مقایسه‌ی اثر دو ماده حفاظتی سلکور و نانونقره بر دوام گونه صنوبر در مقابل پوسیدگی قهوه‌ای *

وحید تذکررضایی[1]، **مسیب گل‌محمدی**[2]، **جعفر قائد امینی**[3]

تاریخ دریافت: 92/8/12 تاریخ پذیرش: 93/2/20

چکیده

در این بررسی اثرقارچ مولدپوسیدگی قهوه‌ای (*ConiopheraPutina*) بر دوام گونه صنوبر دلتوئیدس منطقه لاویج چمستان نور در حالت طبیعی و تیمار شده با ماده نانو نقره (به غلظت 800ppm و سلکور (در دو سطح 1 و 5/. درصد) مورد مطالعه قرار گرفت. تعداد 80 عدد نمونه طبق استانداردهایEN113 و DIN 52176،از درون چوب گونه صنوبر انتخاب و بعد از کشت قارچ در ظروف مخصوص Kolle ،به‌مدت 14 هفته در دمای 23°C و رطوبت 75% در انکوباتور نگهداری شدند. میزان درصد پوشش میسیلیوم در نمونه‌ها اولین فاکتور مورد ارزیابی بود که در آن پیشرفت قارچ مواد پوسیدگی قهوه‌ای در نمونه‌های شاهد 90 درصد، نمونه های تیمار شده با نانو نقره و سلکور 0/5% حدود 50 درصد و سلکور یک درصد حدود 40 درصد بود. تیمار اثر معنی‌داری در کاهش جرم نمونه‌ها داشت به‌طوریکه نمونه‌های شاهد (بدون تیمار) بیشترین درصد کاهش جرم (50%) و نمونه‌های اشباع شده با سلکور 1% کمترین (4/9%) مقدار را داشت در حالیکه تیمارهای نانو نقره و سلکور به غلظت 0/5% اثر مشابه داشتند. مواد حفاظتی نانو نقره و سلکور ضمن بهبود مقاومت به سختی و فشار موازی الیاف اثرات متفاوتی داشتند به‌طوری‌که نمونه‌های اشباع شده با سلکور 1% دارای بیشترین مقاومت‌ها و نمونه‌های تیمار شده با نانو نقره تأثیری در مقاومت به سختی و مقاومت فشاری موازی الیاف در مقایسه با نمونه‌های شاهد نداشت. تیمار با نانو نقره و سلکور به غلظت 0/5% دوام این‌گونه را از حالت بی‌دوام به طبقه کم دوام و سلکور با غلظت 1% باعث افزایش سه برابری طول عمر مفید چوب و آن را در طبقه دوام متوسط (10-15 سال) طبق جدول طبقه‌بندی فندلای قرار داد.

واژه‌هان کلیدی: نانونقره، سلکور، دوام طبیعی، مقاومت فشاری موازی الیاف، مقاومت به سختی، پوسیدگی قهوه‌ای

---

* مستخرج از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

1- استادیاردانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

2- دانش آموخته کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

3- دانش آموخته کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

مقدمه

به گواهی تاریخ، بشر زندگی خود را از کنار جنگل‌ها آغاز نموده و از چوب و دیگر فرآورده-های جنگلی به‌طور ابتدایی استفاده می نموده ولی شیوه بهره‌برداری او بسیار ابتدایی و توام با اسراف بوده‌است. به‌تدریج با پیشرفت تمدن و رشد صنعت و تکنیک، انسان‌ها به فکر افتادند که نه تنها در مصرف چوب‌های جنگلی دقت و صرفه‌جویی نمایند بلکه احساس اینکه در آینده نزدیک ذخیره چوب جهان تکافوی نیاز صنایع چوب آن را نخواهد داد، سبب شد که انسان به فکر تولید فراوان تر چوب یعنی کاشت و پرورش و بهره‌برداری از گونه‌های درختی سریع‌الرشد و حفاظت چوب‌ها با مواد شیمیایی (جهت افزایش عمر مفید) بیفتد. به همین سبب از گروه متنوع و چشمگیر درختان سریع‌الرشد می‌توان صنوبرها را نام بردکه از جهات زیر قابل اهمیتند:

صنوبرها از نظر اکولوژیکی بسیار کم نیاز بوده و اکثر آنها در شرایط مساعد مساوی رشد، بسیار زود رشد و گاهی تولید چوب آنها به بیش از 40 مترمکعب در سال در هکتار می‌رسد، ویژگی‌های مورفولوژیکی آناتومیکی فیزیکی مکانیکی و تکنولوژیکی چوب صنوبرها برای بسیاری از صنایع چوب مثل تخته‌خرده‌چوب کبریت‌سازی روکش‌سازی کاغذسازی و غیره مناسب بوده و ازدیاد و کاشت آنها به‌وسیله قلمه-کاری میسر است که پس از کاشت بجز آبیاری مراقبت زیادی لازم ندارد. چوب صنوبرها به-راحتی پوست کنی و خشک می‌گردد و آغشته و تیمار می‌شود و با توجه به این که صنوبر بیش از80 درصد درخت کاری غیرجنگلی کشور را تشکیل می‌دهد، بزرگ‌ترین بخش تولید چوب غیرجنگلی نیز متعلق به این گونه است[1].

