DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwpr.2012.2785

فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۷، شمارهٔ ٤، صفحهٔ ۵۸۳-۵٦۹، (۱۳۹۱)

اثر فرسایش خاک بر روی ویژگی‌های آناتومیکی چوب و پوست ریشه درخت ارس (*Juniperus excelsa*)

وحیدرضا صفدری[۱*]، نیما اسکینی[۲]، آژنگ تاجدینی[۳] و ویلما بایرام‌زاده[٤]

۱*- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
پست‌الکترونیک: vahid.safdari@kiau.ac.ir
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
٤- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۱

چکیده

آناتومی چوب درختان علاوه بر تأثیرپذیری از صفات والدین (ژن) متأثر از عوامل محیطی است. یکی از این عوامل محیطی فرسایش خاک است که تأثیرهای قابل توجهی بر روی ویژگی‌های آناتومی چوب ریشه درختان دارد. درخت ارس (*Juniperus excelsa*) یکی از سوزنی‌برگان بومی ایران و دارای دیرزیستی بالا بوده و در نتیجه مطالعه آناتومی چوب ریشه آن در دو حالت داخل و خارج از خاک می‌تواند بیانگر اثرهای فرسایش خاک بر روی ویژگی‌های آناتومیکی چوب ریشه این گونه باشد. بدین منظور از پوست و چوب ریشه‌های چند درخت گونه ارس در داخل خاک و بیرون‌زده از خاک نمونه‌برداری و از آنها توسط میکروتوم مقاطع نازک میکروسکوپی تهیه و صفت‌های آناتومیکی آنها مطالعه و مقایسه شد. نتایج نشان داد که حلقه‌های رویشی نمونه چوب ریشه داخل خاک از یک ردیف چوب تابستانه تشکیل شده است و با شروع پدیده بیرون‌زدگی از خاک در مقطع عرضی از ضخامت حفرات سلولی در بخش بهاره و تابستانه کاسته شده و سلول‌های چوبی در ظاهر ضخیم‌تر به‌نظر می‌رسد و همچین بر مقدار چوب تابستانه افزوده می‌شود. پارانشیم‌های طولی حاوی مواد رنگی سیاه رنگ در بخش بیرون‌زده چوب ریشه به‌فراوانی مشاهده می‌شود. ضمناً با شروع پدیده بیرون‌زدگی از ضخامت پوست بخش بیرون‌زده از خاک کاسته شده و ضخامت لایه آبکش و پریدرم آن به بزرگی ریشه داخل خاک نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آناتومی چوب ریشه، ارس (*Juniperus excelsa*)، آناتومی پوست، فرسایش خاک، بیرون‌زدگی ریشه.

مقدمه

آناتومی چوب در درختان علاوه بر دارا بودن صفت‌های ژنتیکی متأثر از عوامل محیطی است. خشکی، بارندگی، آلاینده‌های هوا، شیب رویشگاه، سایه‌افکنی، سرما و یخ‌زدگی، سیلاب و بهمن، مثال‌هایی از عوامل مذکور می‌باشد که بر روی حلقه‌های رویشی درخت تأثیرگذار بوده و در درک کشف وقایع گذشته مؤثر می‌باشد. مطالعه چنین پدیده‌هایی تحت عنوان علم "گاه-نگاری درختی" یا " دندروکرونولوژی" نام گرفته است (اسپیر[۱]، ۲۰۱۰).

1 -Speer

سوزنی‌برگان در مقایسه با پهن‌برگان نسبت به عوامل خارجی یا محیطی حساس‌تر بوده و در نتیجه حلقه‌های رویشی و همچنین آناتومی چوب آنها بیش از سایر نباتات نمایانگر چنین تغییرات محیطی است (Schweingruber، ۱۹۷۶؛ Frittes، ۱۹۸۸ و Stokes و همکاران، ۱۹۶۸)، در نتیجه برای مطالعات دندروکرونولوژی مناسب می‌باشند. البته تحقیق‌ها در گاه‌نگاری درختی فقط بر روی حلقه‌های رویشی تنه درختان تمرکز نیافته است، و حلقه‌های رویشی ریشه درختان هم می‌تواند در انعکاس وقایع زیست محیطی مؤثر باشند (Schweingruber، ۱۹۷۶؛ Schweingruber و همکاران، ۲۰۰۶ و Gartner، ۲۰۰۶).

رانش و فرسایش خاک (Erosion) به سبب اینکه در مجاورت ریشه درختان اتفاق می‌افتد، می‌تواند باعث ایجاد تغییر در آناتومی چوب ریشه درختان شده و از طریق همین تغییرات آناتومیکی می‌توان تاریخ بیرون‌زدگی ریشه از خاک و مقدار خاک رانش یافته را تعیین نمود (Gartner، ۲۰۰۷؛ Hitz و همکاران،[a] ۲۰۰۸ و [b] ۲۰۰۸؛ Rubiales و همکاران، ۲۰۰۸).

Hitz و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که حفره فیبر و قطر حفره آوند در ریشه درخت زبان‌گنجشک (*Fraxius excelsior* L.) پس از فرایند فرسایش و خروج از خاک کاهش می‌یابد. Gartner (۲۰۰۷) از طریق تغییرات آناتومیکی بر روی ریشه درخت لاریکس زمان وقوع فرسایش و مقدار خاک فرسایش یافته را مشخص کرد. مهمترین تغییرات آناتومیکی در ریشه درختان سوزنی‌برگ بعد از فرسایش خاک عبارتند از: افزایش پهنی دوایر رویشی در چند سال اول بیرون‌زدگی، افزایش مقدار چوب تابستانه و کاهش حفره سلولی و شکل‌گیری مجاری رزینی جراحتی (ترومتیک) در گونه کاج (*Pinus sylvestris*) توسط محققان گزارش شده است (Rubiales و همکاران، ۲۰۰۸؛ Gartner، ۲۰۰۸). چنین تغییراتی را در سوزنی‌برگان می‌توان نتیجه واکنش سیستم کامبیوم آوندی به تغییرات محیطی دانست. به‌عنوان مثال، افزایش ضخامت دیواره تابستانه و کاهش حفره سلولی نوعی واکنش ریشه به افزایش مقاومت در برابر صدمات مکانیکی در ریشه‌های بیرون‌زده از خاک محسوب می‌شود(Rubiales و همکاران، ۲۰۰۸).

جدای از مطالب فوق که دلالت بر اثرهای عوامل محیطی بر روی ویژگی‌های آناتومیکی ریشه دارد، متأسفانه تحقیق‌هایی در خصوص آناتومی چوب و پوست به‌ویژه آناتومی چوب و پوست ریشه درختان سوزنی‌برگ و پهن‌برگ بومی ایران مورد توجه قرار نگرفته است، و در نتیجه آناتومی پوست و ریشه همواره در هاله‌ای از ابهام برای پژوهشگران و علاقمندان می‌باشد.

