

## مقاله تحقیقی

کارایی دو عامل کنترل میکروبی، *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* و *Beauveria bassiana* در کنترل کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی *Helicoverpa armigera*سعیده جاور<sup>۱</sup>، رسول مرزبان<sup>۲</sup>، محبوبه شریفی<sup>۲</sup>، مریم کلانتری جوشانی<sup>۳</sup>، کوروش قادری<sup>۴</sup>

۱، ۳، ۵- استادیار، استادیار، کارشناس، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

۲، ۴- دانشیار، کارشناس ارشد، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. مسئول مکاتبات: سعیده جاور، ایمیل: sajavar@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

۶۱-۴۹(۱)۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۴

## چکیده

هلیوتیس (یا کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی) با نام علمی *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae) یکی از مهمترین و قدیمی‌ترین آفت محصولات زراعی کشور بخصوص استان گلستان می‌باشد، که همه ساله موجب تحمیل هزینه‌های مدیریتی هنگفتی برای بهره‌برداران می‌شود، و نیز به دلیل استفاده از انواع آفت‌کش‌های شیمیایی موجب مضرات زیست محیطی برای اکوسیستم زراعی کشور می‌گردد. برای جلوگیری از کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی بی‌رویه، و به دلیل بروز مقاومت این آفت به بسیاری از آفتکش‌ها، بررسی کارایی سایر روش‌های کنترل از جمله استفاده از قارچ‌های بیمارگر حشرات و آفت‌کش بیولوژیک *Bacillus thuringiensis* قابل تامل است. در این پژوهش، به بررسی میزان کارایی سه فرمولاسیون مختلف از قارچ بیمارگر حشرات *Beauveria bassiana* و یک حشره‌کش بیولوژیک بر اساس ماده موثره *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (بایولپ پی) و یک حشره‌کش ارگانیک بر پایه گیاه (روی آگرو) در شرایط آزمایشگاهی و همینطور در دو مزرعه گوجه‌فرنگی استان گلستان پرداخته شد. همچنین میزان سوراخ‌شدگی میوه‌های گوجه‌فرنگی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج زیست‌سنجی آزمایشگاهی فرمولاسیون‌های مختلف قارچ *B. bassiana* با غلظت  $1 \times 10^7$  کنیدی بر میلی‌لیتر روی لارو سن سوم نشان داد که هر سه فرمولاسیون مختلف از قارچ عامل بیمارگر بین ۸۴ تا حدود ۹۱ درصد مرگ و میر روی لاروهای سن سوم ایجاد کردند. نتایج زیست‌سنجی آزمایشگاهی غلظت‌های مختلف ترکیب زیستی بایولپ پی روی لارو سن سوم کرم میوه‌خوار پس از گذشت هشت روز نشان داد که با افزایش غلظت مصرف، میزان مرگ و میر نیز به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. بالاترین میزان مرگ و میر با ۹۳/۳۳ درصد در غلظت یک و نیم در هزار و کمترین میزان مرگ و میر با ۴۸/۸۹ درصد در غلظت نیم در هزار مشاهده شد. نتایج بررسی‌ها در مزارع گوجه‌فرنگی روستای قلعه محمود گرگان نشان داد که کارایی تیمارهای بکار رفته با گذشت زمان افزایش می‌یابد و بالاترین درصد کارایی در همه‌ی تیمارهای آزمایشی در روزهای هفتم و دهم پس از محلول‌پاشی بین حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد بوده است. در زمین گوجه‌فرنگی ایستگاه چالکی گرگان، درصد کارایی فرمولاسیون‌های قارچی در روز دهم محلول‌پاشی کاهش یافته بود. در ارتباط با درصد سوراخ‌شدگی میوه‌ها نیز در هر دو زمین مطالعه شده، تیمار شاهد و تیمار قارچی حاوی آب مقطر در یک گروه آزمایشی قرار گرفتند و بیشترین میزان سوراخ‌شدگی میوه‌ها را نشان دادند. به طور کلی با توجه به کاهش کارایی فرمولاسیون‌های قارچی در روز دهم محلول‌پاشی، می‌توان نتیجه گرفت که تکرار محلول‌پاشی عوامل کنترل زیستی، برای کنترل بهتر آفت الزامی است و یا تلفیق این روش‌ها با آفتکش‌های کم‌خطر یا ارگانیک باید مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پروبیوتیک، کنترل بیولوژیک، باکتری، قارچ، بیمارگر، کرم غوزه

## مقدمه

گوجه‌فرنگی از سبزیجات مهم خانواده بادمجانیان (سولاناسه) است که به صورت وسیعی در سرتاسر جهان در شرایط مزرعه و گلخانه کشت و تولید می‌شود. گوجه‌فرنگی مصرف زیادی در صنایع عمده کشاورزی دارد که علاوه بر مصرف تازه‌خوری به صورت‌های مختلف مانند میوه پوست‌کنده، آب میوه، ترشی، میوه خشک شده، خردشده، برگه، پودر، رب، پوره، انواع سس، سوپ و کچاپ نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. کرم غوزه یا کرم میوه گوجه‌فرنگی با نام علمی *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) که به میوه‌گوجه‌فرنگی حمله می‌کند، از مهمترین آفات گوجه‌فرنگی در جهان و ایران می‌باشد. خسارت ناشی از این آفت روی گوجه‌فرنگی در حالت طغیانی بین ۸۵ تا ۹۳ درصد گزارش شده است (Abedi & Ahmadvand, 2018). این آفت معمولاً تخم‌ها را به صورت منفرد در برگچه‌های انتهایی برگ‌های نزدیک به گل‌ها یا میوه‌های کوچک گذاشته و لاروهای تازه تفریخ شده ترجیحاً از میوه‌های نارس تغذیه کرده و آن را سوراخ می‌کنند و در محل تغذیه فضولات باقیمانده لارو قابل مشاهده می‌باشد. در نهایت میوه‌ها غیرقابل استفاده می‌شوند. میوه‌های کرم‌زده زودتر قرمز شده و خسارت چین اول معمولاً شدیدتر است. میوه‌های رسیده به ندرت مورد حمله قرار می‌گیرند. لاروها سوراخ‌های عمیقی را در میوه‌ها ایجاد می‌کنند. میوه‌ها اغلب بعد از حمله آفت، راه نفوذ باکتری‌ها و قارچ‌های ثانویه را فراهم کرده که باعث پوسیدگی و فساد کامل می‌شوند. البته گاهی لارو حشره به جوانه‌های گل‌ها یا ساقه‌ها نیز حمله می‌کند (Abedi & Ahmadvand, 2018; Khanjani, 2012). فعالیت این آفت در بهار (نسل اول) بر روی نخود و گوجه‌فرنگی شروع می‌شود و از نسل دوم فعالیت آن در پنبه‌کاری‌ها مشاهده می‌شود و در نسل سوم فعالیت آن شدیدتر است که این زمان مصادف با ظهور حداکثر غنچه و گلدهی و غوزه‌های جوان پنبه (اواسط تیر تا اواسط مهر) است. این آفت در استان گلستان ۳-۴ نسل دارد. کرم میوه

