مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۶ شماره ۱، صفحه ۳۹-۲۶، (۱۴۰۰)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJWPR.2021.351954.1637
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0913.1400.36.26.74.1.1605.1585

مقایسه سرعت رشد، بیومتری الیاف چوبی و قدرت تطبیق‌پذیری جمعیت‌های مختلف گز شاهی (*Tamarix aphylla* L.) کاشته شده در گرمسار

حمیدرضا یاوریان[۱]، رضا اولادی[۲*]، محمدحسین صادق‌زاده حلاج[۳] و کامبیز پورطهماسی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲*- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران، پست الکترونیک: oladi@ut.ac.ir

۳- کارشناس پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۹

چکیده

درخت گز شاهی، گونه‌ای مقاوم به خشکی است که از نظر زیست-محیطی مهم بوده و چوب آن در برخی کشورها کاربرد تجاری دارد. هدف از این پژوهش مقایسه جمعیت‌های گوناگون این گونه از نظر میزان رشد قطری (پهنای حلقه رویش)، توان سازگاری فیزیولوژی (ویژگی‌های آوندی) و ویژگی‌های کاربردی چوب (بیومتری الیاف) بود. بررسی بر روی پایه‌های ده‌ساله از شش جمعیت این گونه انجام شد که پیش‌تر از مناطق مختلف ایران (قم، کاشان، خاش، زابل، گرمسار و یزد) گردآوری و در گرمسار کاشته شده بودند. نتایج نشان داد که جمعیت گرمسار بیشترین قطر و رشد عرضی را در بین جمعیت‌ها دارد. این جمعیت با کوچک نگه‌داشتن آوندها و در عوض افزایش چشم‌گیر تعداد آنها بهترین راهبرد را برای سازگاری با اقلیم سرد و خشک از خود نشان داد. همین امر دلیل رشد بهتر عرضی آن نیز بوده است. با آنکه ویژگی‌های بیومتری الیاف و نسبت‌های کاغذسازی بین جمعیت‌ها اختلاف آماری معنی‌داری نشان داد اما این اختلاف‌ها آنقدر فاحش نبودند که در عمل تأثیر مهمی در کیفیت کاغذ حاصل داشته باشند. ازاین‌رو، با توجه به اینکه جمعیت یزد از نظر پارامترهای کاغذسازی کیفیت بهتری داشت ولی گزینش جمعیت برتر برای این صنعت تنها با اتکا بر بیومتری الیاف درست نبوده و باید به ویژگی‌های دیگر مانند حجم چوب تولیدی، سازگاری با رویشگاه و میزان زنده‌مانی نهال‌ها اهمیت بیشتری داد. همبستگی مثبت یافت شده بین پهنای حلقه‌های رویشی و طول الیاف از منظر زراعت چوب بسیار مطلوب است، زیرا تیمارهایی که به افزایش سرعت رشد می‌انجامند، درعین‌حال ویژگی‌های الیاف را نیز بهبود خواهند بخشید. درمجموع می‌توان نتیجه گرفت که جمعیت گرمسار بهترین گزینه برای کاشت و پرورش گز شاهی از نظر تطبیق‌پذیری با محیط و زراعت چوب است.

واژه‌های کلیدی: پرووانانس، توارث‌پذیری، آوند، اکوفیزیولوژی، زراعت چوب، تفاوت ژنتیکی

مقدمه

کاهش سطح جنگل‌های خزری ایران و سیاست‌های کشور برای کاهش بهره‌برداری از جنگل‌ها از یکسو و افزایش نیاز صنایع به چوب خام از سوی دیگر، ضرورت زراعت چوب با گونه‌های تند رشد را نشان می‌دهد. یکی از این گونه‌ها صنوبر می‌باشد که به‌دلیل میزان رشد بالا و سازگاری با اقلیم‌های مختلف دارای ارزش اقتصادی فراوان بوده و عمده زراعت چوب در ایران در دهه گذشته براساس این گونه بوده است؛

بااین‌حال گونه صنوبر نیاز آبی بالایی دارد و در اقلیم‌های گرم و خشک قابلیت کشت ندارد. با توجه به روند خشک‌سالی و کمبود آب در ایران، استفاده از این گونه برای زراعت چوب مورد چالش قرار گرفته است و محدود به مناطقی شده که از نظر مدیریت منابع آبی مشکل چندانی ندارند. گونه‌های دیگری برای زراعت چوب وجود دارند مانند پالونیا و اکالیپتوس که هریک به دلایلی چندان مورد استقبال زارعان چوب قرار نگرفته‌اند. ازاین‌رو معرفی گونه تند رشدی که نیاز آبی کمی داشته و مناسب اقلیم‌های گرم و خشک باشد ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از عناصر قابل‌توجه درختی و درختچه‌ای که با سخت‌ترین شرایط اقلیمی سازش داشته و در خشک‌ترین نقاط ایران کم‌وبیش بیشه‌هایی تشکیل می‌دهد، انواع درخت گز (*Tamarix*) می‌باشد. گزها گیاهانی شورپسند هستند که به‌طور معمول به‌صورت بوته‌هایی با چند ساقه و شاخه‌های باریک و بلند رشد می‌کنند. ۳۶ گونه گز در ایران رشد می‌کنند که بیشترشان بوته‌ای شکل‌اند ولی درختان گز بلندی مانند گز شاهی نیز یافت می‌شود (Sagheb Talebi *et al.*, 2014). درختان و درختچه‌های گز، گیاهان کم توقعی هستند که حتی در شرایط نامتعارف آب و خاک به حیات و رشد خود ادامه می‌دهند. پژوهش‌های انجام شده مؤید ظرفیت بالای این گونه در زنده‌مانی و تولید در اراضی شور و حتی در آبیاری به‌وسیله پساب‌های صنعتی می‌باشد (Coats, 2005).

درخت گز شاهی از نظر زیست–محیطی مهم بوده و ساقه و چوب آن در برخی کشورها و برخی مناطق ایران، کاربرد سنتی یا تجاری دارد (Dykstra, 2010; Sagheb Talebi *et al.*, 2014). این گونه به دلیل رشد سریع و سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده، مانع از جابه‌جایی ماسه‌ها شده و از این طریق جلوی فرسایش خاک و حرکت ماسه‌های روان را می‌گیرد. به‌همین دلیل در مناطق کویری کشت می‌شود. چوب گونه‌های درختی گز نیز از دیرباز کاربرد صنعتی داشته است. چوب گز، بافت ریزی داشته، روشن بوده و قابلیت پرداخت خوبی دارد (Benson & Darrow, 2013). چوب این گونه قابلیت استفاده در انواع صنایع وابسته به چوب مانند تخته‌خرده چوب (Zheng *et al.*, 2006)، کوره‌های اکسیداسیون و احیاء معادن، صندوق‌سازی و ساخت درب و پنجره را دارد (Nourbakhsh *et al.*, 2000). ویژگی‌های فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی چوب گز شاهی فوق‌العاده نیست (Mantanis & Birbilis, 2010)؛ بااین‌حال، از منظر کیفیت الیاف چوبی، قابل مقایسه با پهن‌برگان سبک و تندرشد بوده (Oladi et *al.*, 2017) و در سال‌های اخیر، استفاده از آن در صنایع سلولزی نیز مورد توجه قرار گرفته است (Al-Mefarrej *et al.*, 2014).

