



دانشگاه گوارن و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و پنجم، شماره دوم، ۱۳۹۷

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2018.15169.1754

تأثیر مقادیر گوناگون آبیاری بر ویژگی‌های آناتومی چوب و بیومتری الیاف دو گونه برتر صنوبر

* رضا اولادی^۱، لیلا حیدری^۲، رضا باقری^۳ و کامبیز پورطهماسی^۴

^۱دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

^۲کارشناس ارشد بیولوژی و آناتومی چوب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

^۳کارشناس ارشد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران،

^۴استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۷

چکیده

سابقه و هدف: کمبود چوب خام، یکی از بزرگ‌ترین دشواری‌های صنعت چوب و کاغذ کشور است. با توجه به وضع قوانین محدود کننده قطع درختان جنگلی، توجه بیشتر به پرورش چوب به‌عنوان شیوه‌ای جایگزین برای تأمین مواد اولیه صنایع، ضروری به‌نظر می‌رسد. از سوی دیگر، محدودیت منابع آبی در کشور و نیاز قابل ملاحظه‌ی صنوبرکاری به منابع آبی باعث شده که معرفی گونه‌ها یا ارقامی از صنوبر که ضمن تولید و بازدهی مناسب، نیاز آبی کم‌تری داشته و از بردباری بهتری برخوردار باشند، مورد توجه قرار گیرد. با این حال، در پژوهش‌های اینچنینی، تمرکز تنها بر زنده‌مانی و یا حجم تولید بوده و کیفیت چوب مورد توجه قرار نگرفته است. در یکی از این پژوهش‌ها که در ایستگاه تحقیقاتی البرز (وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور) انجام شده، چندین کلن/گونه مختلف صنوبر به‌مدت بیش از شش سال تحت رژیم‌های مختلف آبیاری (۴ روزه، ۸ روزه و ۱۲ روزه) قرار گرفته‌اند و نتایج حاصله نشان داد که زنده‌مانی و رشد قطری و طولی صنوبرها در دو تیمار ۴ و ۸ روزه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. با این حال، تأثیر احتمالی این دو بازه آبیاری بر کیفیت چوب ناشناخته بود. از این‌رو، هدف این پژوهش، بررسی تأثیر میزان آبیاری ۴ روزه و ۸ روزه بر ویژگی‌های آناتومی چوب و بیومتری الیاف دو گونه برتر صنوبر می‌باشد. علاوه‌بر این، این پژوهش تلاش دارد از منظر کیفیت چوب، رژیم آبیاری بهینه را برای دو گونه صنوبر معرفی نموده و از نظر فیزیولوژی ارتباط بین آبیاری و کیفیت چوب را تفسیر نماید.

مواد و روش‌ها: برای انجام پژوهش، با مشورت مجری طرح در ایستگاه تحقیقاتی البرز، دو گونه برتر صنوبر (اورامیکن و تبریزی) و از هر رژیم آبیاری، سه درخت برای بررسی انتخاب شدند. با استفاده از مته رویش سنج، مغزی‌هایی از پوست تا مغز هر درخت استخراج شده و در آزمایشگاه، ویژگی‌های آناتومی چوب و الیاف پنج حلقه آخر نمونه‌ها شامل پهنای حلقه رویشی، اندازه و طول آوندها، طول، قطر و ضخامت دیواره فیبرها اندازه‌گیری شدند.

*مسئول مکاتبه: oladi@ut.ac.ir

یافته‌ها و نتیجه‌گیری: نتایج نشان دادند که اثر مستقل طول دوره آبیاری بر روی پهنای حلقه رویش، طول و پهنای آوند و ضخامت دیواره فیبر معنی‌دار بوده ولی رژیم آبیاری روی طول و پهنای فیبر اثر معنی‌داری نگذاشته است. در مورد هر دو گونه، افزایش بازه آبیاری از ۴ روز به ۸ روز باعث کاهش سرعت رشد و در نتیجه کاهش پهنای حلقه رویش شد. نوع گونه نیز روی شدت کاهش رشد مؤثر بود؛ به نحوی که گونه تبریزی حساسیت کم‌تری نسبت به رژیم آبیاری نشان داد و کاهش بازه آبیاری در آن تأثیر اندکی روی کاهش پهنای حلقه رویش گذاشت. در مجموع می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در مورد گونه اورامریکن، اگر ویژگی‌های آناتومی چوب مدنظر باشد آبیاری ۸ روزه تفاوت چندانی با آبیاری ۴ روزه ندارد و حتی در مورد برخی ویژگی‌ها (مانند طول الیاف)، آبیاری ۸ روزه نتیجه بهتری نیز حاصل آورده است. بنابراین برای صرفه‌جویی در مصرف آب، آبیاری ۸ روزه به جای آبیاری ۴ روزه توصیه می‌شود. در مورد گونه تبریزی هم این گزاره کمابیش صادق است؛ چراکه به‌نظر نمی‌رسد کاهش طول الیاف این گونه به حدی باشد که افزایش ۴ روزه بازه آبیاری را توجیه کند. همچنین در این پژوهش نشان داده شد که رشد قطری و طول الیاف صنوبر (به‌عنوان دو ویژگی مهم کاربردی) متأثر از مؤلفه‌های متفاوتی بوده و با مدیریت درست و شناخت مؤلفه‌های تأثیرگذار، می‌توان همزمان سرعت رشد و طول الیاف را در این گونه افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: صنوبر، آبیاری، طول الیاف، پهنای حلقه رویش، ویژگی‌های آوندی

مقدمه

کمبرود چوب خام، یکی از بزرگ‌ترین دشواری‌های صنعت چوب و کاغذ کشور است. با توجه به وضع قوانین محدودکننده قطع درختان جنگلی، توجه بیشتر به پرورش چوب به‌عنوان شیوه‌ای جایگزین برای تأمین مواد اولیه صنایع ضروری به‌نظر می‌رسد. در ایران، صنوبرکاری گسترده‌ترین و مقبول‌ترین نوع درخت‌کاری برای تأمین چوب است. صنوبرها درختان تند رشدی هستند که به‌دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی مانند قدرت تولید جست، نیاز به مراقبت کم، تطابق خوب با شرایط اقلیمی زیست‌بوم‌های گوناگون، توانایی تکثیر غیرجنسی، امکان دورگه‌گیری و دوره‌های بهره‌برداری کوتاه‌مدت، می‌توانند نقش مهمی در تأمین چوب از راه زراعت ایفا نمایند و به‌همین دلیل مورد توجه کشاورزان و دست‌اندرکاران منابع طبیعی کشور قرار گرفته‌اند (۹) با این حال، به‌دلیل نیاز تعرقی بالا به خشکی حساس‌اند (۱۹). دو گونه تبریزی (*Populus*

nigra) و صنوبر اورامریکن (*Populus euramericana*) از گونه‌های موفق و سازگار در مناطق مختلف ایران بوده‌اند (۵). گونه تبریزی بیشتر در مناطق سردسیر و معتدله می‌روید و به‌دلیل رطوبت‌زی^۱ بودن (۷) بیشتر در حاشیه رودخانه‌های دائمی و مسیرهای آبیاری دیده می‌شود. اورامریکن از نظر نرخ فتوسنتز خالص و درصد زنده‌مانی نسبت به گونه تبریزی در تنش‌های خشکی و غرقابی موفق‌تر بوده است (۲۳).

