

تأثیر نانونقره بر دوام طبیعی گونه صنوبر دلتوئیدس در برابر پوسیدگی سفید

علی یوسفی¹، وحید تذکر ضایی²، مجتبی سلطانی³

تاریخ دریافت: 90/12/25 تاریخ پذیرش: 92/8/14

چکیده

این تحقیق باهدف بررسی دوام طبیعی گونه صنوبر دلتوئیدس در حالت طبیعی و تیمار شده با ماده نانو نقره در 2 سطح 200 و 400 ppm در برابر پوسیدگی سفید (قارچ رنگین کمان) صورت پذیرفت. نمونه‌های آزمون از جنگل‌های دست‌کاشت منطقه لاریج چمستان نور تهیه و با استفاده از روش کولشال طبق استاندارد DIN 52176، BS.838 مورد مطالعه قرار گرفت. برای انجام این بررسی از طرح فاکتوریل با بلوک‌های تصادفی استفاده گردید. پس از 14 هفته مجاورت نمونه‌های چوب با قارچ مورد نظر (حرارت 25°C و رطوبت نسبی 75 درصد) درصد کاهش جرم و آبشویی نمونه‌های تیمار شده اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تأثیر تیمار نانو نقره بر دوام طبیعی گونه صنوبر دلتوئیدس مثبت بوده است و میانگین کاهش جرم نمونه‌های شاهد و تیمار شده 200 ppm بیشتر از نمونه‌های تیمار شده با غلظت 400 ppm بود، به طوری که مطابق طبقه‌بندی فن‌دلاهی این گونه از حالت کاملاً بی‌دوام به کم‌دوام ارتقا یافت. در آزمون آبشویی اختلاف بین نمونه‌های 200 ppm و 400 ppm در سطح 5٪ معنی‌دار بوده است و این میانگین برای نمونه‌های ppm 400 بیشتر از 200 ppm محاسبه گردید.

واژه‌های کلیدی: دوام طبیعی، پوسیدگی سفید، صنوبر دلتوئیدس، نانو نقره، آبشویی

1- کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ و مربی صنایع چوب سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور، مسوول مکاتبات
yousefi16@yahoo.com

2- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

3- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

مقدمه

به گواهی تاریخ، بشر زندگی خود را از کنار جنگل‌ها آغاز نموده و از چوب و دیگر فرآورده‌های جنگلی به‌طور ابتدایی استفاده می‌نموده است. ولی شیوه بهره‌برداری او بسیار ابتدایی و توأم با اسراف بوده است. به تدریج با پیشرفت تمدن، رشد جمعیت و تکنیک، محققین به فکر استفاده بهینه از این محصول خدادادی افتادند زیرا با افزایش جمعیت و افزایش خواسته‌های روز افزون، ذخایر چوبی جهان پاسخگوی نیازهای بشر نخواهد بود. بنابراین کاشت و پرورش گونه‌های سریع‌الرشد درختان که نیاز به حفاظت با موادشیمیایی (جهت افزایش عمر مفید) دارند از ضروریات امروز و آینده است و مورد توجه ویژه قرار می‌گیرد. جهت جلوگیری از تخریب جنگل‌ها و کاهش شدید سطح آنها در کشور و وجود شرایط مساعد برای کشت گونه صنوبر دلتوئیدس در مناطق مختلف ایران و برای جبران بخشی از کمبود چوب در مصارف مختلف و با عنایت به خصوصیات تکنولوژیک این چوب و محدودیت‌های مصرف آن لزوم افزایش دوام طبیعی این گونه بسیار مفید را ضروری می‌نماید.

مطالعات و تحقیقات در زمینه حفاظت و اصلاح خواص چوب در جهان گسترده است، چرا که امروزه توسعه موارد استفاده چوب در صنایع مختلف بنیادین و 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. لذا این تحقیق به‌منظور بررسی اثر حفاظتی ماده نانو نقره در دوام طبیعی چوب پرمصرف و سریع‌الرشد گونه صنوبر در مقابل پوسیدگی سفید انجام شد.

