آسیب‌شناسی فعالیت‌های موریانهٔ زیرزمینی در محوطهٔ تاریخی هفت‌تپه*

سرور پورمنفرد
کارشناس ارشد مرمت اشیای فرهنگی و تاریخی، نویسندهٔ مسئول
Soroor.pourmonfared@gmail.com
علی زمانی فرد
استادیار گروه آموزشی مرمت و احیای بناها و بافت‌های تاریخی، دانشکدهٔ حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر
zamanifard@art.ac.ir
محمدرضا نعمتیان
کارشناس ارشد حشره‌شناسی، موسسهٔ گیاه‌پزشکی ایران
Mnematian2002@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵ /۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۹۶ /۰۳/۲۰

چکیده
محوطهٔ باستانی هفت‌تپهٔ خوزستان در یک ساوان[1] غنی با سابقهٔ تمدنی بسیار طولانی از دورهٔ عیلام میانه (۱۵۰۰ـ ۱۱۰۰قم) بر جای مانده است. این شهر عیلامی، مجموعهٔ عظیمی از ساختارها و آثار معماریِ خاکی است. مجموعهٔ ساختمان‌های این محوطه بر اثر عوامل بیولوژیکی گوناگون دچار انواع مختلفی از آسیب‌ها قرار می‌گیرند. در این میان هجوم انواع موریانه‌ها مهم‌ترین خسارت را به محوطه وارد می‌آورد. در نگاه نخست ممکن است آسیب این موریانه‌ها به آثار موجود در محوطهٔ باستانی به سبب مخفی بودن در لایه‌های زیرین، در نظر عموم ناچیز جلوه کند. در این پژوهش پس از شناسایی گونهٔ موریانه‌های فعال در محوطهٔ باستانی هفت‌تپه، به بررسی شیوهٔ زندگی و خسارت‌زایی سه گونهٔ *Microcerotermes sp* و *Anacanthotermesvagans* و *Amitermesvilis* و تبیین فرآیند آسیب‌رسانی این حشرات به ساختارها و زیرساخت‌های تاریخی پرداخته شده است. همچنین بر اساس شناسایی گونه‌ها و جهت حفاظت از اکوسیستم و با لحاظ کردن اصل «حداقل دخل و تصرف» در محوطهٔ باستانی به سنجش میزان آلودگی محوطه از طریق اجرای روش طعمه‌گذاری روکار و ارزیابی اولیه برای کنترل آلودگی محوطه در نقاط پرداخته شده است. بخشی از این ارزیابی از طریق شناسایی سم «دیفلوبنزورون»[2] با فرمولاسیون 48% SC اثرگذار بر موریانه‌ها بوده است. دست‌اندرکاران این پژوهش تلاش کرده اند ضمن بررسی و شناسایی موریانه‌های فعال در محوطه، به ارزیابی مؤلفه‌های مختلف مؤثر بر این فعالیت همچون وضع محوطه و محیط آن ازجمله دانه‌بندی خاک محوطه و شیوهٔ رفتاری موریانه‌های شناسایی‌شده پرداخته و راهکارهایی جهت بهبود روند عملیات طعمه‌گذاری ارائه کنند. در راهکارهای پیشنهادی علاوه بر افزایش پایهٔ طعمه در طعمه‌گذاری روکار به روش‌هایی چون ایجاد سد مکانیکی، سم‌پاشی در شب، و استفاده از کارتن مسموم در طعمه‌ها به دلیل ترجیح غذایی گونهٔ A.vilis توجه شده است.

واژه‌های کلیدی
محوطه‌های باستانی، حفاظت، هفت‌تپه، عوامل بیولوژیک، موریانه، آسیب موریانه.

*این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرمت و اشیای فرهنگی و تاریخی سرور پورمنفرد در دانشکده حفاظت و مرمت ، دانشگاه هنر تهران با عنوان "آسیب‌شناسی موریانه‌ها در محوطه تاریخی هفت‌تپه به‌منظور ارائه راهکار حفاظتی" به راهنمایی دکتر علی زمانی فرد و با مشاوره آقای محمدرضا نعمتیان می‌باشد.

مقدمه

اهمیت اصلی تپه‌های تاریخی از آن جهت است که بخش مهمی از آثار معماری تمدن‌های پیشین را به صورت لایه‌لایه در دل خود جای داده اند. با آگاهی جوامع انسانی از ارزش و اهمیت این محوطه‌ها، غیر از فعالیت‌های باستان‌شناسی و کاوش در این تپه‌ها یا محوطه‌های تاریخی خصوصاً در طی سده اخیر، مداخلات و دخل و تصرفاتی چون دستبرد و حفاری‌های غیر مجاز باعث آسیب‌های زیادی به این تپه‌ها شده است. این امر باعث تخریب لایه‌هایی شده که حاوی اطلاعات تاریخی معماری و باستان‌شناسی ارزشمندی بوده و بی‌شک ممکن بود با حفاری‌های منظم علمی آنها گوشه‌ای از تاریخ این سامان روشن شود. هرچند که باید گفت تپه‌های تاریخی علاوه بر آسیب انسانی، از زمان شکل‌گیری تا به امروز همواره در معرض انواع آسیب‌های محیطی و اثرگذاری عواملی چون رطوبت، عوامل بیولوژیکی، و باد بوده اند که باعث انواع تغییرات و فرسایش‌ها در این تپه‌ها شده اند.

در این میان عوامل بیولوژیکی یکی از اثرگذارترین عواملی هستند که می‌توانند موجب آسیب جدی به تپه‌های تاریخی شوند، به طوری‌که به علت فراوانی‌شان بافت و ساختار آثار را تهدید کرده و خسارات جبران‌ناپذیری بر آن‌ها وارد می‌آورند. اصلی‌ترین عوامل بیولوژیکی گیاهان، جوندگان، پرندگان، و بندپایان هستند. از شاخهٔ بندپایان ردهٔ حشرات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و از میان این ارگانیسم‌ها موریانه‌ها بیشترین خسارت را به یادمان‌های تاریخی وارد می‌آورند (غیورفر، ۱۳۸۷: ۳۲).

محوطهٔ باستانی هفت‌تپه در حاصلخیزترین قسمت دشت خوزستان و در فاصلهٔ رودخانه‌های دز و کرخه قرار گرفته است. مجموعهٔ هفت‌تپه که در حدود ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر قدیمی شوش واقع‌شده، در دهه‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۴۰ با احداث کارخانهٔ نیشکر نمایان شد و پس از آن فعالیت‌های باستان‌شناسی مقدماتی نخست توسط هیئت فرانسوی و رابرت مک آدامز و نهایتاً توسط عزت‌الله نگهبان در سال۱۳۴۴ در آن انجام شد (نگهبان، ۱۳۷۲: ۲۳). با شروع مطالعات و حفاری‌ها، عملاً این محوطهٔ باستانی در معرض چند دسته از آسیب‌های محیطی و بیولوژیکی قرار گرفت که می‌توان به عواملی چون آلودگی هوا، وزش باد، روییدن گیاهان دارای ریشه‌های سخت، لانه‌سازی و حفر دیوارها توسط حشراتی مانند مورچه‌ها و سوسک‌ها و موریانه‌ها و زیست حیواناتی مانند مار و روباه و شغال در آن اشاره کرد.

مسئله

فرسودگی اندود کاه‌گل، حفره شدن سطوح، فرسودگی سطحی جداره‌ها، و از بین رفتن مصالح از مهم‌ترین آسیب‌های قابل مشاهده در محوطهٔ هفت‌تپه است. بررسی‌های اولیهٔ میدانی در این محوطه نشان داد که عامل اصلی این آسیب‌ها، موریانه‌ها هستند که با تغذیه از مواد سلولزی موجود در اندودها، اقدام به حفر دالان‌هایی بر روی دیوارها و زیر سطوح کرده و باعث ایجاد آسیب‌های مزبور شده اند. کنترل و حذف موریانه‌ها از محوطهٔ تاریخی هفت‌تپه در طی سالیان اخیر به یک چالش مهم برای حفاظت از آن مبدل شده است، به ترتیبی که بر اساس مشاهدات میدانی و اذعان کارشناسان محوطه در حال حاضر برای کنترل موریانه‌ها در این محوطه به صورت دوره‌ای و منظم سالانه ۴ تا ۶ بار، دهلیزها و آثار موریانه‌ها را از روی اندودها و دیوارها تراشیده، و به طور مداوم اندود کاه‌گل را تجدید می‌کنند. لذا به نظر می‌آید علی‌رغم تلاش‌های فعلی و آنچه در گذشته در راستای درمان و دفع عوامل مخل انجام‌گرفته، ناکارآمدی راه حل فعلی (با توجه به صرف هزینهٔ اقتصادی، هزینهٔ منابع انسانی از حیث به‌کارگیری دائمی نیروی انسانی بابت تجدید اندود، صرف وقت، و اکتفا به حذف عوارض مشهود) قابل توجه است. بنابراین می‌توان گفت مسئله آسیب موریانه‌ها در این محوطه همچنان بی‌پاسخ مانده است. نویسندگان این مقاله با تمرکز بر وضع موجود سعی کرده اند پس از مطالعهٔ دقیق آسیب‌شناسی مرتبط و بررسی نقاط قوت و ضعف روش‌های پیشین، به ارائه راهکار جدید در جهت کنترل و حذف موریانه‌ها در محوطهٔ باستانی هفت‌تپه بپردازد.