مطالعات و تحقیقات در زمینه حفاظت و اصلاح خواص چوب در جهان گسترده است چرا که امروزه توسعه موارد استفاده چوب در صنایع مختلف بخاطر ویژگی‌های خاص این ماده ارزشمند از یک طرف و کاهش منابع تولید چوب و گرانی قیمت آن از طرف دیگر به اهمیت حفاظت و اصلاح چوب افزوده است. ولی کاربرد فن‌آوری نانو و به‌طور خاص نانو نقره بسیار جدید بوده و در ابتدای راه می‌باشد. در ایران نیز مطلعات و تحقیقات بسیار کمی در این مورد صورت پذیرفته که امید است با کمک و مساعدت متخصصین در این موضوعات بررسی‌های منسجم بیشتری انجام گردد. در مورد ارزیابی دوام چوب در مقابل عوامل مخرب قارچی سوابق خوبی وجود دارد که به برخی از آنها اشاره می گردد.

عنایتی،م، (1981) دوام طبیعی چهارگونه تبریزی، راش، بلوط و انجیلی را در مقابل سه نوع قارچ (*Aspergillus niger*، *Merulius lacrymans*، *Polyporus versicolor*) مورد بررسی قرار داده و پس از16هفته با توجه به کاهش جرم به‌دست آمده، در دو بخش چوب برون و چوب درون به نتایج زیر دست یافت. در بخش چوب برون به ترتیب تبریزی، راش، انجیلی و بلوط داراییبیشترین دوام و در بخش چوبدرون گونه‌های راش، تبریزی، انجیلی و بلوط به ترتیب دارای دوام بیشتری بودند[2].

رضایی نژاد و همکاران (2010) چوب درون راش را با ماده حفاظتی سلکور 5 درصد تیمار کرده و دوام آن را در حالت طبیعی و اشباع شده در مقابل قارچ رنگین کمان مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که نمونه‌های اشباع شده پس از4 ماه تخریب، فاقد آثار پوسیدگی در مقابل قارچ مزبور بوده درحالی‌که گونه راش در حالت طبیعی، جزو چوب‌های کم دوام دسته‌بندی شد و در اثر تیمار از حالت بی‌دوام به با دوام ارتقاء یافت[3].

قربانی و همکاران (2014) تاثیر نانو ذرات اکسید قلع و تیمارگرمایی را بر مقاومت به پوسیدگی و خواص فیزیکی چوب راش، مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که با افزایش زمان و دما، مقاومت در برابر پوسیدگی افزایش می‌یابد[4]. کلاسون و همکاران (2010) نوعی کاج جنگلی تیمار شده با نانو اکسید روی را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه دست یافتند که نمونه‌های تیمار شده با نانو اکسید روی باعث افزایش مقاومت قابل توجهی در مقابل جذب آب و اشعه ماوراء بنفش پس از 12 هفته آزمایش در محیط باز از خود نشان دادند[5].

دوام چوب صنوبر در حالت طبیعی و تیمار شده با نمک CCA(ولمانیت) توسط پارساپژوه (1995) در برابر قارچ رنگین کمان مورد مطالعه قرار گرفت و این نتیجه به دست آمد که اختلاف کاهش جرم درون چوب و برون چوب بسیار معنی‌دار بوده به‌طوری‌که کاهش جرم درون چوب از قسمت برون‌چوب بیشتر و کاهش جرم نمونه‌های اشباع شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد در سطح 1% کاملاً معنی‌دار بودند تا حدی که چوب صنوبر دلتوئیدس از حالت کاملاً بی‌دوام به بسیار با دوام مبدل شده بود[6].تقی زاده و همکاران، (2008) تغییر رنگ سطح چوب اشباع شده با نانو نقره را بررسی کرده و دریافتند که ماده نانو نقره موجب تغییر رنگ سطح چوب می‌شود [7]. الیس و همکاران (2007) اثر نقره را در حفاظت چوب کشتی به جای استفاده از CCA مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که نقره تجارتی بر پایه بی‌اکساید تاثیر حفاظتی ایجاد می‌کند [8].

اثر تیمار حرارتی بر خواص فیزیکی و مکانیکی گونه های راش و صنوبر تیمار شده با نانونقره نیز در تحقیقی مورد مطالعه قرار گرفته و به این نتیجه دست یافتند که نانونقره اثر تیمار حرارتی را تشدید کرده ولی اثر معنی‌داری بر خواص فیزیکی ندارد[9].

گرین و همکاران (2010) اثر نقره را برای مقابله با آسیب موریانه‌های زیرزمینی در یک آزمون آزمایشگاهی غیر انتخابی بررسی کرده و دریافتند که نقره به تنهایی نمی‌تواند از آسیب موریانه جلوگیری کند ولی می‌تواند به‌عنوان یک افزودنی مهم به‌همراه رنگ کردن و حفاظت چوب می‌باشد[10]. کارول (2009) در بررسی نانو موادهای مختلف دریافت که این مواد کاربردهای آفت کشی‌های آلی را افزایش می‌دهد[11].