در ایران نیز مطالعات و تحقیقات بسیار کمی در این مورد صورت پذیرفته که امید است با کمک و مساعدت متخصصین، در این موضوعات بررسی‌های منسجم بیشتری صورت گیرد.

تقی‌پاره و همکاران (2013) اثر تیمار حرارتی بر خواص فیزیکی و مکانیکی گونه‌های راش و صنوبر تیمار شده با نانونقره را مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که نانونقره اثر تیمار حرارتی را تشدید کرده ولی اثر معنی‌داری بر خواص فیزیکی ندارد [4].

تقی‌زاده، و همکاران (1387) تغییر رنگ سطح چوب اشباع شده، با نانو نقره را بررسی کرده و دریافتند که ماده نانو نقره موجب تغییر رنگ سطح چوب می‌شود [3].

پارسا پژوه، د (1377) دوام چوب صنوبر تیمار شده با نمک CCA در برابر قارچ رنگین‌کمان مورد بررسی قرارداد و دریافت این نمک باعث افزایش دوام طبیعی گونه فوق می‌شود. [2]
سلامیت و همکاران¹ (2001) سطح روکش‌های تهیه شده از چوب صنوبر را به وسیله قلم‌مو، با نانو ذره‌های اکسید تیتانیوم، نانو اکسید روی، نانو سیلیس، نانو رس و نانو نقره پوشش

¹-Selamawit

داشتند. میزان ماندگاری برای نمونه‌های تیمار شده با نانوبور و اسیدبوریک تقریباً 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 [8]

کلاسون³ و همکاران (2010) در یک تحقیق دیگر، چوب کاج جنوبی را با ذرات نانو روی با اندازه 30 نانو متر در غلظت های 1، 2/5 و 5 درصد در مدت 40 دقیقه و تحت خلأ 172 کیلوپاسکال تیمار کردند. میزان ماندگاری در چوب به ترتیب 1/6، 3/8 و 12/9 کیلوگرم در مترمکعب بود. آنها سپس نمونه‌های تیمار شده را برای مدت 14 روز در معرض آبشویی قرار دادند، که در نتیجه آن مشخص شد که نانو روی در هر سه غلظت، آبشویی نداشته است. [7]

کوپر⁴ 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 فرمول بندی روی با نقره در طی 2 روز اول آبشویی کمتر از سولفات روی بود. 99 درصد از نانو بور و بوریک اسید در طی این تست آبشویی شد. تغییر در بارالکتریکی و نیروی واندروالس ممکن است سبب کاهش آبشویی در نانو فلزات شده باشد.

این بررسی‌ها نشان از مقاومت بالای نانو فلزاتی مانند مس و روی در برابر آبشویی آنها از

داده و تاثیر رطوبت و اشعه UV را بر روی روکش‌های فوق مورد ارزیابی قرار داده و به این نتیجه دست یافتند که روکش‌های پوشش داده شده با نانو اکسید روی نسبت به سایر روکش‌های آغشته به سایر نانو ذرات در مقابل رطوبت مقاومت بیشتری داشته و روکش‌های آغشته شده با اکسید تیتانیم در مقابل اشعه UV از خود عکس‌العمل بهتری نسبت به بقیه روکش‌ها دادند. الیس¹ 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 تجارتي با پایه بی‌اکساید تاثیر حفاظتی ایجاد می‌کند [9].

گرسن² و همکاران (2007) اثر نقره را برای مقابله با آسیب موریانه‌های زیرزمینی در یک آزمون آزمایشگاهی غیرانتخابی بررسی کردند و دریافتند که نقره به تنهایی نمی‌تواند از آسیب موریانه جلوگیری کند ولی می‌تواند به عنوان یک افزودنی مهم به همراه رنگ جهت حفاظت چوب مطرح شود [11].

