

بهبود دوام طبیعی چوب نخل خرما در برابر موریانه (*Microcerotermes diversus*) با تزریق لیکور سیاه کرافت

چکیده

نخل‌های خرماي جنوب ایران در معرض یکی از خطرناک‌ترین موریانه‌های حاضر در جهان *Microcerotermes diversus* Silvestre (Isoptera: Termitidae) قرار دارند. لذا برای ارزیابی، کنترل و محدود کردن فعالیت این موریانه، مقاومت چوب نخل خرماي تیمار شده با غلظت‌های مختلف لیکور سیاه حاصل از فرایند خمیر سازی کرافت (۳۰، ۲۰، ۱۰ و ۴۰ درصد) نسبت به حمله موریانه‌ها در شرایط آزمایشگاهی (آزمون انتخابی و غیرانتخابی) و صحرایی ارزیابی شد. با توجه به ساختار ویژه آناتومی نخل، نتایج نشان داد که تیمار نمونه‌ها با محلول لیکور سیاه روشی مؤثر در کند کردن فعالیت موریانه‌ها بوده است. مشاهدات همچنین حاکی از آن بود که با افزایش غلظت محلول اشباع، میزان مطلوبیت چوب برای موریانه کاهش یافته اگرچه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ۳۰ و ۴۰ درصدی مشاهده نشد. در انتها طیف‌نگاری محلول اشباع حاکی از حضور و تأثیر گروه‌های فنلی و سولفات بر کاهش میزان مطلوبیت غذایی بود.

واژگان کلیدی: لیکور سیاه، موریانه، نخل خرما.

علی حسینی^۱

محمدعلی سعادت نیا^{۲*}

محمدهادی مرادیان^۲

داوود افهامی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی صنایع سلولزی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، ایران

^۲ استادیار گروه مهندسی صنایع سلولزی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، ایران

^۳ استادیار گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران، ایران

مسئول مکاتبات:

msaadatnia92@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۳

مقدمه

وجود بیش از ۲۰ میلیون نخل خرما (*Phoenix dactylifera L*) در مناطق جنوبی ایران باعث شده تا ایران در بین کشورهای منطقه، رتبه اول و دوم را از نظر سطح زیر کشت و تولید خرما در جهان به دست آورد [۱]. دسترسی به چنین ماده لیگنوسلولزی فراوان می‌تواند باعث ایجاد فرصتی شود تا صاحبان صنعت به کاربردهای صنعتی آن توجه بیشتری کنند؛ اما استفاده از این ماده فراوان نیاز به شناخت کامل و بررسی دقیق ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی آن دارد. با توجه به ساختار آناتومی نخل خرما، خواص آن نسبت به چوب‌های سوزنی-برگ و پهن‌برگ ضعیف‌تر بوده به طوری‌که با میانگین

دانسیته 0.32 gr/cm^3 دارای مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی استاتیکی به ترتیب ۱۰۲۸ و ۱۰ MPa می‌باشد [۲]. لذا برای استفاده صنعتی از این ماده فراوان، استفاده از تیمارهای شیمیایی جهت اصلاح چوب و تلاش برای بهبود دوام طبیعی آن ضروری به نظر می‌رسد، زیرا چوب نخل پایداری ابعاد کم داشته، ماشین‌کاری آن بسیار سخت است و مقاومت‌های بسیار ضعیفی دارد. آنچه در وهله اول به ذهن می‌رسد، سوزاندن آن و تولید انرژی بوده که خود مشکلات زیست‌محیطی ایجاد می‌کند [۳]. راه دیگر افزایش دوام طبیعی نخل‌ها، استفاده از مواد حفاظتی صنعتی و سمی حاوی مس، آرسنیک و کروم بوده که به دلیل مشکلات زیست‌محیطی، استفاده از آن‌ها محدود و

همکاران (۲۰۱۶) با اشاره به دوام طبیعی پایین نخل روغنی، دریافتند که لیگنین موجود در دیوار سلولی، سلول‌های پارانشیمی، آوندها و فیبرهای موجود در دسته‌های آوندی دچار تخریب قارچی می‌شوند. آن‌ها تخریب زنجیره‌های لیگنین در دیواره سلولی را به‌وضوح مشاهده کردند [۱۱]. در مطالعه دیگری توسط Shanbhag و Sundararaj (۲۰۱۲) گزارش شده که گونه‌هایی که دارای سلولز بیشتر بوده برای مورپانه مطلوب هستند در حالی که گروه‌های فنلی موجود در لیگنین بر فعالیت مورپانه اثر منفی گذاشته و از تخریب آن می‌کاهد [۶]. Corbin و Judd (۲۰۰۹) طی مطالعاتی به این نتیجه رسیدند که غلظت سلولز فاکتور دیگری است که بر ترجیح غذایی مورپانه (*Reticulitermes speratus*) تأثیر می‌گذارد. آن‌ها از منابع غذایی مصنوعی با غلظت‌های مختلف سلولز را در یک آزمایش که فقط شامل سلولز بود و در آزمایش دوم از مواد غذایی که حاوی نسبت‌های مختلف از سلولز و لیگنین بود استفاده کردند. هر دو آزمایش ترجیح مورپانه‌ها به تغذیه از غذاهای با غلظت بالای سلولز را نشان داد [۱۲]. تحقیقات نشان داده که سالانه بیش از ۷۰ میلیون تن لیگنین صنعتی از کارخانه‌های چوب و کاغذ در دنیا به دست می‌آید [۱۳]؛ اما از چنین حجم گسترده‌ای از لیگنین، فقط ۲ درصد جهت افزایش ارزش افزوده فراوری شده و بقیه آن جهت تأمین انرژی موردنیاز کارخانه تولید خمیر سوزانده می‌شود [۱۴]. احتمالاً چنین وضعیت مشابه در مقیاس کوچک‌تر در کشور ما نیز حاکم است. در حالی که این ماده بسیار ارزشمند بوده و به دلیل گروه‌های عاملی فعال مانند گروه‌های فنولی، هیدروکسیلی، کربوکسیلی، کربونیلی و نهایتاً متوکسیلی قابلیت استفاده در زمینه‌های مختلف صنعتی و غیر صنعتی را دارد [۱۵، ۱۶]. در فرایند خمیر سازی کرافت، محصول جانبی بنام لیکور سیاه تولید می‌شود. این ماده بیشتر شامل عناصر معدنی پخت و همچنین مواد آلی عمدتاً ترکیبات لیگنین که تجزیه و محلول شده است می‌باشد. مواد آلی لیکور سیاه شامل اسید استیک، اسید فرمیک، اسیدهای ساکارینیک، انواع اسیدهای کربوکسیلیک (همه به‌صورت نمک سدیم)، همی سلولزهای محلول (بخصوص زایلان)، متانول و صدها ماده دیگر است. به‌طور کلی این مخلوط بسیار پیچیده است و به‌ازاء تولید هر تن خمیر کاغذ حدود ۷ تن لیکور سیاه با ۱۵٪ مواد جامد حدود ۱۰٪ مواد شیمیایی آلی و ۵٪ مواد شیمیایی معدنی با گرمای کل ۱۴/۱۳-۱/۵ MJ/kg تولید می‌شود. معمولاً لیکور سیاه را پس از غلیظ کردن تا حدود ۷۰ درصد برای