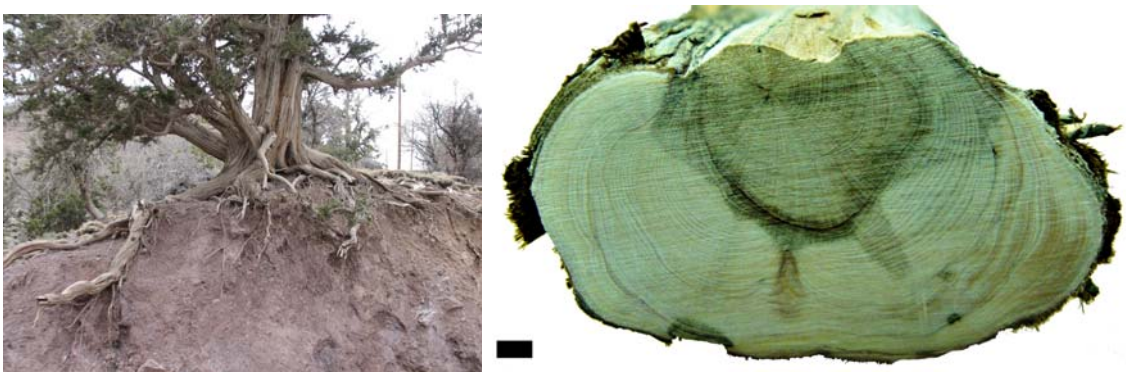
این پژوهش قصد دارد آناتومی چوب ریشه طبیعی (شاهد)، و بیرون‌زده از خاک را در گونه ارس (*Juniperus excelsa*) مورد مطالعه و مقایسه قرار دهد.

مواد و روشها

انتخاب گونه و رویشگاه

درخت ارس (*Juniperus excelsa*) از خانواده (*Cupressaceae*) جزء سوزنی‌برگانی بومی کشور ایران می‌باشد که در بیشتر رویشگاه‌های مناطق مرطوب (جنگلهای هیرکانی)، بیابانی (ایرانو- تورانی)، جنگلهای غرب و خلیج عمانی مشاهده می‌شود (ثاقب طالبی و همکاران، ۱۳۸۳). دیرزیستی، استقامت و رسوخ ریشه‌های این گونه در داخل صخره‌های سنگی به‌منظور دستیابی به رطوبت هر بیننده‌ای را شگفت‌زده می‌کند. ارس جزء

سوزنی‌برگانی است که حلقه‌های رویشی آن نسبت به تغییرات اقلیمی ازجمله دما و بارندگی حساس می‌باشد (پورطهماسی و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۱- ریشه بیرون‌زده از خاک درخت ارس (Juniperus excelsa).
(خط مقیاس معرف ۵ میلیمتر است)

جمع‌آوری نمونه‌ها

جمع‌آوری نمونه‌های چوب تنه و ریشه درخت ارس (*Juniperus excelsa*) ، از منطقه کیگوران واقع در غرب ایران، بین دو شهر سپیددشت و الیگودرز، در شرق استان لرستان و در دامنه رشته‌کوه اشترانکوه، طول جغرافیایی ′۳۳°۰۷ و عرض ′٤۹°۲۵ با متوسط ارتفاع ۲۵۰۰ متر از سطح دریا انجام شد. شدت تخریب گونه ارس (*Juniperus excelsa*) در چند سال اخیر باعث شده تا منطقه مذکور توسط سازمان جنگلها و مراتع، منطقه حفاظت شده اعلام شود.

از ریشه‌های درختانی که در مناطق شیب‌دار و فرسایش یافته قرار داشتند نمونه‌هایی جداگانه که شامل ریشه درون خاک (در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر زیر خاک قرارگرفته به‌عنوان نمونه شاهد) و بیرون‌زده از خاک بودند به‌وسیله اره دستی تهیه نمودیم (شکل ۱). جهت‌های داخل و بیرون‌زده از خاک بر روی ریشه‌ها علامت‌گذاری و بعد به قطعه‌های کوچک‌تر تبدیل شده و به‌منظور تثبیت اجزاء سلولی به داخل ظروف حاوی "فرمالین+ اسید استیک و آب‌اکسیژنه" منتقل شدند. نمونه‌های چوبی پس از انتقال به آزمایشگاه آناتومی چوب به ظروف محلول آب و گلیسرین (۱ به ۱) انتقال داده شد تا برای تهیه مقاطع نازک میکروسکوپی نگه‌داری شوند (Rozin، ۱۹۹۹).

طرز تهیه مقاطع میکروسکوپی

ریشه‌های گرد (دیسکی) به عمق و پهنای ۱ سانتی‌متر و به طول واقعی قطر ریشه به‌صورت مکعبی بریده شدند و موقعیت قرارگیری آن در خاک روی نمونه‌های مکعبی علامت‌گذاری شد. طول نمونه‌های مکعبی شامل بخش تحتانی، فوقانی و مغز ریشه می‌بود و آن دسته از ریشه‌هایی که از برش‌های مکعبی طویل برخوردار بودند از مغز به دو قسمت تقسیم شده تا تهیه نمونه در میکروتوم آسان باشد.

از دو بخش برون‌چوب و درون‌چوب، مقاطع عرضی، مماسی و شعاعی به‌ضخامت ۱۰ تا ۲۰ میکرومتر تهیه شد و پس از رنگ‌بری با آب ژاول با مخلوط ماده رنگی استرابلو و سفرانین (به نسبت ۱ به ۱) رنگ‌آمیزی شدند (Schweingruber و همکاران، ۲۰۰۶ و جانسن، ۱۹۴۰). سایر مراحل آماده‌سازی و تهیه لام و لامل از روش پارساپژوه و Schweingruber (۱۳۷۲) و Yaman، (۲۰۰۷) پیروی شد. به‌منظور اطمینان از وجود کریستال، نمونه‌ها توسط میکروسکوپ نوری و با نور پلاریزه مشاهده شدند و بعد از نمونه‌ها بوسیله میکروسکوپ نیکون مجهز به دوربین[1] و متصل به کامپیوتر عکس تهیه شد. کلیه مشخصات میکروسکوپی نمونه‌ها مطابق با ویژگی‌های میکروسکوپی ارائه شده توسط کمیته آیو- وآ (IAWA,1989) تشریح و در بخش نتایج کدگذاری شدند.

دیفیبره کردن نمونه‌های چوبی

به‌منظور اندازه‌گیریهای بیومتری الیاف تراشه‌هایی بسیار نازک از چوب ریشه بخش بیرون‌زده از خاک و بخش داخل خاک در جهت طولی گرفته شدند و بعد مطابق با روش Franklin (۱۹۴۵) دیفیبره شدند (Franklin، ۱۹۶۴). سپس طول فیبر، قطر کل دیواره، ضخامت حفره سلولی و ضخامت دو دیواره (دیواره چپ و راست تراکئید) ۳۰ عدد تراکئید اندازه‌گیری شدند.

نتایج

بوی چوب (مشخصه ۳۵)

چوب ریشه درخت ارس ((*Juniperus excelsa*)) دارای بوی نسبتاً تندی بوده اما در ظاهر و مقایسه‌ای که با تنه صورت پذیرفته، تندی بوی ریشه به اندازه تنه نمی‌باشد (مشخصه ۳۵).

