

## قابلیت زنده‌مانی کنیدی‌های *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin در فرمولاسیون

### روغن‌های گیاهی و میزان کشندگی آنها روی موربانه

*Microcerotermes diversus* Silvestri (Isoptera: Termitidae)

مهسا دست بر جن<sup>۱</sup>، بهزاد حبیب پور<sup>۲\*</sup> و رحیم اسلامی‌زاده<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- مربی پژوهش، مرکز تحقیقات صفی آباد دزفول.

\*مسئول مکاتبه [habibpour\\_b@scu.ac.ir](mailto:habibpour_b@scu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۴

#### چکیده

در این تحقیق، فرمولاسیون‌هایی به صورت امولسیون از روغن‌های گیاهی مختلف شامل آفتابگردان، نرت، رزماری، زیتون، کنجد و گردو حاوی کنیدی‌های *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin همراه با فرمولاسیون شاهد تهیه گردید. جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچی در تمام فرمولاسیون‌ها ارزیابی شد. بر اساس نتایج حاصل فرمولاسیون‌های شاهد و روغن زیتون بالاترین میانگین جوانه‌زنی کنیدی را نشان دادند در حالی که کم‌ترین میانگین جوانه‌زنی در فرمولاسیون روغن کنجد مشاهده شد. هم‌چنین چهار غلظت  $10^6$ ،  $10^7$ ،  $10^8$  و  $10^9$  کنیدی در میلی‌لیتر از فرمولاسیون‌های مذکور در جمعیت موربانه *Microcerotermes diversus* Silvestri (Isoptera: Termitidae) مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به سرعت زیاد مرگ و میر در سه غلظت اول، تنها غلظت  $10^9$  کنیدی در میلی‌لیتر از فرمولاسیون‌ها معیار مقایسه قرار داده شد. نتایج نشان دهنده بالاترین میانگین درصد مرگ و میر (۹۱/۲۵٪) در فرمولاسیون روغن کنجد و پایین‌ترین میانگین درصد مرگ و میر (۵۸/۳۳٪) در فرمولاسیون شاهد بود. کم‌ترین مقدار  $LT_{50}$  (۲/۳۸ روز) در فرمولاسیون روغن کنجد و بیشترین مقدار آن (۱۵/۹ روز) در فرمولاسیون شاهد محاسبه شد. کم‌ترین  $LC_{50}$  محاسبه شده ( $10^4 \times 1/7$  کنیدی در میلی‌لیتر) نیز مربوط به فرمولاسیون روغن کنجد بود. **واژه‌های کلیدی:** امولسیون، جوانه‌زنی، غلظت، مرگ و میر.

#### مقدمه

ایجاد اجتماعات ثانویه در دیوارها، سقف اماکن و تنه درختان پیچیده است (حبیب پور ۱۳۷۳). اگرچه روش‌های کنترل شیمیایی از جمله تیمار خاک، طعمه‌گذاری و گردپاشی راهکارهای عمده برای مدیریت موربانه‌های زیرزمینی بوده و موانعی برای دفع موربانه‌ها ایجاد می‌کند (بلاک ۲۰۰۳) ولی نقاط ضعف مربوط به استفاده از مواد شیمیایی و آفت‌کش‌ها جهت مدیریت موربانه‌های زیرزمینی در ۵۰ سال اخیر عامل محرک در ارزیابی روش‌های کنترل بیولوژیک بوده است

موربانه‌ها به سبب شدت خساراتی که به لوازم چوبی و سلولزی در ساختمان‌ها و محیط زیست وارد می‌آورند به عنوان گروهی از آفات جدی در سرتاسر جهان به شمار می‌آیند (کالینی و گریس ۲۰۰۰، دیبا و همکاران ۲۰۱۰). از جمله موربانه *Microcerotermes diversus* Silvestri که از گروه موربانه‌های زیرزمینی است و کنترل آن به سبب حوزه وسیع جستجوگری غذایی و نیز

بودن و امکان پراکنده شدن به وسیله اسپری‌های هیدرولیک دارند، با این حال افزایش تأثیر و آلوده‌سازی بالاتر فرمولاسیون‌های روغنی به سبب چسبندگی بهتر کنیدی‌ها به کوتیکول و نیز حفاظت بهتر کنیدی‌ها در مقایسه با فرمولاسیون‌های بر پایه آب در بسیاری از مطالعات اثبات شده است (اگودلو و فالکن ۱۹۸۳، پرییر و همکاران ۱۹۸۸، بتمن و همکاران ۱۹۹۳، پرییر و همکاران ۱۹۹۵، جنکینز و توماس ۱۹۹۶، بتمن ۱۹۹۷). به علاوه فرمولاسیون‌های روغنی امکان کاربرد در حجم کم را نیز فراهم می‌کنند (پرییر و همکاران ۱۹۸۸). انواع روغن‌های گیاهی و معدنی می‌توانند در فرمولاسیون‌ها به کار روند ولی از این میان روغن‌های گیاهی مزایایی چون عدم ایجاد خوردگی در وسایل محلول‌پاشی، قیمت نسبتاً ارزان‌تر و دسترسی راحت‌تر را دارا هستند (باقری زنون ۱۳۷۵). جهت استفاده از عوامل قارچی بیماری‌زا به عنوان یک رویکرد در مدیریت مبارزه با موریانه در این تحقیق میزان تأثیر و سازگاری فرمولاسیون‌های تهیه شده با روغن‌های گیاهی مختلف بر بقای کنیدی‌های قارچ *M. anisopliae* جدایه DEMI-001 مورد بررسی قرار گرفت و قدرت کشندگی این فرمولاسیون‌ها در جمعیت موریانه *M. diversus* در شرایط آزمایشگاهی مقایسه گردید.

