اثرات خاک تیمار شده با اسید بوریک روی مرگ و میر، فعالیت های تونل زنی و تغذیه‌ای موریانه *Microcerotermes diversus* Silvestri (Isoptera:Termitidae) در شرایط آزمایشگاهی

زینب فتح اللهی[۱]، بهزاد حبیب پور[۲]* سعید محرمی پور[۳] و فرحان کچیلی[۴]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد رشته حشره شناسی، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲*- **نویسنده مسؤول:** استادیار گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز (Habibpour_ b@scu.ac.ir)

۳- دانشیار گروه حشره شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

۴- دانشیار گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۲۲

چکیده

موریانه *Microcerotermes diversus* Silvestri (Iso.: Termitidae) مهمترین آفت ساختمان ها در اهواز می باشد و از کلیه مواد حاوی سلولز تغذیه می کند. این موریانه در آشیانه های زیرزمینی زندگی می کند و از طریق ایجاد دالان های زیرزمینی به ساختمان ها و گیاهان دست می یابد. فعالیت حشره کشی ترکیبات بور سبب شده که جهت تیمار خاک و ایجاد موانع خاکی علیه موریانه های زیر زمینی توصیه گردد. در این تحقیق اسید بوریک به عنوان مانع شیمیایی بر علیه *M. diversus* با استفاده از روش های زیست سنجی لوله های آزمایشی و ظروف پلاستیکی در شرایط آزمایشگاهی ارزیابی شد. حدود غلظت مورد استفاده ۰/۲- ۴ درصد بود. نتایج نشان داد اسید بوریک به عنوان دور کننده عمل نکرد، اما خاک تیمار شده با غلظت های بالاتر از ۱/۵ درصد این ترکیب نفوذ موریانه ها را به تاخیر انداخت. همچنین در غلظت های بالاتر از ۱/۵ درصد یک افزایش تدریجی در مرگ و میر ایجاد شد. مساحت تونل زنی و فعالیت تغذیه ای در طول ۱۴ روز در خاک تیمار شده کاهش یافت. با توجه به این نتایج می توان اسید بوریک را به عنوان موریانه کش موثر جهت تیمار خاک پیشنهاد نمود.

کلید واژه ها: Microcerotermes diversus، اسید بوریک، دورکنندگی، نفوذ پذیری، فعالیت های تونل زنی و تغذیه ای

مقدمه

موریانه ها گروهی ازحشرات اجتماعی واقعی[۱] هستند که درجوامع زیستی آنها تقسیم کار صورت گرفته است وافراد به ۳ طبقه اصلی[۲] شامل افراد جنسی بالدار، کارگر و سرباز تقسیم می شوند و هر طبقه براساس توانایی هایشان وظایف متعددی را به عهده دارند (حبیب پور، ۱۳۷۳). موریانه‌ها از مهمترین آفات لوازم چوبی وسلولزی موجود در اماکن مسکونی ونیز در اراضی کشاورزی وفضای سبز در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری هستند (سلیمان نژادیان، ۱۳۷۰). در استان خوزستان از دیرباز به دلیل عدم رعایت اصول پیشگیری در هنگام ساختمان‌سازی عدم بکارگیری مواد محافظت-کننده از چوب و عدم سم پاشی در زمان مناسب، خسارت موریانه‌ها به لوازم چوبی داخل ساختمان ها افزایش یافته است.

موریانه‌های موجود در استان خوزستان به گروه موریانه‌های زیرزمینی تعلق دارند و اکثرا دارای تجمعاتی

1 - Eusocial
2- Caste

در زیر سطح خاک بوده و لانه آنها توده‌های فشرده‌ای ازحجره‌های کوچک است که از مواد مقوایی یعنی سلولز و لیگنین دفع شده با کمی خاک ساخته شده اند (سلیمان نژادیان، ۱۳۷۰).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که مهمترین موریانه در استان خوزستان گونه *Microcerotermes diversus* Silvestri (Isoptera: Termitidae) می باشد و به عنوان حریص ترین و مخرب ترین موریانه دارای حوزه جستجوگری غذای وسیع بوده و توانایی ایجاد اجتماعات ثانویه در دیوارها و سقف اماکن و نیز روی درختان را دارد. لذا ریشه‌کنی و کنترل آن با مشکلاتی همراه است (حبیب پور، ۱۳۸۵).

به‌طورکلی، بدلیل زندگی مخفی موریانه‌های زیرزمینی طراحی و اجرای روش های مؤثر کنترل آن ها با محدودیت هایی همراه بوده است و بایستی مورد بررسی دقیق قرار گیرد. از طرفی سالیانه میلیون ها دلار صرف کنترل موریانه‌ها در سراسر جهان می‌شود که هشتاد درصد از این هزینه‌ها مربوط به خسارات وارد شده توسط موریانه‌های زیرزمینی و هزینه‌های ناشی از کنترل آن‌ها است (سلیمان نژادیان، ۱۳۷۰؛ مو و همکاران[1]، ۲۰۰۶). مدیریت مبارزه با موریانه های زیر زمینی بیشتر بر استفاده از روش های شیمیایی مانند تیمار خاک، طعمه گذاری و گرد پاشی متمرکز بوده است (هو[2]، ۲۰۰۵؛ کوبوتا و همکاران[3]، ۲۰۰۸؛ یوه و لی[4]، ۲۰۰۷). استفاده از موریانه کش ها در خاک برای دور کردن موریانه ها از ساختمان ها در ۵۰ سال گذشته متداول ترین شیوه بوده و کنترل موریانه ها با استفاده از سموم کلره آلی از جمله کلردان انجام می شد تا زمانی که مصرف آن بین سال های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ در بسیاری از کشورها بدلیل خطرات ناشی از آلودگی‌های زیست محیطی و همچنین خطراتی که برای سلامت انسان داشت ممنوع شد. سپس ترکیبات پیرترین جایگزین این نوع از موریانه کش ها شدند که این گروه نیز خاصیت دورکنندگی شدید داشته و به صورت طبیعی در آب حل نمی شوند (مو و همکاران، ۲۰۰۵؛ سو و همکاران[5]، ۱۹۹۷).

