

# تأثیر سن بر ویژگی‌های بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب دو گونه صنوبر تندرشد نیگرا و اورامریکن

شادمان پورموسی\*، احمد جهان لیباری

تاریخ دریافت: 89/9/3 تاریخ پذیرش: 90/4/18

## چکیده

تأثیر سن دو گونه از درختان صنوبر تند رشد به نام‌های *P. nigra* var *betulifolia* و *P. euroamericana* بر ویژگی‌های بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب آنها بررسی شده است. چهار اصله درخت در سنین مختلف 6-9 سال از محل کلن‌های تحقیقاتی و سازگاری گونه‌های تندرشد صنوبر در مرکز تحقیقات البرز به صورت تصادفی قطع گردید و ویژگی‌های بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب آنها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان‌دادند که طول فیبر در هر دو گونه از مغز به پوست روند صعودی دارد که نشان‌دهنده قرار گرفتن هر دو گونه در محدوده جوان چوبی می‌باشد. کمترین میانگین طول فیبر در گروه سنی 6 سال گونه نیگرا به مقدار 0/863 میلی‌متر و بیشترین آن در گونه اورامریکن در دوره سنی 9 سال به مقدار 0/978 میلی‌متر به دست آمد. دانسیته خشک و بحرانی درختان با سن 9 سال بیشتر از سایر درختان بوده و حدود دانسیته خشک دو گونه از 0/36g/cm<sup>3</sup> تا 0/42 و دانسیته بحرانی از 0/32 تا 0/37 g/cm<sup>3</sup> متغییر بود. نتایج بررسی‌های تجزیه شیمیایی نشان‌داد که گونه اورامریکن با سن 9 سال بیشترین مقدار سلولز (54/33 درصد)، کمترین مقدار لیگنین (21/33 درصد) و بیشترین مقدار خاکستر (1/208 درصد) و مواد استخراجی (2/92 درصد) را دارد.

**واژه‌های کلیدی:** چوب صنوبر، سن، گونه، ویژگی‌های بیومتری، خواص فیزیکی، ترکیبات شیمیایی

---

گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران.

\* نویسنده مسوول: Sh.pourmousa@ gmail.com

## مقدمه

محدود شدن پتانسیل تولید چوب جنگل‌های تجارتي شمال کشور و افزایش مصرف چوب، توجه پژوهشگران صنعت چوب و جنگل را به یافتن راه‌ها و روش‌های تامین مواد اولیه چوبی مناسب از منابع داخلی متمرکز کرده‌است. یکی از راه‌های پاسخ به نیازهای تامین چوب مصارف صنعتی توسعه کشت گونه‌های تند رشدی مانند صنوبرها است که این مهم نه تنها در ایران بلکه در کشورهای زیادی از دنیا در حال پیگیری است. با توجه به اینکه بهره‌برداری از درختان تندرشد صنوبر در سنین کمتر انجام می‌گیرد، با تغییرات زیادی در ویژگی‌های این چوب‌ها رخ می‌دهد. لذا شناخت دقیق این ویژگی‌ها در اولویت‌های تحقیقاتی قرار گرفته‌است (1). در- این زمینه، بررسی‌های مرتبط با بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب گونه‌های مختلف به‌عنوان معیارهای مهم مقایسه و ارزیابی چوب‌ها و شناخت کیفیت چوب به‌انجام رسیده‌است. چوب گونه‌های تند رشد صنوبر که در محدوده سنی جوان‌تر مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند حاوی مقدار زیادی جوان چوب است که به‌لحاظ ویژگی‌های بیومتری، فیزیکی، ترکیبات شیمیایی و خواص مکانیکی با بخش‌های مسن‌تر آن متفاوت است. بنابراین مطالعه کیفیت جوان چوب گونه- های تند رشد که درصد قابل ملاحظه‌ای حجم چوب را تشکیل می‌دهد حایز اهمیت خواهد بود (5)