علی‌رغم برتری‌های ذکر شده، صنوبرکاران با مشکلاتی در مرحله داشت صنوبر مواجه‌اند که از آن‌جمله می‌توان به آبیاری قطعات صنوبرکاری شده اشاره نمود. صنوبر گونه‌ای است که نیاز آبی بالایی دارد. از سوی دیگر، ایران کشوری است که از دیرباز دچار مشکل کم‌آبی - به‌ویژه در مناطق مرکزی‌اش - بوده است. محدودیت منابع آبی و نیاز قابل‌ملاحظه

رژیم‌ها آبیاری دهند (۱۴). علاوه بر بررسی تغییرات کیفیت چوب و بیومتری الیاف بر اثر رژیم‌های آبیاری مختلف، فهم و تفسیر علت این تغییرات به معرفی گونه/ کلن‌های برتر در این زمینه کمک خواهد کرد. از این‌رو، بررسی آناتومی چوب و به‌ویژه ویژگی‌های آوندی که به‌طور مستقیم متأثر از وضعیت آبی درخت می‌باشند- ضروری است. بنابراین، از آنجایی‌که بررسی‌ها در مورد ویژگی‌های آناتومی گونه‌های صنوبر تحت شرایط آبی مختلف محدود است؛ پژوهش حاضر تلاش دارد تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری را بر ویژگی‌های چوب و الیاف دو گونه برتر صنوبر (تبریزی و اورامریکن) بررسی نماید تا بتوان گام مؤثری در راستای مدیریت و ارتقاء پرورش این‌گونه‌های تندرشد و افزایش کیفیت چوب آن‌ها برداشت. فرضیه‌های ما در این پژوهش بر این دو گزاره استوار بودند: الف) میزان آبیاری بر ویژگی‌های آناتومی چوب و بیومتری الیاف درختان صنوبر مؤثر است؛ و ب) تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر ویژگی‌های آناتومی چوب و بیومتری الیاف در دو گونه مورد بررسی از الگوی یکسانی پیروی می‌کند. این فرضیه‌ها از منظر نحوه پاسخ درخت به تغییرات آب در دسترس و فیزیولوژی درخت مورد بحث و تفسیر قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

اعمال رژیم آبیاری، انتخاب درختان و تهیه مغزی: این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی البرز (وابسته به موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور) با طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۱ متر صورت گرفت. در این ایستگاه تحقیقاتی، چندین کلن/ گونه مختلف صنوبر هم‌سن و با فاصله کاشت

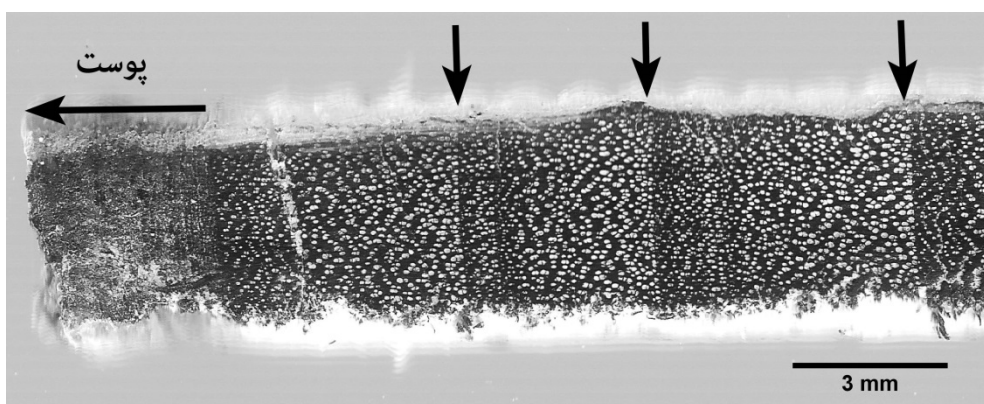
صنوبرکاری به منابع آبی در کنار مشکلاتی چون بازگشت طولانی‌مدت سرمایه‌گذاری در این بخش، مشکلات عرضه و فروش چوب، نبود و پایین بودن سطح مکانیزاسیون و دیگر مشکلات معمول اقتصادی و اجتماعی از مهمترین دلایل عدم گسترش مطلوب صنوبرکاری در کشور است. بنابراین در چند سال اخیر، پژوهش‌هایی که بتواند ارقامی از صنوبر را معرفی کنند که ضمن تولید و بازدهی زیاد چوب، نیاز آبی کم‌تری داشته و از بردباری بهتری برخوردار باشند مورد توجه قرار گرفته‌اند (۵). یا این حال، این پژوهش‌ها تنها قطر درخت و حجم چوب حاصله را در نظر گرفته و اثر مستقل و متقابل رژیم‌های مختلف آبیاری و گونه/ کلن‌های مختلف صنوبر بر کیفیت چوب حاصله را مورد بررسی قرار نداده‌اند. از آنجا که در پاسخ‌گویی به نیاز صنایع کشور باید به کیفیت چوب نیز توجه زیادی شود، ضروری است تا پژوهش‌های بیشتری در این مورد انجام‌گیرد.