گوجه‌فرنگی آفتی پلی‌فاژ بوده و گیاهان زراعی مهم مورد حمله در استان گلستان شامل نخود، گوجه‌فرنگی، ذرت، پنبه، توتون، سویا و علف هرز گاوپنبه می‌باشد (Darvish Mojeni & Pezeshkpour, 2014).

برای مدیریت کنترل این آفت انواع روش‌های غیر شیمیایی شامل شخم عمیق پاییزه و زمستانه، یخ‌آب زمستانه، رعایت تناوب زراعی، نصب تله‌های نوری و فرمونی و رهاسازی زنبورهای تریکوگراما و براکون توصیه می‌شود ولی هر ساله به دلیل طغیان آفت استفاده از انواع سموم شیمیایی اجتناب‌ناپذیر است (Darvish Mojeni & Pezeshkpour, 2014). بررسی‌های انجام شده در خصوص مدیریت آفت موصوف در مزارع استان گلستان مبین آنست که کاربرد بسیاری از آفت‌کش‌ها به دلیل محفوظ ماندن آفت در داخل میوه، موفقیت چندانی در کنترل آفت نصیب کشاورزان و بهره‌برداران نگردیده است لذا استفاده از روش‌های کنترل بیولوژیک از جمله قارچ‌های بیمارگر حشرات و آفت‌کش بیولوژیک Bt بخصوص در مزارع گوجه‌فرنگی که مصرف تازه‌خوری دارند و شرایط آب و هوایی برای استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک در فصل کشت گوجه‌فرنگی مهیا است قابل تامل می‌باشد. در این پژوهش، به بررسی میزان کارایی سه فرمولاسیون مختلف قارچ بیمارگر حشرات (*Beauveria bassiana* (Balsamo) حشره کش بیولوژیک بایول‌پی بر اساس ماده موثره (BtK) *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* و یک حشره-کش ارگانیک روی‌اگرو (ماترین) در کنترل آفت کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی و همینطور در دو مزرعه گوجه‌فرنگی استان گلستان پرداخته شد.

## مواد و روش‌ها

### جدایه قارچی

در این پژوهش از جدایه‌ای از قارچ *B. bassiana* (Code: A1-1) که در تحقیقات اخیر بهترین عملکرد را در بین چند جدایه قارچی دیگر روی کرم غوزه پنبه نشان داده بود استفاده شده است (نتایج متعاقباً منتشر خواهد شد). جدایه

(۳۰ درصد) بر پایه روغن معدنی (پارافین مایع) حاوی کنیدی قارچ، پارافین مایع و توئین ۸۰، کربوکسی متیل سلولز و تالک تهیه شد. در روش (Tupe et al., 2017)، کنیدی‌های قارچی در مخلوط روغن آفتابگردان و دیزل به نسبت ۷:۳ ترکیب شد. در تیمار قارچ با آب مقطر، کنیدی‌های قارچ به نسبت ۳۰ درصد با آب مقطر استریل حاوی ۰/۰۵ درصد توئین ۸۰ مخلوط گردید. در نهایت فرمولاسیون‌های قارچی به نسبتی با آب مقطر استریل حاوی ۰/۰۵ درصد توئین ۸۰ مخلوط شد که سوسپانسیون قارچی با غلظت ۱۰<sup>۷</sup> کنیدی در میلی‌لیتر بدست آید. این سوسپانسیون بر روی لاروهای سن سه کرم میوه‌خوار با استفاده از اسپری دستی محلول‌پاشی شد. آزمایش‌ها در سه تکرار و هر تکرار شامل ۲۰ لارو به همراه تیمار شاهد که از آب مقطر استریل حاوی ۰/۰۵ درصد توئین ۸۰ استفاده شد انجام شد. لاروها پس از محلول‌پاشی به مدت پنج دقیقه روی کاغذ صافی برای جذب رطوبت اضافی قرار گرفته و نهایتاً به ظروف حاوی مقداری غذای مصنوعی انتقال داده شدند و داخل انکوباتور با شرایط دمایی ۲۶±۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۰±۵ درصد و ۱۶ ساعت روشنایی قرار گرفتند. میزان مرگ‌ومیر روزانه برای مدت هشت روز بررسی و ثبت شد. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار همراه با یک تیمار شاهد انجام شد.

در زیست‌سنجی لاروهای کرم غوزه با بایولپ پی (WP)، سه غلظت شامل نیم در هزار، یک در هزار و یک و نیم در هزار از آفت کش بیولوژیک تهیه و روی غذای مصنوعی کرم غوزه اسپری شد.

### آزمایش‌های مزرعه‌ای

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تیمار و ۳ تکرار در دو منطقه از استان گلستان انجام شد. مناطق انجام آزمایش‌ها شامل دو مزرعه کشت گوجه‌فرنگی یکی در حاشیه‌ی روستای قلعه محمود از توابع بخش مرکزی شهرستان گرگان با مختصات جغرافیایی

قارچی مورد نظر قبل از استفاده در آزمایشات، در محیط کشت Potato Dextrose Agar (PDA) کشت شده و در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۴-۱۲ روز در تاریکی نگهداری شد. تولید انبوه این جدایه قارچی در بستر جامد حاوی سبوس برنج و آب پنیر هشت درصد انجام شد (Javar et al., 2022).