کلاسون (2007) نمونه‌های چوب کاج زرد جنوبی را با نانو فلزات (روی، مس، بور) با غلظت 1 درصد تیمار کرد (45 دقیقه خلاء در فشار 550- میلی‌متر جیوه). نتایج نشان داد که

میزان ماندگاری نانومس کمتر ازسولفات مس بود، همچنین نانو روی به علاوه نانو نقره نیز میزان ماندگاری کمتری نسبت به سولفات روی در چوب تیمار شده داشتند. میزان ماندگاری برای نمونه های تیمار شده با نانو بور و اسید بوریک تقریبا برابر بود. اما پس از انجام تست آبشویی برای مدت 14 روز، مشخص شد که نمونه‌های تیمار شده با نانومس کمترین میزان آبشویی را داشتند اما مقدار آبشویی سولفات مس در طی 2 روز اول تست آبشویی سریع بوده است [12]

کوپر[1] و همکاران(2008)نیز گزارش دادند که نانو ذرات مس در چوب تیمار شده به میزان خیلی کمی دچار آبشویی شدند. میزان آبشویی نانو فلزات روی و فرمولبندی روی با نقره در طی 2 روز اول آبشویی کمتر از سولفات روی بود. 99 درصد از نانو بور وبوریکاسید در طی این تست آبشویی شد. تغییر در بارالکتریکی و نیروی واندروالس ممکن است سبب کاهش آبشویی در نانو فلزات شده باشد[13].

با توجه به کاهش شدید سطح جنگل‌ها و شرایط مساعد برای کشت گونه صنوبر دلتوئیدس[2]در مناطق ایران جهت جلوگیری از تخریب جنگل‌ها و همین‌طور پایین بودن دوام طبیعی آن در مقابل عوامل مخرب، دانستن خصوصیات تکنولوژیک چوب این‌گونه بسیار مفید و ضروری می‌باشد. لذا این تحقیق با هدف بررسی و مقایسه اثر حفاظتی دو ماده نانو نقره و سلکور (با حداقل غلظت با توجه به در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی)در دوام چوب پرمصرف گونه صنوبر در مقابل پوسیدگی قهوه‌ای صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

درختان مورد لزوم از جنگل های دست کاشت صنوبر دلتوئیدس سازمان جنگل ها و مراتع کشور (اداره کل منابع طبیعی ساری و مدیریت جنگلداری نور) واقع در منطقه لاویج چمستان تهیه گردید. باتوجه‌به یکسان بودن شرایط آب و هوا، نوع خاک رویشگاه و تقریبا همسال بودن درختان، نمونه‌برداری به‌طریق تصادفی انجام گرفت بدین‌ترتیب که از بین درختان سالم قطور و بی‌عیب تعداد 3 اصله صنوبر دلتوئیدس انتخاب و پس از علامت گذاری جهت شمال و جنوب قطع گردیدند. پس از یک ماه که رطوبت گرده بینه‌ها تا حدودی کاهش یافته بود، در جهت شمال –جنوب برش داده شد. بعد از رسیدن نمونه‌ها به رطوبت تعادل محیط آزمایشگاه (رطوبت13٪)، جهت دستیابی به نمونه‌های مقاومت به سختی و کاهش جرم (× 2.5 ×1.5 cm5) از استاندارد EN113و نمونه های فشاری موازی الیاف (2 × 2× cm6) از استاندارد DINبا آیین نامه 52176 استفاده شد.

میسیلیوم قارچ خالص شده عامل پوسیدگی قهوه‌ای[3] از موسسه تحقیقات البرز (وزارت جهادکشاورزی) تهیه و جهت تکثیر به آزمایشگاه میکروبیولوژی دانشگاه منتقل گردید. در این تحقیق از محلول نانو نقره[4] با غلظت 800ppm و سلکور[5] با ترکیب‌شیمیایی سولفات‌مس[6]، بیکرومات پتاسیم[7] و اسیدکرومیک[8] در دو سطح غلظت 5/. و 1% جهت اشباع نمونه‌ها استفاده شد.

1- Cooper
2- *Populous deltoids*

3-*Coniopheraputeana*
4- -مایع نانو نقره از شرکت نرمین شیمیبا مروفولوژی ترکیبی کروی و سوزنیو اندازه 5 تا10 نانومتربا 5ph ودانسیته1,16 تهیه گردید و بوسیله آب مقطر با 6/5–7/5PH به غلظت مورد نظر رسانده شد.
5 -ACC
6- Cuso4,5H2O
7- K2Cr2O7
8- Cro3

نمونه‌ها داخل ظرف مخصوص قرار گرفته و به روش غوطه‌وری اصلاح شده به‌مدت 48 ساعت در محلول نگهداری شدند. قابل ذکر است که چون نمونه‌های مورد آزمایش ابعاد کوچکی داشته‌اند جذب محلول به‌طور کامل و در مدت کوتاهی انجام می‌شود. درحالی‌که در قطعات چوبی با ابعاد بزرگ، حتی با افزایش زمان اشباع محلول جذب شده کمتر از این مقدار است[6].