در پهن‌برگان، پژوهش‌های متعددی در مورد تفاوت بین‌گونه‌ای از نظر ویژگی‌های بنیادین و کاربردی چوب انجام شده است ولی اطلاعات در مورد تغییرات درون‌گونه‌ای آن اندک است. بااین‌حال، این گونه اطلاعات برای برآورد ظرفیت تطبیق‌پذیری جمعیت‌های درختی با افزایش شدت و توان خشکی اقلیم و همچنین تفسیر فیزیولوژی این تطابق لازم است (Hajek *et al.*, 2016). علاوه‌براین، کنترل مؤثر و بهینه‌سازی کیفیت چوب حاصل از درختانِ دست‌کاشت مستلزم شناسایی عوامل مؤثر بر ویژگی‌های کاربردی چوب از منظر عوامل ژنتیکی و اقلیمی است (Pan *et al.*, 2018). یکی از مهمترین شیوه‌های درک این مسئله، انتخاب جمعیت/ژنوتیپ‌های گوناگون یک گونه و پرورش آنها در مزرعه کنار هم و انتخاب جمعیت/ژنوتیپ برتر از نظر اکوفیزیولوژی و یا کیفیت چوب است (Zeltiński *et al.*, 2018). از این منظر پژوهش‌های متعددی بر روی پرووانس‌های گوناگون سوزنی‌برگان تجاری مانند کاج انجام شده (Blumenrother *et al.*, 2011) ولی پژوهش‌ها بر روی پهن‌برگان مناطق معتدله به‌مراتب کمتر بوده و بر روی پهن‌برگان سازگار با خشکی مانند گز شاهی، پژوهش‌ها انگشت‌شمارند. بررسی ویژگی‌های چوب گز شاهی در نقاط مختلف دنیا نشان می‌دهد، با توجه به اینکه چوب آن خیلی با کیفیت نیست (Mantanis & Birbilis, 2010) ولی زیست‌توده خوبی برای صنایع خمیر و کاغذ محسوب می‌شود (Al-Mefarrej *et al.*, 2014; Oladi et *al.*, 2017). با توجه به گسترش جمعیت‌های مختلف گز شاهی در مناطق مرکزی

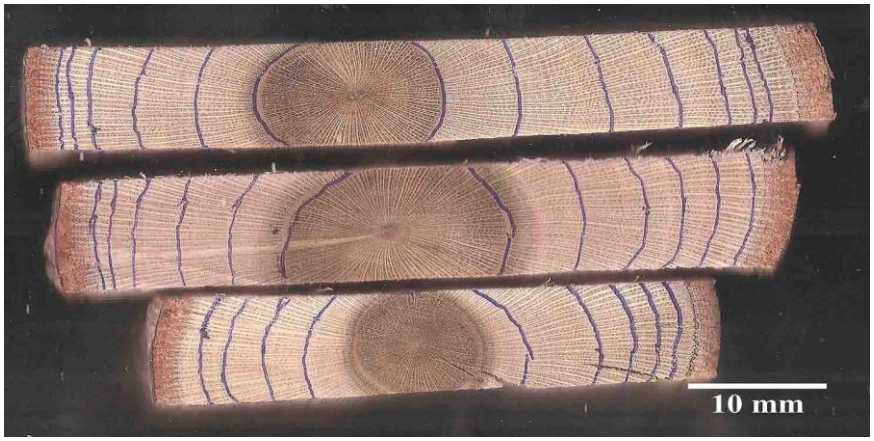
و بیابانی کشور ممکن است بین ویژگی‌های چوب و بیومتری الیاف این جمعیت‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشته باشد؛ به‌طوری‌که در مورد جمعیت‌های مختلف شاهدانه این مسئله به اثبات رسیده است (Saadati *et al.*, 2015). با توجه به اینکه اطلاعاتی از ویژگی‌های الیاف و چوب گز شاهی در ایران در دسترس است (Nourbakhsh *et al.*, 2000; Oladi et *al.*, 2017) و بیومتری الیاف گونه‌های مختلف گز نیز در ایران با هم مقایسه شده‌اند (Hoseinzadeh et al., 1997) ولی تاکنون پژوهشی تفاوت‌های احتمالی بین جمعیتی این گونه را مورد بررسی قرار نداده است. ازاین‌رو هدف از این مطالعه بررسی بیومتری الیاف چوبی و ویژگی‌های آوندی در شش جمعیت برگزیده گز شاهی و معرفی بهترین جمعیت از نظر سرعت رشد و ویژگی‌های الیاف است.

در این پژوهش پس از وابری الیاف، ویژگی‌های بیومتری الیاف شامل طول فیبر، پهنای فیبر، ضخامت دیواره فیبر و پهنای حفره فیبر و با بررسی برش‌های میکروسکوپی، ویژگی‌های آوندی شامل کل سطح عناصر آوندی، میانگین سطح حفره‌های آوندی، تخلخل و فراوانی آوندها و قطر و رویش عرضی (پهنای حلقه رویش) اندازه‌گیری و با روش‌های آماری با هم مقایسه خواهند شد. همچنین با استفاده از نسبت‌های بیومتری الیاف (نسبت‌های کاغذسازی)، مناسب‌ترین جمعیت برای کاغذسازی از میان جمعیت‌های مورد بررسی گز شاهی معرفی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

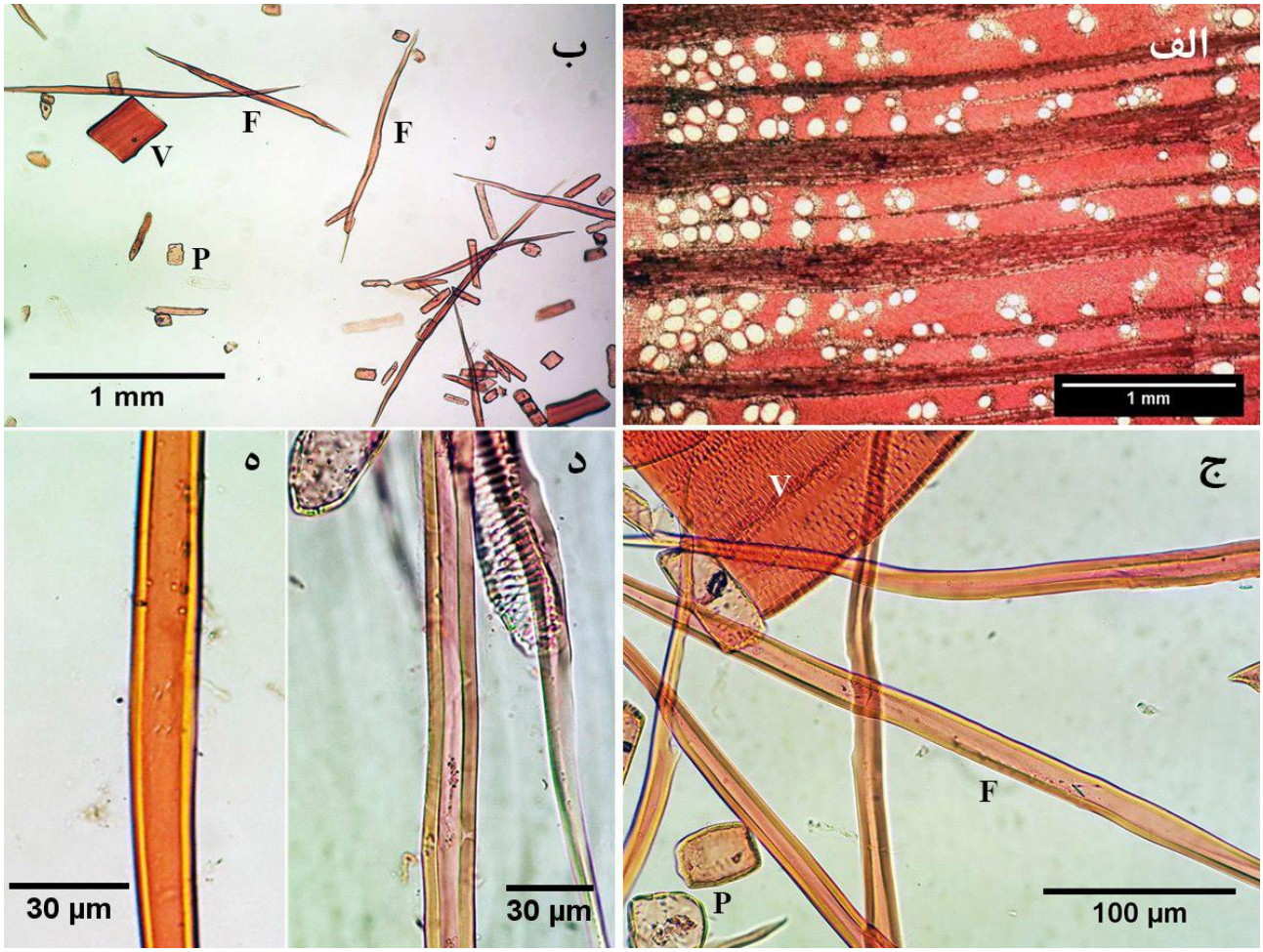
پایه‌هایی از جمعیت‌های مختلف گز شاهی از شش منطقه مختلف ایران (قم، کاشان، خاش، زابل، گرمسار و یزد) گردآوری و به‌روش قلمه زدن در ایستگاه تحقیقات بیابان در جنوب گرمسار کاشته شدند. این ایستگاه در ۳۵ درجه و ۷ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و ارتفاع تقریبی ۸۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. میانگین دما و مجموع بارش سالیانه منطقه به‌ترتیب ۲۰/۵ درجه سانتی‌گراد و ۹۹/۴ میلی‌متر می‌باشد (ایستگاه هواشناسی گرمسار؛ دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۸). اقلیم منطقه بیابانی بوده و دوره خشک حدود ۸ ماه است (Sadeghzadeh *et al.*, 2015). سن جمعیت‌های کاشته شده در ایستگاه گرمسار در زمان نمونه‌برداری ۱۰ سال بود. از هر جمعیت، سه پایه انتخاب شد و از ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری سطح زمین، دیسکی به ضخامت تقریبی ۱۰ سانتی‌متری از هر پایه بریده شد. در آزمایشگاه، دیسک ۱۰ سانتی‌متری به چهار دیسک کوچک‌تر دو سانتی‌متری برش داده شد. از یکی از دیسک‌ها، برای اندازه‌گیری پهنای حلقه رویش، از دومی برای بررسی ویژگی آوندی و از دیسک سوم برای وابری الیاف استفاده و یک دیسک برای ذخیره حفظ شد.



