



## Woodiconf-20

# بررسی تأثیر غلظت ماده‌ی کندسوزکننده بر درصد خاکستر چوب صنوبر

آذر حقیقی پشتیری

مدرس مدعو دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، لرستان

آدرس ایمیل: [haghighi1986@gmail.com](mailto:haghighi1986@gmail.com)

## چکیده

هدف این تحقیق بررسی تأثیر غلظت ماده‌ی کندسوزکننده بر درصد خاکستر چوب صنوبر می باشد. در این تحقیق از گونه چوبی صنوبر جهت انجام آزمایشات برای اندازه گیری درصد خاکستر استفاده شده است. همچنین از ژل نانولاستونیت به عنوان ماده‌ی کندسوزکننده به سه روش روپینگ، قلم‌مو بدون چسب و قلم‌مو با چسب در غلظت ۱۲ درصد در این تحقیق استفاده گردید. نتایج نشان داد که اثر غلظت ماده‌ی کندسوزکننده بر درصد خاکستر به سه روش روپینگ، قلم‌مو با چسب و بدون آن در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که بین سه روش در هر یک از سطوح غلظت ۶/۳ و ۱۲ درصد از نظر درصد خاکستر در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در مقایسه‌ی بین روش‌ها در سطح غلظت یکسان (۱۲ درصد) بیشترین مقدار خاکستر در روش قلم‌مو با چسب مشاهده شد.

**واژه‌های کلیدی:** صنوبر، کندسوزکننده، درصد خاکستر، نانولاستونیت.

## مقدمه

چوب به عنوان ماده‌ی مهندسی کاربردهای متنوعی دارد. در کنار ویژگی‌های منحصر به فرد چوب (در دسترس بودن، تنوع، قیمت کم، تجدید شوندگی، استحکام وابسته به وزن، ابعاد و ...) این ماده دارای ویژگی‌های نامطلوبی همچون ناپایداری ابعاد هست که از تبادل رطوبت با محیط پیرامون آن ناشی می‌شود (Papadopoulos, 2010). این ویژگی باعث تغییر ابعاد چوب شده و بر روی خواص مکانیکی، هدایت حرارتی، صوتی و الکتریکی آن اثر می‌گذارد. همچنین این ماده دارای ویژگی‌هایی همچون قابلیت اشتعال، تخریب در برابر پرتوهای فرابنفش، اسیدها و بازها و عوامل مخرب زیستی هست. در نتیجه اگر چوب و فرآورده‌های چوبی بدون هیچگونه تیمار اصلاحی در محیط (خصوصاً مصارف بیرونی) به کار روند، کیفیت آنها تحت تأثیر قرار می‌گیرد و عمر مفیدشان نیز محدودتر خواهد شد. عملکرد منفی چوب و فرآورده‌های چوبی در برابر آتش یکی از عوامل کاهش کاربرد آنها محسوب می‌شود. بسیاری از بازدارنده‌های آتش که هم‌اکنون مورد استفاده قرار می‌گیرند، در کاهش پارامترهای مختلف عکس-العمل چوب در برابر آتش از جمله قابلیت اشتعال، پخش حرارت و گسترش شعله نقش دارند. مؤثرترین مواد کندسوزکننده که تاکنون یافت شده‌اند ترکیباتی شامل برم، کلر، فسفر، و یا ترکیبی از این عناصر هستند. عناصر دیگر که اثر کندسوزکنندگی از خود نشان داده‌اند شامل آنتیموان، برن، نیتروژن، سیلیکون، و روی است. این عناصر معمولاً همراه با فسفر یا ترکیبات هالوژنی استفاده می‌شوند. کندسوزکننده‌های حاوی برم با ترکیبی از آنتیموان و اغلب اکسید آنتیموان به کار می‌روند. ترکیبات آنتیموان