برای مجاورت نمونه‌های چوب با قارچ خالص شده تعداد 40 عدد ظرف شیشه‌ای کوله[1]تهیه و به مقدار مورد نیاز محیط کشت مالت اکستراکت آگار آماده شد. شیشه‌های کوله حاوی چوب جهت کنترل رطوبت نسبی و دما به انکوباتور منتقل و بعد از 14 هفته کلیه نمونه‌ها از انکوباتور خارج گردیدند. پس از ثبت درصد پوشش میسیلیوم ها و چگونگی اثر ناخن بر روی سطح نمونه‌ها، وزن خشک هر یک به‌دست آمد..

1- بررسی میزان خسارت ظاهری

برای بررسی این‌میزان از معیار ویلیتنیر [2] استفاده شد. بدین منظور ابتدا درصد پوشش میسیلیوم روی سطح هر نمونه محاسبه و بعد از پاک کردن آن، چگونگی اثر ناخن روی سطح 60 نمونه‌مورد آزمایش قرار گرفت، بعد برای محاسبهٔ میزان کاهش جرم، این نمونه‌ها در اتو در دمای 5°C±100بمدت 24 ساعت قرار گرفتند و از رابطهٔ ذیل درصد کاهش جرم تعیین گردید.

$$\text{درصد کاهش جرم} = \frac{\text{وزن خشک ثانویه ـ وزن کاملاً خشک اولیه}}{\text{وزن کاملاً خشک اولیه}} \times 100$$

برای طبقه‌بندی دوام طبیعی از روش فندلای [3] استفاده شد.

2 ـ مقاومت فشاری موازی الیاف:

ابعاد نمونه‌های فشاری موازی الیاف طبق استاندارد 6 ×2×2 سانتی‌متر انتخاب و مقاومت 120 عدد از آنها توسط ماشین اینسترون[4] با سرعت بارگذاری0/5 میلی‌متردردقیقه به‌دست آمد سپس حداکثرکشش موازی الیاف از رابطه ذیل محاسبه شد[14].

$$s\ u = \frac{pu}{A}$$

$s\ u$: حداکثر فشار موازی الیاف (N/m^2)

pu: حداکثر نیرو هنگام شکست بر حسب نیوتن (N)

A: سطح مقطع نمونه بر حسب متر مربع (m^2)

3 - مقاومت به سختی:

مقاومت به سختی بر روی 120 عدد از نمونه‌های 5×1/5×2 سانتی‌متری که طبق استاندارد EN113 انتخاب شده بودبا استفاده از ماشین هیدرولیکی اینسترون[5] انجام گرفت. به‌عبارت دیگر در این اندازه‌گیری، نیروی لازم جهت فرو نشاندن کره‌ای بقطر 11/5mm به اندازهٔ شعاع آن تعیین گردید[14]

تحلیل آماری

برای تجزیه وتحلیل داده‌ها ازآزمون آنالیز واریانس یک طرفه درقالب طرح کاملاًتصادفی و با نرم‌افزارSPSS استفاده شد. همچنین گروه‌بندی میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) انجام گردید.

نتایج:

1- مشاهدات ظاهری

با توجه به معیار ویلیتنیر [6] میانگین درصد پوشش ریسه‌ها (میسیلیوم) و میانگین اثرات ناخن بر سطوح مختلف نمونه‌ها در جدول 1 ارایه شد.

1-Kolle
2Willeitner
3-Findly

4 Instron
5- Instron
6- Willeitner

جدول 1- میانگین درصد پوشش ریشه‌ها و میزان خسارت وارده

گروه خسارت با توجه به معیار **Willeitner**	پوشش ریشه‌ها (درصد)	تعدادنمونه	نوع تیمار
3b-4a(چند نقطه خسارت شدید تا کاملا تخریب)	90	15	طبیعی با تاثیر قارچ (شاهد)
2a(در چند نقطه خسارت وجود دارد)	**50**	15	اشباع شده با سلکور0,5درصد
2b(در تمام نقاط خسارت جزئی است)	**40**	15	اشباع شده با سلکور 1 درصد
(2aدر چند نقطه خسارت وجود دارد)	**50**	15	اشباع شده با نانونقره 800**ppm**

همان‌طوری‌که از جدول مشاهده می‌شود اختلاف فاحشی (تقریبا دو برابر)در مورد پوشش میسیلیوم بین چوب تیمار شده و شاهد وجود دارد و تیمار با نانونقره و سلکور مانع از انتشار میسیلیوم قارچ در سطوح نمونه‌ها شدکه با نتایج تحقیقات قبلی نیز مطابقت دارد[6و15].

2-کاهش جرم و دوام طبیعی:

نتایج مشاهدات کاهش جرم نمونه‌های آماری پس از 14 هفته مجاورت با قارچ مولد پوسیدگی قهوه‌ای نشان داد که این قارچ موجب کاهش جرم نمونه‌های شاهد (بدون تیمار) به میزان 50 درصد و نمونه‌های تیمار شده با نانو نقره و سلکور به میزان بسیار کمتر گردیده‌است (جدول 2) .