شکل ۱- مقطع عرضی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی (خطوط آبی، مرز تقریبی حلقه‌های رویشی است که برای راحت دیده‌شدن از سوی مخاطب با خودکار ترسیم شده‌اند).

اندازه‌گیری قطر ساقه و رویش عرضی (پهنای حلقه‌های رویش)

دیسک‌ها با درجات متوالی سمباده‌های زبر تا نرم صاف و مقطع عرض آنها توسط اسکنر با قدرت تفکیک ۶۰۰ dpi اسکن شد. تصاویر به نرم‌افزار ImageJ منتقل و اندازه‌گیری قطر پایه‌ها بر روی آنها انجام گردید. قطر بزرگ و کوچک هر ساقه اندازه‌گیری شد. سپس باریکه‌هایی از دیسک‌ها تهیه و پس از صاف کردن سطح آنها، مرز حلقه‌های رویشی در آنها زیر استریومیکروسکوپ مشخص گردید (شکل ۱). عکس‌ها به نرم‌افزار ImageJ منتقل شد و در آنجا پهنای سه حلقه رویشی انتهایی از پوست به مغز در هر دیسک –در دو سمت– مورد بررسی قرار گرفت (سال‌های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷). برای اطمینان از درستی تشخیص مرز حلقه‌های رویش – به‌ویژه حلقه‌های باریک‌ترِ نزدیک پوست– حلقه‌های رویشی شناسایی شده روی مقاطع اسکن شده با مقاطع میکروسکوپی تهیه شده (بخش بعدی) نیز تطابق داده شدند.



شکل ۲– مقطع عرضی میکروسکوپی (الف) برای اندازه‌گیری ویژگی‌های آوندی و الیاف وابری شده (ب تا ه) گونه گز شاهی؛ ب: تصویر گرفته شده برای اندازه‌گیری طول الیاف که در آن فیبرها (**F**)، آوندها (**V**) و پارانشیم‌ها (**P**) دیده می‌شوند؛ ج تا ه: تصاویر گرفته شده برای اندازه‌گیری پهنا و ضخامت دیواره فیبر؛ د: فیبر با دیواره ضخیم؛ ه: فیبر با دیواره نازک

اندازه‌گیری ویژگی‌های آوندی

ویژگی‌های آوندی چوب از روی مقاطع میکروسکوپی عرضی استخراج شدند. از دو سمت باریکه‌ها، مکعب‌هایی که حاوی سه حلقه‌های رویشی انتهایی بودند به‌وسیله مغار و چکش جدا شدند. سپس نمونه‌ها برای نرم شدن، به مدت ۲۴ ساعت در آب‌مقطر قرار داده شدند. در ادامه، با استفاده از میکروتوم GSL1، برش‌هایی با ضخامت تقریبی ۱۵ میکرومتر از نمونه‌ها گرفته شد. برش‌ها در آب‌ژاول رنگ‌بری با آب‌مقطر شستشو داده شده و با سافرانین ۱٪ رنگ‌آمیزی گردیدند. برای خارج شدن رنگ اضافی و آب‌گیری، برش‌ها به‌ترتیب با الکل ۵۰، ۷۰ و ۹۶ درصد شستشو شدند. بعد از شستشو، برش‌ها با کمک چسب انتلان بر روی لام تثبیت شده و برای خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در اجاق با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (Gärtner & Schweingruber, 2013.).

برای عکس‌برداری از لام‌های آماده شده در زیر میکروسکوپ، از دوربین متصل به رایانه Dino-lite استفاده شد (شکل ۲-الف). عکس‌های گرفته شده به نرم‌افزار ImageJ 1.46r منتقل و ویژگی‌های آوندی شامل میانگین مساحت آوندها، تعداد آوند در واحد سطح، تخلخل (مجموع سطح حفره‌های آوندی به درصد) و فراوانی آوند در دو حلقه رویشی انتهایی (سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) برای دو سمت ساقه به تفکیک محاسبه شد. بعد از میانگین‌گیری دو سمت، عدد حاصل به‌عنوان معرف آن پایه در تحلیل‌های بعدی مورد استفاده قرار گفت. در این پژوهش، شش جمعیت و در هر جمعیت سه تکرار (پایه) بررسی شدند.

اندازه‌گیری بیومتری الیاف

وابری الیاف با بهره‌گیری از روش Franklin (۱۹۴۵) انجام شد. ابتدا تراشه‌هایی به‌وسیله چکش و مغار یا تیغ جراحی از حلقه‌های رویشی سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در دو سمت ساقه به‌تفکیک تهیه شدند. تکه‌های بدست‌آمده از دو سمت هر سال رویشی با هم مخلوط و به‌داخل لوله آزمایش منتقل و در آنجا با استفاده از محلول ۱:۱ استیک اسید و پراکسید هیدروژن لیگنین‌زدایی شده و وابری انجام شد. سپس با استفاده از سافرانین ۱٪، رنگ‌آمیزی شده و برای مشاهدات میکروسکوپی روی لام قرار گرفتند. برای عکس‌برداری از لام‌های آماده شده در زیر میکروسکوپ، از دوربین متصل به رایانه Dino-lite استفاده شد. عکس‌های گرفته شده (شکل‌های ۲-ب تا ه) به نرم‌افزار ImageJ 1.46r منتقل و بدین‌ترتیب ویژگی‌های بیومتری الیاف چوبی شش جمعیت گزشاهی شامل طول فیبر (L) به میلی‌متر، پهنای فیبر (D)، ضخامت دیواره فیبر (P) و پهنای حفره فیبر (C)، هر سه به میکرومتر با سه تکرار (پایه) برای هر جمعیت، اندازه‌گیری شدند. در بررسی بیومتری الیاف برای هر ویژگی دست‌کم ۳۰ فیبر از سه تا پنج لام متفاوت مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفت.