کلاسون نمونه‌های چوب کاج زرد جنوبی را با نانو فلزات (روی، مس، بور) با غلظت 1 درصد تیمار کردند (45 دقیقه خلأ در فشار 550- میلی‌تر جیوه). نتایج نشان داد که میزان ماندگاری نانومس کمتر از سولفات مس بود، همچنین نانو روی و فرمول بندی نانوروی به علاوه نانو نقره نیز میزان ماندگاری کمتری نسبت به سولفات روی در چوب تیمار شده

³-Clausen

⁴-Cooper

¹-Ellis

²-Green

قابل ذکر است که چون نمونه‌های مورد آزمایش ابعاد کوچکی داشتند جذب محلول به‌طور کامل و در مدت کوتاهی انجام شده‌است و درحالی‌که قطعات چوبی با ابعاد بزرگ حتی با افزایش زمان اشباع، محلول جذب شده کمتر از این مقدار است [2]

برای مجاورت نمونه‌های چوب با قارچ خالص شده رنگین کمان¹ تعداد 40 عدد ظرف شیشه‌ایکوله² تهیه و سپس به‌مقدار مورد نیاز محیط کشت مالت اکستراکت آگار تهیه شد. شیشه‌های کوله حاوی چوب، جهت کنترل رطوبت نسبی و دما به انکوباتور منتقل شدند. بعد از 14 هفته تمامی نمونه‌ها از انکوباتور خارج و پس از ثبت درصد پوشش میسیلیوم و چگونگی اثر ناخن بر روی سطوح نمونه‌ها جهت تعیین میزان خسارت ظاهری (جدول 1)، وزن خشک هر یک نیز برای تعیین درصد کاهش جرم به طریق زیر محاسبه گردید:

وزن خشک پس از کشت - وزن خشک قبل از کشت

$$\text{درصد کاهش جرم} = \frac{\text{وزن خشک قبل از کشت} - \text{وزن خشک پس از کشت}}{\text{وزن خشک قبل از کشت}} \times 100$$

چوب تیمار شده دارد که این مقاومت می‌تواند کاربرد محصولات حفاظت شده با این مواد را در محیط‌های بیرونی ممکن سازد.

مواد و روش‌ها

درختان مورد لزوم از جنگل دست کاشت صنوبر دلتوئیدس سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور (اداره کل منابع طبیعی ساری و مدیریت جنگلداری نور) واقع در منطقه لاریج چمستان تهیه گردید. با توجه به یکسان بودن شرایط آب و هوا، نوع خاک رویشگاه و تقریباً همسال بودن درختان، نمونه‌برداری به‌طریق تصادفی انجام گرفت. بدین ترتیب که از بین درختان سالم قطور و بی‌عیب، تعداد 3 اصله صنوبر دلتوئیدس انتخاب و پس از علامت‌گذاری جهت شمال و جنوب، قطع گردیدند و برای دستیابی به نمونه‌های آزمونی کاهش جرم (5cm * 2/5 * 1/5) و نمونه‌های آبشویی (6 * 2 * 2 cm) از استانداردهای DIN52176 و B.S.838:1961 پیروی شد.

به جهت نبودن سابقه تحقیق در این حوزه و استفاده از کمترین میزان مصرفی نانوقره، از غلظت‌های 200ppm و 400ppm آن برای اشباع نمونه‌ها استفاده شد. مایع نانو نقره از شرکت نرمین شیمی با مروفولوژی ترکیبی کروی و اندازه 5 تا 10 نانومتر با 5ph و دانسیته 1,16 تهیه گردید که بوسیله آب مقطر (با 5/5-6/5 PH) به غلظت مورد نظر رسانده شد. نمونه‌ها به روش غوطه‌وری به تعداد 2 برابر و به مدت 48 ساعت داخل ظرف مخصوص قرار گرفته و به‌وسیله جسم سنگینی، کاملاً در داخل آن غرق گردیدند.

