کارآیی و دوام تزریق کلرپایریفوس برای کنترل موریانه‌های زیرزمینی در بناهای تاریخی*

نمونهٔ مطالعه شده: خانهٔ مشروطه یزد (قرن سیزدهم هجری)

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۳
تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۰۸

مرضیه صفار
دانشجوی کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه ولیعصر(عج) رفسنجان و کارشناس معاونت میراث فرهنگی استان یزد
Marziye.saffar@yahoo.com

مهدی ضیاءالدینی
استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ولیعصر رفسنجان
ziaaddini@gmail.com

رحیم غیورفر
دانشیار مرکز تحقیقات گیاه‌پزشکی ایران
Ghayourfar@yahoo.com

چکیده
موریانه‌های زیرزمینی در اکوسیستم‌های شهری یکی از آفات کلیدی و خسارت‌زا محسوب می‌شوند. به طور کلی خسارت موریانه‌ها به بناهای تاریخی، پرهزینه و غیر قابل جبران است. خانهٔ مشروطه (متعلق به قرن سیزدهم هجری) در محلهٔ پیربرج یزد یک اثر تاریخی و فرهنگی ارزشمند محسوب می‌شود. جمعیت بالای موریانه‌های زیرزمینی در این بنا سبب تخریب سازه و بخشی از آثار فرهنگی موجود در بنا شده است. برای مدیریت کنترل خسارت موریانه‌ها در سال۱۳۸۹ تلفیقی از روش‌های پاکسازی و تیمار خاک با تزریق محلول کلرپایریفوس ۱٪ اجرا شد. برای بررسی کارایی و دوام روش اجراشده برای حفاظت بنا، پس از ۴۸ ماه (در بهار ۱۳۹۳) به صورت تصادفی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاکِ قسمت‌های مختلف بنا نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها در آزمایشگاه با به کارگیری اصول زیست‌سنجی با نمونهٔ شاهد از نظر میزان مرگ و میر موریانه مقایسه شد. در این آزمایش هر سه گونه موریانهٔ خسارت‌زا در بافت تاریخی یزد بررسی شدند. در هر سه گونهٔ مطالعه‌شده پس از ۴۸ ساعت قرار گرفتن در معرض نمونه‌های خاک، ۱۰۰٪ مرگ و میر ثبت شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که می‌توان تزریق کلرپایریفوس را به مثابه یکی از راه‌های مبارزه با موریانه‌های زیرزمینی در بناهای تاریخی پیشنهاد کرد.

واژه‌های کلیدی
کنترل موریانه، تیمار خاک، کلرپایریفوس و بناهای تاریخی.

مقدمه

موریانه‌ها یکی از تجزیه‌کنندگان مهم مواد مردهٔ گیاهی هستند و نقش کلیدی در بازگرداندن مواد غذایی به خاک دارند. برخی از گونه‌های موریانه وقتی از چوب‌های ساختمانی یا مواد گیاهی مورد استفادهٔ بشر تغذیه می‌کنند، به عنوان آفت شناخته می‌شوند. از سه‌هزار گونهٔ شناسایی‌شده در سراسر جهان، در حال حاضر هشتاد گونه به عنوان آفت جدی مطرح هستند (Rust and Su, 2012:356) و یکی از مهم‌ترین آفات لوازم چوبی و سلولزی موجود در اماکن مسکونی و نیز اراضی کشاورزی و فضای سبز در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری محسوب می‌شوند (سلیمان نژاد، ۱۳۷۰: ۱۱۲). این گروه از آفات به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل بیولوژیک مخرب در بافت‌های خشتی، با تغذیه از مواد آلی به‌کاررفته در ساختار بنا و نیز حفر دالان برای جستجوی غذا، سبب ایجاد تخلخل در سازه بنا می‌شوند و در نتیجه وضع نامساعدی را برای بقای آثار معماری خشتی به وجود می‌آورند. تا آنجا که گاه با تغذیه از کاه‌اندودها در بناها و ساخت دالان‌های پیچ در پیچ در کف، دیواره، سقف بناهای خشتی و نیز زیر بستر تزیینات معماری، گاه همهٔ تاریخ و نشانه‌های هنری و شیوه‌های نقاشی و گچ‌بری را هدف قرار می‌دهند و اندوخته‌های تاریخی یک اثر را به نابودی می‌کشانند. تغذیهٔ موریانه از کاه موجود در ملات کاهگل و حفر دهلیزهای متعدد در خشت سبب فساد مصالح و اسفنجی شدن خشت شده و در نتیجه سبب کاهش استحکام بنا و آسیب‌پذیری آن در برابر زلزله می‌شود (Moghaddam et al., 2013: 22).

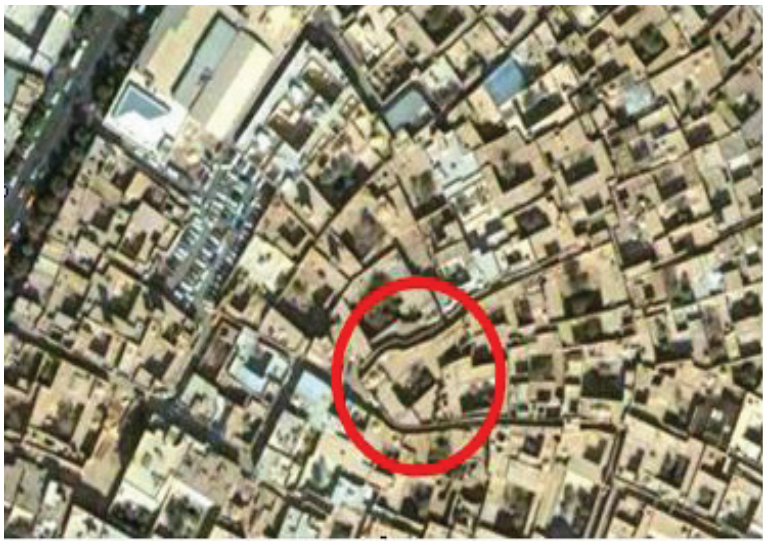
به سبب زندگی مخفی موریانه‌های زیرزمینی، طراحی و اجرای روش‌های مؤثر کنترل آن‌ها با محدودیت‌هایی همراه است و باید با بررسی دقیق صورت گیرد. مدیریت مبارزه با موریانه‌های زیرزمینی بیش‌تر بر روش‌های شیمیایی مانند تیمارِ خاک، گردپاشی و طعمه‌گذاری متمرکز بوده است (فتح‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۸). در حفاظت از یک بنای تاریخی در برابر موریانه به دلیل حساسیت‌های بناهای تاریخی، انتخاب روش مناسب با محدویت‌های بیش‌تری همراه است.