### مواد و روش‌ها

#### منبع موریانه

موریانه *M. diversus* که یک گونه مهم و مخرب از گروه موریانه‌های زیرزمینی در استان خوزستان است جهت انجام مطالعات آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت. جمعیت این موریانه به وسیله عملیات تله‌گذاری با چوب راش در زمین‌های آلوده به این آفت جمع‌آوری گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد. موریانه‌های جمع‌آوری شده در پتری‌های پلاستیکی درب‌دار حاوی

(سو و همکاران ۱۹۹۷، کالینی و گریس ۲۰۰۰). در دسترس بودن بسیاری از داده‌های آزمایشگاهی در مورد تأثیرگذاری عوامل قارچی علیه گونه‌های مختلف موریانه، به کارگیری این عوامل کنترل‌کننده بیولوژیک را به صورت تناوبی نسبت به ترکیبات شیمیایی نوید می‌دهد (کراتموانگ و مکچی ۲۰۰۵، حسین و همکاران ۲۰۱۱). قارچ *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin یکی از مؤثرترین عوامل بیماری‌زا در موریانه‌ها معرفی شده که به سبب بیماری‌زایی اغلب جدایه‌های این قارچ، قابلیت تولید انبوه و نیز امکان فرموله کردن این عامل به صورت حشره‌کش قارچی کنترل‌زیستی پایایی را در مدیریت مبارزه با موریانه‌ها فراهم کرده است (هانل ۱۹۸۲، میلنر و استپلز ۲۰۰۰). اگرچه کنیدی‌های عوامل قارچی می‌توانند فرموله شوند ولی برخی فرمولاسیون‌ها بقای کنیدی را تحت تأثیر قرار داده و مدت زمان مجاز کوتاه نگه‌داری را موجب می‌شوند. با توجه به اهمیت آلوده‌سازی و ماندگاری مایه‌ی تلقیح قارچی در محیط، ارزیابی سازگاری اجزا فرمولاسیون با کنیدی‌ها ضروری است (دائوست و همکاران ۱۹۸۳، مور و پرییر ۱۹۹۳، مور و همکاران ۱۹۹۳). در حال حاضر، پودرهای قابل خیس شدن<sup>۱</sup> حاوی کنیدی بیشتر فرآورده‌های بیولوژیک را تشکیل می‌دهند ولی از آن جایی که اشعه ماوراء بنفش خورشید، دما، رطوبت و قابلیت پخش شدن روی سطح از عوامل محدودکننده در کاربرد حشره‌کش‌های قارچی است استفاده از سایر عوامل فرموله‌کننده جهت توسعه حشره‌کش‌هایی با فرمولاسیون مناسب برای بهره‌برداری مؤثر از این عوامل نیاز به تحقیق دارد (استاترز و همکاران ۱۹۹۳، برجیز ۱۹۹۸، پولار و همکاران ۲۰۰۵). فرمولاسیون‌های آبی مزایایی از جمله عدم سمیت، دسترسی راحت، ارزان

<sup>1</sup>Wettable Powders

شده و در انکوباتور در شرایط دمایی  $28 \pm 2$  درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی  $80 \pm 5$  درصد نگهداری شدند. با مشاهده رشد میسیلیومی قارچ در سطح بیرونی اجساد موربانه‌ها اقدام به انتقال آنها روی محیط کشت SDAY گردید. این محیطها برای رشد و اسپورزایی قارچ به مدت ۱۴ روز در انکوباتور با همان شرایط دمایی و رطوبتی نگهداری شدند (تالور ۲۰۰۵).

### تهیه‌ی کنیدی‌های قارچ

زیرکشت‌هایی از قارچ فعال رشد یافته روی محیط SDAY تهیه شد و به مدت ۱۴ روز در انکوباتور نگهداری گردید. پس از تکمیل دوره‌ی رشدی قارچ، کنیدی‌ها با تراش سطحی به وسیله یک کاردک به درون پتری‌های پلاستیکی به قطر ۹ سانتی‌متر انتقال داده شدند. جهت خشک کردن کنیدی‌ها و کاهش محتوی رطوبتی تا سطح کم‌تر از پنج درصد، پتری‌های حاوی کنیدی به مدت هشت روز درون ظرف محتوی سیلیکاژل قرار گرفتند. سپس کنیدی‌های خشک شده به وسیله الک آزمایشگاهی ۲۰۰ مش استخراج شدند (پولار و همکاران ۲۰۰۵).

### تهیه‌ی فرمولاسیون

یک گرم از کنیدی‌های استخراج شده در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر سترون حاوی توئین ۸۰<sup>۴</sup> با غلظت ۰/۱ درصد ریخته شد و سوسپانسیونی از کنیدی‌های قارچ تهیه گردید. غلظت سوسپانسیون به وسیله‌ی لام گلبول‌شمار<sup>۵</sup> تعیین گردید. بر اساس غلظت محاسبه شده تعداد کنیدی در یک گرم،  $10^{11} \times 5/6$  کنیدی ارزیابی شد (دائوست و همکاران ۱۹۸۳).

فرمولاسیون بر پایه روغن به صورت یک امولسیون از روغن‌های گیاهی مختلف شامل روغن آفتابگردان،

کاغذ صافی واتمن شماره یک<sup>۱</sup> مرطوب در انکوباتور با شرایط دمایی  $28 \pm 2$  درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی  $80 \pm 5$  درصد نگهداری شدند. موربانه‌های فعال از طبقه کارگر انتخاب شدند و در زیست‌سنجی‌های<sup>۲</sup> مورد استفاده قرار گرفتند (چراغی و همکاران ۲۰۱۲).

### جدایه‌ی قارچ

در بررسی‌های آزمایشگاهی از کنیدی‌های قارچ *M. anisopliae* جدایه‌ی سیراوان (DEMI-001) که از سرخرطومی حنایی خرما (*Rhynchophorus ferrugineus*) Olivier جمع‌آوری شده و در کلکسیون بخش تحقیقات حشره‌شناسی کشاورزی مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور وجود دارد، استفاده گردید.

### تهیه‌ی قارچ فعال

به منظور دستیابی به قارچ فعال از لحاظ تولید کنیدی‌هایی با درصد جوانه‌زنی بالا، اقدام به عبور قارچ از بدن میزبان مستعد گردید. موربانه *M. diversus* که یک میزبان مناسب برای قارچ *M. anisopliae* است (چراغی و همکاران ۲۰۱۲) جهت فعال‌سازی این قارچ مورد استفاده قرار گرفت. برای آلوده‌سازی موربانه به قارچ، موربانه‌های منتقل شده به شرایط آزمایشگاهی در شرایط سترون روی سطح توده‌های قارچی قدیمی و رشد یافته روی سطح محیط غذایی<sup>۳</sup> SDAY، قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت، اجساد موربانه‌های آلوده به قارچ به مدت سه ثانیه با هیپوکلریت ۰/۵ درصد به صورت سطحی سترون شده و سپس در دو مرحله با آب مقطر سترون شستشو داده شدند. پس از سترون نمودن سطحی، موربانه‌ها در پتری‌های پلاستیکی درب‌دار حاوی کاغذ صافی واتمن شماره یک مرطوب قرار داده

<sup>۱</sup>Whatman No.1

<sup>۲</sup>Bioassay

<sup>۳</sup>Sabouraud Dextrose Agar+Yeast Extract

<sup>۴</sup>Tween 80

<sup>۵</sup>Haemocytometer

گردید. برای دستیابی به این هدف در هر هفته، یک میلی‌لیتر از فرمولاسیون پایه با غلظت  $10^8$  کنیدی در میلی‌لیتر از هر فرمولاسیون به وسیله آب به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد تا غلظت  $10^7$  کنیدی در میلی‌لیتر به دست آید. جهت دستیابی به غلظت مورد نظر از رابطه یک استفاده گردید:

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad [1]$$

در این رابطه  $C_1$  و  $C_2$  به ترتیب بیان‌گر غلظت اولیه و غلظت مورد نظر است،  $V_1$  و  $V_2$  نیز به ترتیب بیان‌گر حجم اولیه و حجم نهایی مورد نظر است.