به تنهایی کار چندانی انجام نمی دهند اما در ترکیب با هالوژن ها تشکیل تری هالید آنتیموان می دهند که هم رادیکال های آزاد را از بین می برند و هم تشکیل زغال را افزایش می دهند. از دیگر کندسوزکننده های معمول هیدروکسیدهای فلزی هستند که عموماً ترکیبات دارای آلومینیوم و یا منیزیم هستند. از تجزیه ی هیدروکسید آلومینیوم و هیدروکسید منیزیم بخار آب تولید می شود که گازهای قابل اشتعال را رقیق می کند. گاهی ملامین با فسفات ترکیب می شود تا مخلوطی از فسفر- نیتروژن به دست آید. در اثر تجزیه ی این ماده نیتروژن و آمونیاک تولید می شوند که گازهای قابل اشتعال را رقیق می کنند. همچنین ملامین به تشکیل زغال کمک می کند. آمونیوم پلی فسفات ترکیب دیگری از فسفر- نیتروژن است که در محیط گرم کف می کند و مانع رسیدن اکسیژن و گرما به سطح قابل اشتعال، گسترش تشکیل لایه زغال، کاهش تولید دود و مانع سوختن بدون شعله و گسترش آتش می شود. با وجود این آمونیوم پلی فسفات نمی پذیر است، بنابراین ممکن است برای استفاده در مصارف بیرونی مناسب نباشد (Stark et al. 2010). در این زمینه تحقیقات مختلفی در ایران و دیگر نقاط جهان انجام شده است که در ادامه چند نمونه آورده شده است. Jiang و همکاران (۲۰۱۰)، در تحقیقی به بررسی اثر نیتروژن فسفر در مقاوم کردن چوب در برابر آتش پرداخت. در این تحقیق اساس مقاومت چوب در برابر آتش بر مبنای ممانعت از رسیدن اکسیژن کافی به سطح چوب در حال سوختن بود. نتایج نشان داد که استفاده از نیتروژن فسفر باعث کاهش حرارت آزاد شده از چوب در دماهای بالا می شود. همچنین تصاویر ثبت شده توسط میکروسکوپ الکترونی نشان دادند که پوششی سطحی از زغال بر روی چوب ایجاد شده و مانع رسیدن اکسیژن کافی به چوب می شود، در نتیجه از تخریب بیشتر، ناشی از سوختن چوب جلوگیری می کند. جعفری پرویز خانلو (۱۳۸۷)، تاثیر کود شیمیایی سوپر فسفات (تریپل) را بر کندسوز کردن چوب راش مورد بررسی قرار داد. نمونه های آزمونی از چوب راش تهیه و در محلول سوپر فسفات با غلظت های صفر، ۱۰، ۲۰ و ۵۰٪ در دو دمای، محیط و ۱۰۰ درجه ی سانتی گراد و به مدت ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه در داخل راکتور تیمار شدند. سپس خصوصیات مقاومت به آتش و خواص فیزیکی نمونه های تیمار شده را نسبت به نمونه های تیمار نشده مورد بررسی قرارداد. نتایج این تحقیق مشخص کرد که تیمار با ماده ی سوپر فسفات با غلظت بالا (۵۰٪) و زمان ۳۰ دقیقه و دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد کاهش قابل ملاحظه ای بر مدت زمان دوام شعله وری داشت. همین طور این ماده سبب توقف افروختگی در نمونه های تیمار شده گردید. لذا بر اساس تحقیقات گذشته، هدف این تحقیق بررسی تأثیر غلظت ماده ی کندسوزکننده بر درصد خاکستر چوب می باشد.

## مواد و روش ها

در این تحقیق از گونه های چوبی صنوبر<sup>۱</sup> جهت انجام آزمایشات برای اندازه گیری درصد خاکستر استفاده شده است. همچنین از ژل نانووولاستونیت به عنوان ماده ی کندسوزکننده در این تحقیق استفاده گردید. ولاستونیت مورد استفاده در این تحقیق از شرکت تولید فراآورده های صنعتی و معدنی ورد تهیه شد. ترکیب شیمیایی ولاستونیت ساخت این شرکت و خصوصیات معمول و رایج آن به ترتیب در جدول های ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی ولاستونیت

ترکیب	درصد
K <sub>2</sub> O	۰/۰۴
SiO <sub>2</sub>	۴۶/۹۶
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۳/۹۵
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۲/۷۹

