونوس مگس‌گیر (*Dionaea muscipula*) دارای کرک‌های دفاعی در سطح برگ (H) و کرک‌های تغییرشکل‌یافته و خارمانند در حاشیه برگ (C); (B-ج) برش عرضی برگ ونوس مگس‌گیر؛ در قسمت داخلی غده هضمی فراوان با سلول‌های ترش‌چی حاوی آنزیم‌های هضم‌کننده وجود دارد. بافت ترش‌چی در برگ این گیاه شامل غده هضمی و دو لایه سلول حاوی مواد ترش‌چی در قسمت پایینی غده است. سلول‌های تیره‌رنگ موجود در مزوفیل برگ، نشان‌دهنده وجود تانن در سلول‌هاست (مقیاس A $1\ \text{cm}$; B $50\ \mu\text{m}$; C $250\ \mu\text{m}$).



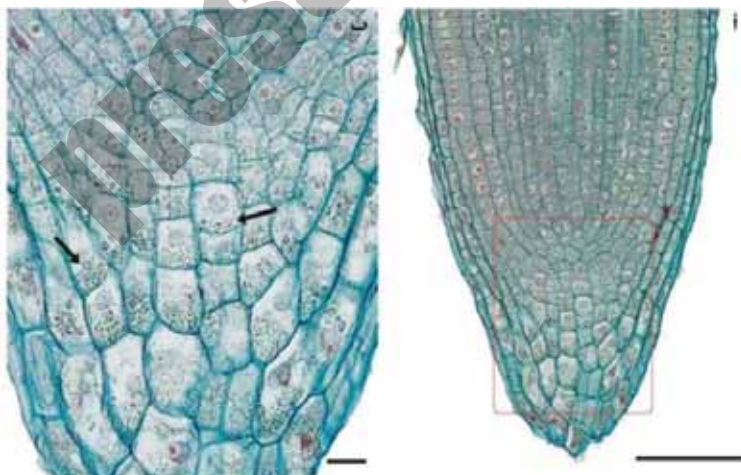
شکل ۲-۶۶ (ا) بلور رافید ساده در برگ (*Dieffenbachia seguine*)؛ (ب) بلور رافید دو سر باریک در برگ (*Dieffenbachia* sp.) (مقیاس ا ۲۵ μm ؛ ب ۵۰ μm). تصویربرداری شده با استفاده از میکروسکوپ نوری.



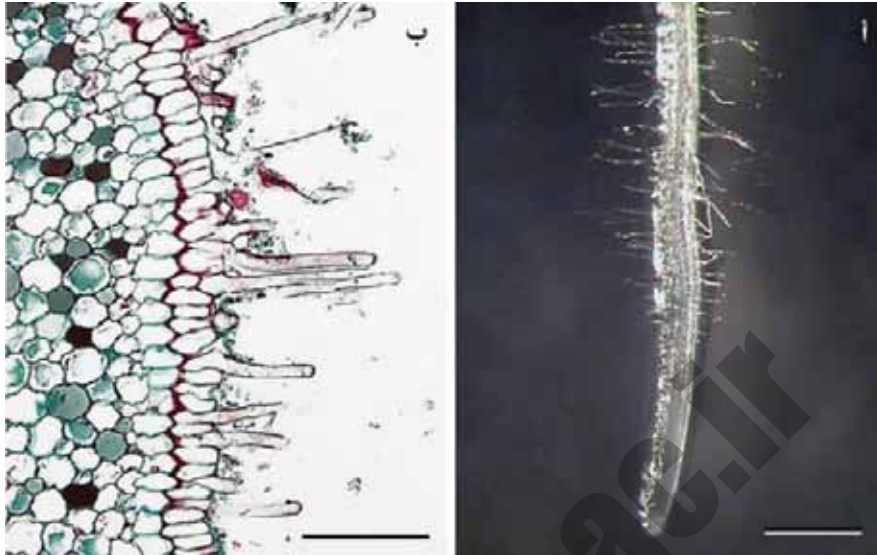
شکل ۳-۱ تصویر شماتیکی نوک ریشه: کلاهک ریشه و سه منطقه مختلف (بلوغ، رشد طولی و تنوع سلولی) در قسمت چپ تصویر، چهار مریستم (نوک ریشه، پروکامبیوم، زمینه ای و روپوست) در قسمت راست تصویر و شش یافت بالغ (پوست، تارهای کشنده، ریشه زار، آندودرم، آبکش و چوب) در قسمت بالای تصویر نامگذاری شده است.



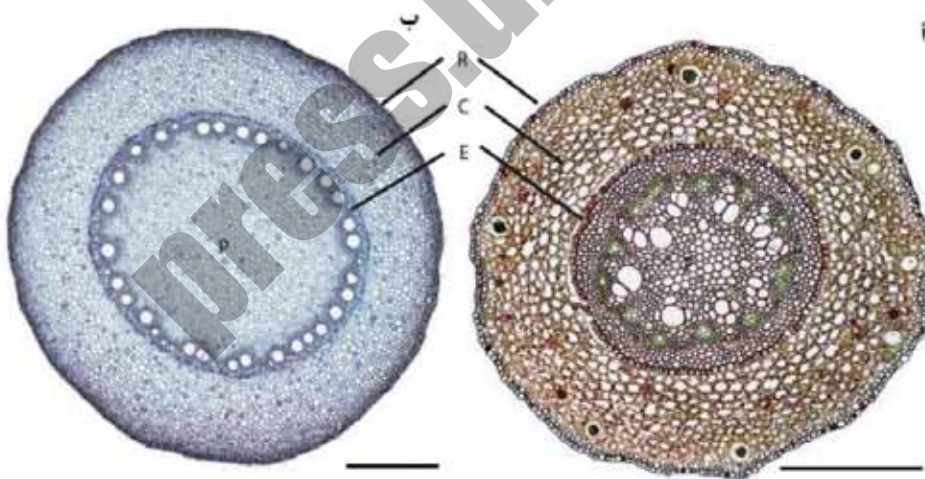
شکل ۲-۳ نوک ریشه به همراه کلاهک: (ا) تصویر SEM نوک ریشه آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*); (ب) برش طولی نوک ریشه نخود (*Pisum sativum*); (ج) برش طولی نوک ریشه عدسک آبی (*Lemna sp.*) که کلاهک در آن به خوبی قابل تشخیص است (مقیاس ا ۵۰ μm ; ب-ج ۱۰۰ μm).



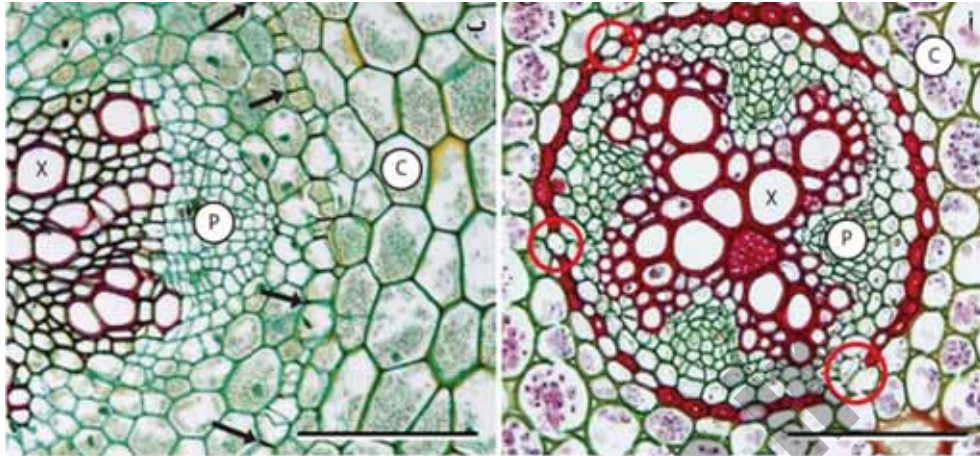
شکل ۳-۳ برش طولی نوک ریشه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*): کادر قرمز رنگ سلول‌های ناحیه کلوملا در نوک ریشه را نشان می‌دهد. تجمع نشاسته (آمیلوپلاست‌ها) در بخش پایینی سلول‌های کلوملا با پیکان‌های سیاه‌رنگ در تصویر ب نمایش داده شده است (مقیاس ا ۵۰ μm ; ب ۵ μm).



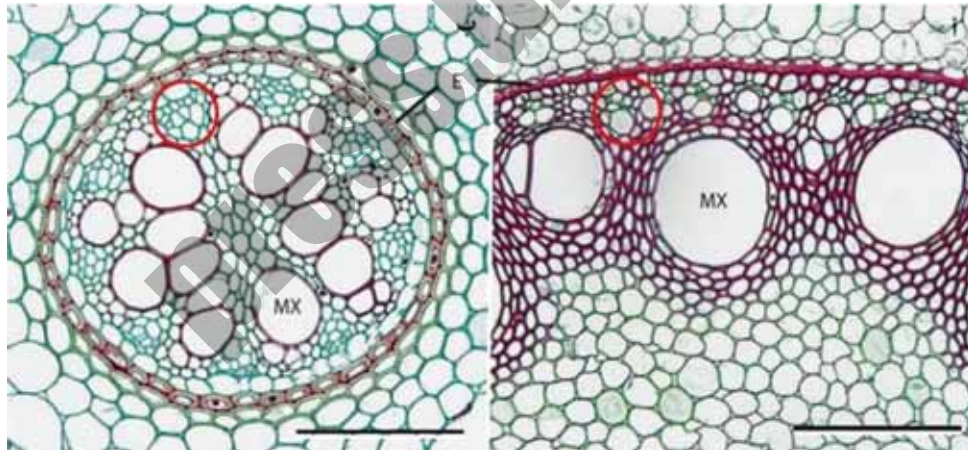
شکل ۳-۴ (ا) تارهای کثندۀ بر روی ریشهٔ اولیهٔ آرابیدوپسیس (*Arabidopsis* sp.): تارهای کثندۀ بر روی ناحیۀ کلاهک ریشه مشاهده نمی‌شود و فقط در مناطق رشد طولی و تنوع سلولی ریشه وجود دارند؛ (ب) نمایش تارهای کثندۀ در برش عرضی ریشه (*Anthurium* sp.) (مقیاس ا ۲۰۰ μm ؛ ب ۱۰۰ μm).



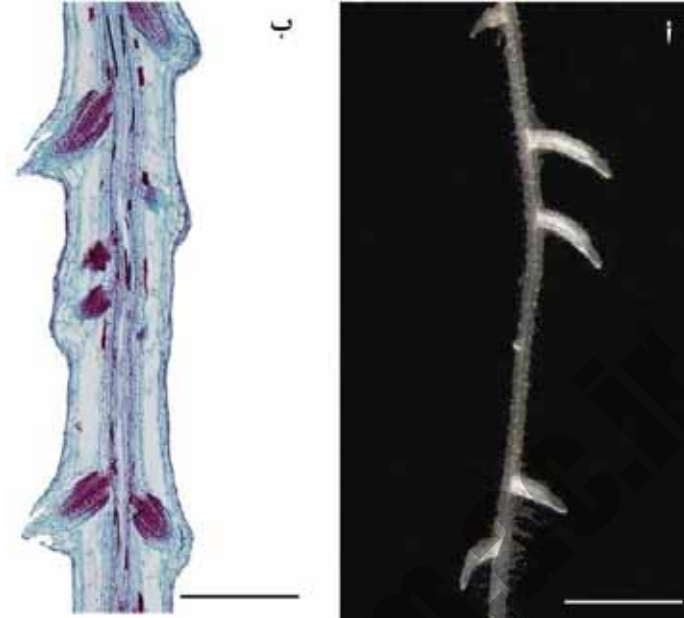
شکل ۳-۵ برش عرضی ریشهٔ لیلی (*Smilax* sp.) در ا و ذرت (*Zea mays*) در ب. بخش‌های مختلف ریشه شامل لایۀ تارهای کثندۀ (R)، پوست (C)، آندودرم (E) و مغز (P) مشخص شده است (مقیاس ۵۰۰ μm).



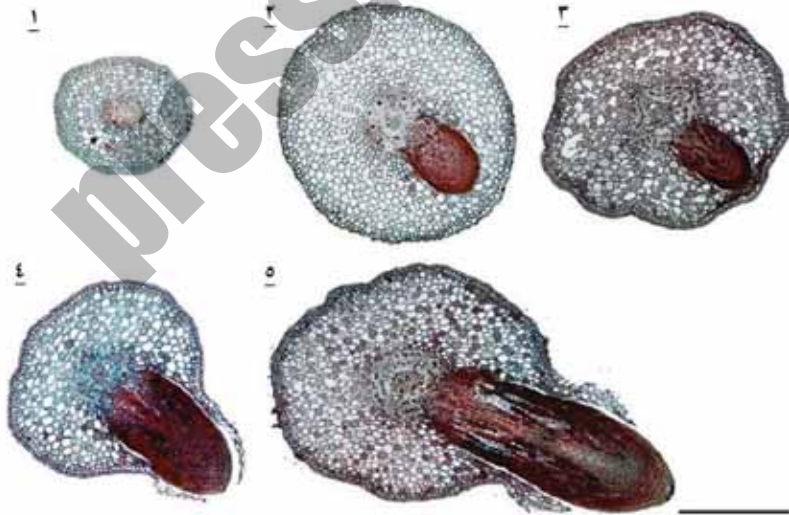
شکل ۳-۶ (أ) مشاهده آندودرم به شکل نوار قرمز رنگ در برش عرضی ریشه آلاله (*Ranunculus acris*) و ناحیه پوست (C) را از دسته‌جات آوندی چوب (X) و آبکش (P) جدا کرده است. سلول‌های آندودرم به شدت سوپرینی شده و در سه ناحیه مشخص شده با حلقه‌های قرمز رنگ (سلول‌های معبر) دیواره سلولی نازک‌تری دارند؛ نوار کاسپاری قابل مشاهده نیست؛ ب) بزرگ‌نمایی بخشی از آندودرم در برش عرضی ریشه آقطنی (*Actaea spicata*). دیواره سلول‌های آندودرم سوپرینی نشده است و نوار کاسپاری به صورت خطوط سیاه رنگی در تقسیمات عمود بر محور قابل مشاهده هستند. دسته‌جات آوند آبکش (P) به سمت خارج و آوند چوب (X) به سمت داخل قرار دارند (مقیاس ۱۰۰ μm).



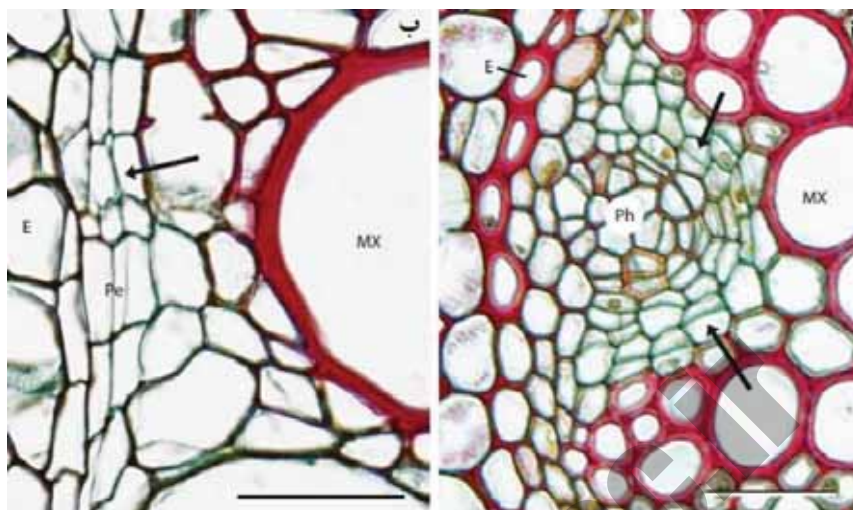
شکل ۳-۷ (أ) نحوه قرارگیری دسته‌جات آوندی در ریشه سوسن (*Lilium michiganense*) به طوری که ۹ دسته آوند آبکش (حلقه قرمز رنگ) در بین متازایلیمها (MX) قرار گرفته‌اند؛ ب) بخشی از دسته‌جات آوندی ریشه ذرت (*Zea mays*) که پراکندگی دسته‌جات آوند آبکش را (حلقه قرمز رنگ) در میان متازایلیمها (MX) نشان می‌دهد (مقیاس ۱۰۰ μm).



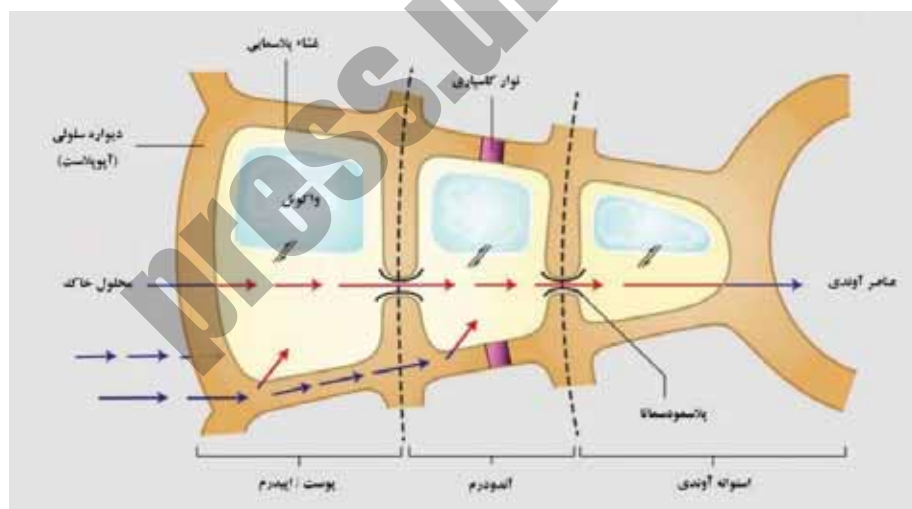
شکل ۳-۸ (A) خروج ریشه‌های فرعی از ریشه اولیه گیاهچه آرابیدوپسیس (*Arabidopsis* sp.) کلاهک ریشه اولیه به دلیل بزرگ‌نمایی تصویر قابل مشاهده نیست، اما هر ریشه فرعی خارج شده از ریشه اصلی دارای کلاهک است؛ (B) برش طولی ریشه گیاه بید سیاه (*Salix nigra*)، هر ناحیه قرمز رنگ، خروج ریشه فرعی از ریشه اصلی را نشان می‌دهد (مقیاس ۲ mm؛ ب ۲۵۰ μm).



شکل ۹-۳ مراحل تشکیل و رشد ریشه فرعی از ناحیه استوانه آوندی مرکزی در برش عرضی ریشه بید (*Salix* sp.) (مقیاس ۰/۵ mm).



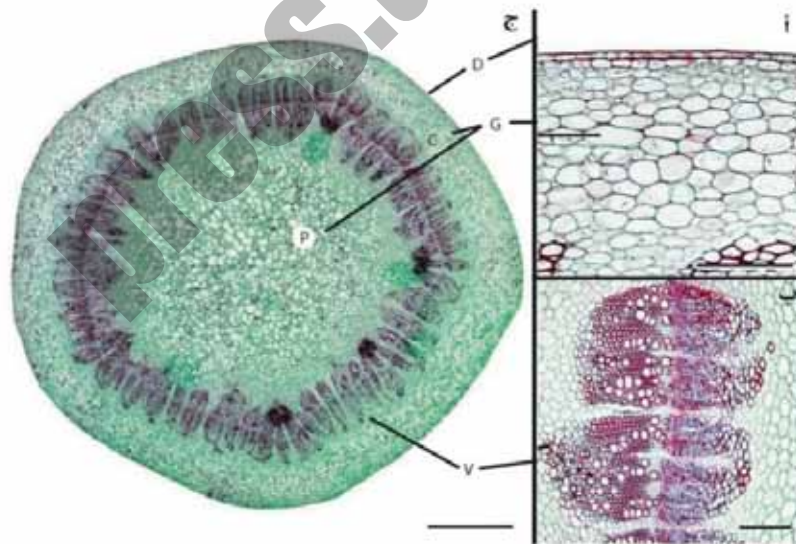
شکل ۳-۱۰) سلول‌های آوند آبکش (P) در ریشه آلاله (*Ranunculus acris*) تقسیمات موازی با محور ناحیهٔ مریستمی را نشان می‌دهد (نوک پیکان‌ها). ناحیهٔ آبکشی بین دو بازوی متنازیم (MX) قرار گرفته و آندودرم (E) ارتباط آن با بیرون را قطع کرده است؛ (ب) تقسیمات موازی با محور در ناحیهٔ دایرهٔ محیطیهٔ (Pe) ریشهٔ گوجه‌فرنگی (*Solanum tuberosum*). پوست در هر دو تصویر در قسمت سمت چپ قرار گرفته است (مقیاس ۲۵µm).