ماتياس و پزلن<sup>1</sup> (1997)، عنوان نمودند که در کلن‌های مختلف صنوبر اورامریکن پایان سن جوان‌چوبی در حدود 10 تا 13 سال می‌باشد و این زمان تحت تاثیر رویشگاه قرار می‌گیرد. زوبل<sup>2</sup> (1989)، معتقد است با وجودی که بین وزن مخصوص و سن درختان پراکنده آوند مانند صنوبر ارتباط ضعیفی وجود دارد، ولی در اثر ضخیم‌تر شدن دیواره سلول از مغز به پوست، دانسیته آن زیاد می‌شود. درحالی‌که تغییرات طول الیاف به‌شدت تحت تاثیر سن درخت می‌باشد. دی‌بل و همکاران<sup>3</sup> (2002)، در مورد سه کلن از صنوبر عنوان می‌کند که بین پهنای رویشی، دانسیته و طول الیاف ارتباط معنی‌داری وجود ندارد، ولی با افزایش سن درخت طول الیاف و دانسیته افزایش می‌یابد. رسالتی و مهدوی (1382) با مطالعه بر روی گونه صنوبر دلتوئیدس عنوان می‌کنند که تاثیر سن و رویشگاه بر روی ابعاد الیاف معنی‌دار بوده و تاثیر آن بر وزن- مخصوص معنی‌دار نمی‌باشد. کارکی<sup>4</sup> (2001) با مطالعه بر روی صنوبر لرزان عنوان می‌کند که تغییرات دانسیته از مغز به پوست کاهش یافته است. فخریان و همکاران (1380) با بررسی ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیومتری صنوبر دلتوئیدس کلن 77/51 در سنین مختلف چنین نتیجه‌گیری کرده‌است که بین مقادیر اندازه‌گیری شده این ویژگی‌ها در سه سن بهره‌برداری 4، 6 و 12 سال تقریباً به هم نزدیک بوده و می‌توان از این چوب به‌عنوان ماده اولیه لیگنوسولوزی مناسب در تولید

<sup>1</sup> Matyas & Peszlen

<sup>2</sup> Zobel

<sup>3</sup> DeBell et al

<sup>4</sup> Karki

محل نمونه برداری در استان البرز، شهرستان کرج، مرکز تحقیقات البرز می باشد نمونه های مورد نظر از طرح های سازگاری درختان صنوبر تهیه شدند. محل نمونه برداری در طول جغرافیایی  $55^{\circ}$  و  $35^{\circ}$  شمالی، عرض جغرافیایی  $54^{\circ}$  و  $50^{\circ}$  شرقی و با  $1312/5$  متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد.

میزان بارندگی سالیانه  $245/8$  میلی متر، حداقل درجه حرارت مطلق سالیانه:  $8/2^{\circ}$ ، حداکثر درجه حرارت مطلق سالیانه:  $2/8^{\circ}$ ، درجه حرارت متوسط سالیانه:  $14/5^{\circ}$ ، متوسط درجه حرارت ماه سال:  $26/8^{\circ}$ ، متوسط درجه حرارت سردترین ماه سال:  $1/4^{\circ}$ ، متوسط روزهای یخبندان سال  $73/1$  روز، متوسط رطوبت نسبی سالیانه:  $49\%$ ، ماه های خشک سال چهار ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور می باشد.

از نظر خاکشناسی، خاک منطقه عمیق با بافت رس و شنی به رنگ قهوه ای روشن با مقدار کمی رگه های نازک اهنک است که جزو خاک های رسوبی محسوب می شود. محدوده اسیدیته خاک  $8/1 - 7/6$  می باشد. منطقه نمونه برداری بدون پستی و بلندی و با شیب ملایم، از نظر فیزیوگرافی: دشت رسوبی مرتفع با قدرت آبدوی متوسط و زهکشی طبیعی نسبتاً خوب، با ماده اولیه تشکیل دهنده خاک، رسوبات آبرفتی است.

### تهیه نمونه های آزمونی

چوب صنوبر مورد نیاز این بررسی از درختان دو گونه *P. nigra* var *betolifolia* و *P. euroamrica* کلن شماره 561/41 طرح های سازگاری صنوبر در مرکز تحقیقات البرز تهیه شد.