مقطع عرضی

- حلقه‌های رویشی (مشخصه ٤٠)

دوایر رویشی ریشه درخت ارس اعم از بیرون‌زده[2] و داخل خاک تا حدودی واضح می‌باشد (a۱ و b۱). اما واضح بودن دوایر رویشی ریشه‌های داخل خاک بهتر از ریشه‌های بیرون‌زده از خاک هستند. علت این پدیده را می‌توان بدین سبب دانست که ریشه پس از بیرون‌زدگی از خاک بر مقدار چوب تابستانه آن افزوده شده و ضخامت دیواره تراکئید از بخش بهاره به سمت بخش تابستانه به‌طور تدریجی افزایش می‌یابد (شکل b۱). ضخامت دیواره تراکئید بخش بهاره سال جاری با بخش تابستانه سال قبل اختلاف فاحشی ندارد و همچنین به سبب صدمات مکانیکی پس از بیرون‌زدگی و شکل-گیری دوایر بریده یا به هم‌پیوسته، حد دوایر رویشی چوب ریشه بیرون‌زده همانند ریشه داخل خاک واضح نمی‌باشد. البته ناگفته نماند که حد دوایر رویشی ریشه داخل خاک (ریشه طبیعی یا شاهد) هم به سبب اینکه از یک ردیف تراکئید تابستانه تشکیل شده از دوایر رویشی چندان واضحی برخوردار نیستند و ضخامت دیواره تراکئید در بخش تابستانه چندان ضخیم نمی‌باشد (مشخصه ٥٤)(شکل۲).

برون‌مرکزی[1]

پهن‌تر شدن دوایر رویشی در یک سمت و باریکی حلقه‌های رویشی در سمت دیگر باعث شکل‌گیری

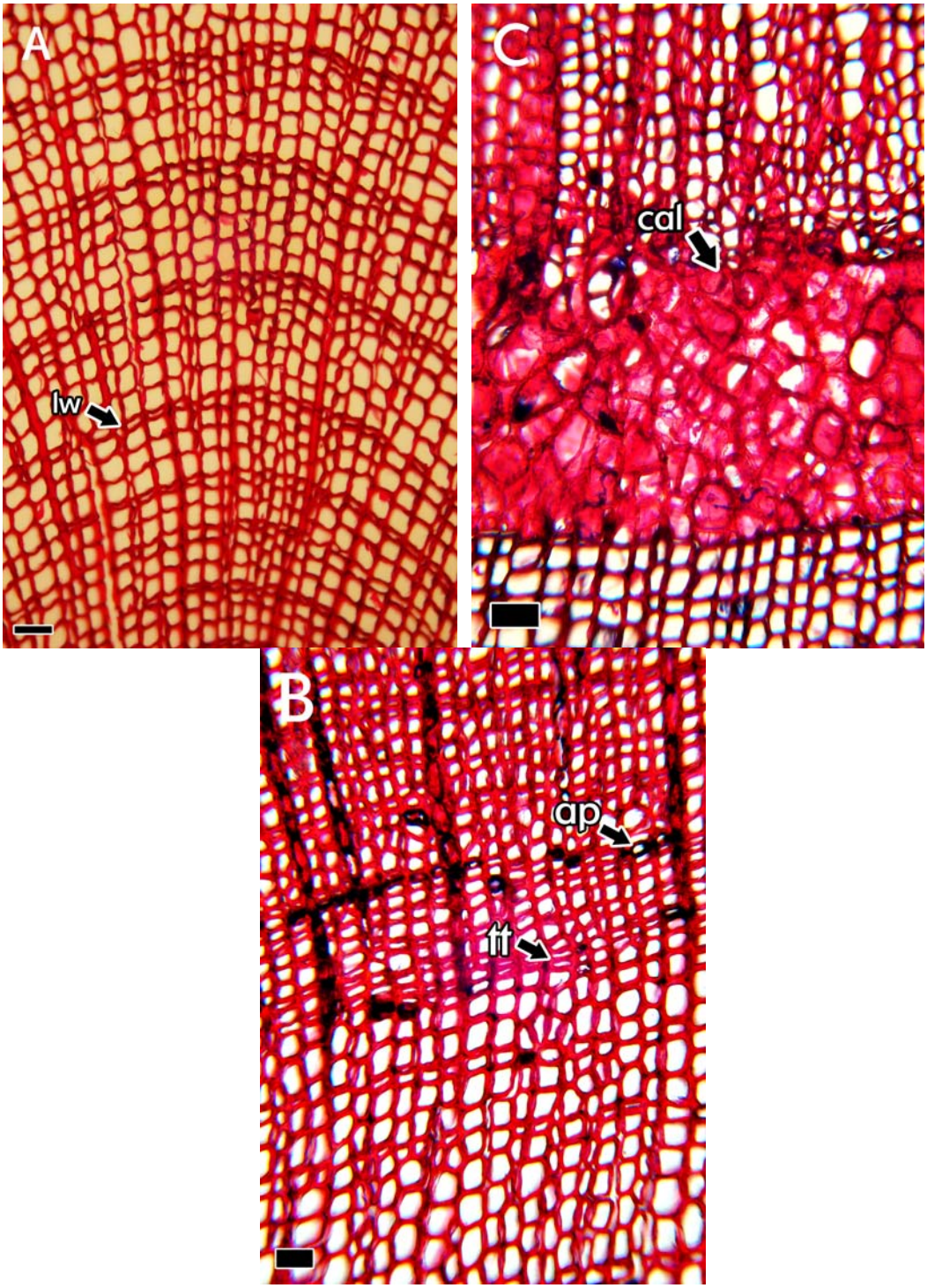
1- Sony, Model No SSC-Dc50AP

2 -Exposed root

برون‌مرکزی در ریشه‌های بیرون زده از خاک می‌شود که این پدیده در ریشه‌های داخل خاک مشاهده نمی‌شود. مغز همواره نزدیک به بخش خارجی و یا نزدیک به بخش بیرون زده از خاک مشاهده می‌شود و تعداد دوایر رویشی بخش بیرون زده نسبت به بخش داخل خاک کمتر و پهنای آن باریک‌تر می‌باشد.