تنش‌های خشکی و کیفیت آب دلیل اصلی تغییرات فرآیندهای فیزیولوژی درخت و رشد آن هستند (۲). درختان با تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌های روی برگ‌ها، نرخ از دست دادن آب در زمان تنش آبی را کنترل می‌کنند (۳). این مساله، به‌نوبه خود باعث اعمال تنش بر ستون آب موجود در لوله‌های هادی بافت چوبی می‌شود (۲۴). اگر کمبود آب ادامه یابد، تغییرات مرفولوژی و فیزیولوژی چون کوچک‌تر شدن برگ‌ها و کاهش طول سلول‌های جدید در گیاه رخ می‌دهد (۱۸). باین‌حال، پاسخ درختان به تنش آبی، به انعطاف‌پذیری فنوتیپی^۱ آن‌ها وابسته بوده و نشان داده شده است که گونه‌های مختلف صنوبر یا ژنوتیپ‌های یک گونه خاص از آن ممکن است پاسخ‌های متفاوتی به تنش خشکی یا

روی نگهدارنده چوبی ویژه تثبیت شده و با کمک تیغ جراحی (اسکالپل)، اندکی از روی آن برداشته شد تا مقطع عرضی چوب و حلقه‌های رویشی مشخص شوند. سپس با توجه به پهنای حلقه‌های رویشی، هر مغزی به قطعات متوالی به طول ۵-۳ سانتی‌متر تقسیم شد. تقسیم یک مغزی به قطعات کوچک‌تر از محل مرز حلقه‌های رویشی انجام شد. در آزمایشگاه، مقطع عرضی این قطعات با استفاده از میکروتوم لغزشی صاف شد و با استفاده از شیوه‌ی ماژیک سیاه و گچ سفید، تمایز بین حفرات آوندی و بافت زمینه چوبی و همچنین تمایز حلقه‌های رویش، افزایش یافت. این مقاطع توسط اسکنر با قدرت تفکیک 4800 dpi اسکن شدند (شکل ۱). نگاره‌های حاصله به نرم‌افزار ImageJ منتقل و توسط این نرم‌افزار پهنای حلقه‌های رویش پنج حلقه آخر نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. به دلیل کوچک بودن آوندها، تکه شدن نمونه‌ها و مشکلات فنی دیگر، کیفیت سطح بیشتر نمونه‌ها مناسب اندازه‌گیری دقیق ویژگی‌های آوندی نشد. از همین روی برای بررسی ویژگی‌های آوندی از شیوه وابری الیاف استفاده شد که در ادامه شرح داده می‌شود.

یکسان به مدت بیش از شش سال تحت رژیم‌های مختلف آبیاری قرار گرفتند (۴ روزه، ۸ روزه و ۱۲ روزه). از آنجا که به دلیل کوچک ماندن و ضعف شدید درختان در تیمار آبیاری ۱۲ روزه، این شیوه‌ی تیمار در چند سال آخر قطع شد و در این سال‌ها، آبیاری ۱۲ روزه به صورت منظم انجام نشده بود، از بررسی این تیمار صرف‌نظر شده و دو تیمار ۴ روزه و ۸ روزه برای بررسی انتخاب شدند. در محل ورودی آب هر قطعه، میزان آب ورودی به هر تیمار کنترل و اندازه‌گیری شده است. همچنین با احداث چاله‌های هم اندازه در پای هر نهال و کوتاه کردن طول مسیرهای آبیاری، تلاش شد تا در حد امکان در هر نوبت آبیاری، آب به اندازه یکسان و یکنواخت در اختیار هر نهال قرار گیرد. با مشورت مجری طرح در ایستگاه تحقیقاتی البرز، دو گونه برتر صنوبر انتخاب (صنوبر اورامریکن و تبریزی) و از هر رژیم آبیاری، سه درخت برای بررسی انتخاب شدند (در مجموع ۱۲ درخت). با استفاده از مته رویش سنج، مغزی‌هایی از پوست تا مغز هر درخت استخراج شدند. درختان در هنگام تهیه مغزی، ده سال سن داشتند.

آماده‌سازی مغزی‌ها و اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های رویشی: در آزمایشگاه، مغزی‌ها- به موازات الیاف-



شکل ۱- مقطع عرضی یک مغزی آماده شده صنوبر با روش ماژیک سیاه و گچ سفید. فلش‌های عمودی مرز حلقه‌های رویش را نشان می‌دهند.

Figure 1. Cross section of a core extracted from a poplar tree and prepared by the black marker and white chalk technique. Vertical arrows indicate the tree ring boundaries.

شده هر حلقه اعمال شد. اثر مستقل تأثیر رژیم آبیاری و نوع گونه بر ویژگی‌های آناتومی چوب و بیومتری الیاف با استفاده از آزمون تحلیل واریانس چند متغیری (MANOVA) بررسی شد. علاوه بر این، چهار سطح تیمار با استفاده از گروه بندی دانکن، دسته بندی شده و برای مقایسه ظاهری میانگین‌ها، نمودارهای جعبه‌ای^۱ ترسیم شدند. تمامی محاسبات آماری و رسم نمودارها با نرم افزار IBM SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

نتایج و بحث

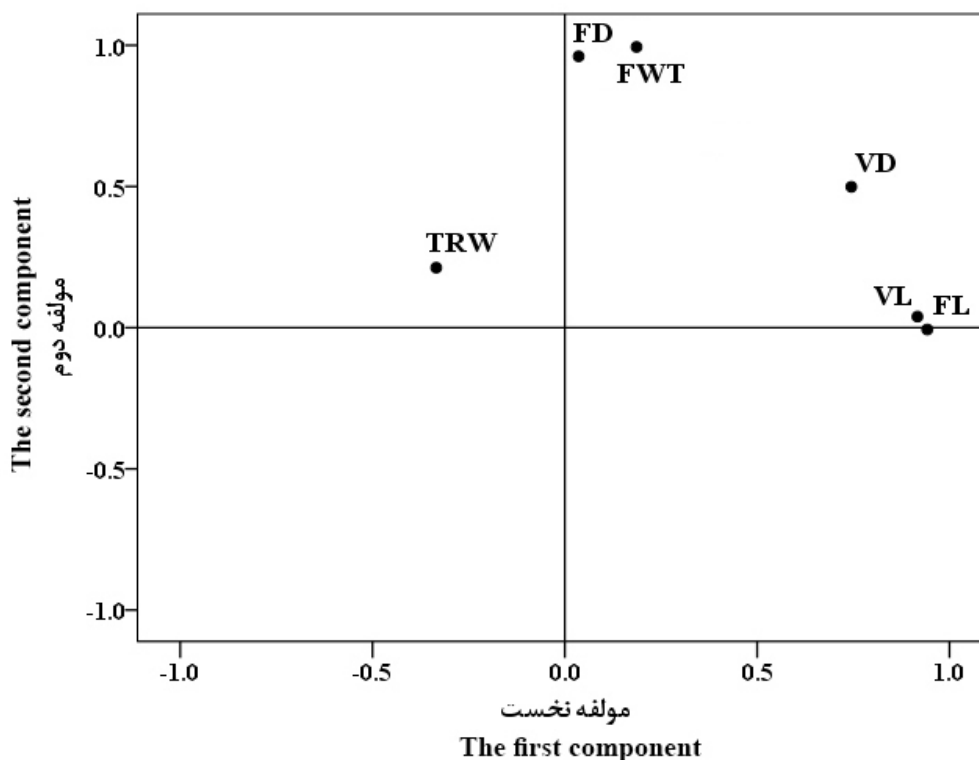
آزمون تحلیل مؤلفه‌های اصلی: با اعمال آزمون مؤلفه‌های اصلی بر روی شش ویژگی آناتومی چوب و بیومتری الیاف مورد بررسی، مشخص شد که دو عامل اصلی بر روی آن‌ها تأثیرگذار بوده است (مؤلفه نخست و مؤلفه دوم). میزان همبستگی این دو مؤلفه با ویژگی‌ها در نمودار دومحوری به تصویر کشیده شده است (شکل ۲). مؤلفه نخست که ۴۷ درصد تغییرات را در کنترل دارد همبستگی بالایی با طول آوند و طول فیبر داشت. مؤلفه دوم ۲۹ درصد تغییرات را در کنترل داشته و همبستگی بالایی با پهنای کلی فیبر و ضخامت دیواره فیبر نشان داد. مؤلفه سوم نیز وجود داشت که ۱۵ درصد تغییرات را در کنترل داشته ولی در شکل نشان داده نشده چراکه نمایش آن نیاز به شکل سه بعدی دارد. این مؤلفه تنها روی پهنای حلقه رویش تأثیر دارد. در مجموع این سه مؤلفه ۹۱ درصد تغییرات را در کنترل خود داشتند. قطر آوند بیشتر تحت تأثیر مؤلفه نخست بود تا مؤلفه دوم. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت عامل یا عواملی که تغییرات طول عناصر چوبی را کنترل می‌کنند متفاوت از عواملی‌اند که پهنای و ضخامت آن‌ها را در کنترل دارند. همچنین پهنای حلقه رویش نیز تحت تأثیر