همچنین براساس میانگین داده‌های خام بیومتری الیاف، نسبت‌های بیومتری الیاف (نسبت‌های کاغذسازی) به‌شرح زیر برای هر جمعیت محاسبه شد.

رابطه (۱) $$\text{نسبت رانکل} = \frac{2P}{C} \times 100$$

رابطه (۲) $$\text{ضریب نرمش یا انعطاف‌پذیری} = \frac{C}{D} \times 100$$

رابطه (۳) $$\text{نسبت لاغری یا درهم‌رفتگی} = \frac{L}{D} \times 1000$$

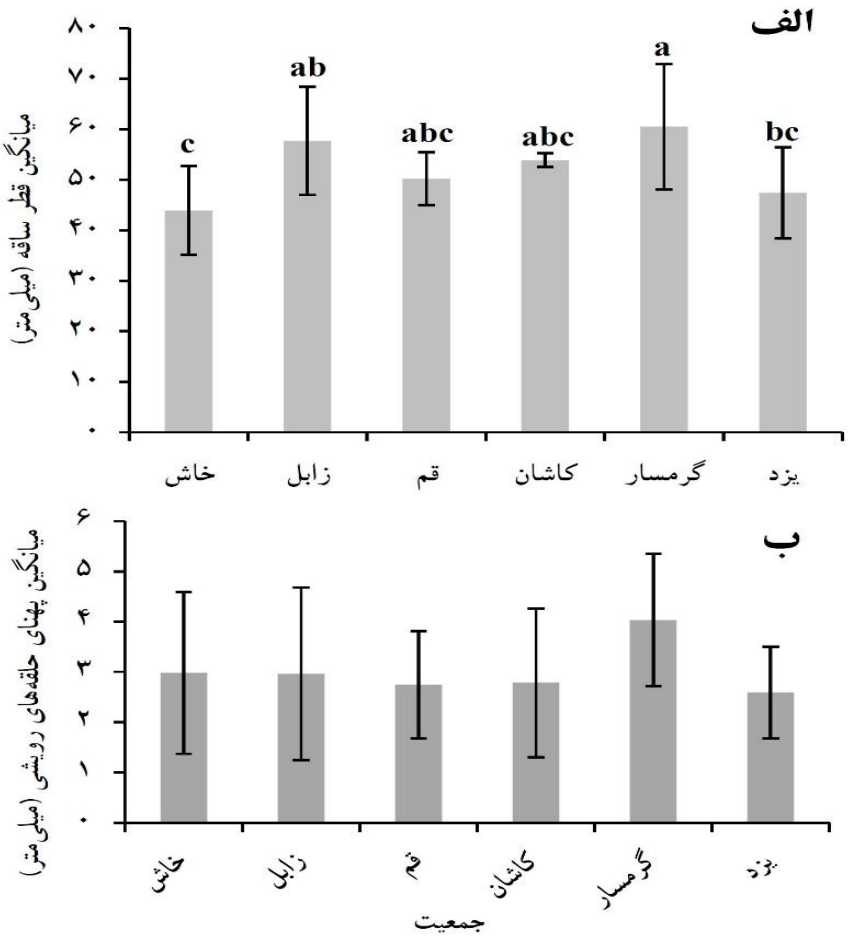
بررسی‌های آماری

با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه، معنی‌دار بودن اختلاف ویژگی‌ها (ویژگی‌های آوندی ساقه، بیومتری الیاف و رویش عرضی) بین جمعیت‌های مختلف در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. گروه‌بندی با کمک آزمون دانکن انجام گردید. برای بررسی ارتباط بین میانگین قطر ساقه و میانگین پهنای حلقه‌های رویشی سه سال آخر، از همبستگی پیرسون بین این دو مؤلفه رویشی استفاده شد. همچنین همبستگی بین ویژگی‌های آناتومی نیز با آزمون پیرسون مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج

رویش عرضی

میانگین قطر ساقه و پهنای سه حلقه آخر رویشی جمعیت‌های مختلف گز شاهی در شکل ۳ آمده است. اختلاف بین میانگین قطر ساقه جمعیت‌ها در سطح ۹۵٪ معنی‌دار بود (F = ۲/۸۹ ؛p =۰/۰۳). جمعیت گرمسار و خاش به‌ترتیب بیشترین و کمترین قطر ساقه را داشتند. البته اختلاف بین میانگین سه‌ساله پهنای حلقه‌های رویشی بین جمعیت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (F = ۱/۲۷ ؛p =۰/۲۹). بااین‌حال، جمعیت گرمسار به‌طور واضحی از دیگر جمعیت‌ها حلقه‌های پهن‌تری داشت (شکل ۳-ب)، درحالی‌که میانگین پهنای حلقه‌های رویشی در دیگر جمعیت‌ها کمابیش یکسان بود. همبستگی متوسطی بین میانگین قطر ساقه و میانگین پهنای حلقه‌های رویشی سه سال آخر وجود داشت (n = ۱۸؛ r = ۰/۴۸ ؛p <۰/۰۵).

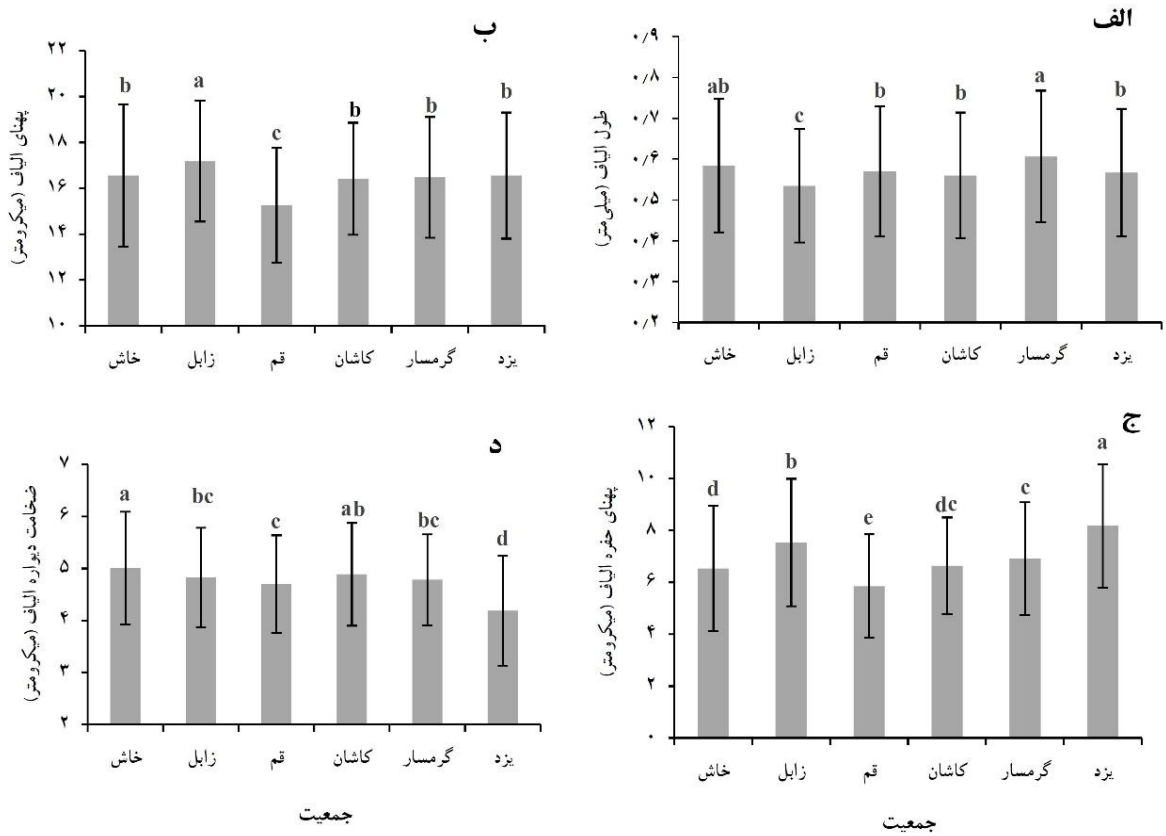


شکل ۳- میانگین قطر ساقه (الف) و پهنای حلقه‌های رویشی سه سال (ب) جمعیت‌های مختلف گزشاهی

حروف بالای ستون‌ها، نشان‌دهنده گروه‌بندی دانکن هستند. عدم گروه‌بندی دانکن در یک ویژگی، معنی‌دار نبودن اختلاف آماری بین جمعیت‌ها در آن ویژگی را نشان می‌دهد.