انواع خمیر و کاغذ با کیفیت مناسب استفاده کرد. لامینگ و همکاران<sup>1</sup> (1971) گزارش نموده اند که جوان چوب گونه های صنوبر شامل 8 تا 12 دایره رویش سالیانه بوده و این تعداد ممکن است فقط به دلیل بروز تغییراتی در رویشگاه و گونه کمی تغییر کند. کرد و کرد (1389) با بررسی تاثیر سن درختان صنوبر دلتوئیدس بر خواص بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب آن عنوان می کند که پس از سن 12 سالگی تفاوت معنی داری در ویژگی های آناتومیکی، فیزیکی و شیمیایی درختان صنوبر دلتوئیدس وجود ندارد. رسولی گرمارودی (1381) میانگین طول الیاف درختان 8 و 18 ساله صنوبر اورامریکن رویشگاه صفرابسته را به ترتیب  $0/835$  و  $1/392$  میلی متر اندازه گیری کرده است. ولی مقابسه میزان ترکیبات شیمیایی دو چوب 8 ساله و 18 ساله اختلاف معنی داری مشاهده نشد. لذا استفاده از چوب صنوبر 8 ساله بر صنوبر 18 ساله ارجحیت دارد.

این تحقیق با هدف بررسی تاثیر سن دو گونه از درختان تند رشد صنوبر با نام *P. nigra* var *betolifolia* و *P. euroamrica* بر ویژگی های بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب آنها انجام گرفت تا با شناخت دقیق تر ویژگی های شان بتوان نسبت به معرفی آنها جهت زراعت چوب و افزایش تولید در واحد سطح کشت اقدام نمود.

### مواد و روش ها

#### محل نمونه برداری

<sup>1</sup>Laming et al

نقطه از یک بعد و نهایتاً سه میانگین از پانزده نقطه برای سه بعد به دست آمد و سپس میانگین کل محاسبه شد. پس از توزین نمونه‌ها با دقت 0/01 گرم، دانسیته بحرانی و خشک طبق فرمول-های زیر محاسبه شد.

$$(1) \text{ حجم کاملا مرطوب / جرم کاملا خشک} =$$

دانسیته بحرانی

$$(2) \text{ حجم کاملا خشک / جرم کاملا خشک} =$$

دانسیته خشک

### اندازه‌گیری ترکیب‌های شیمیایی چوب‌ها

برای تعیین درصد سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی، از دیسک‌هایی به ضخامت 5 سانتی‌متر استفاده شد. برای اندازه‌گیری ترکیب-های شیمیایی چوب از دستور العمل‌های آیین‌نامه TAPPI به شرح ذیل استفاده شد. تهیه پودر چوب: T257-om-85، میزان مواد استخراجی T204-om-88، سلولز T264-om-88، لیگنین T222-om-88 و خاکستر T211-om-88.

نتایج حاصل از کلیه آزمون‌های انجام شده در قالب طرح کاملاً تصادفی در سطح اعتماد 95 درصد تجزیه و تحلیل شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن گروه‌بندی شدند. برای تجزیه و تحلیل شاخص‌های بیومتری از آزمون t استفاده شد.

### نتایج

تغییرات طول الیاف چوب دو گونه صنوبر اورامریکن و نیگرا در سنین مختلف رویشی در شکل 1 نشان داده شده است. بررسی‌های آماری (نمودار 2 و 3)، اختلاف معنی‌داری را در طول

از هر گونه چهار پایه در ردیف‌های کاشت دوم و سوم به روش نمونه‌برداری کاملاً تصادفی انتخاب و بعد از مشخص کردن جهت‌های جغرافیایی بر روی آنها، قطع شدند (جدول 1). از هر پایه دو دیسک به ضخامت بیست سانتی‌متر در محدوده سنی 8 تا 9 سال معادل قطر برابر سینه و 6 تا 5 سال در محدوده زیر تاج تهیه و سپس هر کدام از دیسک‌ها به دیسک‌هایی با ضخامت ده سانتی‌متر تبدیل شدند یکی از دیسک‌های ده سانتی متری برای بررسی‌های بیومتری استفاده شد و دیسک دیگر به دو دیسک پنج سانتی‌متری، یکی برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و دیگری برای اندازه-گیری ترکیبات شیمیایی استفاده شدند.