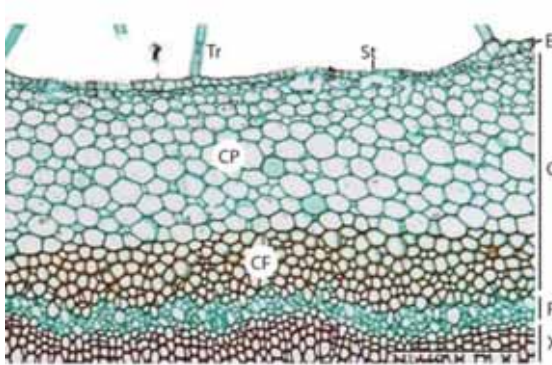
شکل ۳-۱۱) مسیره‌های احتمالی جذب آب و املاح در ریشه گیاهان. محلول خاک از طریق مسیر حرکت سیم‌پلاستی (پیکان‌های قرمز رنگ) و آپوپلاستی (پیکان‌های آبی رنگ) از تارهای کشنده و پوست عبور کرده و به ناحیهٔ آندودرم رسیده و به دلیل ممانعت اجباری نوار کاسپاری در این ناحیه، از غشاء پلاسمائی عبور کرده و در نهایت تنها از مسیر سیم‌پلاستی وارد استوانهٔ آوندی می‌شوند.



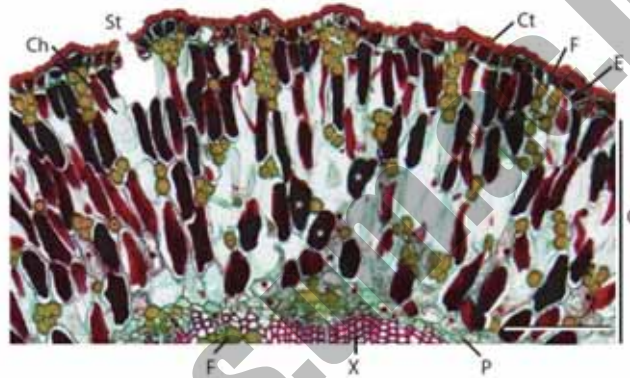
شکل ۳-۱۳ نوک ساقه درخت زبان گنجشک (*Fraxinus pennsylvanica*) که در آن جوانه انتهایی (TB)، جوانه‌های جانبی (LB) و آثار جوانه‌های قبلی (BS)، آثار برگ‌های قبلی (LS) و دسته‌جات آوندی (VB) آنان مشاهده می‌شوند (مقیاس جوانه انتهایی ۵ mm و نوک ساقه ۱ Cm).



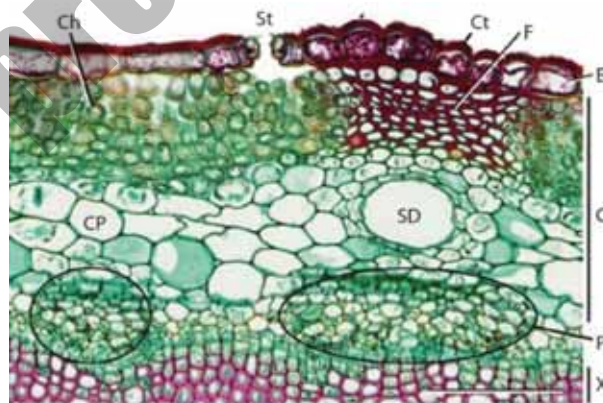
شکل ۳-۱۴ برش عرضی ساقه دولپه کلم (*Brassica oleracea*) که در آن بافت روپوست (D)، بافت زمینه‌ای (G) شامل پوست (C)، مغز (P) و حلقه آوندی (V) قابل مشاهده است (مقیاس ا-ب ۱۰۰ μm؛ ج ۵۰۰ μm).



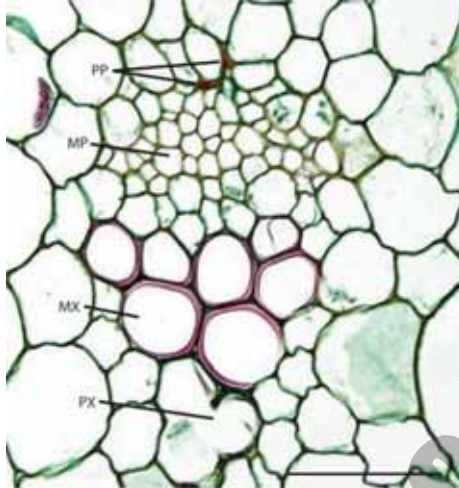
شکل ۳-۱۵ برش عرضی ساقه گل انگشتانه (*Digitalis purpurea*) که در بافت اپیدرم کرکها (Tr)، روزنه (St)، یک سلول از اپیدرم تک‌لایه (E)، پوست ضخیم (C) شامل: پارانشیم (CP) و فیبر (CF) و دسته‌جات آوندی چوب (X) و آبکش (P) در قسمت‌های درونی‌تر مشاهده می‌شوند (مقیاس ۵۰ μm).



شکل ۳-۱۶ برش عرضی ساقه رنگ‌آمیزی‌شده افدرا (*Ephedra californica*) که در آن کوتیکول ضخیم قرمز رنگ (Ct)، یک لایه سلول‌های اپیدرمی حاوی: تانن (E)، روزنه (St) و پوست (C) شامل مجموعه سلول‌های کلرانشیمی و سلول‌های پارانشیمی حاوی تانن مشاهده می‌شوند. دسته‌جات فیبر (F) به‌صورت پراکنده در پوست، آوندهای چوبی (X) و آبکش (P) نیز مشخص شده است (مقیاس ۵۰ μm).



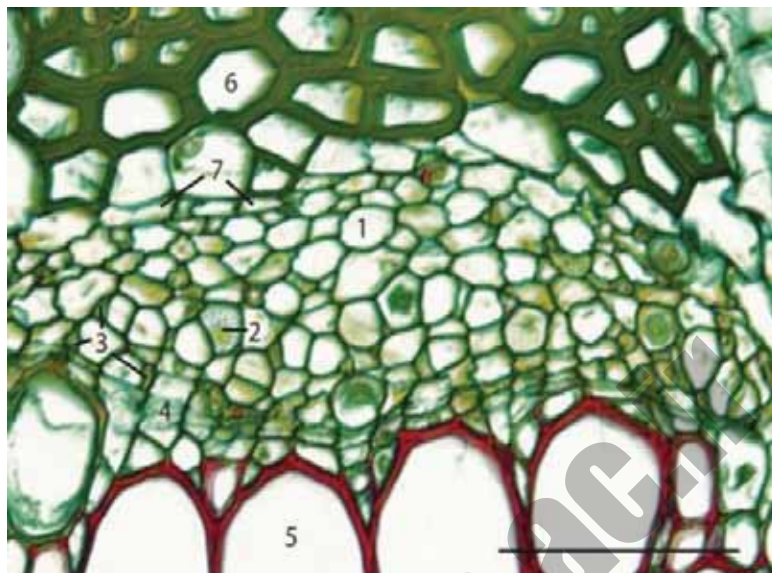
شکل ۳-۱۷ برش عرضی ساقه هویج (*Daucus carota*) که در آن روزنه (St)، کوتیکول ضخیم (Ct)، اپیدرم یک‌لایه (E) و پوست ضخیمی (C) مشخص شده است. پوست چندلایه شامل: کلرانشیم (Ch)، ناحیه‌ای پارانشیمی (Cp)، دسته‌جات متراکم فیبر (F)، مجرای ترشخی (SD)، آوندهای آبکشی (P) و آوندهای چوبی در قسمت‌های داخلی‌تر است (مقیاس ۵۰ μm).



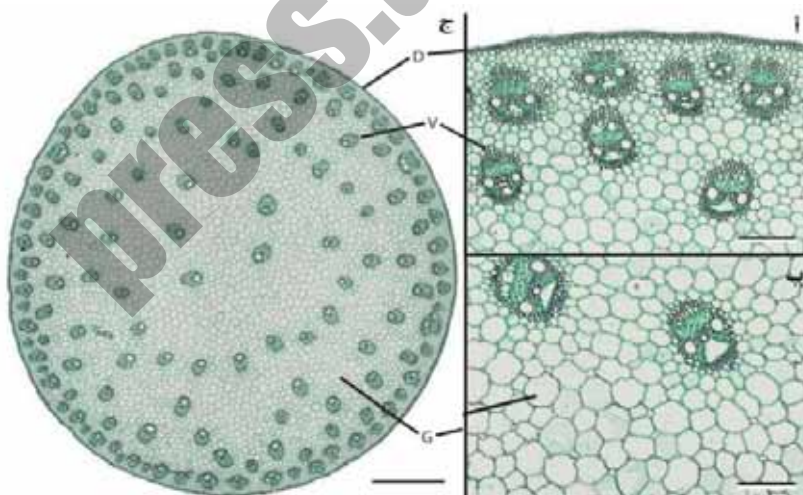
شکل ۳-۱۸ برش عرضی ساقه جوان کرچک (*Ricinus communis*) که در آن توسعه متافلوئمها (MP)، پرتوفلوئمها (PP)، پرتوزایلمها (PX) و متازایلمها (MX) را در استوانه مرکزی نشان می‌دهد. بخش بالایی تصویر، سطح ساقه است (مقیاس ۵۰ μm).



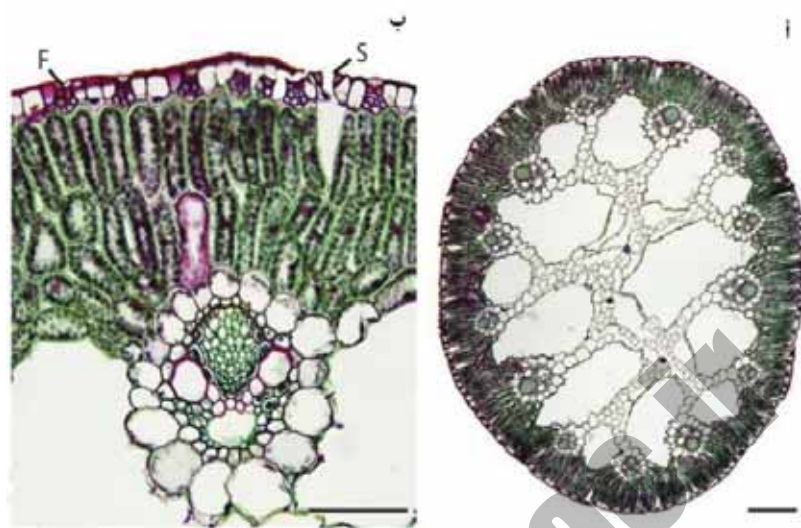
شکل ۳-۱۹ دسته‌جات آوندی در ساقه ذرت (*Zea mays*): (أ) در برش عرضی ساقه، غلاف آوندی شامل دسته‌جات چوب و آبکش است که دسته‌جات فیبر اسکراننشیمی (به دلیل وجود لیگنین فراوان در رنگ آمیزی به رنگ قرمز پررنگ مشاهده می‌شود) اطراف آنان را احاطه کرده است؛ (ب) برش طولی از محل تصویر أ که در آن: ۱- دسته‌جات فیبر احاطه‌کننده غلاف آوندی؛ ۲- پرتوفلوئومها؛ ۳- عناصر آوندی متافلوئومها؛ ۴- سلول‌های همراه متافلوئومها؛ ۵- عناصر آوندی متازایلمها؛ ۶- عناصر آوندی پرتوزایلمها؛ ۷- حفره تشکیل‌شده حاصل از تخریب پرتوزایلمها که در هنگام مرگ عناصر آوند چوبی در طی بلوغ، موجب انتقال آب در فرآیند تبخیر و تعرق خواهد شد (مقیاس ۵۰ μm).



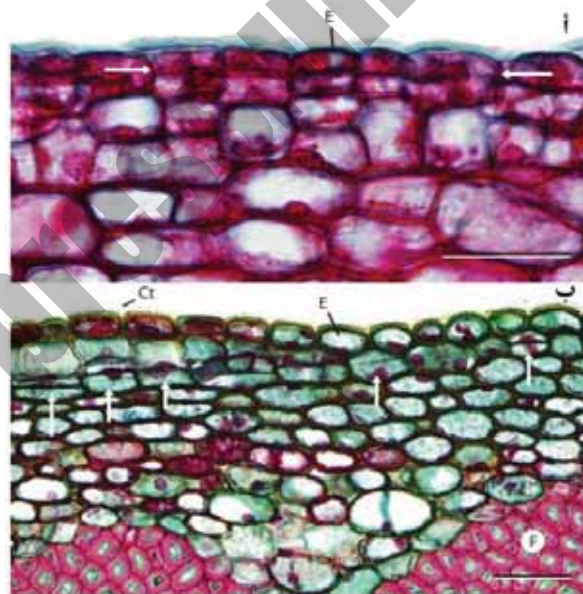
شکل ۳-۲۰ برش عرضی از غلاف آوندی ساقه نخود (*Pisum sativum*): کلیه دستجات آوند آبکشی پسین بوده و از کامبیوم آوندی (۴) تشکیل شده است: ۱- عناصر آوند آبکشی؛ ۲- صفحه غربالی؛ ۳- سلول‌های همراه؛ ۴- کامبیوم آوندی؛ ۵- چوب ثانویه؛ ۶- فیبرهای آبکشی. آبکش‌های اولیه بر اثر رشد و توسعه آبکش‌های ثانویه در حال له شدن هستند. بافت پاراننشیم آبکشی به دلیل تهیه برش عرضی به خوبی قابل مشاهده نیست (اما در برش طولی نمایان خواهد بود) (مقیاس ۵۰ μm).



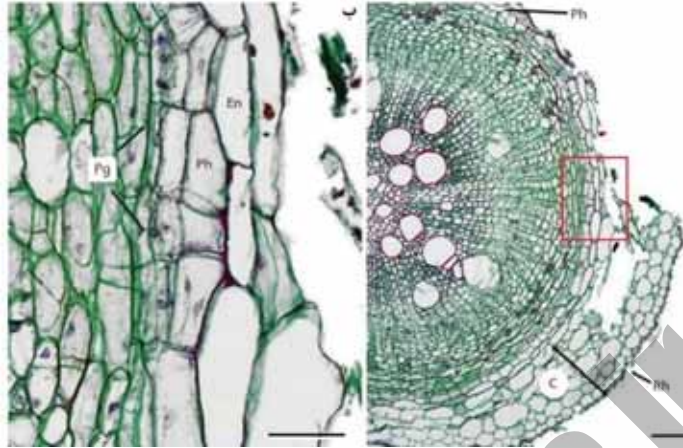
شکل ۳-۲۱ برش عرضی ساقه گیاه تکلیفه ذرت (*Zea mays*) که در آن بافت روپوست (D)، بافت زمینه‌ای (G) شامل پوست (C)، مغز (P) و حلقه آوندی (V) قابل مشاهده است (مقیاس آب ۱۰۰ μm؛ ج ۵۰۰ μm).



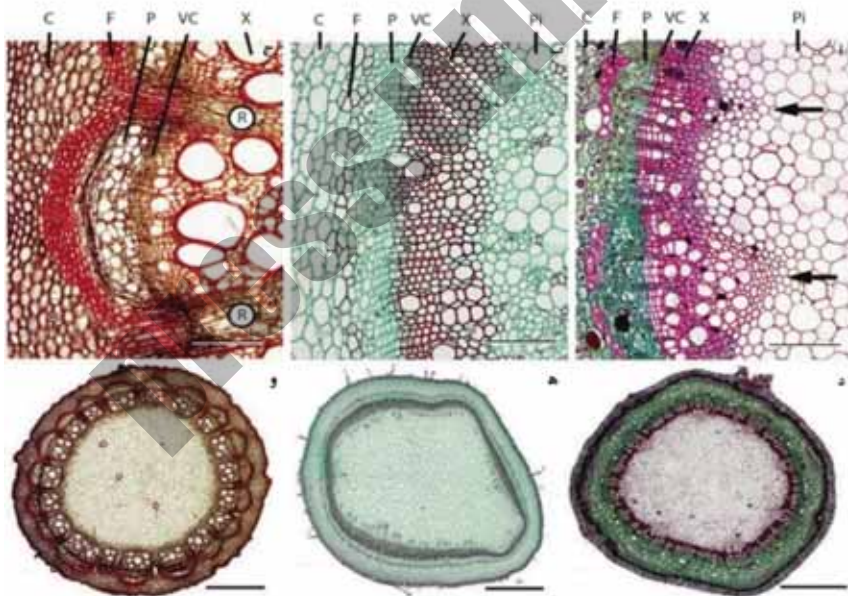
شکل ۳-۲۲ برش عرضی ساقه سزارو (*Juncus balticus*): (أ) آرایش دسته‌جات آوندی به صورت حلقه که با توسعه رشد گیاه در مرکز آن بافت آثرانشیم به منظور تبادلات هوایی تشکیل شده است؛ (ب) بزرگ‌نمایی یک دسته آوندی که در آن حلقه فیبر (F) در نزدیکی اپیدرم قرار داشته و دسته‌جات آوندی را در برنمی‌گیرد و در قسمت پایینی آن نیز بافت کلراننشیمی نرده‌ای قرار دارد (مقیاس أ ۱۰۰ μm ؛ ب ۵۰ μm).



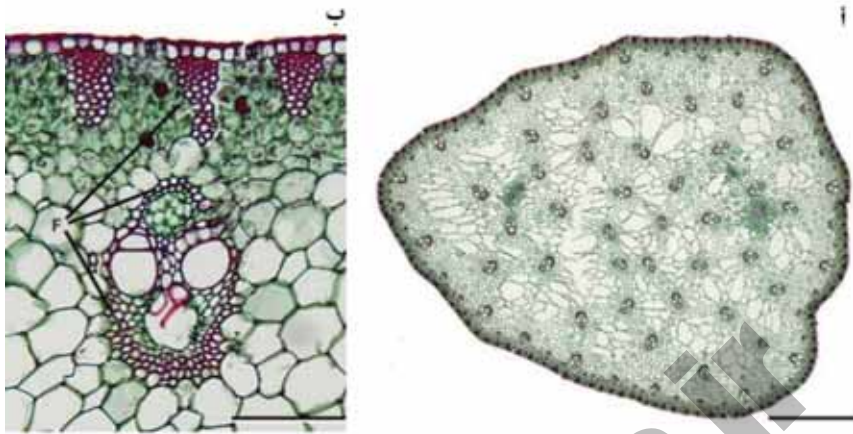
شکل ۳-۲۳ منشأ سلول‌های فلوژن: (أ) لایه فلوژن میوه گلابی (*Pyrus communis*) با تقسیمات پری‌کلینال سلول‌های اپیدرمی (E)، پنج جفت از سلول‌های اپیدرم/فلوژن در بین دو پیکان سفیدرنگ مشخص شده است؛ (ب) تقسیمات پری‌کلینال لایه فلوژن در زیر ناحیه اپیدرمی (پیکان‌های سفیدرنگ) ساقه چنار یک‌ساله (*Platanus occidentalis*)؛ کوتیکول (Ct) و اپیدرم (E) هنوز تغییری نکرده است. پارانشیم پوست در بین لایه فلوژن و دسته‌جات فیبر قرار گرفته است (مقیاس أ ۲۰ μm ؛ ب ۲۵ μm).



