فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۰، شماره ۲، صفحه ۲۸۸-۲۷۸، (۱۳۹۴)

ارتباط پهنای حلقه رویش و ویژگی‌های آوندی در توسکای قشلاقی (*Alnus glutinosa*)

رضا اولادی[۱*]، سعیده نصیریانی[۲]، افشین دانه‌کار[۳] و کامبیز پورطهماسی [۴]

۱ * – نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
پست الکترونیک: oladi@ut.ac.ir
۲– کارشناس ارشد، بیولوژی و آناتومی چوب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۳– دانشیار، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۴– دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۴

چکیده

بررسی تغییرات درون درختی پهنای حلقه‌های رویشی و ویژگی‌های آوندی از گذشته‌های دور مورد توجه پژوهشگران علوم چوب، اقلیم‌شناسان درختی و فیزیولوژیست‌های گیاهی بوده است. بااین‌حال ارتباط درونی و تأثیرپذیری متقابل این ویژگی‌ها از یکدیگر کمتر مورد توجه قرار گرفته است. پرسش اصلی این است که آیا الگوی ارتباط بین ویژگی‌های آوندی با هم و با پهنای حلقه رویش در همه پهن‌برگان و رویشگاه‌ها یکسان است؟ و یا ممکن است حتی یک گونه در رویشگاه‌های مختلف، راهبردهای متفاوتی برای واکنش به محیط خارجی اتخاذ کند؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها، دو منطقه با ریز اقلیم کاملاً متفاوت (خشک و لب‌شور) از اطراف شهرستان آستارا به‌عنوان دو رویشگاه متفاوت گونه توسکا قشلاقی (*Alnus glutinosa*) انتخاب شدند. از هر رویشگاه تعدادی درخت انتخاب و از آنها دیسک یا مغزی تهیه شد. پس از آماده‌سازی‌های اولیه، با استفاده از میکروتوم از این نمونه‌ها، مقاطع عرضی از پوست به مغز تهیه شد، پس از اسکن مقاطع عرضی، با استفاده از نرم‌افزار ویرایش تصویر، پهنای حلقه رویشی (TRW)، میانگین اندازه آوندها (AVLA)، تعداد آوند در واحد سطح (VF) و تخلخل حلقه (Porosity) در ۲۰ حلقه رویشی آخر هر درخت اندازه‌گیری گردید. ارتباط درونی این ویژگی‌ها با هم به تفکیک هر رویشگاه با استفاده از آزمون‌های مختلف آماری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که ارتباط درونی و متقابل بین ویژگی‌های آوندی و پهنای حلقه رویش در دو رویشگاه مشابه بود. به‌طور خلاصه، می‌توان گفت که فارغ از نوع رویشگاه و تغییرات آب و هوایی، هرگاه پهنای حلقه‌های رویشی درختان توسکا افزایش یابد، تعداد آوند در واحد سطح حلقه کمتر خواهد شد و این دو ویژگی آناتومی تحت کنترل یک نوع مؤلفه قرار دارند ولی AVLA متأثر از مؤلفه متفاوتی بوده و به پهنای حلقه رویشی درخت وابسته نیست.

واژه‌های کلیدی: آوند، Image J، هدایت هیدرولیکی، فیزیولوژی درخت، آناتومی چوب.

مقدمه

برای بررسی ارتباط عوامل اقلیمی و رشد درختان، عموماً از پهنای حلقه رویشی استفاده می‌شود (Fritts, 2001; Speer, 2010). از دهه ۷۰ میلادی و با پیشرفت در فناوری‌های

Archive of SID
www.SID.ir

دیجیتال و اندازه‌گیری‌های خودکار، استفاده از ساختارهای آناتومی چوب در علوم گاه‌شناسی و اقلیم‌شناسی درختی اهمیت یافته است (Eckstein & Frisse, 1982; Fonti *et al*., 2010). نمایه (پراکسی)های آناتومی چوب و بخصوص ویژگی‌های آوندی مانند اندازه و تعداد آوندها در هر حلقه رویشی می‌تواند اطلاعات افزون‌تری درباره شرایط محیطی ارائه دهد. اطلاعاتی که ممکن است تنها با مطالعه پهنای حلقه‌های رویشی حاصل نشود (Fonti *et al*., 2010). بااین‌حال، تفسیر اثر اقلیم بر این ویژگی‌های آناتومی چوب مستلزم درک ارتباط درونی و تأثیرپذیری متقابل آنها از هم است.

در پهن‌برگان، هدایت شیره خام از ریشه‌ها به برگ‌ها به اندازه، تعداد و نحوه استقرار آوندهای بافت چوبی وابسته بوده که این ویژگی‌ها در سال‌های مختلف متفاوت می‌باشند. بااین‌حال، از منظر فیزیولوژی درخت، هنوز نحوه تغییرات این ویژگی‌ها در ارتباط با یکدیگر به‌طور کامل شناخته نشده است (Oladi *et al*., 2014)؛ به‌عنوان مثال هنوز مشخص نیست که با افزایش پهنای حلقه رویش در یکسال مساعد، اندازه آوندها چه تغییری کرده و آیا اصولاً این دو ویژگی به هم مرتبط می‌باشند یا خیر؟ و مهم‌تر از آن، آیا نوع این ارتباط‌های متقابل بین ویژگی‌های آناتومی، در رویشگاه‌ها و گونه‌های مختلف یکسان است یا اینکه یک پهن‌برگ با توجه به گونه و یا رویشگاهش راهبرد متفاوتی برای تغییر در ویژگی‌های آوندی برمی‌گزیند؟ پاسخ به این پرسش‌ها در گام نخست، مستلزم بررسی پهنای حلقه رویش و ویژگی‌های آوندی در حلقه‌های سالیانه مختلف درختان یک گونه در یک رویشگاه مشخص است. با آنکه پژوهش های زیادی سعی دریافتن ارتباط ویژگی های آوندی چوب با هم و با رشد قطری یا طولی درخت داشته‌اند (Fichtler & Worbes, 2012) ولی قریب به اتفاق این پژوهش ها براساس بررسی آخرین حلقه رویشی تعداد زیادی گونه در یک منطقه بوده و بررسی این ویژگی‌ها در درون یک گونه یا درخت نادیده گرفته شده است (Oladi *et al*., 2014). بنابراین الگوی کلی ارتباط بین تغییرات ویژگی‌های آوندی در ارتباط با هم و در ارتباط با پهنای حلقه رویش حاصل پژوهش‌های بین گونه‌ای است که استفاده از آن را برای تفسیر نتایج پژوهش‌های بین سالی یک گونه خاص کم اعتبار می‌کند.