### اندازه‌گیری ابعاد الیاف و دانسیته

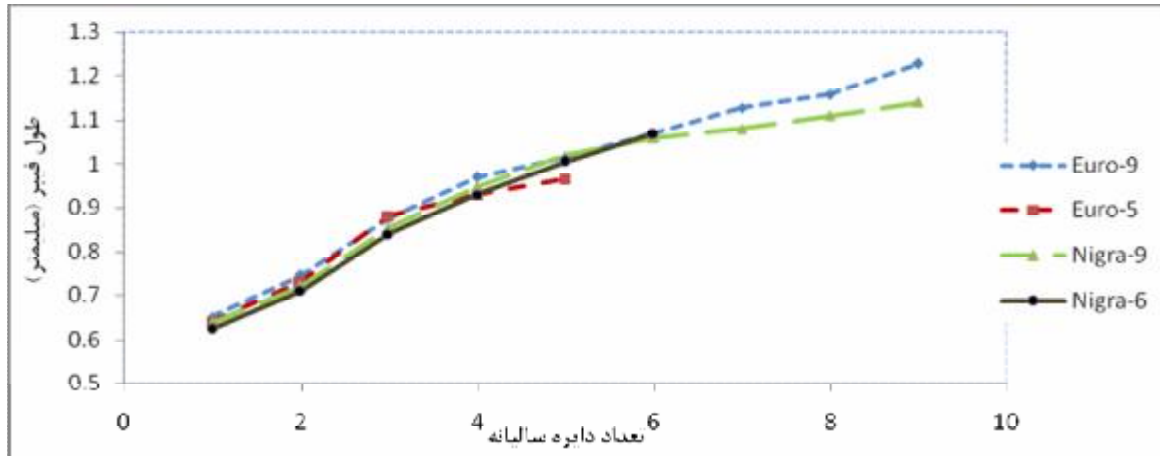
برای آماده‌سازی نمونه‌ها و جداسازی الیاف از روش فرانکلین (1964) استفاده شد. طول، قطر الیاف و ضخامت دیواره سلولزی هر فیبر در هر دایره سالیانه با استفاده از میکروسکوپ OMT-Olympus 20 در 30 تکرار اندازه‌گیری شد. آنالیز آماری داده‌های مذکور با آزمون t، میانگین هر ده تکرار، و در نهایت برای هر دایره سالیانه سه عدد منظور گردید. برای اندازه‌گیری دانسیته خشک و بحرانی از دیسک‌هایی به ضخامت 5 سانتی‌متر استفاده شد. برای این منظور تعداد پانزده نمونه-چوبی به ابعاد  $2 \times 2 \times 2$  سانتی‌متر در چهار جهت جغرافیایی تهیه شد. برای اندازه‌گیری حجم اشباع، نمونه‌ها را به مدت چند روز درون آب قرار داده شدند تا اشباع شوند. سپس با ریزسنج ابعاد متقابل نمونه‌های مکعبی در پنج نقطه از یک بعد با دقت 0/01 میلی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین پنج

مشابه، قطر الیاف کوچکتر، ضخامت دیواره بزرگتر و قطر حفرات الیاف کوچکتر است. در نتیجه الیاف این گونه در طبقه قطری 9 سال، نسبت به گونه نیگرا دارای ضرایب لاغری و رانکل زیادتر و ضریب انعطاف پذیری کمتر می باشد (جدول-2). بنابراین نمی توان عنوان کرد که تمام مشخصه های الیاف در گونه های تند رشد همسو با سن و یا نوع گونه افزایش می یابند (13) و این مساله بررسی وضعیت رشد کامبیومی الیاف را در گونه های تند رشد بیش از پیش نشان می دهد. می توان انتظار داشت که کاغذ تولید شده از الیاف گونه اورامریکن در گروه سنی 9 سال، دارای مقاومت در برابر پاره شدن زیادتر، ولی مقاومت به ترکیدن و تا خوردن تا حدودی مشابه گونه نیگرا در گروه سنی 9 سال می باشد.