از سموم حشره‌کش کند اثر، بورات‌ها برای حشرات چوب‌خوار سمی هستند. این مواد سمیت گوارشی پایینی در پستانداران ایجاد می‌نمایند. بوراکس[6]، اسید بوریک و نمک‌های بور در غلظت‌های خیلی کم موجب عدم تبدیل مواد سلولزی به مشتقات قندی شده، موریانه گرسنه مانده و تلف می‌شود (رخشانی، ۱۳۸۱). ترکیبات بورات سمیت پایینی برای پستانداران دارند. بورات‌ها ترکیبات بی‌بو، غیر فرار، کند اثر و با خاصیت عدم دورکنندگی بوده و تأثیرشان بر روی موریانه‌ها به اثبات رسیده است (مایستر لو و همکاران[7]، ۲۰۰۱؛ مایسترلو و همکاران، ۲۰۰۲). بورات‌ها به عنوان بازدارنده تغذیه ای عمل نمی‌کنند (گنتز و گریس[8]، ۲۰۰۷). گرچه اسید بوریک H_3BO_3 و ترکیبات دیگر بور از سال ۱۸۰۰ به عنوان حشره‌کش مورد استفاده قرار گرفته اند ولی شیوه تاثیر آن ها به درستی درک نشده است (میستر لو و همکاران، ۲۰۰۱). تیمار خاک با موریانه‌کش‌ها شیوه رایج برای کنترل‌موریانه زیرزمینی در اکثر کشورهای جهان می‌باشد. فعالیت حشره‌کشی ترکیبات بور سبب شده که جهت تیمار خاک و ایجاد موانع خاکی علیه موریانه‌های زیرزمینی توصیه گردد (کارد[9]، ۲۰۰۱).

مایسترلو و همکاران (۲۰۰۱) اثرات نوت کاتون[10] که عصاره طبیعی مستخرجه از گیاه روغنی وتی ور[11] *Vetiveria zizanioides* Lynn Nash می باشد و ترکیب دی سدیم اکتابورات تتراهیدرات از گروه بورات‌ها را روی موریانه زیرزمینی *Coptotermes*

1- Mo *et al.*
2- Hu *et al.*
3- Kubota *et al.*
4- Yeoh *et al.*

5- Su *et al.*
6 - Borax
7- Maistrello *et al*.
8- Gentz & Grace
9- Kard
10- Nootkatone (Sesquiterpene ketone)
11 - Vetiver

formosanus Shiraki از خانواده Rhinotermitidae مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تمام این ترکیبات در رفتار تونل زنی اختلال ایجاد می‌کنند. همچنین در بررسی دیگر نیز اثرات نوت کاتون و دی سدیم اکتابورات تتراهیدرات[1] روی موریانه موریانه *C. formosanus* و فون تک سلولی های همزیست آن بررسی و مقایسه شدند (مایستر لو و همکاران، ۲۰۰۲).

احمد و همکاران[2](۲۰۰۴) اثرات فرمولاسیون‌های بورات به عنوان حفاظت کننده‌های چوب جهت کنترل موریانه زیرزمینی*C. acinaciformis* Froggatt را در استرالیا مورد بررسی قرار دادند. پس از ۸ هفته از شروع زیست‌سنجی نتایج حاکی از این بود که بورات‌ها برای موریانه‌ها سمی و مرگ و میر معنی داری را باعث شدند. کارد (۲۰۰۱) اثرات زیان آور خاک تیمارشده با اسید بوریک بر علیه موریانه‌های جستجوگر زیرزمینی از خانواده Rhinotermitidae را ارزیابی کرد.

تیمار خاک با سموم سازگار با محیط زیست جهت کنترل موریانه ها بایستی بیشتر مورد توجه قرار بگیرد. در این تحقیق با توجه به بیولوژی و رفتار موریانه *M. diversus* اثرات سم اسید بوریک مورد ارزیابی قرار می گیرد.

مواد و روش ها

موریانه‌ها درمنطقه اهواز با استفاده از بلوک های چوبی تهیه شده از چوب های تجاری مورد علاقه موریانه (چوب راش، چوب ایرانی) در خاک، جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند (حبیب پور، ۱۳۷۳).

بلوک های چوبی در ابعاد ۲×۶×۲۰ سانتی‌متر تهیه شدند و این چوب ها ابتدا به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند تا میزان رطوبت همه آن ها یکسان شود. برای رفع استرس موریانه‌ها، قبل از شروع آزمایش های زیست‌سنجی به مدت ۲۴ ساعت در جعبه‌های پلاستیکی حاوی خاک ورمیکولیت و شن به نسبت (۱: ۲) از کاغذ صافی مرطوب تغذیه نمودند. جعبه‌های پلاستیکی در انکوباتور تاریک در شرایط دمای ۲±۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد نگهداری شدند. تنها از موریانه‌های فعال و سالم در آزمایش استفاده گردید.

در این تحقیق اسید بوریک با فرمول شیمیایی H_3BO_3 به صورت پودر خالص[3] ساخت شرکت مرک مرک آلمان تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. پس از آزمون های مقدماتی غلظت های موثر با استفاده از رابطه لگاریتمی مشخص گردید. غلظت های مناسب برای آزمایش ۰/۲، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۴ درصد تعیین شدند. حلال مورد استفاده آب مقطر بود.