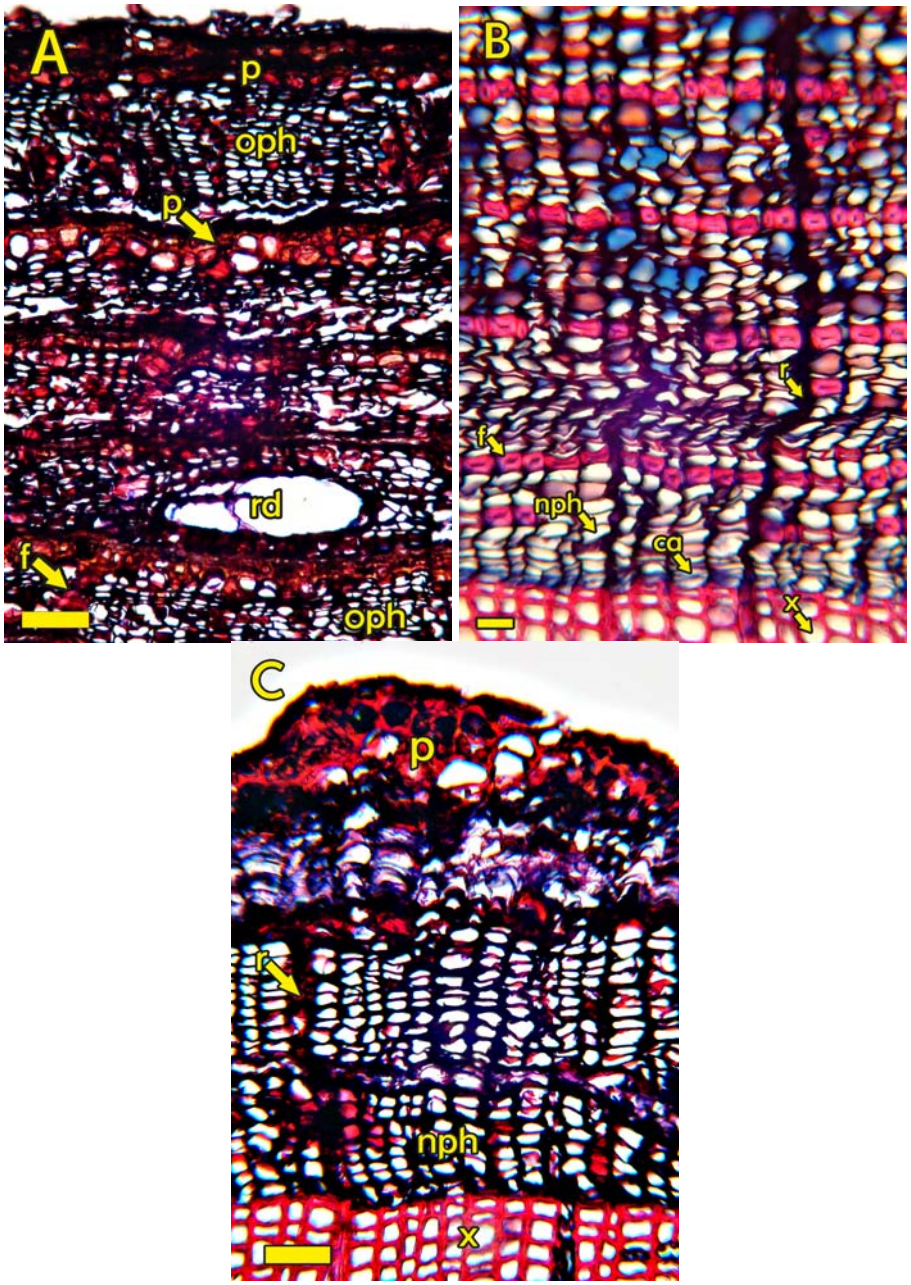
مطابق با مشاهده‌های ظاهری با بیرون‌زدگی ریشه، پوست بخش خارجی دچار فرسایش شده و ضخامت پوست بخش داخل خاک را ندارد. این موضوع را از آنجا می‌توان مطمئن بود که ریشه‌هایی که اخیراً از خاک خارج شده دارای پوست نازک بوده و آنهایی که به‌مدت طولانی از خاک خارج شده و دچار فرسایش شدید شدند فاقد پوست می‌باشند. بنابراین نازکی پوست را باید نوعی تنش مکانیکی در ریشه بیرون زده از خاک تصور نمود. شکل‌گیری دوایر رویشی بریده و به‌هم پیوسته[۲] در قسمت ریشه بیرون زده از خاک مبین بروز زخم و توقف فعالیت کامبیوم در آن قسمت می‌باشد. توضیح‌های دقیق‌تر این موضوع در زیر شکل ۳ آورده شده است.

1 -Eccentric
2- Discontinuous tree ring



شکل۲- (A)- مقطع عرضی چوب ریشه درختان بیرون‌نزده از خاک، و شکل‌گیری حلقه‌های رویشی با یک ردیف چوب تابستانه (lw) و (B)- مقطع عرضی چوب بیرون‌زده از خاک و ضخیم شدن دیواره تراکئید (tt) و شکل‌گیری پارانشیم طولی (ap) و سایر تغییرات آناتومیکی و (C)- تشکیل کالوز (cal) در ریشه بیرون‌زده به‌همراه آسیب مکانیکی (c).

(خط مقیاس معرف ۵۰ میکرومتر است.)



شکل ۳- (A) مقطع عرضی پوست خارجی ریشه داخل خاک که در حال متلاشی شدن می‌باشد- لایه‌های متناوب پریدرم (p)، فیبر (f) و آبکش قدیمی (oph)، مجاری‌رزینی (rd) در شکل مشهود است. و (B) مقطع عرضی پوست داخلی در ریشه داخل خاک و مجاور کامبیوم؛ لایه‌های متناوب آبکش (nph) جدید و فیبر (f)، اشعه چوبی (r) و همچنین ناحیه کامبیومی (ca) در مجاور بافت چوب (x) ریشه داخل خاک مشهود می‌باشد و (C) مقطع عرضی پوست داخلی و خارجی ریشه بیرون‌زده از خاک که نازک بوده و بعکس پوست داخل خاک در یک عکس گنجانده شده است. بافت پریدرم یا چوب‌پنبه (p)، سلول‌های اشعه چوبی (r) و آوندآبکش در بخش تحتایی شکل در کنار بافت چوبی بیرون‌زده از خاک که ساختار تراکئیدی آن ضخیم می‌باشد (x) قابل رویت است. (خط مقیاس معرف ۵۰ میکرومتر است.)

تشکیل کالوز

کالوزها ترکیب‌های پلی‌ساکاریدی هستند که با شروع فصل رویش در اجزاء غربالی شکل آوند آبکش درختان و همچنین با ایجاد زخم و یا هر نوع تنش مکانیکی به سرعت در فلوئم یا آوند آبکش تشکیل می‌شوند (Schweingruber و همکاران، ۲۰۰٦).

کالوزها بعضاً در چوب ریشه‌های بیرون‌رده از خاک مشاهده می‌شوند. البته کالوز فقط در بعضی از چوب‌های ریشه‌های بیرون‌زرده از خاک مشاهده می‌شود، که می‌توان بدین گونه استنباط نمود که تشکیل کالوز به شدت و حدت تنش عوامل خارجی به ریشه بستگی دارد و کالوز فقط در آن دسته از ریشه‌هایی تشکیل می‌شود که پدیده بیرون‌زدگی یا فرسایش با صدمه شدید مکانیکی همراه بوده است (شکل 2C). آن قسمت از دوایر رویشی که کالوز تشکیل شده عریض بوده که این موضوع را با ردیابی حلقه رویشی به بخش‌های مجاور صدمه ندیده می‌توان دریافت، بدین‌ترتیب که پهنای دوایر رویشی در بخش‌های مجاور که از صدمه‌های مکانیکی مصون بوده دارای پهنای طبیعی می‌باشد.