در بعضی از کشورها ممنوع شده است. به‌طور مثال تزریق فنل فرمالدئید در ساختار نخل روغنی طی دوره زمانی ۳۰ دقیقه با فشار ۶،۴ و ۸ بار نشان داده که دوام طبیعی این ماده در برابر مورپانه ۵۵ تا ۸۸ درصد بهبود یافته است [۴]؛ اما امروزه محققین به دنبال مواد حفاظتی سبز^۱ هستند. موادی که به دلیل وجود گروه‌های آروماتیکی در ساختار خود برای عوامل مخرب خوشایند نیستند. یکی از این مواد که دوستدار محیط‌زیست نیز بوده، لیگنین است. لیگنین پلیمری متشکل از واحدهای فنیل پروپان و رایج‌ترین ترکیب در ساختار گیاهان چوبی و غیر چوبی بعد از سلولز است. این ماده به دلیل داشتن گروه‌های فنلی برای عوامل مخرب یک ماده سمی تلقی شده و خواص دفع‌کنندگی دارد [۵]. نفوذ ذرات بسیار ریز لیگنین در منافذ بسیار کوچک دیواره سلولی باعث ایجاد پلاگ شده و از انتشار آنزیم‌های قارچی به دیواره سلولی جلوگیری می‌کند [۶]. از طرفی یکی از مخرب‌ترین حشرات که از چوب و فراورده‌های آن به‌عنوان ماده غذایی استفاده می‌کند، مورپانه است. این حشرات معمولاً در مناطق گرمسیری یافت می‌شوند و دارای تنوع زیادی می‌باشند. از خطرناک‌ترین مورپانه‌های زیرزمینی، *microcerotermes diversus* است که به‌وفور در منطقه خوزستان یافت می‌شود. میزان مواد استخراجی و لیگنین بالا، چگالی زیاد، کم بودن محتوای سلول‌های پارانشیمی، بو و مزه بد در یک‌گونه از فاکتورهای محدودکننده فعالیت مورپانه‌ها هستند [۷، ۸]؛ اما نکته مشترکی که در بسیاری از تحقیقات به آن اشاره شده اینکه حشراتی مانند مورپانه ظرفیت بالایی برای هضم لیگنین و مواد استخراجی نداشته، لذا ممکن است از این دو ماده به‌عنوان عامل منفی بر فعالیت مورپانه یاد شود [۹]. Popa و همکاران (۲۰۱۱) از لیگنین گیاهان یک‌ساله برای حفاظت روکش‌های تهیه‌شده از درخت غان استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که غوطه‌وری ۲ ساعته نمونه‌های آزمونی روکش در یک محلول ۵ درصد متشکل از ذرات مس، لیگنین اصلاح‌شده و اصلاح‌نشده به همراه آمونیم، باعث افزایش دوام طبیعی آن‌ها شده است [۱۰]. Schmidt و

¹ Green biocide

مشخص می‌شود که تا چه میزان تیمار چوب نخل با غلظت‌های متفاوت لیکور سیاه میزان سمیت طعمه را برای مورپانه افزایش می‌دهد. از طرفی تلاش برای بهبود دوام طبیعی چوب نخل خرما با استفاده از یک ماده حفاظتی فراوان و کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی با استفاده از یک ماده دوست دار محیط‌زیست از اهداف مورد مطالعه این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

برای تهیه‌ی نمونه‌های آزمونی، ابتدا تعداد ۲ نفر نخل خرماي خاصی (*Phoenix dactylifera*) با میانگین قطر ۴۵ سانتی‌متر از نخلستان‌های منطقه دودانگه واقع در حومه شهر بهبهان انتخاب و از ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین، بینه‌هایی به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر تهیه شد. به‌منظور جلوگیری از کاهش رطوبت و ایجاد ترک انتهایی در مقطع بینه‌ها، کلیه مقاطع رنگ‌آمیزی و سپس برای برش ثانویه آماده شدند (شکل ۱).