اندازه‌گیری بیومتری الیاف و ویژگی‌های آوندی: تراشه‌هایی به ضخامت ۱-۳ میلی‌متر از بخش‌های مختلف یک حلقه تهیه شد؛ به طوری که دست‌کم دو تراشه از ابتدای یک حلقه رویش، دو تراشه از اواسط و دو تراشه از بخش انتهایی آن داشته باشیم. سپس همه تراشه‌های مربوط به یک حلقه درون لوله آزمایش قرار داده شدند. وابری الیاف با روش رایج فرانکلین (۱۹۴۵) انجام گرفت (۱۳). الیاف با محلول سافرانین رنگ آمیزی شدند و از هر لوله آزمایش (هر حلقه) پنج تا ده اسلاید میکروسکوپی تهیه شد. این اسلایدها زیر میکروسکوپ نوری Olympus بررسی و توسط دوربین Dino-Lite متصل به چشمی آن در بزرگ‌نمایی‌های ۴۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ برابر از الیاف عکس‌برداری شد. در هر حلقه رویشی، طول، پهنای کلی و ضخامت دیواره فیبرها و طول و پهنای آوندها با استفاده از نرم‌افزار ImageJ اندازه‌گیری شد (تعداد تکرار برای هر ویژگی = دست‌کم ۳۰ سلول). میانگین این ویژگی‌ها به تفکیک هر حلقه و برای پنج حلقه‌ی آخر هر درخت محاسبه شدند.

آزمون‌های آماری: در این پژوهش، متغیرهای مستقل شامل گونه صنوبر (اورامریکن و تبریزی) و مقدار آبیاری (۴ و ۸ روز) بود؛ به نحوی که چهار سطح تیمار ایجاد شدند: Pe4 (اورامریکن با آبیاری ۴ روزه)؛ Pe8 (اورامریکن با آبیاری ۸ روزه)؛ Pn4 (تبریزی با آبیاری ۴ روزه)؛ Pn8 (تبریزی با آبیاری ۸ روزه). متغیرهای وابسته (ویژگی‌های مورد بررسی) نیز شامل پهنای حلقه رویش (TRW)، ضخامت دیواره فیبر (FWT)، پهنای فیبر (FD)؛ طول فیبر (FL)؛ طول آوندها (VL) و پهنای آوند (VD) بودند. برای شناسایی مؤلفه‌های اساسی و همچنین تبیین الگوی همبستگی بین متغیرهای وابسته، آزمون تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی شش ویژگی اندازه‌گیری

است اما در پهن‌برگان، پژوهش‌های مختلف-حتی در یک جنس یا گونه درختی- نتایج متفاوتی ارائه داده‌اند (۲۶).

عامل یا عواملی مستقل از این دو مؤلفه است. به‌طور کلی ارتباط بین سرعت رشد (پهنای حلقه رویش) و ویژگی‌های الیاف در سوزنی‌برگان بیشتر و واضح‌تر



شکل ۲- نمودار دومحوری تحلیل مؤلفه‌های اصلی از متغیرهای آناتومی چوب و بیومتری الیاف: TRW: پهنای حلقه رویش؛ VL: طول آوند؛ VD: قطر آوند؛ FL: طول فیبر؛ FD: پهنای فیبر؛ FWT: ضخامت دیواره فیبر.

Figure 2. Biplot of principal component analysis on wood anatomical and fiber biometrical variables; TRW: Tree ring width; VL: Vessel length; VD: Vessel diameter; FL: Fiber length; FD: Fiber diameter; FWT: Fiber wall thickness.

سلول‌های کامبیومی باقی می‌ماند صادق است (۱۷) اما در پهن‌برگان، الیاف پس از جدا شدن از کامبیوم ممکن است رشد موضعی چشم‌گیری یافته و نسبت به سلول کامبیومی مادری خود بسیار طولی‌تر شوند (۸). بنابراین با در دسترس بودن بیشتر آب و مواد غذایی، ممکن است افزایش طول بعدی الیاف، کوتاه بودن سلول‌های مادری کامبیوم را جبران کند. در نتیجه، در پهن‌برگان ممکن است رشد قطری و طول الیاف تحت تأثیر مؤلفه‌های متفاوتی باشند.