¹Coriolusversicolor

²Kolle

جدول 1- معیار ویلیتنر برای تعیین میزان خسارت ظاهری

معیار	شدت خسارت
1	هیچ گونه خسارتی وارد نشده است
2a	در چند نقطه خسارت وجود دارد
2b	در تمام نقاط خسارت جزئی است
3a	در چند نقطه خسارت شدید است
3b	در تمام نمونه خسارت شدید است
4a	چند نقطه کاملاً تخریب شده است
4b	تمام نمونه کاملاً تخریب شده است

برای طبقه‌بندی دوام طبیعی نمونه‌های چوبی شاهد و تیمار شده نیز از روش فندلای¹ [12] استفاده گردید (جدول 2).

جدول 2- طبقه‌بندی دوام طبیعی چوب به روش فندلای

شماره طبقه بندی	تغییرات دوام چوب	عمر مفید نمونه (2*2) در خاک کشور انگلیس	متوسط درصد کاهش جرم
(1)	بسیار با دوام	بالای 25 سال	صفر یا بسیار ناچیز
(2)	با دوام	بین 15-25 سال	تا 5 درصد
(3)	دوام متوسط	بین 10-15 سال	بین 5-10 درصد
(4)	کم دوام	بین 5-10 سال	بین 10-30 درصد
(5)	بی دوام	کمتر از 5 سال	بیش از 30 درصد

¹Findly

آبشویی کردن تیمارها^۱

نتایج

۱-مشاهدات ظاهری

باتوجه به معیار ویلیتنر، میانگین درصد پوشش ریشه‌ها (میسیلیوم) و میانگین اثرات ناخن بر سطوح مختلف نمونه‌ها در جدول ۳ آمده است.

برای انجام فرایند آبشویی، تعداد ۱۲ عدد از نمونه‌های تیمار شده به ابعاد (۲*۲*۶ cm) انتخاب و وزن خشک نمونه‌ها در (۱۰۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۴۸ ساعت به دست آمد، (این آزمایش بعد از تثبیت نمک محلول در آب در چوب انجام شد) سپس نمونه‌ها در داخل یک دیسکاتور گذاشته و آنها را با یک جسم سنگین در داخل آب مقطر غوطه‌ور کرده به طوری که آب تمام نمونه‌ها را به طور کامل بپوشاند و بعد از انجام عمل خلا در داخل یک دیسکاتور به مدت نیم ساعت، نمونه‌ها به مدت دو هفته در محیط آزمایشگاه نگهداری شدند که هر دو روز یکبار آب مقطر داخل ظرف تعویض می‌شد. بعد از زمان فوق‌الذکر تمام نمونه‌ها از طرف سطح مقطع کوچکشان بر روی یک صفحه فلزی چیده و به مدت ۲ هفته در محیط آزمایشگاه نگهداری سپس وزن خشک آنها اندازه‌گیری و مقدار ماده حفاظتی آبشویی شده به طریقه زیر محاسبه گردید:

وزن خشک ثانویه - وزن خشک اولیه = مقدار

ماده حفاظتی آبشویی شده

محاسبات آماری

برای نتیجه‌گیری در این آزمایش از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده و باتوجه به آن، آزمون دانکن و تجزیه واریانس حساب گردید و معنی-دار بودن جداول مشخص شد.