توسکای قشلاقی (*Alnus glutinosa*) گونه‌ای از جنس توسکا و خانواده غان است. این درخت بومی اروپا و خاورمیانه است و در اغلب جنگل‌های شمال ایران وجود دارد. توسکا درختی رطوبت‌پسند به‌شمار می‌رود؛ بدین معنی که دارای قدرت جذب آب زیادی است و در زمین‌های مرطوب و یا باتلاقی دارای رشدی سریع می‌باشد. این گونه، چوبی پراکنده آوند داشته که در مقیاس میکروسکوپی حد دوایر سالیانه پهن آن به‌علت وجود چند ردیف فیبرهای مستطیلی شکل و بسیار ضخیم در انتهای چوب پایان مشخص است. میانگین قطر مماسی آوندها در این گونه ۱۰۰-۵۰ میکرون و میانگین تعداد آوند در واحد سطح ۱۰۰-۴۰ آوند در هر میلی‌متر مربع و گاهی بیش از ۱۰۰ آوند در هر میلی‌متر مربع گزارش شده است (Schweingruber, 1990). رطوبت‌پسندی بسیار جنس توسکا و تأثیرپذیری سامانه آوندی آن از تغییرات محیطی، آن را گونه مناسب و باارزشی برای پژوهش‌های مرتبط با آوندهای چوبی کرده است (Ballesteros *et al*., 2010).

ازاین‌رو، هدف پژوهش این است که با انتخاب دو رویشگاه کاملاً متفاوت، نحوه ارتباط بین ویژگی‌های آوندی و حلقه رویشی در درختان توسکا قشلاقی در هر یک از این رویشگاه‌ها مورد بررسی قرار گرفته و درنهایت تعیین شود که آیا این ارتباط‌های درونی در دو رویشگاه از الگوی واحدی پیروی می‌کنند یا شرایط رویشگاهی بر آن مؤثر است.

مواد و روش‌ها

دو منطقه با ریزاقلیم متفاوت (خشک و لب‌شور) از اطراف شهرستان آستارا به‌عنوان دو رویشگاه مورد بررسی انتخاب شدند که در ادامه بشرح آنها پرداخته خواهد شد. درکل، آستارا با بارش میانگین سالانه در حدود ۱۲۰ روز در سال از نقاط پربارش کشور محسوب می‌شود. آب وهوای آستارا معتدل و مرطوب و مجموع بارندگی سالانه آن ۱۳۲۸ میلی متر و میانگین دمای سالانه ۱۵/۴ درجه سانتی گراد

Archive of SID

www.SID.ir

است (ایستگاه هواشناسی آستارا، دوره ۱۳۹۱-۱۳۶۵). میانگین رطوبت نسبی سالانه در این منطقه ۷۹ درصد اندازه گیری شده است (ایستگاه هواشناسی آستارا، دوره ۱۳۹۱-۱۳۷۰). بیشینه دمای ماهیانه ثبت شده در این منطقه ۳۳/۱ درجه سانتی‌گراد (تیرماه ۱۳۸۹) و کمینه دمای ماهیانه ثبت شده در آن ۰/۷ – (دی ماه ۱۳۸۶) بوده است (ایستگاه هواشناسی آستارا، دوره ۱۳۹۱-۱۳۷۱).

رویشگاه خشک (پارک جنگلی آستارا)

پارک جنگلی بی‌بی یانلو واقع در روستای بی‌بی یانلو به وسعت ۱۵۱۲ هکتار، جزء جنگل‌های هیرکانی غربی و جنگل‌های میان‌بند محسوب می‌شود که در ضلع جنوب‌غربی و در فاصله ۵ کیلومتری آستارا واقع شده است. رویشگاه مورد نمونه‌برداری در این پارک جنگلی (طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۲۷ متر بالاتر از سطح دریای آزاد) قرار داشت (شکل ۱-الف).

رویشگاه لب‌شور (قره‌سو)

قره‌سو، روستایی از توابع بخش لوندویل شهرستان آستارا است. این روستا یکی از آخرین روستاهای حوزه جغرافیای شهرستان آستارا می‌باشد. رویشگاه مورد نمونه‌برداری در کنار این روستا (طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳ متر پایین‌تر از سطح دریاهای آزاد) قرار دارد (شکل ۱-ب). این رویشگاه به‌صورت توده‌ای جنگلی در امتداد و مجاورت ساحل دریا بود. کف رویشگاه حالت باتلاقی داشته و به‌غیر از درختان توسکا، گونه‌های دیگری مثل لرگ نیز در آن دیده می‌شدند.