روش زیست سنجی لوله آزمایش:

در این آزمایش ۱۰۰ گرم خاک ماسه درون هر ظرف ریخته و با غلظت های معین از سم به مقدار ۱۰ میلی لیتر تیمار شدند و شاهد که خاک تیمار نشده بود تنها با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر مرطوب شد. لوله های زیست سنجی به ارتفاع ۱۲ سانتی متر و قطر ۱/۵ سانتی متر در نظر گرفته شدند.

قابل ذکر می باشد که پس از طی ۲ ماه آزمون های مقدماتی نوع خاک مورد نظر و درصد آگار تعیین شدند. در طی این آزمون ها مشخص گردید که بین خاک های ماسه ای، ورمیکولیت و ماسه- ورمیکولیت، مناسب ترین خاک از لحظ سرعت نفوذ خاک ماسه ای می باشد. پس از آزمایش مشخص شد که آگار ۱۰ و ۷ درصد برای موریانه ها غیر قابل نفوذ در حالی که آگار ۴ درصد نفوذ پذیر می باشد.

شکل ۱ نحوه قرار گیری مواد مورد استفاده در لوله های زیست سنجی را به صورت لایه های متوالی نشان می دهد. مجموع خاک تیمار شده و تیمار نشده در هر لوله آزمایشی ۷ سانتی متر در نظر گرفته شد. در بالای

1- Disodium Octaborate Tetrahydrate
2- Ahmed *et al.*
3- Technical

لایه آگار کاغذ صافی واتمن[1] شماره ۱ در اندازه ۱×۲ سانتی متر به شکل z (برای افزایش سطح تماس موریانه ها با کاغذ صافی) برش داده و جایگزین شد(۹). موریانه ها برای زندگی به رطوبت بالایی احتیاج دارند، لایه آگار جهت تامین رطوبت محیط در نظر گرفته شد. لوله های آزمایشی حاوی خاک تیمار نشده بین دو قسمت آگار به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پس از رها سازی موریانه ها (۲عدد سرباز و ۵۰ عدد کارگر)، آلومینیوم فویل در اندازه ۳ × ۳ سانتی متر مربع به صورت پوششی روی لوله های آزمایش قرار داده شد تا از خارج شدن موریانه ها به بیرون جلوگیری شود و جهت تبادل هوا منافذ ریزی روی فویل ایجاد گردید.

برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد. واحد های آزمایشی به انکوباتور انتقال یافته و در شرایط ذکر شده قرار گرفتند. زنده های موجود در لوله آزمایش پس از ۷ روز شمارش شدند و مرگ و میر محاسبه شد.

روش زیست سنجی در ظروف پلاستیکی:

در این آزمایش خاک آزمایشی الک و درون آون در دمای ۵۰-۴۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸- ۲۴ ساعت قرار داده شد تا آلودگی ها از بین رفته و خاک خشک گردد.

واحد های آزمایشی شامل ظروف پلاستیکی به ابعاد ۱۹×۱۳ سانتی متر توسط قطعه شیشه ای به ابعاد ۱۳/۵×۷×۰/۵ سانتی متر به دو قسمت مساوی تقسیم شدند. سپس ۱۰۰ گرم خاک در هر قسمت از ظروف قرار داده شد.

یک قسمت از ظرف با ۱۰ میلی لیتر از سم تیمار شد و خاک شاهد با ۱۰ میلی لیتر از آب مقطر مرطوب شد. دو قطعه چوب در ابعاد ۱×۱×۲ سانتی متر پس از قرار دادن درون آون (به مدت ۲۴ ساعت) وزن شده، در هر قسمت قرار گرفتند (شکل ۲). ۴۰۰ عدد موریانه کارگر و ۲ عدد موریانه سرباز در قسمت تیمار شده رهاسازی شدند. جهت تامین رطوبت کافی ظروف با کاغذ صافی ورقه ای مرطوب پوشانده شدند، سپس ظروف به انکوباتور انتقال داده شدند. پس از ۴۸ ساعت قطعه شیشه ای برداشته شد تا موریانه ها آزادانه حرکت نمایند و به فعالیت جستجوگری خود جهت دستیابی به منبع غذایی بپردازند و همچنین عدم دورکنندگی سم مورد بررسی قرار گیرد.

برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد. پس از ۱۴ روز میزان مرگ و میر و تغذیه از چوب ها بررسی و میزان تونل زنی در هرقسمت اندازه گیری شد.

تجزیه داده ها

برای نرمال کردن داده ها از نرم افزار SPSS(11.5) استفاده شد و بر حسب نیاز بر روی داده ها تبدیل Arcsin√%x صورت گرفت. میزان مساحت تونل زنی توسط دستگاه سطح پیما اندازه گیری شد. زیست سنجی تغذیه با فرمول های زیر انجام و سپس آنالیز بر روی داده ها صورت گرفت (حبیب پور ، ۱۳۸۵).