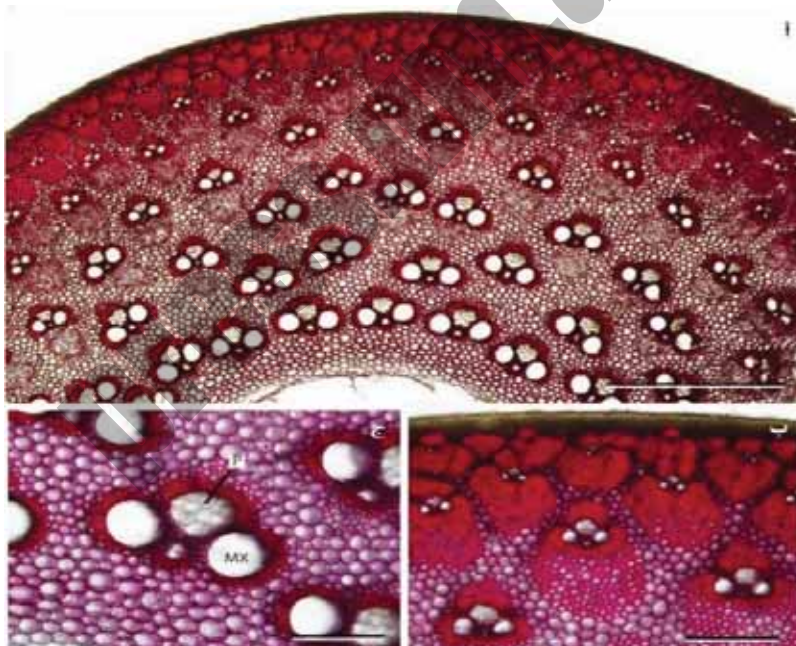
شکل ۳-۲۴ فلورژن اولیه ریشه: (أ) برش عرضی ریشه کرچک (*Ricinus communis*) که در آن بخشی از ریزودرم (Rh) و پوست (C) مشخص شده است؛ (ب) بخشی از دایره محیطیه در هنگام تشکیل پریدرم (کادر قرمز رنگ تصویر أ) فلورژن (Pg) موجب تشکیل سلول‌های فلم (Ph) به سمت خارج و در مجاورت آندودرم (En) شده است (مقیاس أ ۱۰۰ μm؛ ب ۲۵ μm).



شکل ۳-۲۵ نمایش تشکیلات پسین در برش عرضی ساقه: أ-د) دسته‌جات آوندی اولیه (نوک پیکان‌ها) و حلقه‌های رشدی بعدی در اثر فعالیت کامبیوم آوندی در برش عرضی ساقه (*Sambucus* sp.)؛ ب-ه) دسته‌جات آوندی اولیه و ثانویه به شکل حلقه در برش عرضی ساقه تنباکو (*Nicotiana Tabacum*)؛ ج-و) در برش عرضی ساقه (*Menispermum* sp.) دسته‌جات آوندی اولیه و ثانویه به صورت بسته‌هایی مجزا از یکدیگر قرار داشته و کامبیوم آوندی در بین دسته‌ها قرار دارد؛ اشعه‌های مغزی (R)، پوست (C)، فیبرها (F)، دسته‌جات آوند آبکش (P)، کامبیوم آوندی (VC)، دسته‌جات آوند چوبی (X) و مغز (Pi) نیز نمایش داده شده است (مقیاس أ-ب-ج ۱۰۰ μm؛ د-ه ۵۰۰ μm).



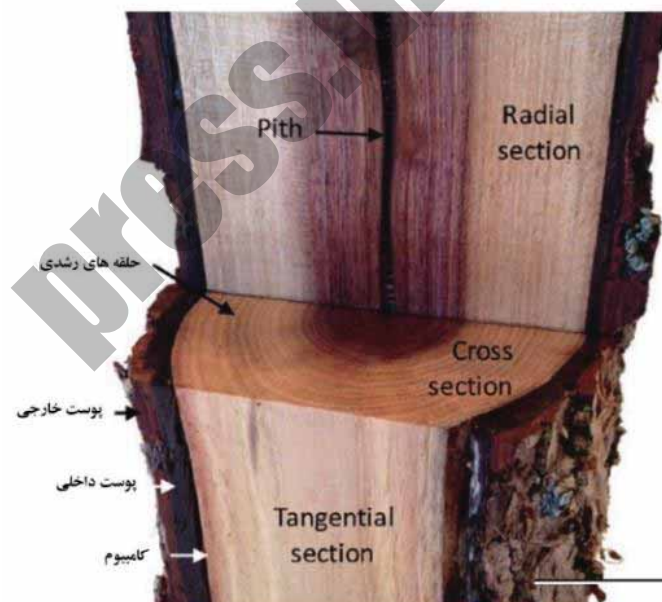
شکل ۳-۲۶ برش عرضی ساقه (*Schoenoplectus americanus*): (ا) قسمت داخلی ساقه از دسته‌جات آوندی پراکنده تشکیل شده است؛ (ب) یک لایه ضخیم کوتیکول سطح ساقه را پوشانده و دسته‌جات متعدد فیبر (F) در قسمت داخلی بافت پارانشیم کلروفیلی و در زیر اپیدرم قرار گرفته است، همچنین فیبرها دسته‌جات آوندی را نیز احاطه کرده‌اند (مقیاس ا ۵۰۰ μm ؛ ب ۵۰ μm).



شکل ۳-۲۷ (ا) چوب‌پنبه‌ای شدن دسته‌جات آوندی در برش عرضی ساقه بامبو (*Bambusa malingensis*). رنگ آمیزی با استفاده از معرف رنگی فلوروگلوسینول موجب نمایش قرمز رنگ لیگنین شده است؛ (ب) دسته‌جات آوندی خارجی‌تر به میزان بیشتری چوب‌پنبه‌ای شده و نقش استحکامی دارد، همچنین موجب تبادل مقادیر بسیار کمی از آب می‌شود؛ (ج) بزرگ‌نمایی چند دسته آوندی که چوب‌پنبه‌ای شدن اطراف آوندها را به خوبی نشان می‌دهد؛ متازیلیم‌ها (MX) و آندهای آبکشی (P) تبادلات را پشتیبانی می‌کنند (مقیاس ا ۵۰۰ μm ؛ ب-ج ۱۰۰ μm).



شکل ۳-۲۸) برش عرضی از تنهٔ درخت نخل زینتی (*Sabal palmetto*)، شامل نواحی دایره‌ای که نشان‌دهندهٔ مقادیر مختلف پارانشیم و فیبر در ساقه است؛ ب-ج) به ترتیب برش عرضی و طولی چوب نخل سیاه (*Borassus flabellifer*)، نوارهای سیاه‌رنگ در برش عرضی و نقاط سیاه‌رنگ در برش طولی دسته‌جات آوندی لیگنینی شده را نمایش می‌دهند که در بافتی پارانشیمی قرار گرفته‌اند (مقیاس ۵ Cm؛ ب-ج ۱ Cm).



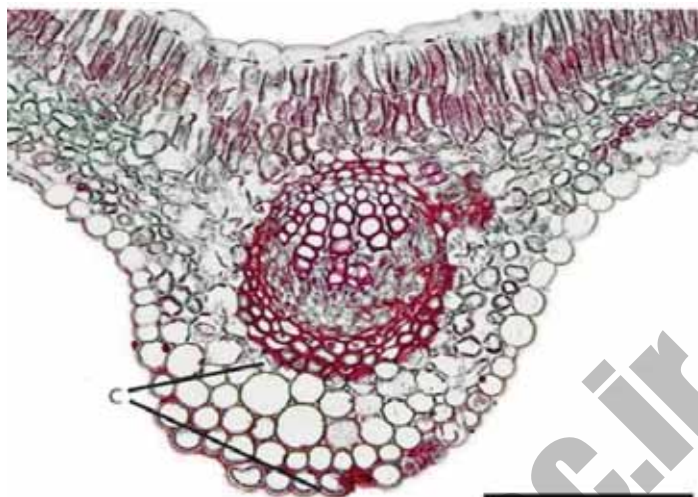
شکل ۳-۲۹) برش عرضی (Cross section)، برش شعاعی (Radial section)، برش مماسی (Tangential section) ساقهٔ بلوط سیاه (*Juglans nigra*) ۲۸ ساله. قلب چوب به رنگ سیاه مشاهده می‌شود که به وسیلهٔ چوب پسین با رنگ روشن احاطه شده است. سن درخت با شمارش حلقه‌های رشدی سالیانه به دست آمده است (مقیاس ۲ Cm).



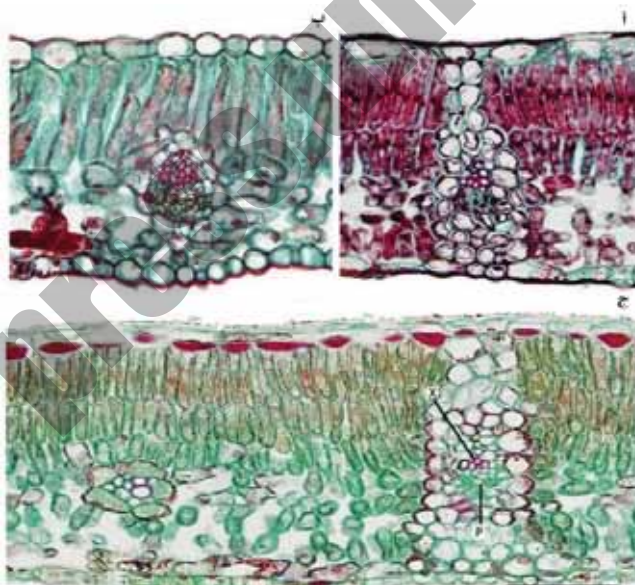
شکل ۳-۳۰ برش عرضی ساقه افرای نروژی (*Acer platanoides*)، قلب چوب سیاه‌رنگ در مرکز به‌وسیله چوب پسین با رنگ روشن احاطه شده است. سن درخت ۵۸ سال است که با شمارش حلقه‌های رشدی محاسبه شده است (به‌دلیل باریک بودن در تصویر واضح نیست). حلقه رشدی اولیه در قسمت قلب چوب قرار دارد، درحالی‌که حلقه‌های رشدی بعدی در قسمت چوب پسین قرار دارند (مقیاس ۲ Cm).



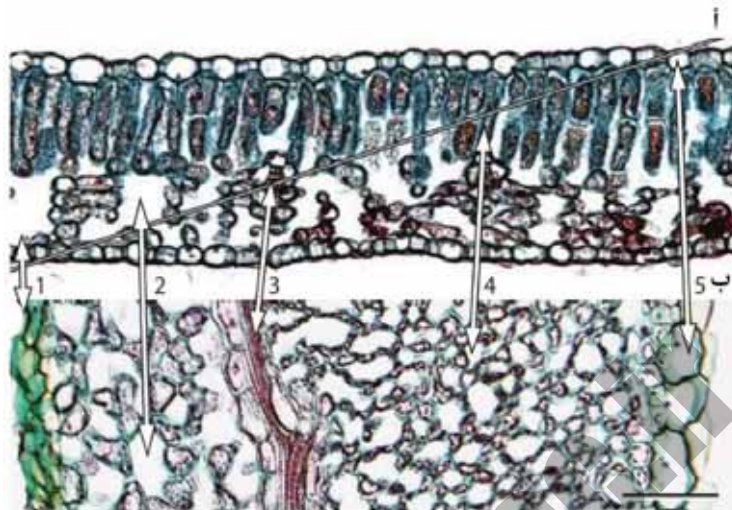
شکل ۳-۳۲ نمایش ساختار برگ رز (*Rosa* sp.): (أ) سطح پشتی برگ و برجستگی رگبرگ‌ها؛ (ب) سطح رویی برگ؛ (ج) برش عرضی برگ به‌طوری‌که قسمت بالایی، روی برگ را نشان می‌دهد؛ قسمتی از دم‌برگ در پایین تصاویر أ و ب مشخص است (مقیاس أ ۱ Cm؛ ج ۵۰ μ m).



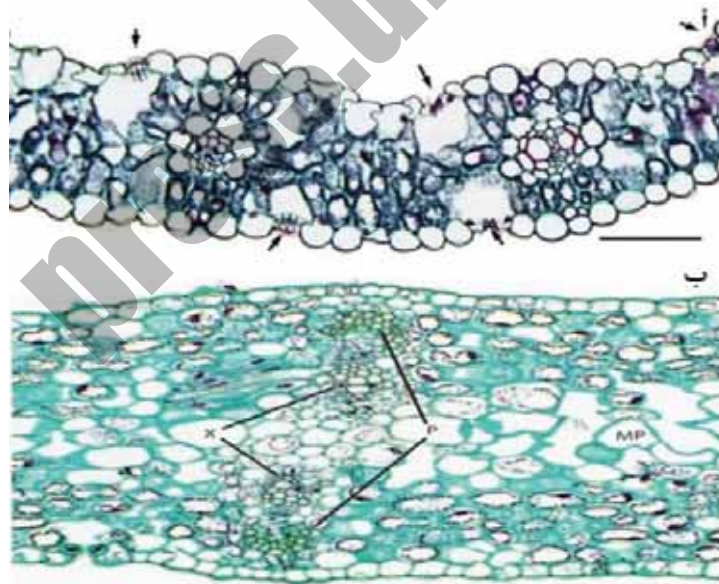
شکل ۳-۳۳ برش عرضی رگبرگ میانی (اصلی) یونجه (*Medicago sativa*)، بافت کلانشیم (C) در قسمت برآمده رگبرگ و دور از محور ساقه تجمع یافته است (مقیاس ۱۰۰ μm).



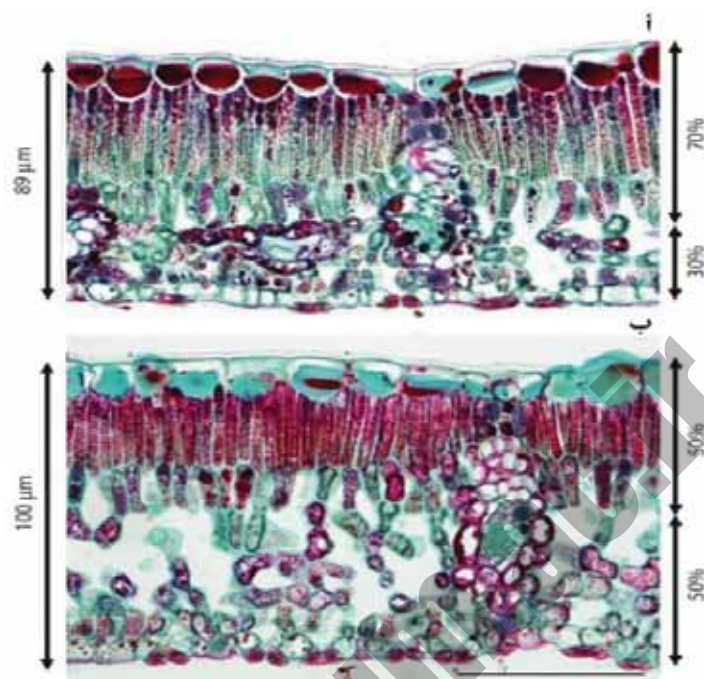
شکل ۳-۳۴ (أ) توسعه غلاف آوندی در برگ (*Maclura pomifera*)؛ (ب) عدم توسعه غلاف آوندی در برگ (*Ligustrum* sp.)؛ (ج) نمایش دسته آوندی فاقد غلاف و دسته آوندی غلافدار در برگ گیلاس (*Prunus* sp.)؛ آوندهای چوبی (X) در ناحیه نزدیکتر و آوندهای آبکش (P) در ناحیه دورتری قرار دارد. نمایش پارانشیم کلروفیلی نردبانی یک لایه در (ب)، دو لایه در (أ) و سه لایه در (ج) (مقیاس ۵۰ μm).



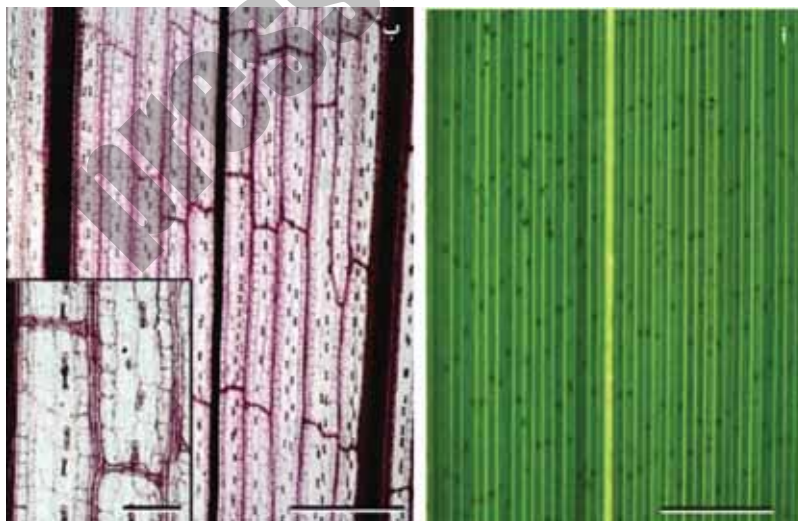
شکل ۳-۳۶) برش عرضی برگ گیاه سه‌کربنه (*Ligustrum* sp.) که در آن ساختار پارانشیم کلروفیلی نردبانی و اسفنجی به‌خوبی مشخص شده است. خط مورب موجود در تصویر، محل برش موازی با سطح اپیدرم را نشان می‌دهد؛ (ب) برش موازی با سطح برگ که از میان بافت‌های مختلفی عبور می‌کند: ۱- اپیدرم پایینی، ۲- پارانشیم کلروفیلی اسفنجی همراه با فضاهای بین‌سلولی، ۳- رگبرگ، ۴- پارانشیم کلروفیلی نردبانی همراه با واکوئل‌های بزرگ، ۵- اپیدرم فوقانی (مقیاس $100\ \mu\text{m}$).



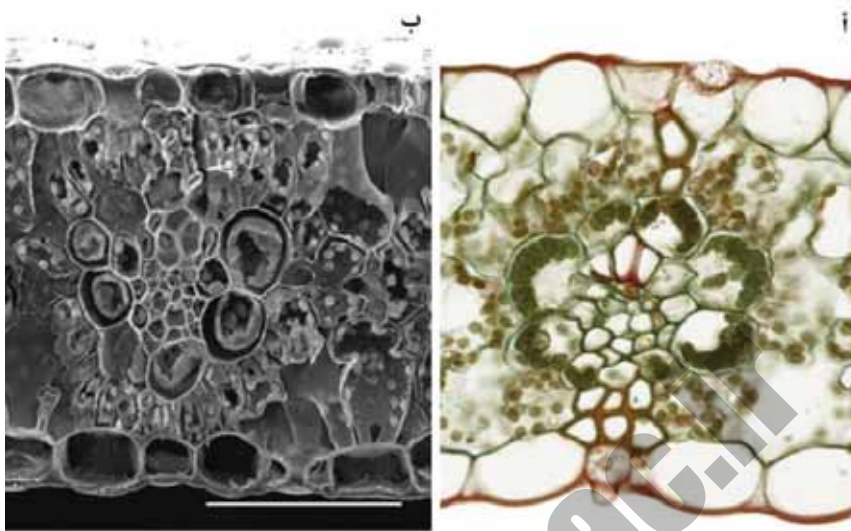
شکل ۳-۳۷) اپیدرم بالایی و تحتانی در برش برگ ایزودیامتریک گندم (*Triticum aestivum*)؛ (ب) برش برگ یک‌رویۀ زنبق (*Iris domestica*)؛ دسته‌جات آوند چوب (X) به سمت داخل، آوند آبکش به سمت خارج (P) و پارانشیم مزوفیلی (MP) در زیر اپیدرم بالایی و تحتانی قرار دارد (مقیاس $100\ \mu\text{m}$).



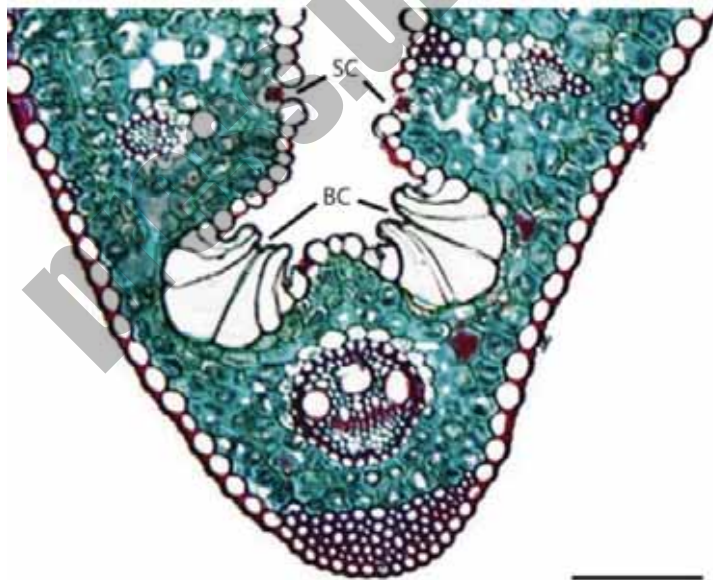
شکل ۳-۳۸ برگ درخت بلوط (*Quercus* sp.) رشدیافته در شرایط تاریکی (أ) و نور (ب)؛ ضخامت پارانشیم کلروفیلی نردبانی و اسفنجی در هر دو تصویر مشخص شده است (مقیاس ۵۰ μm).