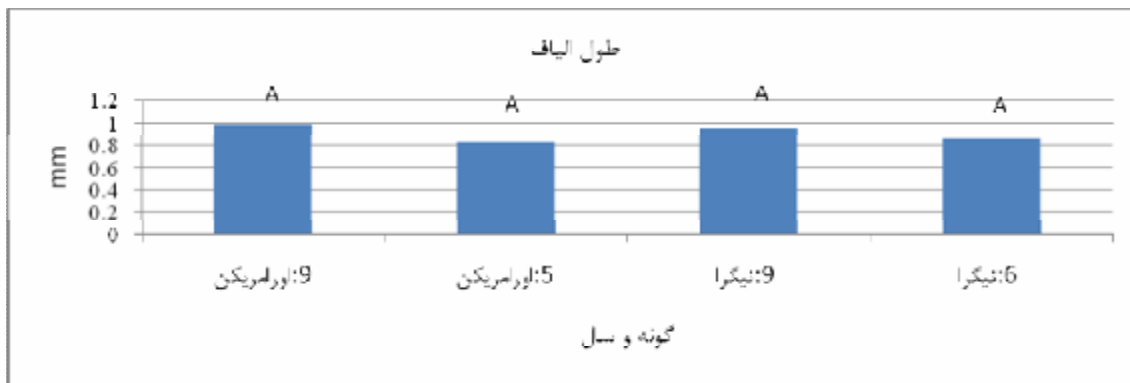
الیاف چوب دو گونه اورامریکن و نیگرا نشان نداد ولی میانگین طول الیاف چوب درختان مسن تر "9 سال" نسبت به چوب درختان جوان تر "5 تا 6 سال"، بلندتر می باشد طول الیاف در هر دو گونه و در هر دو دامنه سنی از مغز به سمت پوست روند صعودی دارد. بیشترین افزایش طول فیبر نسبت به سال قبل در چهار سال اول درختان اتفاق افتاد. نتایج تحلیل آزمون t نشان داد که قطر الیاف و قطر حفره الیاف گونه نیگرا در هر دو گروه سنی در سطح اعتماد آماری 95% اختلاف معنی داری داشتند. همچنین نتایج نشان دادند که قطر حفره الیاف در هر دو گروه سنی و قطر الیاف، حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف در طبقه سنی 9 سال در هر دو گونه اختلاف معنی داری داشتند. گونه اورامریکن نسبت به گونه نیگرا در سن 9 سال طول الیاف

جدول 1- مشخصات ظاهری پایه های قطع شده

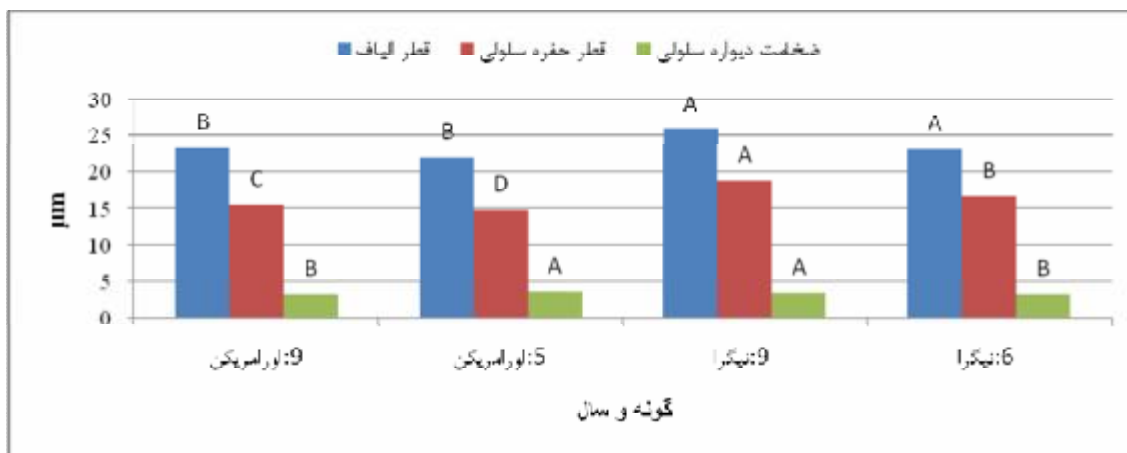
نام گونه	متوسط قطر		متوسط ارتفاع	
	برابر یقه	برابر سینه: 9 سال	تا قطر 15 cm : 5 و 6 سال	تا قطر 8 cm
P.nigra var.betolifolia	20/3	18/2	340	665
P.euroamricana	23/6	20/7	560	935