سپس  $0/5$  میلی‌لیتر از غلظت  $10^7$  کنیدی در میلی‌لیتر از هر فرمولاسیون به صورت یکنواخت روی سطح محیط SDAY در پتری‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر پخش گردید. برای هر فرمولاسیون چهار تکرار در نظر گرفته شد. محیط‌های تلقیح شده به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور با شرایط دمایی  $28 \pm 2$  درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی  $80 \pm 5$  درصد قرار داده شدند. پس از ۲۴ ساعت، نسبت کنیدی‌های جوانه زده و جوانه نزده با شمارش ۱۰۰ کنیدی از هر تکرار به وسیله‌ی میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی  $\times 40$  محاسبه شد (پولار و همکاران ۲۰۰۵، ام‌بورو و همکاران ۲۰۰۹) و درصد جوانه‌زنی کنیدی به وسیله رابطه ۲ محاسبه گردید:

$$[2] \quad 100 \times (\text{تعداد کل کنیدی‌های شمارش شده} / \text{تعداد کل کنیدی‌های جوانه‌زده}) = \text{درصد جوانه‌زنی کنیدی}$$

غلظت‌های مختلف از فرمولاسیون‌ها، هر موریه کارگر به مدت پنج ثانیه در هر غلظت از فرمولاسیون فرو برده شد. در تیمار شاهد نیز موریه‌ها در آب مقطر سترون حاوی توئین ۸۰ با غلظت  $0/1$  درصد که فاقد کنیدی‌های قارچ بود، فرو برده شدند. موریه‌های تیمار شده درون پتری‌های پلاستیکی درب‌دار حاوی کاغذ صافی واتمن مرطوب منتقل شدند و در انکوباتور با شرایط دمایی  $28 \pm 2$  درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی  $80 \pm 5$  درصد

ذرت، رزماری، زیتون، گردو و کنجد تهیه گردید. بدین منظور اجزا دو فاز آب و روغن به نسبت ۱:۱ با هم ترکیب شدند. برای تهیه‌ی ۲۰۰ میلی‌لیتر فرمولاسیون با غلظت  $10^8$  کنیدی در میلی‌لیتر، ابتدا بر اساس تعداد کنیدی‌های محاسبه شده در یک گرم، مقدار لازم از پودر کنیدی برای دستیابی به این غلظت وزن شد و سپس به درون فاز روغنی که محتوی  $47/5$  درصد روغن و  $2/5$  درصد توئین ۸۰ بود، معرفی گردید. پس از این مرحله، فاز آبی به فاز روغن اضافه شد و فرمولاسیون حاصل جهت همگن‌سازی به مدت پنج دقیقه به وسیله‌ی دستگاه شیکر مخلوط گردید. فرمولاسیون شاهد نیز با وارد کردن همین مقدار از کنیدی به آب مقطر سترون حاوی توئین ۸۰ تهیه شد. فرمولاسیون‌های حاصل از روغن‌های گیاهی مختلف در دمای یخچال (چهار درجه‌ی سلسیوس) نگهداری شدند (باتا ۲۰۰۳).

#### ارزیابی بقای کنیدی در فرمولاسیون‌های مختلف:

برای ارزیابی بقای کنیدی‌های قارچ در فرمولاسیون‌های ساخته شده با استفاده از روغن‌های گیاهی مختلف درصد جوانه‌زنی کنیدی در فرمولاسیون به عنوان معیار سنجش قرار گرفت (باتا ۲۰۰۳). بدین منظور در فواصل هفتگی به مدت هفت هفته درصد جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ در فرمولاسیون‌ها محاسبه

#### زیست‌سنجی فرمولاسیون‌ها روی جمعیت موریه

فرمولاسیون‌های مختلف از قارچ *M. anisopliae* در چهار غلظت  $10^8$ ،  $10^7$ ،  $10^6$  و  $10^0$  کنیدی در میلی‌لیتر تهیه شدند و در شرایط آزمایشگاهی علیه موریه‌های *M. diversus* مورد سنجش قرار گرفتند. در این مطالعه آزمایشگاهی برای هر غلظت چهار تکرار در نظر گرفته شد و ۳۰ عدد موریه کارگر تیمار شده برای هر تکرار مورد بررسی قرار گرفت. برای تیمار موریه‌ها با

مدت زمان نگه‌داری نیز بر درصد جوانه‌زنی کنیدی معنی‌دار بود ( $df=36$ ،  $F=3.70$ ،  $P<0.01$ ). این نتایج نشان داد که هم نوع فرمولاسیون و هم طول مدت زمان نگه‌داری می‌توانند درصد جوانه‌زنی کنیدی‌ها را تحت تأثیر قرار دهند چنان‌چه مقایسه میانگین تیمارها با روش LSD بیانگر بالاترین میانگین درصد تندش محاسبه شده در تیمار شاهد و تیمار حاوی روغن زیتون بود و کم‌ترین میانگین محاسبه شده نیز در روغن کنجد مشاهده گردید (جدول ۱). بر اساس معادلات مربوط به نمودارهای تغییرات درصد جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ در فرمولاسیون‌های مختلف در طول دوره نگه‌داری نیز، بیشترین گرایان کاهش درصد جوانه‌زنی که بیان‌گر سرعت کاهش بقای کنیدی است، در فرمولاسیون روغن کنجد مشاهده گردید (شکل ۱).

#### تأثیر فرمولاسیون‌ها در مرگ و میر موریانه

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به مرگ و میر موریانه‌ها در اثر فرمولاسیون‌های مختلف با چهار غلظت مورد آزمایش نشان داد بین تیمارها که در واقع فرمولاسیون‌های مختلف هستند از لحاظ اثر کشندگی روی موریانه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $df=6$ ،  $F=30.76$ ،  $P<0.01$ ). تأثیر غلظت‌های مختلف نیز در مرگ و میر معنی‌دار بود ( $P<0.01$ )، ( $df=3$ ،  $F=461.47$ ). معنی‌دار بودن اختلاف‌های مرگ و میر در اثر رابطه‌ی متقابل فرمولاسیون و غلظت نیز بر اساس نتایج اثبات گردید ( $df=18$ ،  $F=20.31$ ،  $P<0.01$ ). مقایسه میانگین به روش LSD نشان داد که بالاترین میانگین درصد مرگ و میر محاسبه شده مربوط به روغن کنجد و کم‌ترین آن مربوط به شاهد بود. به عبارت دیگر فرمولاسیون روغن کنجد بیشترین تأثیر را در مرگ و میر موریانه‌ها داشته در حالی که شاهد دارای کم‌ترین اثر بوده است (جدول ۲).