### ایجاد کلنی *H. armigera* در آزمایشگاه

به منظور ایجاد جمعیت کرم میوه‌خوار در آزمایشگاه، جمع‌آوری این حشره آفت از مزارع گوجه‌فرنگی شمال کشور در اوایل فصل بهار به صورت لارو و شفیره صورت گرفت و کلیه‌ی مراحل رشدی آفت در اتاق پرورش با دمای ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دوره روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت انجام گرفت. برای تغذیه لاروهای هلیوتیس از غذای مصنوعی حاوی ۲۰۵ گرم لوبیا چشم بلبلی خیس‌انده شده در آب به مدت ۲۴ ساعت، ۳۵ گرم مخمر نانویی، ۳۰ گرم پودر جوانه گندم، ۱/۱ گرم اسید سوربیک، ۳/۵ گرم اسید اسکوربیک (ویتامین C)، ۲/۲ گرم متیل پارا هیدروکسی بنزوات (نیپازین)، ۱/۴ گرم آگا آگار، ۴/۲ میلی لیتر روغن آفتابگردان (بدون آنتی‌اکسیدان)، ۲/۵ میلی لیتر فرمالدئید ۳۷٪ و ۷۰۰ میلی لیتر آب مقطر استریل استفاده شد. محلول آب‌عسل ۱۰ درصد برای تغذیه حشرات کامل استفاده شد.

### بررسی‌های آزمایشگاهی

در شرایط آزمایشگاهی، زیست‌سنجی عوامل کنترل زیستی شامل سه فرمولاسیون مختلف از قارچ (سوسپانسیون غلیظ روغنی، مخلوط کنیدی قارچ در روغن و مخلوط کنیدی قارچ در آب) و همچنین سه غلظت مختلف از آفت کش بیولوژیک بایولپ پی (WP) حاوی باکتری BtK روی لاروهای سن سوم کرم میوه‌خوار بررسی شد. در این پژوهش دو نوع فرمولاسیون روغنی استفاده شده، بر پایه یافته‌های (Vimala Devi & Hari, 2009) و (Tupe et al., 2017) تهیه گردید. به این صورت که بر اساس یافته‌های (Vimala Devi & Hari, 2009)، سوسپانسیون غلیظ قارچی

اتومایزر صورت گرفت و زمان محلول‌پاشی با توجه به مطالعات قبلی در زمان اوج ظهور لاروهای سن دو و سه بود. عملیات محلول‌پاشی صبح زود انجام شد. نمونه‌برداری یک روز قبل از محلول‌پاشی و ۳، ۷ و ۱۰ روز بعد از محلول‌پاشی صورت گرفت. جمع‌آوری لاروها با حذف ردیف‌های حاشیه‌ای از ردیف‌های میانی کشت با انتخاب ۱۰ بوته گوجه‌فرنگی از هر کرت بصورت تصادفی انجام شد. لاروها از روی بوته‌ها جمع‌آوری و در آزمایشگاه آلودگی آنها به قارچ یا باکتری بررسی شدند و سپس به وسیله فرمول هندرسون-تیلتون درصد کارایی هر یک از تیمارها بدست آمد. به منظور محاسبه تعداد میوه تشکیل شده در هر بوته و درصد میوه‌های سوراخ شده یک هفته قبل از برداشت محصول از هر کرت به طور تصادفی ۲۰ بوته انتخاب و تعداد میوه‌های سالم و سوراخ شده محاسبه شد (Fite *et al.*, 2019; Tohidi *et al.*, 2013). در نهایت پس از تجزیه واریانس نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار SPSS، مقایسه میانگین تیمارها بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس با استفاده از آزمون توکی انجام شد.

### تجزیه آماری

تجزیه تحلیل آماری و مقایسه میانگین با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت. آزمایش‌های زیست‌سنجی آزمایشگاهی در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. در آزمایش‌های زیست‌سنجی از تجزیه واریانس (ANOVA) استفاده شده، درصد مرگ و میر لاروهای کرم غوزه بر اساس فرمول ابوت تصحیح و مقایسه میانگین درصد تلفات آفات با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد با نرم افزار SPSS انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل صورت گرفت.

### نتایج

#### بررسی‌های آزمایشگاهی

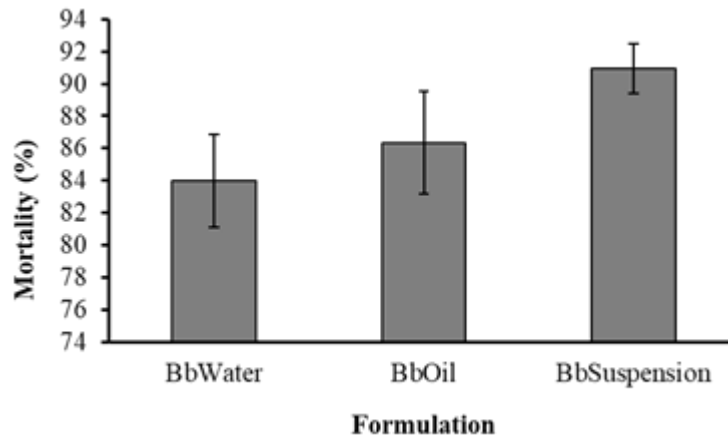
نتایج زیست‌سنجی آزمایشگاهی فرمولاسیون‌های مختلف قارچ *B. bassiana* با غلظت  $1 \times 10^7$  کنیدی بر میلی لیتر روی لارو سن سوم کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی در