تیمار خاک از طریق تزریق محلول سمی، یک روش مرسوم برای حفاظت ساختمان‌هاست. هدف این روش، ایجاد یک سد شیمیایی بین موریانه‌ها و ساختمان است. کنترل سریع و دوام طولانی‌مدت از مهم‌ترین ویژگی‌هایی هستند که برای این روش برشمرده می‌شود. دوام سد ایجادشده در خاک به میزان تجزیهٔ ماده سمی مورد استفاده در خاک وابسته است. ساختار شیمیایی ماده، عوامل اقلیمی، و تحمل گونه‌های مختلف موریانه عواملی هستند که بر دوام یک سد شیمیایی تأثیرگذار هستند.

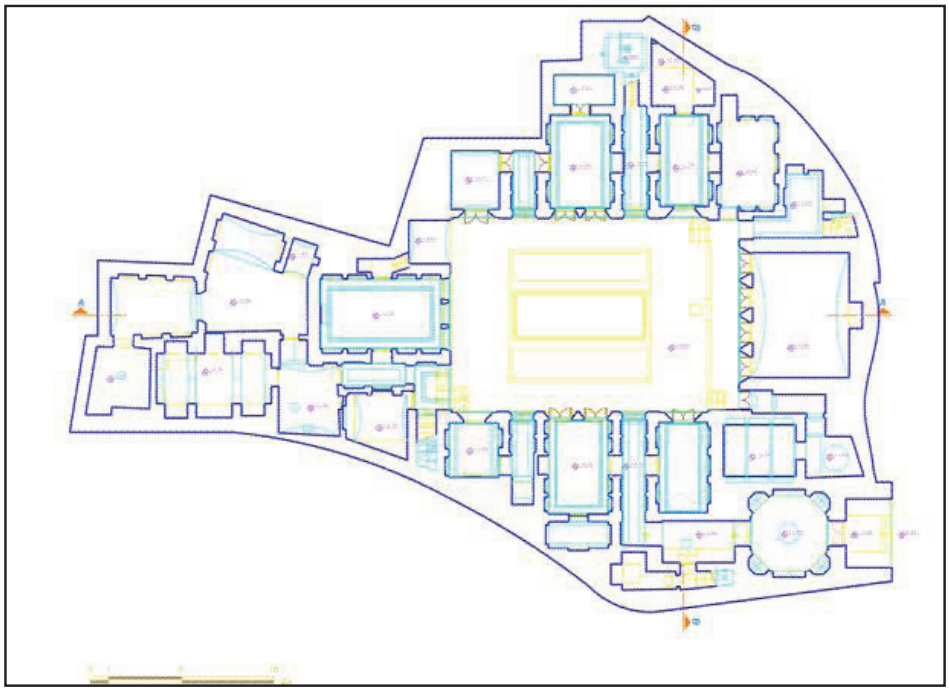
در سال‌های اخیر در تعدادی از بناهای شاخص بافت تاریخی شهر یزد روش تیمار خاک با استفاده از محلول کلرپایریفوس[1] ۱٪ اجرا شده است. در این پژوهش آزمایش‌هایی برای بررسی کارایی این روش و محلول کلرپایریفوس ۱٪، در حفاظت بناهای تاریخی در برابر سه گونه موریانهٔ آسیب‌رسان در بافت تاریخی شهر یزد، انجام شد. علاوه بر آن تأثیر عامل زمان (گذشت دورهٔ ۴۸ ماهه از زمان تیمار نمونهٔ مورد مطالعه) بر کاهش کارایی این تیمار از طریق مقایسه با نمونهٔ شاهد بررسی شد و با استفاده از روش تحقیق تجربی از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی و آزمایشگاهی و روش یافته‌اندوزی و استناد به اسناد و مدارک معتبر، و سرانجام با تحلیل داده‌های گردآوری‌شده اقدام به نتیجه‌گیری شد.

خانهٔ مشروطه

خانهٔ مشروطه یکی از عناصر شاخص محلهٔ پیربرج یزد است. قدمت محلهٔ تاریخی پیربرج به دوران آل مظفر یعنی قرن هشتم هجری برمی‌گردد و همدوره با دیگر محله‌های تاریخی همچون ابوالمعالی، شاه ابوالقاسم، کوچهٔ بیوک، گودال مصلی، قلعه‌کهنه، لب خندق، لرد کیوان، نعیم‌آباد، ایلچی‌خان، وقت الساعت، و چهارمنار است. از بین محله‌های مذکور محله‌های ایلچی خان، شاه ابوالقاسم، قلعه‌کهنه و امیر چخماق همجوار با محلهٔ تاریخی پیربرج هستند. به عبارتی می‌توان گفت این محله‌ها همزمان و در کنار هم برپا شده اند (بی‌نام، ۱۳۸۶: ۱۰) (تصویر ۱).