نگه‌داری شدند. مرگ و میر موریانه‌ها به صورت روزانه به مدت ۱۴ روز ثبت گردید.

#### محاسبات آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد. داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی کنیدی پس از تبدیل لگاریتمی داده‌ها با توجه به تأثیر دو فاکتور اصلی در نتایج به دست آمده، یعنی فرمولاسیون با هفت تیمار و زمان ذخیره‌سازی در هفت هفته در قالب طرح کاملاً تصادفی در آزمایشات فاکتوریل آنالیز شدند. همچنین داده‌های مربوط به مرگ و میر موریانه‌ها به سبب وجود دو عامل مؤثر در روند مرگ و میر یعنی فرمولاسیون و غلظت مورد آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی در آزمایشات چند عاملی فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفتند.  $LT_{50}$  و  $LC_{50}$  مربوط به داده‌های مرگ و میر به وسیله‌ی آنالیز پروبیت توسط نرم‌افزار SAS 9.2 تعیین گردید. کلیه‌ی عملیات تجزیه واریانس به روش ANOVA و مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD انجام گرفت. نمودارها به وسیله نرم‌افزار Excel 2010 رسم گردید.

#### نتایج

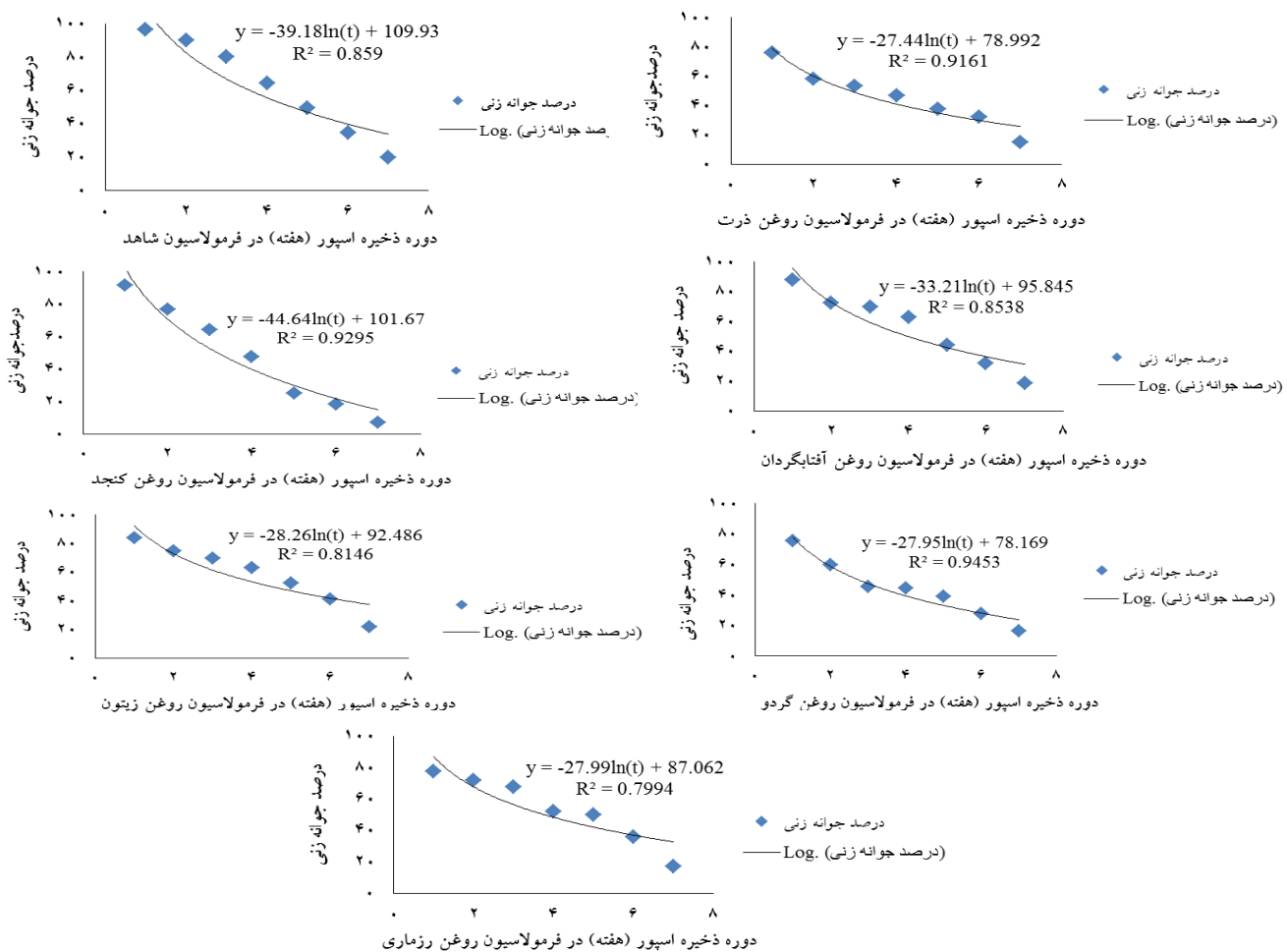
##### تأثیر فرمولاسیون‌ها بر درصد جوانه‌زنی

پس از تبدیل لگاریتمی داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی کنیدی و تجزیه و تحلیل در نرم‌افزار SAS، نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها نشان دادند که اختلاف‌های معنی‌داری از لحاظ درصد جوانه‌زنی کنیدی بین فرمولاسیون‌های مختلف وجود دارد ( $df=6$ ،  $F=26.09$ ،  $P<0.01$ ). همچنین تأثیر مدت زمان نگه‌داری فرمولاسیون بر درصد جوانه‌زنی کنیدی دارای اختلاف‌های معنی‌دار بود ( $F=318.107$ ،  $P<0.01$ )، ( $df=6$ ). تأثیر متقابل دو فاکتور اصلی، فرمولاسیون در

جدول ۱- میانگین جوانه‌زنی کنیدی‌های *M. anisopliae* در فرمولاسیون‌های تهیه شده از روغن‌های گیاهی مختلف.