تولید انرژی می‌سوزانند اما تحقیقات برای استفاده بهتر از این ماده ارزشمند در جریان است [۱۷]. با توجه به اینکه بخش اعظم ماده آلی لیکور را لیگنین تشکیل می‌دهد و با توجه به گروه‌های عاملی موجود در این ماده، استفاده از لیکور سیاه به‌عنوان عامل دفع‌کنندگی مورپانه بجای سوزاندن آن مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. باید با این نکته اشاره شود که استفاده از لیکور سیاه به‌عنوان یک ماده حفاظتی مورد توجه محققین قرار گرفته است [۱۹، ۱۸]. از آنجاکه مطلوبیت یک منبع لیگنوسلولزی برای عوامل مخرب به فاکتورهای متنوعی بستگی دارد، لذا این تحقیق در نظر دارد تا در گام اول میزان تمایل مورپانه *microcerotermes diversus* به‌عنوان یکی از خطرناک‌ترین مورپانه‌های زیرزمینی خوزستان را نسبت به چوب نخل بررسی کرده و سپس در گام بعدی با استفاده از روش‌های رایج در حفاظت چوب، لیکور سیاه کارخانه خمیر کاغذ چوکای تالش را که حاوی حجم عظیمی از لیگنین است، با غلظت‌های متفاوت در چوب نخل تزریق کند. پس از تیمار نمونه‌های آزمونی، دامنه تغییرات فعالیت مورپانه رصد خواهد شد. به عبارتی با این کار

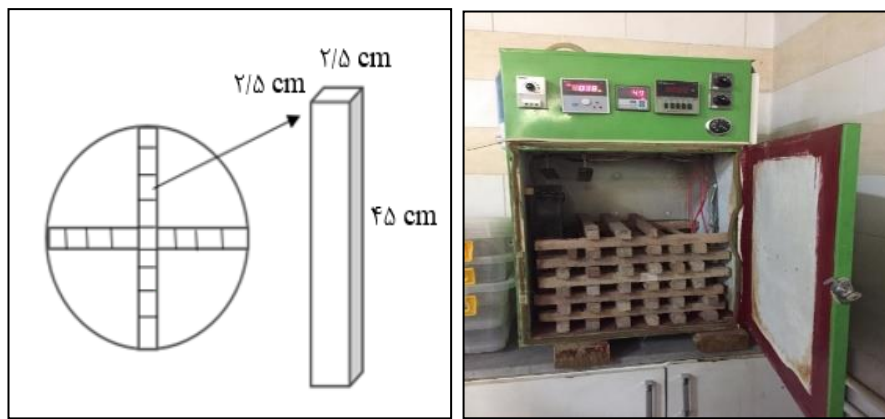


شکل ۱- مراحل قطع درخت (الف)، برش بینه (ب) و ابعاد مورد نیاز (ج)

با چسب اپوکسی پوشانده و بلافاصله در نایلون قرار داده شدند. نمونه‌های مکعبی با یک برنامه چوب‌خشک‌کنی ملایم (دمای ۵۰ درجه و رطوبت نسبی ۵۰٪) به مدت ۲۰ روزه رطوبت تعادل رسانده شدند (شکل ۲ - سمت راست). پس‌از آن به مدت ۱۴ روز در دمای ۲۰ درجه و رطوبت نسبی ۶۵٪ متعادل‌سازی و جهت تیمار با لیکور سیاه برای تزریق آماده شدند.

تهیه نمونه‌های آزمونی مکعبی

در هر یک از بینه‌های ۵۰ سانتی‌متری، ابتدا از فاصله بین پوست تا مغز در دو جهت عمود بر هم مطابق آنچه در شکل ۲- (سمت چپ) نشان داده شده است، نمونه‌هایی با ابعاد $2/5 \times 2/5 \times 45 \text{ cm}^3$ برش داده شدند. ابعاد نمونه‌ها با توجه به طول دیگ اشباع آزمایشگاهی انتخاب شد. برای جلوگیری از کاهش رطوبت، مقطع تمام نمونه‌های مکعبی



الف

ب

شکل ۲- تهیه نمونه‌های مکعبی (سمت چپ) و اعمال برنامه چوب خشک‌کنی (سمت راست).

توری فلزی پوشانده شد. در انتها به روش خلأ و فشار طی چهار مرحله تیمار صورت گرفت: ۱- اعمال خلأ با فشار ۰/۸- بار طی مدت نیم ساعت به منظور خروج هوا و امکان نفوذ حداکثری لیکور سیاه، ۲- اعمال فشار حداکثری ۵ بار به مدت یک ساعت، (زمان‌های طولانی‌تر نیز ارزیابی شد اما با توجه به ساختار باز و ضعیف نخل این مقدار فشار طی یک دوره زمانی ۱ ساعته به‌عنوان مقدار بهینه انتخاب شد). ۳- انجام دوره غوطه‌وری ۲ ساعته بدون اعمال خلأ، ۴- مرحله هوا خشک که در آن نمونه‌ها در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵٪ محیطی خشک شدند. با استفاده از فرمول ۱، درصد لیکور جذب‌شده نسبت به وزن خشک نمونه در هر یک از تیمارهای انجام‌شده محاسبه گردید.

$$A = \frac{N2 - N1}{M} \times c \times 100$$

تزریق لیکور سیاه به داخل نمونه‌های مکعبی
 محلول حفاظتی موردنیاز در این تحقیق از لیکور سیاه کارخانه کاغذسازی چوکای تالش تهیه شد. بدین منظور لیکور سیاه با استفاده از اسیدسولفوریک در pH ۲ رسوب‌دهی و تغلیظ، سپس تا مرحله رقیق‌سازی در غلظت‌های مورد مطالعه، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای انجام تیمار از یک دیگ اشباع آزمایشگاهی به طول ۵۰ سانتی‌متر استفاده شد. ابتدا به روش نسبت، غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد از محلول اشباع تهیه شد. سپس با توجه به قطر دهانه دیگ، هر چهار نمونه با مفتول به هم‌بسته و در داخل دیگ اشباع قرار داده شدند. سپس دیگ اشباع با محلول موردنظر با غلظت مشخص پر و روی نمونه‌های آزمون با

(۱)

A: درصد لیکور جذب‌شده نسبت به وزن خشک نمونه (%).