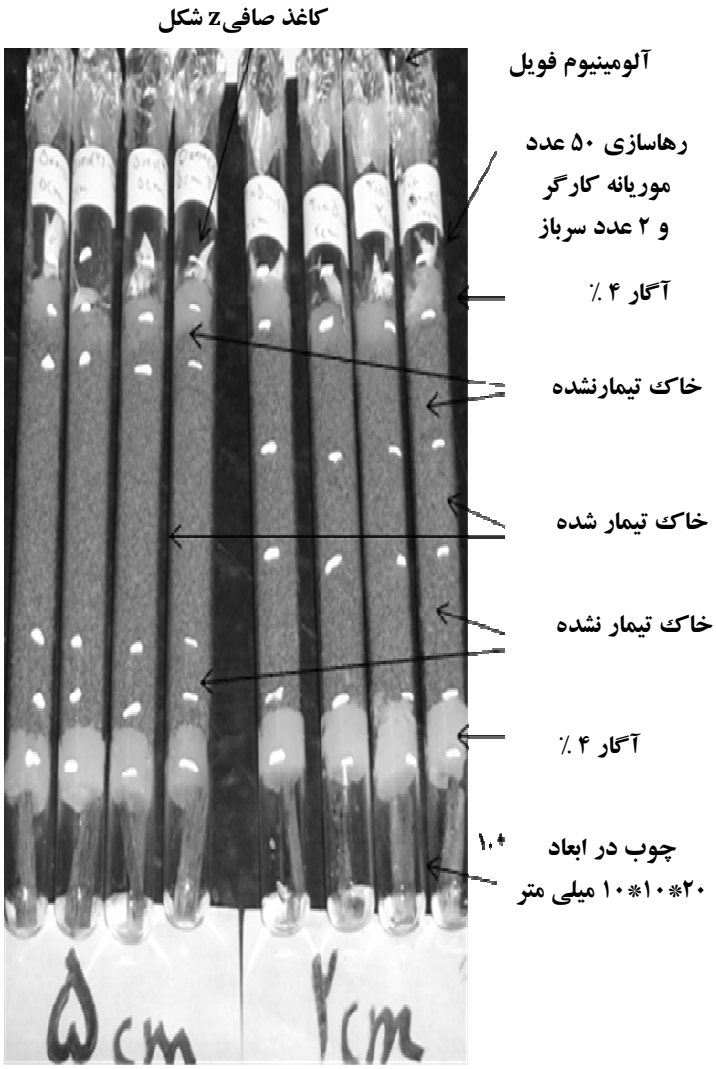
$$\text{درصد تغذیه} = \left(1 - \frac{\text{وزن ثانویه کاغذ صافی}}{\text{وزن اولیه کاغذ صافی}}\right) \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد کاهش تغذیه نسبت به شاهد} = \left(1 - \frac{\text{تفاوت وزن ثانویه و اولیه کاغذ صافی برای هر غلظت}}{\text{میانگین تغذیه از شاهد}}\right) \times ۱۰۰$$

$$\text{نرخ تغذیه از ماده خشک} = \frac{\text{تفاوت وزن اولیه و ثانویه چوب به میلی گرم}}{\text{تعداد موریانه مورد آزمایش}} / \text{زمان آزمایش}$$

1 - Whatman

گیاه پزشکی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۵ شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱



شکل شماره۱- لوله زیست سنجی حاوی ۲ و۵ سانتی متر خاک تیمار شده

جهت تجزیه واریانس ANOVA از نرم افزار SAS(9.1)استفاده گردید. در مورد مقایسه میانگین ها از آزمون LSD استفاده شد. آنالیز پروبیت نیز برای تعیین مقادیر LC_{50} و LC_{90} با استفاده از نرم افزار SAS(9.1) انجام شد.

شکل شماره ۲- روش ظروف پلاستیکی

نتایج

۱- زیست سنجی روش لوله آزمایش:

الف- لوله های آزمایشی با ضخامت خاک تیمار شده ۲ سانتی متر:

نتایج این زیست‌سنجی نشان داد که با افزایش غلظت اسید بوریک، زنده مانی موریانه‌های‌کارگر کاهش یافت و کمترین زنده مانی در غلظت‌های ۲ و ۴ درصد مشاهده شد. تفاوت معنی داری بین غلظت ها وجود نداشت (P=۰/۰۷، F=۲/۲۵، df=۶). مقایسه میانگین نفوذپذیری نیز تفاوت معنی داری را بین غلظت‌ها نشان نداد (P=۰/۴۵، F=۱، df=۶).

مقایسه میانگین تغذیه تفاوت معنی داری را بین غلظت‌ها نشان داد (P=۰/۰۰۰۸، F= ۶/۰۶، df=۶). مقایسه وزن خشک تغذیه تفاوت معنی داری بین

غلظت‌ها نشان داد که با افزایش غلظت سم وزن خشک تغذیه کاهش داشت (P<۰/۰۰۰۵، F= ۶/۵۰، df=۶). درصد کاهش تغذیه نسبت به شاهد تفاوت معنی داری را نشان نداد (P<۰/۰۶، F= ۲/۵۷، df= ۵). (جدول ۱).

ب- لوله‌های آزمایشی با ضخامت خاک تیمارشده ۵ سانتی متر:

مقایسه میانگین زنده مانی کارگرها نشان داد که با افزایش غلظت اسید بوریک، زنده مانی کاهش داشته و مرگ و میر در غلظت ۴ درصد بالاترین بود. تفاوت معنی داری بین غلظت‌های ۰-۲ درصد با ۴ درصد مشاهده شد (P=۰/۰۱، F=۳/۴۷، df=۶). مقایسه میانگین نفوذپذیری بین غلظت‌ها نیز تفاوت معنی داری مشاهده نشد. کمترین میزان نفوذپذیری موریانه ها در غلظت های ۲ و ۴ درصد اسید بوریک مشاهده شدند (P=۰/۴۹، F=۰/۴۹، df=۶).

زیست‌سنجی درصد تغذیه تفاوت معنی داری را بین غلظت‌ها نشان داد (P=۰/۰۵، F=۲/۵۲، df=۶). مقایسه میانگین وزن خشک تغذیه نیز تفاوت معنی داری بین غلظت‌ها نشان داد (P=۰/۰۴، F=۲/۷۱، df=۶). درصد کاهش تغذیه نسبت به شاهد تفاوت معنی داری را نشان نداد (P=۰/۴۹، F=۰/۹۲، df=۵). (جدول ۲).

۲- روش ظروف پلاستیکی:

نتایج زیست‌سنجی بر روی مرگ و میر موریانه‌های کارگر تفاوت معنی داری را بین غلظت‌ها نشان داد، همچنین میانگین مرگ و میرها نشان داد که با افزایش غلظت، مرگ و میر افزایش یافت (P<۰/۰۰۰۱، F=۳۴/۳۸، df=۶).