نحوه انتخاب درختان و نمونه‌برداری

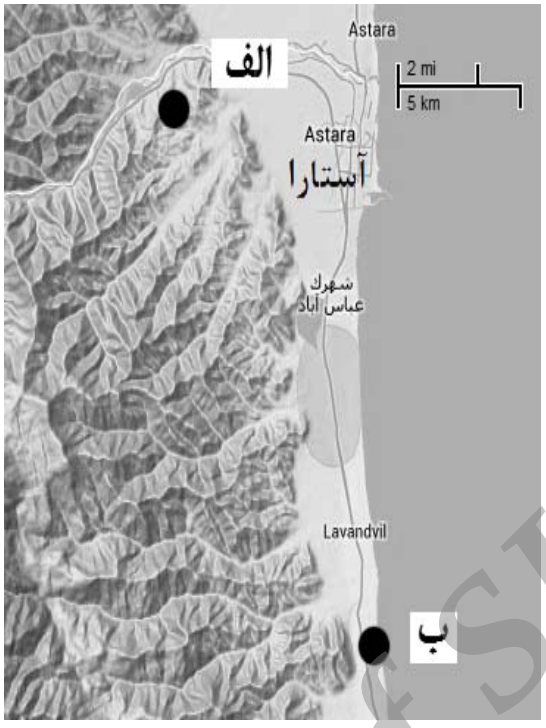
در رویشگاه پارک جنگلی، عملیات برق‌رسانی باعث شده بود که تعدادی از درختان توسکا توسط اداره منابع طبیعی شهرستان آستارا در این منطقه قطع شوند. از بین درختان قطع شده، ۱۱ درخت قطور با تنه استوانه‌ای برگزیده شدند. پس از انتخاب درختان موردنظر، دیسک هایی به قطر ۱۰ سانتی‌متر از منطقه یقه کنده‌های باقیمانده تهیه گردید و پس از کدگذاری به دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران انتقال داده شدند. در رویشگاه لب‌شور (قره‌سو)، ۱۵ اصله درخت قطور که در محیط نیمه یا کاملاً غرقابی قرار داشتند، انتخاب شدند. درختان رویشگاه لب‌شور، در فاصله ۵۰-۳۰ متری ساحل مستقر بودند. سپس از ارتفاع برابر سینه هر درخت یا کمی پایین‌تر از آن با مته سال یا سن سنج و در دو جهت مخالف مغزی استخراج شد، به‌نحوی‌که در مجموع ۳۰ مغزی در این رویشگاه تهیه شد. تلاش شد تا نمونه‌گیری‌ها در تمام درختان از یک جهت جغرافیایی انجام گیرد. مغزی‌ها پس از کدگذاری به آزمایشگاه آناتومی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران انتقال یافتند.

نحوه آماده‌سازی نمونه‌ها

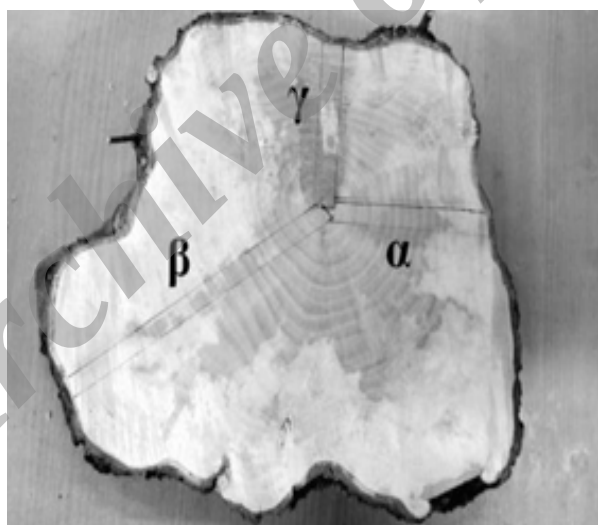
سطح دیسک های تهیه شده از درختان رویشگاه پارک جنگلی به وسیله سنباده برقی و بعد سنباده دستی با شماره‌های ۴۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ صیقل داده شد و بعد برای خارج‌سازی خاک سنباده از داخل آوندها، پمپ هوای فشارقوی روی سطح دیسک‌ها اعمال گردید. بعد از سنباده زنی سطح دیسک‌ها، در هر دیسک سه راستا به نام‌های آلفا (α)، بتا (β) و گاما (γ) انتخاب و بریده شده و از هر یک از این راستاها، دو باریکه متوالی A و B تهیه شدند (در مجموع شش باریکه از هر دیسک؛ شکل ۲). این باریکه‌ها زیر استریو میکروسکوپ بررسی شدند تا حدود مرز حلقه‌های رویش در آنها مشخص شوند. سپس این باریکه‌ها توسط تیغ جراحی (اسکالپل) به قطعاتی متوالی با طولی بین ۳ تا ۵ سانتی متر تقسیم شدند (شکل ۳). با استفاده از میکروتوم لغزشی مدل GSL1، سطح این باریکه‌ها برش‌ها خورده و کاملاً صاف شدند. سپس با استفاده از شیوه گچ سفید و ماژیک سیاه، حفرات آوندی به رنگ سفید و بافت زمینه به رنگ سیاه درآمدند (شکل ۳).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه: الف) رویشگاه پارک جنگلی و ب) رویشگاه قره‌سو



شکل ۲- تهیه باریکه‌های چوبی پوست تا مغز در دیسک‌ها

درنهایت مقطع عرضی این نمونه‌ها با قدرت تفکیک dpi ۴۸۰۰ اسکن شدند. روند مشابهی برای مغزی‌های تهیه شده از درختان رویشگاه لب‌شور طی شد، با این تفاوت که به دلیل کوچک بودن مغزی‌ها، پیش از برش میکروتومی، آنها توسط پارافین قالب‌گیری شدند. پس از تمایز حلقه‌های رویشی، اندازه‌گیری‌ها توسط نرم‌افزار Image J (http://rsb.info.nih.gov/ij) انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