خسارات موریانه‌ها

موریانه‌ها معمولاً در زیستگاه‌های طبیعی، لیگنوسلولز را تجزیه میکنند و از این طریق خسارتی وارد نمی‌آورند. ولی در زیستگاه‌های غیر طبیعی مانند آگرواکوسیستم‌ها ـ که توسط انسان به وجود آمده اند ـ و ساختمان‌ها با تغذیه از مواد سلولزی خسارت ایجاد می‌کنند (Breznak, 1994: 310). موریانه‌ها دارای اجتماعی بسیار بزرگ هستند و می‌توانند با نحوهٔ زیست خود اشیا و ساختمان‌ها و محوطه‌ها را تحت شعاع قرار دهند و در گذر زمان باعث نابودی آن‌ها شوند. اثرات منفی موریانه‌ها اغلب با هزینه‌هایی که برای جبران خسارت موریانه‌ها پرداخت می‌شود، همراه است. در ایالات متحده میزان خسارت سالانه موریانه‌ها ۲۲ میلیارد دلار برآورد شده است (Su & scheffrahn, 1988: 283). و بر همین اساس پیش‌بینی می‌شود که هزینهٔ کنترل موریانه‌ها در اروپا تا سال ۲۰۰۵ به یک میلیارد دلار خواهد رسید (Zalanski, et al., 2003: 86). بنابراین موریانه‌ها از نظر اقتصادی جایگاه ویژه‌ای دارند (غیورفر، ۱۳۸۷: ۳۰). علاوه بر موارد مذکور طی بررسی جامعی که بعد از زلزلهٔ بم انجام شد، دو عامل را در تخریب ساختمان ارگ بم مؤثر دانستند: عامل اول مرمت غیر علمی و در نتیجه سنگینی بیش از حد دیوارها معرفی شده و عامل دوم موریانه‌ها. گالری‌های ایجادشده توسط موریانه‌ها در داخل دیوارها، خلل و فرج‌هایی را ایجاد کرده بودند که باعث کاهش چسبندگی ملات تشکیل‌دهنده دیوارهای می‌شود، علاوه بر این هجوم موریانه‌ها بیشتر به بخش‌های مرمت‌شده و کاه‌گل جدید و محل اتصال آن به بخش‌های پیشین بوده است (Langenbach, 2004: 126).

ضرورت و اهمیت محوطهٔ هفت‌تپه

محوطهٔ تاریخی هفت‌تپه یکی از مراکز مهم و بخشی مجهول از تاریخ عیلام میانه در منطقهٔ خوزستان است که از نظر تکنیک ساخت و معماری ـ مثلاً استفاده از خشت پخته (آجر) در جرزهای بیرونی به منظور مقاومت در برابر عوامل طبیعی مانند باد و بارش و همچنین استفاده از خشت خام در جرزهای درونی برای سهولت

کار و مواردی از این قبیل که بسیار هوشمندانه اجرا شده است ـ از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. هفت‌تپه شهری است از تمدن عیلام میانه که از نظر موقعیت جغرافیایی در هم‌جواری با تمدن‌هایی مانند بین‌النهرین و شوش قرار گرفته است (نگهبان، ۱۳۷۲: ۴۶۸ و ۴۶۵). چه بسا که در لایه‌های زیرین و اطراف این محوطهٔ باستانی، آثار ارزشمندی از تمدن عیلامی و تمدن‌های پیشین مدفون باشد. از آنجایی که حرکت موریانه‌ها برای یافتن غذا حرکتی تصادفی است (پورمحمدی و صفار، ۱۳۹۳: ۴۶) اشیا و آثار برجای‌مانده در لایه‌های باستانی این محوطه با توجه به وضعیت کنونی (حضور موریانه) در هفت‌تپه به شدت در معرض خطر هستند. در این راستا کنترل و مبارزه با موریانه‌ها در این محوطه باستانی بسیار حائز اهمیت است.

مروری بر آسیب‌های مرتبط با موریانه در بناها و محوطه‌های تاریخی

موریانه‌ها به صورت جمعی زندگی می‌کنند و بر اساس شیوهٔ زندگی خود به سه گروه: موریانه‌های چوب مرطوب (*Damp-wood termites*) و موریانه‌های چوب خشک (*Dry-wood termites*) و موریانه‌های زیرزمینی (*Subterranean termites*) تقسیم می‌شوند (غیورفر، ۱۳۸۴:). با توجه به مسئله موجود در نمونهٔ مطالعاتی، این مقاله بر موریانه‌های زیرزمینی تمرکز کرده است. توجه به موریانه‌های زیرزمینی در تپه‌های تاریخی از آن جهت اهمیت دارد که بیشتر آثار واجد ارزش‌های تاریخی و فرهنگی در تپه‌های تاریخی غالباً در سطوح زیرین قرار دارد.

- با توجه به وسعت محوطه‌های تاریخی و مسقف نبودن این محوطه‌ها امکان کنترل شرایط محیطی آثار معماری سطحی (یادمان برجای‌مانده) و ساختارهای مدفون باستانی به راحتی ممکن نیست و در این وضع میزان آسیب‌های عوامل بیولوژیک گیاهی و حشراتی چون موریانه‌ها قابل توجه است. آسیب‌های مرتبط با موریانه‌ها به صورت گسترده و متأثر از وضعیت محیطی است. به طور عمده، وضع آب و هوا، دما، نوع خاک، و پوشش گیاهی عوامل مؤثر بر حضور و فعالیت موریانه‌هاست (غیورفر، ۱۳۸۷: ۳۲ و ۳۰).
- امکان پیدا کردن تصادفی طعمه در محوطه‌های تاریخی باعث هجوم غیر هدفمند موریانه‌ها به نقاط مختلف محوطه‌ها و تپه‌های باستانی و درنتیجه آسیب جدی به این یادمان‌ها می‌شود.
- چگونگی جابه‌جایی و تغذیهٔ مناسب موریانه‌ها و گستردگی فعالیت آن‌ها متأثر از مواد آلی موجود در خاک است (نعمتیان، ۱۳۹۳: ۴۴). در تپه‌های تاریخی موریانه‌ها مواد سلولزی مانند ریشهٔ پوسیدهٔ گیاهان به‌خصوص کاه موجود در مصالح ـ که آرماتور و عمدهٔ مواد تشکیل‌دهنده محوطه‌های تاریخی است ـ را تغذیه می‌کنند.[۳]
- موریانه‌ها هنگام حرکت در لایه‌های زیرین خاک، افزایش کاتیون‌های تبادل‌پذیر و افزایش مواد آلی خاک را موجب می‌شوند (Lee & Wood, 1971:154). این حشرات باعث بازگرداندن مواد آلی به خاک می‌شوند همچنین تپه‌هایی که توسط موریانه‌های تپه‌ساز ساخته می‌شوند سرشار از نمک‌های معدنی و عناصری چون پتاسیم، فسفر، کلسیم، منگنز، و کربن آلی و نیز دارای PHپایین‌تری نسبت به دیگر خاک‌هاست (Adekayode & Ogunkoya, 2009: 382). درنتیجه موریانه‌ها نقش مؤثری در جهت حاصلخیزی خاک و رشد برخی گیاهان دارند (نعمتیان، ۱۳۹۳: ۴۶). بنابراین موریانه‌ها علاوه بر تغذیه از محوطه‌های باستانی از این طریق نیز باعث ایجاد خسارت در محوطه‌ها می‌شوند.
- سیستم دالان‌ها و حوزهٔ جستجوی غذای کلنی موریانه‌ها، ظرفیت نگهداری آب و نفوذ باران را حدود پنج برابر افزایش می‌دهد[۴] (Lee & Wood, 1971:141) که این امر باعث سستی مصالح و ایجاد شکاف در پی و جداره‌های تپه‌های باستانی می‌شود.
- موریانه‌ها از هر ماده‌ای که دارای سلولز باشد تغذیه می‌کنند (Tsunoda,2003: 12). این نوع فعالیت موریانه‌ها و ایجاد دالان‌ها در لایه‌های زیرین خاک باعث متزلزل شدن لایه‌های باستانی و از بین رفتن احتمالی آثار ارزشمند موجود مثل دانه‌های گیاهی، پارچه، کنف، و دیگر مواد سلولزی مدفون در دل این لایه‌های باستانی می‌شود.
- درنهایت یکی از مهم‌ترین عواملی که باعث خشک شدن و کاهش چسبندگی خشت‌های تاریخی و درنتیجه افزایش آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر عوامل طبیعی به‌خصوص زلزله شده است موریانه‌ها هستند (پورمحمدی و حسینی دهمیری، ۱۳۸۶: ۴۵ و ۳۱).

محوطهٔ باستانی هفت‌تپه در یک ساوان غنیِ محاصره‌شده در اکوسیستم‌های گوناگون محیطی واقع است. اینَ امر باعث آسیب فراوان به بافت تاریخی برجای‌مانده و لایه‌های باستانی می‌شود. طبق گزارش‌های موجود در پایگاه جهانی حفاظت و مرمت چغازنبیل و هفت‌تپه، درختان باغ‌موزه که دو نخل تزیینی بودند تا ارتفاع ۳ متری مورد هجوم موریانه‌ها قرار گرفته اند همچنین در این گزارش‌ها [به هجوم موریانه‌ها] به حیاط کارگاه که در بخش شرقی تپهٔ شمارهٔ ۲ اشاره شده است. بر اساس این گزارش‌ها بخشی از محوطه به سبب مسطح بودن برای خشت‌زنی و تهیهٔ ملات کاه‌گل انتخاب شده است، لذا مواد موجود در آن و روش مورد استفاده باعث ایجاد مکانی مناسب برای زیست موریانه‌ها شده است و از طریق نفوذ موریانه‌ها در خشت‌های آماده‌شده این حشرات در سایر نقاط محوطه پراکنده شده اند. همچنین در موزه و تالار کتیبه‌ها که درگذشته اتاق کامپیوتر بوده، فعالیت موریانه‌ها در بخش‌هایی از قفسه‌های نمایشگاه که در آن اشیا تاریخی قرار داشته اند، مشاهده شده است (رکنی و بنا، ۱۳۸۴: ۳). مصاحبه شفاهی با کارمندان محوطهٔ باستانی هفت‌تپه حاکی از آن است که در سال ۱۳۸۴ طی دو مرحله سم‌پاشی سطحی به همراه سوزاندن گوگرد و تراشیدن دهلیزها در ساختمان اداری و تالار موزه به موریانه‌زدایی پرداخته شده بود (پاک‌گوهر، ۱۳۹۵). اکنون با گذشت سالیان متوالی آسیب موریانه‌ها نه‌تنها درمان نشده است، بلکه با توجه به بافت و ساختار محوطه که عمدتاً از خشت خام است، یکی از معضلات اصلی محوطهٔ هفت‌تپه محسوب می‌شود. لذا باید در نظر داشت، موریانه‌های دروکن[۵]

در سراسر مناطق مرتعی نیمه‌گرمسیری و خشک پراکنده اند و با گله‌های دام متعلق به انسان در چرا رقابت می‌کنند (هریس، ۱۹۷۱: ۱۱۷). بنابراین محوطه تاریخی هفت‌تپه با توجه به وضع آب و هوایی و دما به یکی از منابع تغذیه مورد هجوم موریانه‌ها تبدیل شده است.