بیومتری الیاف

میانگین طول، پهنای کلی، پهنای حفره و ضخامت دیواره الیافِ دو حلقه رویشی پایانی برای هر جمعیت در شکل ۴ ترسیم شده است. اختلاف بین میانگین طول (p <۰/۰۰؛ F = ۸/۵۵)، پهنای کلی (p <۰/۰۰؛ F =۱۹/۷۸)، پهنای حفره (p <۰/۰۰؛ F =۴۶/۲۱) و ضخامت دیواره الیاف (p <۰/۰۰؛ F =۲۷/۸۹) بین جمعیت‌ها در سطح ۹۹٪ معنی‌دار بود. طویل‌ترین و پهن‌ترین الیاف –به‌عنوان دو ویژگی اصلی، به‌ترتیب در جمعیت‌های گرمسار و زابل دیده شدند. جمعیت‌های یزد و خاش نیز به‌ترتیب بیشترین پهنای حفره و ضخامت دیواره را داشتند.



شکل ۴- میانگین طول (الف)، پهنای کلی (ب)، پهنای حفره (ب) و ضخامت دیواره (د) الیاف دو حلقه رویشی پایانی در جمعیت‌های مختلف گزشاهی

(حروف بالای ستون‌ها، نشان‌دهنده گروه‌بندی دانکن هستند.)

نسبت‌های بیومتری الیاف (نسبت‌های کاغذسازی)

نسبت‌های بیومتری الیاف (نسبت رانکل، ضریب نرمش و نسبت لاغری) الیاف در دو حلقه رویشی به تفکیک جمعیت‌های مورد بررسی در جدول ۱ آمده است. جمعیت قم و یزد به‌ترتیب بیشترین و کمترین نسبت رانکل، جمعیت یزد و قم به‌ترتیب بیشترین و کمترین ضریب نرمش و جمعیت قم و زابل به‌ترتیب بیشترین و کمترین نسبت لاغری را داشتند.

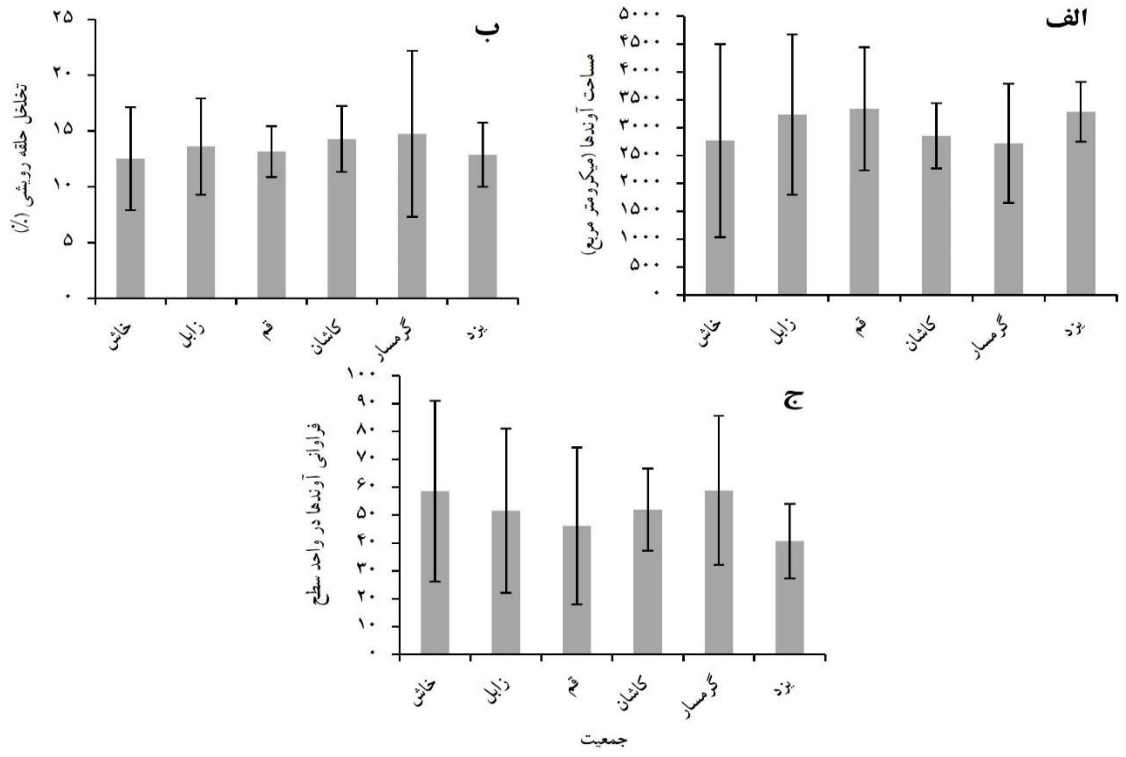
ویژگی‌های آوندی

از نظر آماری، اختلاف بین میانگین سطح عناصر آوندی (p =۰/۶۲؛ F = ۰/۷)، تخلخل حلقه رویشی (p =۰/۸۳؛

($F = ۰/۴۲$) و فراوانی آوندها ($p = ۰/۵$؛ $F = ۰/۴۲$) معنی‌دار نشد. بااین‌حال از نظر مقدار مطلق عددی، جمعیت قم و گرمسار به‌ترتیب بیشترین و کمترین میانگین سطح عناصر آوندی را داشتند. به‌طوری‌که بیشترین تخلخل و فراوانی آوندها در جمعیت گرمسار دیده شد.

جدول ۱- نسبت‌های بیومتری الیاف (نسبت‌های کاغذسازی) در جمعیت‌های گز شاهی

جمعیت	رانکل	نرمش	لاغری
خاش	۱۵۳	۳۹/۵	۳۵/۳
زابل	۱۲۸	۴۳/۸	۳۱/۱
قم	۱۶۰	۳۸/۴	۳۷/۳
کاشان	۱۴۷	۴۰/۴	۳۴/۱
گرمسار	۱۳۸	۴۱/۹	۳۶/۸
یزد	۱۰۲	۴۹/۴	۳۴/۲
میانگین	۱۳۸	۴۲/۲	۳۴/۸



شکل ۵- میانگین مساحت آوندها (الف)، تخلخل حلقه رویشی (ب) و فراوانی آوندها (ج) در دو حلقه رویشی در جمعیت‌های مختلف گز شاهی