(36.884558, 54.365829) و دیگری در ایستگاه تحقیقاتی چالکی در ۷ کیلومتری غرب گرگان (36.834450, 54.304927) می‌باشد. آزمایشات در زمین قلعه محمود در خردادماه ۱۴۰۲ صورت گرفت و متوسط دما و رطوبت نسبی در روزهای انجام آزمایشات به ترتیب ۲۶ درجه سلسیوس و ۷۸ درصد ثبت شد. لازم به ذکر است که در زمین قلعه محمود بلافاصله پس از محلول‌پاشی بارندگی شدیدی صورت گرفت که باعث شد چند روز بعد محلول‌پاشی دوباره انجام گردد. آزمایشات مزرعه‌ای در زمین ایستگاه تحقیقات چالکی کمی دیرتر و در تیرماه ۱۴۰۲ انجام شد و متوسط دما و رطوبت نسبی در روزهای انجام آزمایشات به ترتیب ۲۸ درجه سلسیوس و ۷۵ درصد ثبت شد. شب قبل از شروع آزمایشات بارندگی ملایمی در سطح مزرعه صورت گرفت تیمارهای آزمایش شامل سه تیمار حاوی کنیدی‌های قارچی شامل (۱) فرمولاسیون روغنی بر پایه روغن دیزل و آفتابگردان (BbOil)، (۲) فرمولاسیون سوسپانسیون غلیظ بر پایه روغن معدنی (BbSuspension)، (۳) سوسپانسیون قارچی محلول در آب مقطر استریل به همراه ۰/۰۵ درصد توئین ۸۰ (BbWater)، (۴) فرآورده بیولوژیک بایولپ‌پی با دوز توصیه شده (یک در هزار) (Bt)، (۵) یک حشره‌کش ارگانیک گیاه پایه روی آگرو (ماترین) با دوز توصیه شده (یک در هزار) (RuiAgro) و (۶) تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) بود. در تیمارهای حاوی قارچ پس از تهیه فرمولاسیون‌های قارچی مطابق با موارد اشاره شده در قسمت بررسی‌های آزمایشگاهی، در کلیه تیمارهای قارچی مقدار ۲۵۰ mg از فرمولاسیون‌های فوق در یک لیتر آب مقطر استریل به کمک هموزنایزر آزمایشگاهی مخلوط گردید بطوریکه مقدار کنیدی در این سوسپانسیون حدود  $10^{10}$  کنیدی در میلی‌لیتر به دست آمد. از این سوسپانسیون به مقدار مورد نیاز برای محلول‌پاشی مزرعه تهیه گردید.

به منظور بررسی تاثیر تیمارهای ذکر شده روی تلفات لاروها، تعداد میوه‌های سوراخ شده و لاروها بررسی شد. اندازه هر کرت ۵ در ۱۰ متر و بین کرت‌ها نیز ۴ متر فاصله بود. محلول‌پاشی با استفاده از سمپاش پستی موتوری

پایه روغن معدنی (BbSuspension) اختلاف معنی داری وجود ندارد ( $df=2, F=1.807, P > 0.001$ ).  
 BbSuspension با ۹۰/۹۶ درصد مرگ و میر بالاترین و BbWater با ۸۴ درصد مرگ و میر کمترین میزان تلفات را روی لارو سن سوم کرم میوه خوار نشان دادند.

شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی شامل سوسپانسیون قارچی محلول در آب مقطر استریل حاوی ۰/۰۵ درصد توئین ۸۰ (BbWater)، فرمولاسیون روغنی بر پایه روغن دیزل و آفتابگردان (BbOil) و فرمولاسیون سوسپانسیون غلیظ بر



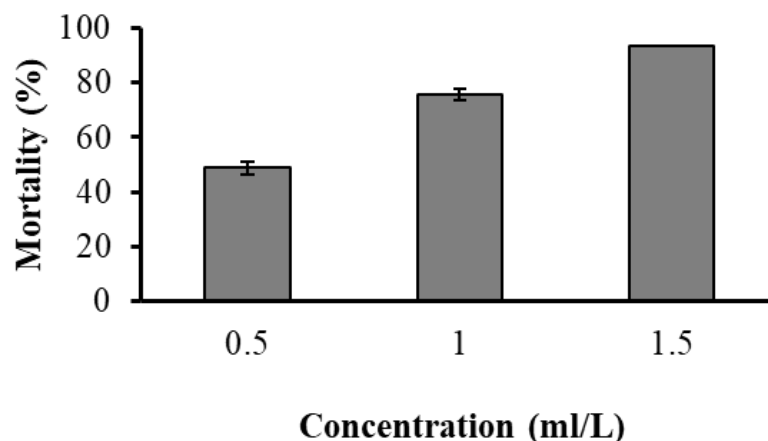
شکل ۱. زیست سنجی آزمایشگاهی فرمولاسیون های مختلف قارچ *Beauveria bassiana* (غلظت  $1 \times 10^7$  کنیدی بر میلی لیتر)

روی لارو سن سوم کرم میوه خوار گوجه فرنگی *Helicoverpa armigera*

Fig. 1. Laboratory bioassay of different formulations of *Beauveria bassiana* ( $1 \times 10^7$  conidia/ ml) on 3<sup>rd</sup> instar larvae of *Helicoverpa armigera*

توکی، تیمارها را در سه سطح آماری گروه بندی نمود ( $P < 0.05$ ). در این آزمایش مشاهده شد که با افزایش غلظت مصرف Bt، میزان مرگ و میر نیز به طور معنی داری افزایش می یابد. بالاترین میزان مرگ و میر با ۹۳/۳۳ درصد در غلظت یک و نیم در هزار و کمترین میزان مرگ و میر با ۴۸/۸۹ درصد در غلظت نیم در هزار مشاهده شد.