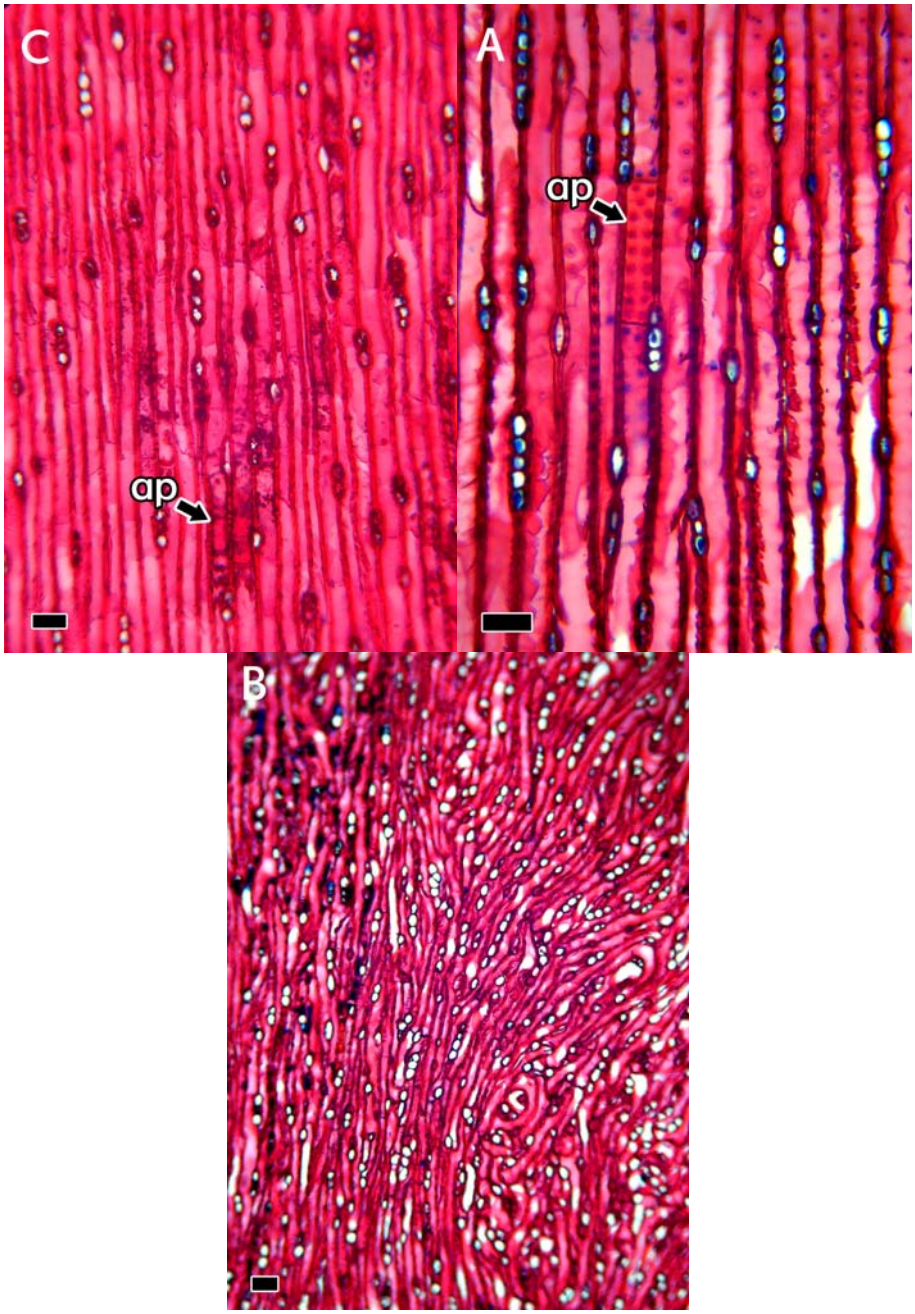
فراوانی پارانشیم طولی (مشخصه ۷۲، ۷۳، ۷٤ و ۷۵) و رسوبات صمغی (مشخصه ٤۸).

پارانشیم طولی در مقاطع عرضی ریشه‌های نرمال یا طبیعی به‌ندرت و به‌صورت تک‌سلولی در بخش انتهای دوایر رویشی (بخش تابستانه) مشاهده می‌شود و بعضاً در بعضی از سالها که تعداد ردیف‌های تراکئید تابستانه بیشتر می‌باشد پارانشیم طولی که سلول‌های سیاه رنگ می‌باشد فراوان‌تر مشاهده می‌شود (شکل 2B). اما پارانشیم‌های طولی در چوب ریشه‌های بیرون‌رده از خاک فراوان‌تر از بیرون نزده از خاک مشاهده می‌شود. پارانشیم طولی در بخش بیرون‌زده گاهی در ردیف‌های مماسی مشاهده می‌شود ولی به طورکلی یک مشخصه قابل اعتماد در تفکیک ریشه بیرون‌زده از ریشه داخل خاک نمی‌باشد، زیرا احتمال رؤیت آن در ریشه‌های داخل خاک وجود دارد.

در بعضی موارد وجود رسوب‌های صمغی در داخل حفره سلولی تراکئیدها در مقطع عرضی (مشخصه ٤۸) ممکن است باعث شود که تراکئید طولی با پارانشیم طولی اشتباه گرفته شود. این موضوع به‌سادگی در مقایسه مقاطع نازک میکروتومی عبور داده شده از آب ژاول با نمونه‌های عبور داده نشده از آب ژاول قابل درک می‌باشد. یعنی مقاطع نازک میکروتومی که از ژاول عبور داده شدند فاقد چنین رسوبات سیاه رنگ و همچنین فاقد سلول‌های پارانشیم طولی می‌باشند که مبین این موضوع است که رسوبات صمغی در حفرات سلولی نمونه چوب‌های بیرون‌زده از خاک توسط ژاول رنگ‌بری شدند.

فضای خالی بین سلولی (مشخصه ۵۳)

فضای خالی بین سلولی در مقطع عرضی ریشه فرسایش نیافته (ریشه زیر خاک) مشاهده می‌شود. اما با خروج ریشه از خاک دیواره تراکئید ضخیم شده و فضای بین سلولی به‌صورت قابل توجهی کاهش یافته و به ندرت قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ٤- (A) مقطع مماسی چوب ریشه داخل خاک-اشعه چوبی تماماً تک ردیفه و ارتفاع آن اغلب بین یک تا ٦ سلول متغیر می‌باشد. دیواره نازک تراکئید نسبت به همتای بیرون‌زده از خاک (شکل C) در خور توجه می‌باشد؛ (B) مقطع مماسی چوب ریشه داخل خاک که بیرون‌زدگی آن از خاک با آسیب مکانیکی همراه بوده است، در حال ترمیم زخم می‌باشد. ناهمگونی اشعه-ها و انحراف الیاف در شکل مشهود است؛ (C) مقطع مماسی چوب ریشه بیرون‌زده از خاک- اشعه‌چوبی با ارتفاع کم ۱ تا ۳ سلول، پارانشیم طولی حاوی مواد رنگی سیاه رنگ (ap) و همچنین دیواره تراکئید ضخیم در شکل قابل رؤیت است. (خط مقیاس معرف ۵۰ میکرومتر است.)