اندازه‌گیری ویژگی‌های آناتومی حلقه رویش

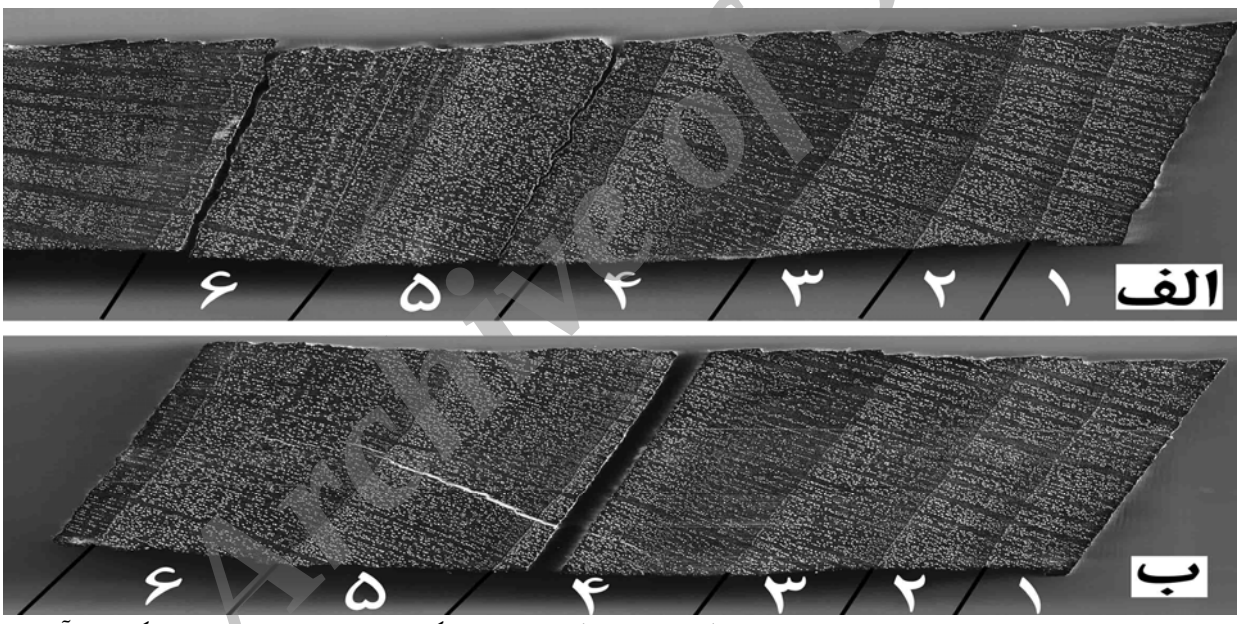
تصاویر حاصل از اسکن باریکه‌ها و مغزی‌ها به نرم‌افزار Image J منتقل شدند و پس از اعمال مقیاس آنها و ویرایش‌های مقدماتی، محدوده مناسبی از یک حلقه رویش که شامل تعداد مناسبی آوند باشد از حلقه رویشی مورد بررسی انتخاب شد. مساحت محدوده آنالیز شده در هر حلقه رویشی در باریکه‌های چوبی رویشگاه پارک جنگلی بین ۰/۵ تا ۲ میلی‌متر مربع و در مغزی‌های حاصل از درختان رویشگاه قره‌سو بین ۰/۱ تا ۰/۵ میلی‌متر مربع بودند. در این پژوهش، با استفاده از این نرم‌افزار، ویژگی‌های زیر در ۲۰ حلقه رویشی آخر هر درخت اندازه‌گیری شدند (شکل ۴):

– پهنای حلقه رویشی (TRW): در سه تا پنج نقطه از یک حلقه رویشی، خطی در امتداد اشعه‌ها و عمود بر مرز حلقه‌های رویشی رسم شده و میانگین آنها به عنوان پهنای حلقه رویشی آن حلقه گزارش شد (mm).

– میانگین اندازه آوندها (AVLA): مجموع مساحت آوندها در محدوده آنالیز شده / تعداد آوندها در آن محدوده (μm^2).

– تعداد آوند در واحد سطح (VF): تعداد آوند شمارش شده در محدوده آنالیز شده / مساحت محدوده آنالیز شده ($1 / mm^2$).

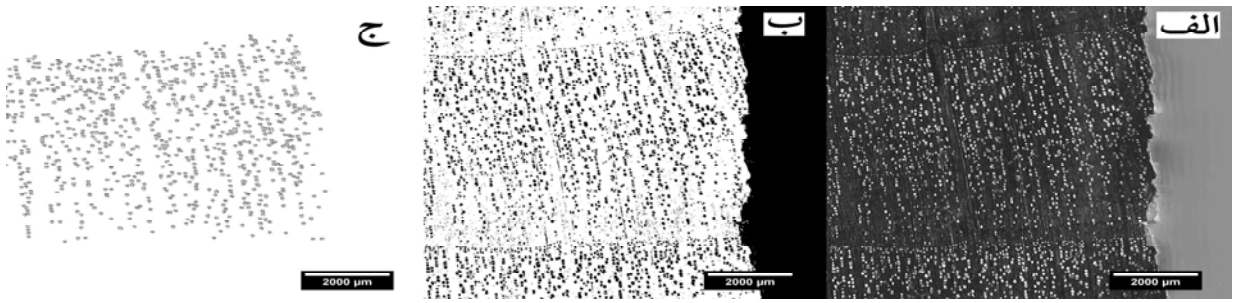
– تخلخل حلقه (Porosity): مجموع مساحت آوندها در محدوده آنالیز شده / مساحت محدوده آنالیز شده (%).



شکل ۳– قطعات متوالی دو باریکه چوبی تهیه شده از یک جهت دیسک برای اندازه‌گیری پهنای حلقه رویش و ویژگی‌های آوندی: الف) حلقه شماره شش در این باریکه تکه شده و کامل نیست. ویژگی‌های این حلقه از روی حلقه متناظر آن در باریکه پایینی (ب) اندازه‌گیری می‌شود. ب) دو تکه شدن حلقه شماره ۴ در باریکه پایینی با داشتن تصویری از حلقه کامل متناظر آن در باریکه بالایی جبران می‌شود.