همبستگی درونی ویژگی‌های آناتومی

ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های آناتومی اندازه‌گیری شده در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که بین پهنای حلقه رویش و طول فیبر همبستگی مثبت و متوسط در سطح ۹۵ درصد وجود دارد؛ به‌عبارت‌دیگر حلقه‌هایی که پهن‌ترند طول فیبر در آنها نیز بیشتر بوده و با کاهش پهنای حلقه رویش طول فیبر نیز کاهش می‌یابد. البته بین پهنای حلقه رویش و پهنای کلی و ضخامت دیواره الیاف نیز همبستگی‌های مثبتی وجود دارد؛ به‌عبارت‌دیگر، با پهن‌تر شدن حلقه رویشی، فیبرها تاحدی درشت‌تر و ضخیم‌تر می‌شوند. پهنای حلقه رویشی و ویژگی‌های آوندی همبستگی معنی‌داری نداشتند. در مورد همبستگی درونی ویژگی‌های بیومتری الیاف با هم پهنای حفره الیاف همبستگی مثبت قدرتمندی با پهنای کلی فیبر و همبستگی منفی با ضخامت دیواره آن نشان داد. درواقع، الیاف پهن‌تر حفره بزرگ‌تری داشته و حفره بزرگ‌تر تاحدی منجر به کاهش ضخامت دیواره نیز می‌شود. رابطه معنی‌دار بین ویژگی‌های بیومتری الیاف و ویژگی‌های آوندی تنها در مورد ضخامت دیواره الیاف با فراوانی آوندها دیده شد که در آن، این دو ویژگی همبستگی مثبت ضعیفی نشان دادند. به‌عبارت‌دیگر در الیافی که ضخامت دیواره بیشتر است فراوانی آوندها نیز بیشتر است. ویژگی‌های آوندی نیز با همدیگر مرتبط بودند. به‌نحوی‌که با بزرگ‌تر شدن سطح آوندها (مساحت آوندی)، تعداد آنها در واحد سطح به‌شدت کاهش یافت و از سوی دیگر افزایش تخلخل حلقه و تعداد آوندها نیز همبستگی متوسطی داشتند.

جدول ۲- همبستگی بین ویژگی‌های آناتومی حلقه رویش (پهنای حلقه رویشی (TRW)؛ طول الیاف (FL)؛ پهنای الیاف (FW)؛ پهنای حفره الیاف (LW)؛ ضخامت دیواره الیاف (WT)؛ میانگین اندازه آوندها (AVLA)؛ تخلخل حلقه رویشی (Porosity)؛ تعداد آوند در واحد سطح (VF))

	FL	FW	LW	WT	AVLA	Porosity	VF
TRW	۰/۳۹*	۰/۴۵**	۰/۱۹	۰/۳۴*	-۰/۱۹	-۰/۳۰	۰/۰۱
FL		۰/۰۲	۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۰۷	-۰/۳۳	-۰/۲۸
FW			۰/۷۵**	۰/۲۹	-۰/۳۲	-۰/۱۹	۰/۲۱
LW				-۰/۴۲*	-۰/۱۰	-۰/۱۵	-۰/۰۴
WT					-۰/۳۰	-۰/۰۴	۰/۳۴*
AVLA						۰/۲۷	-۰/۶۷**
Porosity							۰/۴۲*

**: معنی‌داری در سطح ۹۹٪ *: معنی‌داری در سطح ۹۵٪

بحث

رویش عرضی

زمانی که نهال‌های مورد بررسی دو ساله بودند، تفاوت معنی‌داری بین قطر جمعیت‌های مختلف دیده نشد (Sadeghzadeh *et al.*, 2015). بااین‌حال، پژوهش کنونی که هشت سال بعد انجام شد، نشان داد که جمعیت گرمسار بیشترین قطر و پهنای حلقه رویشی را در بین جمعیت‌ها دارد. پیش‌تر مشخص شده بود که جمعیت گرمسار در مشخصه‌های جوانه‌زنی و جست‌زایی، از برتری نسبی برخوردار بوده و با اقلیم منطقه سازگاری بیشتری دارد (Sadeghzadeh *et al.*,

2015). رشد قطری بهتر این جمعیت را می‌توان از این منظر تفسیر کرد. به‌جز جمعیت گرمسار، میانگین پهنای حلقه رویشی دیگر جمعیت‌ها بسیار مشابه هم بودند. پهنای حلقه رویشی، ویژگی است که وراثت‌پذیری کمی داشته (Lenz *et al.*, 2010; Eilmann et *al.*, 2014) و ازاین‌رو پهنای بیشتر حلقه‌های رویشی جمعیت گرمسار را باید متأثر از سازگاری بیشتری آن با اقلیم منطقه دانست تا امری ژنتیکی.

بیومتری الیاف و نسبت‌های کاغذسازی

بیومتری الیاف نقش مهمی در ویژگی‌های کاغذ تولیدی دارند. طول الیاف یکی از مهمترین ویژگی الیاف از منظر کاربردی در صنایع سلولزی است. پهنا و ضخامت دیواره الیاف نیز میزان پخ‌شدگی و انعطاف‌پذیری الیاف را تعیین کرده که درنهایت بر ویژگی‌های کاربردی مانند دانسیته، مقاومت و نرمی سطح کاغذ مؤثرند. به‌طورکلی، بیومتری الیاف چوبی بسیار توارث‌پذیر بوده و متأثر از ژنتیک است (Lenz *et al.*, 2010). در پهن‌برگان تندرشدی مانند اکالیپتوس و میشیلیا (*Michelia*)، نشان داده شده است که در بین ویژگی‌های مختلف الیاف و نسبت‌های بیومتری، طول الیاف بیشترین توارث‌پذیری را دارد (Raymond *et al.*, 1998; Li *et al.*, 2018). تأثیر بیومتری الیاف بر ویژگی‌های کاغذ حاصل در نسبت‌های کاغذسازی واضح‌تر نشان داده می‌شود. نسبت رانکل زیر ۱۰۰، خوب و تا ۱۵۰ قابل قبول محسوب می‌شود. نسبت‌های لاغری و نرمش نیز اگر به‌ترتیب بالای ۳۳ و ۵۰ باشند، قابل قبول‌اند (Oladi et *al.*, 2017). ویژگی‌های بیومتری الیاف گزشاهی در این پژوهش مشابه اعداد متناظر گزارش شده توسط Hoseinzadeh و همکاران (۱۹۹۷) بود. همچنین نسبت‌های کاغذسازی محاسبه شده برای جمعیت‌های مورد مطالعه گز شاهی در بازه اعداد بدست‌آمده در گزشاهی بالغ و چند ده‌ساله (Oladi et *al.*, 2017) بودند؛ بااین‌حال میانگین نسبت رانکل به‌دست آمده در این پژوهش کمی بالاتر و ضریب نرمش و لاغری آن، اندکی پایین‌تر از مقادیر متناظر در پژوهش مذکور محاسبه شد. این اختلافات اندک را می‌توان به جوان‌تر بودن نمونه‌های مورد مطالعه و تفاوت‌های رویشگاهی نسبت داد. در مقایسه با سوزنی‌برگانِ الیاف‌بلند، گز شاهی گونه مناسبی برای کاغذسازی به نظر نمی‌رسد (Hoseinzadeh *et al.*, 1997)؛ بااین‌حال از این منظر قابل رقابت و جایگزینی با پهن‌برگان تندرشد می‌باشد (Oladi et *al.*, 2017). با آنکه ویژگی‌های بیومتری الیاف و نسبت‌های کاغذسازی بین جمعیت‌های گوناگون اختلاف آماری معنی‌داری نشان داد اما نگاهی به میانگین اعداد و انحراف معیار آنها نشان می‌دهد که این اختلاف‌ها آنقدر فاحش نیستند که در عمل تأثیر مهمی در کیفیت کاغذ حاصل داشته باشند. ازاین‌رو، با آنکه از نظر نسبت‌های رانکل و نرمش، جمعیت یزد کیفیت بهتری داشت (پایین‌ترین نسبت رانکل و بالاترین ضریب نرمش) ولی گزینش جمعیت برتر برای صنعت کاغذسازی تنها با اتکا بر بیومتری الیاف درست نبوده و باید به ویژگی‌های دیگر مانند ترکیب شیمیایی، حجم چوب تولیدی، سازگاری با رویشگاه و میزان زنده‌مانی نهال‌ها اهمیت بیشتری داد.