مقطع مماسی

ارتفاع و پهنای اشعه چوبی

تمامی اشعه‌های چوبی دارای پهنای تک ردیفه بوده (مشخصه ۱۰۷) و ارتفاع آن از ۱ تا ۷ سلول متغیّر می‌باشد (مشخصه ۱۰۲ و ۱۰۳) ولی اشعه‌های با ۱ تا ٦ سلول ارتفاع فراونترین اشعه‌ها بوده و به‌ندرت اشعه‌های با ۷ سلول ارتفاع مشاهده شدند.

اشعه چوبی ریشه بیرون‌زده از خاک با داخل خاک به لحاظ تعداد در پهنا و ارتفاع تفاوتی مشاهده نشد ولی اشعه چوبی با ارتفاع کم (یک تا سه سلول) در ریشه بیرون‌زده از خاک نسبت به ریشه داخل خاک فراوان‌تر مشاهده شد (شکل ٤C و ٤B).

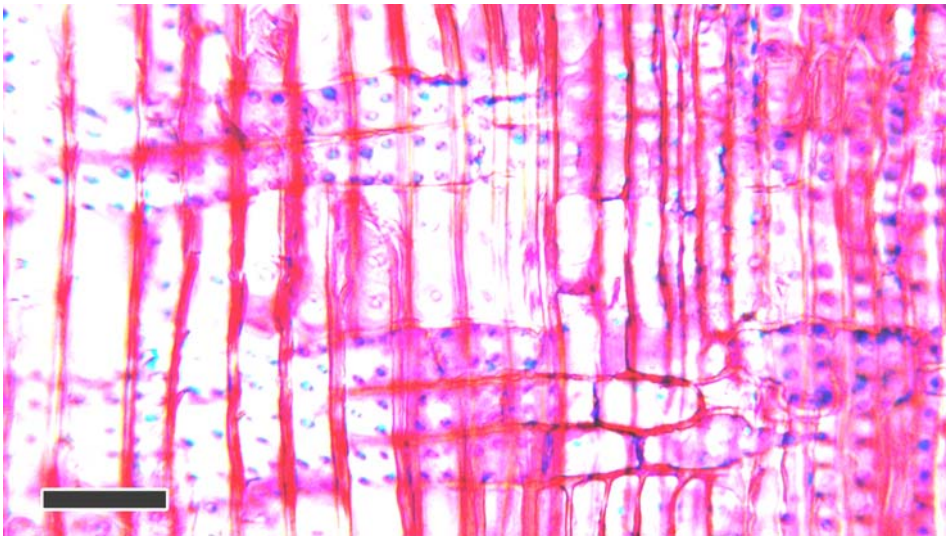
پارنشیم طولی

پارانشیم‌های طولی به صورت مستطیل‌های ایستاده در این مقطع به‌سهولت قابل رؤیت می‌باشند. البته این سلول‌ها در ریشه‌های بیرون زده از خاک فراوانتر و به همراه رسوبات صمغی به رنگ سیاه مشاهده می‌شوند (شکل ۲C). دیواره عرضی انتهایی در پارانشیم طولی صاف و بعضاً به‌صورت خیلی خفیف دندانه‌دار مشاهده می‌شود که دندانه‌دار بودن در اثر افزایش ضخامت موضعی دیواره می‌باشد (مشخصه ٧٦)، (فلیپس، ۱۹٤۸؛ یاتسنکو – خملوسکی، ۱۹٥٤).

مقطع شعاعی

پونکتواسیون دیواره تراکئید (مشخصه ٤٤)

پونکتواسیون بر روی دیواره تراکئید در چوب ریشه فرسایش نیافته (ریشه داخل خاک) و فرسایش یافته (ریشه بیرون زده از خاک) تک ردیفه بوده و تفاوتی بدین لحاظ در چوب ریشه‌ها مشاهده نشد.



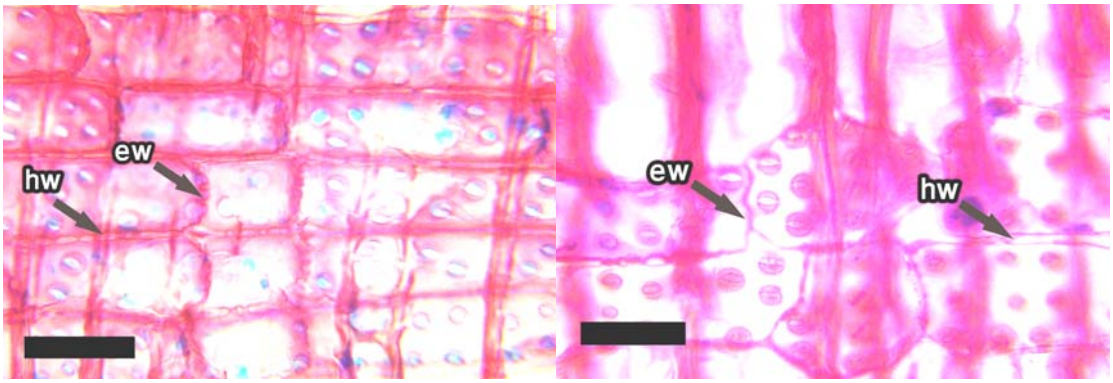
شکل ٥- نمای کلی مقطع شعاعی چوب ریشه بیرون‌زده از خاک (فراوانی پارانشیم طولی و افزایش ضخامت در دیواره تراکئیدها و سلول‌های اشعه مشهود است). (خط مقیاس معرف ٥٠ میکرومتر است.)

انتهای دیواره اشعه چوبی (مشخصه ۸۵ و ۸٦)

همان‌طوری که در شکل ٦ مشاهده می‌شود انتهای دیواره پارانشیم عرضی صاف و بعضاً به‌صورت خیلی خفیف دندانه‌دار مشاهده می‌شود که دندانه‌ها در اثر دریچه پونکتواسیون‌های فیمابین دو پارانشیم بوجود می‌آید. البّته در نمونه چوب‌های بیرون‌زده به سبب افزایش ضخامت دیواره سلولی در سلول‌های پارانشیمی وجود پونکتواسیون‌های فیمابین دو سلول پارانشیم عرضی مشهودتر و نسبتاً دندانه‌دار به نظر می‌رسد.

دیواره افقی اشعه چوبی (مشخصه ۸۷ و ۸۸)

دیواره افقی پارانشیم عرضی در نمونه چوب‌های داخل خاک، صاف (مشخصه ۸۷) و بعضاً به‌صورت خیلی خفیف دندانه‌دار مشاهده می‌شود که دندانه‌ها در اثر حفره پونکتواسیون‌های فیمابین دو پارانشیم عرضی و همچنین بعضاً افزایش ضخامت موضعی در دیواره عرضی بوجود می‌آید (مشخصه ۸۸). البّته در نمونه چوب‌های بیرون‌زده به سبب افزایش ضخامت دیواره سلولی در سلول‌های پارانشیمی وجود پونکتواسیون‌های فیمابین دو سلول پارانشیم عرضی مشهودتر و دیواره در بعضی از میادین تقاطع (کراس فیلد) دندانه‌دار مشاهده می‌شود.