در رویشگاه پارک جنگلی، برای هر حلقه رویشی درخت، میانگین‌گیری از داده‌های حاصل از سه راستای درخت انجام شد و عدد میانگین حاصل در محاسبات بعدی استفاده شد. در رویشگاه قره‌سو نیز روند مشابهی طی شد، با این تفاوت که ازآنجاکه در این رویشگاه از هر درخت دو مغزی تهیه شده بود، ویژگی هر حلقه، میانگینی از دو راستای عمود برهم است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴- مراحل مختلف ویرایش تصویر برای اندازه‌گیری ویژگی‌های آوندی در یک حلقه رویشی: الف) تصویر اصلی پس از اعمال شیوه گچ و ماژیگ، (ب) پس از بیناری شدن و ویرایش، ج) تصویر نهایی که نرم‌افزار به همراه داده‌های کمی ارائه می‌دهد.

محاسبات آماری

برای بررسی روابط درونی بین ویژگی‌های آناتومی در هر رویشگاه، همبستگی چهار ویژگی اندازه‌گیری شده در هر حلقه رویش صرف‌نظر از موقعیت حلقه رویشی با محاسبه ضریب همبستگی پیرسون برآورد شد. به عبارت دیگر، همبستگی متقابل بین پهنای حلقه رویشی، میانگین اندازه آوندها، تعداد آوند در واحد سطح و تخلخل در ۲۲۰ حلقه رویشی رویشگاه پارک جنگلی و ۳۰۰ حلقه رویشگاه قره‌سو به تفکیک محاسبه شدند. برای شناسایی متغیرهای اساسی و همچنین تبیین الگوی همبستگی بین متغیرها، آزمون تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA)[1] بر روی چهار ویژگی اندازه‌گیری شده به تفکیک هر رویشگاه اعمال شد. علاوه بر این برای بررسی اینکه کدام ویژگی آناتومی دارای تغییرات بین سالیانه و درون رویشگاهی بیشتری است و کدام ویژگی در دامنه محدودتری تغییر می‌کند ضریب تغییرات (CV^2) برای هر ویژگی به تفکیک رویشگاه محاسبه شد. تمامی محاسبات آماری با نرم‌افزار IBM SPSS نسخه ۲۰ و رسم نمودارها با نرم‌افزار OriginPro انجام شدند.

نتایج

رویشگاه پارک جنگلی

نتایج حاصل از آزمون همبستگی بین متغیرهای آناتومی اندازه‌گیری شده در هر حلقه رویشی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های آناتومی حلقه رویش در رویشگاه پارک جنگلی. در این جدول TRW معرف اندازه پهنای حلقه رویش؛ AVLA معرف میانگین مساحت حفرات آوندی؛ Porosity معرف درصد تخلخل و یا مجموع سطح حفرات آوندی و VF معرف دانسیته آوند و یا تعداد آوند در واحد سطح می‌باشد.

	TRW	AVLA	porosity	VF
TRW	۱	- ۰/۰۷	- ۰/۴۲ **	- ۰/۳۶ **
AVLA		۱	۰/۴۱ **	- ۰/۲۳ *
Porosity			۱	۰/۷۹ **

**: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹٪

*: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪

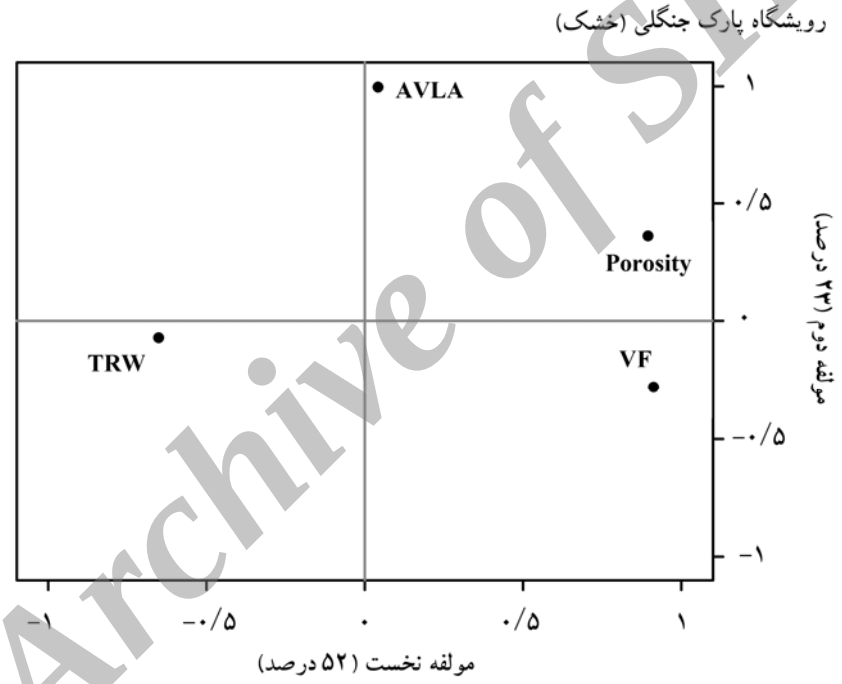
1 - Principal Component Analysis
2 Coefficient of Variation

Archive of SID

www.SID.ir

بین پهنای حلقه رویش و دو متغیر تعداد آوند در واحد سطح و تخلخل ارتباط معنی‌دار ولی معکوسی وجود دارد؛ به‌عبارت‌دیگر با افزایش پهنای حلقه رویشی، تعداد آوند کمتری در واحد سطح دیده شده و تخلخل کلی حلقه نیز کم خواهد شد. با آنکه طبیعتاً با بزرگ‌تر شدن اندازه آوندها تخلخل حلقه نیز افزایش می‌یابد ولی با توجه به قوی‌تر بودن ضریب همبستگی بین میانگین اندازه آوندها و تعداد آوند در واحد سطح می‌توان نتیجه گرفت که تخلخل حلقه بیشتر تحت تأثیر تعداد آوند است تا اندازه آنها. البته ارتباط معنی‌داری بین میانگین اندازه آوندها و پهنای حلقه رویشی یافت نشد.