فرمولاسیون	میانگین جوانه‌زنی کنیدی*
شاهد	۵۴/۹۵ <sup>a</sup>
زیتون	۵۲/۴۸ <sup>a b</sup>
آفتابگردان	۴۸/۹۷ <sup>b c</sup>
رزماری	۴۷/۸۶ <sup>c</sup>
ذرت	۴۰/۷۳ <sup>d</sup>
گردو	۳۸/۹۰ <sup>d</sup>
کنجد	۳۵/۴۸ <sup>e</sup>

\* فرمولاسیون‌ها با حروف یکسان در آزمون مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی در یک گروه قرار گرفته‌اند.



شکل ۱- تغییر درصد جوانه‌زنی کنیدی در فرمولاسیون‌های روغن‌های گیاهی مختلف و شاهد.

جدول ۲- میانگین مرگ و میر موریانه *M. diversus* در اثر فرمولاسیون های حاصل از روغن های گیاهی مختلف.

فرمولاسیون	میانگین درصد مرگ و میر*
کنجد	۹۱/۲۵ <sup>a</sup>
زیتون	۹۰/۲۱ <sup>a</sup>
گردو	۷۷/۲۹ <sup>b</sup>
ذرت	۷۶/۲۵ <sup>b</sup>
رزماری	۷۵/۸۳ <sup>b</sup>
آفتابگردان	۷۵/۴۲ <sup>b</sup>
شاهد	۵۸/۳۳ <sup>c</sup>

\* فرمولاسیون ها با حروف یکسان در آزمون مقایسه میانگین مرگ و میرها در یک گروه قرار دارند.

توسط بسیاری از محققان انجام شده مشخص شده است که روغن ها درجه ی تأثیر این عوامل قارچی را افزایش داده اند (بتمن و همکاران ۱۹۹۳، پرییر و همکاران ۱۹۸۸، باتا ۲۰۰۳، پولار و همکاران ۲۰۰۵). مطالعه حاضر نیز که به منظور بررسی فرمولاسیون های مختلف تهیه شده از روغن های گیاهی بر بقای کنیدی های قارچ *M. anisopliae* و ارزیابی تأثیر این فرمولاسیون ها در جمعیت موریانه انجام شد، نشان داد که فرمولاسیون روغن های گیاهی مختلف اثرات متفاوتی را بر بقای کنیدی ها و بیماری زایی در جمعیت موریانه اعمال می کنند. اعمال اثرات متفاوت روغن ها بر بقای کنیدی با مشاهده ی بالاترین میانگین جوانه زنی در فرمولاسیون روغن زیتون و پایین ترین میانگین در فرمولاسیون روغن کنجد با تحقیقات مشابه در ارتباط با قارچ *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin و گزارش بالاترین جوانه زنی کنیدی های جدایه هایی از این قارچ در روغن های سویا و پارافین و عدم جوانه زنی در روغن های ذرت و خرما (مسلم و همکاران ۲۰۰۴) و نیز فراهم شدن بالاترین و پایین ترین جوانه زنی کنیدی های این قارچ به ترتیب در فرمولاسیون های روغن کنجد و روغن زیتون (لطفی ملا و افکاری ۲۰۱۲) مطابقت دارد.

بر اساس مرگ و میرهای ثبت شده، مقادیر  $LC_{50}$  و  $LT_{50}$  برای فرمولاسیون های مختلف محاسبه گردید (جدول ۳، ۴). با توجه به مرگ و میر نسبتاً سریع در غلظت های بالا، مقدار  $LT_{50}$  تنها در غلظت  $10^{\circ}$  کنیدی در میلی لیتر گزارش شد. با مقایسه مقادیر مربوط به  $LT_{50}$  کم ترین مقدار مربوط به این آماره در روغن کنجد (۲/۳۸ روز) و بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد (۱۵/۹ روز) مشاهده شد. در میان فرمولاسیون های حاوی روغن نیز بیشترین مقدار  $LT_{50}$  مربوط به روغن رزماری (۷/۳۵ روز) بود. نتایج حاصل از محاسبه  $LC_{50}$  فرمولاسیون های مختلف، بیانگر کم ترین مقدار  $LC_{50}$  در روغن کنجد و بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد بود. در میان فرمولاسیون های روغنی نیز بیشترین مقدار  $LC_{50}$  در روغن آفتابگردان مشاهده شد.

## بحث

با توجه به اهمیت روز افزون به کارگیری عوامل قارچی بیماری زای حشرات، لزوم توسعه فرمولاسیون های مناسب که منجر به حفظ بقای کنیدی های قارچ و افزایش بیماری زایی در جمعیت آفت می شود ضروری به نظر می رسد. بر اساس مطالعاتی که

جدول ۳- مقادیر LC<sub>50</sub> (میلی لیتر / کنیدی) مربوط به تأثیر فرمولاسیون‌های مختلف روی موریانه *M. diversus*

فرمولاسیون	LC <sub>50</sub>	حد پایین (٪۹۵)	حد بالا (٪۹۵)	شیب خط	خطای استاندارد	$\chi^2(df)$
آفتابگردان	$3/0 \times 10^0$	$2/4 \times 10^0$	$3/7 \times 10^0$	۲/۱۶	۰/۱۹	۱۰/۴۹(۱۴)
گردو	$2/3 \times 10^0$	$1/9 \times 10^0$	$2/9 \times 10^0$	۳/۳۶	۰/۳۲	۱۰/۵۷(۱۴)
کنجد	$1/7 \times 10^4$	$1/7 \times 10^3$	$3/2 \times 10^4$	۰/۷۲	۰/۱۲	۱۸/۵۵(۱۴)
رزماری	$2/7 \times 10^0$	$2/2 \times 10^0$	$3/3 \times 10^0$	۳/۷۷	۰/۳۴	۴/۱۴(۱۴)
زیتون	$5/7 \times 10^4$	$3/1 \times 10^4$	$8/3 \times 10^4$	۱/۴۹	۰/۲۴	۱۵/۹۳(۱۴)
ذرت	$2/6 \times 10^0$	$2/2 \times 10^0$	$3/2 \times 10^0$	۳/۴۰	۰/۳۰	۵/۲۳(۱۴)
شاهد	$1/5 \times 10^6$	$1/1 \times 10^6$	$1/9 \times 10^6$	۱/۶۲	۰/۱۳	۲۱/۰۰ (۱۴)

جدول ۴- مقادیر متغیرهای مختلف حاصل از تجزیه زمان کشندگی فرمولاسیون‌های تهیه شده از روغن‌های گیاهی مختلف در جمعیت موریانه