شکل ٦- (A) مقطع شعاعی چوب ریشه داخل خاک (دیواره افقی اشعه‌ها (hw) و انتهای دیواره اشعه‌ها (ew)صاف و دندانه‌دار می‌باشد)؛ (B) مقطع شعاعی چوب ریشه بیرون‌زده از خاک. غیر از افزایش ضخامت دیواره و اندازه پونکتواسیون‌ها چندان تفاوت معنی‌داری در مقاطع چوب شاهد و خارج از خاک مشاهده نشد. (خط مقیاس معرف ۳۵ میکرومتر است.)

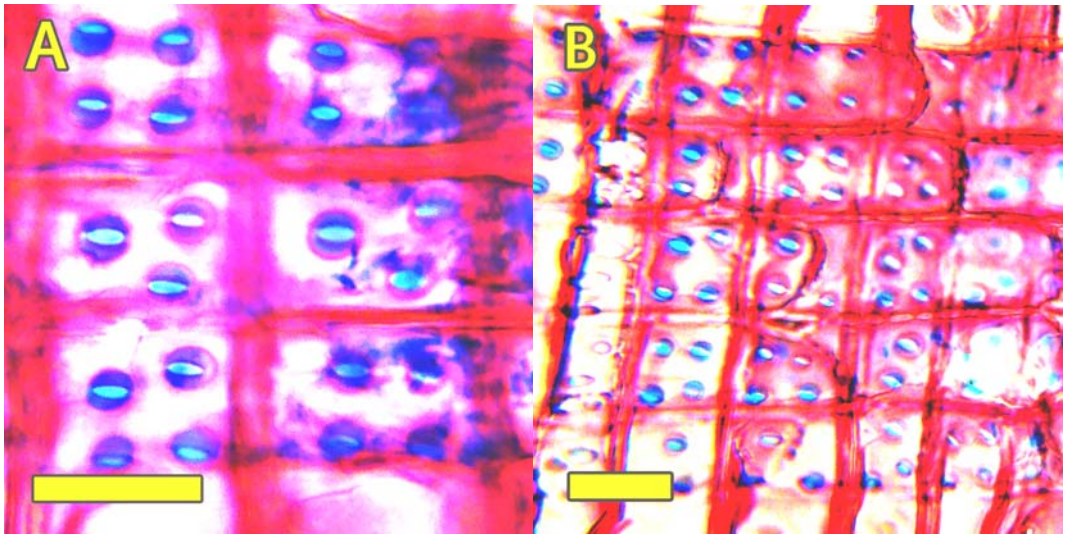
پونکتواسیون میدان تقاطع (مشخصه ۹۳، ۹۸ و ۹۹)

پونکتواسیون‌های داخل میدان تقاطع از نوع شبه سروی (کوپرسوئید) بوده و در داخل هر چهار خانه تعداد ۱ تا ۵ عدد پونکتواسیون مشاهده می‌شود (مشخصه ۹۸ و ۹۹).

بیومتری الیاف (مشخصه ۵۰)

طول الیاف چوب ریشه بیرون‌زده (۰/۱ ± ۱/۲۵ میلی‌متر) به‌طور معنی‌داری کوتاهتر از داخل خاک (۰/۰۸± ۱/۳۷ میلی‌متر) می‌باشد ($P < 0.05$) – (مشخصه ۵۰). ضخامت کل تراکئید در بخش بیرون‌زده

(٦ ± ۳۰ میکرون) و داخل خاک (۵ ± ۳۵ میلی‌متر) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($P < 0.05$). قطر حفره سلولی در چوب ریشه بیرون‌زده از خاک (۷ ± ١٦ میلی‌متر) به‌طور معنی‌داری کمتر از چوب داخل خاک (٦ ±٢٦ میلی‌متر) بود که با توجه به ثابت ماندن ضخامت دیواره سلولی در دو بخش بیرون‌زده از خاک و داخل خاک، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش ضخامت کل دیواره تراکئید سلولی را بیشتر باید به کاهش حفره سلولی مربوط دانست و همین موضوع باعث می‌شود که تراکئید بخش بیرون‌زده در نمای ظاهری ضخیم به‌نظر برسد.



شکل ۷- (A) مقطع شعاعی و میدان تقاطع (کراس فیلد) در چوب ریشه داخل خاک- پونکتواسیون از نوع شبه سروی (کوپرسوئید) بوده و از این جهت تفاوتی با پونکتواسیون چوب ریشه بیرون‌زده از خاک ندارد؛ (B) مقطع شعاعی و میدان تقاطع (کراس فیلد) در چوب ریشه بیرون‌زده از خاک؛ غیر از کوچکتر بودن اندازه پونکتواسیون تفاوتی دیگر مشاهده نمی‌شود. (خط مقیاس معرف ۲۵ میکرومتر است.)

بحث

در مجموع، ویژگی‌های آناتومیکی ریشه بسیار به تنه (که توسط دیگر محققان بررسی شده است) شبیه می‌باشد (نیلوفری، ١٣٦٤؛ پارساپژوه و Schweingruber، ۱۳۷۲ و Welle، ۱۹۹۸). حد دوایر رویشی ریشه (شاهد یا داخل خاک) درختان ارس از یک ردیف چوب تابستانه تشکیل شده است، اما در چوب تنه از دو یا سه ردیف سلول تشکیل یافته است و باعث می‌شود تا گاهی حد عبور از بخش بهاره به تابستانه تدریجی به نظر برسد. البته این موضوع چندان قابل اعتماد نبوده و بعضی دیگر از محققان وجود یک ردیف چوب تابستانه را در ارس گزارش نمودند (Brauning، ۱۹۹۹). در بخش مماسی چوب ریشه شاهد (داخل خاک) با تنه به غیر از ارتفاع اشعه چوبی تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد. البته گاهی احتمال حضور اشعه چوبی با ارتفاع تا ۲۰ سلول در چوب تنه می‌رود (Welle، ۱۹۹۸) که این مقدار در چوب ریشه از ۷ سلول تجاوز نمی‌کند. به‌طورکلی شباهت ساختار چوب ریشه با تنه موضوع جدیدی نبوده و محققان منشأ سلول-

های مادری چوب ریشه و تنه را یکسان می‌بینند(Chaffey، ۲۰۰۲).

بین چوب ریشه بیرون‌زده از خاک با چوب ریشه داخل خاک تفاوت‌هایی مشاهده شد. به طوری که به‌لحاظ بیومتری تفاوتی در ضخامت دیواره و قطر کلی تراکئید بخش بیرون‌زده از خاک با بخش داخل خاک مشاهده نشد، ولی کاهش قابل‌توجه حفره سلولی تراکئیدهای بخش بیرون‌زده باعث می‌شود تا بسیار متراکم و ضخیم به‌نظر برسند. بنابراین کاهش حفره سلولی تراکئیدهای ریشه‌های بیرون‌زده از خاک جزء مواردی بود که Gartner (۲۰۰٦) در گونه لاریکس و Fritts و همکاران (۲۰۰٦) در کاج (Pinus mugo) و Rubiales و همکاران (۲۰۰۸) در کاج جنگلی گزارش نمودند.