با اعمال آزمون مؤلفه‌های اصلی بر روی چهار ویژگی آناتومی مورد بررسی در رویشگاه پارک جنگلی مشخص شد که دو عامل اصلی بر روی آنها تأثیرگذار بوده که این دو عامل (PC) درمجموع ۸۳ درصد کل تغییرات ویژگی‌های مورد بررسی را تحت پوشش قرار می‌دهند. میزان همبستگی این دو عامل با ویژگی‌ها در نمودار دومحوری به تصویر کشیده شده است (شکل ۵).



شکل ۵- نمودار دومحوری تحلیل مؤلفه‌های اصلی از متغیرهای آناتومی مورد بررسی در رویشگاه پارک جنگلی. TRW: پهنای حلقه رویش؛ VF: تعداد آوند در واحد سطح؛ AVLA: میانگین اندازه آوندها؛ Porosity: تخلخل

مؤلفه نخست همبستگی بالایی با پهنای کلی حلقه رویش (TRW)، تعداد آوند در واحد سطح (VF) و میزان تخلخل حلقه رویش (مجموع سطح حفرات آوندی؛ Porosity) دارد، درحالی‌که مؤلفه دوم همبستگی بالایی با میانگین اندازه آوندها (AVLA) نشان می‌دهد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت عامل یا عواملی که تغییرات پهنای حلقه رویش، تعداد آوند در واحد سطح و تخلخل حلقه رویش را کنترل می‌کنند متفاوت از عواملی هستند که اندازه آوندها را کنترل می‌کنند. به‌عبارت‌دیگر پهنای حلقه و اندازه آوندها تحت تأثیر دو مجموعه عوامل مختلف هستند؛ بنابراین با بررسی مجموعه زمانی میانگین اندازه آوندها به احتمال زیاد می‌توان سیگنال‌های محیطی را استخراج کرد

Archive of SID
www.SID.ir

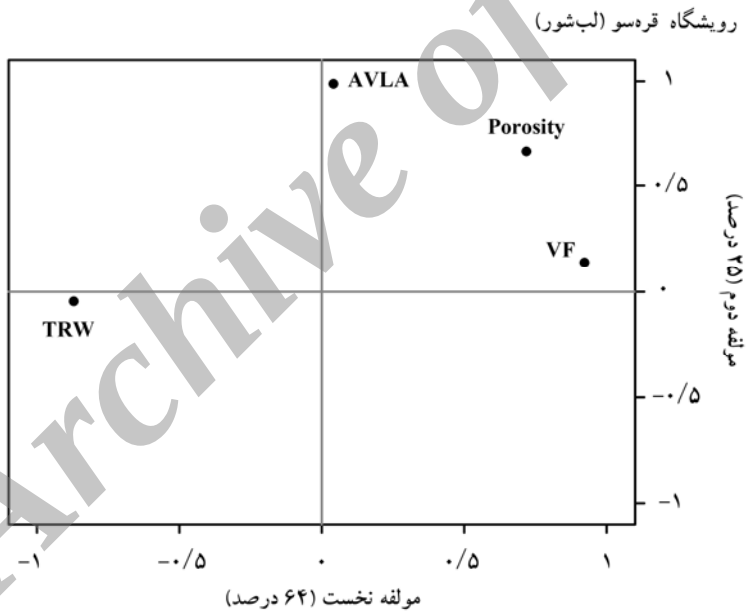
که در تغییرات پهنای حلقه رویش منعکس نشده است. درکل می توان مؤلفه نخست را که کنترل‌کننده ۵۲ درصد تغییرات و مؤلفه دوم که کنترل‌کننده ۲۳ درصد تغییرات است را به‌ترتیب عوامل مؤثر بر توزیع آوندها و پهنای حلقه رویش و عوامل مؤثر بر اندازه آوندها نامید. رویشگاه آب لب شور جدول ۲ ضرایب همبستگی بین متغیرهای آناتومی اندازه‌گیری شده در هر حلقه رویشی را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های آناتومی حلقه رویش در رویشگاه آب لب‌شور. در این جدول TRW معرف اندازه پهنای حلقه رویش؛ AVLA معرف میانگین مساحت حفرات آوندی؛ Porosity معرف درصد تخلخل و یا مجموع سطح حفرات آوندی و VF معرف دانسیته آوند و یا تعداد آوند در واحد سطح می‌باشد.

	TRW	AVLA	porosity	VF
TRW	۱	- ۰/۱۵	- ۰/۵۸ **	- ۰/۶۴ **
AVLA		۱	۰/۶۶ **	۰/۱۴
porosity			۱	۰/۸ **

**: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹٪

*: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪



شکل ۶- نمودار دومحوری تحلیل مؤلفه‌های اصلی از متغیرهای آناتومی مورد بررسی در رویشگاه قره‌سو (TRW: پهنای حلقه رویش؛ VF: تعداد آوند در واحد سطح؛ AVLA: میانگین اندازه آوندها؛ Porosity: تخلخل)

نوع و شدت ارتباط بین متغیرهای آناتومی اندازه‌گیری‌شده در رویشگاه لب‌شور بسیار مشابه رویشگاه پارک جنگلی بود. در این رویشگاه نیز ارتباط معکوس و قوی‌ای بین پهنای حلقه رویش و دو متغیر تعداد آوند در واحد سطح و تخلخل دیده شد ولی میانگین اندازه آوندها همبستگی معنی‌داری را با پهنای حلقه رویشی نشان نداد. همچنین تخلخل با تعداد آوند در واحد سطح ارتباط معنی‌دار و مثبتی دارد؛ به‌عبارت‌دیگر با افزایش تعداد آوند در واحد

Archive of SID

www.SID.ir

سطح، تخلخل بیشتر می‌شود.

با اعمال آزمون مؤلفه‌های اصلی بر روی چهار ویژگی آناتومی مورد بررسی در رویشگاه قره‌سو مشخص شد که دو عامل اصلی بر روی آنها تأثیرگذار بوده که این دو مؤلفه درمجموع ۸۹ درصد کل تغییرات ویژگی‌های مورد بررسی را تحت پوشش قرار می‌دهند. میزان همبستگی این دو عامل با ویژگی‌ها در نمودار دومحوری به تصویر کشیده شده است (شکل ۶).