منطقی به‌نظر می‌رسد که عوامل محیطی افزایش دهنده سرعت رشد قطری- به‌ویژه فراوانی آب-

پهن‌تر بودن حلقه‌های رویشی به‌معنی نیاز به افزایش سریع‌تر محیط درخت و در نتیجه تقسیمات آنتی‌کلینال بیشتر و سریع‌تر در لایه زاینده (کامبیوم) است. با سریع‌تر و بیشتر شدن تقسیمات آنتی‌کلینالی احتمال دارد یک سلول کامبیومی پیش از آنکه به حداکثر طول خود برسد دوباره تقسیم شود و در نتیجه سلول‌های حاصل از آن کوتاه‌تر باشند. از این‌رو انتظار کلی این است که با افزایش پهنای حلقه‌های رویش در یک درخت، طول الیاف آن کاهش یافته و این دو متغیر متأثر از یک نوع مؤلفه باشند (۶). این برهان در مورد سوزنی‌برگان که تراکئیدها کمابیش به اندازه

چوب و بیومتری الیاف با هم تفاوت فاحشی دارند. پیش از این نیز نشان داده شده بود که کلن‌های مختلف گونه صنوبر اورامریکن (به‌خصوص *P.e.vernirubensis*) دارای برتری عملکرد نسبت به دیگر گونه‌ها و از جمله تبریزی بوده (۱۵) و در مقایسه، رشد قطری، ارتفاعی و حجمی خوبی نیز دارد (۵). اثر مستقل طول دوره آبیاری بر روی پهنای حلقه رویش، طول و پهنای آوند و ضخامت دیواره فیبر معنی‌دار بوده و رژیم آبیاری روی دیگر ویژگی‌های مرتبط با فیبر (طول و پهنای فیبر) اثر معنی‌داری نگذاشته است. در مورد گونه‌های دیگر نیز ارتباط ضعیفی بین آبیاری و ویژگی‌های بیومتری الیاف یافت شده است (۱۷).

باعث تولید آوندهای درشت‌تری نیز شوند (۴). با این‌حال همان‌گونه که در این پژوهش نشان داده شد، این دو متغیر ممکن است به یک اندازه متأثر از دسترسی به آب نباشند. به‌طورکلی، سازوکار تعیین ویژگی‌های مرفولوژی سلول‌های چوبی، بیشتر درونی است تا متأثر از عوامل محیطی (۴).

تأثیر نوع گونه و میزان آبیاری بر ویژگی‌های مورد بررسی: نتایج آزمون تحلیل واریانس چند متغیری برای بررسی تأثیر مستقل نوع گونه و میزان آبیاری بر ویژگی‌ها در جدول ۱ خلاصه شده است. بر اساس این جدول، نوع گونه روی تمامی ویژگی‌های مورد بررسی تأثیر معنی‌داری داشته است. به‌عبارت دیگر دو گونه اورامریکن و تبریزی از نظر ویژگی‌های آناتومی

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس تأثیر نوع گونه و دوره آبیاری بر ویژگی‌های آناتومی چوب و بیومتری الیاف. در این جدول، TRW معرف پهنای حلقه رویش؛ VL طول آوند؛ VD پهنای آوند؛ FL طول فیبر؛ FD پهنای فیبر؛ FWT ضخامت دیواره فیبر است. تأثیر نوع گونه و رژیم آبیاری بر همه ویژگی‌ها به جز ویژگی‌های حاشور خورده از نظر آماری در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود.

Table 1. The output of two-way analysis of variance to compare the effect of species type and irrigation regime on wood anatomical and fiber biometrical variables; TRW: Tree ring width; VL: Vessel length; VD: Vessel diameter; FL: Fiber length; FD: Fiber diameter; FWT: Fiber wall thickness. The effects of species type and irrigation regime were significant on all features at the 0.01 level except highlighted one.

منبع Source	میانگین مربعات Mean Square	F	P
نوع گونه Species type	TRW	59	6.7
	FD	268	7.7
	FWT	10.45	13.9
	FL	34110	13.6
	VD	5290	31.9
	VL	34315	14.1
رژیم آبیاری Irrigation regime	TRW	152	17.4
	FD	95	2.7
	FWT	5.6	7.49
	FL	1544	.61
	VD	1405	8.5
	VL	13419	5.4

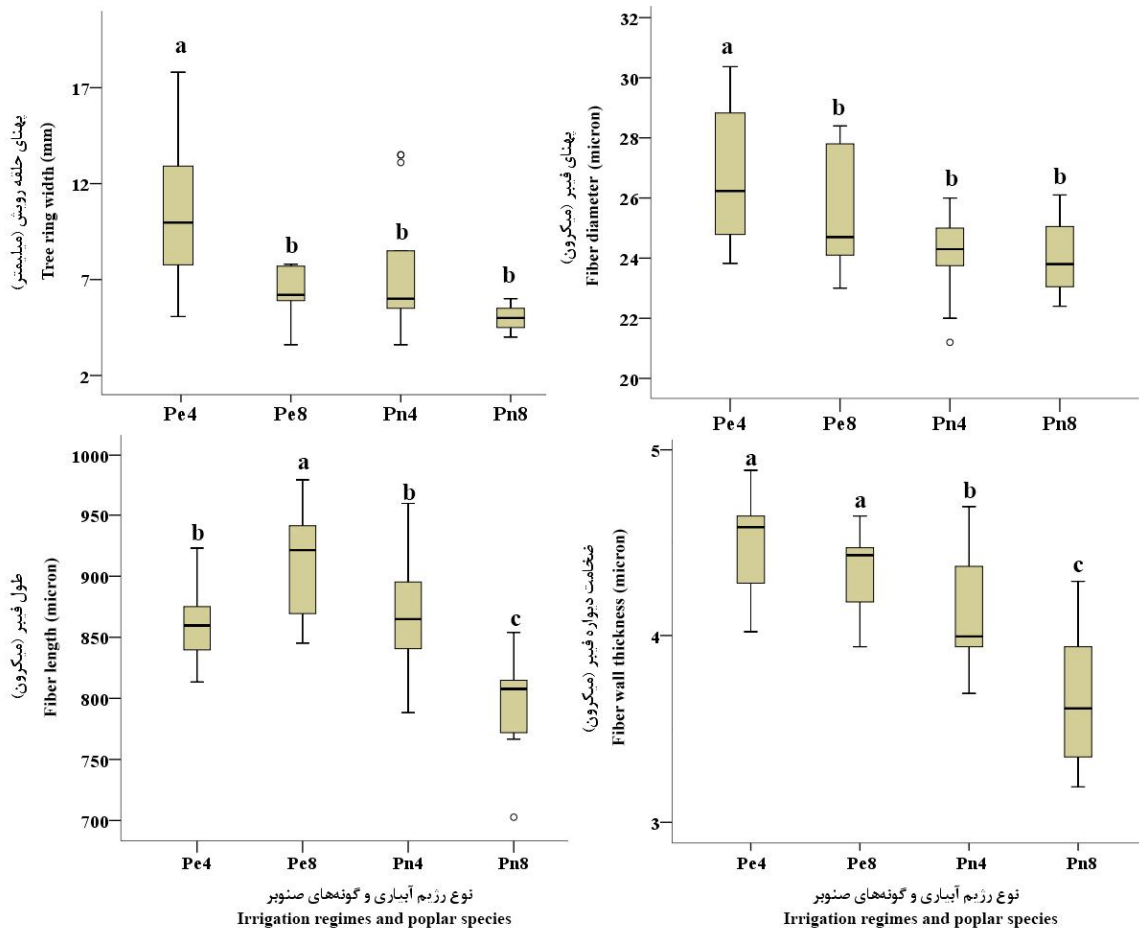
مقایسه بین دو گونه نیز می‌توان گفت گونه اورامریکن نسبت به گونه تبریزی رشد قطری بیشتر و حلقه‌های رویشی پهن‌تری دارد. پهنای فیبر در دو گونه صنوبر مورد بررسی در دو رژیم آبیاری تفاوتی نداشتند؛ به‌عبارت دیگر آبیاری