^۱Leaching

جدول 3- میانگین درصد پوشش میسیلیوم در مجاورت با قارچ پوسیدگی سفید و اثرات ناخن طبق معیار ویلیتینر

نوع تیمار	تعداد نمونه	میانگین پوشش میسیلیوم (درصد)	اثر ناخن
شاهد	18	99	3b
اشباع شده 200 ppm	18	90	2b
اشباع شده 400ppm	18	82	2b

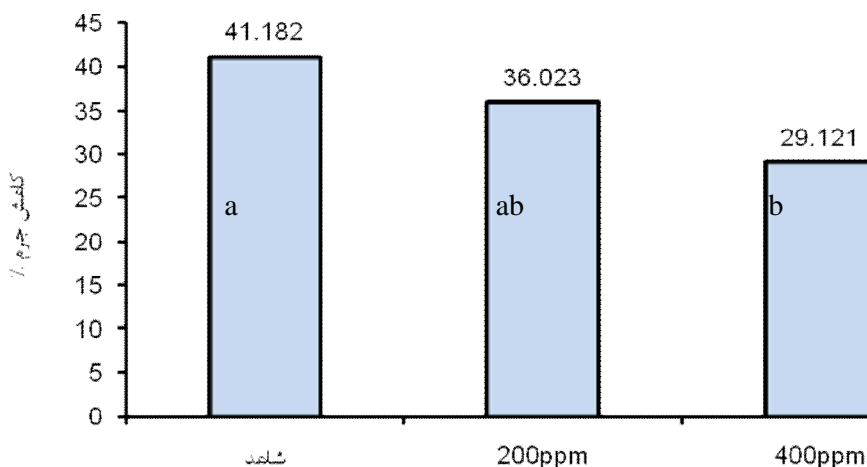
جدول 3 نشان می دهد که طبق معیار ویلیتینر، در میانگین اثرات ناخن بر سطوح مختلف چوب تیمار شده و شاهد تفاوت وجود دارد به طوری که سطوح چوب شاهد نرمتر و شدت خسارت نیز بیشتر می باشد.

2- کاهش جرم و دوام طبیعی
نتایج مشاهدات کاهش جرم نمونه های آماری پس از 14 هفته مجاورت با قارچ رنگین کمان نشان داد که میانگین مقادیر مربوط به درصد- کاهش جرم در سطح اعتماد 95% معنی دار نبوده- است (جدول 4).

جدول 4- تجزیه و تحلیل آماری درصد کاهش جرم نمونه های آماری پس از 14 هفته مجاورت با قارچ

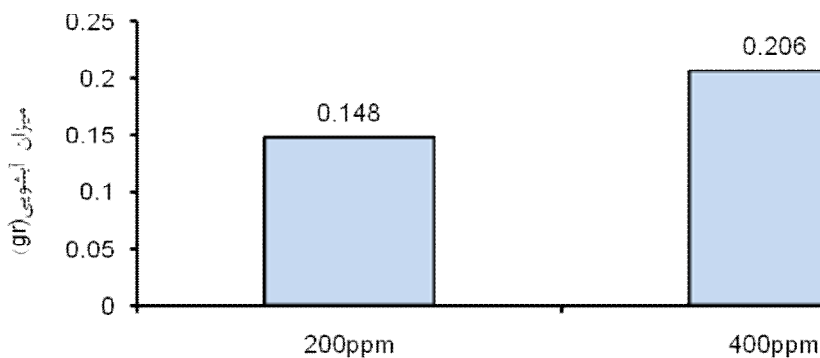
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مجموع مربعات	آماره F	معیار تصمیم
درصد کاهش جرم	404/511	2	202/256	2/881	0/090
خطا	982/892	14	70/207		
کل	22337/189	17			

اهمیت شاخص درصد کاهش جرم و نقش آن در مقایسه دوام طبیعی، لزوم ادامه تحلیل آماری را توجیه می نماید. با مقایسه میانگین ها به روش دانکن مشخص گردید که نمونه های تیمار شده با غلظت 400ppm نسبت به نمونه های شاهد در دو گروه کاملا مجزا قرار گرفتند، ولی تیمار نانو نقره با غلظت 200 ppm اثر معنی داری در کاهش جرم نمونه ها نسبت به نمونه های شاهد نداشت (شکل 1).