مؤلفه نخست همبستگی بالایی با پهنای کلی حلقه رویش (TRW)، تعداد آوند در واحد سطح (VF) و همبستگی کمتری با میزان تخلخل حلقه رویش (مجموع سطح حفرات آوندی؛ Porosity) دارد، درحالی‌که مؤلفه دوم همبستگی بالایی با میانگین اندازه آوندها (AVLA) نشان می‌دهد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت عامل یا عواملی که تغییرات پهنای حلقه رویش، تعداد آوند در واحد سطح و تا اندازه کمتری تخلخل حلقه رویش را در کنترل دارند متفاوت از عواملی هستند که اندازه آوندها را کنترل می‌کنند. به‌عبارت‌دیگر، پهنای حلقه رویش و تعداد آوند در واحد سطح هر دو بشدت تحت تأثیر مؤلفه نخست هستند. یعنی هر دو توسط یکسری عوامل کنترل می‌شوند ولی نحوه تأثیر این عوامل روی آنها متفاوت است. این عوامل باعث افزایش پهنای حلقه و کاهش تعداد می‌شوند، درحالی‌که AVLA ویژگی‌ای است که تحت تأثیر عوامل کاملاً متفاوتی قرار دارد؛ بنابراین با بررسی سری زمانی میانگین اندازه آوندها به‌احتمال زیاد می‌توان سیگنال‌های محیطی را استخراج کرد که در تغییرات پهنای حلقه رویش منعکس نشده است. درکل، نحوه گروه‌بندی متغیرهای آناتومی با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی در دو رویشگاه مشابه هم بود.

نتایج حاصل از محاسبه ضریب تغییرات ویژگی‌های آناتومی در دو رویشگاه مورد بررسی در جدول ۳ آمده است. در هر دو رویشگاه، پهنای حلقه رویش دارای بیشترین تغییرات بین سالانه و درون رویشگاهی بود ولی میانگین اندازه آوندها کمترین تغییرپذیری را از خود نشان داد. در مجموع، دامنه تغییرات ویژگی‌های آناتومی در درختان پارک جنگلی بیشتر از درختان رویشگاه لب‌شور بود.

جدول۳- ضرایب تغییرات ویژگی‌های آناتومی حلقه رویش در دو رویشگاه مورد بررسی (TRW: پهنای حلقه رویش؛ VF: تعداد آوند در واحد سطح؛ AVLA: میانگین اندازه آوندها؛ Porosity: تخلخل)

	TRW	AVLA	porosity	VF
پارک جنگلی (٪)	۶۵/۲	۱۹/۷	۳۱/۲	۲۹/۴
لب‌شور (٪)	۴۲/۸	۱۵/۹	۲۷/۹	۱۹/۲

بحث

ارتباط درونی و متقابل بین ویژگی‌های آوندی و پهنای حلقه رویش در دو رویشگاه مشابه بود. مشابه بودن نوع ارتباط ویژگی‌های آناتومی با وجود تفاوت چشمگیر شرایط رویشگاهی را می‌توان دال بر یکسان بودن الگوی ارتباط ویژگی‌های آوندی چوب با هم و با پهنای حلقه رویش در گونه توسکا دانست. با بررسی همبستگی‌ها و آزمون‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی می‌توان گفت که فارغ از نوع رویشگاه، تغییرات سنی و تغییرات آب و هوایی، هرگاه پهنای حلقه‌های رویشی درختان توسکا افزایش یابد، تعداد آوند در واحد سطح حلقه کمتر خواهد شد و این دو ویژگی آناتومی تحت کنترل یک نوع مؤلفه هستند. البته این نوع ارتباط بین این دو ویژگی آناتومی در راش‌های ایرانی نیز دیده شده است (Pourtahmasi *et al*., 2011 Oladi *et al*., 2014)؛ اما در گونه بلوط، پهنای حلقه رویشی و تعداد آوندها در واحد سطح تحت تأثیر دو سری عوامل مختلف بودند (Woodcock, 2013; Abrantes *et al*., 2013). ممکن است شباهت بیشتر نوع ارتباط ویژگی‌های آوندی و پهنای حلقه رویش در توسکا و راش و اختلاف آنها با بلوط به دلیل پراکنده آوند بودن دو گونه نخست و بخش روزنه‌ای بودن گونه بلوط باشد. تغییرات پهنای حلقه‌های رویشی یکی از شناخته‌شده‌ترین

Archive of SID
www.SID.ir

ویژگی‌های آناتومی متأثر از اقلیم است، همچنین در چند گونه پراکنده آوند نشان داده شده است که تغییرات سالیانه VF زیاد بوده و ارتباط مستحکمی با عوامل اقلیمی و رویشگاهی دارد (Aguilar-Rodríguez *et al*., 2006; Schume *et al*., 2004). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این دو ویژگی آناتومی حساسیت و تغییرپذیری زیادی دارند.

از طرف دیگر تغییرات اندازه آوندها در توسکاهای مورد بررسی تا حد زیادی مستقل از تغییرات دیگر ویژگی‌های آناتومی بررسی شده و متأثر از مؤلفه متفاوتی بود. بنابراین احتمال اینکه با بررسی تغییرات اندازه آوندها، سیگنال‌های محیطی یا درونی متفاوتی استخراج شوند، وجود دارد (Matisons & Brumelis, 2012). هدایت هیدرولیکی آب از ریشه به تاج درخت به‌شدت متأثر از اندازه آوندهاست، زیرا با دو برابر شدن قطر یک آوند، ظرفیت هدایت آب آن شانزده برابر می‌شود (Sperry *et al*., 2006). بااین‌حال Oladi و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که در درختان راش ایران، میانگین اندازه آوندها در سال‌های مختلف در دامنه محدودتری تغییر می‌کند، درحالی‌که تغییرات TRW و VF به‌مراتب بیشتر است؛ این نتیجه‌ای است که در درختان توسکا مورد بررسی نیز دیده شد. بنابراین به نظر می‌رسد دست‌کم پهن‌برگان پراکنده آوند مناطق معتدله، راهبرد محتاطانه‌ای برای تغییر اندازه آوندها دارند.