N2: وزن محلول پس از تیمار (gr).

N1: وزن محلول قبل از تیمار (gr).

M: وزن خشک نمونه قبل از تیمار (gr).

C: غلظت محلول (gr/lit).

منطقه خوزستان می‌باشد. جمع‌آوری موریانه در یک منطقه تحقیقاتی در حاشیه بهبهان که فراوانی این نوع موریانه از قبل به اثبات رسیده بود و در فصل تابستان با طعمه قرار دادن نمونه‌هایی از چوب راش به ابعاد ۳ cm

جمع‌آوری موریانه

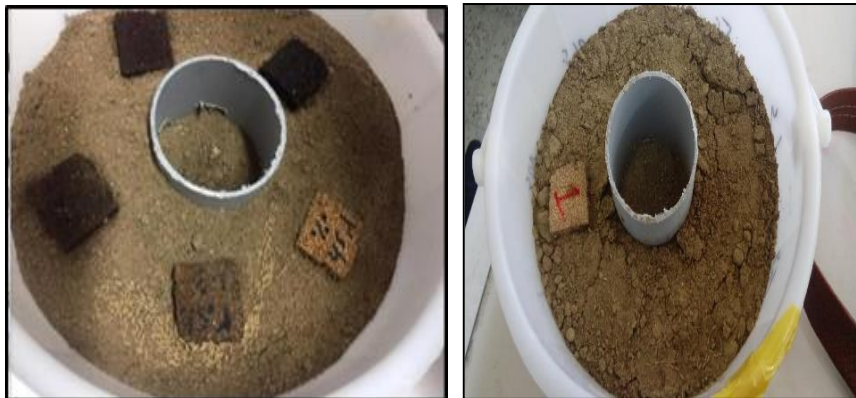
موریانه مورد استفاده در این تحقیق *Silvestri Microcerotermes diversus* بود که جزو موریانه‌های زیرزمینی و از مخرب‌ترین موریانه‌های فراوان موجود در

۲۰۰ گرم قرار داده شدند. برای شروع آزمایش، بستر با ۳۰ میلی لیتر آب مقطر مرطوب و بر روی هرکدام تعداد ۱۲۰۰ موربانه درون لوله استوانه‌ای مطابق آنچه در شکل ۳ نشان داده شده رهاسازی شد. بستر فراهم شده به مدت ۲۱ روز در درون یک انکوباتور آزمایشگاهی در دمای 28 ± 2 درجه و رطوبت نسبی ۷۰ تا ۸۰ درصد و در شرایط کاملاً تاریک نگهداری شدند. در پایان آزمایش، نمونه‌ها از خاک خارج و پس از تمیز کردن با قلم‌مو، در دمای 100 ± 3 درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت، خشک و وزن آن‌ها محاسبه گردید. برای انجام آزمایش‌های غیرانتخابی، نمونه‌های آزمونی تیمار شده با محلول حفاظتی در درصد‌های مختلف و با ابعاد مشابه آنچه در آزمون انتخابی توضیح داده شد، تهیه و هر یک از نمونه‌ها بر روی بستر مرطوب (متشکل از خاک مزرعه و ورمیکولیت به نسبت ۲ به ۱) قرار داده شدند. برای هر نمونه تعداد ۳۰۰ موربانه اضافه و در شرایط دمایی 28 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ تا ۸۰ درصد به مدت ۲۱ روز نگهداری شدند. مراحل خشک کردن، توزین و محاسبه کاهش وزن مانند آزمون انتخابی انجام شد (شکل ۳).

۲۰×۴×۲/۵ طی دو هفته در خاک انجام شد. بدین منظور نمونه‌ها به صورت عمودی و در فاصله ۲۰ سانتی‌متری از هم در خاک قرار گرفتند. انتهای ۲ سانتی‌متری نمونه‌ها با فویل آلومینیومی پوشانده شد. با خارج کردن نمونه‌ها از خاک در مدت مذکور، ابتدا موربانه‌ها با قلم‌مو جدا و در پتری دیش‌های حاوی کاغذ صافی مرطوب قرار داده شدند. قبل از شروع آزمایش‌ها و به منظور ایجاد شرایط پایدار و بدون استرس برای موربانه‌ها، از انکوباتور تاریک در دمای 28 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 80 ± 5 درصد استفاده شد.

آزمون انتخابی و غیرانتخابی

این دو آزمون در شرایط آزمایشگاهی و کاملاً کنترل شده، طبق استاندارد AWPA-EI:06 2008 انجام شد. بدین منظور برای آزمون انتخابی از نمونه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف لیکور سیاه، ابتدا نمونه‌هایی با ابعاد $6 \times 25 \times 25$ میلی‌متر تهیه و پس از تعیین وزن خشک، بر روی یک بستر مرطوب حاوی یک‌لایه خاک مزرعه و خاک ورمیکولیت^۱ به نسبت ۲ به ۱ و به میزان



شکل ۳- آزمون انتخابی (سمت چپ) و غیرانتخابی (سمت راست) تیمارهای مختلف چوب نخل.