*M. diversus*

فرمولاسیون	غلظت (میلی لیتر/اسپور)	LT <sub>50</sub> (روز)	شیب خط	$\chi^2$	درجه آزادی	خطای استاندارد
آفتابگردان	۱۰ <sup>۰</sup>	۵/۰۸	۴/۱۹	۳۳/۳۹	۱۲	۰/۳۰
گردو	۱۰ <sup>۰</sup>	۶/۴۵	۳/۳۹	۱۲/۹۵	۱۲	۰/۱۶
کنجد	۱۰ <sup>۰</sup>	۲/۳۸	۵/۵۳	۵/۱۶	۶	۰/۳۳
رزماری	۱۰ <sup>۰</sup>	۷/۳۵	۴/۵۹	۷/۹۹	۱۲	۰/۲۱
زیتون	۱۰ <sup>۰</sup>	۲/۵۲	۴/۱۴	۲۱/۰۶	۶	۰/۴۳
ذرت	۱۰ <sup>۰</sup>	۶/۸۳	۴/۰۷	۳۲/۸۴	۱۲	۰/۳۰
شاهد	۱۰ <sup>۰</sup>	۱۵/۹۰	۳/۰۹	۴/۰۷	۱۲	۰/۲۵

کننده و امولسیون کننده توئین ۸۰ بود که در زیست‌سنجی‌های آزمایشگاهی به منظور تسهیل در ایجاد سوسپانسیون از کنیدی‌های آب‌گریز استفاده شده است (پرییر و همکاران ۱۹۸۸، لاند و همکاران ۲۰۰۱). در مورد سوسپوامولسیون‌ها، امولسیون کننده‌ها (که می‌توانند سورفاکتانت باشند) عوامل مستعد تشکیل امولسیون‌های روغن در آب هستند، بدین وسیله زمینه را برای پراکندگی جزء فعال در سوسپانسیون فراهم می‌کنند (فیلد و دستغیب ۱۹۹۶). سورفاکتانت‌های غیر یونی از جمله توئین ۸۰ معمول‌ترین نوع از عوامل فعال

نوع و مقدار اسیدهای چرب موجود در روغن‌های گیاهی متفاوت بوده و این تفاوت منجر به بروز خواص مختلفی برای آنها می‌گردد (لطیفیان ۱۳۹۱). مشخص شده است که برخی از اسیدهای چرب برای جوانه‌زنی بازدارنده بودند در حالی که برخی دیگر جوانه‌زنی را افزایش دادند (بارنز و مور ۱۹۹۷). از این رو این احتمال وجود دارد که روغن‌های مختلف با داشتن مقادیر متفاوت از انواع اسیدهای چرب اثرات متفاوتی را بر بقای کنیدی اعمال کرده باشند. از طرف دیگر، یک عامل مهم که در تهیه این فرمولاسیون‌ها استفاده شد ماده خیس



امولسیون کننده بر بقای کنیدی کم بوده ولی در عین حال این امکان وجود دارد که کاهش چشمگیر بقای کنیدی در برخی روغن‌ها ناشی از واکنش اسیدهای چرب روغن با امولسیون کننده بوده و اثرات ناسازگاری بر بقا اعمال کرده است. علی‌رغم بالاتر بودن میانگین بقای کنیدی‌های قارچ در فرمولاسیون شاهد، ارزیابی آزمایشگاهی فرمولاسیون‌های مختلف در جمعیت موربانه نشان داد که فرمولاسیون‌های حاوی روغن‌های گیاهی عملکرد بیشتری نسبت به فرمولاسیون شاهد داشته و منجر به مرگ و میر بالاتر در جمعیت موربانه *M. diversus* شدند. نتایج به دست آمده در این تحقیق با بسیاری از تحقیقات انجام شده در ارتباط با درجه تأثیر فرمولاسیون‌های روغنی علیه آفات مختلف مطابقت دارد. در ارزیابی آزمایشگاهی روی ملخ صحرایی (*Schistocerca gregaria* Forskal)، فرمولاسیون‌هایی از کنیدی‌های *Metarhizium flavoviride* Gams and *Rozsypal* در روغن پنبه‌دانه عملکرد بالایی را نسبت به سوسپانسیون‌های بر پایه آب نشان دادند که به ویژه در رطوبت‌های پایین چشمگیر بود (بتمن و همکاران ۱۹۹۳). سطوح مرگ و میر سفیدبالک‌های *Bemisia tabaci* *Gennadius* و کنه تار عنکبوتی قرمز (*Tetranychus cinnabarinus* Boisduval) زمانی که کنیدی‌های قارچ در یک امولسیون وارونه فرموله شدند به طور معنی‌داری نسبت به کاربرد آن‌ها در یک سوسپانسیون ساده بالاتر بود (باتا ۲۰۰۳). هم‌چنین مشخص شده است که عوامل فرموله کننده بر پایه روغن برای *M. anisopliae* میانگین بقای متوسط<sup>۳</sup> را در کنه حیوانی *Boophilus microplus* *Canestrini* نسبت به آب با سورفاکتانت ساده کاهش می‌دهند (پولار و همکاران ۲۰۰۵). اختلاف در عملکرد کنیدی‌های فرموله شده در روغن نسبت به سوسپانسیون ساده از کنیدی به حفظ رطوبت در شکل

سطح هستند. طبیعت غیر یونی آنها اغلب در فرمولاسیون‌ها به سبب عدم واکنش‌پذیری با یون‌های موجود در آب (هم‌چون کلسیم، منیزیم یا یون فریک) و سازش‌پذیری شیمیایی‌شان با دیگر مواد شیمیایی، مفید است (فیلد و دستغیب ۱۹۹۶). این ترکیبات به سبب وجود گروه اپوکسید دارای خاصیت آب‌دوستی، و با وجود زنجیر خطی الکی یا اسید چرب دارای خاصیت چربی‌دوستی هستند. از آنجایی که این مواد غیر یونی بیشتر از مواد یونی در مایعات روغنی حل می‌شوند از این رو بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند (رخشانی ۱۳۸۱).