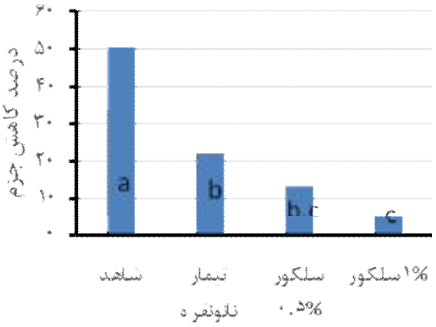
جدول 2- میانگین درصد کاهش جرم نمونه‌ها پس از 14 هفته مجاورت با قارچ

انحراف معیار	میانگین درصد کاهش جرم %	نوع تیمار
3,374	**50.468**	چوب طبیعی(شاهد)
3,347	**22.082**	اشباع شده با نانونقره
3,374	**13.14**	اشباع شده با سلکور0,5درصد
3,398	**4.9**	اشباع شده با سلکور 1 درصد

اهمیت شاخص درصد کاهش جرم و نقش آن در مقایسه دوام طبیعی، لزوم ارایه تحلیل آماری را توجیه می‌نماید. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن مشخص گردید که بین نمونه‌های تیمار شده با سلکور به غلظت‌های 0/5 و یک درصد و همین‌طور تیمار با نانو نقره و سلکور 5/%، اثرات مشابه‌ای در سطح اعتماد 95 درصد وجود دارد (شکل 1).

به-عبارت‌دیگر اثر تیمار بر کاهش جرم نمونه‌ها معنی‌دار بوده و تیمار با نانو نقره و سلکور در غلظت‌هاتی یاد شده باعث جلوگیری ازپوسیدگی گردید و نمونه‌های اشباع شده با سلکور به غلظت 1 درصد اثر بهتری در جلوگیری از پوسیدگی قهوه‌ای نسبت به بقیه تیمارها داشت. حضور ماده نانو نقره به عنوان یک ماده افزودنی توانسته است در کاهش میزان تخریب در اثر فعالیت قارچ، موثر باشد. نانو ذرات فلزی نقره ،اکسید روی و مس تاثیر معنی-داری بر ترکیبات لیگنین و کربو هیدرات‌های چوب ندارند بلکه این موضوع به خاصیت قارچ کشی آنها ارتباط دارد [16] مکانیزم عملکرد نقره در برابر پوسیدگی‌ها هنوز کاملا مشخص نیست.

ممکن است ذرات نقره به سطح ممبران سلول بچسبند و کارهای معمولی سلول نظیر تنفس و انتقال مواد را مختل کنند. این نظریه ناشی از بازده بالای نانو ذرات ریزتر است. زیرا با افزایش سطح ذرات، میزان چسبندگی به سطح سلول ها نیز افزایش می یابد و در نتیجه راندمان میکروب کشی بالاتر می رود. وجود ذرات داخل سلول این نظریه را تقویت می کند که نقره با ایجاد پیوند با فسفر و گوگردی که داخل ترکیبات سلول نظیر DNAوجود دارد باعث کشتن و از بین رفتن میکروب می شود. [17و18و19]

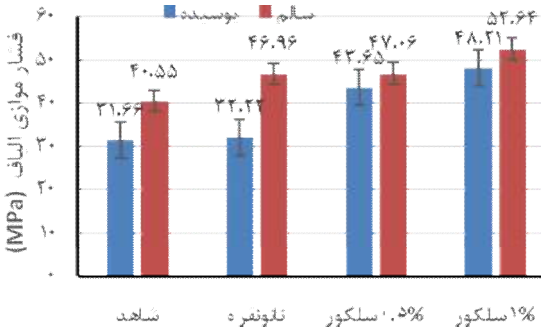


شکل 1-اثر تیمار بر درصد کاهش جرم ناشی از پوسیدگی قهوه ای

مطابق جدول طبقه‌بندی دوام طبیعی فندلای، چوب‌آلات اشباع نشده (شاهد) جزء چوب‌های بی‌دوام (کمتر از 5 سال) و نمونه‌های تیمار شده با نانو نقره و سلکور به غلظت 0/5 درصد در گروه چوب‌های کم‌دوام (بین 5-10 سال) ولی چوب‌های تیمار شده با سلکوربه غلظت 1 % در طبقه چوب‌های بادوام متوسط (10-15) سال قرار گرفت. نتایج تحقیقات قبل نیز نشان داد که با افزایش غلظت نانو نقره از 200ppm به 400ppm دوام این‌گونه در برابر پوسیدگی سفید افزایش یافته به‌طوری‌که کاهش جرم آن از 36% به 29% رسید و تیمار با سلکور به غلظت 3% نیز باعث جلوگیری از تخریب قارچ و کاهش جرم 0/4 درصدی در بین نمونه‌ها گزارش شده بود[6و15].

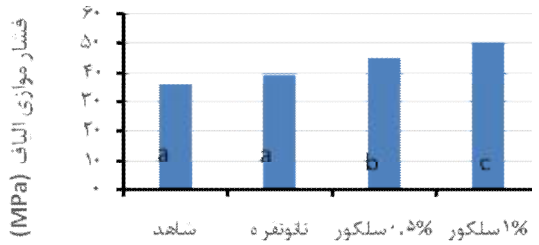
3 - مقایسه برخی از خواص مقاومتی

شکل 2نشان می‌دهد که میانگین مقاومت فشار موازی الیاف نمونه‌های شاهد کمتر از نمونه‌های تیمار شده بود.