این حشرات سلولزخوار به گیاهانی مانند قهوه، کاکائو، کائوچو، چای، نیشکر، و سایر درختان و درختچه‌ها حمله می‌کنند (Wyniger, 1962: 302). به همین سبب قرارگیری محوطهٔ باستانی هفت‌تپه در مجاورت کشتزارهای نیشکر یکی از علل هجوم موریانه‌ها به آن است. همچنین برهم زدن بافت خاک و بالا بردن میزان رس در خاک محوطهٔ هفت‌تپه برای انجام امور مرمتی (بنا و ذکوی، ۱۳۹۴: ۱)، باعث سهولت حرکت موریانه‌ها و تسریع پراکنش این حشرات در محوطه شده است.[۶]

از دیگر علل قابل ذکر هجوم موریانه به محوطهٔ هفت‌تپه ـ که طی سالیان متوالی تکرار می‌شود ـ می‌توان به تعبیه گودال آب و نیز انبار کردن کاه و کلش جهت عمل‌آوری خشت و کاه‌گل برای مرمت اشاره کرد که به منزلهٔ ایجاد بستری مناسب برای جلب موریانه‌هاست.

لذا با توجه به شرایط اقلیمی و طبیعی موجود در این محوطه حضور و فعالیت موریانه‌ها طبیعی به نظر می‌رسد. چرا که موریانه‌ها عمدتاً حشرات گرمسیری هستند و تنها شمار اندکی از گونه‌های موریانه در مناطق معتدل گرم زندگی می‌کنند (غیورفر، ۱۳۸۴: ۱). موریانه‌ها با توجه به زندگی اجتماعی خود، شرایط حاکم بر کلنی را کنترل و به حالت تعادل درمی‌آورند (مترلینگ، ۱۳۸۸: ۴۱۰). در اکثر مناطق مرکزی و جنوبی ایران، آثار تاریخی متعدد و ارزشمندی در اثر فعالیت موریانه‌های زیرزمینی آسیب می‌بینند (پورمحمدی و صفار، ۱۳۹۳: ۵۰).

شناسایی گونهٔ موریانه‌های فعال در محوطهٔ باستانی هفت‌تپه

اکثر نقاط محوطهٔ باستانی هفت‌تپه از جمله سالن‌ها و محل عمل‌آوری خشت و کاه‌گل و همچنین درختان محوطه دچار آلودگی فراوان از جانب موریانه‌ها هستند. از مکان‌های نامبرده طی دو مرحله (اولیه و پایان کار) نمونه‌برداری شد. گونه‌ها به مؤسسهٔ گیاه‌پزشکی ایران منتقل شد و مهندس نعمتیان و دکتر غیورفر گونه‌ها را شناسایی کردند. بافت تاریخی این محوطهٔ خشتی ـ گلین را سه گونه موریانهٔ *Anacanthotermes vagans (Isoptara: Hodotermitidae)* و *Amitermes vilis (Isoptera: Termitidae)* و *Microcerotermes sp. (Isoptera: Termitidae)* تغذیه کرده اند.

آسیب‌شناسی، مطالعه و بررسی آسیب‌های مشهود موریانه در محوطهٔ هفت‌تپه

موریانه‌ها با ساختن کلنی‌های زیرزمینی و حفر دالان‌ها در دل زمین و جداره‌ها و لایه‌های ارزشمند باستانی، محوطهٔ هفت‌تپه را متزلزل ساخته اند. خسارت هر گونه بر اساس میزان و نحوهٔ تغذیه و همچنین ساختار دهلیزهای ایجادشده به‌اختصار مشخص‌شده است.

- خسارات گونهٔ *Anacanthotermes vagans*: ساخت کلنی‌های تپه‌ای، جداسازی و انبار کردن کاه موجود از ملات و خشت‌ها در اتاقک‌های زیرزمینی، ایجاد دهلیزهای تاول‌مانند روی ملات کاه‌گل و ایجاد دالان‌های توخالی و عریض بر سطوح و جداره‌ها.
- خسارات گونهٔ *Amitermes vilis*: ایجاد حفره بر سطوح و کنج‌ها و طاقچه‌های سالن‌ها، ایجاد دالان‌های توخالی بر سطوح و جداره‌های سالن‌های محوطه، ایجاد دهلیزهای خطی نسبتاً پهن روی ملات کاه‌گل، تغذیه از مواد سلولزی موجود در خاک محوطه.
- خسارت گونهٔ *Microcerotermes sp*.: تغذیه از درختان محوطه، ایجاد دهلیزهای خطی و باریک بر روی فلس درختان نخل و تنهٔ درختان توت در محوطهٔ تاریخی هفت‌تپه.

بررسی روش‌های مبارزه با موریانه‌های زیرزمینی و امکان‌سنجی اجرای آن در محوطهٔ تاریخی هفت‌تپه

در بیانیه‌ای که انجمن حمایت از بناهای تاریخی در سال ۱۸۷۷م منتشر کرد، اصولی برای حفاظت معرفی شد که در سراسر جهان مورد اقتباس و بهره‌برداری قرار گرفته است. اصول بیانیه مذکور شامل: حداقل مداخله، بازگشت‌پذیری، و مقدم بودن تعمیر بر جایگزینی بود (ICOMOS, 1964; House of Lords, 2006: 52). همچنین در منشور ونیز ۱۹۴۶ بیان شده است که کار حفاظت موکول به اضطرار و ضرورت، حداقلی بودن، و مانع نشدن از مداخلات آتی (بازگشت‌پذیری) است (House of Lords, 2006: 117). حفاظت پیشگیرانه امری است مستمر که باعث می‌شود میزان خسارات وارده به محوطه از طریق کنترل جمعیت موریانه‌ها و مبارزه با آن‌ها به حداقل برسد. در حفاظت پیشگیرانه این نکته قابل توجه است که محوطه باید مستمر پایش شود تا از هرگونه آسیب احتمالی به دور ماند. در همین راستا مبارزه با موریانه‌ها به امری مستمر و دائمی تبدیل می‌شود. زیرا در صورت عدم کنترل با توجه به قرارگیری محوطه در مجاورت مزارع کشت نیشکر، موریانه‌ها سریعاً به محوطه هجوم آورده و کلنی جدیدی تشکیل می‌دهند و مجدداً باعث تخریب محوطه و ساختارهای آن می‌شوند. با در نظر داشتن قوانین یادشده و شرایط محیطی محوطهٔ هفت‌تپه از قبیل بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی، مجاورت با دریاچهٔ تمی و اکوسیستم غنی آن، روش «طعمه‌گذاریِ روکار» مناسب‌ترین روش برای دفع موریانه‌ها به نظر می‌رسد.

استفاده از سیستم طعمه‌گذاری

یکی از بهترین روش‌های کنترل موریانه‌ها استفاده از «سیستم طعمه‌گذاری»[۷] است. موریانه‌های زیرزمینی از طریق شبکه‌ای از دالان‌ها که برای تأمین تغذیه کلنی حفر می‌کنند، با زیستگاه خاکی خود ارتباط خیلی نزدیک دارند. طعمه‌گذاری موریانه‌ها موضوعی خیلی پیچیده است که مورد بحث قرار می‌گیرد (Chowdhury et al., 2008:12). طعمه‌ها بر پایهٔ این واقعیت بیولوژیکی که موریانه‌ها حشراتی اجتماعی هستند که به همدیگر غذا می‌دهند