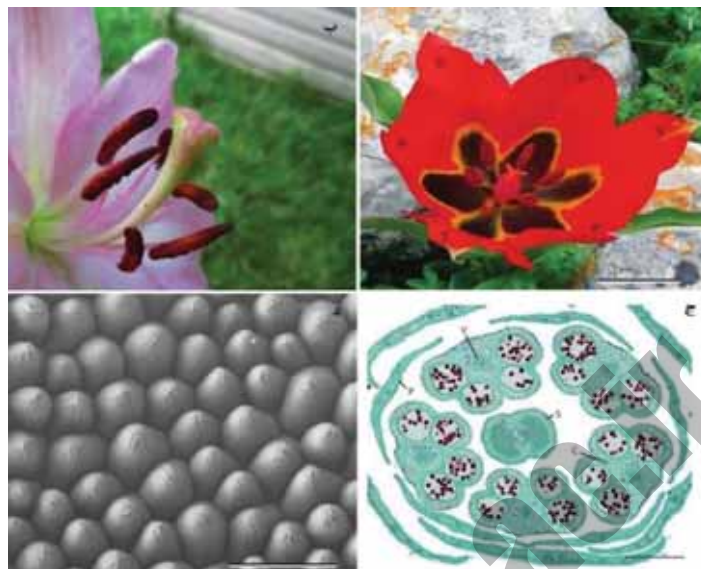
شکل ۳-۳۹ آرایش موازی رگبرگ‌ها در برگ تک‌لپه: أ) تصویر ماکروبرگ (*Cymbopogon citratus*)؛ ب) برگ ذرت (*Zea mays*) که دانه‌های رنگی آن حذف شده‌اند، خطوط قرمز رنگ نمایش رگبرگ‌ها و نقاط روزنه‌ها هستند (مقیاس أ ۵ mm ب ۵۰۰ μm و تصویر داخل آن ۱۰۰ μm).



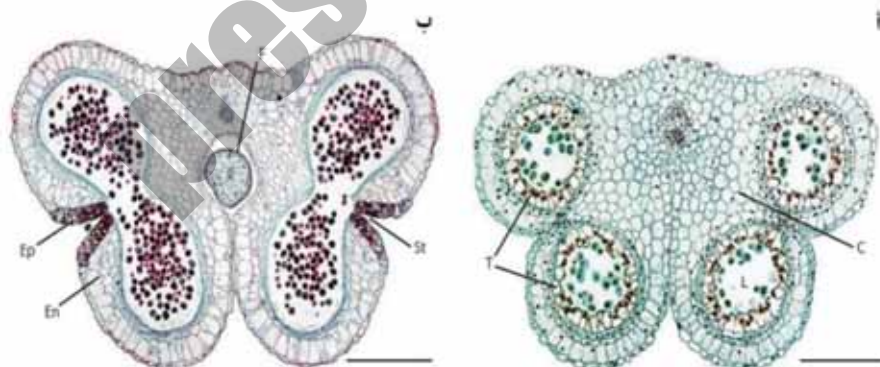
شکل ۳-۴۰ برش عرضی برگ ذرت (*Zea mays*): (ا) تصویر میکروسکوپ نوری از رگبرگ احاطه شده با سلول‌های غلاف آوندی حاوی کلروپلاست که آن نیز به وسیله پارانشیم کلروفیلی احاطه شده است؛ (ب) تصویر SEM برش ا، کلروپلاست‌ها را در داخل سلول‌های غلاف آوندی به خوبی نمایش داده است (مقیاس $100 \mu\text{m}$).



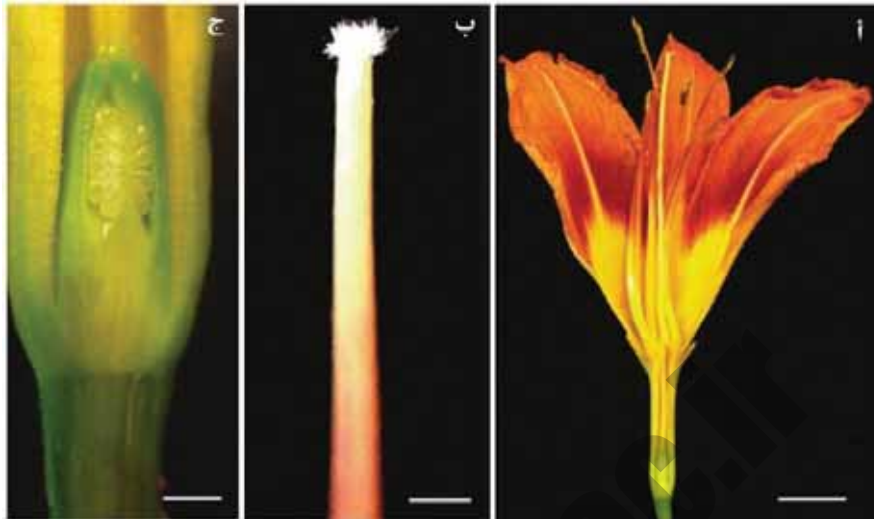
شکل ۳-۴۱ برش عرضی رگبرگ اصلی برگ چمن کنتاکی (*Poa pratensis*) که در آن حفره‌های کریپت (SC) و سلول‌های بولیفرم (BC) نمایش داده شده است (مقیاس $100 \mu\text{m}$).



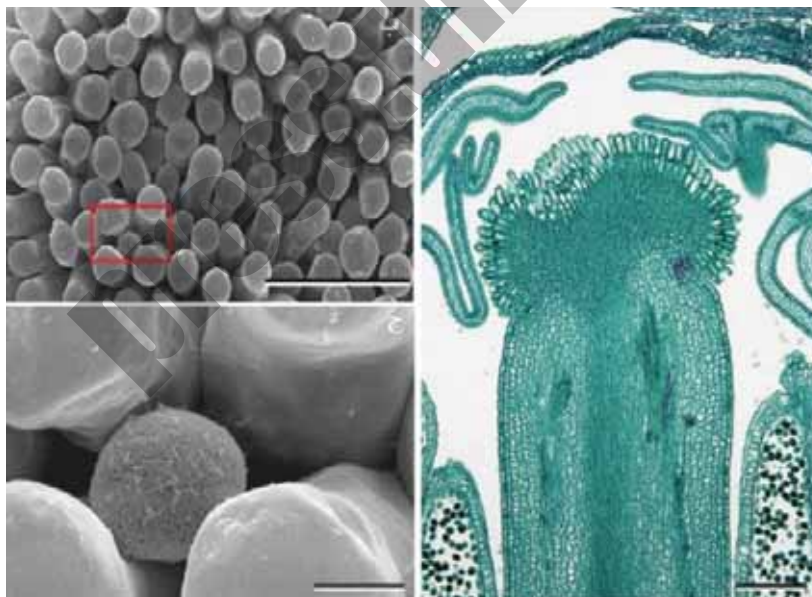
شکل ۳-۴۳ (أ) در گل لاله (*Tulipa sp.*) کاسبرگ‌ها (S)، گلبرگ‌ها (P) را احاطه کرده‌اند و به دلیل تشابه ساختاری و عملکردی با گلبرگ‌ها به مجموع آنان گلبرگ می‌گویند؛ این ساختار در گل بسیاری از تک‌لپه‌ها مشاهده می‌شود؛ (ب) گل زنبق (*Lilium sp.*) که در آن کلاله برآمده بوده و پرچم‌ها با ارتفاع کمتری نسبت به کلاله قرار گرفته‌اند، با از دست دادن رطوبت سطح خود، به رنگ نارنجی - قرمز درآمده و ظاهر پرزمانندی به خود گرفته‌اند؛ (ج) برش عرضی جوانه گل (*Ribes americanum*) که در آن گلبرگ‌ها در بخش‌های داخلی‌تر (P)، خامه (S) در مرکز و پنج بساک شامل کیسه‌های دانه‌گرد (میکروسپورانژ) است. هر کیسه‌گرد دارای یک لایه متصل‌کننده (C) و غلاف آوندی (V) است؛ (د) تصویر SEM سطح رویی گلبرگ رز (*Rosa sp.*) که برآمدگی‌های فراوانی به نام پایپلا را در سطح اپیدرم نمایش می‌دهد و ظاهری مخملی به گلبرگ‌ها می‌دهد (مقیاس ۲ Cm؛ ج ۲۵۰ μm؛ د ۵۰ μm).



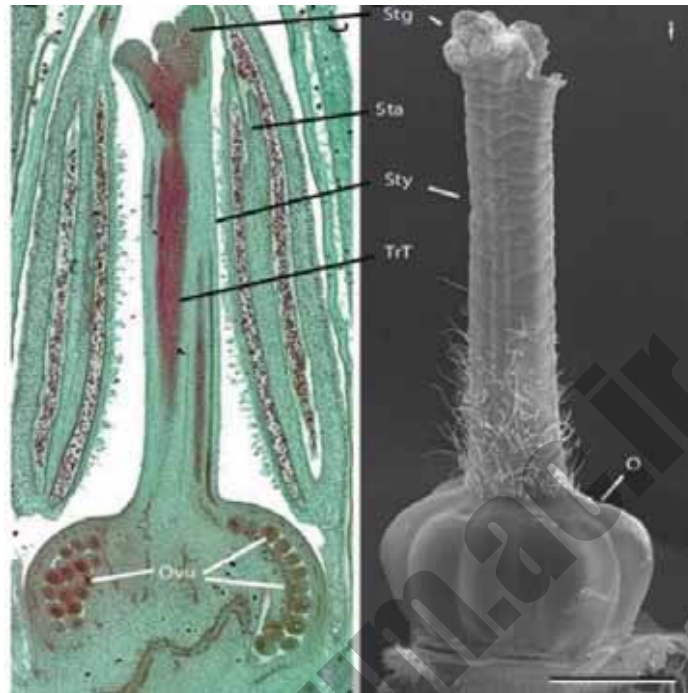
شکل ۳-۴۴ (أ) برش عرضی بساک نابالغ زنبق (*Lilium sp.*) که در آن منطقه پیونددهنده (C) و حفره‌های کیسه‌گرد (L) را به خوبی نمایش داده است؛ دیواره ضخیمی از جنس کالوز با رنگ سبز روشن سلول‌های مادری میکروسپور را احاطه کرده است. دیواره ضخیم تاپتوم (T) نیز نمایش داده شده است؛ (ب) نمایش میله (F) در برش عرضی بساک بالغ زنبق؛ دانه‌های گردیده بالغ پس از رنگ‌آمیزی به رنگ قرمز مشاهده می‌شوند و دیواره عرضی میان حفره‌های کیسه‌گرد شکسته شده است. اپیدرم (Ep) و سلول‌های endothecium (En) در نزدیکی استمیوم (St) چندلایه و ضخیم شده و آماده شکوفایی بساک و رها کردن دانه‌های گردیده خشک هستند. تاپتوم و سایر دیواره‌های سلولی نازک شده و در داخلی‌ترین لایه endothecium قرار دارند (مقیاس ۵۰۰ μm).



شکل ۳-۴۵- ا-ب-ج برش طولی گل سوسن (*Lilium* sp.) با تخمدان بالایی: تخمک‌ها و محور تمکن به خوبی در هایپانتیوم مشخص است. گل‌پوش شامل: سه گلبرگ و سه کاسبرگ است، اما ظاهر مورفولوژی مشابهی دارند و شش گلبرگ در نظر گرفته می‌شود (مقیاس ا ۱Cm؛ ب-ج ۲ mm).



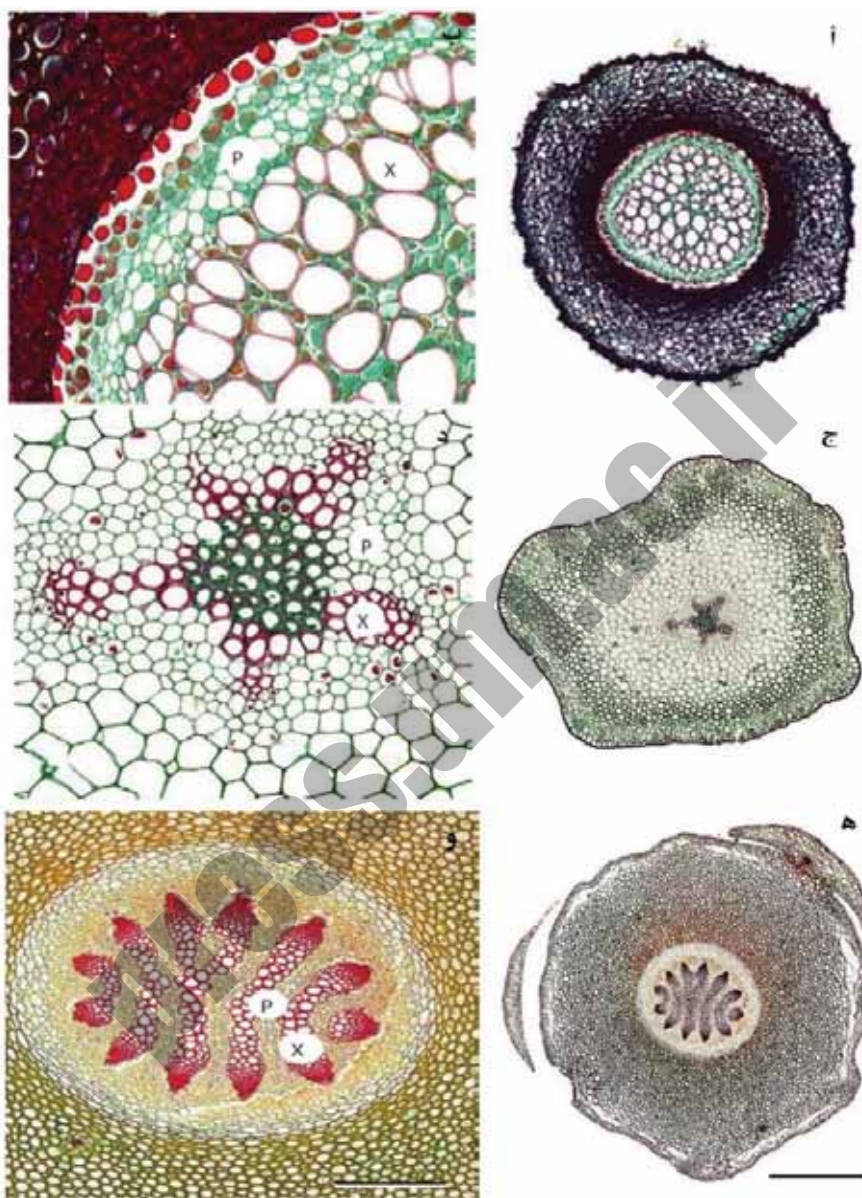
شکل ۳-۴۶ (ا) نمایش تزئینات موم‌مانند سطح کلاله برای پذیرش دانه‌گرده در برش طولی کلاله گل در کلم (*Brassica oleracea*)؛ (ب) نمایش تزئینات موم‌مانند سطح کلاله در گل (*Arabidopsis lyrata*)؛ (ج) پذیرش دانه‌گرده در میان تزئینات موم‌مانند سطح کلاله در تصویر ب (مقیاس ا ۵۰۰ μm ؛ ب ۱۰۰ μm ؛ ج ۱۰ μm).



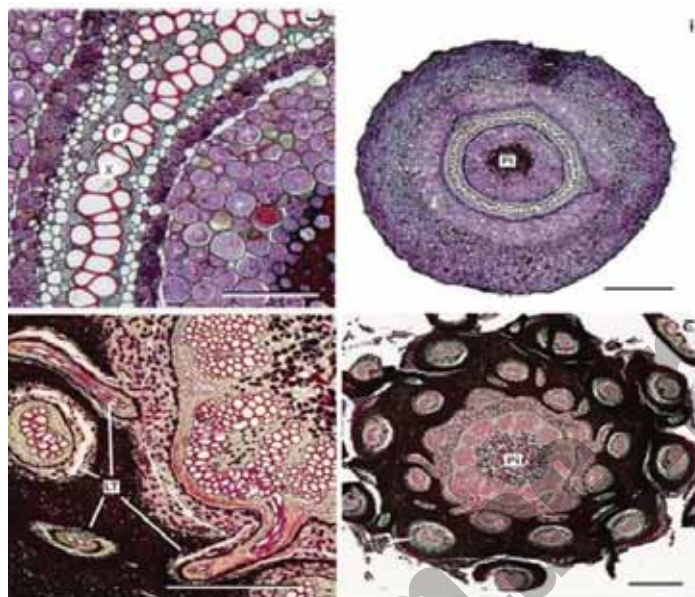
شکل ۳-۴۷ تصویر مادگی گل گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) به صورت SEM در ا و با استفاده از میکروسکوپ نوری در ب. تخمدان (O)، تخمک‌ها (Ovu)، پرچم‌ها (Sta)، کلاله (Stg)، خامه (Sty) و بافت انتقالی (TrT) مشخص شده است (مقیاس ۵۰۰ μm).



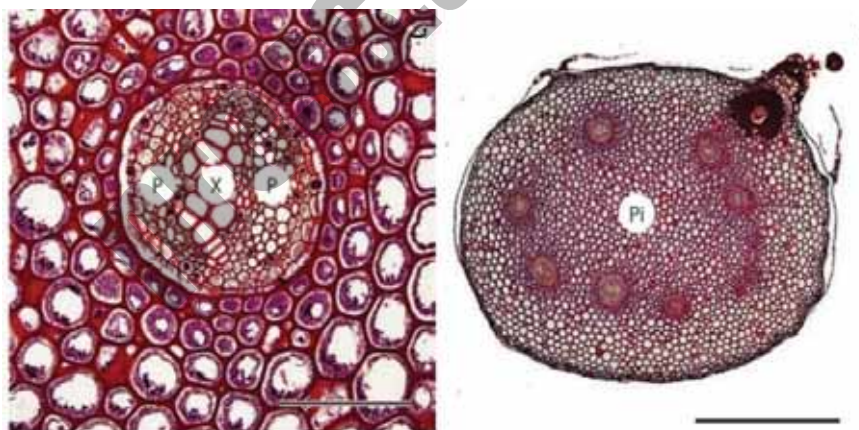
شکل ۳-۴۸ دسته‌جات آوندی (VS) وارد شده به هر تخمک (Ov) در برش عرضی میوه کدو (*Cucurbita* sp.) (مقیاس ۱ mm).



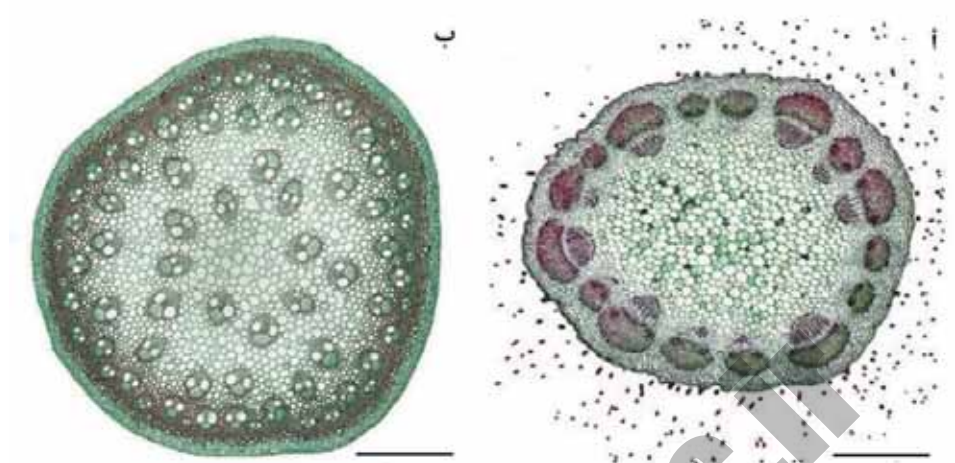
نمایش ۳-۴۹ سه نوع پروتواستیل: ا-ب) هاپلواستیل در ریزوم سرخس بالارونده (*Lygodium* sp.); ج-د) اکتنواستیل در ریزوم سرخس (*Psilotum* sp.); ه-ی) پلکتواستیل در ریزوم (*Lycopodium* sp.) (مقیاس ا-ج- ه- ۲۵۰ μm؛ ب-د- ی- ۱۰۰ μm).