میان و نحوه توزیع داده‌های پهنای حلقه رویش، پهنای کلی فیبرها، ضخامت دیواره فیبرها و طول آن‌ها در نمودار جعبه‌ای به تصویر کشیده شده است (شکل ۳). رژیم آبیاری هشت روزه در هر دو گونه منجر به تولید حلقه‌های رویشی نازک‌تری شده است. در

گونه تبریزی حالت برعکس دیده می‌شود یعنی آبیاری با فواصل زمانی بیشتر (۸ روزه) باعث کاهش طول فیبرها شده است.

در مجموع، مقادیر بیومتری الیاف دو گونه صنوبر در محدوده اعداد گزارش شده در پژوهش‌های پیشین قرار دارد. میانگین طول، پهنا و ضخامت دیواره فیبرهای صنوبر اورامریکن در رویشگاه‌ها، سنین و شرایط مختلف رویشی به ترتیب بین ۰/۹ تا ۱/۳ میلی‌متر، ۲۰ تا ۲۶ میکرون و ۲/۶ تا ۶/۶ میکرون گزارش شده است (۲۲، ۲۱، ۱۶، ۱۰). در مورد گونه تبریزی نیز همین گزاره صادق است (۱۱).

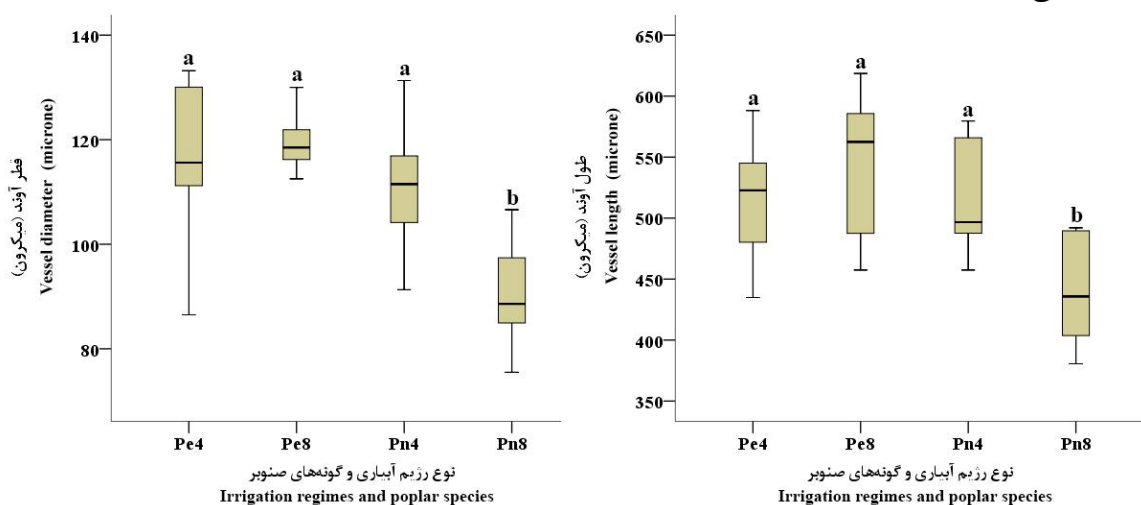
تأثیری روی پهنای فیبر در دو گونه تبریزی و اورامریکن نداشت. با این حال، به نظر می‌رسد در کل، گونه اورامریکن نسبت به تبریزی فیبرهای فراختری داشته باشد. آبیاری کم‌تر در گونه اورامریکن، تأثیر معنی‌داری روی ضخامت دیواره فیبر نداشته است ولی در گونه تبریزی باعث کاهش چشمگیر ضخامت شده است. علاوه بر این، گونه اورامریکن به‌طورکلی فیبرهای ضخیم‌تری نسبت به گونه تبریزی داشت. اثر دوره آبیاری بر طول فیبر در بین دو گونه یکسان نیست. در گونه اورامریکن، آبیاری با فواصل زمانی بیشتر (۸ روزه) باعث افزایش طول فیبر شده ولی در



شکل ۳- نمودارهای جعبه‌ای از پهنای حلقه‌ی رویش و پهنا، طول و ضخامت دیواره‌ی فیبر صنوبر در چهار تیمار: Pe4 (اورامریکن با آبیاری ۴ روزه)؛ Pe8 (اورامریکن با آبیاری ۸ روزه)؛ Pn4 (تبریزی با آبیاری ۴ روزه)؛ Pn8 (تبریزی با آبیاری ۸ روزه)

Figure 3. Boxplot of tree-ring width, and fiber diameter, length and wall thickness in four treatments: Pe4 (Euramerican poplars under 4 days irrigation intervals); Pe8 (Euramerican poplars under 8 days irrigation intervals); Pn4 (Black poplars under 4 days irrigation intervals); Pn8 (Black poplars under 8 days irrigation intervals)

است، آوندهای کوتاه‌تر کیفیت خمیر را بالا می‌برد (۲۰)؛ از این‌رو، کاهش طول آوندها در تیمار ۸ روزه آبیاری ویژگی نامطلوبی محسوب نمی‌شود. کاهش دسترسی به آب و تنش‌های خشکی به‌طور معمول باعث کوچک‌تر شدن آوندها می‌شود چرا که در شرایط خشک، خطر ایجاد حباب هوا در سامانه آوندی و مسدود شدن آن بیشتر بوده ولی کوچک‌تر شدن آوندها این خطر را کاهش می‌دهد (۲۵). همچنین نشان داده شده که خشکی باعث کوتاه‌تر شدن آوندها نیز می‌شود، چراکه احتمال به دام افتادن حباب‌های هوا در عناصر آوندی کوتاه، بیشتر است؛ حتی اگر دریچه‌های آوندی ساده باشند (۸). کاهش میزان آبیاری گونه‌هایی از اکالیپتوس باعث کاهش قطر و طول آوندهای آن‌ها شده است (۱۲).