همینطور نتایج تجزیه واریانس زیست سنجی غلظت های مختلف ترکیب زیستی Bt روی لارو سن سوم کرم میوه خوار نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی شامل غلظت های مختلف نیم در هزار، یک در هزار و یک و نیم در هزار اختلاف معنی دار وجود دارد ( $df=2, F=152.045, P < 0.05$ ) (شکل ۲). مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون



شکل ۲. زیست‌سنجی غلظت‌های مختلف آفتکش تجاری بیولوژیک حاوی باکتری *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (بیولپ پی) (Bt) روی لارو سن سوم کرم میوه‌خوار *Helicoverpa armigera*

Fig. 2. Bioassay of different concentrations of a commercial biological insecticide Biolep® containing *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (Bt) on the 3<sup>rd</sup> instar larvae of *Helicoverpa armigera*

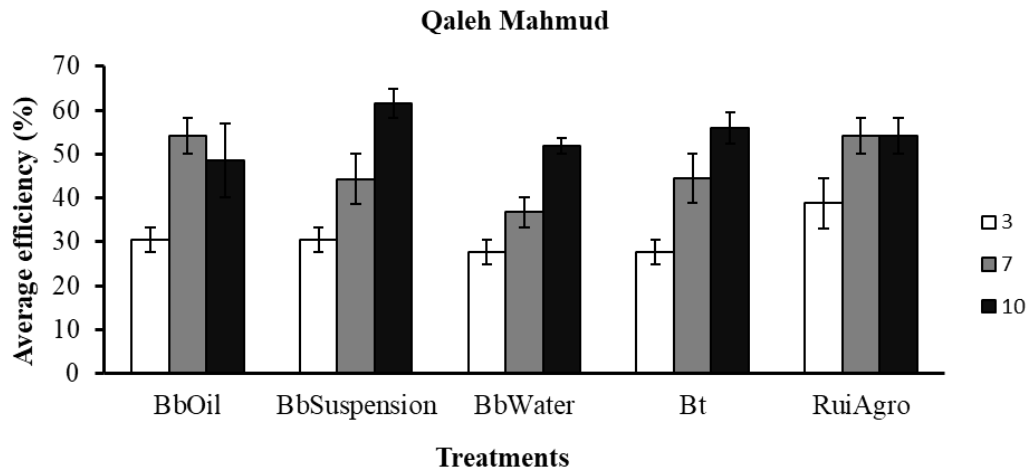
طور کلی بیشترین درصد کارایی در روز دهم در تیمار BbSuspension با ۶۱/۵۷ درصد مشاهده شد.

### آزمایش‌های مزرعه‌ای روستای قلعه محمود

نتایج بررسی کارایی عوامل کنترل مختلف زیستی شامل سه فرمولاسیون مختلف از قارچ بیمارگر حشرات (BbOil)، BbSuspension و BbWater) و یک آفتکش تجاری بیولوژیک حاوی باکتری *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (بیولپ پی) (Bt) و همینطور یک آفتکش ارگانیک بر پایه گیاه روی‌آگرو (RuiAgro) در شکل ۳ نمایش داده شده است. سه روز پس از محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد ولی تیمار روی‌آگرو با ۳۸/۷۷ درصد بالاترین کارایی را در بین تیمارها نشان داد (df=4,  $F=1.641$ ,  $P > 0.05$ ). در همه‌ی تیمارها کمترین میزان کارایی سه روز پس از محلول‌پاشی بود که به تدریج در روز هفتم در همه‌ی تیمارها افزایش داشته است. در روز هفتم تیمارهای BbOil و RuiAgro بالاترین درصد کارایی و تیمار BbWater کمترین میزان کارایی را نشان داد. در روز دهم تیمارهای BbSuspension، BbWater و Bt با افزایش درصد کارایی، در حالیکه درصد کارایی در تیمار RuiAgro ثابت و در تیمار BbOil کاهش داشته است. به

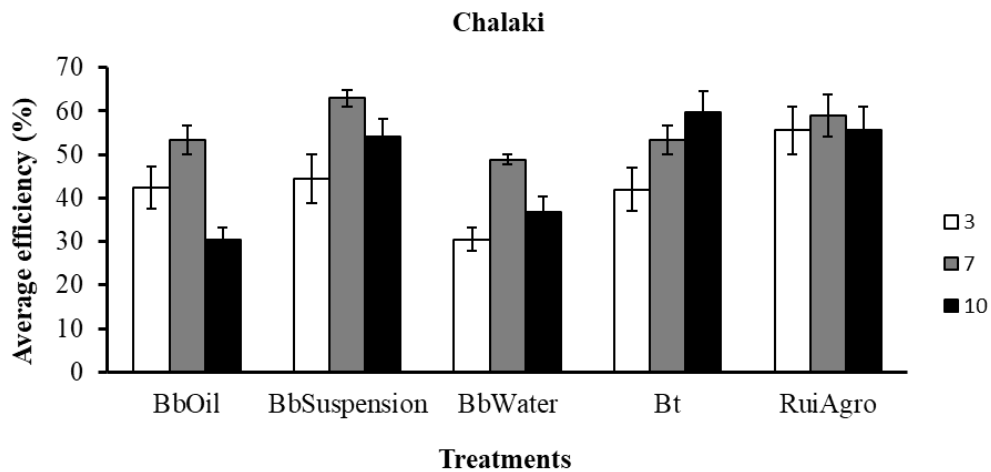
### زمین ایستگاه چالکی

نتایج آزمایشات مزرعه‌ای در زمین ایستگاه چالکی (شکل ۴) نشان داد که سه روز پس از انجام محلول‌پاشی، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود دارد (df=4,  $F=3.365$ ,  $P < 0.05$ ). بررسی اختلاف میانگین تیمارها نشان داد که تیمار BbWater با ۳۰/۵۳ درصد کمترین کارایی و تیمار روی‌آگرو با ۵۵/۵۵ درصد بیشترین کارایی را داشته است. در هفت روز پس از محلول‌پاشی میزان کارایی در همه‌ی تیمارهای آزمایشی بیشتر شد ولی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. در ده روز پس از محلول‌پاشی، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی وجود دارد (df=4,  $F=8.887$ ,  $P < 0.001$ ). درصد کارایی در تیمارهای حاوی کنیدی‌های قارچ کاهش داشته است در حالیکه در تیمار Bt، افزایش کارایی مشاهده شد.