¹ Vermiculite

آزمون صحرایی

هدف از انجام این آزمایش، ارزیابی نمونه‌های آزمونی تیمار شده با غلظت‌های مختلف محلول لیکور سیاه در شرایط میدانی بود. بدین منظور نمونه‌هایی با ابعاد $400 \times 25 \times 25$ میلی‌متر و با غلظت‌های مختلف ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد، تعداد ۱۲ نمونه انتخاب شد. ۳ نمونه خام (بدون تیمار) نیز به‌عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام آزمون صحرایی ابتدا وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری و سپس ۵ سانتی‌متر اول تمام نمونه‌ها با فویل آلومینیوم پوشانده و کدبندی شد. نمونه‌ها با یک الگوی دایره‌ای در فواصل ۱۰۰ سانتی‌متری در سه مکان متفاوت به مدت یک ماه در خاک قرار داده شدند (به علت تخریب شدید نمونه‌ها در دوره‌های زمانی ۲ و ۳ ماهه، زمان بهینه یک ماه انتخاب شد). نمونه‌ها پس از مدت‌زمان موردنظر از خاک خارج و با برس موئی تمیز و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه خشک و وزن نهایی آن محاسبه گردید. کاهش وزن نهایی برای تمام آزمون‌ها طبق فرمول ۲ محاسبه گردید.

$$WL = \frac{Wp - Wa}{Wp} \times 100 \quad (2)$$

WL: کاهش وزن (%)

Wp: وزن نمونه‌های خشک قبل از آزمون (gr)

Wa: وزن نمونه‌های خشک بعد از آزمون (gr)

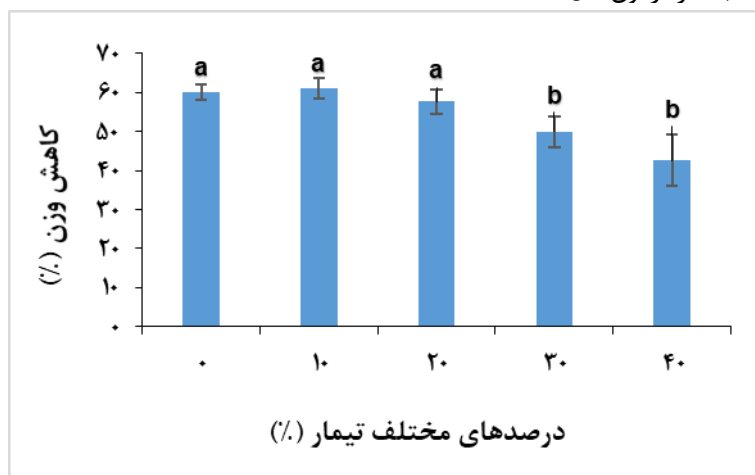
نتایج و بحث

مقایسه میزان درصد کاهش وزن چوب نخل

توسط موریانه تحت تیمارهای مختلف لیکور سیاه در

آزمون صحرایی

در نمودار شکل ۴ نتایج مربوط به تاثیر تزریق غلظت‌های مختلف لیکور سیاه روی کاهش وزن چوب توسط موریانه در آزمون صحرایی آورده شده است. نتایج نشان داد که طی یک دوره زمانی مشخص، بیشترین درصد کاهش وزن در نمونه‌های شاهد (صفر٪) و یا نمونه‌هایی که در سطوح پایین ۱۰ تا ۲۰٪ تیمار شده بودند، رخ داده است. به عبارتی موریانه‌ها از این نمونه‌ها بیشتر تغذیه کرده و لذا تخریب بیشتری در آن‌ها تفاق افتاده و در نهایت منجر به کاهش وزن بیشتری در تیمارهای ۰، ۱۰ و ۲۰٪ شده است؛ اما با افزایش غلظت محلول تیمار به ۳۰٪، نرخ کاهش وزن کاهش یافته و کاهش وزن در سطوح پایین‌تری ثبت شده است. اگرچه در ادامه با افزایش غلظت محلول به ۴۰٪، کاهش وزن از نظر آماری تفاوتی با نمونه‌های ۳۰٪ نداشت و از نظر گروه‌بندی دانکن در یک گروه قرار گرفتند. لذا در این بخش اثر بخشی تیمار با لیکور سیاه در غلظت‌های بالا، در کاهش نرخ تخریب و حفاظت از نمونه‌ها در برابر موریانه مشهود بود.

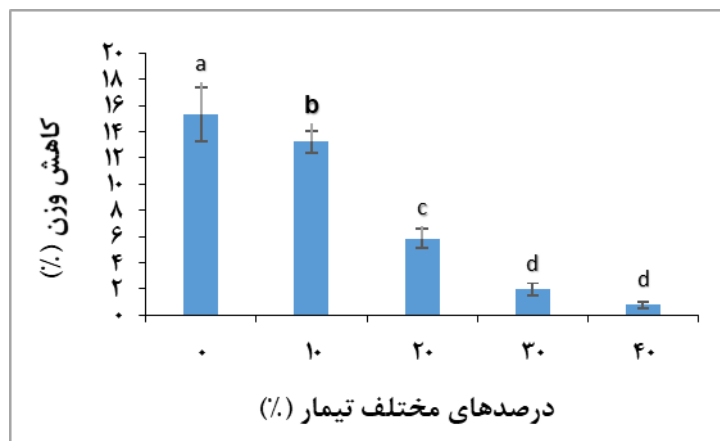


شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف لیکور سیاه روی کاهش وزن چوب نخل خرما توسط موریانه در آزمون صحرایی

محلول لیکور ۴۰٪ نسبت به تیمارهای ۳۰٪ تفاوت معنی-داری را در کاهش وزن نشان ندادند. آزمون انتخابی نشان داد که میزان تغذیه موربانه با افزایش غلظت لیکور به طور معنی‌داری کاهش یافته است. به عبارتی موربانه‌ها بر اساس میزان مطلوبیت طعمه‌های غذایی، نمونه‌هایی را ترجیح دادند که درصد کمتری از مواد جامد موجود در لیکور سیاه را در خود جا داده‌اند.