شکل ۴- نمودارهای جعبه‌ای از قطر و طول آوند صنوبر در چهار تیمار: Pe4 (اورامریکن با آبیاری ۴ روزه)؛ Pe8 (اورامریکن با آبیاری ۸ روزه)؛ Pn4 (تبریزی با آبیاری ۴ روزه)؛ Pn8 (تبریزی با آبیاری ۸ روزه).

Figure 3. Boxplot of vessel diameter and length of poplar trees in four treatments: Pe4 (Euramerican poplars under 4 days irrigation intervals); Pe8 (Euramerican poplars under 8 days irrigation intervals); Pn4 (Black poplars under 4 days irrigation intervals); Pn8 (Black poplars under 8 days irrigation intervals).

۴ روزه نداشته و حتی درمورد برخی ویژگی‌ها (مانند طول الیاف)، آبیاری ۸ روزه نتیجه بهتری نیز حاصل می‌آورد. بنابراین برای صرفه‌جویی در مصرف آب، این آبیاری (آبیاری ۸ روزه به جای آبیاری ۴ روزه) پیشنهاد می‌شود. درمورد گونه تبریزی نیز این گزاره

میان و شیوه توزیع داده‌های طول و پهنای آوندها در نمودار جعبه‌ای به تصویر کشیده شده است (شکل ۴). آنچه در مورد طول فیبرها شرح داده شد در مورد طول آوند نیز صادق است؛ یعنی گونه اورامریکن با آب‌خوری کمتر (تیمار ۸ روزه)، آوندهای بلندتری دارد در حالی که در تبریزی عکس این مطلب دیده می‌شود. علاوه بر این به‌طور کلی اورامریکن‌ها آوندهای بلندتری دارند. آبیاری با فواصل زمانی بیشتر (۸ روزه) باعث کاهش قطر آوند می‌شود اما این کاهش در گونه تبریزی به مراتب مشهودتر بود. در مقام مقایسه دو گونه نیز- به‌طور کلی- گونه اورامریکن آوندهای درشت‌تری دارد. باید در نظر داشت برخلاف فیبرها که طویل‌تر بودنشان برای صنایع سلولزی به‌ویژه خمیرکاغذ مناسب‌تر

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع می‌توان نتیجه‌گیری کرد که درمورد گونه اورامریکن- اگر ویژگی‌های بیومتری الیاف مدنظر باشد- آبیاری ۸ روزه تفاوت چندانی با آبیاری

1- Embolism

می‌توان گفت که این‌گونه نسبت به گونه تبریزی از نظر کاربردی مناسب‌تر است. همچنین در این پژوهش نشان داده شد که رشد قطری و طول الیاف صنوبر متأثر از مؤلفه‌های متفاوتی‌اند. آگاهی به این مسأله به‌ویژه برای صنایع سلولزی مهم است چراکه با مدیریت درست و شناخت مؤلفه‌های تأثیرگذار، می‌توان همزمان هم سرعت رشد صنوبرها را افزایش داد تا زودتر به قطر بهره‌برداری برسند و هم از کوتاه‌نشدن طول الیاف این درختان اطمینان حاصل کرد. در پایان، با توجه به مشکل کم‌آبی در ایران و وجود گزارش‌هایی مبنی بر بهبود برخی ویژگی‌های کاربردی چوب مانند طول الیاف پس از آبیاری با پساب در مقایسه با آب معمولی (۱)، تأثیر این نوع آبیاری بر ویژگی‌های صنوبرها می‌تواند موضوع پژوهش‌های آتی باشد.

صادق است؛ با این تفاوت که اگر قرار باشد چوب به مصارف کاغذ سازی برسد، کاهش طول الیاف (طول فیبر و طول آوند) بر اثر افزایش بازه آبیاری را باید در نظر گرفت. با این حال به‌نظر نمی‌رسد این کاهش طول به حدی باشد که افزایش ۴ روزه بازه آبیاری را توجیه کند. بنابراین در مورد این‌گونه نیز می‌توان برای بیشتر کاربردهای چوب با اطمینان کیفیت یکسان چوب درختان حاصل از آبیاری ۴ روزه و ۸ روزه را تضمین کرد.

اختلاف بین ویژگی‌های آناتومی چوب و بیومتری الیاف در دو گونه تبریزی و اورامریکن نیز زیاد بود. گونه اورامریکن حلقه‌های پهن‌تر و الیاف بلندتری دارد. با توجه به این‌که کلن‌های مختلف گونه صنوبر اورامریکن دارای برتری عملکرد نسبت به دیگر گونه‌ها و از جمله تبریزی است (۱۵) و در مقایسه، رشد قطری، ارتفاعی و حجمی خوبی نیز دارد (۵)

منابع

1. Ali, H.M., Alamri, S.A., Siddiqui, M.H., Al-Khaishany, M.Y., Al-Qutami, M.A., and Alakeel, K.A. 2017. Performance of growth and nutrient content in *Melia azedarach* l. under wastewater irrigation. *Fresenius Environmental Bulletin.*, 26: 7.4645-4649.
2. Al-Mefarrej, H.A. 2013. Growth characteristics and some wood quality of *Tamarix aphylla* seedlings irrigated with primary treated wastewater under drought stress. *Asian Journal of Plant Sciences.*, 12: 109-118.
3. Araújo, W.L., Fernie, A.R., and Nunes-Nesi, A. 2011. Control of stomatal aperture: A renaissance of the old guard. *Plant Signal Behavior.*, 6: 1305–1311.
4. Arnold, D.H., and Mauseth, J.D. 1999. Effects of environmental factors on development of wood. *American Journal of Botany.*, 86(3): 367-371.
5. Bagheri, R., Ghasemi, R., Calagari, M., and Merrikh, F. 2012. Effect of different irrigation intervals on superior poplar clones yield. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research.* 20: 3.357-369. (In Persian)
6. Bannan, M.W. 1967. Anticlinical divisions and cell length in conifer cambium. *Forest Product Journal.*, 17: 6.63-69.
7. Bréda, N., Huc, R., Granier, A., and Dreyer, E. 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science.*, 63: 625–644.
8. Carlquist, S. 2013. Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Springer Science and Business Media, Berlin, 448p.
9. Daneshvar, H.A., and Modirrahmati, A.R. 2008. Comparison of height, diameter and wood production of 14 Poplar clones in Esfahan province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research.* 16: 1.49-60. (In Persian)