شکل ۳- کارایی عوامل کنترل زیستی مختلف شامل سه فرمولاسیون مختلف از قارچ بیمارگر حشرات *Beauveria bassiana* (BbOil، BbSuspension و BbWater) و یک حشره کش تجاری بیولوژیک حاوی باکتری *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (بایولپ پی) (Bt) و همینطور یک حشره کش ارگانیک روی آگرو (ماترین) (RuiAgro) روی میزان خسارت کرم میوه خوار گوجه فرنگی در سه، هفت و ده روز پس از محلول پاشی در زمین قلعه محمود

Fig. 3. The efficiency (%) of different biological control agents, including three different formulations of insect pathogenic fungi *Beauveria bassiana* (BbOil, BbSuspension and BbWater) and a commercial biological insecticide Biolep® containing *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (Bt) as well as an organic insecticide Rui Agro (matrine) (RuiAgro) on the tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hubner) in three, seven and ten days after foliar spraying in Qaleh Mahmud station



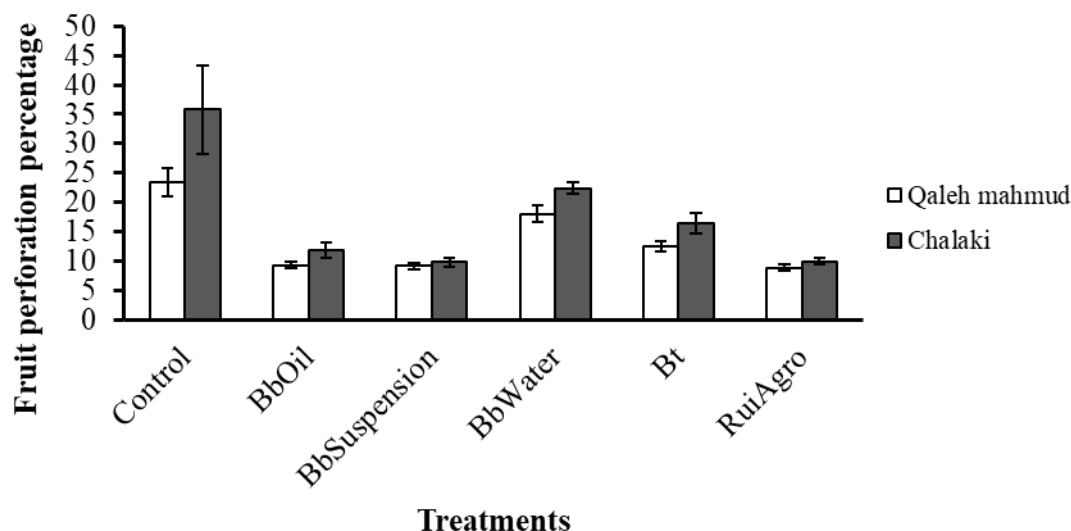
شکل ۴- کارایی عوامل کنترل زیستی مختلف شامل سه فرمولاسیون مختلف از قارچ بیمارگر حشرات *Beauveria bassiana* (BbOil، BbSuspension و BbWater) و یک حشره کش تجاری بیولوژیک حاوی باکتری *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (بایولپ پی) (Bt) و همینطور یک حشره کش ارگانیک روی آگرو (ماترین) (RuiAgro) روی میزان خسارت کرم میوه خوار گوجه فرنگی در سه، هفت و ده روز پس از محلول پاشی در زمین ایستگاه چالکی

Fig. 4. The efficiency (%) of different biological control agents, including three different formulations of insect pathogenic fungi *Beauveria bassiana* (BbOil, BbSuspension and BbWater) and a commercial biological insecticide Biolep® containing *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (Bt) as well as an organic insecticide Rui Agro (matrine) (RuiAgro) on the tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hubner) in three, seven and ten days after foliar spraying in Chalaki station

### درصد میوه‌های سوراخ شده

یک هفته قبل از برداشت میوه‌ها، درصد میوه‌های سوراخ شده توسط کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی نسبت به میوه‌های سالم در هر دو زمین مطالعه شده قلعه محمود و ایستگاه چالکی بررسی شد. نتایج (شکل ۵) نشان داد که در زمین قلعه محمود بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی داری وجود دارد ( $df=4, F=22.062, P < 0.001$ ). بررسی اختلاف میانگین‌ها نشان داد که تیمار شاهد و BbWater به ترتیب با ۲۳/۳۳ درصد و ۱۸ درصد سوراخ‌شدگی میوه‌های گوجه‌فرنگی، بیشترین میزان سوراخ‌شدگی میوه‌ها را نشان دادند و تیمارهای RuiAgro، BbSuspension، BbOil و Bt نیز در به ترتیب کمترین درصد سوراخ‌شدگی میوه‌ها را داشته‌اند.

در زمین ایستگاه چالکی نیز روند درصد سوراخ‌شدگی میوه‌ها در تیمارهای آزمایشی مشابه زمین قلعه محمود است. بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $df=4, F=9.481, P < 0.001$ ). تیمار شاهد و BbWater در یک گروه آزمایشی قرار گرفتند و به ترتیب با ۳۵/۷۹ درصد و ۲۲/۳۸ درصد سوراخ‌شدگی میوه‌های گوجه‌فرنگی بیشترین میزان سوراخ‌شدگی میوه‌ها را نشان دادند و تیمارهای RuiAgro، BbSuspension، BbOil و Bt نیز در یک گروه آزمایشی قرار گرفته و به ترتیب کمترین درصد سوراخ‌شدگی میوه‌ها را داشته‌اند.