مقایسه میزان درصد کاهش وزن چوب نخل توسط موربانه با تیمارهای مختلف لیکور سیاه در آزمون انتخابی و غیرانتخابی

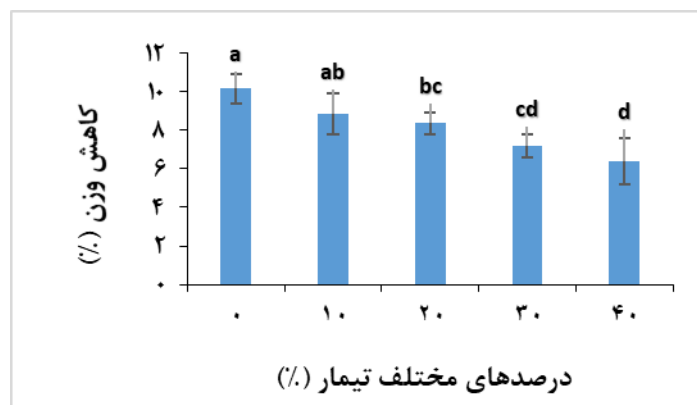
بر اساس آنچه در نمودار ۵ نشان داده شده است، بیشترین کاهش وزن در آزمون انتخابی، برای نمونه‌های بدون تیمار مشاهده شد و با اعمال تیمار و افزایش غلظت محلول، کاهش وزن کند و در سطح ۳۰٪ به کمترین مقدار خود رسید. البته نمونه‌های آزمونی تیمار شده با



شکل ۵- اثر غلظت‌های مختلف لیکور سیاه روی کاهش وزن چوب نخل توسط موربانه در آزمون انتخابی

مطلوبیت طعمه غذایی بوده است. اگرچه این بار هم بین تیمارهای ۳۰ و ۴۰٪ از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اثر مثبت لیکور سیاه در برابر عوامل مخرب و جلوگیری از کاهش وزن نمونه‌های تیمار شده در مطالعات محققین گزارش شده و با نتایج حاصل از تحقیق حاضر همخوانی دارد. [۱۹، ۱۸].

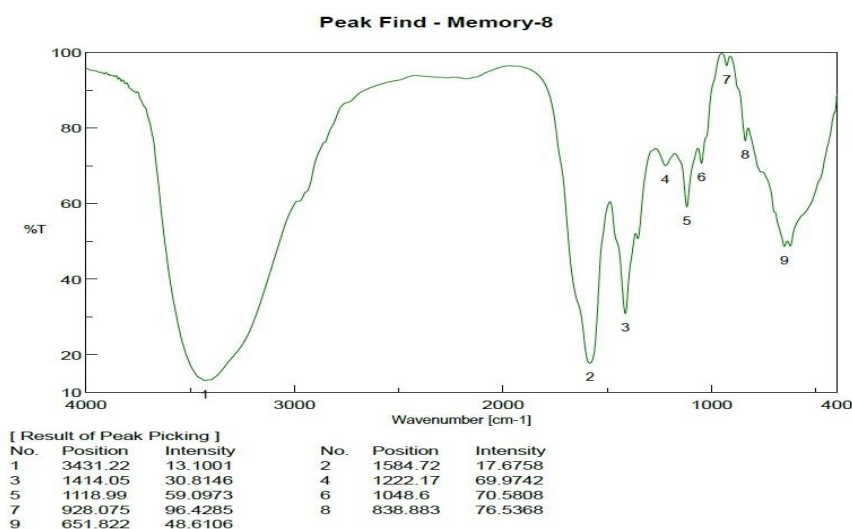
و اما در نمودار ۶ در آزمون غیرانتخابی، بار دیگر کمترین کاهش وزن نمونه‌های چوب مربوط به تیمارهای ۳۰ و ۴۰٪ و بیشترین کاهش وزن در نمونه‌های آزمونی کنترل و یا نمونه‌هایی که در آن‌ها لیکور مورد استفاده دارای غلظت‌های ۱۰ و ۲۰٪ را داشته‌اند، رخ داده که خود گواه اثربخشی لیکور سیاه در دفع موربانه و کاهش میزان



شکل ۶- اثر غلظت‌های مختلف لیکور سیاه روی کاهش وزن چوب نخل توسط موربانه در آزمون غیرانتخابی

تحقیق از طیف‌سنجی FT-IR استفاده شد. شکل ۷ طیف‌های لیکور و جدول ۱ طول موج پیک‌های گروه‌های عاملی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل پیک بزرگ مشخص‌شده با شماره ۱ در طول موج 3435 cm^{-1} نشان‌دهنده گروه فنلی است در حالیکه پیک اطراف 1114 cm^{-1} وجود گروه سولفات را اثبات می‌کند که با توجه به روش تهیه خمیر از پخت کرافت در کارخانه چوکا این نتیجه محتمل بود. سمیت گروه‌های فنلی و سولفات برای بعضی از مورپانه‌ها یکی از عوامل کاهش حمله آن‌ها به چوب‌های اشباع‌شده با لیکور سیاه بوده است.

در تمام آزمون‌های ارزیابی فعالیت مورپانه مشاهده شد که تزریق لیکور سیاه با غلظت‌های مختلف، روشی مؤثر در کند کردن فعالیت مورپانه‌ها بوده است. نمونه‌های شاهد که هیچ ماده‌ای به آن‌ها تزریق نشده بود، دارای بیشترین کاهش وزن و نمونه‌های تیمار شده با محلول‌های ۳۰ و ۴۰ درصد کمترین کاهش وزن را داشته‌اند. این بدان معنی است که لیگنین موجود در محلول همراه با سایر ترکیبات موجود توانسته است با پوشاندن سطوح الیاف در دسته‌های آوندی، آن‌ها را از گزند مورپانه حفظ کند. برای تعیین ساختار شیمیایی لیکور سیاه مورد استفاده در این



شکل ۷- طیف FTIR لیکور سیاه.

جدول ۱- فرکانس باند جذب IR برای لیکور سیاه.