آنالیزهای صورت گرفته بر روی میزان مساحت تونل زنی در قسمت خاک تیمار نشده نشان داد که با افزایش غلظت، تونل زنی به طور معنی داری کاهش یافته است (P<۰/۰۰۰۱، F=۳۲/۶۵، df=۶).

مقایسه میانگین مساحت تونل زنی در قسمت تیمارشده نیز تفاوت معنی دار قابل توجهی را بین غلظت‌ها نشان داد که با افزایش غلظت به طور قابل توجهی مساحت تونل زنی کاهش داشت (P=۰/۰۰۰۲، F=۹/۳۲، df=۵).

زیست‌سنجی تغذیه ای بر روی میانگین تغذیه از چوب موجود در خاک تیمار نشده تفاوت معنی داری بین غلظت‌ها نشان نداد (P=۰/۱۳، F=۱/۸۸، df= ۶). مقایسه میانگین تغذیه از چوب موجود در خاک تیمارشده تفاوت معنی دار قابل توجهی را بین غلظت‌ها نشان داد (P<۰/۰۰۰۱، F= ۲۲/۵۱، df= ۵). مقایسه میانگین تغذیه کل تفاوت معنی داری را نشان داد (P=۰/۰۲، F= ۳/۱۰، df= ۶). (جدول ۳). (شکل ۱).

مقایسه روش‌های زیست‌سنجی ظروف پلاستیکی با لوله‌های آزمایشی با استفاده از روش پروبیت نشان داد که زیست‌سنجی به روش ظروف پلاستیکی با توجه به مقادیر LC_{50} و LC_{90}، بیشترین تاثیر را بر روی مرگ و میر موریانه‌ها داشته و بین لوله‌های زیست‌سنجی با ضخامت خاکی تیمارشده ۲ و ۵ سانتی متری تفاوت معنی داری وجود ندارد (جدول ۴).

بحث

نتایج نشان داد که برای گونه مورد مطالعه ماسه بهترین بستر جهت نفوذپذیری سریع و تونل زنی موریانه می باشد که نتایج حاصل با تحقیقات هاورتی [1] (۱۹۷۹) در ارتباط با موریانه های زیر زمینی و تعیین بستر مناسب مطابقت دارد، این تحقیق نشان داد برای آزمایش‌های کوتاه مدت ۴-۸ هفته ای ماسه مناسب ترین بستر خاکی است زیرا نفوذپذیری و تونل زنی موریانه به راحتی در خاک صورت می گیرد و برای آزمایش‌های بلند مدت در حدود ۱۲ هفته ای یا بیشتر ورمیکولیت مناسب تر می باشد.

1- Haverty

جدول ۱- مرگ و میر و میزان تغذیه موریانه *M. diversus* در غلظت‌های مختلف اسید بوریک در آزمایش فعالیت تونل زنی درون خاک تیمارشده در روش لوله‌های زیست‌سنجی (ضخامت خاک تیمارشده ۲ سانتی متر) در شرایط آزمایشگاهی

غلظت (٪)	SE ± مرگ و میر کارگر (٪)	SE ± نفوذ پذیری (٪)	SE ± میانگین تغذیه (٪)	SE ± وزن خشک تغذیه (٪)	SE ± کاهش تغذیه نسبت به شاهد (٪)
۰	۲۱/۴۳ ± ۹/۲۲ a	۳/۳۹ ± ۰ a	۹/۰۸ ±۱ / ۹۲ a	۲/۸۰ ± ۰/۵۷ a	------
۰/۲	۳۰/۳۶ ± ۳ / ۴۱ a	۳/۳۹ ± ۰ a	۴/۷۲ ± ۰/۱۶ b	۱/۴۰ ± ۰ b	۵۰/۰۰±۰ c
۰/۵	۳۵/۷۱ ± ۱۲ / ۷۱ a	۳ /۳۹ ± ۰ a	۳/۵۳ ± ۱/۲۲ b c	۱/۰۵ ± ۰/۳۵ b c	۶۲/۵ ± ۱۲/۵ b c
۱	۳۰/۲۹ ± ۳/۵۷ a	۳/۳۹ ± ۰ a	۲/۴ ± ۱/۴ b c	۰/۷۰ ± ۰/۴۰ b c	۷۵/۰۰± ۱۴/۴۳ a b c
۱/۵	۴۲/۸۶ ± ۲۶ /۴۰ a	۳/۳۹ ± ۰ a	۲/۲۵ ± ۱/۳۱ b c	۰/۷۰ ±۰/۴۰ b c	۷۵/۰۰± ۱۴/۴۳ a b c
۲	۴۴/۶۴ ± ۵/۳۵ a b	۳/۳۹ ± ۰ a	۱/۱۴ ± ۱/۱۴ b c	۰/۳۵ ± ۰/۳۵ b c	۸۷/۵ ± ۱۲/۵ a b
۴	۸۰/۳۶ ± ۸ /۹۳ b	۳/ ۲ ± ۰/ ۱۹ a	۰ ± ۰ c	۰ ± ۰ c	۱۰۰/۰۰ ± ۰ a

- حروف مشابه ستون ها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار است(آزمون LSD، ٪۵=α).