تصویر ۱. موقعیت قرار گرفتن خانهٔ مشروطه در بافت تاریخی یزد (عکس هوایی سال ۱۳۸۸).



نقشهٔ ۱. پلان وضع موجود خانهٔ مشروطه
(مأخذ: بی‌نام، ۱۳۸۸: ۱۵).

قدمت خانهٔ مشروطه در مقام یکی از عناصر شاخص تاریخی محلهٔ پیربرج به ۲۰۰ سال قبل برمی‌گردد و می‌توان آن را به دوران قاجار نسبت داد. اما بررسی‌های بیشتر شواهدی از وجود خانه‌ای با قدمت بیشتر در زمینی که هم‌اکنون خانهٔ مشروطه مستقر است، می‌دهد. گواه این مطلب را می‌توان قدمت محله و قرارگیری بنا در قلبِ محله دانست که نشان می‌دهد ضرورتاً می‌بایست در گذشتهٔ دور نیز بنایی مهم در محل خانهٔ مشروطه مستقر می‌بوده است (بی‌نام، ۱۳۸۸: ۱۵). از سوی دیگر در اتاق ضلع جنوب غربی، فضایی وجود دارد که ساختار آن چه به لحاظ هندسه و چه به لحاظ نوع سازه و تکنیک اجرا به ساختار و هندسه دوران زندیه و ما قبل آن شباهت‌های فراوان دارد و رنگ و بوی معماری آن دوره را دارد. با توجه به اینکه کلیت این فضا با دیگر فضاهای خانه شباهتی آن چنان ندارد می‌توان به این جمع‌بندی رسید که این فضا جزیی از بنای قدیم‌تر بوده که تحولات گذشته را از سرگذرانده و باقی مانده است (بی‌نام، ۱۳۸۸: ۱۵).(نقشه ۱)

خانهٔ مشروطه علاوه بر جنبهٔ تاریخی به واسطهٔ شخصیت ساکنانش جنبه‌ای فرهنگی و هنری نیز داشته و دارد. تا به آنجا که حفاظت از آن، علاوه بر حفاظت یک بنای تاریخی، حفاظت از بخشی از تاریخ معاصر یزد نیز هست. خسارات شدید واردشده توسط موریانه‌های زیرزمینی در این بنا سبب آسیب دیدن قسمت‌های مختلف ساختمان و تخریب غیر قابل جبران بخشی از آثار فرهنگی موجود در بنا (عکس و کتاب و مجلات قدیمی) شده است. (تصویر ۲ تا ۴)

بافت تاریخی شهر یزد که عمدتاً از بناهای خشتی تشکیل شده است از تغذیه موریانه‌های آسیب زیادی دیده است. سه‌گونه موریانهٔ Anacanthotermesvagans (Isoptara: Hodotermitidae) و Amitermes sp. (Isoptera:Termitidae) Microcerotermes sp. (Isoptera: Termitidae) به عنوان موریانه‌های آسیب‌رسان به بافت تاریخی یزد، شناسایی شده اند که هر سه گونه متعلق به گروه موریانه‌های زیرزمینی هستند (غیورفر و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۸۰). موریانه‌های زیرزمینی اکثراً دارای تجمعاتی در زیر سطح خاک هستند و لانه‌های آن‌ها توده‌هایی فشرده از حجره‌های کوچک است که از مواد مقوایی، یعنی سلولز و لیگنین دفع‌شده همراه مقداری خاک ساخته شده است (سلیمان‌نژاد، ۱۳۷۰: ۱۲۰).

تصویر ۲. تغذیه موریانه از مجلات قدیمی موجود در خانهٔ مشروطه
(عکس از نگارنده).

تصویر ۳. تخریب عکس‌های قدیمی در اثر تغذیه موریانه (عکس از نگارنده).

تصویر ۴. دهلیزهای موریانه روی در چوبی (عکس از نگارنده).

به سبب زندگی مخفی موریانه‌های زیرزمینی، طراحی و اجرای روش‌های مؤثر کنترل آن‌ها با محدودیت‌هایی همراه است و باید با بررسی دقیق صورت گیرد. مدیریت مبارزه با موریانه‌های زیرزمینی بیشتر بر روش‌های شیمیایی مانند تیمار خاک، گردپاشی و طعمه‌گذاری متمرکز بوده است (فتح‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۸). تیمار خاک از آغاز قرن بیستم به صورت گسترده در کنترل تجاری موریانه‌های زیرزمینی استفاده شد. پیش از این گفته می‌شد، تیمار خاک موریانه‌های زیرزمینی را از خاک حذف می‌کند، اما بررسی‌ها نشان داد که این تیمار فقط مانند یک سد بین کلنی موریانه‌ها و ساختمان عمل کرده و از ساختمان محافظت می‌کند (Su and Scheffrahn, 1998:2).