و یکدیگر را تیمار می‌کنند، تهیه می‌شوند. ازاین‌رو رفتار اجتماعیِ موریانه‌ها مکانیسمی را برای انتقال مادهٔ شیمیایی در طول کلنیَ فراهم می‌کند. به سبب تغذیهٔ دهان به دهان (Trophallaxis) موریانه‌ها می‌توانند مادهٔ سمی با خاصیتِ تأخیری را بدون اینکه به طور مستقیم در تماس با آن باشند یا آن تغذیه کنند، تحتِ شعاع قرار دهند. به علاوه طعمه‌ها می‌توانند اثرات وسیعی روی کلنی بگذارند، زیرا یک فرد موریانه جایگاه اختصاصی ندارد اما در عوض آزادانه مابین تعداد زیادیِ از محل‌هایی که به یکدیگر اتصال دارند، در طول زمان‌های نسبتاً کوتاه حرکت می‌کند. آن‌ها همچنین با دیگر اعضای کلنی مخلوط می‌شوند. بنابراین یک گروه از موریانه هم‌زمان محل طعمه را ملاقات نمی‌کنند (Su et al., 2000:440). برای کنترل موریانه‌های زیرزمینی که یادمان ملی آمریکا (مجسمهٔ آزادی) را تحت شعاع قرار داده بودند، به سبب موقعیت قرارگیری مجسمهٔ آزادی در جزیره و در کنار بندر، برای جلوگیری از آلودگی زیستگاه دریایی و آلودگی خاک از روش‌های تزریق استفاده نشده و با استفاده از روش طعمه‌گذاری موفق به کنترل موریانه‌ها شده اند (Su & al. ,1999:290). همچنان لازم به ذکر است که پایش‌های این یادمان ادامه دارد و تمامی نیروهای مشغول به کار حتی نگهبانان برای کنترل موریانه‌های این سازهٔ تاریخی آموزش‌های لازم را دیده اند. زیرا پایش و کنترل موریانه‌ها امری همیشگی باید باشد، چون این جانوران به محض عدم احساس خطر و پیدا کردن راهی جدید دوباره شروع به کلنی‌سازی و تولید مثل در مکان کنترل‌نشده می‌کنند. بنابراین پیش‌بینی عملیات پایش به طور جدی از شروع مبارزه تا ۱۹ سال تخمین زده شده است (Su & al. ,2003:840). در ایتالیا نیز با توجه به هجوم موریانه‌های زیرزمینی در کلیسای «سانتا ماریا دلا» برای درمان از روش طعمه‌گذاری با سموم بازدارنده‌های سنتز کیتین در سال ۱۹۹۷بهره گرفته اند. لذا جهت بهبود کار در سال ۱۹۹۸ محوطهٔ کلیسا را نیز با استفاده از روش مذکور تحت درمان قرار داده اند و موفق به کنترل موریانه‌های زیرزمینی در کلیسای مذکور و محوطهٔ آن شده اند (Gambetta & al., 2000:207-210). لازم به ذکر است که پایش سالانه برای جلوگیری از آلودگی مجدد در محوطهٔ کلیسای سانتا ماریا دلا همچنان ادامه دارد.

استفاده از سیستم طعمه‌گذاری برای کنترل موریانه به صورت علمی از سال ۱۳۸۴ در یزد آغاز و در مسجد جامع فهرج، بقعهٔ سیدشمس‌الدین، بقعهٔسیدرکن‌الدین، مجموعهٔ سلطان بندرآباد و دیگر بناهای تاریخی با موفقیت انجام شد (پورمحمدی و صفار، ۱۳۹۳: ۴۰). در بقعهٔ سیدشمس‌الدین شهر یزد جهت کنترل موریانه‌های به پاک‌سازی[۸]، ایجاد سد سمی با تزریق، و استفاده از سیستم طعمه‌گذاری اقدام شده است (غیورفر و همکاران، ۱۳۸۷: ۴۰). همچنین در زیگورات چغازنبیل با دو روش طعمه‌گذاری ثابت (درون زمین) و روکار (بر سطح زمین) موریانه‌های زیرزمینی معبد را کنترل کرده و فعالیت موریانه‌ها را به حداقل رسانده اند (غیورفر، ۱۳۹۰). در مسجد تاریخانهٔ دامغان روش طعمه‌گذاری و همچنین روش مکمل ایجاد سد شیمیایی جهتِ بهبودبخشی طعمه‌ها و تسریع عملیات تیمار با موفقیت به کار گرفته شده است (غیورفر، ۱۳۹۱: ۳).

الف. روش کار

ازآنجایی‌که مهمترین عامل خسارت‌زا در محوطهٔ باستانی هفت‌تپه، موریانهٔ *A.Vagans* است[۹] و تغذیهٔ آن از کاه و کلش موجود در کاه‌گل و مصالح به‌کاررفته این محوطه است، بنابراین با به کاربردن ترکیبات سمی در کاه و کلش می‌توان باعث از بین رفتن موریانه‌ها شد. کاه و کلش معمولاً از ۴۰ تا ۴۵% سلولز، ۳۰ الی ۵۰% همی‌سلولز و ۸ تا ۱۲% لیگنین تشکیل شده است، بنابراین مادهٔ خوبی جهت تغذیه این گونه از خانوادهٔ *Hodotermitidae* است. بدین منظور پس از انتخاب حجمی مشخص از کاه و کلش گندم،[۱۰] در محیط آزمایشگاهی با ۲/۵ میلی‌گرم از سم Diflubenzuron[۱۱] که از سموم بازدارندهٔ سنتز کیتین است، با مادهٔ مؤثر ۴۰% بر کاه و کلش و کاه خردشده در تشت ریخته، به مدت ۲۴ ساعت در این محلول نگهداری شد تا مواد محلول را به خوبی جذب کند. درنهایت میزان سمی که در مادهٔ خشک برآورد شد، برابر با ۶۴۴ p.p.m بود. این میزان سمی است که پس از قرار گرفتن کاه و کلش در محلول سم، جذب سلولز موجود در کاه و کلش مورد آزمایش شده است و میزان آن در هر طعمه تقریباً ۰/۰۶ است.

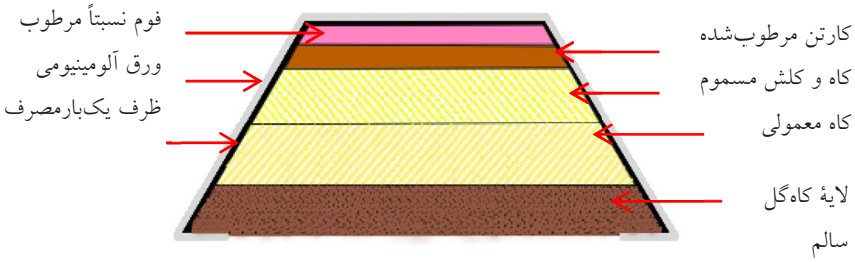
کاه و کلش مسموم تهیه‌شده را به سه روش طعمه‌گذاریِ روکار در محوطهٔ هفت‌تپه مورد آزمایش قرار داده ایم، روش اول در ظروف یک‌بارمصرف با استفاده از محافظ آلومینیومی، روش دوم در خشت با استفاده از قالب خشت‌زنی و ترکیبی از دو روش مذکور جهت کارگذاری بر روی درختان است. مراحل ساخت و اجرای روش هر طعمه به‌اختصار شرح داده می‌شود.

الف ۱. مراحل ساخت طعمه‌های آلومینیومی

اقدام برای آماده‌سازی طعمهٔ مسموم و قراردهی در ظرف‌های تعیین‌شده در تاریخ ۹۵/۰۷/۱۲ انجام شد. شرح ساخت ظرف‌های حاوی طعمه مسموم به شرح زیر است:

۱. قرار دادن فوم نیمه‌مرطوب در ظرف جهت مرطوب نگه داشتن محیط طعمه؛
۲. قرار دادن مقوای برش خورده در ظرف یک‌بارمصرف برای حفاظت از رطوبت و سنجش ترجیح غذایی گونه‌های مختلف موریانه‌ها. جایگذاری کاه سالم (شاهدی برای ترجیح غذایی میان کاه مسموم و کاه غیر مسموم)؛
۳. جایگذاری کاه و کلش مسموم؛
۴. کشیدن یک‌لایه کاه‌گل جهت محافظت از محتوای طعمه؛
۵. برش آلومینیوم و قرار دادن طعمهٔ تهیه‌شده در آن به سبب عایق نور بودن برای ظرف طعمه؛
۶. برش بخشی از ظرف جهت انجام پایش.

جهت سهولت در نوشتن، این طعمه‌ها با علامت اختصاری T.Al.i در جداول درج شده اند (تصویر ۱).

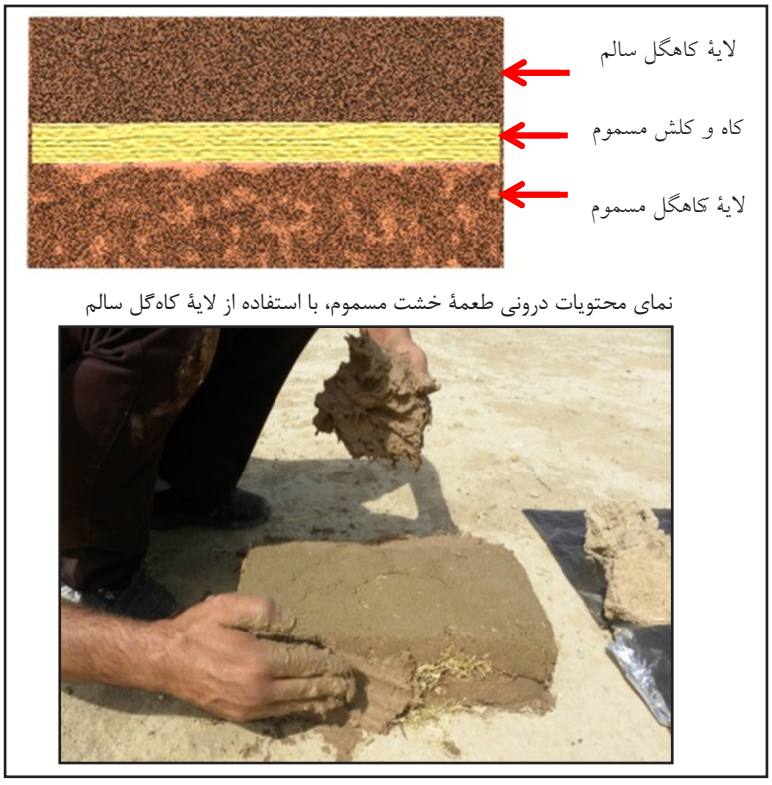


تصویر ۱. طعمه‌های آلومینیومی کارگذاری‌شده در سالن H۶.
(ترسیم از: نگارندگان. عکس از: پورمنفرد)

الف ۲. طعمه‌گذاری در خشت

ابتدا در کف قالب ۱۰×۴۰×۴۰ سانتی‌متری خشت به منظور نچسبیدن خشت به آن، ماسه نرم پاشیده می‌شود. سپس یک‌لایه کاه‌گل با کاه سالم به قطر ۳ سانتی‌متر در کف قالب کشیده می‌شود و بعدازآن تقریباً ۳ سانتی‌متر کاه و کلش مسموم روی لایهٔ کاه‌گل سالم قرار می‌گیرد. آنگاه کاه و کلش مسموم را جایگزین کاه سالم و با گل مخلوط می‌کنیم. بدین ترتیب کاه‌گل مسموم آماده‌شده را روی لایهٔ کاه و کلش آلوده قرار می‌دهیم. طعمهٔ مسموم بر روی نقطهٔ مشخصی از زمین که گالری موریانه‌ها دیده شده است و یا نقاط موریانه‌خیزی که در کنج یا سایه قرار دارند، گذاشته می‌شود. در انتها فاصلهٔ میان لایهٔ سالم و لایهٔ مسموم را با کاه‌گل می‌پوشانیم.