جدول ۲- مرگ و میر و میزان تغذیه موریانه *M. diversus* در غلظت‌های مختلف اسید بوریک در آزمایش فعالیت تونل زنی درون خاک تیمارشده در روش لوله‌های زیست‌سنجی (ضخامت خاک تیمارشده ۵ سانتی متر) در شرایط آزمایشگاهی

غلظت (٪)	SE ± مرگ و میر کارگر (٪)	SE ± نفوذ پذیری (٪)	SE ± میانگین تغذیه (٪)	SE ± وزن خشک تغذیه (٪)	SE ± کاهش تغذیه نسبت به شاهد (٪)
۰	۲۱/۴۳ ± ۹/ ۲۲ b	۳/۳۹ ± ۰ a	۶ /۸۵ ± ۱/۳۳ a	۲ /۱۰ ± ۰/۴۰ a	-------
۰/۲	۳۲/۱۴ ± ۸ / ۹۹ a	۳ /۳۹ ± ۰ a	۳ /۲۶ ± ۱/۰۹ a b	۱ /۴۰ ± ۰/۵۷ a b	۵۰/۰۰ ± ۱۶/۶۷ a
۰/۵	۳۷/۵ ± ۱۸/۵ a	۳/۳۹ ± ۰ a	۲ /۲۸ ± ۱/۳۲ b	۰ /۷ ± ۰/۴ b	۶۶/۶۷ ± ۱۹/۲۵ a
۱	۴۲/۸۶ ± ۴/۱۲ a	۳/۳۹ ± ۰ a	۱ /۳۲ ± ۱/۳۲ a b	۱ /۰۵ ± ۰/۳۵ a b	۵۰/۰۰ ± ۱۶/۶۷ a
۱/۵	۴۴/۶۶ ± ۵/۳۶ a	۳/۳۹ ± ۰ a	۱ /۳۲ ± ۱/۳۲ b	۰ /۳۵ ± ۰/۳۵ b	۸۳/۳۳ ± ۱۶/۶۷ a
۲	۴۶/۴۳ ± ۲۳/۴ a	۳/۲۸ ± ۰/۱ a	۲ /۷ ± ۱/۸ b	۰ /۳۵ ± ۰/۳۵ b	۸۳/۳۳ ± ۱۶/۶۷ a
۴	۹۶/۴۳ ± ۶/۸۶ a	۲/۸۸ ± ۰/۵۱ a	۱ /۱۴ ± ۱/۱۴ b	۰ /۳۵ ± ۰/۳۵ b	۸۳/۳۳ ± ۱۶/۶۷ a

* حروف مشابه ستون ها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار است(آزمون LSD، ٪۵=α).

جدول ۳ – مرگ و میر و میزان تغذیه موریانه *M. diversus* در غلظت‌های مختلف اسید بوریک در آزمایش فعالیت تونل زنی درون خاک تیمارشده در روش زیست‌سنجی ظروف پلاستیکی در شرایط آزمایشگاهی

غلظت (٪)	SE ± مرگ و میر کارگر (٪)	SE ± مساحت قسمت تیمار (٪)	SE ± مساحت قسمت شاهد (٪)	SE ± تغذیه از تیمار (٪)	SE ± تغذیه از شاهد (٪)	SE ± تغذیه کل (٪)
۰	۱ /۱۴ ± ۰/ ۱۵ ^{d}	--------	۱۰۰/۰۰ ± ۰ ^{a}	--------	۲/۸۶ ± ۰/۲۷ ^{a}	۲/۸۶ ± ۰/۰۲۷ ^{a}
۰/۲	۹/۶۴ ± ۱ / ۸۲ ^{c}	۳۳/۵۸ ± ۸/۸۶ ^{a}	۵۱/۱۴ ± ۷ ^{b}	۴/۰۱ ± ۰/۲۷ ^{a}	۱/۷۳ ± ۰/۳ $^{a b c}$	۱/۸۳ ± ۰/۲۳ $^{a b c}$
۰/۵	۱/۸۶ ± ۰/ ۸۸ $^{b c}$	۲۸/۸۷ ± ۲/۵۴ ^{a}	۲۶ /۳۷ ± ۴/۲۹ ^{c}	۲ / ۵۵ ± ۰ /۴۳ ^{b}	۱ /۰۷ ± ۰/۱۳ $^{b c}$	۲/۶۶ ± ۰/۲۷ $^{a b}$
۱	۱۲/۱۴ ± ۱/۲۸ $^{b c}$	۲۲/۱۴ ± ۳/۹۲ $^{a b}$	۲۶/۳۴ ± ۵/۶۷ ^{c}	۳/۳۳ ± ۰/۳۴ $^{a b}$	۲ ± ۰/۲۱ $^{a b c}$	۰/ ۸۶ ± ۰/۳۸ ^{c}
۱/۵	۱۴ /۰۴ ± ۱/۰۲ ^{b}	۱۱/۴۷ ± ۱/۷۷ $^{b c}$	۲۵/۸۴ ± ۲/۴۹ ^{c}	۱/۲۰ ± ۰/۶۱ ^{c}	۰/۵۳ ± ۰/۲ ^{c}	۱/۳۱ ±۰/۵۸ $^{b c}$
۲	۱۴/۲۱ ± ۱/۹۲ ^{b}	۳/۲۳ ± ۱/۹۱ ^{c}	۲۲/۸۳ ± ۷/۰۱ ^{c}	۰/۱۱ ± ۰/۱۱ ^{d}	۲/۵۸ ± ۱/۲۳ $^{a b}$	۰/۸۳ ± ۰/۴۲ ^{c}
۴	۲۶/۸۸ ± ۱/۱۴ ^{a}	۳/۰۸ ± ۱/۸ ^{c}	۱۳/۹ ± ۷/۰۶ ^{c}	۰ ± ۰ ^{d}	۱/۶ ± ۰/۸۲ $^{a b c}$	۱/۶ ±۰/۸۲ $^{a b c}$

* حروف مشابه ستون ها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار است(آزمون LSD، ٪۵=α) .