در طی سال‌های ۱۹۳۰ـ ۱۹۵۰م آرسنیت سدیم[۲]، تری‌کلروبنزن[۳] (د.د.ت)[۴]، پنتا کلروفنل[۵]، کروزت[۶] و اتیلن دی‌بروماید[۷] برای تیمار خاک و ایجاد سد شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت. کلردان[۸] در سال ۱۹۵۲و پس از آن سایر سیکلودین‌ها[۹] از جمله هپتاکلر[۱۰]، آلدرین[۱۱] و دیلدرین[۱۲] به بازار آمدند و به سرعت در سطح وسیع مورد استفاده قرار گرفتند. این حشره‌کش‌های ارزان‌قیمت که یک سد دائمی در برابر حمله موریانه‌های خاک‌زی به ساختمان‌ها ایجاد می‌کردند، به مدت پنجاه سال مهم‌ترین و یگانه ابزار کنترل موریانه‌های زیرزمینی بودند. از اواسط دهۀ ۱۹۸۰، پایداری در محیط زیست و نگرانی‌های بهداشت عمومی به عقب‌نشینی سیکلودین‌ها از بازار منجر شد (Su and Scheffrahn, 1998:2). مفهوم اصلی استقرار یک سد شیمیایی در اطراف و زیر ساختمان در گذشته و امروز تغییر نکرده است و اطلاعات قابل توجهی در مورد شایستگی استفاده از موریانه‌کش‌ها در خاک برای جلوگیری از تونل زدن موریانه‌ها وجود دارد (Su and Scheffrahn, 1990:1922, Su et al, 1995, Forschler, 1994:45, Grace, 1991). تغییر اساسی در این روش مربوط به تفاوت در گروه حشره‌کش‌های مورد استفاده است. در حال حاضر موریانه‌کش‌های موجود شامل پرمترین[۱۳]، سایپرمترین[۱۴]، بایفنترین[۱۵]، ایمیداکلوپراید[۱۶]، کلرپایریفوس و کلرفناپایر[۱۷] هستند (Rust and Su, 2012:361).

کلرپایریفوس پس از ممنوعیت استفاده سیکلودین‌ها، اولین حشره‌کشی بود که توسط EPA[۱۸](آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا) به عنوان موریانه‌کش ثبت شد. ۶۵/۱ درصد این حشره‌کش در سال ۱۹۹۱م به عنوان موریانه‌کش مصرف شد (Gold et al., ۱۹۹۶: ۳۳۸). کلرپایریفوس آفت‌کشی است غیر سیستمیک که در آب به میزان اندکی حل می‌شود و در خاک به کندی تجزیه می‌شود. افزایش درجۀ حرارت خاک، سرعت تجزیه آن را افزایش می‌دهد و یک همبستگی منفی بین میزان تجزیه و محتوای آب خاک وجود دارد(Akhtar et al., 2004:865). سمومارگانوفسفره[۱۹] نظیر کلرپایریفوس، پس از تماس به سرعت باعث مرگ و میر موریانه‌ها می‌شوند. در نتیجه تعداد زیادی از اجساد موریانه در منطقه جمع می‌شود. مطالعات نشان داده است عواملی که از تجزیۀ اجساد این گروه ایجاد می‌شود سبب دور شدن سایر افراد کلنی از منطقۀ تیمارشده می‌شود (Su et al., 1990:1920).

دوام و ماندگاری یک حشره‌کش در خاک، یک فاکتور مهم برای تعیین کارایی آن برای کاربرد در روش تیمار خاک برای کنترل موریانه است (Su et al., 1990:1922). پژوهش‌های

جدول شمارهٔ ۱. مشخصات سایت‌های نمونه‌برداری‌شده.

مکان	موقعیت	کاربری	قدمت	گونه آسیب‌رسان
خانهٔ مشروطه	N: 31°53›47.94» E: 54°22›18.73»	موزه	قرن سیزدهم هجری	*Amitermes*sp.
مسجد جامع یزد	N: 31°54›05.24» E: 54°22›05.74»	مسجد	قرن هشتم هجری	*Amitermes*sp. *Anacanthotermesvagans*

متعددی به صورت آزمایشگاهی و میدانی و با استفاده از روش‌های مختلف سنجش میزان باقی‌ماندهٔ سموم در خاک و زیست‌سنجی به بررسی دوام کلرپایریفوس در خاک پرداخته اند. در استرالیا مطالعه در شرایط آزمایشگاهی استاندارد (دمای ۲۵ درجه، رطوبت خاک ۶۰ درصد و تاریکی) در مدت ۲۴ ماه، کاهش ۷۵ـ ۹۵ درصد باقی‌ماندهٔ این حشره‌کش، در خاک را نشان داد (Baskaran et al., 1999:1222). بررسی میدانی تأثیر و دوام سه موریانه‌کش ایمیداکلوپراید، کلرپایریفوس، و کلرفناپایر با استفاده از تکنیک TLC[۲۰] در یک دورهٔ زمانی ۱۸ ماهه نشان داد ایمیداکلوپراید بیش‌ترین ماندگاری را در خاک دارد و کلرپایریفوس سریع‌تر از دو موریانه‌کش دیگر به متابولیت‌های اولیه تبدیل می‌شود (Manzoor et al., 2012:130).

تیمار خاک و ایجاد سد شیمیایی

موریانه‌ها یک معضل جدی برای بافت و بناهای تاریخی شهر یزد محسوب می‌شوند. از سال ۱۳۸۴ تعدادی از بناهای شاخص و آلودهٔ بافت تاریخی یزد، به روش تیمار خاک با استفاده از حشره‌کش کلرپایریفوس(Dorsban®) ۱٪ (امولسیون ۴۰/۸٪ شرکت بهاور شیمی) تیمار شد. در این پژوهش خانهٔ مشروطه واقع در محلهٔ پیربرج که ۴۸ ماه قبل در سال ۱۳۸۹ با محلول کلرپیریفوس ۱٪ تیمار شده بود برای نمونه‌برداری و زیست‌سنجی[۲۱] انتخاب شد. برای نمونهٔ شاهد لازم بود تا از خاک تیمارنشده استفاده شود. به این منظور مسجد جامع یزد (بنایی تاریخی که خسارت موریانه در آن مشاهده می‌شود اما هیچ گونه تیماری برای کنترل موریانه در آن اجرا نشده) به عنوان شاهد در آزمایش مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). ایجاد سد شیمیایی (تیمار خاک) در بنای مذکور در سال ۱۳۸۹ در سه مرحله انجام شد:

۱. دریل زدن: با استفاده از دریل چکشی و متهٔ ۴۰ سانتی‌متر سوراخ‌هایی با فاصله ۱۵ـ ۲۰ سانتی‌متر از دیوارها در کف بنا ایجاد شد. فاصلهٔ سوراخ‌ها از هم ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به طوری که در هر متر مربع از کف بنا ۱۲ سوراخ ایجاد شد. برای تزریق سم در دیوارها، از متهٔ ۲۰ سانتی‌متر استفاده و سوراخ‌ها در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر از کف ایجاد شد.(تصویر ۵)
۲. تزریق محلول سمی: در هر یک از سوراخ‌های ایجادشده ۲ـ ۴ لیتر محلول ۱٪ کلرپایریفوس (امولسیون ۴۰/۸٪ شرکت بهاور شیمی) به وسیلهٔ سمپاش موتوری ۱۰۰ لیتری تزریق شد (تصویر ۶).
۳. بلافاصله پس از تزریق محلول سمی، سوراخ‌ها با ملات سیمان پر شدند (تصویر ۷).

تصویر ۵. دریل زدن با استفاده از دریل چکشی (عکس از نگارنده).

تصویر ۶. تزریق محلول سمی (عکس از نگارنده).

تصویر ۷. بتونه‌گیری (عکس از نگارنده).

نمونه‌برداری از خاک

در خرداد ماه ۱۳۹۳ ده نقطه از خانهٔ مشروطه و بنای شاهد به صورت تصادفی انتخاب شد. پس از برداشتن پوشش سطحی کف بنا (آجرفرش، موزاییک یا خاک سطحی) از عمق ۰ـ ۳۰ سانتی‌متر خاک نمونه‌برداری شد. هر نمونهٔ خاک شماره‌گذاری شد و داخل کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه انتقال داده شد.

جمع‌آوری موریانه

برای جمع‌آوری موریانه قطعات ۳×۵×۲۰ سانتی‌متری چوب سپیدار که از چوب‌های پرکاربرد استان یزد است و ترجیح غذایی بالایی برای موریانه‌ها زیرزمینی دارد (پورمحمدی، ۱۳۹۱: ۷۹) استفاده شد. برای جمع‌آوری هر سه گونه موریانهٔ تحت آزمایش، قطعات چوبی در قسمت‌های مختلف بافت تاریخی یزد در داخل خاک تعبیه شد. پس از گذشت یک ماه از کلیهٔ قطعات چوبی بازدید شد. قطعات آلوده داخل پاکت‌های پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شدند و سپس موریانه‌ها با استفاده از قلم‌مو و به آرامی از چوب جدا شده و با استفاده از کلید شناسایی موریانه‌های ایران، گونهٔ آنها (غیورفر، ۷۵:۱۳۸۴) مشخص شد.

زیست‌سنجی

برای آماده‌سازی واحدهای آزمایش، ابتدا نمونه‌های خاک از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد و حجم مساوی از خاک هر نمونه (معادل ۲۰ سانتی‌متر مکعب) داخل پتری‌های شیشه‌ای با قطر ۸ سانتی‌متر ریخته شد و یک میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. سپس ۵۰ عدد موریانه کارگر هم‌شکل که سن سوم پورگی را گذرانده اند، داخل هر یک از پتری‌ها قرار داده شد. برای هریک از جنس‌های مورد آزمایش، ده واحد آزمایشی از خاک خانهٔ مشروطه که ۴۸ ماه قبل در بهار ۱۳۸۹ به روش تزریق سم با محلول کلرپایریفوس ۱٪ تیمار شده بود، تهیه شد. برای شاهد نیز ده واحد آزمایشی برای هر یک از جنس‌های مورد مطالعه تهیه شد. آزمایش در شرایط انکوباتور تاریک با دمای۲± ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ±۶۰ درصد انجام شد. و در پایان تعداد تلفات در ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از شروع آزمایش، شمارش و ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های مربوط هر واحد آزمایش در نرم‌افزار Excel ۲۰۱۰ ثبت و متغیر میانگین درصد تلفات و خطای معیار آزمایش با استفاده از نرم‌افزار محاسبه شد. برای مقایسهٔ میانگین درصد مرگ و میر با شاهد، نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel ۲۰۱۰ رسم شد.

نتایج و بحث

نتایج این زیست‌سنجی نشان داد در شرایط اقلیمی شهر یزد، گذشت دورهٔ زمانی ۴۸ ماهه تأثیری در کارایی کلرپایریفوس تزریق‌شده در خاک نداشته است. در ۲۴ ساعت اول آزمایش گونهٔ .Amitermessp با میانگین بقای ۹/۲۸±۱۷/۸ درصد در بین گونه‌های مورد مطالعه بیش‌ترین میزان بقا را در برابر خاک تیمارشده نشان داد. میانگین بقای این گونه در خاک شاهد ۰/۹۵±۹۶/۸ درصد ثبت شد. کم‌ترین میزان مقاومت در گونهٔ .Microcerotermessp با میانگین بقای ۱/۲۰±۱/۸ درصد مشاهده شد. میانگین بقای این گونه در خاک شاهد ۱/۵۷±۹۴/۶ درصد ثبت شد. میانگین بقا در گونهٔ Anacanthotermesvagans، در خاک تیمارشده ۱/۶±۲ درصد و در خاک شاهد ۲/۰۰±۹۲/۴۰ درصد ثبت شد (جدول ۲).

تفاوت در میانگین بقا نشان می‌دهد، تحمل گونه‌های مختلف نسبت به تیمار متفاوت است، اما در نهایت هیچ یک از گونه‌ها توانایی مقاومت و عبور از خاک تیمارشده را ندارند. این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده در آزمایش‌های سو[۲۴] و همکاران (۱۹۹۰) روی دو گونه موریانهٔ Coptotermes formosanus و موریانهٔ شرقی Reticulitermesflavips مطابقت دارد.