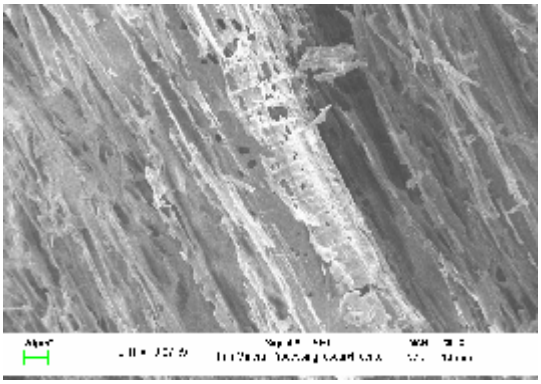
شکل 2-اثر تیمار بر مقاومت فشار موازی الیاف نمونه ها در حالت های سالم و پوسیده

بنابراین تیمار با نانو نقره و سلکور باعث افزایش این مقاومت در نمونه‌های سالم و پوسیده گردیده به‌طوریکه طبق آزمون دانکن نمونه‌های تیمار شده با نانونقره به غلظت 800ppm و شاهد در یک سطح ولی سلکور با غلظت 1% اثر بیشتری نسبت به بقیه تیمارها در افزایش مقاومت فشاری موازی الیاف داشته است (شکل 3).

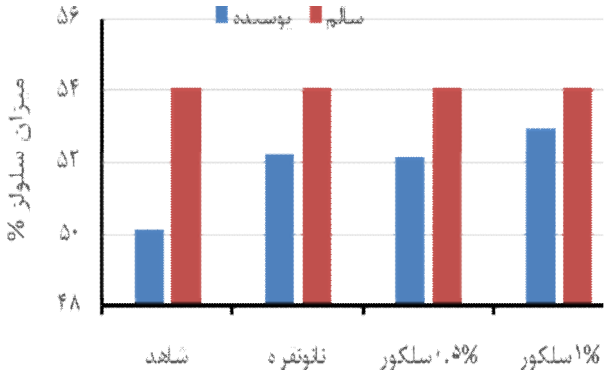


شکل3-اثر تیمار بر مقاومت فشار موازی الیاف نمونه‌ها

به‌عبارت دیگر تیمار با نانو نقره اثری در افزایش مقاومت فشار موازی الیاف نسبت به نمونه‌های شاهد نداشته در حالیکه تیمار با سلکور در غلظت‌های 0/5 و 1% باعث افزایش این مقاومت نسبت به نمونه‌های شاهد و تیمار شده با نانو نقره گردید که با نتایج [6و15]مطابقت دارد.



شکل 4-تصویر SEMضخامت دیواره سلولی نمونه پوسیده شده



شکل 5-اثر تیمار بر کاهش میزان سلولز ناشی از تخریب قارچ مولد پوسیدگی قهوه‌ای

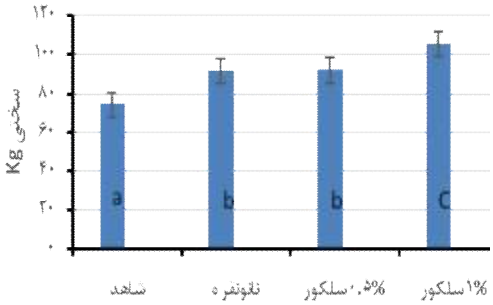
به‌نظر می‌رسد که تخریب کمتر ضخامت دیواره سلولی و میزان سلولز در نمونه‌های پوسیده تیمار شده با سلکور 1% ، نسبت به بقیه تیمارها باعث این تغییرات گردید[شکل3 و شکل 1].

اثر تیمار بر مقاومت به سختی نمونه‌ها معنی‌دار بوده و تیمار با نانو نقره و سلکور در غلظت‌های یاد شده باعث بهبود این مقاومت گردید. اثر وضعیت نمونه (سالم یا پوسیده بودن آن) در مقاومت به سختی نمونه‌های معنی‌دار بود و پوسیدگی باعث افت چشمگیری در کاهش مقاومت به سختی آنها داشت(جدول 3).