شکل 1- تاثیر سطوح مختلف تیمار نانو نقره بر شاخص کاهش جرم (%)

میزان آبشویی: مقادیر به دست آمده از مواد آبشویی شده در تیمارهای 200ppm و 400ppm در شکل 2 آمده است.



شکل 2- میزان آبشویی نمونه تیمار شده با نانو نقره در دو سطح 200 و 400 ppm

نمونه‌های 400ppm بیشتر از 200ppm محاسبه گردید (جدول 6).

طبق تجزیه تحلیل داده‌ها، اختلاف آبشویی بین نمونه‌های 200ppm و 400ppm در سطح 5% معنی‌دار بوده است و این میانگین برای

جدول 6- تجزیه و تحلیل آماری مواد آبشویی شده نمونه‌های آماری

آبشویی	T آماره	درجه آزادی	معیار تصمیم	میانگین اختلافات	فاصله اطمینان 95% اختلافات	
					کران بالا	کران پایین
	16.863	11	.000	.17750	.1543	.2007

بحث و نتیجه گیری

چسبندگی به سطح سلول‌ها نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه راندمان میکروبی‌کشی بالاتر می‌رود. وجود ذرات داخل سلول این نظریه را تقویت می‌کند که نقره با ایجاد پیوند با فسفر و گوگردی که داخل ترکیبات سلول نظیر DNA وجود دارد، باعث کشتن و از بین رفتن میکروب می‌شود. [12]

اندازه گیری درصد کاهش جرم ایجاد شده در اثر فعالیت قارچ، از اصلی‌ترین موارد مقایسه جهت طبقه‌بندی دوام طبیعی گونه‌ها می‌باشد (1967 فندلای). نتایج بررسی‌های کاهش جرم در نمونه‌های تیمار شده و شاهد مبین عدم معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها می‌باشد، اما با بررسی و طبقه‌بندی به روش دانکن، میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده در 2 گروه کاملاً مشخص طبقه‌بندی گردید. در گروه اول نمونه شاهد و نمونه تیمار شده ppm200 در یک طبقه قرار گرفتند و در گروه دوم دو سطح تیمار ppm200 و ppm400 طبقه‌بندی گردیدند. این موضوع نشان‌دهنده اختلافی قابل اعتنا بین نمونه تیمار نشده و نمونه تیمار شده در سطح ppm400 می‌باشد. از طرف دیگر میانگین کاهش جرم نمونه شاهد 41/18 درصد اندازه‌گیری گردید که با مقایسه با جدول فندلای در گروه بی‌دوام قرار می‌گیرد، اما میانگین مقادیر کاهش جرم برای نمونه‌های تیمار شده در سطوح ppm200 و ppm400 به ترتیب 36/02 و 29/12 محاسبه گردید که نمونه‌های تیمار شده را با توجه به جدول فندلای در گروه کم دوام قرار می‌دهد. تاثیر مثبت و کاهنده تیمار نانو

در این پژوهش تاثیر ماده نانو نقره به عنوان یک تیمار افزایش‌دهنده دوام گونه صنوبر، در برابر قارچ پوسیدگی سفید در 3 سطح تیمار 0 (شاهد)، ppm200 و ppm400 مورد آزمون‌های ظاهری با معیار ویلیتتر، درصد کاهش جرم و آبشویی قرار گرفت.

نتایج آزمون مشاهدات ظاهری با معیار ویلیتتر نشان داد که، خسارت در سطوح نمونه‌های شاهد، پس از آن‌که در معرض پوسیدگی قرار گرفتند، در تمامی نقاط شدید بوده در حالی که نمونه‌های تیمار شده به مراتب خسارت کمتری دیده و از این نظر مشابه بودند، ولی کاهش جرم نمونه‌های شاهد و ppm200 مشابه بود. غلظت بیشتر نانو نقره (ppm400) اثر معنی‌داری در کاهش جرم، نسبت به نمونه‌های شاهد داشت. این موضوع نشان می‌دهد که 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 معنی‌داری بر ترکیبات لیگنین و کربو-هیدرات‌های چوب ندارند. بلکه این موضوع به خاصیت قارچ‌کشی آنها ارتباط دارد [5]. مکانیزم عملکرد نقره در برابر پوسیدگی‌ها هنوز کاملاً 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