در هفت نمونه از ده نمونه خاک آزمایش‌شده (که به صورت تصادفی از قسمت‌های مختلف بنا نمونه برداری شد)، پس از گذشت ۲۴ ساعت در هر سه گونه ۱۰۰٪ مرگ و میر مشاهده شد. در نمونه‌های شمارهٔ ۲ و ۳ و ۴ پس از گذشت ۴۸ ساعت مرگ و میر به ۱۰۰٪ رسید (جدول ۳). این تفاوت عدم یکنواختی سد ایجادشده را نشان می‌دهد. در مرحلهٔ تزریق، سم محلول سمی با فشار سمپاش و با انتشار ساده از سوراخ‌هایی که با دریل ایجاد شده به نقاط مجاور انتقال می‌یابد. بنا بر این ایجاد یک سد کاملاً یکنواخت بسیار دشوار است. اما اجرای یکنواخت سد شیمیایی در کارایی آن بسیار مؤثر است.(Gold et al., 1996: 351, Su and Scheffrahn, 1990: 1919, Forschler, 1994: 45)

جدول شمارهٔ ۲. میانگین درصد بقا در سه گونهٔ تحت آزمایش پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت.

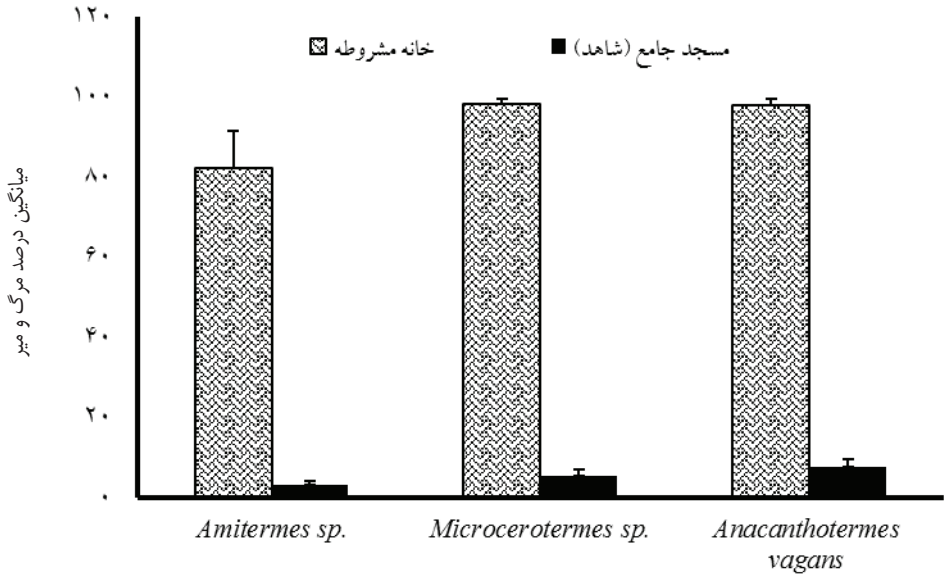
گونه / تیمار	میانگین درصد بقا (پس از ۲۴ ساعت)			میانگین درصد بقا (پس از ۴۸ ساعت)		
	A. vills	*M.*sp.	*A.vagans*	*A. vills*	*M.*sp.	*A.vagans*
خانهٔ مشروطه		۱/۸±۱/۲۰	۲±۱/۶	۰	۰	۰
مسجد جامع یزد (شاهد)		۹۴/۶±۱/۵۷		۹۰/۶±۴/۳		۸۰±۳/۳۶

اعداد موجود در پرانتز شامل (خطای معیار± میانگین) است و تعداد تکرار برای هر تیمار برابر با ده (n=۱۰) است.

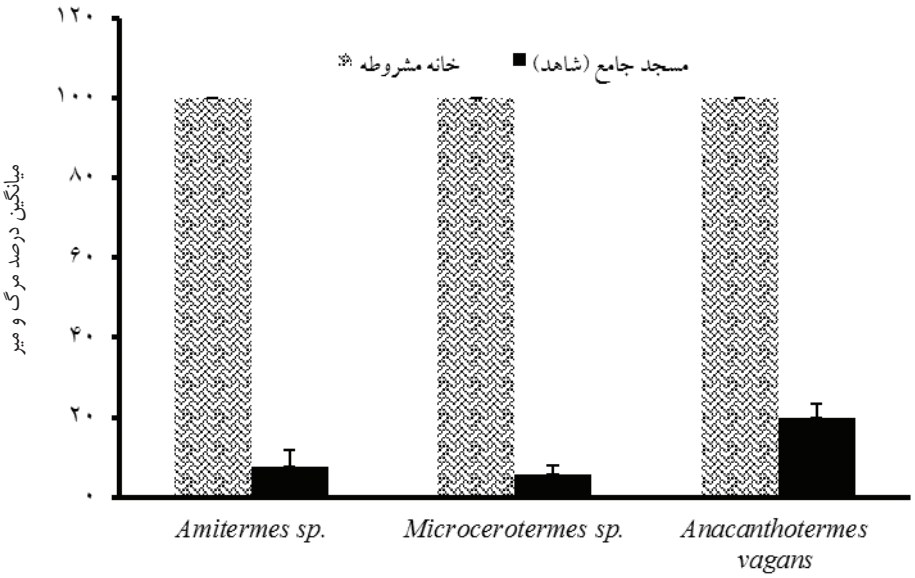
در نمودار شمارهٔ ۱ درصد تلفات در هر گونه با درصد تلفات در نمونهٔ شاهد در ۲۴ ساعت اول آزمایش مقایسه شده است. این مقایسه به خوبی تأثیر کلرپایریفوس در خاک تیمارشده را نشان می‌دهد. در نمودار شمارهٔ ۲ درصد تلفات در هر گونه با درصد تلفات در نمونهٔ شاهد پس از ۴۸ ساعت مقایسه شده است. در هر سه گونه تلفات به ۱۰۰٪ رسیده است. بنا بر این باقی‌ماندهٔ کلرپایریفوس تزریق‌شده در خاک پس از گذشت ۴۸ ماه (بهار ۱۳۸۹ زمان اجرای تیمار خاک تا بهار ۱۳۹۳ زمان نمونه‌برداری برای این آزمایش) برای کنترل موریانه مؤثر بوده است. نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های ما در این پژوهش با نتایج مالرونی[۲۲] و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. آن‌ها با استفاده از آزمایش‌های زیست‌سنجی تماسی، پس از گذشت دورهٔ ۴۸ ماهه نتایج مشابهی را برای کارایی سد ایجادشده با کلرپایریفوس ارائه نموده اند. سو[۲۳] و همکاران (۱۹۹۰) اظهار می‌دارند که سد ایجادشده با کلرپایریفوس ۶ـ ۱۹ سال از ساختمان در برابر موریانه‌ها محافظت می‌کند. بیکر و بلامی[۲۴] (۲۰۰۶) در نتایج آزمایش‌های خود اشاره می‌کنند که ممکن استپس از گذشت پنج سال از تیمار خاک، نیاز به تیمار مجدد وجود داشته باشد.