جدول 3-نتایج آماری اثر تیمار و نوع نمونه (سالم /پوسیده)بر مقاومت به پوسیدگی نمومه‌ها

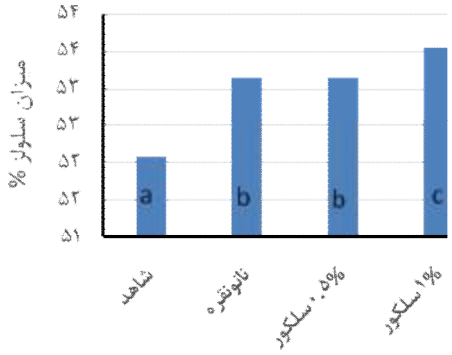
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه ازادی	میانگین مربعات	اماره f	سطح معنی داری (sig)
تیمار	4866,727	3	1622,242	8,525	0,00
وضعیت نمونه(سالم،پوسیده)	4395,312	1	4395,312	23,097	0,000
تیمار* وضعیت نمونه	1095,017	3	365,006	1,918	0,146
خطا	6089,444	32	190,295		

طبق آزمون مقایسه یا میـانگین‌هـا بـه روش دانکن اثر تیمار نانونقره و سلکور 0/5% مـشابه بوده ولی نسبت به نمونه‌هـای شـاهد از مقـدار بیشتری برخوردار بود، ولی تیمار با سلکور 1% نسبت به بقیه تیمارها اثر بهتری داشت که با نتایج تحقیقات [6و15]هم‌خوانی دارد(نمودار5).



شکل 6- اثر تیمار بر مقاومت به سختی نمونه ها

در اثر پوسـیدگی ضـخامت دیـواره سـلولی کاهش یافته و از میزان سلولز دیواره سلول نیـز کاسته می‌شود.



شکل 7- اثر تیمار بر کاهش میزان سلولز ناشی از تخریب قارچ مولد پوسیدگی قهوه‌ای بر اساس جدول دانکن

با مقایسه میزان کاهش جرم نمونه‌ها در اثر پوسیدگی قهوه‌ای با تغییرات مقاومت به سختی نمونه‌ها در می‌یابیم که تیمار با نانو نقره و سلکور ضمن جلوگیری از پوسیدگی و کاهش جرم آنها در اثر تخریب قارچی باعث بهبود مقاومت به سختی نمونه‌ها نیز گردید و روند تغییرات کاهش جرم و مقاومت به سختی طبق آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن با هم مطابقت دارد.(شکل5 و 6). درمطالعاتی که روی توزیع ذرات نانو در چوب انجام شد، ذرات نانو درحفرات، روزنه های دیواره و همچنین لایه‌های بین سلولی چوب دیده شد واعتقاد براین است که تثبیت نانو ازطریق رسوب درحفرات سلولی چوب ولایه سوم دیواره سلول چوب رخ می دهد[4] .رسوب کردن نانو و اتصال با دیواره به کاهش فضاهایی همانند حفرات، فضای بین عناصر سلولی و منافذ پونکتواسیون منتهی گردید که با کاهش تخلخل چوب، فضای ورود آبوری سه قارچ نیازکاهش یافت[17و18]که این نتایج میتواند افزایش مقاومت ها را توجیه نماید و با یافته های این تحقیق نیز مطابقت دارد.

بحث ونتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیر دو ماده نـانو نقـره (در سطح800ppm) و سلکور (در دو سطح 0/5 و 1 درصد) به‌عنوان یک تیمار افزایش‌دهنده دوام‌گونه صنوبر، در برابر قارچ مولد پوسیدگی قهوه‌ای در چهار سطح، مورد آزمون‌های ظاهری بـا معیـار ویلیتنیر، درصد کاهش جرم، مقاومت به سختی و مقاومت فشاری موازی الیاف قرار گرفت.

نتایج آزمون مشاهدات ظاهری با معیار ویلیتنیر نشان داد که، خسارت در سطوح نمونه-های شاهد، پس از آنکه در معرض پوسیدگی

قرار گرفتند در چند نقاط خسارت شدید و تخریب کامل بوده در حالی‌که نمونه‌های تیمار شده به‌مراتب خسارت کمتری دیدند و از این نظر تقریباً مشابه بودند، ولی کاهش جرم نمونه‌های شاهد بسیار بیشتر از نمونه‌های تیمار شده بود و از نظر آماری تیمار با مواد نانونقره و سلکور در سطح 0/5% اثرات مشابه داشتند و در یک گروه قرار گرفتند در حالی‌که غلظت بیشتر سلکور (یک درصد) باعث جلوگیری از تخریب شدید قارچ و کاهش جرم نمونه‌ها شد و در طبقه دیگر قرار گرفت.

میانگین کاهش جرم نمونه‌های شاهد 50 درصد اندازه‌گیری گردید که با مقایسه با جدول فندلای در گروه بی‌دوام قرار می‌گیرد (کمتر از 5 سال)، اما میانگین مقادیر کاهش جرم برای نمونه-های تیمار شده با نانو نقره و سلکور 0/5 درصد به ترتیب 22 و 13 درصد محاسبه گردید که درگروه چوب‌های کم دوام (بین 5-10 سال) و نمونه‌های تیمار شده با سلکور 1% با میانگین کاهش جرم حدود 5 درصد، با توجه به جدول فندلای در گروه با دوام متوسط (بین 10- 15 سال) قرار گرفت.

نکته مهم و قابل توجه این است که براساس تقسیم‌بندی دوام طبیعی توسط فندلای، تیمار نانو نقره در سطوح 200،400 و 800ppm و سلکور با غلظت 0/5 درصد موجب افزایش عمر مفید گونه صنوبر از کمتر از 5 سال به بیش از 2 برابر گردید در حالیکه افزایش غلظت سلکور تا یک درصد می‌تواند عمر مفید این‌گونه را حتی تا سه برابر نیز افزایش دهد.