شکل ۱- تغییرات طول فیبر دو گونه اورامریکن و نیگرا در دو گروه سنی بر طبق دواير سالیانه



شکل ۲- گروه‌بندی دانکن برای طول الیاف دو گونه اورامریکن و نیگرا در دو گروه سنی



شکل ۳- گروه‌بندی دانکن برای قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی دو گونه اورامریکن و نیگرا در دو گروه سنی

جدول 2- ضرایب کاغذسازی دو گونه اورامریکن و نیگرا در دو گروه سنی

P.nigra var. betolifolia		P.euroamrica		گونه
6	9	5	9	سن (سال)
37/01	36/90	36/69	42/19	ضریب لاغری (L/D)
71/2	72/90	67/60	66/60	ضریب انعطاف پذیری $((C/D) \times 100)$
40/27	31/76	47/90	50/44	ضریب رانکل $((2P/C) \times 100)$



شکل 4- گروه‌بندی دانکن برای دانشیه خشک و بحرانی چوب دو گونه اورامریکن و نیگرا و در دو گروه سنی

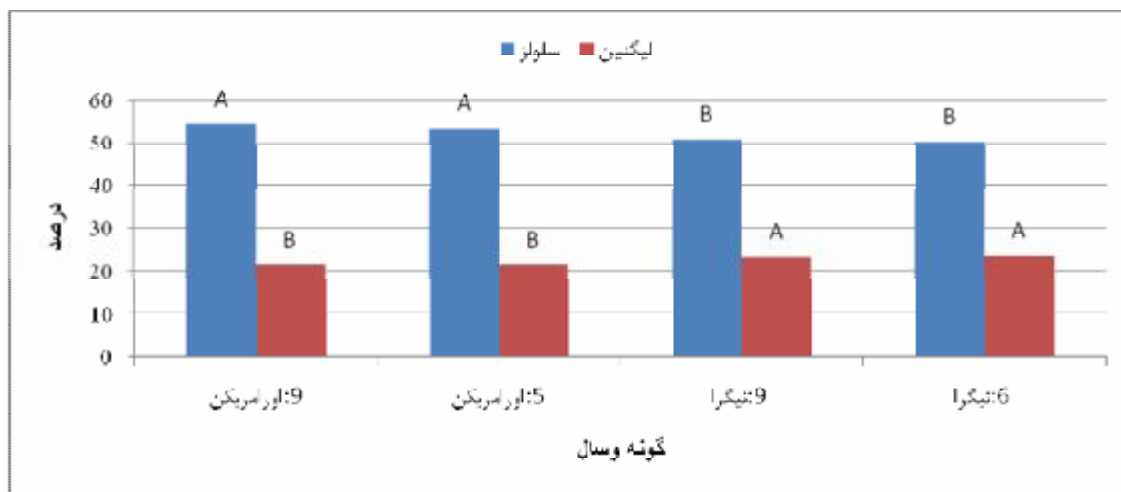
دارد زیاد شدن فیبر و اشعه چوبی، ضخیم شدن دیواره‌های سلولی و نیز کم شدن تعداد آوندها به افزایش دانشیه می‌انجامد. هرچند که این تغییرات در برخی از گونه‌ها متأثر از پهنای دوایر رویشی و نسبت چوب بهاره به تابستانه است. افزایش پهنای دوایر رویشی دانشیه چوب پهن برگان بخش روزنه‌ای را افزایش و دانشیه چوب سوزنی‌برگان را کاهش می‌دهد (4، 13).