آلوس و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که همه روغن‌های کمکی قابل امولسیون هم‌چون توئین ۸۰، اگرال<sup>۱</sup> و فرمولاسیون‌های بر پایه روغن پس از ۴۸ ساعت نگهداری با کنیدی‌ها سازگار بودند. از این رو بیان داشتند که روغن‌های کمکی قابل امولسیون می‌توانند برای فرموله کردن کنیدی‌های *M. anisopliae* بدون اثر نامطلوب دائمی استفاده شوند. هم‌چنین در بررسی‌های انجام شده توسط پولار و همکاران (۲۰۰۵)، فرمولاسیون ۱۰ درصد روغن کمکی قابل امولسیون نارگیل جوانه‌زنی ضعیفی را در قارچ *M. anisopliae* موجب شد در حالی که همین قارچ تندش نسبتاً بالایی را در روغن نارگیل ایجاد کرد. این محققین دلیل احتمالی این امر را واکنش بین اسیدهای چرب روغن نارگیل و تریتون ایکس ۱۰۰<sup>۲</sup> مطرح کردند. در بررسی‌های انجام شده در این تحقیق نیز کنیدی‌های قارچ *M. anisopliae* بالاترین میانگین درصد جوانه‌زنی را در فرمولاسیون شاهد که محتوی آب و توئین ۸۰ بود حفظ کردند در حالی که در فرمولاسیون‌های حاوی روغن این میانگین پایین‌تر بود. بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که اثر ناسازگار

<sup>۱</sup>Agral<sup>۲</sup>Triton-X100<sup>۳</sup>Average Survival Time

فرموله شده قارچ مربوط بوده به طوری که امولسیون تهیه شده از قارچ آب آزاد کافی را برای کنیدی‌ها فراهم کرده در نتیجه کنیدی‌ها جوانه زده و به داخل بافت نفوذ می‌کنند (باتا ۲۰۰۳). چسبیدن بهتر کنیدی‌ها به کوتیکول و پخش بهتر آنها در محل‌های با رطوبت بالا هم‌چون غشاهای بین بند از دیگر عوامل افزایش دهنده عملکرد در فرمولاسیون‌های بر پایه روغن نسبت به فرمولاسیون‌های بر پایه آب مطرح شده است. (بتمن و همکاران ۱۹۹۳، پرییر و همکاران ۱۹۹۵). یکی دیگر از نتایج مهم و قابل بحث در این تحقیق تأثیر متفاوت روغن‌های به کار برده شده و غلظت‌های مختلف در روند مرگ و میر موریانه‌ها بود، به طوری که روغن کنجد بیشترین تأثیر را در مرگ و میر موریانه‌ها اعمال کرد. لطیفیان (۱۳۹۱) نیز در بررسی اثر فرمولاسیون‌های قارچ *B. bassiana* با روغن‌های گیاهی مختلف در جهت کنترل شپشه دنداندار (*Oryzaephilus surinamensis* Linnaeus) روغن کنجد را به عنوان مؤثرترین روغن برای تهیه فرمولاسیون پیشنهاد کرد. وی برتری اثر این روغن را مربوط به اثر سینرژیستی آن دانسته است. فاکتور تأثیرگذار دیگر در روند مرگ و میر موریانه‌ها غلظت به کار گرفته شده در فرمولاسیون‌های مختلف بود. به طوری که غلظت‌های بالا باعث مرگ و میر بسیار

سریع موریانه‌ها خصوصاً در فرمولاسیون‌های حاوی روغن گردید و با کاهش غلظت  $LT_{50}$  افزایش یافت. برآیند کلی حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد از آن جایی که به کارگیری کنیدی‌های قارچ *M. anisopliae* در یک فرمولاسیون روغنی می‌تواند نتایج مطلوب‌تری را در کنترل موریانه فراهم سازد، لذا با توجه به اثرات متفاوت فرمولاسیون‌های حاوی روغن بر بقای کنیدی، باید فرمولاسیونی که سازگاری بیشتری با کنیدی‌ها داشته به منظور تحقیقات گسترده در مقیاس وسیع انتخاب نمود. در این تحقیق، کنجد علی‌رغم تأثیر بیشتر در مرگ و میر موریانه عامل فرموله کننده مناسبی برای حفظ بقای کنیدی‌های قارچ *M. anisopliae* در قالب فرمولاسیون به کار گرفته شده نبود. از آن جایی که بر اساس نتایج روغن زیتون نیز مرگ و میر بالایی را در جمعیت این آفت موجب گردید و تأثیر بهتری نیز در بقای کنیدی‌های قارچ داشت می‌توان آن را به عنوان یکی از عوامل فرموله کننده مناسب برای این قارچ معرفی کرد. با این حال تحقیقات بیشتر برای بررسی علل تأثیر نامطلوب برخی از روغن‌ها و سایر عوامل فرموله کننده ضروری است.

#### سپاس‌گزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر فراهم آوردن بخشی از امکانات مالی و اجرایی این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

#### منابع

- باقری زنوز الف، ۱۳۷۵. آفات و فرآورده‌های انباری و روش‌های مبارزه با آنها: جلد اول، سخت بال‌پوشان زیان‌آور محصولات انباری و صنعتی. مرکز نشر سپهر.
- حبیب پور ب، ۱۳۷۳. بررسی فون، زیست‌شناسی و اهمیت اقتصادی موریانه‌های خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز.
- رخشانی الف، ۱۳۸۱. اصول سم‌شناسی کشاورزی (آفت‌کش‌ها). چاپ دوم، انتشارات فرهنگ جامع.

لطیفیان م، ۱۳۹۱. بررسی فرمولاسیون‌های قارچ *Beauveria bassiana* با روغن‌های گیاهی مختلف و ترکیب شیمیایی آنها بر قدرت کشندگی آن در جمعیت شپشه‌ی دندانه‌دار *Oryzaephilus surinamensis* در شرایط تغذیه از خرما. گیاهپزشکی (مجله علمی کشاورزی)، جلد سی و پنجم، شماره ۳، صفحه‌های ۴۵ تا ۵۷.

Agudelo F and Falcon L, 1983. Mass production, infectivity, and field application studies with entomopathogenous fungus. *Journal of Invertebrate Pathology* 42(1): 124-132.

Alves RT, Bateman RP, Gunn J, Prior C and Leather SR, 2002. Effect of different formulations on viability and medium term storage of *Metarhizium anisopliae* conidia. *Neotropical Entomology* 31(1): 091-099.

Barnes SE and Moore D, 1997. The effect of fatty organic or phenolic acids on the germination of conidia of *Metarhizium flavoviride*. *Mycological Research* 101(6): 662-666.

Bateman RP, 1997. The development of mycoinsecticide for the control of locusts and grasshoppers. *Outlook on Agriculture* 26: 13-18.

Bateman RP, Carey M, Moore D and Prior C, 1993. The enhanced infectivity of *Metarhizium flavoviride* in oil formulations to desert locusts at low humidities. *Annals of Applied Biology* 122(1): 145-152.

Batta YA, 2003. Production and testing of novel formulations of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes). *Crop Protection* 22: 415-422.

Blask VU, Hertel H and Forschler BT, 2003. Repellent effects of isoborneol on subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) in soils of different composition. *Journal of Economic Entomology* 96(4): 1267-1274.

Burges HD, 1998. Formulation of mycoinsecticide. Pp.131-185 In: Burges HD (ed.) *Formulation of Microbial Biopesticides: Beneficial Microorganisms, Nematodes and Seed Treatments*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherland.