با افزایش غلظت نانو نقره از 200 ppm به 400ppm درصد بیشتری از ذرات نانونقره در نمونه‌ها آبتشویی شد به طوری که با هم اختلاف معنی‌داری داشتند که این موضوع می‌تواند به عدم تثبیت کافی ذرات نانونقره در سطوح داخلی حفره سلولی باشد [5].

در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان نمود که تاثیر نانو نقره بر جلوگیری از گسترش فعالیت قارچ رنگین کمان (عامل پوسیدگی سفید) و در نتیجه آن افزایش دوام طبیعی گونه صنوبر مثبت بوده، در غلظت 400 ppm باعث افزایش عمر مفید به میزان 2 برابر نمونه تیمار نشده گردیده است

نقره بر کاهش جرم ناشی از فعالیت قارچ پوسیدگی سفید نشان می‌دهد که با افزایش سطح تیمار، درصد کاهش جرم روند کاهنده‌ای را نشان می‌دهد. نکته مهم و قابل توجه این است که براساس تقسیم‌بندی دوام طبیعی توسط فندلای، تیمار نانو نقره موجب افزایش عمر مفید گونه صنوبر از کمتر از 5 سال به بیش از 2 برابر گردیده است [10].

میزان آبتشویی در نمونه‌های 400ppm به- علت غلظت بیشتر مواد حفاظتی بیشتر از نمونه- های 200ppm بوده است. این میزان از 0/148 گرم برای نمونه‌های 200ppm به 206/0 گرم برای نمونه‌های 400ppm افزایش نشان می‌دهد

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

6-Cooper, Ung, Y; 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(2008)/08-50258.14p.

7-Clausen C, Frederick G, Kartal N; Weatherability and Leach Resistance of Wood Impregnated with Nano-Zinc Oxide, *Nanoscale Res Lett* (2010) 5:1464-1467.

8-Clausen c, Frederick G, Kartal N: Do the unique properties of nanometals affect leachability or efficacy against fungi and termites? *International Biodeterioration & Biodegradation* (2009) 490-495.

9-Ellis, J.K, Jayachandvan and D, Nicholas, 2007, Silver the next generation wood Annual meeting Jackson lake lodge, Wyoming U.S.A 20-24 may 2007 ^{38th} preservative

10-Findlay, w.p.k(ed)(1985), preservation of timber in the tropics, martinusnijhoff, Dordrecht

11-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 may 2007.

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

منابع

1- پارسا پژوه، د. فائزی پور، م. تقی یاره، ح، 1375. حفاظت صنعتی چوب، انتشارات دانشگاه تهران. 657 ص

2- پارسا پژوه، د، 1377. بررسی دوام چوب صنوبر دلتوییدس در حالت طبیعی و تیمار شده با نمک CCA در برابر قارچ رنگین کمان، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی دانشگاه تهران. ص

3- تقی زاده، ف. ماستری، م. فلاح نیا، م، 1387. بررسی تغییر رنگ سطح چوب اشباع شده با نانو نقره، اولین همایش ملی تامین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور. گرگان، 12 و 13 آذر 87.

4- سیاه پشت، ح، قربانی، م. و تقی یاری، ح، 1391. بررسی اثر تیمار گرمایی بر ویژگی های فیزیکی صنوبر (*Populus nigra*) و راش ایرانی *Fagus orientalis* اشباع شده با نانو نقره و نانومس. مجله صنایع چوب و کاغذ ایران، سال سوم، شماره 1، بهار و تابستان 1391.