جهت سهولت در نوشتن، این طعمه‌ها با علامت اختصاری T.Kh.i در جداول درج شده اند (تصویر ۲).

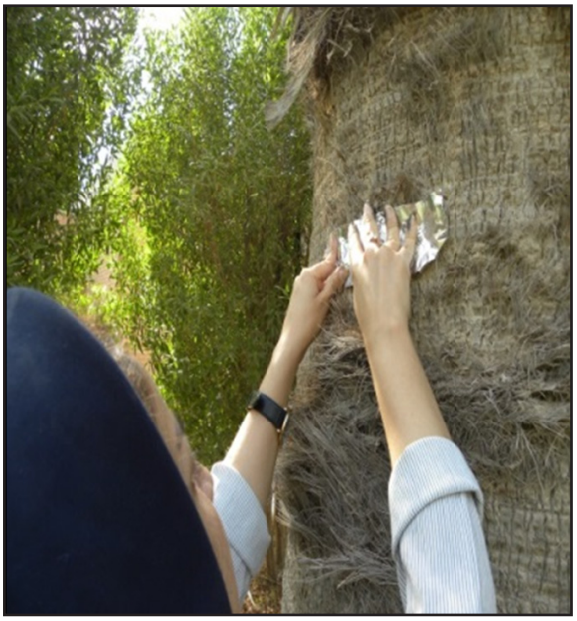


تصویر ۲. نمونهٔ طعمهٔ خشت مسموم (عکس از: ترسیم از: نگارندگان. عکس از: پورمنفرد).

الف ۳. طعمه‌گذاری بر درختان محوطه

طعمه‌گذاری بر درختان به این ترتیب انجام شد که کاه و کلش مسموم (همانند عمل‌آوری خشت مسموم) با گل مخلوط کرده و در ورق‌های آلومینیومی گذاشته و سپس با پونز روی چهار اصله از درختان آلوده به هجوم موریانه‌ها (روی دهلیزهای مشخص) قرار دادند. یکی از چهار درخت طعمه‌گذاری شده در حیاط مرکزی ساختمان اداری قرار دارد.

این طعمه‌ها با علامت اختصاری T.kh.al.i نشان داده شده اند (تصویر ۳).



تصویر۳. نصب طعمهٔ مسموم بر روی درخت (عکس از: پورمنفرد).

ب. مشاهدات پایش‌ها

پس از اتمام طعمه‌گذاری در محوطه جهت بررسی میزان فعالیت موریانه‌ها و اثرگذاری طعمه‌گذاری در مبارزه و کنترل آن‌ها، نمونه‌ها در فواصل معین بررسی و پایش شده اند.

ب ۱. پایش اول

از آنجایی که حرکت موریانه‌ها برای یافتن غذا حرکتی تصادفی است (پورمحمدی و صفار،۱۳۹۳)، طعمه‌گذاری به صورت پراکنده در اکثر نقاط محوطه انجام شد و اولین پایش ۱۰ تا ۱۲ روز پس از استراحت‌دهی به اولین طعمه‌گذاری در تاریخ ۲۴ مهر انجام گرفته گرفت. لازم به ذکر است که با توجه به شرایط بیولوژیکی زندگی موریانه‌ها که در معرض روشنایی تردد نمی‌کنند و در صورت تخریب دهلیز ممکن است محل تغذیه را عوض کنند، در هر پایش طعمه‌ها به طور اتفاقی بازدید و کنترل می‌شوند تا فقط میزان آلودگی نقاط مشخص شود و تمامی طعمه‌ها پاییده نمی‌شوند.

ب ۲. پایش دوم

هم‌زمان با انجام این پایش در تاریخ ۹۵/۰۸/۰۳ به اجرای شاهدگذاری برای میزان اثبات کارایی قالب طعمهٔ مسموم و سم استفاده‌شده در روش طعمه‌گذاری پرداخته شده است. همچنین به سبب قرارگیری در فصل پاییز و حفظ امنیت موریانه‌ها[۱۲] نسبت به محیط طراحی‌شدهٔ طعمه‌ها، در این پایش نیز طعمه‌ها اتفاقی پایش شده اند. در پایش دوم با توجه به بررسی طعمه‌ها چنین به نظر می‌رسد که هجوم موریانه‌ها به سالن H6 بیشتر بوده است و جابه‌جایی موریانه‌ها از طعمه‌های سالن H5 به سمت طعمه‌های سالن H6 است که علت آن می‌تواند آفتاب‌گیری بیشتر سالن H6 نسبت به سایر سالن‌ها در فصل پاییز باشد.

ب ۳. شاهدگذاری

برای مقایسهٔ میزان خوردگی طعمه‌های آغشته به کاه و کلش مسموم با کاه معمولی، سنجش دقیق میزان کارایی عملیات طعمه‌گذاری، و [سنجش کارایی] طعمهٔ مسموم آلومینیومی، نمونه‌های شاهد در سالن‌های H4 و H3 که تقریباً در بخش مرکزی ساختمان شمارهٔ یک و در بخش غربی سالن H5 قرار دارند، کار گذاشته شد.

همچنین روی مرتفع‌ترین بخش ساختمان شمارهٔ ۲ که در قسمت کاملاً جنوبی محوطه واقع شده است (تودهٔ مرتفع مرکزی) به دلیل میزان هجوم بسیاری از موریانه‌های *A.vagans* شاهدگذاری شد تا میزان عملکرد موریانه‌ها بر طعمه‌های خشتی با این شاهدها سنجیده شوند (تصویر ۴-۷).

ب ۴. پایش سوم

با توجه به نتیجه نسبتاً مطلوبی که در دو پایش پیشین حاصل شد، در این پایش تعداد بازبینی طعمه‌های مسموم برای حفظ کارایی آنان کمتر شد و در این تاریخ (۹۵/۰۸/۱۲) بیشتر به پایش طعمه‌های شاهد پرداخته شد.

درختان محوطه نیز در پایش اول و دوم و سوم به‌شدت آلوده و مورد هجوم موریانه‌های میکروسروترمس[۱۳] قرار گرفته بودند. به‌خصوص درخت توت واقع در حیاط باغ‌موزه که به‌وضوح بر بخش‌های طعمه‌گذاری‌شدهٔ آن دهلیزهای خطیِ فعال ایجاد شده بود.

درصد آلودگی در محوطهٔ تاریخی هفت‌تپه بر اساس وزن کردن ۶۰ طعمهٔ مسموم و ۳۰ طعمهٔ شاهد، شمارش موریانه‌های موجود در تمامی طعمه‌ها، اندازه و تعداد حفره‌ها و دهلیزهای ایجادشده، و درصد خوردگی فوم[۱۴]و کارتن و کاه و کلش مسموم در تاریخ ۹۵/۰۹/۱۵ برآورد و سنجیده شده است. تاریخ معین‌شده در آذرماه بر اساس میزان پایین آمدن دما و شروع فصل بارش مشخص شده است، زیرا با سرد شدن دما موریانه‌ها به عمق زمین می‌روند و گاهی پس از بارش برای تغییر کلنی و یا بالا رفتن درصد بیش از حد رطوبت خاک بر روی سطح زمین می‌آیند که در این صورت در شمارش و سنجش درصدِ آلودگی خطا رخ می‌دهد (جدول ۱ و ۲) (نمودار ۱) و (نقشه ۱ و ۲).

جدول ۱. مشاهدات پایش‌های طعمه‌های مسموم (تدوین از: نگارندگان).

مکان طعمه	شمارهٔ طعمه		پایش اول تاریخ: ۹۵/۰۷/۲۴	شمارهٔ طعمه		پایش دوم تاریخ: ۹۵/۰۸/۰۳	شمارهٔ طعمه		پایش سوم تاریخ: ۹۵/۰۸/۱۲
	T.Kh.i	T.Al.i		T.Kh.i	T.Al.i		T.Kh.i	T.Al.i	
محل عمل‌آوری خشت و ملات کاه‌گل	۱		هجوم موریانه برای تخلیه‌گاه	۱		آلودگی و فعالیت موریانه‌ها	۲		آلودگی و فعالیت موریانه‌ها
	۲		سالم	۲		شروع فعالیت موریانه‌ها	۳		آلودگی و فعالیت موریانه‌ها
	۳		سالم	۴		شروع فعالیت موریانه‌ها			
		۱	تقریباً تخلیه‌شده		۶	تخریب‌شده توسط عوامل حیوانی			
		۲	جداره‌سازی بر اثر فضولات موریانه		۱	کاملاً تخلیه‌شده			
					۷	تخلیه‌شده			
		۷	جداره‌سازی بر اثر فضولات موریانه		۹	مشاهدهٔ فعالیت موریانه			
سالن H4	۹		شروع فعالیت موریانه‌ها	۹		ادامهٔ فعالیت موریانه‌ها	۹		توقف فعالیت
سالن H5	۵		فقط مشاهدهٔ دهلیز	۶		آلودگی و مشاهدهٔ دهلیز فعال	۵		توقف فعالیت
	۶		مشاهدهٔ دهلیز فعال	۷		فقط مشاهدهٔ گالری	۶		توقففعالیت
	۷		بدون آلودگی		۲	ادامهٔ فعالیت موریانه‌ها	۷		توقف فعالیت
		۱	بدون آلودگی		۵	شروع فعالیت موریانه‌ها		۴	عدم آلودگی
		۲	مشاهدهٔ فضولات و حضور موریانه		۷	ادامهٔ فعالیت موریانه‌ها		۱۴	مشاهدهٔ آلودگی و دهلیز فعال
		۷	مشاهدهٔ دهلیز فعال		۱۰	تخریب‌شده توسط عوامل حیوانی		۱۵	مشاهدهٔ آلودگی
		۱۰	آلوده همراه با موریانه					۱۹	مشاهدهٔ آلودگی و دهلیز فعال
سالنH6	۸		بدون آلودگی			مشاهدهٔ آلودگی و دهلیز فعال	۸		مشاهدهٔ آلودگی و دهلیز فعال
		۲۲	بدون آلودگی		۲۴	دیواره‌سازی توسط فضولات موریانه		۲۷	عدم آلودگی
		۳۱	آلوده همراه با موریانه		۲۸	دیواره‌سازی توسط فضولات موریانه		۲۹	جداره‌سازی توسط فضولات موریانه
					۲۲	عدم آلودگی		۳۱	ادامهٔ فعالیت موریانه‌ها