Cheraghi A, Habibpour B, Mossadegh MS and Sharififard M, 2012. Horizontal transmission of the entomopathogen fungus *Metarhizium anisopliae* in *Microcerotermes diversus* groups. *Insects* 3: 709-718.

Culliney TW and Grace JK, 2000. Prospects for the biological control of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae), with special reference to *Coptotermes formosanus*. *Bulletin Entomological Research* 90(1): 9-21.

Daoust RA, Ward MG and Roberts DW, 1983. Effect of formulation on the viability of *Metarhizium anisopliae* conidia. *Journal of Invertebrate Pathology* 41: 151-160.

Diba F, Hadary F, Panjaitan SD and Yoshimura T, 2010. Development of bio-control technology for subterranean termites *Coptotermes curvignathus* Holmgren using electromagnetic waves. *Wood Research Journal* 1(2): 71-77.

- Field RJ and Dastgheib F, 1996. Enhancing uptake and translocation of systemic active ingredients. Pp. 241-296 In: Foy CL and Pritchard DW (eds.) Pesticide Formulation and Adjuvant Technology. Boca Raton, Florida, CRC press.
- Hanel H, 1982. Selection of a fungus species, suitable for the biological control of the termite *Nasutitermes exitiosus* (Hill). Zeitschrift Für Angewandte Entomologie 94: 237-245.
- Hussain A, Ahmed S and Shahid M, 2011. Laboratory and field evaluation of *Metarhizium anisopliae* var *anisopliae* for controlling subterranean termites. Neotropical Entomology 40(2): 244-250.
- Jenkins NE and Thomas MB, 1996. Effect of formulation and application method on the efficacy of aerial and submerged conidia of *Metarhizium flavoviride* for locust and Grasshopper control. Pesticide Science 46(4): 299-306.
- Krutmuang P and Mekchay S, 2005. Pathogenicity of Entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* against termites. Tropending, Conference on International Agriculture Research for Development, Thailand.
- Landa Z, Bielikova L, Osborne LS and Bobkova P, 2001. Assessment of isolates of entomogenous fungi collected from spruce bark beetle *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae) in Bohemian forest. Silva Gabreta 6: 273-286.
- Lotfi Mola F and Afkari R, 2012. Effect of different vegetable oils formulation on temperature tolerance and storage duration of *Beauveria bassiana* conidia. African Journal of Microbiology Research 6(22): 4707-4711.
- Mburu DM, Ochola L, Maniana NK, Njaga PGN, Gitonga LM, Ndungu MW, Wanjoy AK and Hassanali A, 2009. Relationship between virulence and repellency of entomopathogenic isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to termite *Macrotermes michaelseni*. Journal of Insect Physiology 55: 774-780.
- Milner RJ, Staples JA and Lutton GG, 1998. The selection of an isolate of the hyphomycete fungus, *Metarhizium anisopliae*, for control of termites in Australia. Biological Control 11: 240-247.
- Moore D, Bridge PD, Higgins PM, Bateman RP and Prior C, 1993. Ultra-violet radiation damage to *Metarhizium flavoviride* conidia and the protection given by vegetable and mineral oils and chemical sunscreens. Annals of Applied Biology 122(3): 605-616.
- Moore D and Prior C, 1993. The potential of mycoinsecticides. Biocontrol news and information, CAB International 14, 31N-40N.
- Moslim R, Wahid MB, Ramlah SA and Kamarudin N, 2004. The effects of oils on germination of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and its infection against the oil palm bagworm, *Metisa plana* (Walker). Journal of Oil Palm Research 16(2): 78-87.
- Polar P, Kario TKM, Moore D, Pegram R and John SA, 2005. Comparison of water, oils and emulcifiable adjuvant oils as formulating agents for *Metarhizium anisopliae* for use in control of *Boophilus microplus*. Mycopathologia 160: 151-157.

- Prior C, Carey M, Abraham YJ, Moore D and Bateman RP, 1995. Development of a bioassay method for the selection of entomopathogenic fungi virulent to the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.). Journal of Applied Entomology 119: 567-573.
- Prior C, Jollands P and Le Patourel G, 1988. Infectivity of oil and water formulations of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) to the Cocoa weevil pest *Pantorhytes plutus* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Invertebrate Pathology 52: 66-72.
- Stathers TE, Moore D and Prior C, 1993. The effect of different temperatures on the viability of *Metarhizium flavoviride* conidia stored in vegetable and mineral oils. Journal of Invertebrate Pathology 62(2): 111-115.
- Su NY, Chew V, Wheeler GS and Scheffrahn RH, 1997. Comparison of tunneling responses into insecticide-treated soil by field populations and laboratory groups of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). Journal of Economic Entomology 90(2): 503-509.
- Talwar BH, 2005. Isolation and characterization of entomopathogenic fungi and their effectiveness. PhD thesis, Agricultural Microbiology, University of Agricultural Sciences, Dharwad, India.

## Viability of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin Conidia in Vegetable Oil Formulations and Their Virulence on the Termite *Microcerotermes diversus* Silvestri (Isoptera: Termitidae)

M Dastbarjan<sup>1</sup>, B Habibpour<sup>2\*</sup> and R Eslamizadeh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Former MSc Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

<sup>3</sup>Instructor, Safiabad Agricultural Research Center of Dezful.

\*Corresponding author: habibpour\_b@scu.ac.ir

Received: 28 Dec 2014

Accepted: 26 Jul 2015

### Abstract

In this study, formulations were prepared by emulsion of different vegetable oils (sunflower, corn, rosemary, olive, sesame, and walnut) of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin conidia. Control formulation was also prepared and germination of fungal conidia in all formulations was assessed. Results showed that control and olive oil formulations had the highest average conidial germination while the sesame oil formulation had the lowest germination. Effect of four concentrations ( $10^8$ ,  $10^7$ ,  $10^6$  and  $10^5$  conidia/ml) of these formulations were applied against populations of *Microcerotermes diversus* Silvestri (Isoptera: Termitidae) termites. Due to high mortality rate in the first three concentrations, the treatment with  $10^5$  conidia/ml was used in comparisons. The highest mean percent termite mortality (91.25%) was obtained with the sesame oil formulation and the lowest (58.33%) with control formulation. The lowest  $LT_{50}$  (2.38 days) occurred with the sesame oil formulation while the control formulation had the greatest  $LT_{50}$  (15.9 days). The lowest calculated  $LC_{50}$  ( $1.7 \times 10^4$  conidia/ml) was also for sesame oil formulation.

**Keywords:** Concentration, Emulsion, Germination, Mortality.