جدول ۴- مقایسه مرگ و میر بین روش‌های آزمایشی فعالیت تونل زنی موریانه *M. diversus* درون خاک تیمارشده با اسید بوریک به روش پروبیت در شرایط آزمایشگاهی

روش آزمایش	انحراف معیار ± شیب خط	X^2	LC_{90} (حدود اطمینان۹۵٪) (٪)	LC_{50} (حدود اطمینان۹۵٪) (٪)
لوله‌های زیست‌سنجی با ضخامت خاک تیماری ۲ سانتی متر	۰/۹۳ ±۰/۲۹	۲ /۶۷	۸۳/۳۲(۵۷/۰۹ -۶۲۷/۴۷)	۴۹/۹۵ (۱۴/۱۳ -۱۰۳۵)
لوله‌های زیست‌سنجی با ضخامت خاک تیماری ۵ سانتی متر	۰/۱۵ ± ۰/۱۷	۵ /۴۹	۳۸/۱۱(۲۲/۱۹ -۱۵۹/۷۲)	۲۵/۶۶ (۱۰/۲۸ -۵۴۷/۱۹)
زیست‌سنجی به روش ظروف پلاستیکی	۱/۰۸ ±۰/۲۳	۲۱/۴۴	۱۶/۰۸(۶/۵۲ -۱۵۴/۰۸)	۱/۰۴ (۰/۶۶ -۱/۶۳)

گاهلوف و کوهلر[1] (۲۰۰۱) نفوذ موریانه زیرزمینی شرقی *Reticulitermes flavipes* Kollar از خانواده Rhinotermitidae را درون خاک تیمارشده با ضخامت‌های متفاوت و غلظت‌های متفاوتی از دورسبان TC [2](ماده موثره: کلرپایریفوس) و پرمایز (ماده موثره: ایمیداکلوپرید) مورد بررسی قرار دادند. در روش لوله‌های زیست‌سنجی با ضخامت خاک تیمارشده ۲ سانتی متری با اسید بوریک در غلظت‌های ۰/۲، ۰/۵ و ۱، درصد مرگ و میر به ترتیب ۳۰/۴، ۳۵/۷ و ۳۹/۳ درصد و نفوذپذیری در همه غلظت ها یکسان(۳/۴٪) بود. در خاک تیمارشده با ضخامت ۵ سانتی متر مرگ و میر ۳۲/۱۴، ۳۷/۵ و ۴۲/۸۶ و نفوذ پذیری برای همه غلظت ها یکسان بود، در غلظت‌های ۱/۵، ۲ و ۴ درصد در خاک تیمارشده با ضخامت ۲ سانتی متر مرگ و میر ۴۲/۹، ۴۴/۶و ۸۰/۴ درصد و نفوذ پذیری ۳/۴، ۳/۴، و ۳/۲ درصد و در خاک تیمارشده با ضخامت ۵ سانتی متر مرگ و میر به ترتیب ۴۴/۷، ۴۶/۴ ۹۶/۴ درصد و نفوذپذیری ۳/۳،۳/۴ ۲/۹ درصد می باشد. با توجه به این نتایج با افزایش غلظت و افزایش ضخامت خاک تیمارشده مرگ و میر افزایش و میزان نفوذ کاهش یافته بود که با تحقیقات گاهلوف و کوهلر (۲۰۰۱) تطابق دارد.

در روش ظروف پلاستیکی نیز با توجه به خاک تفکیک شده به دو قسمت تیمارشده و تیمار نشده، موریانه‌ها از بخش تیمارشده دوری نکرده و مشغول تغذیه از ماده غذایی موجود در این قسمت شدند که نشان دهنده عدم دور کنندگی اسید بوریک در تمام غلظت‌ها می باشد. مرگ و میر با افزایش غلظت افزایش داشته و مساحت تونل زنی در قسمت تیمارشده با قسمت تیمار نشده تفاوت معنی داری داشته به طوری که میزان مساحت تونل زنی در قسمت تیمارشده کمتر از قسمت تیمار نشده بود و در غلظت‌های بالاتر فعالیت تونل زنی مشاهده نشد.

نتایج نشان داد که این اسید بوریک (از گروه بورات‌ها) در تونل زنی اختلال ایجاد می‌کند، با تحقیقات مایسترلو و همکاران که اثرات نوت کاتوت و ترکیب بورات را بر روی موریانه زیر زمینی *C . formosanus* بررسی کردند تطابق دارد (مایسترلو و همکاران، ۲۰۰۱).

کوریاچان و گولد[4] (۱۹۹۸) فعالیت موریانه زیرزمینی *R. flavipes* را بین خاک‌های تیمارشده و تیمارنشده با موریانه‌کش‌های پرمترین[5]، سایپرمترین[6]، فن والرات[7]، کلرپایریفوس[8] و ایمیداکلوپرید[9] در آزمون‌های آزمون‌های آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار دادند. ارزیابی‌ها نشان داد که موریانه‌ها در تمام سه غلظت تیماری با سموم پایروتروئیدی (پرمترین، سایپرمترین و فن والرات) به منابع غذایی خود می رسند و زمان لازم برای تونل زنی در خاک‌های تیماری با این سه سم متفاوت می باشد. با توجه به نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر در ارتباط با عملکرد اسید بوریک که مانند سموم پایرتروئیدی عمل نمود با نتایج مطابقت می‌کند (کوریاچان و گولد، ۱۹۹۸).

در ارتباط با میزان تونل زنی نتایج نشان داد که با افزایش غلظت به طور معنی داری کاهش داشته است که با نتایج ساران و راست[10] (۲۰۰۷) که اثر فیپرونیل[11] یک موریانه‌کش‌کند اثر و غیردورکننده بود را بررسی نمودند مطابقت دارد.