نتایج اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی چوب دو گونه در دو سن مختلف همراه با گروه‌بندی دانکن در شکل‌های 5 و 6 خلاصه شده‌است. مقدار سلولز چوب گونه اورامریکن بیشتر از گونه نیگرا تعیین شده‌است که از نظر آماری با یکدیگر

میانگین دانشیه خشک و بحرانی چوب‌ها در سه گروه مجزا قرار گرفته‌است و چوب گونه نیگرا سنگین‌تر از چوب گونه اورامریکن است. دانشیه چوب دو گونه مورد بررسی در سطح آماری 95% معنی‌دار بوده و بیشترین دانشیه خشک و بحرانی در چوب 9 ساله هر دو گونه و کمترین آن در چوب 5 ساله گونه اورامریکن اندازه‌گیری شد (شکل 4). مقادیر کمتر دانشیه بحرانی نمایانگر آن است که بیشترین تغییرات ابعادی را نسبت به دیگران دارا بودند. با توجه به این‌که تغییرات ویژگی‌های فیزیکی در گونه‌های چوبی با ضخامت دیواره سلول و درصد آنها، تعداد آوندها، فیبرها و اشعه چوبی ارتباط نزدیکی

ترکیبات شیمیایی هر دو گونه با افزایش سن، افزایش می‌یابند. زیرا با افزایش سن درخت درصد چوب بالغ زیادتر بوده و چوب درون بیشتر تشکیل شده و تجمع ترکیبات معدنی بیشتر می‌شود که به ترتیب موجب افزایش سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر چوب می‌گردد (4 و 7) وجود برخی از ناهمگونی‌ها در نتایج ترکیبات شیمیایی به نظر می‌رسد ناشی از کم بودن سن درختان مورد مطالعه باشد که در مرحله جوان چوبی می‌باشند. با توجه به کم بودن لیگنین گونه اورامریکن نسبت به نیگرا می‌توان انتظار داشت که جداسازی الیاف در گونه نیگرا مشکل‌تر از گونه اورامریکن باشد، همچنین لیگنین باقی مانده بیشتر در خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی حاصل از گونه نیگرا در مقایسه با اورامریکن ممکن است باعث افزایش ماتی و کاهش مقاومت‌های کاغذ تولیدی شود.

اختلاف معنی‌داری دارند با وجودی که در سنین بالاتر در هر دو گونه مقدار سلولز بیشتر از سنین پایین‌تر به دست آمده است ولی این اختلاف به لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است. تغییرات لیگنین چوب دو گونه مورد بررسی بر عکس سلولز است یعنی در چوب گونه اورامریکن لیگنین کمتری در مقایسه با چوب گونه نیگرا وجود دارد. در این مورد هم تاثیر سن بر میزان لیگنین در سطح آماری 95% معنی‌دار نبوده است. در مورد مقدار خاکستر و مواد استخراجی، در هر دو گونه سن درخت تاثیرگذار بوده ولی بین دو گونه اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. بر این اساس در درختان با سن بالاتر مقدار خاکستر و مواد استخراجی بیشتر است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش یا کاهش مواد استخراجی و خاکستر با همدیگر همسو می‌باشند. شکل‌های 5 و 6 مقدار و گروه‌بندی دانکن ترکیب‌های شیمیایی چوب دو گونه اورامریکن و نیگرا را در دو گروه سنی نشان می‌دهد.