۱. سرکشی و پایش مداوم تمامی طعمه‌ها همانند تخریب کردن گالری موریانه‌ها است، زیرا باعث تابش نور به موریانه‌ها می‌شود که در این صورت دچار خطر شده و جهت جست‌وجوی تغذیه تغییر مسیر می‌دهند.

2 .Microcerotermes sp.

جدول ۲. مشاهدات پایش طعمه‌های شاهد (تدوین از: نگارندگان).

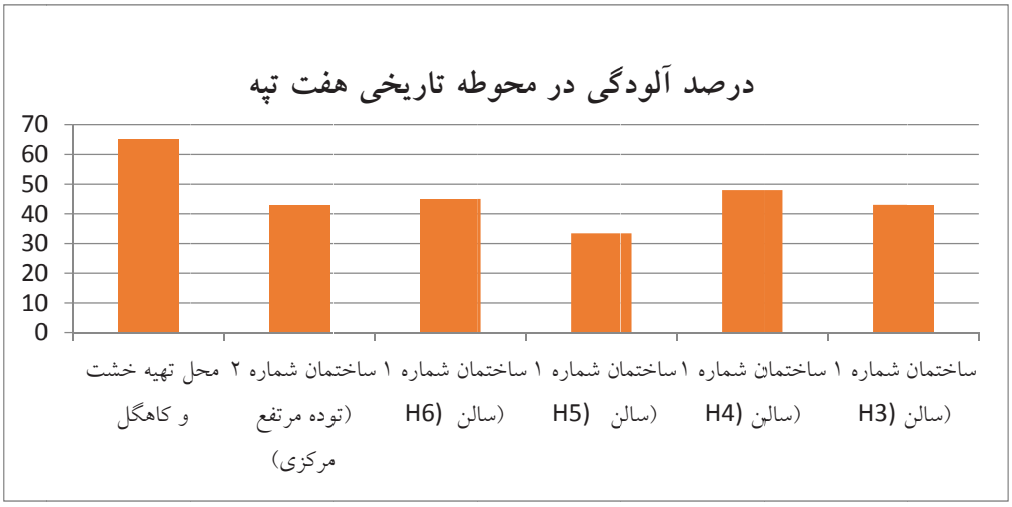
مکان	شمارهٔ طعمه T.Al.i	پایش شاهدگذاری تاریخ: ۹۵/۰۸/۱۲
سالن H3	۲۳	بدون آلودگی
	۲۶	تخریب‌شده توسط عوامل انسانی
	۲۷	بدون آلودگی
سالن H4	۱۳	مشاهدهٔ آلودگی و دهلیز فعال
	۱۴	مشاهدهٔ آلودگی و دهلیز فعال
	۱۷	آلوده‌شده
	۲۱	جداره‌سازی توسط فضولات موریانه
تودهٔ مرتفع مرکزی	۲	آلوده‌شده
	۵	مشاهدهٔ آلودگی و دهلیز فعال
	۶	آلوده‌شده
	۱۰	تخریب‌شده توسط عوامل انسانی

تصویر ۴. طعمهٔ آلومینیومی آلوده‌شده توسط موریانه A.Vagans (عکس از: پورمنفرد).

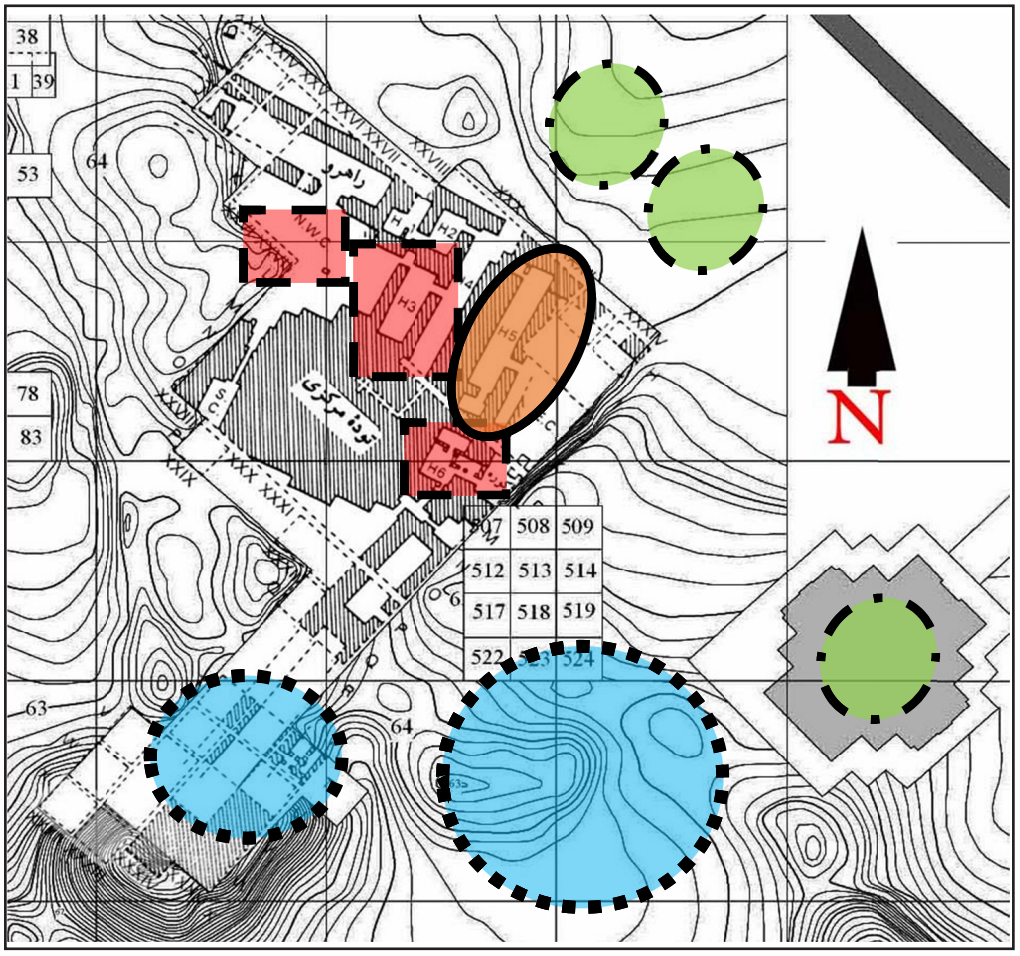
تصویر ۵. طعمهٔ آلومینیومی آلوده‌شده توسط موریانه (عکس از: پورمنفرد).

تصویر ۶ . وزن کردن طعمهٔ مسموم(عکس از: پورمنفرد).

تصویر۷. طعمهٔ آلومینیومی آلوده‌شده توسط موریانه A.Vilis(عکس از: پورمنفرد).



نمودار ۱. میزان درصد آلودگی محوطهٔ هفت‌تپه بر اساس طعمه‌های مسموم و طعمه‌های شاهد (تدوین: نگارندگان).



نقشهٔ ۱. پراکندگی آلودگی موریانه‌ها در محوطهٔ باستانی هفت‌تپه (ترسیم از: نگارندگان)

موریانهٔ *A.vagans*

موریانهٔ *A.vilis*

موریانهٔ *Microcerotermes sp*.

فعالیت دو گونه *A.vilis* و *A.vagans*

نقشهٔ ۲. طعمه‌گذاری در نقاط مختلف (ترسیم از: نگارندگان)

طعمهٔ شاهد
طعمهٔ درختی
طعمهٔ مسموم

ج. جمع‌بندی

پس از اتمام پایش‌ها در طعمه‌ها افزایش وزن مشاهده شده است. دو عامل می‌تواند موجب این اتفاق شده باشد: ۱. بالا رفتن رطوبت خاک موجود در طعمه‌ها بر اثر فعالیت موریانه، ۲. میزان سنگینی وزن فضولات موریانه که شامل خاک مخلوط‌شده با بزاق دهان و دیگر مواد آلی از پیش هضم‌شده در رودهٔ موریانه است، نسبت به وزن کاه و کلش مسمومی که در طعمه قرار داده شده بود، بیشتر است.

گونهٔ *A.vagans* آرواره‌های قوی‌تری دارد، درنتیجه می‌تواند ذرات درشت‌تری از خاک را جابه‌جا کند. قطر حفره‌های ایجادشده توسط گونهٔ مذکور بیش از ۰/۵ سانتی‌متر بوده است. هنگام تخلیهٔ کاه، سطح خشت را تا حفرهٔ ایجادشده بر سطح زمین کاملاً از بین بردند.