10. Efhami, D., and Saraeyan, A.R. 2009. Evaluation of anatomical and physical properties of juvenile/mature wood of *Populus alba* and *Populus × euramericana*. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research., 24(1): 134-147. (In Persian)
11. Efhamisisi, D., Karimi, A.N., Pourtahmasi, K., and Taghiyari, H.R. 2012. The effects of agroforestry practices on fiber attributes in *Populus nigra* var. *betulifolia*. Trees., 26(2): 435-441.
12. February, E.C., Stock, W.D., Bond, W.J., and Le Roux, D.J. 1995. Relationships between water availability and selected vessel characteristics in *Eucalyptus grandis* and two hybrids. IAWA J., 16: 3.269-276.
13. Franklin, G.L. 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. Nature., 155: 3924.51.
14. Garavillon-Tournayre, M., Gousset-Dupont, A., Gautier, F., Benoit, P., Conchon, P., Souchal, R., and Fumanal, B. 2018. Integrated drought responses of black poplar: how important is phenotypic plasticity? Physiologia Plantarum., 163(1): 30-44.
15. Goodarzi, G.R., Modir-Rahmati, A.R., and Ahmadloo, F. 2013. Investigation on adaptability of open crown poplar clones in Markazi province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 21: 2.256-267. (In Persian)
16. Isenberg, I.H. 1981. Pulpwoods of the United States and Canada. Vol 11 - Hardwoods 3rd edn. The Institute of Paper Chemistry, Appleton, 168p.
17. Lundgren, C. 2004. Cell wall thickness and tangential and radial cell diameter of fertilized and irrigated Norway spruce. Silva Fennica. 38: 1.95-106.
18. Marron, N., Delay, D., Petit, J.M., Dreyer, E., Kahlem, G., Delmotte, F.M., and Brignolas, F. 2002. Physiological traits of two *Populus × euramericana* clones, Luisa Avanzo and Dorskamp, during a water stress and re-watering cycle. Tree Physiology. 22(12): 849-858.
19. Marron, N., Dreyer, E., Boudouresque, E., Delay, D., Petit, J. M., Delmotte, F. M., and Brignolas, F. 2003. Impact of successive drought and re-watering cycles on growth and specific leaf area of two *Populus × canadensis* (Moench) clones, 'Dorskamp' and 'Luisa_Avanzo'. Tree physiology. 23(18): 1225-1235.
20. Ohshima, J., Yokota, S., Yoshizawa, N., and Ona, T. 2011. Feasibility study of quality plantation pulpwood breeding on fibre length, vessel element length and their ratio sought by within-tree variations in Eucalyptus trees. Forestry Studies. 54: 1.37-47.
21. Rasoli Garmarodi, A., Resalati, H., Rafiee, F., and Mahdavi Feizabadi, S. 2006. Investigation on variations trend of fiber dimensions of diameter growth in *Populus euramericana* (Dode) for papermaking. Bulletin of Khazar Agricultural and Natural Resources Sciences. 13(1): 30-43. (In Persian)
22. Rongjun, Z., Chunli, Y., Xianbao, C., Jianxiong, L., Benhua, F., & Yurong, W. (2014). Anatomical, Chemical and Mechanical Properties of Fast-Growing *Populus × Euramericana* cv. '74/76'. IAWA Journal, 35(2), 158-169
23. Saeidi, Z., and Azadfar, D. 2009. Effect of hydromorphy and drought stresses on net photosynthesis rate and viability for three poplar species. Journal of Wood and Forest Science and Technology. 16(3): 93-106. (In Persian)
24. Tyree, M. T., and Sperry, J. S. 1988. Do woody plants operate near the point of catastrophic xylem dysfunction caused by dynamic water stress?: answers from a model. Plant physiology. 88(3): 574-580.
25. Tyree, M.T., and Zimmermann, M.H. 2002. Xylem structure and the ascent of sap. 2nd edn. Springer, Berlin, 283p.
26. Zobel, B.J., and van Buijtenen, J.P. 1989. Wood variation: its causes and control. Springer, Berlin, 363p.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 25 (2), 2018

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2018.15169.1754

Effect of different irrigation regimes on wood anatomical features and fiber biometry of two elite poplars

*R. Oladi¹, L. Heidari², R. Bagheri³ and K. Pourtahmasi⁴

¹Associate Prof., Dept., of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, ²M.Sc., Dept., of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, ³Senior Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, ⁴Professor, Dept., of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

Received: 06/02/2018; Accepted: 07/29/2018

Abstract

Background and objectives: Raw materials shortage is one of the main challenges of wood and paper industry of Iran. According to the laws restricting forest harvesting, tree farming as an alternative source of wood supply should be focused. On the other hand, due to limited water resources in Iran and high water demand of poplars, there are increasing efforts to introduce poplar species with higher drought tolerance. However, these researches are mainly concentrated just on the volume production or tree surviving and resulting wood quality was less investigated. In one of such studies, growth characteristics of different species/clones of *Populus* were investigated in different irrigation intervals (4, 8, and 12 days) and it was concluded that there was not a significant difference between the 4 and 8 days intervals in respect of growth parameters. However, the probable effect of these two irrigation intervals on wood quality remained unknown. Hence, the rationale of current study was to investigate the effect of 4 and 8 days irrigation intervals on wood and fiber characteristics of two superior poplar clones. In addition, the relation between wood quality and irrigation was discussed from the physiological points of view.

Materials and methods: Pith-to-bark cores were taken from two elite poplar trees (*Populus euroamerican* and *P. nigra*) using increment borer. Wood anatomical features and fiber biometry of the last five tree rings including tree-ring width, vessel size and length, and fiber length, diameter and cell wall thickness were studied.

Results: The results showed that the effect of irrigation intervals was statistically significant on tree-ring width, vessel diameter and length and fiber wall thickness but not significant on fiber length and diameter. In both species, increasing irrigation intervals from 4 to 8 days, led to a decrease in ring width. Nonetheless, the type of species influenced the reduction rate: *P. nigra* trees were less sensitive to irrigation intervals and their ring widths were less reduced. Moreover, it was shown that radial growth and fiber length of poplars (as two important applied properties) are separately influenced by different components.

Conclusion: Overall, it can be concluded that in the case of *P. euroamerican*, if the wood anatomical features were of importance, there is no difference between 4 and 8 days irrigation and even longer interval of irrigation yields superior characteristics (e.g. longer fibers). Hence, for saving water resources, 8 days irrigation is recommended. This conclusion is also roughly applicable for *P. nigra* since the reduction in fiber length of this species after longer irrigation periods is not remarkable and therefore doesn't justify the shorter irrigation intervals. Finally, since radial growth rate and fiber length are influenced by different factors and are less related to each other, both features can simultaneously be enhanced with a proper management.

Keywords: Poplar, Irrigation, Fiber length, Tree-ring width, Vessel features

*Corresponding author: oladi@ut.ac.ir