تشابه نحوه تغییرات و ارتباطات درونی ویژگی‌های آناتومی در درختان توسکا و راش ایران و برخی پهن برگان مناطق دیگر دنیا، این گمان را تقویت می‌کند که فارغ از رویشگاه و ریزاقلیم، پهن‌برگان پراکنده آوند راهبرد کمابیش یکسانی برای تطابق ویژگی‌های آوندی با عوامل بیرونی اتخاذ می‌کنند. بااین‌حال، به دلیل معدود بودن این‌گونه پژوهش‌ها اظهارنظر قطعی در این زمینه نیازمند بررسی گونه‌های پراکنده آوند بیشتری است.

منابع مورد استفاده

- Abrantes, J., Campelo, F. and García-González, I., 2013. Environmental control of vessel traits in *Quercus ilex* under Mediterranean climate: Relating xylem anatomy to function. Trees, 27(3): 655-662.
- Aguilar-Rodríguez, S., Terrazas, T. and López-Mata, L., 2006. Anatomical wood variation of *Buddleja cordata* (Buddlejaceae) along its natural range in Mexico. Trees, 20 (2): 253–261.
- Ballesteros, J.A., Stoffel, M., Bollschweiler, M., Bodoque del Pozo, J. M. and Díez-Herrero, A., 2010. Flash-flood impacts cause changes in wood anatomy of *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia* and *Quercus pyrenaica*. Tree Physiology, 30: 773–781.
- Eckstein, D. and Frisse, E., 1982. The influence of temperature and precipitation on vessel area and ring width of oak and beech: 12–13. In: Hughes, M.K. et al (Eds). Climate from tree rings. Cambridge University Press, Cambridge, 233 p.
- Fichtler, E. and Worbes, M., 2012. Wood anatomical variables in tropical trees and their relation to site conditions and individual tree morphology. IAWA Journal, 33(2): 119-140.
- Fonti, P., von Arx, G., Garcia-Gonzalez, I., Elimann, B., Sass-Klaassen, U., Gartner, H. and Eckstein, D., 2010. Studying global changes through investigation on the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. New Phytologist, 185: 42–63.
- Fritts, H.C., 2001. Tree Rings and Climate. The Blackburn Press, New Jersey, 566 p.
- Matisons, R., and Brumelis, G., 2012. Influence of climate on tree-ring and earlywood vessel formation in *Quercus robur* in Latvia. Trees, 26(4): 1251-1266.
- Oladi, R., Bräuning, A. and Pourtahmasi, K., 2014. ‘‘Plastic’’ and ‘‘static’’ behavior of vessel-anatomical features in Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in view of xylem hydraulic conductivity. Trees, 28(2): 493–502.
- Pourtahmasi, K., Lotfiomran, N., Bräuning, A. and Parsapajouh, D., 2011. Tree-ring width and vessel characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis*) along an altitudinal gradient in the Caspian forests, Northern Iran. IAWA Journal, 32: 461–473.
- Schume, H., Grabner, M. and Eckmüllner, O., 2004. The influence of an altered groundwater regime on vessel properties of hybrid poplar. Trees, 18(2): 184–194.
- Schweingruber, F.H., 1990. Anatomy of European woods. Verlag Paul Haupt Publishers, Berne and Stuttgart, 800 p.
- Speer, J.H., 2010. Fundamentals of tree-ring research. The University of Arizona Press, Tucson, 368 p.
- Sperry, J.S., Hacke, U.G. and Pittermann, J., 2006. Size and function in conifer tracheids and angiosperm vessels. American Journal of Botany, 93: 1490–1500.
- Woodcock, D.W., 1989. Climate sensitivity of wood anatomical features in a ring-porous oak (*Quercus macrocarpa*). Canadian Journal of Forest Research, 19: 639–644.

Archive of SID

www.SID.ir

Inter-relations between tree-ring width and vessel features in black alder (*Alnus glutinosa*)

R. Oladi[1*], S. Nasiriani[2], A. Danekar[3] and K. Pourtahmasi[4]

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran, E-mail: oladi@ut.ac.ir
2- M.Sc., Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3- Associate Prof., Department of Environmental Sciences, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran
4- Associate Prof., Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: Nov, 2014 Accepted: April, 2015

Abstract

Since long time ago, researchers in the fields of wood science, dendroclimatology and tree physiology has been interested in the variation of tree-ring width and vessel features within a tree. However, mutual relationship and interplay between these anatomical features were not adequately studied. In this regard, the main question is whether the pattern of adjustment in wood anatomical traits (tree-ring width and vessel features) is similar in all hardwoods and in every site? Or may the same species possess different strategies in different sites? To answer these questions, two growing sites of black alder (*Alnus glutinosa*) with completely different micro-climates (dry and brackish) were selected near Astara city. In each site, few trees were selected, cut or cored. After preliminary treatments, wood cross sections were prepared from the bark to the pith of each tree. These sections were scanned and using an image analysis software, tree-ring width (TRW), average vessel lumen area (AVLA), number of vessel in unit area (VF), and the porosity (Porosity) of a tree ring were measured in the last 20 annual rings of each tree. To study the inter-relations between the variables at each site, variables were analyzed using different statistical tests. The results showed that the inter- and mutual-relations between tree-ring width and vessel features were similar in both studied sites. In brief, it can be concluded that regardless of site and climatic condition, in alder trees, wider tree rings leads to fewer vessels and these two anatomical traits are controlled by the same component but AVLA is affected by a different component and is not associated with the tree-ring width.

Keywords: Image J, hydraulic conductivity, tree physiology, vessel features, wood anatomy.

Archive of SID

www.SID.ir