جدول شمارهٔ ۳. درصد مرگ و میر در هر یک از واحدهای آزمایش.

	شمارهٔ نمونه	*Amitermes*sp. درصد مرگ و میر		*Microcerotermes* sp. درصد مرگ و میر		*Anacanthotermesvagans* درصد مرگ و میر	
		۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت
خانهٔ مشروطه	۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۲	۳۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۳	۳۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۸۴	۱۰۰
	۴	۵۶	۱۰۰	۹۲	۱۰۰	۹۶	۱۰۰
	۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۸	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۱۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
شاهد	۱	۲۴	۲	۰	۳	۵	۷
	۲	۰	۲۲	۱	۲	۱۰	۲۱
	۳	۱۲	۳	۶	۷	۰	۶
	۴	۴	۷	۲	۰	۳	۶
	۵	۰	۳	۱	۲	۴	۱۰
	۶	۰	۰	۰	۵	۲	۵
	۷	۰	۰	۲	۰	۶	۱۴
	۸	۰	۱	۳	۰	۰	۵
	۹	۰	۰	۷	۱۰	۳	۱۱
	۱۰	۰	۰	۵	۰	۵	۱۵



نمودار شمارهٔ ۱. مقایسهٔ میانگین درصد مرگ و میر سه گونهٔ مورد مطالعه، در نمونهٔ خاک خانهٔ مشروطه و شاهد پس از ۲۴ ساعت.



نمودار شمارهٔ ۲. مقایسهٔ میانگین درصد مرگ و میر سه گونهٔ مورد مطالعه، در نمونهٔ خاک خانهٔ مشروطه و شاهد پس از ۴۸ ساعت.

نتیجه‌گیری

بررسی منابع موجود و نتایج آزمایش نشان می‌دهد که تیمار خاک با استفاده از کلرپایریفوس می‌تواند برای مدت نسبتاً طولانی ساختمان را در برابر حملهٔ موریانه‌ها محافظت کند. این روش به دلیل پایداری حشره‌کش در خاک و حجم بالای محلول سمی مصرفی، از هر دو جنبهٔ زیست‌محیطی و اقتصادی بسیار پرهزینه است. اما در مواردی نظیر بناهای تاریخی، موزه‌ها و انبارها که نیاز به حفاظت سریع و کامل در برابر موریانه‌های زیرزمینی وجود دارد، قابل توصیه است. از سوی دیگر، اجرای صحیح و کامل سد شیمیایی، در کارایی این روش برای حفاظت بنا بسیار تأثیرگذار

است و در صورتی تزریق محلول سمی به صورت یکنواخت در خاک کف اجرا نشود، قسمت‌های تیمارنشده، می‌توانند معابری برای ورود موریانه‌ها به داخل ساختمان باشند.

پی‌نوشت‌ها

*. برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد صفار، مرضیه (۱۳۹۳). رفتار جستجوگری موریانه‌های زمینی Anacanthotermesvagans . استاد راهنما: مهدی ضیاءالدینی. دانشکده کشاورزی دانشگاه ولیعصر رفسنجان.

1. Chlorpyrifos
2. Sodium arsenite
3. Trichlorobenzene
4. DDT
5. Pentachlorophenol
6. Creosote
7. Ethylen dibromide
8. Chlordane
9. Cyclodienes
10. Heptachlor
11. Aldrin
12. Dieldrin
13. Permethrin
14. Cypermethrin
15. Bifenthrin
16. Imidacloprid
17. Chlorfenapyr
18. Environmental Protection Agency

۱۹. ارگانوفسفره (Organophosphorous): یک گروه پرمصرف از حشره‌کش‌هاست که از ترکیبات نزدیک به اسید اورتوفسفریک که گروه‌های مختلف الکلی به فسفر پیوند شده است (طالبی، ۱۳۹۱: ۹۰).

۲۰. کروماتوگرافی لایهٔ نازک (Thin layer chromatography): در این نوع کروماتوگرافی مادهٔ جاذب یا فاز ساکن به صورت یک لایهٔ نازک روی صفحهٔ شیشه‌ای، پلاستیکی یا آلومینیومی کشیده شده است (طالبی، ۱۳۹۱: ۳۹۸).