از نظر حبیب‌پور گونهٔ *A.vagans* کلنی خود را در مناطقی بنا می‌کند که خاک آن دارای درصدی شن و سیلت و رس باشد و با استفاده از چسبندگی رس و همچنین بزاق دهان خود، ذرات شن را جهت لانه‌سازی انتخاب کرده و به ساخت کلنی می‌پردازد (حبیب‌پور، ۱۳۷۳: ۳۱۵). لذا گونهٔ مذکور به دلیل توانایی در ایجاد فضای خالی بیشتر جهت حفر دالان و دهلیزسازی، آسیب شدیدی به لایه‌های تاریخی خاک و همچنین زیرساخت‌های محوطه و جداره‌های خشتی وارد می‌کند.

هنگام برداشت طعمه‌ها از موریانه‌های فعال در طعمه‌های آلوده مجدداً نمونه‌برداری شد.[۱۵] نمونه‌ها به روش پیشین جمع‌آوری و به مؤسسهٔ گیاه‌پزشکی ایران (آزمایشگاه بخش تاکسونومی) ارسال شد. بر اساس بررسی و تشخیص دکتر غیورفر و مهندس نعمتیان گونهٔ *Amitermes vilis* شناسایی شد. گونهٔ *A.vilis* از خانوادهٔ

ترمیتیده[16] است. پیشتر حبیب‌پور (در ۱۳۷۳ حین انجام امور پایان‌نامهٔ دکتری) وجود این گونه را خوزستان گزارش کرده بود.

گونهٔ A.vilis باآنکه کوچک‌تر است، آرواره‌های قوی‌تری دارد و قطر حفره‌های ایجادشده توسط آن در ملات کاهگل کوچکتر تا ۰/۵ است. اما تعداد بالای حفره‌های ایجادشده بیانگر فعالیت و جمعیت بالای این‌گونه است. همچنین از بین رفتن لایهٔ کارتن به طول ۵ سانتی‌متر نمایانگر میزان توانایی این گونه در ایجاد خسارت است. گونهٔ مذکور با حفر دهلیزهای باریک در لایه‌های خاک، خشت‌ها، و ملات کاه‌گل، شبکه‌ای توخالی و ظریف و پیوسته در دل این محوطهٔ تاریخی حفر می‌کند. هجوم موریانه‌های *Microcerotermes sp*. بر طعمه‌های موجود روی درختان نیز بیانگر آن است که سم *Diflubenzuron* مورد استفاده در طعمه‌ها برای این گروه از موریانه‌ها نیز خاصیت جلب‌کنندگی داشته است.

همچنین کاهش جمعیت موریانه‌ها در بخش‌های گوناگون محوطهٔ تاریخی هفت‌تپه به طور مثال در بخش عمل‌آوری خشت و کاهگل و یا و سالن H5 واقع در ساختمان شمارهٔ یک، در این پایش ۹ ماهه می‌تواند بیانگر اثرگذاری سم مذکور در کاهش جمعیت موریانه‌ها باشد.

با در نظر داشتن حفظ ارزش‌های محوطهٔ باستانی هفت‌تپه جهت تسریع روند طعمه‌گذاری[17] به ارائه راه‌کارهای پیشنهادی در ذیل پرداخته می‌شود.

با توجه به این نکته که موریانه‌ها دارای قدرت پیشرفته‌ای برای سوراخ کردن زمین و ساختن بناهایی از خاک و ماده آلی هستند، دانه‌بندی خاک هفت‌تپه به سبب رسی بودن خاک و ترکیب ذرات رس و سیلت با درصدی ماسه ـ که مواد عمدهٔ تشکیل‌دهندهٔ این لایه‌های تاریخی هستند ـ مکانی مناسب جهت تردد موریانه‌هاست. به همین جهت پیشنهاد می‌شود بین حصار دوم و سوم محوطهٔ باستانی هفت‌تپه از سد مکانیکی استفاده شود. اجرای سد چنین باید باشد که خاک منطقهٔ مورد نظر تا عمق معینی (زیر نظر نیروی متخصص) برداشته شده و به جای آن ذرات ریز ماسه و شن به علاوهٔ مش فلزی قرار گیرد. این روش باعث خواهد شد که حرکت موریانه‌ها درون خاک به‌سختی صورت گیرد. زیرا آرواره‌های آنها توانایی جابه‌جا کردن ذرات شن و عبور از مش را ندارد. اجرای سد مکانیکی می‌تواند حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد فعالیت موریانه‌ها و روند حرکتی آنان از کشتزارهای نیشکر به محوطهٔ باستانی را کاهش دهد.[18]

با توجه به شرایط زیست گونهٔ *A.vagans* که طبقهٔ کارگر آن شب‌ها بدون ایجاد دهلیز بر سطح زمین به جستوجوی غذا برای انبار کردن می‌پردازد[19](M. L. Roonwal & G. Bose, 1988) سد فیزیکی نمی‌تواند به‌تنهایی راه‌حل مناسبی برای کنترل گونهٔ مزبور باشد. به همین دلیل جهت مبارزه با این گونه و کنترل آن می‌توان سطح زمین را با سموم مجاز سمپاشی کرد و از این طریق باعث کاهش جمعیت طبقهٔ کارگر و درنتیجه کاهش درصد عملیات غذارسانی به کلنی موریانه‌های *A.vagans* شد.

همچنین به سبب نزدیکی محوطهٔ باستانی هفت‌تپه به مزارع کشت نیشکر، می‌توان از ملاس نیشکر جهت شیرین کردن و طعم دادن طعمه‌های مسموم برای جلب بیشتر موریانه‌ها استفاده کرد.[20]

هنگام برداشت و شمارش طعمه‌های آلوده‌شده توسط گونه *A.vilis* مشخص شد که ترجیح غذایی این گونه کارتن بوده است. چرا که ابتدا به کارتن‌ها هجوم آورده بودند و سپس به سراغ کاه و کلش رفته بودند. بنابراین می‌توان از کارتن‌های مسموم در طعمه‌هایی طراحی‌شده برای این گونه استفاده کرد.

با توجه به فعالیت زیاد گونهٔ *A.vagans* در محوطهٔ هفت‌تپه می‌توان از خشت‌های مسموم جهت طعمه‌گذاری استفاده کرد.

درنهایت می‌توان استفاده از طعمه‌های آلومینیومی را برای هر دو گونه *A.vagans* و *A.vilis* به مثابه یکی از بهترین راهکارها جهت کنترل موریانه‌های زیرزمینی و جلوگیری از خسارتزایی آنان در محوطه هفت‌تپه معرفی کرد. همچنین جهت نگهداری رطوبت طعمه‌ها می‌توان از فوم مرطوب استفاده کرده[21] و کارتن‌های کارگذاری شده را نیز به سم فرآوری‌شده آغشته کرد. در پایان باید به این نکته اشاره کرد که جهت کنترل موریانه‌ها و جلوگیری از هجوم مجدد آنها به محوطهٔ باستانی هفت‌تپه باید طعمه‌گذاری مستمر انجام شود. زیرا موریانه‌ها با توجه به محیط مناسب هفت‌تپه برای زندگی در صورت امن یافتن محوطه فوق سریعاً شروع به ساختن کلنی در آن می‌کنند.

تشکر و قدردانی

از راهنمایی‌های ارزندهٔ آقای دکتر رحیم غیورفر، آقای دکتر عزیز شیخی گرجان، آقای دکتر کورس سامانیان، سرکار خانم فرانک بحرالعلومی، و رییس محترم پایگاه چغازنبیل و هفت‌تپه جناب آقای دکتر علیرضا رازقی و کارمندان این پایگاه بابت همکاری‌های بی‌دریغ‌شان در انجام امور این پژوهش متشکر و قدردان ایم.

پی‌نوشت‌ها

۱. سرزمینی وسیع از علفزار است.

۲. Diflubenzuron

۳. به طور کلی حرکت موریانه‌ها برای یافتن غذا حرکتی تصادفی است (پورمحمدی و صفار، ۱۳۹۳: ۴۶).

۴. عکس این مطلب در موریانهٔ *Macrotermes subhyalinus* وجود دارد که مواد نرم زیادی به سطح خاک آورده و آن را چسبانده و لایه‌ای درست می‌کنند که به آسانی آب در آن نفوذ نمی‌کند (Boyer, 1958).

۵. Anacanthotermes

۶. با توجه به روش ایجاد سد فیزیکی توسط ذرات درشت شن جهت جلوگیری از حرکت موریانه‌ها (غیورفر، ۱۳۸۴: ۱۴۴) به نظر می‌رسد که جایگزینی خاک رس در محوطه باعث سهولت حرکت موریانه‌ها شود.

7. Baiting system (جهت درک بهتر سیستم طعمه‌گذاری به مقالهٔ پورمحمدی و صفار در اثر شمارهٔ ۶۶ پاییز ۱۳۹۳ مراجعه شود)

۸. جمع‌آوری و سوزاندن مواد سلولزی زائد مثل کاغذ، بقایای گیاهی و شاخه‌های خشک‌شده‌ای که روی زمین افتاده اند، به منظور قطع ارتباط موریانه با منابع تغذیه صورت می‌گیرد.

۹. *Anacanthotermes vagans* تنها گونه‌ای است که در مرحلهٔ اولیه از خاک محوطه نمونه‌برداری و شناسایی شد. به همین سبب طعمه‌های مسموم بر اساس نوع تغذیه و ترجیح غذایی این گونه طراحی شده است.