البته تمامی این محققان معتقدند با بیرون‌زدگی ریشه از خاک چند سال اول بر پهنی دوایر رویشی افزوده می‌شود که این موضوع در گونه ارس (Juniperus excelsa) مشاهده نشد. اتفاقاً در گونه ارس برخلاف نتایج آنها نوعی باریکی پهنی دوایر رویشی و نوعی بی‌نظمی در دوایر رویشی ازجمله دوایر بریده مشاهده شد. جدای از واکنش متفاوتی که گونه ارس با گونه کاج و لاریکس نشان داده است، علت چنین تغییرات سلولی را باید احتمالاً به این دلیل دانست که با باریک شدن ضخامت خاک روی ریشه، دمای اطراف چوب ریشه افزایش یافته و نوعی نوسان رطوبتی در سلول‌ها به‌وقوع می‌پیوند و تغییراتی در شکل‌گیری سلول‌ها بوجود می‌آید (Antonova، ۱۹۹۳) که این نوع از تغییرات شکلی نظیر کاهش حفره سلولی و افزایش سطح ضخامت دیواره تراکئیدی و همچنین کاهش قطر پونکتواسیون روی دیواره تراکئید طولی و میدان تقاطع (کراس فیلد) را باید به‌نوعی آمادگی سلول‌ها برای افزایش مقاومت در برابر صدمات مکانیکی نظیر یخ‌زدگی تلقی نمود (Rubiales و همکاران، ۲۰۰۸).

نکته قابل توجه وجود مجاری رزینی در پوست گونه ارس می‌باشد. زیرا چوب این گونه فاقد مجاری رزینی می‌باشد ولی پوست برخلاف چوب دارای مجاری است. البته فراوانی مجاری در پوست بسیار پایین و مجاری بودن آن دارای تردید است، اما مطابق با مطالعات Schweingruber (۲۰۰٦) و De Magistris (۲۰۰۱) حفره داخل پوست گونه ارس را باید مجاری رزینی تلقی نمود.

منابع مورد استفاده

- پارساپژوه.، د و فریتس شواین گروبر.۱۳۷۲. اطلس چوبهای شمال ایران. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳٦ صفحه.
- پورطهماسی، ک.، پارساپژوه، د.، مروی‌مهاجر، م. و علی‌احمد-کروری، س. ۱۳۸۷. ارزیابی رویش شعاعی درختان ارس (*Juniperus polycarpos* C. Koch) در سه رویشگاه ایران با استفاده از دانش گاهشناسی درختی. فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. جلد ۱٦ شمارهٔ ۲، (۳٤۲- ۳٤۷).
- ثاقب طالبی، خسرو ، ساجدی، تکتم و یزدیان، فرشاد. ۱۳۸٤. نگاهی به جنگلهای ایران. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. چاپ دوم. ۵۸۱ صفحه.
- نیلوفری، پرویز. ۱۳٦٤. چوب شناسی. انتشارات دهخدا. ۲۱۹ صفحه.

-Antonova, G.F, and Slasova,V.V.,1993.Efects of environmental factors on wood formation in scots pine stems,trees,7,214-219.

-Antonova,G.F,and Slasova,V.V.,1997.Efects of environmental factors on wood formation in larch(Larix sibirica Ldb.)Stems,Trees,11,462-468.

-Brauning, A.,1999. Dendroclimatological potential of drought-sensitive tree stands in Southern Tibet for the reconstruction of the monsoonal activity.IAWA journal 20(3: 325-338.)

-Chaffey, N.J, 2002. Wood formation in trees—cell and molecular biology techniques. London/New York: Taylor and Francis

-Ruzin, S.E. (1999). Plant Microtechnique and Microscopy. New York: Oxford University Press.
-Speer, J.H., 2010. *Fundamentals of Tree-Ring Research*. The University of Arizona Press. Tucson, 333p.
-Schweingruber, Fritz H., 1988. *Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology.* Boston: D. Reidel Publishing Co.
-Schweingruber, F.H., Borner, A., Schulze, E.-D., 2006. Atlas of woody plant stems. Evolution, Structure, and Environmental Modifications. Springer.
-Stokes, M. A. and Terah L. Smiley, 1968. An Introduction to Tree-ring Dating. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
-Yaman, B., 2007. Aatomy of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A.Rich) wood with indented growth rings, Acta Biologica cracoviensia Series Botanica 49/1: 19–23.
-Welle, B.J.H. 1998. investigation of the wood anatomy of juniperus (*Cupressaceae*)for taxonomic utilization. Phytologia, 84(5): 354-362.
-De Magistris AA, Castro MA. 2001 Bark anatomy of southern South American Cupressaceae. IAWA J. 22. (4): 367-383.
-Fritts, H. C., 1976. *Tree Rings and Climate.* New York: Academic Press.
-Franklin G.L.1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. Nature 155, 51–59.
-Gartner, G.,2006. The applicability of roots in dendrogemorfology.1, 120-124.
-Hitz, O.M., Gärtner, H., Heinrich, I., Monbaron, M. (2008). Wood anatomical changes in roots of European ash (*Fraxinus excelsior* L.) after exposure. Dendrochronologia 25, 145–152.
-Hitz, O.M., Gärtner, H., Heinrich, I., Monbaron, M. (2008). Application of ash (Fraxinus excelsior L.) roots to determine erosion rates in mountain torrents. Catena 72 248–258.
-IAWA Committee.2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification by an IAWA Committee: Richter,H.G.; Grosser,D.; Heinz,I.; Gasson,P.E.(eds) IAWA Bull.n.s. 25(1):1-70.

Effect of soil erosion on anatomical characteristics of root and bark of *Juniperus excelsa*

Safdari, V.[1*], Eskini, N.[2],Tajdini, A.[3] and Bayramzadeh, V.[4]

1*-Corresponding Author, Associate Prof., Department of Wood and Paper Science, Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran Email: vahid.safdari@kiau.ac.ir
2-M.Sc., Student, Department of Wood and Paper Science, Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran
3-Associate Prof., Department of Wood and Paper Science, Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran
4-Assistant Prof., Department of Wood and Paper Science, Karaj Branch Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received: July, 2011 Accepted: May, 2012

Abstract

In addition to genetic features, wood anatomy is affected by environmental factors. Soil erosion is among the environmental factors which greatly affect anatomical features of tree root wood. In this study, the effects of soil erosion on the anatomical properties of the root wood of *Juniperus excelsa* - an Iranian indigenous softwood with high longevity- inside the soil and exposed was investigated. The anatomical properties of roots and wood from trees selected from both from the inside of the soil and exposed were examined using micro-sections. Results showed that root wood under the soil contained one row of late-wood and as the root is exposed from the soil, the lumen thickness in both early-wood and late-wood decreased and appeared that the cells are thicker and the late-wood portion is increased. In the exposed roots, the axial parenchyma contains larger quantities of black color inclusions. By exposing of roots out of the soil, the thickness of bark of the exposed portion decreased and the thickness of phloem and periderm in exposed root was not as wide as in normal roots.

Key words: Root wood anatomy, *Juniperus excelsa*, Soil erosion, Exposed root