۲۱. زیست‌سنجی (Bioassay): روشی برای اندازه‌گیری توانایی هر محرک در بروز واکنش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در یک موجود زنده است (طالبی، ۱۳۹۱: ۴۱۲).

22. Mulrooney
23. Su
24. Baker and Bellamy

منابع

ـ بی‌نام. (۱۳۸۶). *طرح راهبردی بافت فرسوده یزد (جلد دوم)*. یزد: مهندسین مشاور آرمانشهر؛ مرکز اسناد اداره کل میراث فرهنگی استان یزد.

ـ بی‌نام. (۱۳۸۸). *طرح حفاظت، مرمت و احیاء خانه مشروطه*. یزد: مهندسین مشاور شبستان؛ مرکز اسناد اداره کل میراث فرهنگی استان یزد.

ـ پورمحمدی، سپیده. (۱۳۹۱). *بررسی فنوستیک موریانه‌های منطقه یزد، ترجیح غذایی و روش کنترل آن‌ها در بناهای تاریخی یزد*. تهران: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.

ـ سلیمان‌نژاد، الف. (۱۳۷۰). *موریانه‌ها تشخیص و مبارزه با آن‌ها*. ترجمهٔ کتاب ویکتور هریس. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

ـ طالبی جهرمی، خ. (۱۳۹۰). *سم‌شناسی آفت‌کش‌ها*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

ـ غیورفر، رحیم. (۱۳۸۴). *موریانه‌های ایران*. تهران: نشر آموزش کشاورزی.

ـ غیورفر، رحیم و س. پورمحمدی و ل. حسن‌آبادی و مرضیه صفار. (۱۳۸۷). *عوامل بیولوژیک آسیب‌رسان به بناهای تاریخی*. تهران: هم‌پا.

ـ فتح‌اللهی، ز و ب. حبیب‌پور و ب. محرمی‌پور و ف. کچیلی. (۱۳۹۱). «اثرات خاک تیمارشده با اسید بوریک روی مرگ و میر، فعالیت تونل‌زنی و تغذیه‌ای موریانه Microcerotermesdiversus (Isoptera:Termitidae) در شرایط آزمایشگاهی». در *گیاه‌پزشکی* (مجلهٔ علمی کشاورزی)، جلد ۳۵ ش۲، ص ۲۷ـ ۳۹.

- Akhtar, S., Gilani, S. T. S., & Hasan, N. (2004). "Persistence of chlorpyrifos and fenpropathrin alone and in combination with fertilizers in soil and their effect on soil microbes". in Pakistan Journal of Botanic, no.36, pp. 63-87.
- Baker, P. B., & Bellamy, D. E. (2006). "Field and labratoary evaluattion of persistance and bioavailability of soil termiticide to desert subterranean termite Heterotermesaureus (Isoptera: Rhinotremitidea)". in *Economic Entomology*, no.99(4), pp. 1345- 1353.
- Baskaran, S., Kookana, R. S. & Naidu, R. (1999). Degradation of bifenthrin, chlorpyrifos and imidacloprid in soil and bedding materials at termiticidal application rates. in *Pesticide science*, no.55, pp. 1222- 1228.
- Forschler, B. T. (1994).»Survivorshipand tunneling activity of Reticulitermesflavipes (Kollar)(Isoptera: Rhinotermitidae) in *response to termiticide* soil barriers with and without gaps of untreated soil". in *Entomological Science*, no.29, pp. 43-45.
- Gold, R. E., Howell, H. N., Pawson, J. B. M., & Wright, M. S. (1996). "Persistence and bioavailabillity of termiticides to subtrerranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) from five soil type and location in Texa". in Sociobiology, no.28(3), pp. 337-363.
- Grace, K. J. (1991). "Response of eastern and Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) to borate dust and soil treatments". in E*conomic Entomology*, no.84, pp. 1757- 1753.
- Manzoor, F., Asma, S., Fazal, S., Abbas, M., &Noor, M. (2012). "Estimation of degradation of different termiticides under field conditions using TLC method". in *Science Technology and Development*, no.31(2), pp. 128-132.

no.83(5), pp. 1918- 1924.
- Su, N. Y., Wheeler, G. S., & Scheffrahn, R. H. (1995). “Subterranean termite (Isoptera: Rhinotermidae) penetration into sand treated at various thicknesses with termiticides”. in *Economic Entomology*, no.88, pp. 1690- 1694.
- Su, N. Y., Thomas, J. D.,& Scheffrahn, R. H. (1998) . "Elimination of subterranean termite populations from the Statue of Liberty National Monument using a bait matrix containing an insect growth regulator, hexaflumuron". in *American Institute for Conservation*, no.38, pp. 282-292.
- Su, N.Y., & Scheffrahn, RH. (1998). "A review of subterranean termite control practices and prospects for integrated pest management programmes". in *Integrated Pest Management Reviews*, no.3, pp. 1-13.
- Moghaddam, S. R., Poormohamadi, S., Saffar, M., & Esfahanipour, F. (2013). “The influence of biological factors onthe health of timber structures on 11th to 14th century AD in Yazd”. in *Advanced Materials Research*, no.778, pp. 19-25.
- Mulrooney, J. E., Davis, M. K., Wagner, T. L., &Ingram, R. L.(2006). "Persistance and efficacy of termiticides used in perconstruaction treatment to soil in mississippi". in *Economic Entomology*, no.99(2), pp. 465- 475.
- Rust, M., & K. and Su, N. Y. (2012). «Managing social insects of urban importance». in *Annual Review of Entomology*, no.57, pp. 355-375.
- Su, N. Y., &Scheffrahn, R. H .(1990). "Comparison of eleven soil termiticides against the Formosan subterranean termite and eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae)". in *Economic Entomology*,