شکل ۵- درصد میوه‌های سوراخ شده توسط کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی در هر دو زمین مطالعه شده قلعه محمود و ایستگاه چالکی

Fig. 5. The fruit perforation percentage by the tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hubner) in both studied plots of Qaleh Mahmud and Chalaki station

### بحث

هفت جدایه قارچی از جنس‌های مختلف *B. bassiana*، *Isaria* و *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin *fumoso-rosea* formerly *Paecilomyces fumoso-roseus* (Wize) Brown and Smith) در شرایط آزمایشگاهی مشاهده شد که بین ۶۸ تا ۱۰۰ درصد تلفات توسط این جدایه‌ها ایجاد شده است. در این مطالعه جدایه‌ای از قارچ *B. bassiana* (124) *B. bassiana* در غلظت  $1 \times 10^7$  کنیدی

نتایج زیست‌سنجی آزمایشگاهی فرمولاسیون‌های مختلف قارچ *B. bassiana* با غلظت  $1 \times 10^7$  کنیدی بر میلی‌لیتر روی لارو سن سوم کرم میوه‌خوار گوجه‌فرنگی نشان داد که هر سه فرمولاسیون مختلف از قارچ عامل بیمارگر بین ۸۴ تا حدود ۹۱ درصد مرگ و میر روی لاروهای سن سوم ایجاد کردند. در بررسی حساسیت لاروهای سن سوم کرم غوزه به



غلظت مصرف Bt، میزان مرگ و میر نیز به طور معنی داری افزایش می یابد. بالاترین میزان مرگ و میر با ۹۳/۳۳ درصد در غلظت یک و نیم در هزار و کمترین میزان مرگ و میر با ۴۸/۸۹ درصد در غلظت نیم در هزار مشاهده شد. تحقیقات مشابه نیز موید تاثیرگذاری مناسب Bt روی لاروهای کرم غوزه در شرایط آزمایشگاهی است. بنا بر تحقیقات Bouslama et al. (2020) ایزوله ای از باکتری *B. thuringiensis* به نام Hr1، در شرایط آزمایشگاهی و در غلظت  $10^9 \times 1/8$  cfu/ml منجر به تلفات ۹۳ درصدی روی لارو سن اول کرم غوزه پنبه در ۹۶ ساعت پس از استفاده شده است. همچنین در غربالگری اولیه سوسپانسیون های غلیظ اسپور-کریستال (۱۰۰۰ میکروگرم در میلی لیتر) از چهار جدایه ی باکتری مشاهده شد که ۹۶ تا ۱۰۰ درصد لاروهای کرم غوزه در عرض هفت روز از بین رفتند (Lone et al., 2017).

مقایسه میزان تاثیر فرمولاسیون های مختلف قارچی با محصول تجاری Bt و حشره کش روی آگرو در شرایط مزرعه ای در دو منطقه قلعه محمود و چالکی (شکل های ۳ و ۴) نشان می دهد که در زمین قلعه محمود، به طور کلی کارایی تیمارهای بکار رفته با گذشت زمان افزایش می یابد و بیشترین کارایی در همه ی تیمارهای آزمایشی در روزهای هفتم و دهم بین حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد بوده است. داده های ایستگاه چالکی نشان می دهد که در روز دهم محلول پاشی میزان کارایی فرمولاسیون های قارچی کاهش داشته است در حالیکه تیمارهای روی آگرو و Bt چندان تغییر نکرده اند. به نظر می رسد با توجه به اینکه آزمایشات ایستگاه چالکی کمی دیرتر انجام شد و دمای هوا در روزهای اجرای آزمایش افزایش یافته بود و به دلیل اینکه قارچ های بیمارگر حشرات بسیار به دما و رطوبت محیطی حساس هستند کارایی آنها با افزایش دما کاهش داشته است. مقایسه میزان تاثیر ۱۴ جدایه قارچی متعلق به *B. bassiana* و *M. anisopliae* و یک محصول تجاری پودر وتابل از Bt (BIO-T-PLUSTM 5 WP) روی لاروهای کرم غوزه در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه ای در مزارع نخود نشان داد که در شرایط آزمایشگاهی یک جدایه از *B. bassiana*

بر میلی لیتر، ۱۰۰ درصد تلفات روی لارو سن سوم داشته است. همچنین این جدایه ها باعث ۷۴/۴ تا ۱۰۰ درصد کاهش در ظهور شفیره ها گردیده اند (Nguyen et al., 2007). در تحقیق دیگری از بین سه قارچ *B. bassiana*، *I. fumosorosea* و *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson که در شرایط آزمایشگاهی روی لارو کرم غوزه پنبه ارزیابی شد جدایه ای از قارچ *N. rileyi* بیشترین میزان تلفات ( $1/4 \pm 87$  درصد) را در دوز  $10^5 \times 3/75$  کنیدی در هر لارو در روش تلقیح موضعی نشان داد. در این آزمایش جدایه ای از *B. bassiana* حدود ۵۸ درصد تلفات روی لارو و شفیره کرم غوزه نشان داده است (Hatting, 2012). در پاکستان، ۵ جدایه از ۲۲ جدایه قارچی متعلق به جنس های *B. bassiana* و *M. anisopliae* که تلفات بالای ۷۵ درصد روی لارو سن دوم کرم غوزه پنبه نشان داده بودند روی لارو سن سوم و چهارم به ترتیب ۱۰۰-۷۲/۹۲ درصد و ۹۳/۹۶-۶۵/۲۴ درصد تلفات ایجاد کردند در این بررسی افزایش غلظت قارچ ها، بیمارگری این قارچ ها را روی لارو کرم غوزه بیشتر کرد (Tahir et al., 2019). جدا از تلفات مستقیم قارچ های بیمارگر حشرات، این عوامل بیولوژیک روی دوره لاروی و میزان ظهور شفیره و حشره بالغ نیز تاثیر بودند. در بررسی های کلونیدی (۱۳۹۵)، که به بررسی تاثیر غلظت های کشندگی و زیرکشندگی جدایه ای از قارچ *B. bassiana*، بر پارامترهای جدول زندگی کرم غوزه پنبه *H. armigera* در شرایط آزمایشگاهی پرداخته است مشخص شد که کلیه آماره های حیاتی آفت در تیمار آلوده تحت تاثیر دز زیرکشندگی قارچ قرار دارد و باعث افزایش طول دوره لاروی، کاهش زادآوری و کاهش طول دوره تخم ریزی حشرات ماده شده است. نرخ زنده ماندن آفت در تیمارهای آلوده کاهش معنی داری نسبت به افراد سالم نشان داد و با افزایش غلظت کنیدی دریافتی در دوره لاروی، اثرات منفی آن در مراحل بعدی مشهودتر بود (Kolvandi, 2015).