شکل ۳-۵۰ نمایش دو نوع سولنواستیل: ا-ب) اکتوفلوئیک سولنواستیل در ریزوم سرخس (*Osmunda* sp.)؛ ج-د) آمفی فلوئیک سولنواستیل در ریزوم سرخس (*Adiantum pedatum*). اثر برگها (LT)، آوند آبکشی (P)، آوند چوبی (X) و مغز (Pi) نیز نمایش داده شده است (مقیاس آج ۱۰۰ μm ؛ ب- ۵۰۰ μm).



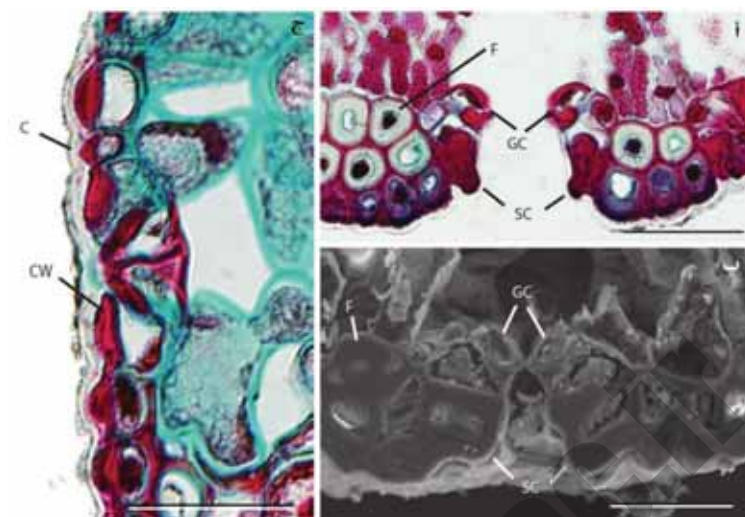
شکل ۳-۵۱ نمایش دیکتیواستیل ریزوم سرخس بسفایج (*Polypodium* sp.) با مغز (Pi) مرکزی و چندین دسته غلاف آوندی که به طور مجزا از یکدیگر در قسمت بالا و پایین برش عرضی قرار دارند که نمایش دهنده سایفونواستیلها برخلاف یواستیل است؛ ب) غلاف آوندی دارای دستهجات آوند چوبی (X) در مرکز که به وسیله دستهجات آوند آبکشی (P) در اطراف احاطه شده است (مقیاس آ ۱۰۰ μm ؛ ب ۵۰۰ μm).



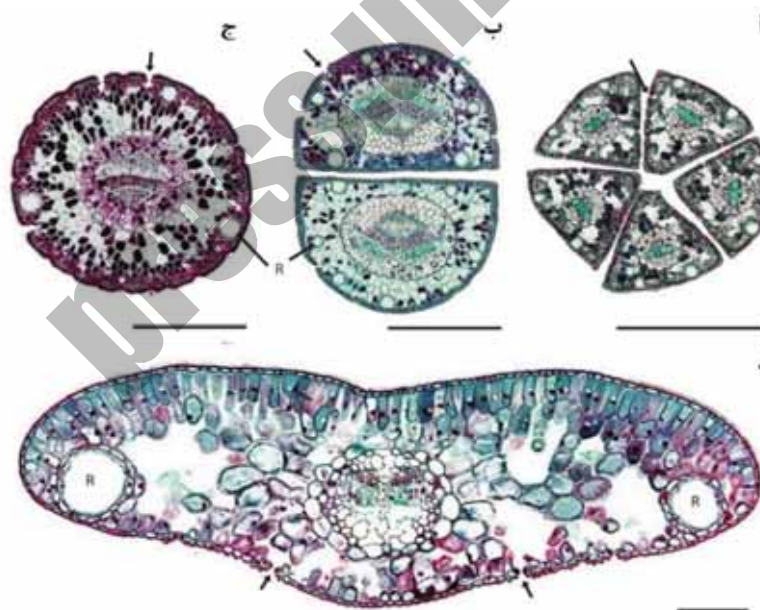
شکل ۳-۵۲ نمایش یواسستیل در برش عرضی ساقه شبنم قرمز (*Trifolium pratense*) که در آن حلقه‌ای از دسته‌جات آوندی مغز را احاطه کرده است. نقاط اطراف برش عرضی ساقه نیز کرک‌های برش‌خورده را نشان می‌دهد؛ (ب) انکتواسستیل در برش عرضی ساقه (*Smilax* sp.) که از ویژگی‌های تکلیه‌ها به شمار می‌آید (مقیاس ۵۰۰ μm).



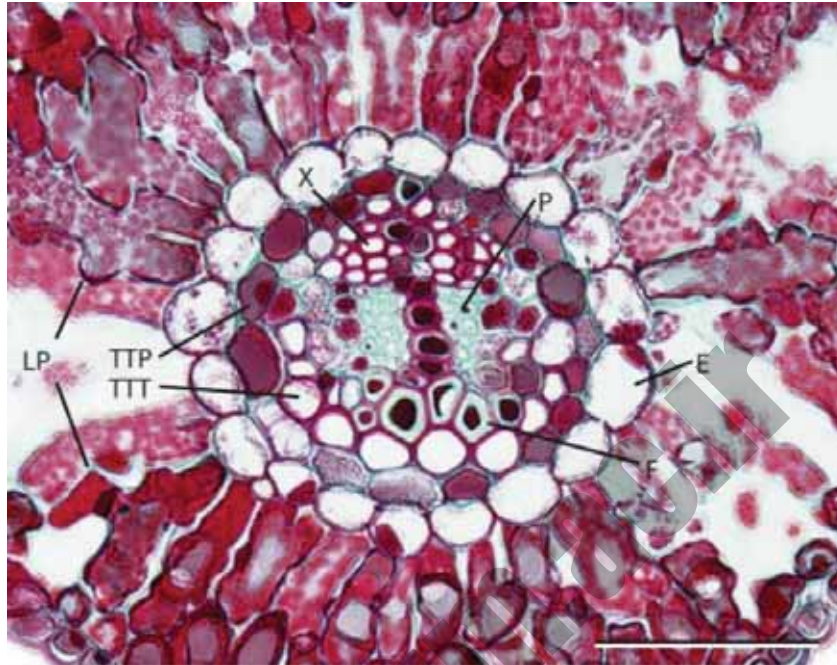
شکل ۴-۲ (أ) برش عرضی ساقه سرخدار کانادایی (*Taxus canadensis*) یک‌ساله: پاراننشیم چوب (P) در بین اشعه‌های چوبی در زمینه‌ای از تراکئیدهای محوری قرار گرفته است (T)، عناصر تراکئیدی سوراخ‌دار؛ (ب) برش عرضی ریشه (*Metasequoia glyptostroboides*) که در مرکز آن بافت مغزی تجزیه‌شده حاصل از رشد اولیه و رشد ثانویه بعدی در طی سه‌سال (Y1-Y2-Y3) همراه با اشعه‌های چوبی توسعه‌یافته نمایش داده شده است؛ در خارجی‌ترین لایه کامبیوم آوندی (VC) همراه با آبکش‌های ثانوی (Ph، نوار سبزرنگ) و پریدرم توسعه‌یافته (Pe) وجود دارد؛ پوست اولیه (C) و ریزودرم (R) در حال از بین رفتن است (مقیاس ۱۰۰ μm ؛ ب ۱ mm).



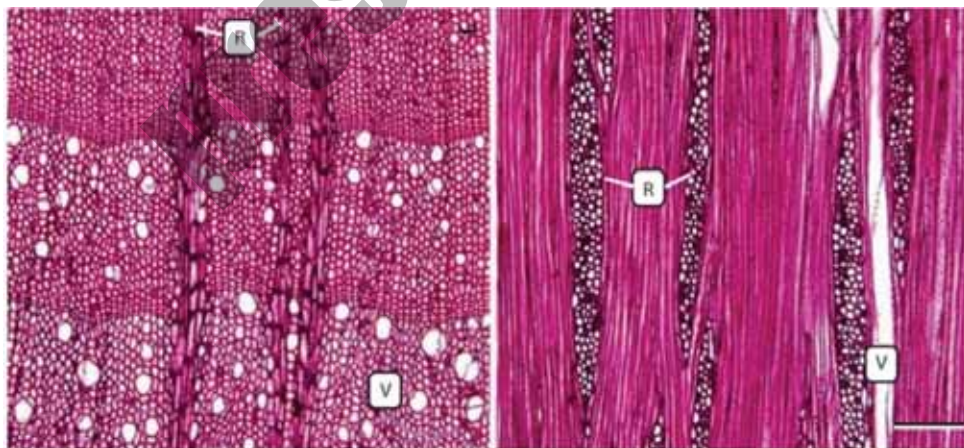
شکل ۳-۴ ساختار برگ زرومورفیت بازدانگان: نمایش فیبرهای (F) هیپودرمی، سلول‌های نگهبان فرورفته (GC) احاطه‌شده با سلول‌های همراه (SC) در مزوفیل برگ کاج (*Pinus monophylla*)؛ و (ب) (*Abies concolor*)؛ (ج) اپیدرم برگ (*Tsuga canadensis*) دارای لایه کوتیکولی (C) و دیواره سلول‌های اپیدرمی (CW) ضخیم (مقیاس ا-ب ۵۰ μm ؛ ج ۲۰ μm).



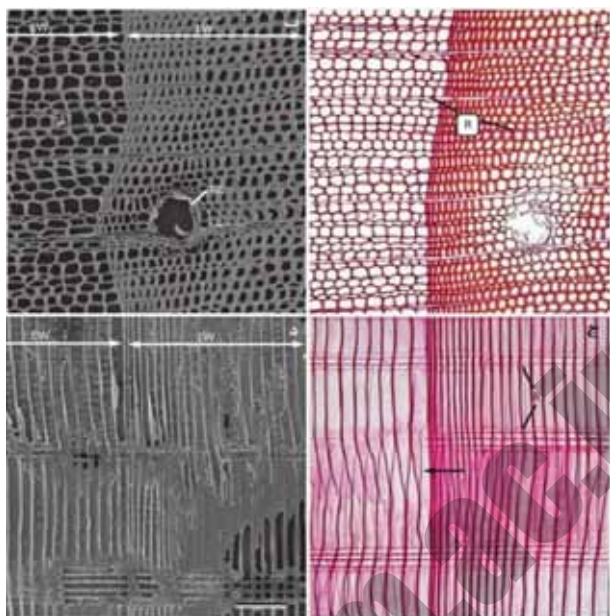
شکل ۴-۴ برش عرضی برگ مخروطیان: (أ) پنج برگ کاج سفید (*Pinus strobus*)؛ (ب) دو برگ کاج اتریشی (*Pinus nigra*)؛ (ج) تک‌برگ کاج (*Pinus monophylla*)؛ (د) برگ‌پهن (*Abies sp.*) دارای پارانشیم کلروفیلی نردبانی در سطح و پارانشیم کلروفیلی اسفنجی در قسمت زیرین برگ؛ در تمامی تصاویر مجاری رزین (R) و روزنه‌ها (پیکان‌های سیاه‌رنگ) مشخص شده است (مقیاس ا-ب-ج ۵۰۰ μm ؛ د ۱۰۰ μm).



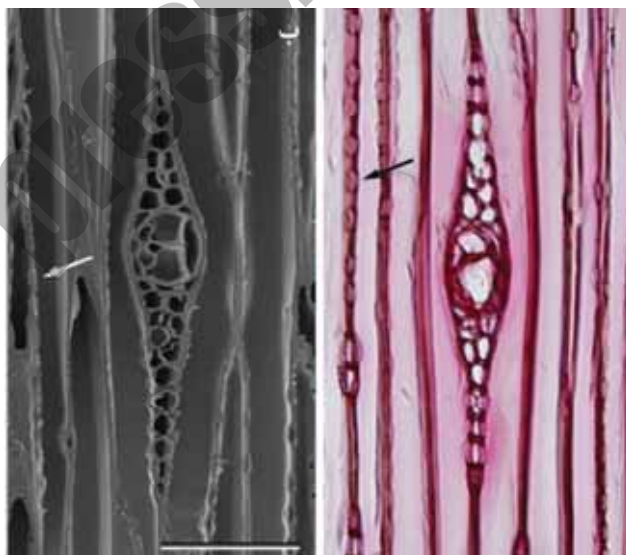
شکل ۴-۵ غلاف آوندی فیبری مرکزی در برش عرضی برگ (*Larix laricina*): غلاف آوندی شامل: آوند چوب (X)، آوند آبکش (P)، فیبرها (F)، بافت انتقالی (TT) که به وسیله آندودرم (E) احاطه شده است، می باشد. بافت انتقالی نیز شامل پارانشیم زنده (TTP) و تراکئیدهای مرده (TTT) است. سلولهای پارانشیم لوبدار مزوفیل برگ (LP) نیز مشخص شده است (مقیاس ۱۰۰ μm).



شکل ۴-۶ چوب (*Ephedra trifurca*): (أ) برش مماسی که در آن عناصر آوندی (V) و اشعه‌های مغزی (R) مشاهده می‌شوند؛ (ب) برش عرضی (مقیاس ۱۰۰ μm).



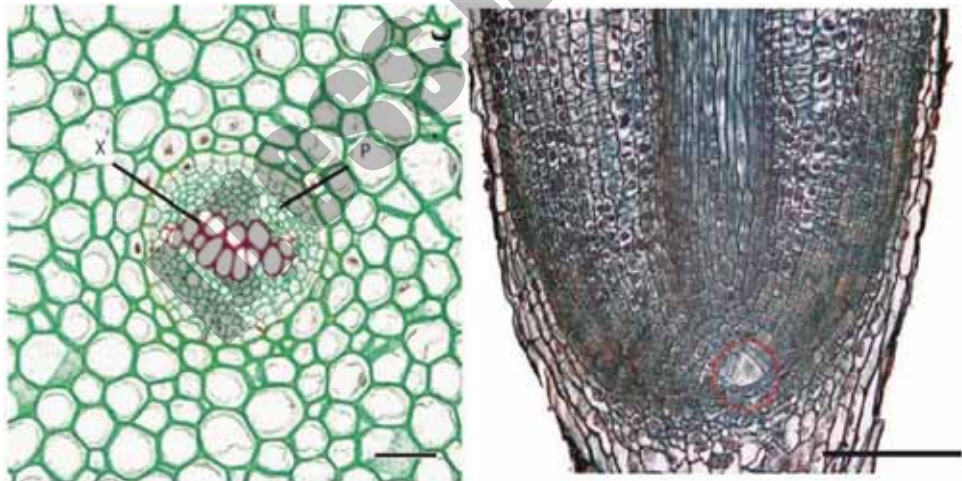
شکل ۷-۴ برش عرضی چوب بازدانگان (*Pinus* sp.) در ا-ب؛ برش شعاعی در ج-د. در برش عرضی مرز میان رشد سالیانه چوب اولیه (EW) با دیواره تراکتیدی نازک و چوب ثانویه (LW) با دیواره تراکتیدی ضخیم به خوبی نمایش داده شده است. اطراف مجرای رزین محوری (RC) را نیز پارانشیم ترشخی احاطه کرده است. اشعه‌های مغزی ترکیبی از پارانشیم و تراکتیدها هستند (R). تراکتیدهای مخروطی روی هم قرار گرفته شده با پیکان سیاه رنگ نشان داده شده است (مقیاس ۱۰۰ μm).



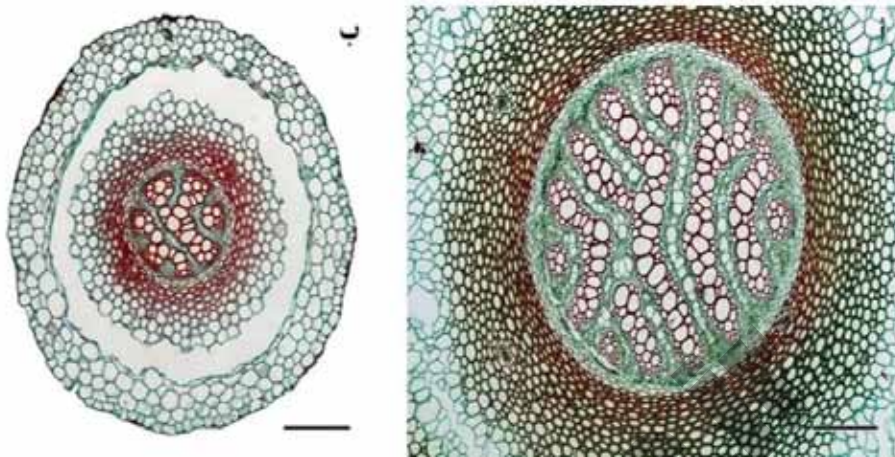
شکل ۸-۴ دو کانال رزین شعاعی در برش مماسی چوب کاج (*Pinus* sp.) به دیواره‌های حفرات تراکتیدها در دیواره‌های جانبی توجه کنید (نوک پیکان‌ها) (مقیاس ۱۰۰ μm).



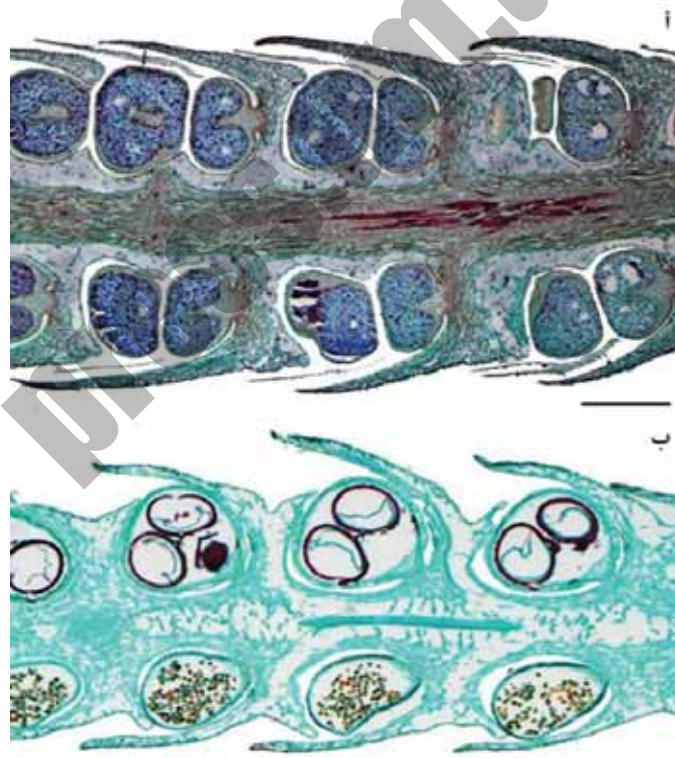
شکل ۵-۱ ساده‌ترین نهانزادان آوندی: (أ) پنجه‌گرگ‌گونه (*Lycopodiella cernua*)؛ (ب) دم‌اسب‌گونه (*Equisetum telmateia*)؛ (ج) سرخس‌گونه (*Microsorium scolopendrium*) (مقیاس أ-ج ۱۰ Cm؛ ب ۲ Cm).



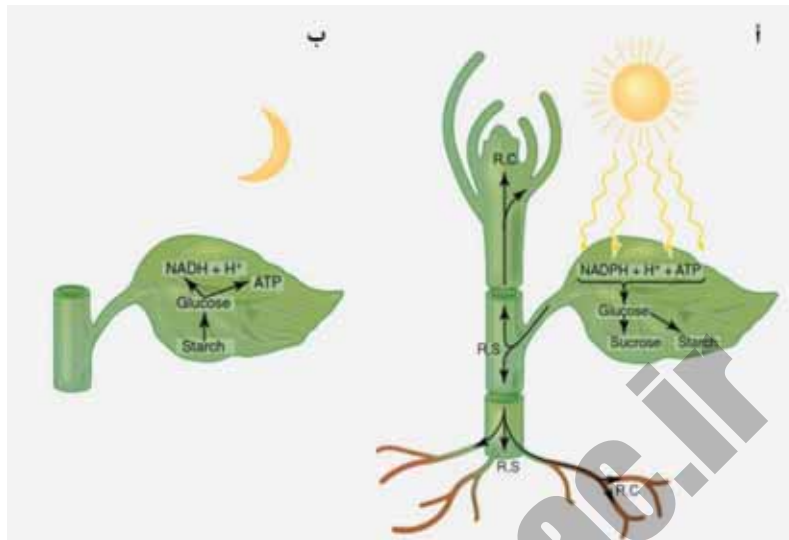
شکل ۵-۲ (أ) برش طولی نوک ریشه سرخس (*Botrychium* sp.): سلول‌های مریستمی در ناحیه دایره قرمز رنگ مشخص شده است؛ (ب) غلاف دوطرفه در ریزوم سرخس (*Polypodium* sp.) (مقیاس أ ۲۰۰ μm ؛ ب ۵۰ μm).