<sup>۱</sup> Populus nigra



۰/۲۲	TiO <sub>2</sub>
۳۹/۷۷	CaO
۱/۳۹	MgO
۰/۱۶	Na <sub>2</sub> O
۰/۰۵	SO <sub>3</sub>

جدول ۲- خصوصیات معمول و رایج ولاستونیت

رنگ	سفید
جرم ویژه (g/cm <sup>3</sup> )	۲/۸-۲/۹
ضریب انبساط حرارتی (mm/mm/°C)	۶/۵×۱۰-۶
گرمای ویژه (J/kg-1k-1)	۱۰۰۳
دمای ذوب (°C)	۱۵۴۰
دمای تبدیل (°C)	۱۲۰۰
سختی (Mohs)	۴/۵-۵
pH	۹-۱۱
اتلاف حرارتی (/)	۰/۱-۶
هدایت حرارتی (wm-1k-1)	۲/۵
جذب رطوبت %	۰/۰۱-۰/۵

به منظور بررسی مقدار حضور نانولولاستونیت در چوب پس از تیمار، درصد خاکستر نمونه های چوب مطابق استاندارد ۹۳-om-۲۱۱، اندازه گیری شد و با نمونه های شاهد مقایسه گردید. برای این منظور ابتدا نمونه های آزمونی به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۱۰۰ °C نگهداری شدند. سپس وزن خشک آن ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه گیری شد. نمونه های خشک شده در ظروف چینی قرار گرفته و در کوره ای با دمای ۷۲۰ °C به مدت هفت ساعت نگهداری شده تا تبدیل به خاکستر شوند. سپس وزن خاکستر نمونه ها مجدد با همان ترازو توزین گردید. با استفاده از (رابطه ی ۱) درصد خاکستر محاسبه شده است.

$$\text{Ash (\%)} = [\text{W}_{\text{Ash}}/\text{W}_{\text{Dry}}]100 \quad (۶-۳)$$

Ash (%) = درصد خاکستر

W<sub>Ash</sub> = وزن خاکستر (گرم)

W<sub>Dry</sub> = وزن خشک نمونه بعد از آون (گرم)

## نتایج و بحث



نتایج حاصل از تحلیل آماری نشان داد که اثر غلظت ماده‌ی کندسوزکننده بر درصد خاکستر به سه روش روپینگ، قلم‌مو با چسب و بدون آن در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. جدول ۳، گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن، برای تعیین تأثیر غلظت بر درصد خاکستر را نشان می‌دهد.

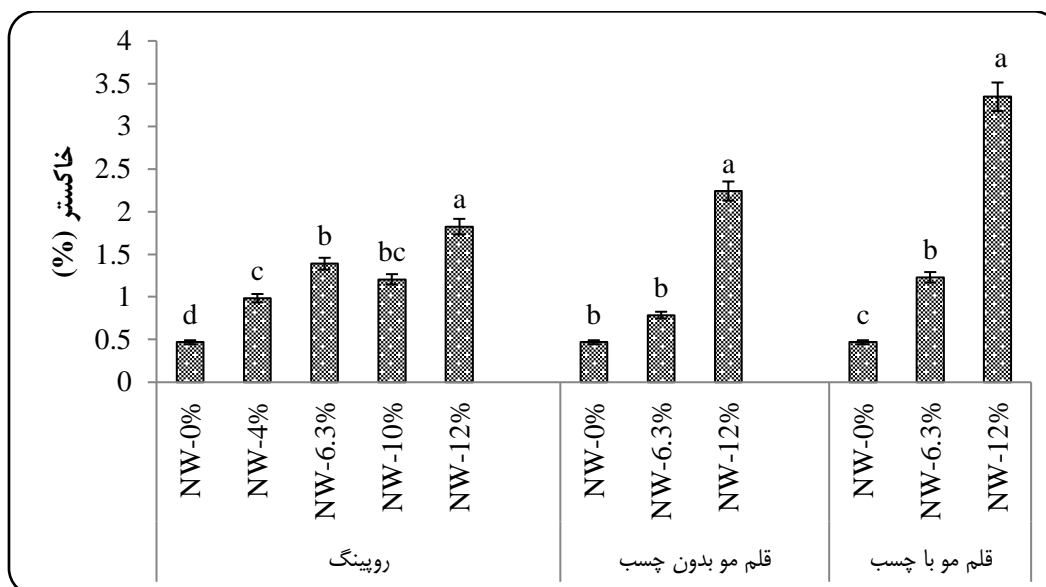
جدول ۳ گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن برای تعیین تأثیر غلظت ماده‌ی کندسوزکننده بر درصد خاکستر