ویژگی‌های آوندی

برای مقایسه عملکرد سیستم آوندی بین جمعیت‌های گوناگون یک گونه و تخلخل حلقه (مجموع مساحت آوندها)، ویژگی جامع‌تری از اندازه و تعداد آوندها به‌تنهایی وجود دارد (Eilmann *et al.*, 2014). جمعیت قم بزرگ‌ترین آوندها را داشت. باتوجه به قانون هاگن–پوازی، هدایت هیدرولیکی با توان چهارم قطر آوند مرتبط بوده و ازاین‌رو سرعت انتقال شیره خام در آوندهای درشت‌تر به‌مراتب بیشتر است (Oladi *et al.*, 2014). بااین‌حال، درشت بودن آوندها احتمال مسدود شدن و از کار افتادن آنها بر اثر خشکی یا سرما را افزایش می‌دهد (Hacke *et al.*, 2001). به دلیل فراوانی بیشتر آوندها در جمعیت گرمسار، توان مقابله نهال‌های این جمعیت با سرما یا خشکی بیشتر است. تخلخل بالاتر حلقه رویشی در این جمعیت، احتمالاً دلیل رویش قطری بهتر آن نیز می‌باشد (Eilmann *et al.*, 2014). پیش‌تر، نقش مهمتر فراوانی آوندها در سازگاری سامانه آوندی با اقلیم‌های گوناگون و همچنین نقش مثبت این ویژگی در رشد درختان راش به اثبات رسیده

بود (Hajek *et al.*, 2016).

همبستگی درونی ویژگی‌های آناتومی

برای اجرای موفقیت‌آمیز یک برنامه زادآوری و اصلاح (Breeding)، لازم است که مشخص شود ویژگی‌های گوناگون چوب چگونه به‌هم مرتبط‌اند، زیرا گزینش براساس یک ویژگی ممکن است به کاهش ویژگی دیگر بینجامد (Hayatgheibi *et al.*, 2019). در سوزنی‌برگان، معمولاً رابطه معکوسی بین میزان رشد عرضی (پهنای حلقه رویش) و طول تراکئیدها وجود دارد (Hong *et al.*, 2014). سوزنی‌برگان تندرشد معمولاً الیاف کوتاه، پهن و دیواره نازکی دارند که منجر به دانسیته کمتر چوب آنها می‌شود. بااین‌حال، نتایج در پهن‌برگان تندرشد متفاوت و متناقض است. در سه جمعیت گوناگون صنوبر، نشان داده شده است که رابطه مثبتی بین میزان رشد و طول الیاف وجود دارد (Ivkovich, 1996)؛ رابطه‌ای که در جمعیت‌های گز شاهی مورد بررسی نیز دیده شد. البته همبستگی مثبت طول الیاف و میزان رشد عرضی در چند جمعیت گونه تند رشد اکالیپتوس نیز گزارش شده است (Raymond *et al.*, 1998). در سوزنی‌برگان، طول سلول‌های چوبی جدا شده از کامبیوم به‌شدت متأثر از طول سلول مادری است. با افزایش میزان رشد عرضی و شدت تقسیمات کامبیومی، این سلول‌های مادری زمان لازم را برای رسیدن به حداکثر طول ممکن نداشته و کوتاه ماندن آنها باعث کوتاهی الیاف (تراکئیدها)ی حاصل می‌شود. در پهن‌برگان ولی فیبرهای مشتق شده، با توجه به شرایط به‌طور موضعی رشد کرده و ممکن است از سلول‌های مادری کامبیوم به مراتب بلندتر شوند (Carlquist, 2013). بنابراین به نظر می‌رسد همان شرایط محیطی که باعث رشد قطری بهتر جمعیت گرمسار شده، رشد موضعی الیاف را نیز در این جمعیت افزایش داده است. علاوه بر طول، پهنا و ضخامت دیواره فیبرها نیز در حلقه‌های رویشی پهن‌تر، بیشتر است. این همبستگی‌ها، از منظر زراعت چوب بسیار مطلوب است، زیرا تیمارهایی که به افزایش سرعت رشد می‌انجامد، درعین‌حال بیومتری الیاف را نیز بهبود خواهد بخشید.

ارتباط معکوس قدرتمندی که بین اندازه و تعداد آوندها دیده شد، رابطه‌ای است که کمابیش در همه پهن‌برگان وجود دارد. این رابطه نشان‌دهنده راهبرد درخت در هدایت کارآمد یا ایمن شیره خام است. در شرایطی که تنش خشکی و یا سرما وجود داشته باشد، درخت با کاهش اندازه آوند، خطر مسدود شدن آوندها بر اثر این تنش‌ها را کاهش داده و در عوض بر تعداد آوندها می‌افزاید تا در انتقال حجم شیره خام خللی ایجاد نشود (Oladi *et al.*, 2014). توانایی گونه‌های مختلف و جمعیت‌های گوناگون یک گونه در ایجاد بهترین حالت تعادل بین این دو ویژگی متفاوت است. از این منظر، جمعیت گرمسار موفق‌ترین راهبرد را اجرا کرده و به‌همین دلیل میزان رشد آن نیز در مقایسه با دیگر جمعیت‌ها بهبود یافته است.

نتیجه‌گیری

انتخاب جمعیت یا پرووانانس برتر یکی از ابزارهایی است که می‌تواند تطبیق‌پذیری گونه را با اقلیم افزایش دهد. تطبیق‌پذیری ناکافی مشکلاتی را هم از جنبه فیزیولوژی و هم ویژگی‌های چوب در درختان پرورش یافته ایجاد خواهد کرد (Zeltiński *et al.*, 2018). اگر کیفیت چوب مدنظر باشد، غربال‌گری اولیه در سنین پایین می‌تواند مفید بوده و منجر به کاهش هزینه‌های زادآوری و اصلاح (Breeding) شود (Chen *et al.*, 2016). وقتی انتخاب ژنوتیپ مناسب برای رشد در منطقه‌ای خاص مدنظر باشد، ایده برتر بودن جمعیت بومی معمولاً صدق می‌کند (Schreiber *et al.*, 2011)؛ همان‌گونه که در این پژوهش، جمعیت گرمسار که در رویشگاه بومی خودش کشت شده بود، در مجموع بهترین رشد و سازگاری را نشان داد. بااین‌حال، از منظر اکولوژی، به دلیل شتاب تغییرات اقلیمی، مهاجرت طبیعی جمعیت‌ها/ژنوتیپ‌های سازگارتر با این تغییرات از طریق پراکنش دانه کافی نبوده و لازم است این جمعیت‌ها شناسایی شده و به‌شکل دست‌کاشت گسترش یابند (Aitken *et al.*, 2008). به‌غیر از گرمسار، جمعیت‌هایی که فراوانی آوند زیاد و تغییرات درون جمعیتی بیشتری دارند (مانند خاش) نیز

انعطاف‌پذیری فیزیولوژی بیشـــتری برای مقابله با شـــرایط خشـک و سـرد داشـته و می‌توان آن جمعیت را نیز پیشنهاد داد. گرچـه جمعیـت یزد، از نظر ویژگی‌هـای بیومتری الیاف بهترین بود ولی به‌دلیل رشـد قطری کمتر پیشـنهاد نمی‌شود. بنابراین در پژوهش‌های آینده، محاسبه شاخص توارث‌پذیری (heritability) بین جمعیت‌های این گونه، دید بهتری نسـبت به میزان تأثیر عوامل ژنتیکی بر ویژگی‌ها ارائه خواهد داد.

منابع مورد استفاده

-Aitken, S.N., Yeaman, S., Holliday, J.A., Wang, T.L. and Curtis-McLane, S., 2008. Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. Evolutionary Applications, 1: 95–111.

-Al-Mefarrej, H.A., Abdel-Aal, M.A., and Nasser, R. A., 2014. Influence of the cooking conditions on the properties of pulp and papersheets from Athel wood (*Tamarix aphylla* L.) obtained by the soda-AQ method. Journal of Food, Agriculture & Environment, 12(2): 1336-1341.