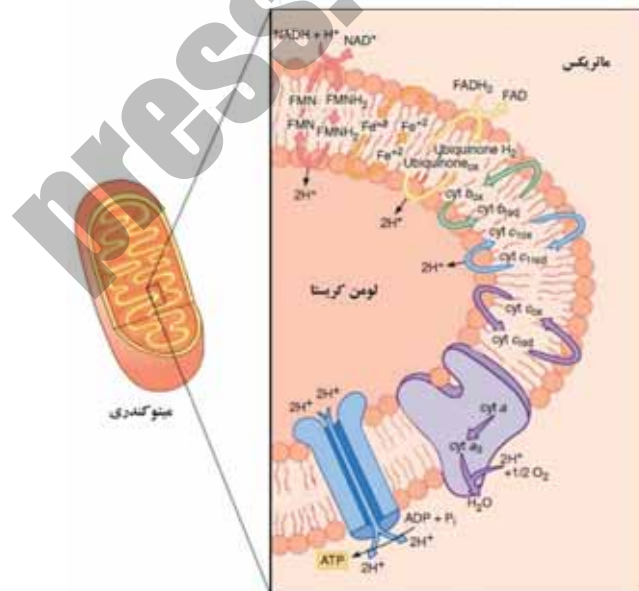
شکل ۳-۵ نمایش پلکتواستیل در (*Lycopodium* sp.): (أ) برش عرضی ساقه که در آن آوندهای چوب و آبکش، آثار برگها و پوست قابل مشاهده است؛ (ب) برش عرضی ریشه همانند ساقه بدون نمایش آثار برگها (مقیاس أ ۱۰۰ μm ؛ ب ۵۰ μm).



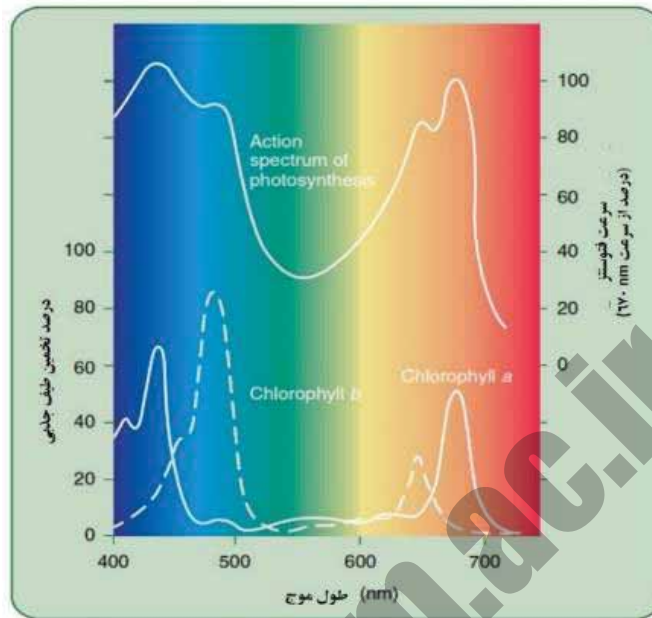
شکل ۵-۵ (أ) نمایش اسپورانژیوم و اسپروفیلها در برش طولی (*Lycopodium* sp.): (ب) نمایش مگاسپورها و میکروسپورها در برش طولی (*Selaginella* sp.) (مقیاس ۱۰۰ μm).



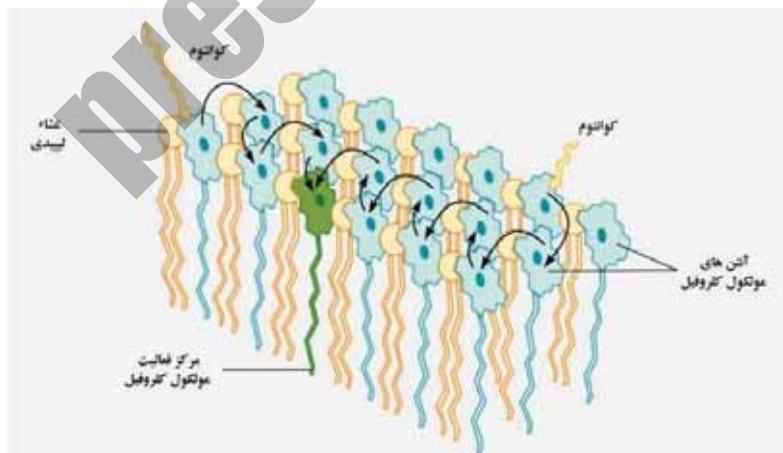
شکل ۶-۱۱) با در دسترس قرار گرفتن نور بافت‌های فتوسنتزکننده، ATP و NADPH بیشتری نسبت به مصرف سلول‌ها تولید می‌کنند. بخشی از گلوکز تولیدشده به صورت کربوهیدرات ذخیره می‌شود یا به شکل ساکارز (فرم انتقالی قند در میان بافت‌ها) به مناطق مصرف و رشد منتقل می‌شود. ساکارز مجدداً به گلوکز تبدیل شده و در فرآیندهای تنفس (R) و سوخت‌وساز (C) و تشکیل ساختارهای سلولی مانند: سلولز، لیگنین، آمینو اسید و نوکلئوسیدها مصرف می‌شود؛ همچنین گلوکز به فرم ذخیره‌ای کربوهیدرات (S) در اندام‌هایی مانند: ریشه، میوه و بذر برای مدت طولانی ذخیره می‌شود؛ (ب) بافت‌های اتوتروف در تاریکی به شکل هتروتروف درآمد و به مصرف انرژی حاصل از اکسیداسیون کربوهیدرات می‌پردازند.



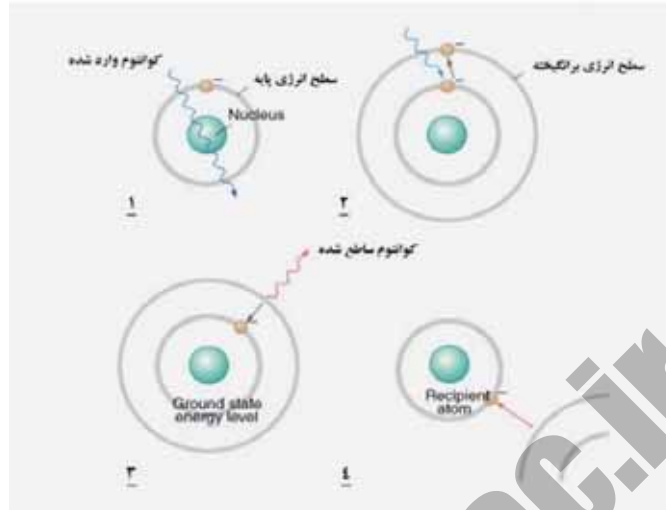
شکل ۶-۱۰) طرح شماتیکی ترکیبات مهم زنجیره انتقال الکترون در غشاء میتوکندری که انتقال پروتون از ماتریکس به لومن کریستا بر اثر اختلاف شیب اسمز شیمیایی را نشان می‌دهد. فلاونین مونونوکلوئید (FMN) ساختاری مشابه FDA دارد.



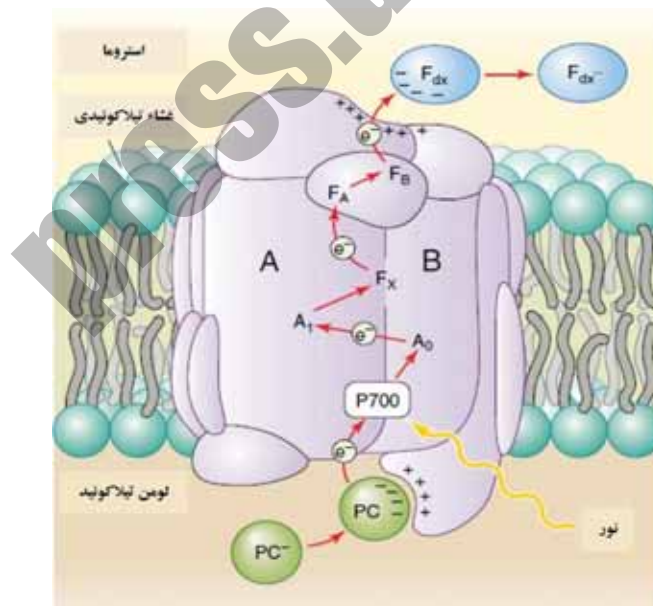
شکل ۷-۱ طیف جذبی کلروفیل a و b و محدوده طیف فعالیت فتوسنتز؛ محور افقی طول موج برحسب نانومتر را نشان می‌دهد که از طول موج کوتاه در محدوده رنگ آبی شروع می‌شود و تا طول موج‌های بلند در محدوده رنگ قرمز ادامه پیدا می‌کند. محورهای عمودی جذب طیف نوری در رنگدانه‌ها را نمایش می‌دهد؛ کلروفیل a در طول موج‌های کم مانند ۴۰۰ نانومتر نیز قدرت جذب داشته و فتوسنتز در مقادیر کمی روی می‌دهد، اما در طول موج‌های کمی بیشتر مانند ۴۲۵ نانومتر، فتوسنتز به خوبی انجام می‌شود. در محدوده امواج ۶۵۰ تا ۶۸۰ نانومتر نیز جذب قابل توجهی انجام می‌شود. تفاوت طیف جذبی در کلروفیل a و b موجب برداشت طول موج حداکثری جهت فتوسنتز خواهد شد.



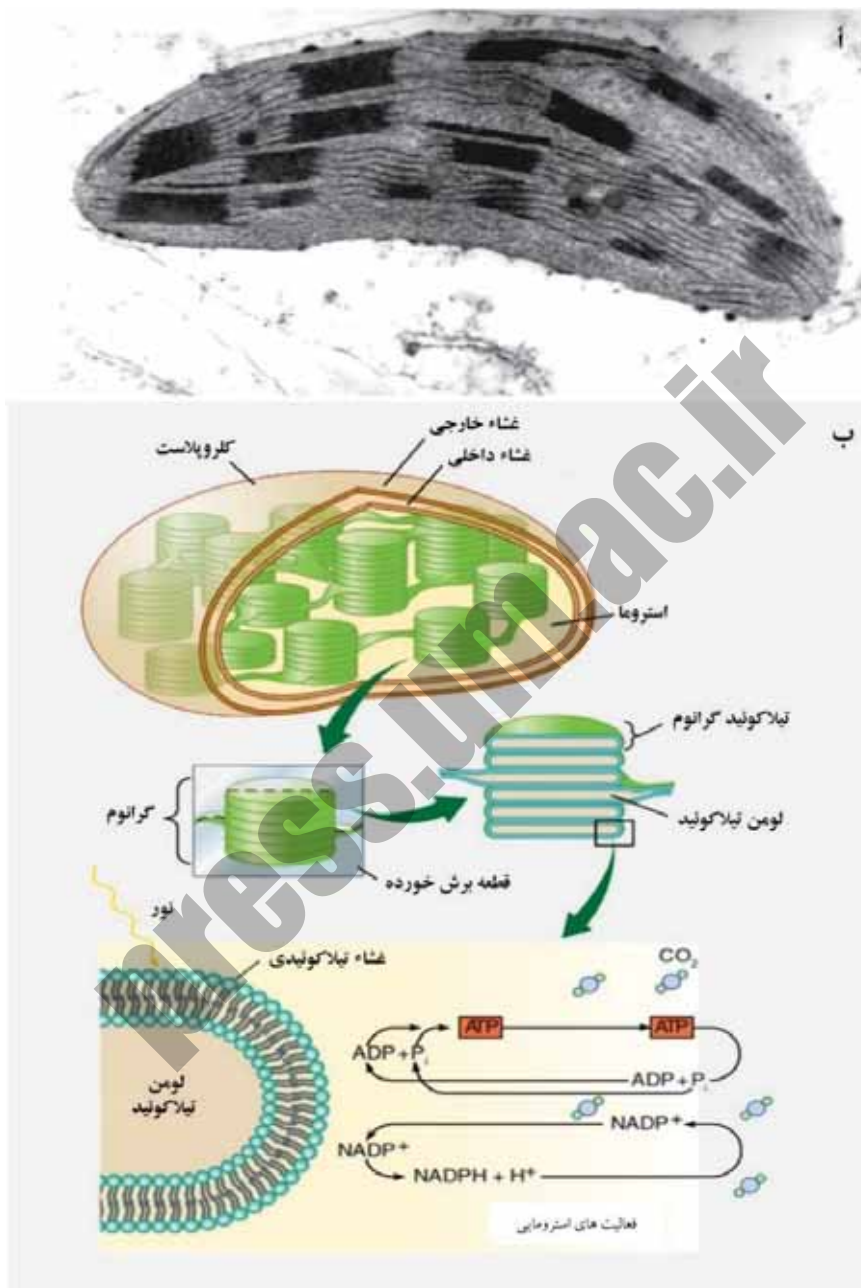
شکل ۷-۳ تنها مولکول کلروفیل a در مرکز واکنش، درگیر واکنش اولیه فتوشیمیایی فرآیند فتوسنتز می‌شود و سایر مولکول‌های اطراف به عنوان آنتن‌های مولکول کلروفیل فعالیت می‌کنند. صرف‌نظر از اینکه کدام رنگدانه وظیفه جذب را بر عهده داشته باشد، انرژی به مرکز واکنش منتقل خواهد شد.



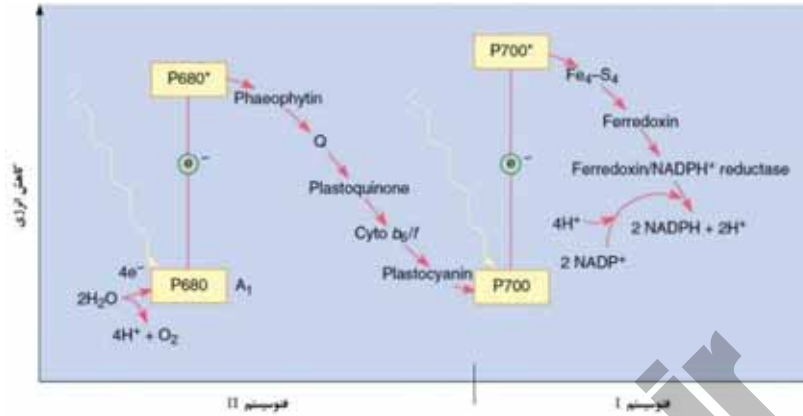
شکل ۷-۴) چنانچه طیف وارد شده در محدوده جذب رنگدانه نباشد، از اوربیتالها عبور کرده و جذب نمی‌شود و به دلیل گسیل طیف نوری سبز، کلروفیلها به رنگ سبز مشاهده می‌شوند؛ (۲) اگر طیف وارد شده در محدوده جذب باشد، موجب برانگیخته شدن الکترون از سطح انرژی پایه به اوربیتالهایی با انرژی بالاتر می‌شود؛ (۳) الکترون در سطح برانگیخته ناپایدار بوده و با از دست دادن انرژی به شکل طیف نوری با امواج بلندتر (فلورسانس) به سطح انرژی پایه باز می‌گردد؛ (۴) همچنین الکترون برای بازگشت به حالت پایه می‌تواند وارد اتم دیگری شود؛ موارد نام برده شده از مراحل اصلی فتوسنتز به شمار می‌آیند و در نبود آنان حیات نیز وجود نخواهد داشت.



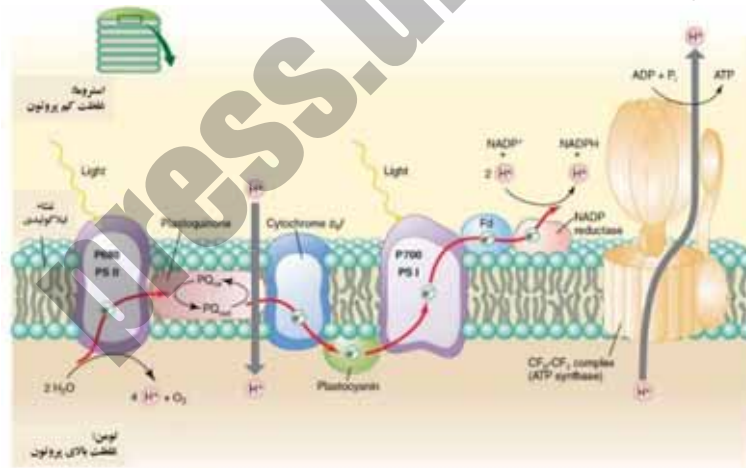
شکل ۷-۶ مرکز واکنش فتوسیستم A و B دو پروتئین بزرگ متصل به کلروفیل هستند. سایر ترکیبات اطراف این دو پروتئین گردآمده‌اند. پلاستوسیانین (PC)، فرودوکسین (F_{dx}) و سایر انتقال‌دهندگان الکترون (F_A - F_B - F_x - A_1 - A_0) نیز نمایش داده شده است.



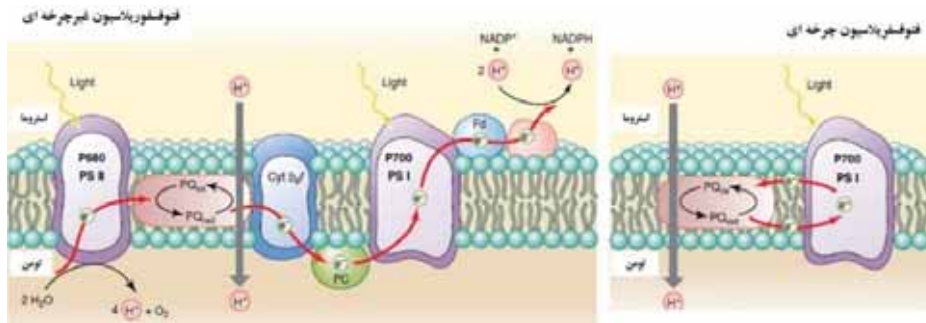
شکل ۷-۱۵) تصویر TEM کلروپلاست که در آن ارتباط میان گرانها به خوبی نمایش داده شده است؛ (ب) واکنش‌های روشنایی فتوسنتز که به وسیلهٔ ناقلان غشاء انجام می‌شود، اما در واقع کربوهیدرات‌ها در استرومای کلروپلاست ایجاد می‌شوند. ATP-ADP و $NADP^+$ -NADPH در بین دو ناحیه انتشار می‌یابد.



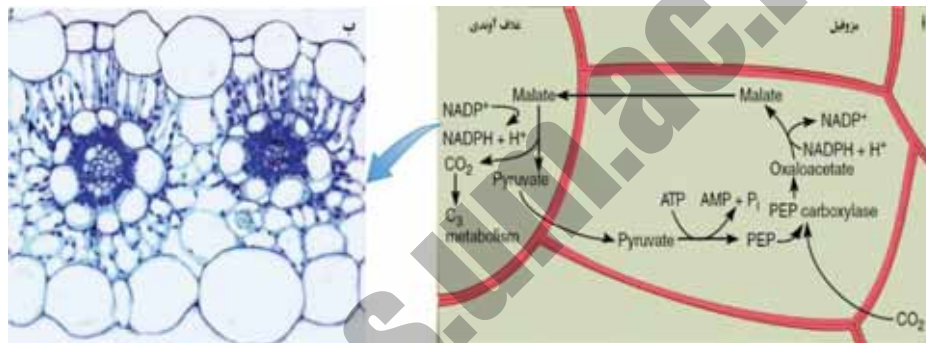
شکل ۷-۷ فعالیت دو فتوسیستم I و II با یکدیگر و انتقال الکترون از آب به NADPH. مولکول‌هایی با ظرفیت زیاد انتقال الکترون در قسمت بالای چارت قرار گرفته‌اند. به دلیل شباهت چارت به حرف انگلیسی Z به آن طرح Z نیز گفته می‌شود. خطوط قرمز رنگ نشانه جذب فوتون به وسیله کلروفیل‌های مرکز واکنش است: P680 برای فتوسیستم II و P700 برای فتوسیستم I. کلروفیل تحریک شده P680* یک الکترون به فتوفیتین منتقل می‌کند. در طرف اکسیدکننده فتوسیستم II، P680 اکسید شده به وسیله نور مجدداً به وسیله الکترون‌های دریافتی از آب احیاء می‌شود. در سمت احیائی فتوسیستم II، فتوفیتین الکترون‌ها را به گیرنده‌های پلاستوکینون منتقل می‌کند. کمپلکس سیتوکروم *b₆f* الکترون‌ها را به پلاستوسیانین، پروتئین محلولی که P700 را احیاء می‌کند، منتقل می‌نماید. مجموعه‌ای از پروتئین‌های آهن-گوگردار متصل به غشاء (Fe₄-S₄) الکترون‌ها را به فردوکسین محلول منتقل می‌کنند. فلاووپروتئین محلول فردوکسین - NADP⁺ ردوکتاز موجب احیاء NADP⁺ به NADPH شده که در چرخه کالوین برای احیاء کربن‌دی‌اکسید به کار می‌رود.