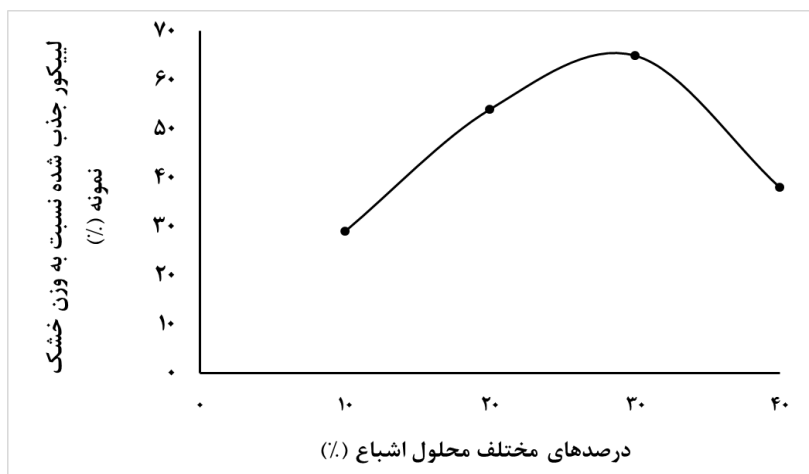
فرکانس موج (cm^{-1})	گروه ساختاری
۳۴۳۵	OH فنلی
۱۵۸۴	ارتعاش اسکلت آروماتیک
۱۴۱۴	تغییر فرم ارتعاش پیوند C-H
۱۱۱۸	گروه سولفات

داشته‌اند. نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داده که ذرات ریز لیگنین با خاصیت ضد میکروبی و حفاظتی بر روی الیاف تشکیل پلاگ کرده و از انتشار عوامل مخرب بر روی آن‌ها جلوگیری می‌کند [۲۰، ۲۱، ۲۲]؛ اما نکته مهم دیگر روند تغییرات کاهش وزن نمونه‌های آزمونی بوده است. همان‌طور که نتایج نیز نشان داد نمونه‌های ۳۰ و ۴۰ درصد تفاوت معنی‌داری نداشتند. این موضوع مربوط به

درواقع این‌طور به نظر می‌رسد که گروه‌های فنلی موجود در ساختار لیگنین و ترکیبات سولفوردار موجود در لیکور سیاه، قابلیت دفع‌کنندگی مورپانه را داشته و هر چه تعداد این عوامل با توجه به افزایش غلظت لیکور بیشتر شده، سمیت آن نیز افزایش یافته است [۵]. لذا مشاهده شد که غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ درصد در مقایسه با محلول-های غلیظتر (۳۰ و ۴۰ درصد) کاهش وزن بیشتری

وزن خشک نمونه را نشان می‌دهد. مطابق شکل هرچه غلظت لیکور بیشتر شده، درصد جذب آن بالا رفته اما در محلول با غلظت ۴۰ درصد، جذب به شدت کاهش یافته، به طوری که به مقدار ۳۸ درصد رسیده که نشان از نفوذ ناموفق محلول به درون ساختار چوب نخل به دلیل غلظت بالای آن بوده است.

عدم انجام یک تیمار موفق در غلظت‌های بسیار بالا است. محلول ۴۰ درصد یک محلول بسیار سنگین بوده به طوری که حتی با فشارهای زیاد قابلیت نفوذ به داخل ساختار چوب نخل را نداشته و به عبارتی عمق نفوذ محدود داشته است. این مسئله باعث شده است تا لیکور نتواند تمام سطوح الیاف را بپوشاند و در نتیجه اثر آن مانند تیمار ۳۰ درصد شده است. شکل ۸ میزان لیکور جذب شده نسبت به



شکل ۸- رابطه بین میزان لیکور جذب شده در درصدهای مختلف محلول اشباع.

لیکور سیاه کارخانه چوکای تالش را مورد مطالعه قرارداد. نتایج نشان داد که تزریق لیکور سیاه در ساختار چوب نخل خرما روند تخریب آن در برابر موریانه را کند کرده و با افزایش غلظت محلول تیمار تا آستانه ۳۰ درصدی میزان مطلوبیت آن را به شدت کاهش می‌دهد؛ اما نکته‌ای که در حفاظت چوب و مواد لیگنوسلولزی اهمیت بسزایی دارد، تثبیت ماده حفاظتی درون چوب است لذا با توجه به ساختار آناتومی ویژه چوب نخل، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، روش‌های تثبیت مواد جامد اصلاح شده در ساختار چوب نخل مورد ارزیابی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

موریانه‌های *microcerotermes diversus* یکی از ۱۲۰ عامل خطرناک و تهدید کننده نخل‌ها در جهان می‌باشند. لذا یافتن راهکارهای مؤثر برای حفاظت آن‌ها در برابر عوامل مخرب ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی کمبود مواد اولیه لیگنوسلولزی مورد نیاز بخش صنعت، توجه صاحبان صنایع را به منابع جدید معطوف کرده است. لذا استفاده بهینه از چوب نخل به عنوان مواد اولیه، یعنی تلاش برای بهبود دوام طبیعی و یا تغییرات مثبت در ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن. بدین منظور این تحقیق در راستای بهبود دوام طبیعی نخل، استفاده از