۱۰. استفاده از کاه و کلش گندم به سبب در دسترس بودن آن است.
۱۱. دیفلوبنزورون SC48% شرکت Chemtura Europe LTD.
۱۲. سرکشی و پایش مداوم تمامی طعمه ها همانند تخریب کردن گالری موریانه‌ها می باشد، زیرا باعث تابش نور به موریانه‌ها می‌شود که در این صورت دچار خطر شده و جهت جستجوی تغذیه تغییر مسیر می‌دهند.
۱۳. *Microcerotermes sp*
۱۴. رودۀ موریانه‌ها توانایی هضم فوم را ندارد و فقط به سبب تلاش برای پیدا کردن غذای بیشتر، در فوم‌ها حفره ایجاد شده است. بنابراین پس از عدم هضم، فوم را به صورت فضولات پس داده اند که خود نقش بسزایی در بالا بردن وزن طعمه دارد (مصاحبۀ شفاهی با دکتر غیورفر، ۹۵/۰۹/۱۸).
۱۵. با توجه به اینکه شناسایی از روی صفات مورفولوژیکی انجام می‌شود و از آنجا که این سم روی مشخصات مورفولوژیکی آن تغییری ایجاد نمی‌کند پس می‌توان گفت که استفاده از این روش بلامانع است.
16. termitidae
۱۷. زمان مورد نیاز در روش طعمه‌گذاری از ۴ ماه تا ۴ سال بر اساس گونه و نوع بافت خاک و میزان رطوبت متغیر است. بنابراین به طور قطع نمی‌توان زمان مشخصی برای آن در نظر گرفت. در این مقاله نتایج به‌دست‌آمده در مدت زمان اجرای طرح به نوبۀ خود در جهت پیشنهاد راه‌کارهای کنترلی است و مسلماً برای اجرای طرحی جامع نیاز به زمان و طعمه‌های بیشتری است.
۱۸. ذرات شن می‌توانند به مثابه یک سد، مانع ورود موریانه‌ها شوند البته استفاده از دانه‌های شن به اندازه و شکل و سفتی و صاف و صیقلی بودن این ذرات بستگی دارد. موریانه‌ها ذرات بزرگ را نمی‌توانند جابه‌جا کنند و حرکت در شن‌های ریز هم برای آنها دشوار است (Julian et al., 1999:1-4) (su et al., 1991:912-916) به علاوه در کتاب دکتر غیورفر موریانه‌های ایران (۱۳۸۴) نیز موانع فیزیکی شرح داده شده است.
۱۹. همچنین با مشاهدات و بررسی‌های انجام‌گرفته توسط نویسندۀ این مقاله، سرور پورمنفرد در محوطۀ باستانی هفت‌تپه، گونۀ A.vagans بلافاصله هنگام نزدیکی به غروب خورشید روی سطح بدون دهلیز مشاهده شده است. به‌خصوص در بخش‌هایی که کاه بر روی زمین ریخته شده و یا گیاهان خشک‌شده وجود دارند.
۲۰. در مواردی جهت افزایش جلب‌کنندگی از شکر در طعمه‌ها استفاده شده (نعمتیان، ۱۳۹۳، پایان‌نامۀ کارشناسی ارشد). انتظار می‌رود ملاس چغندر قند و نیشکر به عنوان مواد شیرین‌کننده طبیعی برای موریانه‌ها جاذبۀ بیشتری داشته باشد. البته تعیین مقدار معینی از آنها نیازمند آزمایش‌های بیشتری است.
۲۱. با توجه به اینکه طعمه‌ها در ظرف‌های یکبارمصرف قرار گرفته و اطراف آن آلومینیوم پیچیده شده است ـ که خود گرما را جذب کرده و باعث خشک شدن سریع‌تر محتوای ظرف می‌شود ـ قرار دادن فوم مرطوب در طعمه‌ها از ملزومات است. در این خصوص می‌توان به نوشتۀ: «همچنین اغلب گونه‌ها رطوبت‌های نسبی ۹۰-۹۷٪ را ترجیح می‌دهند (نعیم و دامادزاده، ۱۳۶۴: ۸۱)» اشاره کرد.

منابع

ـ پورمحمدی، سپیده و مرضیه صفار. (پاییز ۱۳۹۳). «رویکرد جدید برای حفاظت از بناهای تاریخی در مقابل عوامل بیولوژیک در ایران کاربرد سیستم طعمه‌گذاری در کنترل موریانه‌های زیرزمینی (نمونۀ مطالعه-شده: مسجد جامع فهرج)». در *اثر*، ش۶۶، ص ۳۹ـ ۵۲.
ـ پورمحمدی، سپیده و هادی حسینی ده‌میری. (پاییز و زمستان ۱۳۸۶). «موریانه‌ها خطری جدی برای بناهای خشتی تاریخی شهر یزد و سایر شهرهای ایران به‌ویژه در هنگام وقوع زلزله». در *اثر*، ش ۴۲ و ۴۳، ص ۳۱ـ ۴۵.
ـ پاک‌گوهر، سجاد. گفتگوی شخصی با سرور پورمنفرد، شهرستان آبادان: ۱۰ فروردین ۱۳۹۶، ادارۀ میراث فرهنگی و گردشگری شهرستان آبادان.
ـ حبیب‌پور، بهزاد. (۱۳۷۳). *بررسی فنون، زیست‌شناسی و اهمیت اقتصادی موریانه‌های استان خوزستان*. پایان‌نامۀ کارشناسی ارشد رشتۀ حشره‌شناسی کشاورزی، استاد راهنما: کریم کمالی. مشاور: سیدحسین حجت. اهواز: دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکدۀ کشاورزی.
ـ صفار، مرضیه و مهدی ضیاءالدینی و رحیم غیورفر. (زمستان ۱۳۹۶). «کارآیی و دوام تزریق کلرپایریفوس برای کنترل موریانه‌های زیرزمینی در بناهای تاریخی (نمونۀ مطالعه‌شده: خانۀ مشروطۀ یزد (قرن سیزدهم هجری))». در *اثر*، شماره ۶۷، ص ۴۷ـ ۵۶.
ـ غیورفر، رحیم. (۱۳۸۴). *موریانه‌های ایران (شکل‌شناسی، رده‌بندی، کنترل)*. چ۱. تهران: نشر آزمون کشاورزی (به سفارش موسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی).
ـ غیورفر، رحیم و سپیده پورمحمدی و لیلی حسن‌آبادی و مرضیه صفار محمدآبادی. (۱۳۸۷). *عوامل بیولوژیک خسارت‌زا به بناهای تاریخی*. چ۱. یزد: نشر همپا؛ پایگاه میراث فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری شهر تاریخی یزد (بخش مردم‌شناسی).
ـ غیورفر، رحیم و کاظم محمدپور. (بهار ۱۳۸۸). «مطالعه و کنترل موریانه‌های زیرزمینی در نخلستان‌های سراوان با استفاده از سیستم طعمه‌گذاری». در *آفات و بیماری‌های گیاهی* (ویژه‌نامۀ آفت‌کش‌ها)، ص ۱ـ ۱۷.
ـ غیورفر، رحیم. (۱۳۹۰). *ادامۀ طرح مستندنگاری و بررسی عوامل خسارت‌زا به بنای تاریخی محوطۀ جهانی چغازنبیل و مطالعۀ راه‌های کنترل و پیشگیری آنها* (فاز سوم). گزارش پایگاه حفاظت و مرمت چغازنبیل و هفت‌تپه (نسخۀ اول).
ـ مترلینگ، موریس. (۱۳۸۸). *زنبورعسل، مورچگان، موریانه*. ترجمۀ ذبیح‌الله منصوری. چ۲. تهران: نشر نگارستان کتاب.
ـ نگهبان، عزت‌الله. (۱۳۷۲). *حفاری هفت‌تپه دشت خوزستان*. چ۱. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
ـ نعمتیان، محمدرضا. (۱۳۹۵). «موریانه‌ها آفاتی خاموش». در *خبرنامۀ انجمن حشره‌شناسی ایران*، سال پانزدهم، ش۶۱، ص ۶ـ ۸.

- Chowdhury, Indrajit, (2008). "Caspases an update". *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 151.1: 10-27.
- Gambetta, A. & V. Zaffagnini, & E. De Capua. (2000). "Use of hexaflumuron baits against subterranean termites for protection of historical and artistic structures: experiment carried out in selected test areas at the church of Santa Maria della Sanità in Naples." Journal of *Cultural Heritage* 1.3 (2000): 207-216.
- ICOMOS, D. (1964). The Venice Charter; House of lords 2006:52.
- Langenbach, Randolph. (2004). *Soil dynamics and the Earthquake Destruction of the earthen architecture of the ARG-E BAM*. International Building Conservation Consultant, Washington, D. C. & Oakland, California, USA.

Number 1.
- Su.Nan-Yao, Paul M. Ban, Rudolf H. Scheffrahn (2004). *Control of subterranean termite populations at San Cristobaland and El Morro*. San Juan National Historic Site. National Center for Preservation Technology and Training Publication No. 2004-01.
- Singh, Jagjit. (2004). "Fungi in Buildings, Holistic Conservation and Health Environmental Management of Fungal Problems in our Cultural Heritage". In Schimmel: *Gefahr für Mensch und Kulturgut durch Mikroorganismen* (pp. 64-69). Konrad Theiss Verlag.
- Yakobson, G. G. (1905-1915). *Beetles of Russia and West Europe*. SPb: lzdatel'stvo Devriena. Table: 75.
- Su,N-Y. Scheffrahan, R-H. (1990). "Comparison of eleven soil termiticides against the Frmosan subterranean termite and eastern subterranean termite (Isoptra: Rhinotermitidae)". *J.Econ. Entoml* (83) 5:1918-1924 (1990).
- Su,N-Y. Scheffrahan, R-H. (1998). "A review of subterranean termite control prectices and prospects for integrated pest management programmes". *Integrated pest management reviews* 3: 1-13.
- Su. Nan-Yao, Jamey D. Thomas, & Rudolf H. Scheffrahn (1999). "Elimination of subterranean termite populations from the statue of liberty national monument using a bait matrix containing an insect growth regulator, Hexaflumuron". *American Entomologist*.Volume 49