شکل ۸-۷ شکست مولکول آب و تولید پروتون در مرکز واکنش فتوسیستم II در سطح لومن غشای تیلاکوئیدی روی می‌دهد، درحالی‌که دریافت پروتون به وسیله NADP⁺ و تبدیل آن به NADPH در سطح استروما انجام می‌شود. انتقال الکترون‌ها و پروتون‌ها در غشاء تیلاکوئیدی به صورت عمودی و به وسیله چهار مجموعه پروتئینی صورت می‌گیرد. در حفره تیلاکوئیدی، آب به وسیله فتوسیستم II اکسید شده و پروتون آزاد می‌شود؛ فتوسیستم I موجب احیاء NADP⁺ به NADPH در استروما از طریق فعالیت فردوکسین و فلاووپروتئین فردوکسین - NADP⁺ ردوکتاز می‌شود. پروتون‌ها نیز با فعالیت مجموعه *b₆f* به داخل حفره منتقل شده و در شیب الکتروشیمیایی پروتون شرکت می‌کنند؛ سپس این پروتون‌ها باید به سمت آنزیم ATP سینتاز منتشر شوند و در اینجا از این شیب پتانسیل الکتروشیمیایی برای ساخت ATP در استروما استفاده می‌شود. پلاستوکینون و پلاستوسیانین احیاء شده به ترتیب موجب انتقال به سیتوکروم *b₆f* و فتوسیستم I می‌شوند.



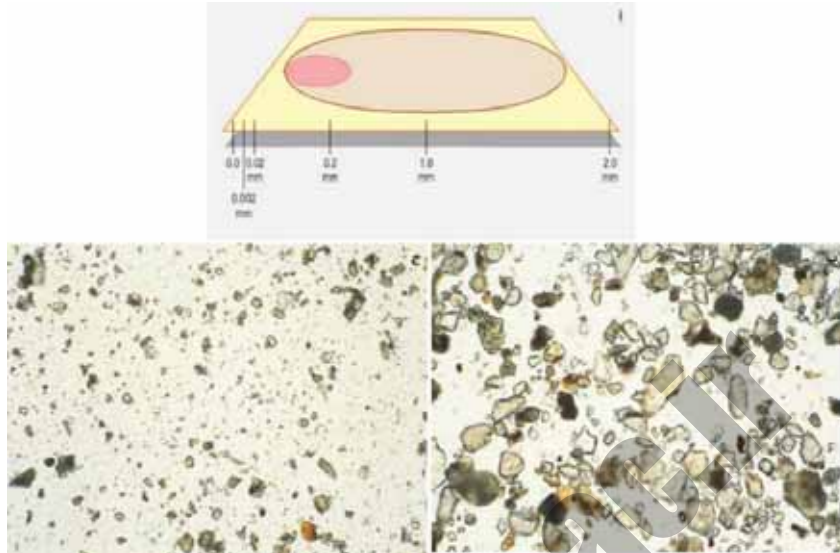
شکل ۹-۷ طرح فتوسفوریلاسیون غیرچرخه‌ای الکترون موسوم به طرح Z و فتوسفوریلاسیون چرخه‌ای که بسیار ساده‌تر است. فتوسفوریلاسیون چرخه‌ای شامل جریان الکترون از P700 به پلاستوکینون است که انتقال‌دهنده پروتون به لومن و برگرداندن الکترون به P700 است.



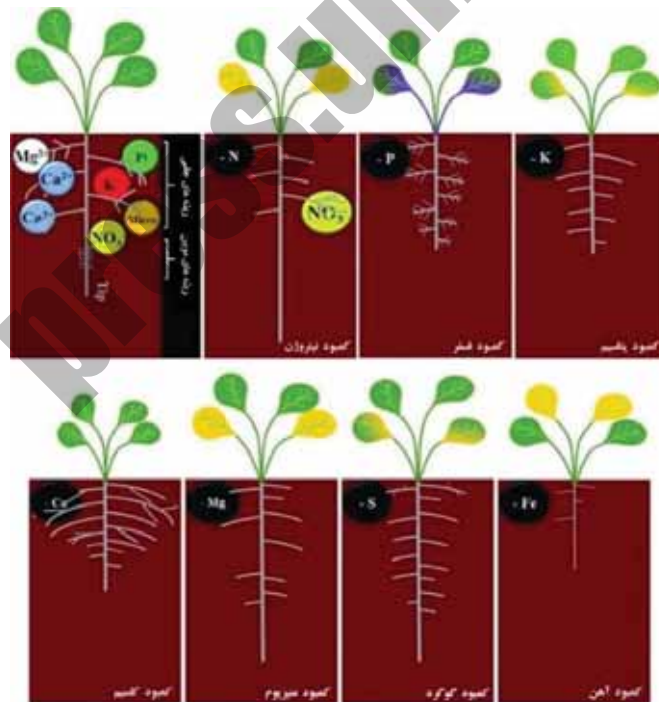
شکل ۷-۱۱ (أ) واکنش‌های صورت‌گرفته در گیاهان دارای مسیر فتوسنتزی C_4 : (ب) نمایش برگ برش‌خورده با آناتومی کرانز که در آن غلاف آوندی اطراف آوندها را احاطه کرده است و دارای کلروپلاست فراوانی هستند.



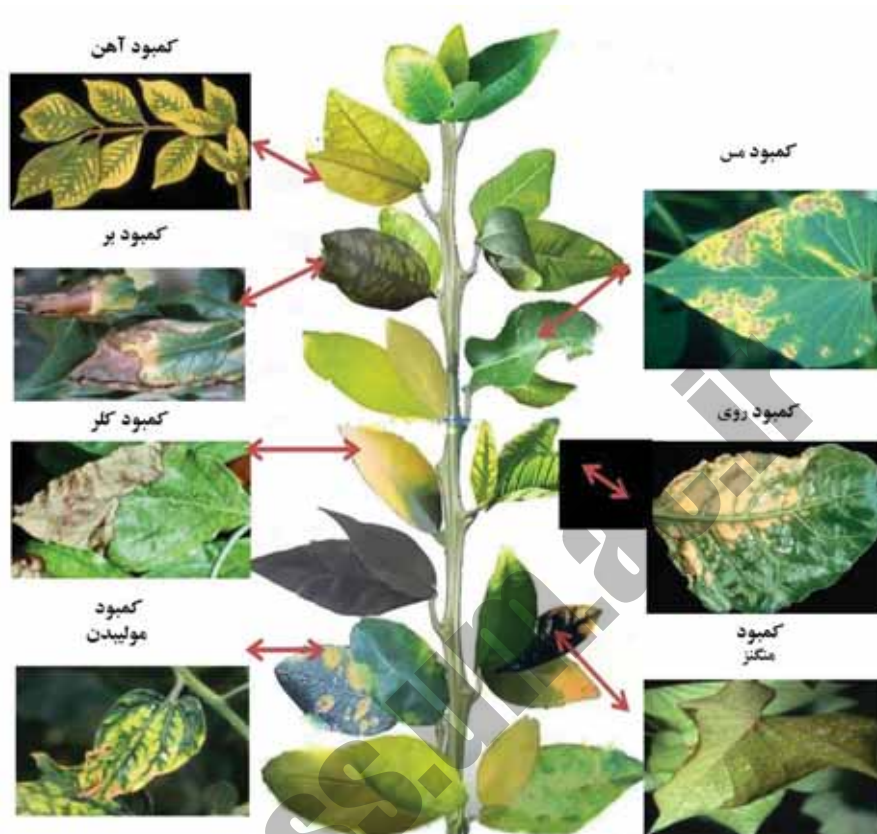
شکل ۷-۱۲ (أ) کاکتوس بیشک‌های (*Ferocactus*) دارای مسیر فتوسنتزی CAM: (ب) سلول‌های فتوسنتزی در گیاهان دارای مسیر CAM واکوئل‌های بسیار بزرگی دارند که شرایط را برای تجمع اسیدهای چهارکربنه فراهم می‌کند. سلول‌های پوست نردبانی شکل بوده و شبیه مزوفیل نردبانی برگ است (مقیاس $100 \mu m$).



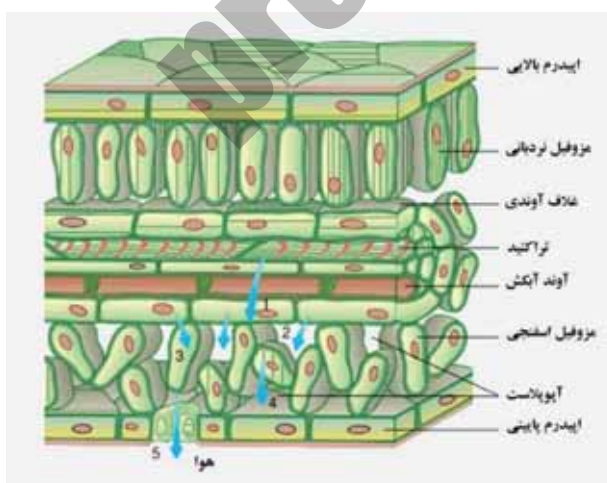
شکل ۸-۱ (أ) طرح تفهیمی بافت خاک بر اساس اندازه شامل: ۰/۲ تا ۲ میلی‌متر شن درشت، کوچک‌تر از آن شن، ۰/۰۲ تا ۰/۰۰۲ ماسه و کمتر از ۰/۰۰۲ رس را تشکیل می‌دهد؛ ب-ج) تصویر میکروسکوپ نوری از اجزای تشکیل‌دهنده شن (ب)، ماسه و ذرات رس (ج).



شکل ۸-۴ طرح شماتیکی آثار کمبود عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در گیاهان؛ متحرک بودن (مانند نیتروژن) و یا نبودن عنصر را می‌توان از اثر کمبود روی برگ‌های جوان و پیر گیاه تعیین کرد.



شکل ۸-۵ آثار کمبود عناصر کم مصرف بر روی برگ گیاهان.

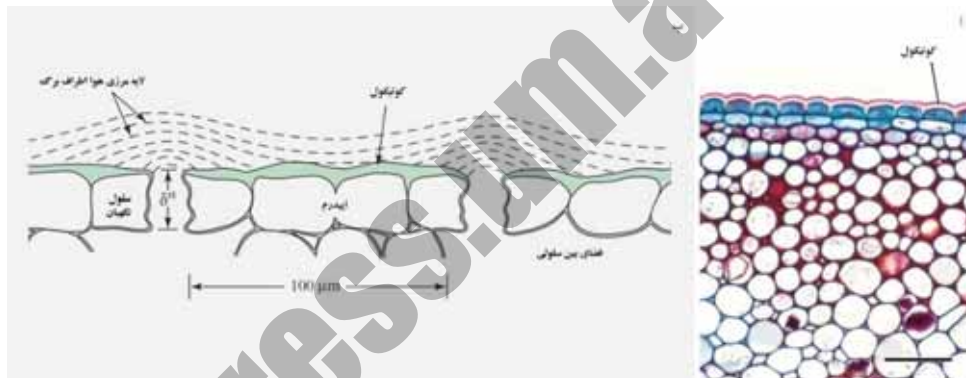


۱. پلا تراکتید < پلا غلاف
۲. پلا غلاف < پلا آپوپلاست
۳. پلا غلاف < پلا مزوفیل اسفنجی
۴. پلا مزوفیل اسفنجی < پلا آپوپلاست
۵. پلا آپوپلاست < پلا هوا (MPa - ۵۰)

شکل ۹-۱ حرکت آب از داخل برگ به بیرون؛ پتانسیل آب در طول مسیر عبارت است از:



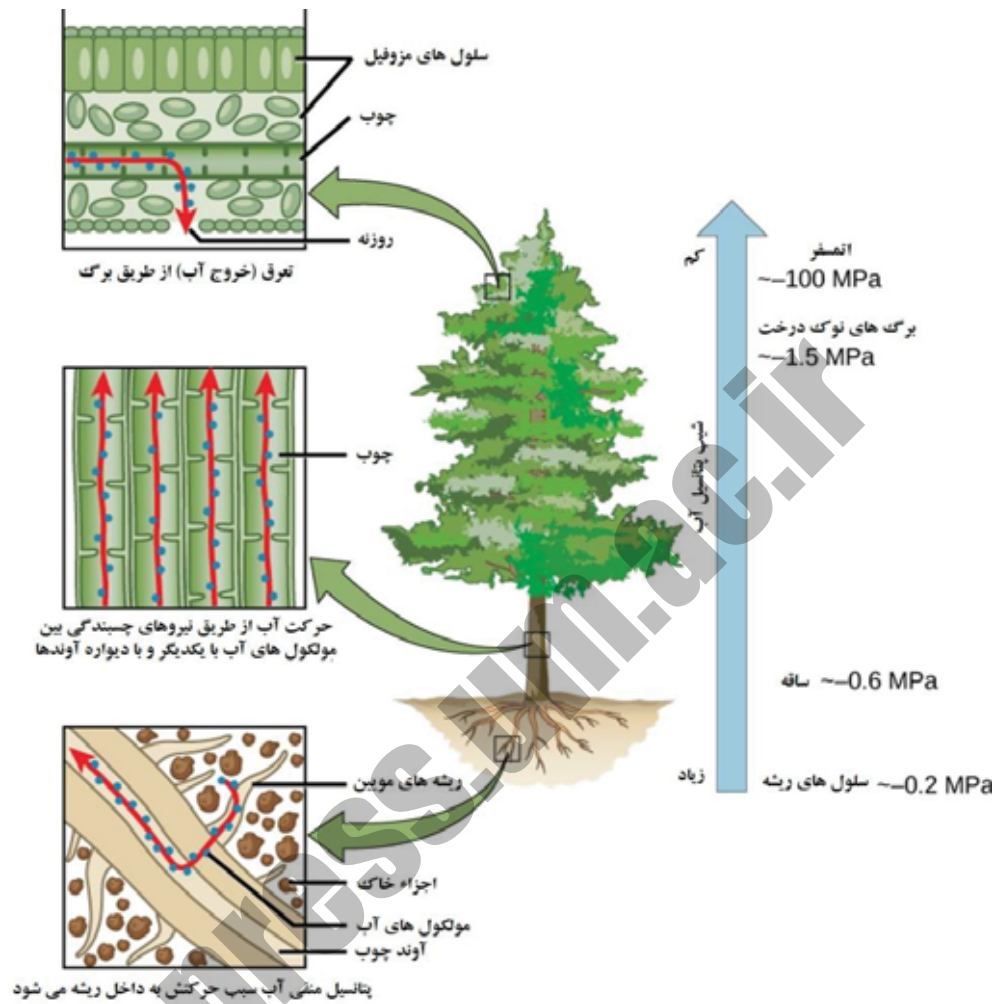
شکل ۹-۲ (أ) سلول‌های دمبرگ‌های برگچه‌های گیاه (*Oxalis sp.*) در ابتدای صبح که دمای هوا به نسبت سرد است و شدت تابش نور حداقل است، در حالت تورژسانس سلولی قرار داشته و تعرق کم است؛ ب) با نزدیک شدن به نیمه‌روز و افزایش دمای هوا و شدت تابش نور، سلول‌های دمبرگ‌های برگچه‌ها رطوبت خود را از دست داده و تعرق افزایش می‌یابد.



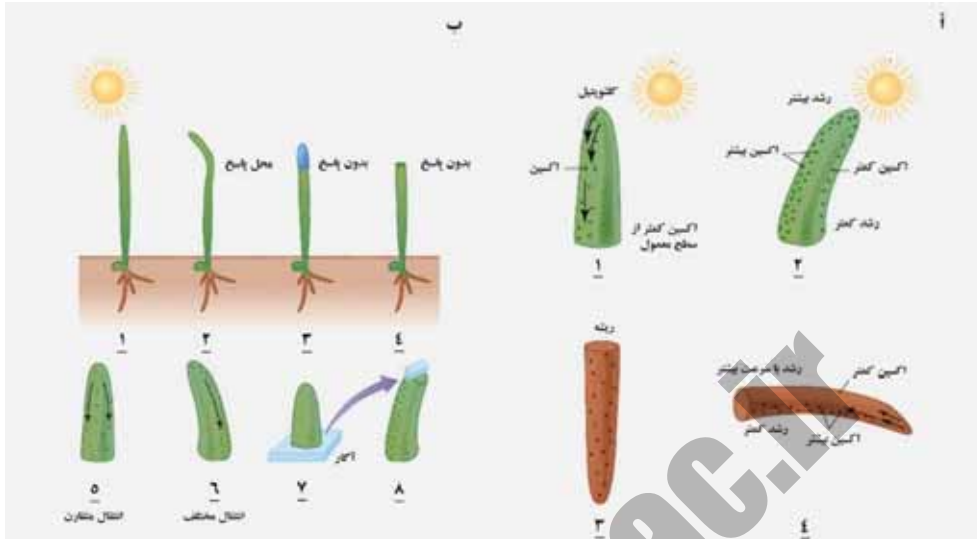
شکل ۹-۳ (أ) کوتیکول (نوار صورتی‌رنگ) متشکل از کوتین و لایه‌ای ضدآب که سطح سلول‌های اپیدرم را پوشانده و رطوبت گیاه را حفظ می‌کند؛ ب) حرکت هوا سبب تولید خلاء در اطراف روزنه‌های برگ و در نتیجه تعرق بیشتر می‌شود (مقیاس ۵۰ μm).



شکل ۹-۴ تعریق از طریق برگ‌های گندم (*Triticum aestivum*) در مزرعه و در شرایط گلخانه‌ای.



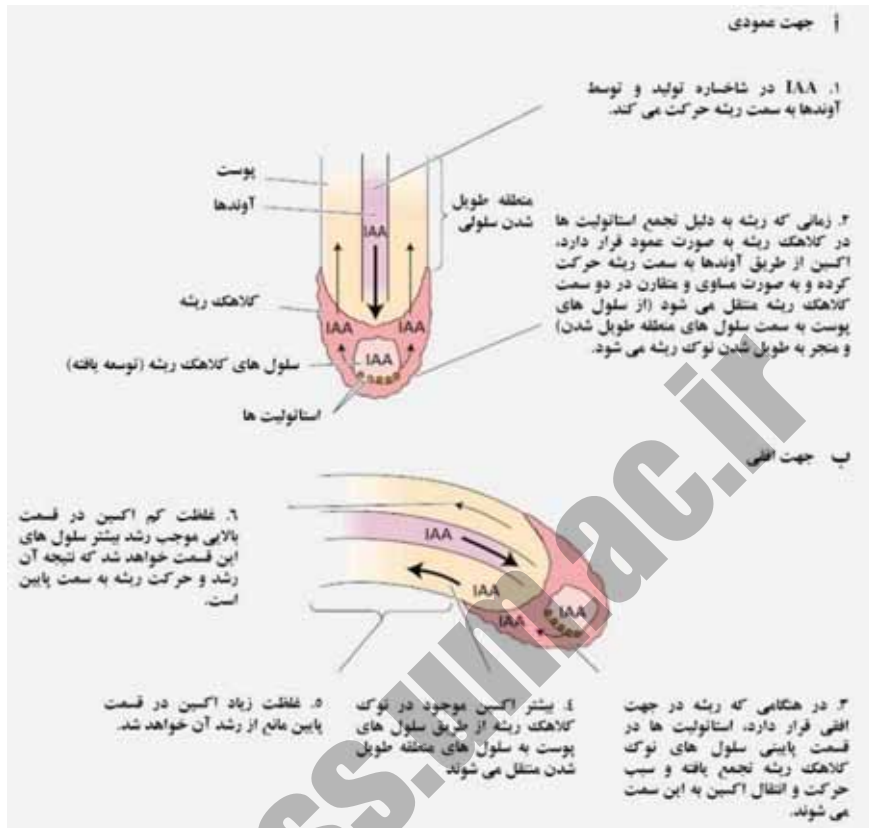
شکل ۵-۹- تعرق از سلول های مزوفیل برگ (از دست دادن آب از حفره روزنه) سبب ایجاد شیب پتانسیل منفی آب در گیاه و عامل جذب آب از طریق ریشه هاست.