شکل 5- گروه‌بندی دانکن برای سلولز و لیگنین چوب دو گونه اورامریکن و نیگرا را در دو گروه سنی





شکل 6- گروه‌بندی دانکن برای مواد استخراجی و خاکستر دو گونه اورامریکن و نیگرا را در دو گروه سنی

### نتیجه‌گیری

کاشت در مقایسه با تولید جنگل بسیار ارزان و کم‌هزینه و به‌لحاظ زمانی از بهره‌وری بالاتری برخوردار می‌باشد. شاخص‌هایی مانند قطر چوب آلات بهره‌برداری شده و ارتباط آنها با سن و سایر خواص فیزیکی و مکانیکی از جمله عوامل تاثیرگذار بر ویژگی‌های نهایی فرآورده‌های تولیدی است. نتایج این تحقیق نشان‌داد که گونه‌ها و واریته‌های تندرشد صنوبر از این نظر در جایگاه مطلوبی قرار داشته و نتایج تحقیق کاربرد آنها را در مصارف صنعتی نشان می‌دهد.

پتانسیل تولید مواد اولیه در جوامع تندرشد دشت کاشت با توجه به کمبود مواد اولیه مناسب چوبی در کشور شایسته است بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. تقویت دیدگاه‌های عملی زراعت چوب در کشور و آماده کردن بسترهای مناسب برای آن علاوه بر ایجاد و معرفی مشاغل جدید به دنیای کسب و کار، می‌تواند راهکاری برای جلوگیری از تخریب بی‌رویه جنگل‌های طبیعی محسوب گردد. پرورش درختان در جوامع دست

## منابع

- 6-De Bell S,Dean., Singleton, R., A, Harrington Constance., Gartner L,Barbara., (2002).Wood density and fiber length in young populous tree stems: relation to clone, age, growth rate, and pruning. Wood and Fiber Science, 34 (4), pp.529-539.
- 7- Fengel, D.and wegner,G. (1989).Wood, Chemistry,Ultra structure,Reactions. University of Munich, Institute for Wood Research, Germany, 611pp.
- 8- Franklin, C.L.( 1964).A rapid method of softening wood for microtome sectioning, Tropical wood, 134pp.
- 9- Karki, T.(2001).Variation of wood density and shrinkage in European aspen, Holz(59),pp13-25.
- 10-Laming, P.B., Welle, B.J., andGriffien, j.(1971).Some remarks on the assurance of juvenile wood in poplar trees, International Poplar Committe14<sup>th</sup>session, Romania, pp109-115.
- 11-Matyas, C., and Peszlen, I.(1997). Effect of Age on Selected Wood Quality Traitsof Poplar Colons.SilvaeGenetica 46(2-3),pp64-72.
- 12- Tappi Test Method. (1999).Technical Association of pulp and paper industry,135pp.
- 13-Zobel, B.J. and Buijtenen, P. (1989).Wood variation, its cause and control, Spring-Verlag, New York, Berlin.72-132.
- 1- افهامی، د، سرائیان، ا. (1388). ارزیابی خواص آناتومیکی و فیزیکی جوان چوب و بالغ چوب دو گونه صنوبر آلبا و اورامریکن، دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ، جلد: 24، شماره 1، صفحه: 134-147
- 2- رسولی گرمارودی، ا. (1381). بررسی امکان استفاده از چوب صنوبر به جای چوب راش در ترکیب با چوب ممرز برای تولید خمیر شیمیایی، مکانیکی جهت ساخت کاغذ روزنامه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس.
- 3- فخریان، ع. حسین زاده، ع. گلبابایی، ف. (1380). خصوصیات شیمیایی، فیزیکی آناتومیکی چوب صنوبر دلتوئیدس کلن 77/51. نشریه تحقیقات چوب و کاغذ ایران، شماره 15. انتشارات موسسه جنگل ها و مراتع. صفحه 31-45
- 4- کرد، ب.، کرد، ب. (1389). بررسی تاثیر سن درختان صنوبر دلتوئیدس بر خواص بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب آن، نشریه علوم و فنون منابع طبیعی، شماره 5، صفحه 71-75
- 5- مهدوی س. و رسالتی، ح. (1382). اثر سن و رویشگاه بر خواص چوب صنوبر دلتوئیدس کلن 77/51، همایش ملی فراوری و کاربرد مواد سلولزی، دانشکده فنی دانشگاه تهران.