- [1] Tarmian, A., Foroozan, Z., Sepehr, A., Gholamiyan, H., and Oladi, R., 2013. Physical and anatomical features and drying behavior of the boards produced from old date palm trees (*Phoenix dactylifera L.*) in Bam city, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research 28(3): 498-508.
- [2] Saadatnia, M.A., Sattari, N., Roohnia, M., and Bahmani, M., 2018. Comparison of stiffness parameters of two types of date palmwood using nondestructive test, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research 33(1): 133-141
- [3] Yamada, H., Tanaka, R., Sulaiman, O., Hashim, R., Hamid, Z.A.A., Yahya, M.K.A., Kosugi, A., Arai, T., Murata, Y., Nirasawa, S., Yamamoto, K., Ohara, S., Yusof, M.N.M., Ibrahim, W.A., and Mori, Y., 2010. Oil palm trunk: a promising source of sugars for bioethanol production. Biomass Bioenergy, 34: 1608-1613.
- [4] Abdullah, C.K., Jawaid, M., Shawkataly, A.K., and Rawi, N.F., 2013. Termite and borer resistance oil palm wood treated with phenol formaldehyde resin, Journal of Industrial Research & Technology, 3(1):41-46
- [5] Chirkova, J., Andersone, I., Irbe, I., Spince, B., and Andersons, B., 2011. Lignins as agents for bio-protection of wood, Holzforschung, 65: 497-502.
- [6] Shanbhag, R.R., and Sundararaj, R., 2012. Physical and chemical properties of some imported woods and their degradations by termites, Journal of Insect Science, 13(63):1-8.
- [7] Ganapaty, S., Steve Thomas, P., Fotso, S., and Laatsch, H., 2004. Antitermitic quinones from *Diospyros sylvatica*. Phytochemistry, 65: 1265-1271.
- [8] Ohmura, W., Doi, S. and Aoyama, M., 2000. Antifeedant activity of flavonoids and related compounds against the subterranean termite *Coptotermes formosanus* Shiraki. Japan wood research society, 46: 149-153.
- [9] Gelb, S.M., Filley, T.R., Hatcher, P.G., Hoover, K., Carlson, J.E, Jimenez-Gasco, M., Nakagawa-Izumi, A., Sleighter, R.L., and Tien, M., 2008. Lignin degradation in wood-feeding insects, PNAS, 105(35):12932-12937.
- [10] Popa, V.I., Capraru, A.M., Grama, S and Malutan, T., 2011. Agents for wood bio protection on natural aromatic compounds and their complexes with copper and zinc, Cellulose Chemistry and Technology, 45 (3): 227-231.
- [11] Schmidt, O., Bahmani, M., Koch, G., Potsch, T. and Brandt, K., 2016. Study of the fungal decay of oil palm wood using TEM and UV techniques, International Biodeterioration & Biodegradation, 111:37-44.
- [12] Judd, T.M., and Corbin, C.C., 2009. Effect of cellulose concentration on the feeding preferences of the termite *Reticulitermes flavipes* (*Isoptera: Rhinotermitidae*), Sociobiology, 53:775-784.
- [13] Mansouri, N.-E. E., and Salvadó, J., 2006. Structural characterization of technical lignins for the production of adhesives: Application to lignosulfonate, kraft, soda-anthraquinone, organosolv and ethanol process lignins," Ind. Crops Prod. 24(1): 8-16.
- [14] Lora, J. H., 2008. Industrial commercial lignins: Sources, properties and applications, in: Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources, Belgacem, M., Gandini, A. (eds.), Elsevier, Oxford, UK, pp. 225-241.
- [15] Laurichesse, S., and Averous, L., 2014. Chemical modification of lignins: Towards bio based polymers. Prog. Polym. Sci, 39(7): 1266-1290.
- [16] Adler, E., 1977. Lignin chemistry, Past, present and future, Wood Sci. Technol, 11(3), 169-218.

- [17] Bajpai, P., 2018. Biermann's handbook of pulp and paper: raw material and pulp making, 3rd Edition, Elsevier, 668 p.
- [18] Nayeri, H.R., Tarmian, A., Abdulkhani, A ., and Ebrahimi, G., 2017. Decay resistance of wood impregnated with monoethanolamine and sodium bisulfite pulping black liquors. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 19(4): 507-516.
- [19] Durmaza, S.; Erisirb, E.; Yildiza, U.C.; Kurtulusab, O.C., 2015. Using Kraft Black Liquor as A Wood Preservative. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 195: 2177-2180.
- [20] Yu, J., Wang, J., Wang, C., Liu, Y., Xu, Y., Tang, C., Chu, F., 2015. UV-Absorbent Lignin-Based Multi-Arm Star Thermoplastic Elastomers, *Macromolecular Rapid Communications*, 36:398-404.
- [21] Wang, Q., Mu, H., Zhang, L., Dong, D., Zhang, W., and Duan, J., 2015. Characterization of two water-soluble lignin metabolites with antiproliferative activities from *Inonotus obliquus*, *International journal of biological macromolecules*, 74: 507-514.
- [22] Dong, X., Dong, m., Lu, Y., Turley, A., Jin, T., and Wu, C., 2011. Antimicrobial and antioxidant activities of lignin from residue of corn stover to ethanol production, *Industrial Crops and Products*, 34: 1629-1634.

Improvement of natural durability of date palm against termites (*Microcerotermes diversus*) by black liquor of kraft impregnation

Abstract

The date palms of southern Iran are exposed to one of the most dangerous termites in the world, *Microcerotermes diversus* Silvestri (Isoptera: Termitidae). Therefore, in order to evaluate, control and limit the activity of this termite, the resistance of palm wood impregnated with different concentrations of Kraft black liquor (30, 20, 10 and 40%) against termites attack was evaluated in laboratory (selective and non-selective test) and field conditions. Due to the special structure of palm wood anatomy, the results showed that the treatment of specimens with black liquor solution was an effective method in slowing down termite activity. Observations also showed that as the concentration of lignin in the impregnating solution increased, the desirability of wood for termites decreased, although no significant difference was observed between the 30 and 40% concentrations. Finally, FT-IR spectroscopy of black liquor showed the presence and effect of sulfate groups on reducing food desirability.

Keywords: black liquor, termites, date palm.

A. Hassani¹
M.A. Saadatnia^{2*}
M.H. Moradian²
D. Efhami³

¹ MSc student, Dept. of Cellulose Technology Engineering, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

² Assistant Prof., Dept. of Cellulose Technology Engineering, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

³ Assistant Prof., Dept. of wood and paper Engineering, Faculty of Natural Resources, university of Tehran, Iran

Corresponding author:
msaadatnia92@gmail.com

Received: 2020/06/11
Accepted: 2020/09/13