1- Gahlhoff & Koehler
2- Dursban TC
3- Premise 75

4- Kuriachan &Gold
5- Permethrin
6- Cypermethrin
7- Fenvalerate
8- Chlorpyrifos
9- Imidacloprid
10- Saran & Rust
11- Fipronil

نتیجه گیری

همانطور که بیان شد استفاده از سموم سازگار با محیط زیست در کنترل موریانه های زیرزمینی راهکار مناسبی می باشد و از آنجایی که اسید بوریک سازگار با محیط زیست بوده و خطرات بسیار کمی دارد و به دلیل خاصیت عدم دورکنندگی و توانایی اختلال در فعالیت جستجوگری و تغذیه ای موریانه ها خصوصا در غلظت های بالاتر می توان برای کنترل و از بین بردن آن ها استفاده نمود. این سم با اخلال در فعالیت های تونل زنی موریانه ها که یکی از مهم ترین فعالیت آن ها برای رسیدن به منابع تغذیه ای می باشد نقش مهمی را ایفا می کند. مقایسه دو روش نیز نشان می دهد که روش ظروف پلاستیکی تاثیر آن بیشتر بوده به دلیل این که موریانه ها به طور مستقیم در معرض سم قرار می گیرند ولی در روش لوله های آزمایش موریانه ها در یکسری از لایه ها خاکی در معرض سم هستند و از این موانع سمی عبور می کنند و خود را به منبع غذایی می رسانند، بنابراین در روش لوله های آزمایشی بایستی غلظت سم را بالاتر برد تا تاثیر دو چندان گردد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر تامین اعتبار مالی این پژوهش قدردانی می گردد.

منابع

۱. حبیب پور، ب،۱۳۷۳. بررسی فون، زیست شناسی و اهمیت اقتصادی موریانه ها ی خوزستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده کشاورزی. ۱۴۳ ص.

۲. حبیب پور، ب، ۱۳۸۵. ارزیابی کارایی طعمه های سمی در کنترل موریانه های زیرزمینی در شرایط آزمایشگاهی و صحرایی منطقه اهواز، پایان نامه دکترا، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده کشاورزی .۱۵۰ ص.

۳. رخشانی، الف. ۱۳۸۱. اصول سم شناسی کشاورزی (آفت کشها)، انتشارات فرهنگ جامع تهران. ۳۷۴ ص.

۴. سلیمان نژادیان، الف. ۱۳۷۰. موریانه ها ،تشخیص و مبارزه با آنها، ترجمه کتاب ویکتور هریس، مرکز نشر دانشگاهی، تهران. ۲۶۴ ص.

5. Ahmed, B.M., French, J.R., and Vinden, P. 2004. Evaluation of Borate formulations as wood preservatives to control subterranean termites in Australia. Holzforschung, 20: 1-9.

6. Gahlhoff, JR.J.E., and Koehler, P.G. 2001. Penetration of the Eastern subterranean termite into soil treated at various thicknesses and concentrations of Dursban TC and Premise 75. Journal of Economic Entomology, 94(2): 486-491.

7. Gentz, M.C., and Grace, J.K. 2007. Different Boron compounds elicit similar responses in *Coptotermes formosanus* (Iso.: Rhinotermitidae). Sociobiology, 50(2): 633-641.

8. Haverty, M.I. 1979. Selection of tunneling substrates for laboratory studies with three subterranean termite species. Sociobioloy, 4(3): 315-320.

9. Hu, X.P. 2005. Evaluation of efficacy and nonrepellency of Indoxacarb and Fipronil treated soil at various concentrations and thicknesses against two subterranean termites (Iso.: Rhinotermitidae). Journal of Economic Entomology, 98(2): 509-517.

10. Kard, B.M. 2001. Detrimental effects of Boric-Acid-treated soil against foraging subterranean termites (Iso.: Rhinotermitidae). Sociobiology, 37(2): 363-378.

11. Kubota, Sh., Shono, Y., Mito, N., and Tsunoda, K. 2008. Termiticidal efficacies of Fenobucarb and Permethrin against Japonese subterranean termites *Coptotermes fomosanus* and *Reticulitermes speratus* (Iso.: Rhinotermitidae). Japenese Journal of Environmental Entomology and Zoology, 19(1): 31-37.

12. Kuriachan. I., & Gold, R.E. 1998. Evaluation of the ability of *Reticulitermes flavipes* Kollar, a subterranean termite (Iso.: Rhinotermitidae), to differentiate between termiticide treated and untreated soils in laboratory tests. Sociobiology, 32(1): 151-166.

13. Maistrello, L., Henderson, G., and Laine, R.A. 2001. Effects of Nootkatone and Borate compound on Formosan subterranean termite (Iso.: Rhinotermitidae) and its symbiont protozoa. Journal of Entomological Science, 36(3): 229-236.

14. Maistrello, L., Henderson, G., and Laine, R. 2002. Comparative effects of Vetiver oil, Nootkatone and Disodium Octaborate Tetrahydrate on *Coptotermes formosanus* and its symbiotic fauna. Pest Managment Science, 59: 58-68.

15. Mo, J., He, H., Song, X., Chen, CH., and Cheng, J. 2005. Toxicity of Ivermectin to *Reticulitermes flaviceps* (Iso.: Rhinotermitidae). Sociobiology, 46 (2): 1-11.

16. Mo, J., wang, Z., Song, X., Guo, J., Cao, X., and Cheng, J. 2006. Effects of sublethal concentrations of Ivermectin on behaviors of *Coptotermes formosanus.* Sociobiology, 47(3): 1-10.

17. Saran, R.K., and Rust, M.K. 2007. Toxicity, uptake, and transfer efficiency of Fipronil in Western subterranean termite (Iso.: Rhinotermitidae). Journal of Economic Entomology, 100 (2): 495-508.

18. Su, N.Y., Chew, V., Wheeler, G.S., nd Scheffrahn, R.H. 1997. Comparison of tunneling responses into insecticide treated soil by field populations and laboratory groups of subterranean termites (Iso.: Rhinotermitidae). Journal of Economic Entomology, 90(2): 503-509.

19. Yeoh, B.H., and Lee, CH.Y. 2007. Tunneling responses of the Asian subterranean termite *Coptotermes gestroi* in termiticide-treated sand (Iso.: Rhinotermitidae). Sociobiology, 50(2): 457-468.