-Benson, L.D. and Darrow, R.A., 2013. The trees and shrubs of the Southwestern deserts. Literary Licensing, LLC, 484 p.

-Blumenrother, M., Bachmann, M. and Muller-Starck, G., 2001. Genetic characters and diameter growth of provenances of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). Silvae Genetica, 50(6): 212- 222.

-Carlquist, S., 2013. Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Springer Science and Business Media, Berlin, 448p.

-Chen, Z.Q., Karlsson, B., Mörling, T., Olsson, L., Mellerowicz, E.J., Wu, H.X., Lundqvist, S.O. and Gil, M.R.G., 2016. Genetic analysis of fiber dimensions and their correlation with stem diameter and solid-wood properties in Norway spruce. Tree Genetics and Genomes, 12(6): 123.

-Coats, W., 2005. Tree species selection for a mine tailings bioremediation project in Peru. Biomass and Bioenergy, 28(4): 418-423.

-Dykstra, D. P., 2010. Extraction and utilization of saltcedar and Russian olive biomass. In: Shafroth, P.B., Brown, C.A., Merritt, D.M., (Eds.). Saltcedar and Russian Olive Control Demonstration Act Science Assessment. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, Michigan, 143p.

-Eilmann, B., Sterck, F., Wegner, L., De Vries, S.M.G., Von Arx, G., Mohren, G.M.J., Den Ouden, J. and Sass-Klaassen, U., 2014. Wood structural differences between northern and southern beech provenances growing at a moderate site. Tree Physiology, 34: 882-893.

-Franklin, G.L., 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. Nature, 155(3924): 51pp.

-Gärtner, H. and Schweingruber, F.H., 2013. Microscopic Preparation Techniques for Plant Stem Analysis. Kessel Publishing House, Remagenm, Germany, 78p

-Hacke, U.G., Sperry, J.S., Pockman, WT., Davis, S.D. and McCulloh, K., 2001. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. Oecologia, 126 (4): 457–461.

-Hajek, P., Kurjak, D., Von Wühlisch, G., Delzon, S. and Schuldt, B., 2016. Intraspecific variation in wood anatomical, hydraulic, and foliar traits in ten European beech provenances differing in growth yield. Frontiers in Plant Science, 7: 791

-Hayatgheibi, H., Fries, A., Kroon, J. and Wu, H.X., 2019. Genetic analysis of fiber-dimension traits and combined selection for simultaneous improvement of growth and stiffness in lodgepole pine (*Pinus contorta*). Canadian Journal of Forest Research, 49: 500-509.

-Hong, Z., Fries, A. and Wu, H.X., 2014. High negative genetic correlations between growth traits and wood properties suggest incorporating multiple traits selection including economic weights for the future Scots pine breeding programs. Annals of Forest Science, 71: 463–472.

-Hoseinzadeh, A., Jahan-Latiari, A., Familian, B., Mahdavi, S., and Sepidedam, H. 1997. Study on characteristics of 3 species tamarisk wood. Research of Wood and Paper, 2: 152-190. (In Persian)

-Ivkovich, M., 1996. Genetic variation of wood properties in balsam poplar (*Populus balsamifera* L.). Silvae Genetica, 45: 119-124.

-Lenz, P., Cloutier, A., MacKay, J. and Beaulieu, J., 2010. Genetic control of wood properties in *Picea glauca* - An analysis of trends with cambial age. Canadian Journal of Forest Research, 40: 703-715.

-Li, Q., Zhong, C., Jiang, Q., Zhang, Y., Chen, Y., Wei, Y. and Chen, Z., 2018. Genetic variations and primary selections of main wood properties among *Michelia macclurei* families. Journal of South China Agricultural University, 39: 73-79.

-Mantanis, G. and Birbilis, D., 2010. Physical and mechanical properties of Athel wood (*Tamarix aphylla*). Türkiye Ormancılık Dergisi, 11(2): 82-87.

-Nourbakhsh, A., Hoseinzadeh, A., Kargarfard, A., Golbabaei, F., and Hoseinkhani, H., 2000. Study on

2015. Xylem and bast fiber properties of six Iranian hemp population. Journal of Forest and Wood Products, 68(1): 121-132 (In Persian).

-Sadeghzadeh, H. M., Azadfar, D., Mirakhori, R., 2015. Growth performance of various population of salt cedar in saline-alkaline soils. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 22(1): 151-165. (In Persain)

-Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future (Vol. 10). Springer, 152p.

-Schreiber, S.G., Hacke, U.G., Hamann, A. and Thomas, B.R., 2011. Genetic variation of hydraulic and wood anatomical traits in hybrid poplar and trembling aspen. New Phytologist, 190: 150-160.

-Zeltiņš, P., Katrevičs, J., Gailis, A., Maaten, T., Baders, E. and Jansons, A., 2018. Effect of stem diameter, genetics, and wood properties on stem cracking in Norway spruce. Forests, 9(9): 546.

-Zheng, Y., Pan, Z., Zhang, R., Jenkins, B.M., and Blunk, Sh., 2006. Properties of medium-density particleboard from saline Athel wood. Industrial Crops and Products, 23(3): 318-326

characteristics of particle board made from tamarisk wood. Pajouhesh va Sazandegi, 46: 72-78. (In Persian)

-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.

-Oladi, R., Gorgij, R., Emaminasab, M. and Nasiriani, S., 2017. Wood anatomy and physical and chemical properties of fast growing Athel tamarisk (*Tamarix aphylla* L.). Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 7(4): 511-522. (In Persian)

-Pan, W., Sun, J., Xia, X., Liu, R., Wu, X. and Li, Y., 2018. Provenance variation in growth, stem-form, and wood basic density of 24-year-old Liriodendron. Austrian Journal of Forest Science, 135: 343-362.

-Raymond, C.A., Banham, P. and Macdonald, A.C., 1998. Within tree variation and genetic control of basic density, fibre length and coarseness in *Eucalyptus regnans* in Tasmania. Appita Journal, 51: 299-305.

-Saadati, A., Pourtahmasi, K., Salami, A. and Oladi, R.,

Comparing growth rate, wood fiber biometry, and adaptability of different tamarisk (*Tamarix aphylla* L.) populations planted in Garmsar

H.R. Yavarian[1], R. Oladi[2*], M.H. Sadeghzadeh Hallaj[3] and K. Pourtahmasi[4]

1-MSc student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2*-Corresponding author, Associate Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, E-mail: oladi@ut.ac.ir

3-Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4-Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: Sep., 2020 Accepted: Feb., 2021

Abstract

Tamarisk is a drought-resistant tree that is environmentally important and has industrial applications in some countries. The aim of this study was to compare different populations of this species in terms of diameter growth rate (growth ring width), physiological adaptability (vascular characteristics) and wood application characteristics (fiber biometry). The study was conducted on ten-year-old saplings of six tamarisk populations that was previously collected from different regions of Iran (Qom, Kashan, Khash, Zabol, Garmsar and Yazd) and planted in Garmsar. The results showed that Garmsar population has the largest diameter and radial growth among populations. This population was chosen as the best strategy for adapting to cold and dry climates by keeping the vessels small and significantly increase their number, instead. This has been the reason for its better radial growth. Although the biometric properties of fibers and paper ratios showed significant statistical differences between populations, but these differences were not so great as to have a significant impact on the quality of the resulting paper in practice. Therefore, although the population of Yazd was of better quality in terms of paper parameters, the selection of the best population for industry should not be only based on fiber biometry and other features such as production volume, adaptability to habitat and survival rate of seedlings should be given more importance. The positive correlation between the width of the growth rings and the length of the fibers from the perspective of wood cultivation is very favorable because the treatments that increase the growth rate will also improve the fiber properties. In general, it can be concluded that Garmsar population is the best option for planting and cultivating tamarisk in terms of adaptability to environment and wood farming.

Keywords: Provenance, heritability, vessel, ecophysiology, wood farming, genetic difference.