سطح ماده‌ی حفاظتی (%)	۰	۴	۶/۳	۱۰	۱۲
روپینگ	۰/۴۶۸(a)	۰/۹۸۴(b)	۱/۳۸۸(c)	۱/۲۰۶(b,c)	۱/۸۲۳(d)
قلم‌مو بدون چسب	۰/۴۶۸(a)	-	۰/۷۸۶(a)	-	۲/۲۴۰(b)
قلم‌مو با چسب	۰/۴۶۸(a)	-	۱/۲۲۹(b)	-	۳/۳۴۵(c)
a: میانگین در اولویت اول قرار دارد.	b: میانگین در اولویت دوم قرار دارد.				
c: میانگین در اولویت سوم قرار دارد.	d: میانگین در اولویت چهارم قرار دارد.				

همچنین جدول ۴، گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن برای تعیین تأثیر روش تیمار بر درصد خاکستر را در هر یک از سطوح غلظت، نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بین سه روش در هر یک از سطوح غلظت ۶/۳ و ۱۲ درصد از نظر درصد خاکستر در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد که دلیل آن را می‌توان به روش استفاده ماده کندسوز کننده ربط داد. شکل ۱، اثر غلظت ماده‌ی کندسوزکننده و روش تیمار، بر درصد خاکستر را نشان می‌دهد.

جدول ۴- گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن برای تعیین تأثیر روش تیمار بر درصد خاکستر

سطح ماده‌ی حفاظتی (%)	روپینگ	قلم‌مو	
		بدون چسب	با چسب
۶/۳	۱/۳۸۸(b)	۰/۷۸۶(a)	۱/۲۲۹(b)
۱۲	۱/۸۲۳(a)	۲/۲۴۰(a)	۳/۳۴۵(b)
a: میانگین در اولویت اول قرار دارد.	b: میانگین در اولویت دوم قرار دارد.		



شکل ۱ اثر غلظت ماده‌ی کندسوزکننده و روش تیمار بر درصد خاکستر

## نتیجه گیری

همان گونه که در بخش نتایج بیان شد، به منظور بررسی مقدار حضور نانولاستونیت در چوب پس از تیمار، درصد خاکستر نمونه های چوبی اندازه گیری شد و با نمونه های شاهد مقایسه گردید. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت ماده از چهار به ۱۲ درصد در اشباع به روش روپینگ، میزان خاکستر ۸۳/۸۳ درصد افزایش می یابد. در نمونه های تیمار شده با روش های روپینگ، قلم مو بدون چسب و قلم مو با چسب در غلظت ۱۲ درصد در مقایسه با نمونه های شاهد این افزایش به ترتیب، ۲۸۷، ۳۷۷، ۶۱۲ درصد بوده است. در مقایسه ی بین روش ها در سطح غلظت یکسان (۱۲ درصد) بیشترین مقدار خاکستر در روش قلم مو با چسب مشاهده شد.

## مراجع

- جعفری پرویز خانلو، ک.، محبی، ب.، (۱۳۸۷) مطالعه برخی خصوصیات کندسوز کردن چوب راش با استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات (تریپل)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- Papadopoulos, A.N., (2010) chemical modification of solid wood and wood raw material for composites production with linear chain carboxylic acid anhydrides: a brief review modified wood composites, BioResources, 5(1): 1-8.
- Stark, N.M., White, R.H., Mueller, S.A. and Osswald, T.A. (2010) Evaluation of various fire retardants for use in wood flour-polyethylene composites, Polymer Degradation and Stability, 95: 1903-1910.
- Jiang, J., Li, J., Hu, J. and Fan, D. (2010) Effect of nitrogen phosphorus flam retardants on thermal degradation of wood, Construction and Building Materials, 24(12): 2633-2637.