مقایسه مقاومت فشار موازی الیاف و سختی نمونه‌ها نشان داد که نمونه‌های شاهد مقاومت کمتری نسبت با نمونه‌های اشباع شده دارند به‌عبارت دیگر تیمار با مواد حفاظتی سلکور سبب بهبود این مقاومت در نمونه‌ها شد. با افزایش درصد غلظت سلکور از 0/5 به یک درصد، مقاومت فشار موازی الیاف به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ولی اثر تیمار نانو نقره افزایش این مقاومت نسبت به شاهد معنی‌دار نبود و ماده حفاظتی سلکور با غلظت یک درصد بیشتر تأثیر را در افزایش این مقاومت نسبت به تیمار دیگر داشت.

بنابراین تیمار با سلکور به غلظت کمتر از مقادیر توضیه شده در منابع [6] نیز می‌تواند ضمن افزایش مقاومت‌های فشار موازی الیاف و سختی، منجر به افزایش حدود سه برابری دوام گونه صنوبر در مقابل پوسیدگی قهوه‌ای گردد. با این حال محلول نانو نقره، با غلظت 800 ppm نیز می‌تواند دوام این‌گونه را در مقابل تخریب این نوع قارچ حدود دو برابر افزایش دهد.

منابع

1-Shojaati, Sh.2010.,wood agriculture as a politic to stable development of wood industry in Iran .The first national conference on novel technology in wood and paper science.Chalus (in Persian)

2-Ennatei, E, .1981.Natural durability of four spices against the three kind of fungus, M.SC thesis .Tehran university., (in Persian)

3-Rezaeenejad and Arabtabar. 2010. Study on durability of beech wood by field test.The first national conference on novel technology in wood and paper science.Chalus, (in Persian)

4-Ghorbani,M.Bavanaghi,F. Azarhazin, A., 2014. Effect of tin oxide Nano particles and heat treatment on decay resistance and physical properties of beech wood *(Fagus orientalis)*.Iranian Journal of Wood and Paper Industries, Vol. 5, No. 2.(In Persian).

5-Clausen C, Frederick G, Kartal N;2010.Weather ability and Leach Resistance of Wood Impregnated with Nano-Zinc Oxide, Nanoscale Res Lett 5:1464–1467

6-Parsapajuh, D. 1998. Evaluation of natural durability of poplar wood against white rot in natural and treated with ACC .final research report, Tehran University.(In Persian).

7-Taghizadeh, M.MasteriFarahanee, M.2008, Influence of Nano silver impregnation on colorful performance of wood surface. The first national conference on supply primary substance and wood &paper industry .Gorgan.(In Persian).

8- Ellis, J.K, Jayachandvan and Nicholas, 2007, silver the next generation wood preservative. 38th Annual meeting Jackson Lake lodge, Wyoming U.S.A 20-24

9-Siahposht,H.Ghorbani,M. and H. R. Taghiyari.2012. Study on the Effect of Heat Treatment on Physical Properties of Poplar andBeech Woods Impregnated with Nano-Copper and Nano-Silver. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, Vol. 3, No. 1.(In Persian).

10-Grecn, and R, Arango, 2007, wood protection by commercial silver Formulations against Eastern subterranean termites. 38th Annual meeting Jackson Lake lodge, Wyoming .U.S.A 20-24

11-Kartal, S.N., Green, F., Clausen, C.A., 2009. Do the unique properties of Nano metals affect leach ability or efficacy against fungi and termites? .International biodeterioration and biodegradation, 63: 490-495

12-Clausen, C.A., 2007. Nanotechnology: implication for the wood preservation industry, the 38th annual meeting of IRG, 10p

13-Cooper, Ung, Y;2008. Comparison of laboratory and natural exposure leaching of copper from wood treated with three wood preservatives International Research Group on Wood Protection, Stockholm, Sweden, IRG/WP/08-50258.14p.

14-Ebrahimi.Gh,.Mechanics of wood and wood composites .1989. Tehran uni.publication.(In Persian).

15-Yousefi ,A. Tazakorrezaei,V. , Soltani, M.2011. The effect of Nano silveron natural durability of populous deltoids against the white rot. Journal of science and techniques in natural resourses. Islamic Azad University, Chalous Branch.vol.6, no.3..(In Persian).

16- Akhtari,M. H. R. Taghiyari,M. GhorbaniKokandeh .2013. Effect of some metal nanoparticles on the spectroscopy analysis of Paulownia wood exposed to white-rot fungus.European Journal of Wood and Wood Products, Volume 71, Issue 2, pp 283-285

17-Matsunaga, H., Kiguchi, M. and Philip, D., 2009. Micro distribution of copper-carbonate and iron oxide, nanoparticles in treated wood. Journal of Nanoparticle Research, 11:1087–1098

18-Matsunaga, H., Kigushi, M. and Evans, P., 2007. Micro-distribution of metals in wood treated with a Nano-copper wood preservative. International Research Group on Wood Protection, 7p, Sweden.

19-http:// www. nanovations. com.au, New paint technology fights, bacterial and fungal growth with Nano Scale silver