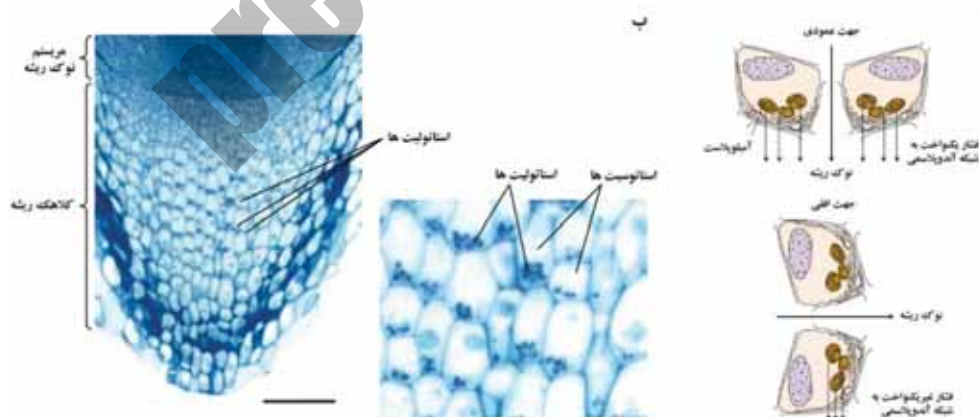
شکل ۱۰-۲ (أ) رشد، نتیجه افزایش سطح اکسین (۲ و ۴) نسبت به شرایط معمول (۱ و ۳) است که می‌توان آن را در کلئوپتیل و ریشه مشاهده کرد، اما تفاوت ارتباط سطح رشد با میزان اکسین تنها در نوک ریشه وجود دارد؛ (ب) با دریافت تابش نور خورشید به‌طور مستقیم از قسمت بالا، گیاهچه یولاف نیز به سمت بالا رشد خواهد کرد (۱)؛ با دریافت نور خورشید از یک‌جهت، کلئوپتیل گیاهچه نیز به سمت نور رشد خواهد کرد (۲)؛ چنانچه کلئوپتیل گیاهچه پوشانده شده (۳) یا حذف شود (۴)، هیچ‌گونه پاسخی به دریافت نور مشاهده نخواهد شد. در شرایط تاریکی یا نور حداکثری، اکسین در کلئوپتیل به‌صورت متقارن توزیع خواهد شد و رشد در هر دو جهت مشاهده می‌شود (۵)؛ چنانچه نور از یک‌جهت به کلئوپتیل تابیده شود، اکسین در جهت مقابل و در قسمت تاریک به میزان بیشتری تولید و توزیع پیدا خواهد کرد و منجر به رشد بیشتر کلئوپتیل در محل تاریک شده و رشد یک‌جهت را ایجاد می‌کند؛ با برش کلئوپتیل و قرار دادن آن بر روی بلوک آگار (۷)، اکسین به داخل آگار منتقل شده و چنانچه بلوک آگار بر روی قسمت نور نبدیده کلئوپتیل قرار گیرد، مجدداً رشد صورت خواهد گرفت.



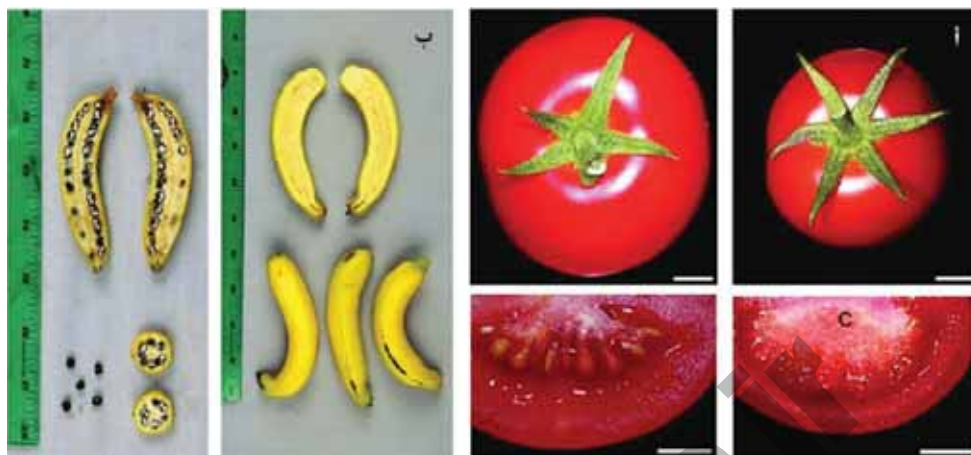
شکل ۱۰-۳ (أ) پاسخ به نورگرایی در نوک گیاهچه‌ها سبب رشد از میان محل‌های تاریک به سمت نور می‌شود؛ (ب) در گل‌های آفتابگردان (*Helianthus annuus*) نوع غیرمعمولی از پاسخ به نورگرایی مشاهده می‌شود، به‌طوری‌که گل‌ها در طول روز از سمت شرق (محل تابش اولیه نور) به سمت غرب (انتهای روز و اتمام تابش نور خورشید) حرکت می‌کنند و این عمل تا چندین هفته به طول می‌انجامد (از زمانی که طبق گل بسیار کوچک است تا زمانی که ساقه گل‌دهنده به میزان خوبی چوبی شده و موجب تحرک کم گل شود).



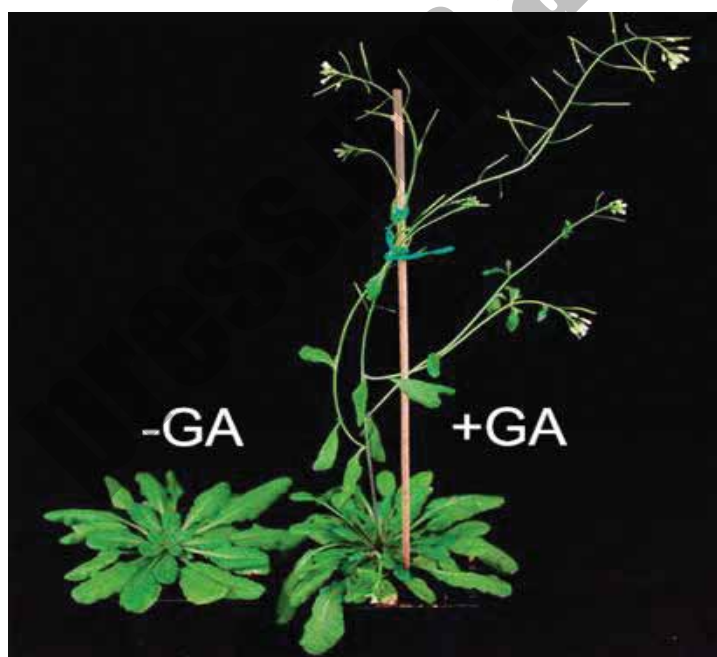
شکل ۱۰-۴ مدل توزیع اکسین در پاسخ مثبت ریشه به زمین‌گرایی.



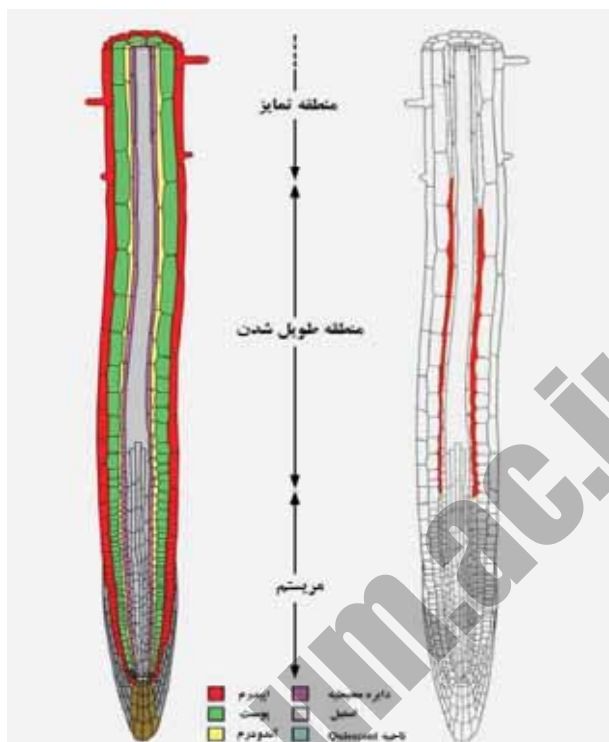
شکل ۱۰-۵) طرح شماتیکی پاسخ به زمین‌گرایی در سلول‌های نوک کلاهک ریشه در هنگام تغییر جهت رشد ریشه؛ (ب) برش طولی نوک ریشه آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*): سلول‌های استاتوسیت حاوی استاتولیت‌ها و تجمع آنان در قسمت پایین سلول که سبب زمین‌گرایی مثبت نوک ریشه می‌شود (مقیاس ۱۰۰ μm).



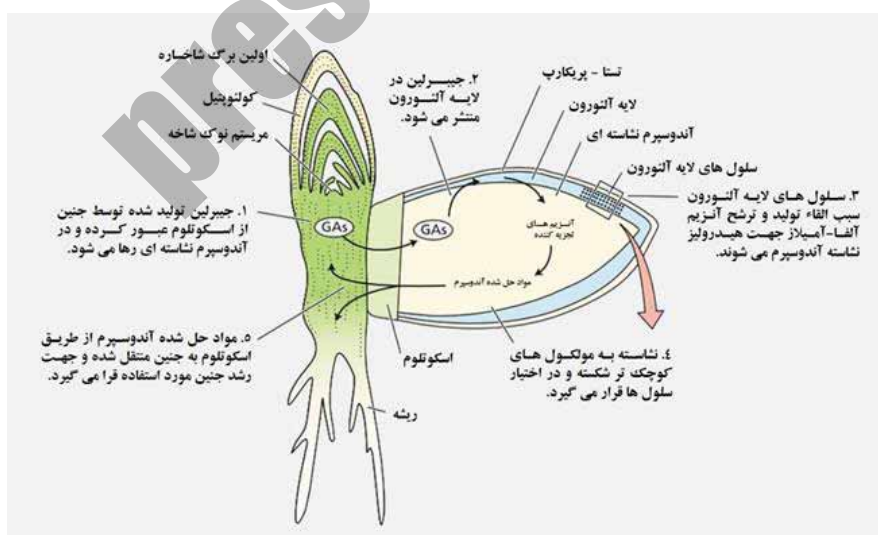
شکل ۷-۱۰ توانایی تولید میوه بی‌دانه با کمک روش‌های اصلاحی پارتنوکارپی سبب تولید گوجه‌فرنگی بی‌دانه (ا) و موز بی‌دانه (ب) شده است.



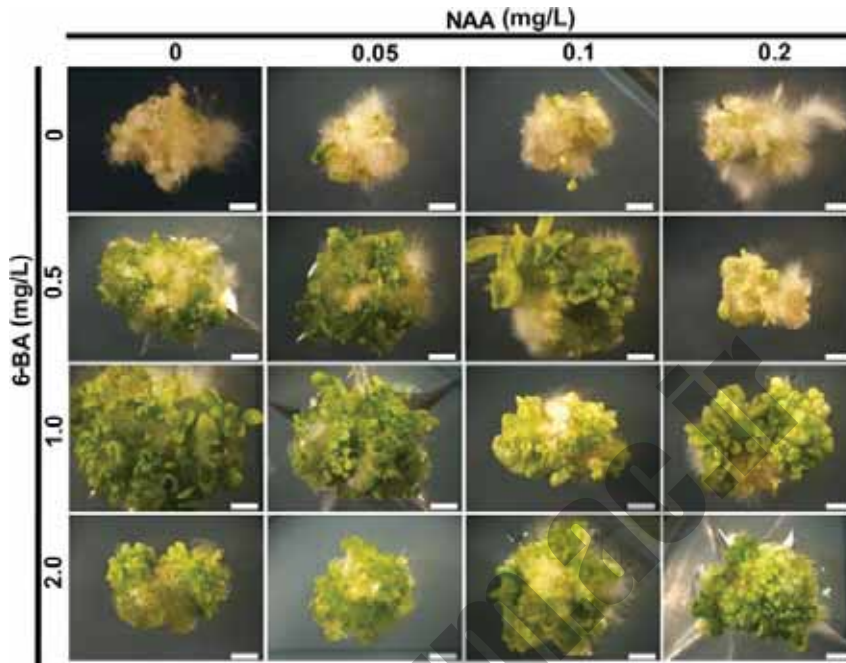
شکل ۱۰-۱۱ اثر جیبرلین بر گل‌دهی گیاهچه‌های آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*) در شرایط حضور (+GA) و عدم حضور (-GA) هورمون.



شکل ۱۰-۱۱ اثر جیبرلین (خطوط قرمز تصویر سمت راست) بر منطقه طولی شدن سلولی پس از ریشه‌زایی سبب رشد طولی آن می‌شود.



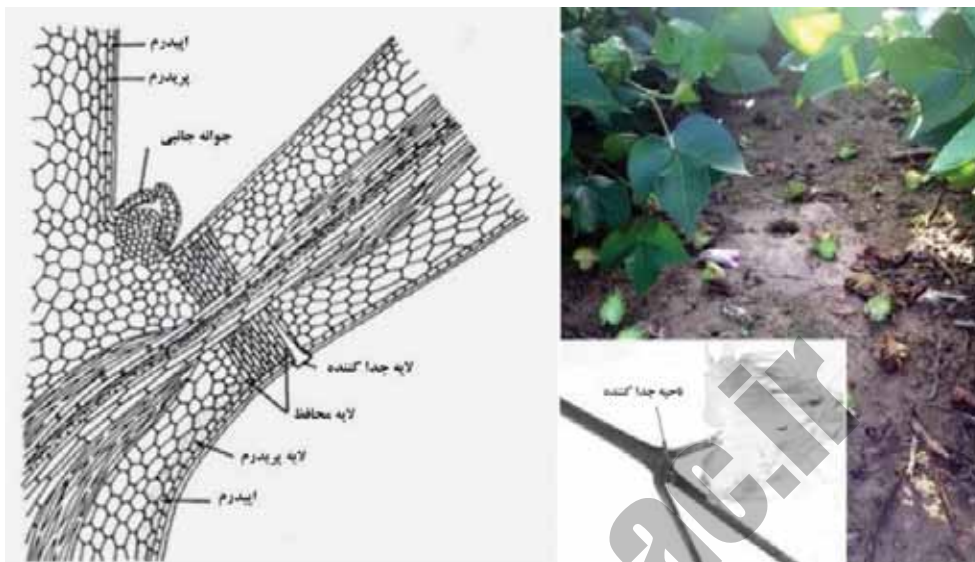
شکل ۱۰-۱۲ طرح جوانه‌زنی بذر جو (*Hordeum vulgare*) و اثر هورمون جیبرلین در شروع فرآیند جوانه‌زنی.



شکل ۱۰-۱۴ باززایی شاخساره از کالوس‌های جنینی تنباکو (*Nicotiana Tabacum*) در محیط کشت حاوی مقادیر مختلف هورمون نفتالین اسیداستیک (NAA) از گروه اکسین و هورمون ۶-بنزیل آمینوپورین (6-BA) از گروه سیتوکنین. آثار متقابل غلظت‌های دو هورمون NAA و 6-BA استفاده‌شده در محیط کشت حاوی کالوس‌های جنینی (برحسب میلی‌گرم هورمون در لیتر) در مقدار تشکیل شاخساره و رشد آن در تصویر نمایش داده شده است (مقیاس ۲ mm).



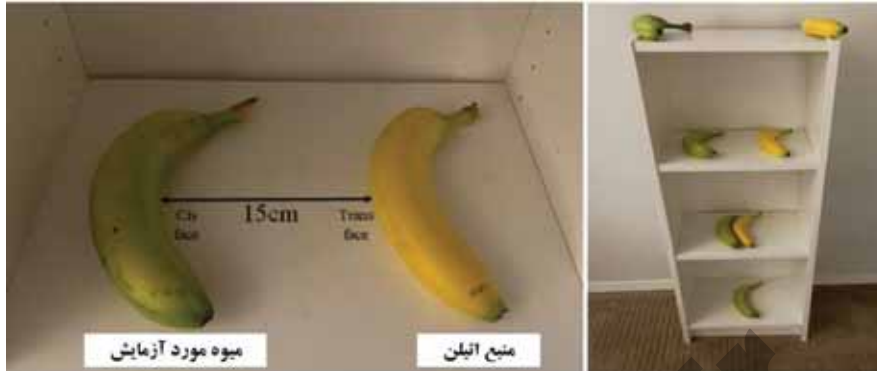
شکل ۱۰-۱۵ کاهش میزان رشد ریشه در گیاهچه (أ) و گیاه (ب) تنباکو (*Nicotiana Tabacum*) تحت تیمار با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر هورمون سیتوکنین (تصاویر سمت چپ أ و ب).



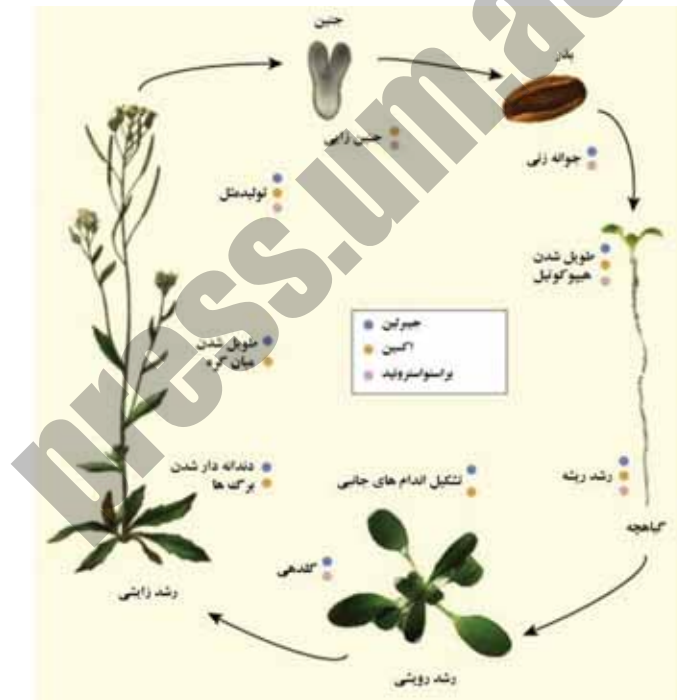
شکل ۱۰-۱۷ ریش غوزه پنبه (*Gossypium herbaceum*) در اثر سنتز و انتقال ABA از محل اتصال غوزه به ساقه گیاه (ناحیه جداکننده).



شکل ۱۰-۱۸ تیمار گیاه تنباکو (*Nicotiana Tabacum*) با غلظت 10^{-6} مولار هورمون اسیدآبسیزیک سبب تسریع پیری در برگها شده است. آزمایش دیسکهای جداشده از برگها نشان داده است که تجزیه کلروفیل سریعتر روی می‌دهد.



شکل ۱۰-۲۰ تعیین زمان رسیدگی میوه، تحت تأثیر اتیلن با آزمایشی ساده؛ دو میوه موز رسیده و نارس در فواصل صفر، ۱۵ و ۳۰ سانتی متری از یکدیگر قرار گرفته (یک میوه نارس به عنوان شاهد) و زمان رسیدگی میوه مشخص شد. رسیدگی در دو میوه‌ای که در کمترین فاصله از یکدیگر قرار داشتند (به دلیل حجم اتیلن تولیدی) پس از گذشت سه روز به حداکثر خود رسید.



شکل ۱۰-۲۱ مدل آثار متقابل هورمون‌های جیبرلین، اکسین و براسنواستروئید در طول چرخه حیات گیاه. سیگنال‌های اکسین برای چنین‌زایی و رشد محورهای گیاهی ضروری است. انتقال قطبی اکسین در مریستم نوک ریشه، موجب فرم‌دهی ریشه و تشکیل ریشه‌های جانبی می‌شود. تجمع اکسین در مریستم نوک ساقه نیز موجب شکل‌دهی برگ‌های اولیه می‌شود؛ همچنین حضور اکسین در مراحل مختلف گل‌دهی، تشکیل تخمک و زیگوت نیز ضروری است. جیبرلین آثار گسترده‌ای بر جوانه‌زنی و رشد گیاه (مبنای اصلی توسعه سلولی)، توسعه گل و زمان گل‌دهی دارد. وجود براسنواستروئیدها در بیشتر بافت‌های گیاهی، بذور، دانه‌گرده و بافت‌های جوان گزارش شده است.