نتایج زیست سنجی آزمایشگاهی غلظت های مختلف ترکیب زیستی Bt (بایولپ پی) روی لارو سن سوم کرم میوه خوار پس از گذشت هشت روز نشان داد که با افزایش

کامل تصادفی روی کرم خوشه‌خوار انگور مورد بررسی قرار گرفت. فوزالون و بایولپ با حداقل درصد خسارت در سال دوم بعد از یک هفته محلول‌پاشی در یک گروه قرار گرفتند و تاثیر نسبتاً متوسطی داشتند (Marzban *et al.*, 2013). جمشیدی و نظری (۱۳۹۲) با مقایسه عملکرد Bt ساخت ایران (بایولپ داخلی) و ترکیب خارجی (پودر و تایل خارجی) با حشره کش شیمیایی کارباریل (سوپن) روی آفت کپسول‌خوار نخود نشان دادند که کارباریل در کنترل آفت ۹۷/۲ درصد، Bt خارجی ۷۷/۲ درصد و Bt داخلی ۷۴/۴ درصد نقش دارند (Jamshidi & Nazar, 2013). به منظور کنترل بیولوژیک آفت پيله‌خوار نخود *Heliothis virescens* Hüfnagel تاثیر فرآورده داخلی بایولپ بر اساس *B. thuringiensis* در مقایسه با نمونه خارجی و حشره‌کش متداول منطقه (کارباریل) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه‌نهایی از این پژوهش این بود که میزان کارایی و سرعت تاثیر ترکیبات بیولوژیک بکار رفته روی تلفات لاروها در مقایسه با سموم شیمیایی کمتر می‌باشد (Tohidi *et al.*, 2013).

با توجه به میزان سوراخ‌شدگی میوه‌های گوجه‌فرنگی و مقایسه تیمارهای آزمایشی با تیمار شاهد (شکل ۵)، مشخص است که تکرار محلول‌پاشی عوامل کنترل زیستی برای کنترل بهتر آفت الزامی است و یا تلفیق این روش‌ها با آفت‌کش‌های کم خطر یا ارگانیک باید مدنظر قرار گیرد. همانطور که نتایج تحقیقات (Mojeni & Ghasemi, 2011) نیز نشان داد که تلفیق عوامل بیولوژیک و حشره‌کش‌های بیولوژیک می‌تواند روش مناسبی برای کنترل کرم غوزه پنبه در مناطق پنبه کاری استان گلستان باشد. در این تحقیق استفاده از زنبورهای پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* Bezdenko و *Habrobracon hebetor* Say به تنهایی و یا در تلفیق با یکدیگر و همینطور استفاده از این زنبورها همراه با حشره‌کش بیولوژیک BtH در منطقه فاضل آباد گلستان در طی سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ مورد بررسی قرار گرفت. تلفیق Bt + *H. hebetor* + *T. brassicae* با ۹۷/۵۷ درصد مرگ‌ومیر و ۰/۹۵ درصد آلودگی میوه و همینطور تلفیق *T.*

بالاترین تلفات را روی لارو سن سوم دارد. بررسی‌های مزرعه‌ای نشان داد که این جدایه در کاهش تعداد لاروها، کاهش خسارت به غلاف و افزایش بازده نخود موثر بوده است. پودر و تابل Bt بیشترین تلفات را روی لارو سن دوم (۶۹ درصد) نسبت به لارو سن سوم (۵۶/۵ درصد) در غلظت ۰/۲ گرم در ۲۰۰ میلی‌لیتر هشت روز پس از تیمار نشان داد (Fite *et al.*, 2019).

در زمینه استفاده از عامل بیولوژیک *B. thuringiensis* (Bt) برای کنترل کرم غوزه پنبه، مقایسه میزان تاثیر حشره‌کش‌های پرمترین و هگزافلومورون با حشره‌کش بیولوژیک بر پایه BtK (بایولپ) روی لاروهای کرم غوزه پنبه در مزارع پنبه واقع در استان گلستان طی سال‌های ۱۳۹۲-۹۳- نشان داد که محصول بیولوژیک تجاری بایولپ ۷۵ درصد کاهش در تعداد لارو داشته است. در این پژوهش حشره‌کش‌های پرمترین و هگزافلومورون به ترتیب ۶۸ و ۷۰ درصد کاهش در تعداد لارو را ایجاد کردند (Darvishzadeh *et al.*, 2014). یک طرح آزمایشی توسط جوانمقدم و همکاران در طی سال‌های ۷۸-۱۳۷۷ در گرگان و مغان به منظور بررسی امکان جایگزینی مواد بیولوژیک BtH ساخت داخل با یک ماده بیولوژیک مشابه خارجی (Biolep) و یک سم شیمیایی (آندوسولفان ۳۵٪ EC) برای کنترل کرم غوزه در مزارع پنبه مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی تاثیر مثبت BtH + NuFilm در مقایسه با سایر تیمارها ۳۵ درصد گزارش شد (Javanmoghaddam *et al.*, 1999). در ترکیه، تیمار آفت کرم غوزه در مزارع گوجه‌فرنگی با Bt در مقایسه با حشره‌کش‌های رایج مثل مالاتیون، دلتامترین و لامبدا سی هالوترین از نظر میزان خسارت روی میوه تفاوت معنی‌داری نداشتند (Yanar *et al.*, 2013). توحیدی و جوانمقدم (۱۳۸۱)، در آزمایشی Bt تولید داخل را در مقایسه با نمونه‌ی خارجی روی *H. virescens* در مزارع نخود استان کرمانشاه بکار برده و میزان کارایی آن را بسیار کمتر اعلام نمودند (Tohidi & Javanmoghaddam, 2002). تاثیر فرآورده داخلی بایولپ بر اساس *B. thuringiensis* Berliner در مقایسه با سم متداول منطقه (فوزالون) در قالب طرح آماری بلوک‌های

کلرانترا نیلی پرول طی دو سال پیاپی بوده است. در این تیمار با کاهش جمعیت لاروی بازده محصول نیز افزایش یافت.

### سپاسگزاری

مطالعه حاضر قسمتی از یک پروژه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور است بدین وسیله از این موسسه که امکانات اجرای این پژوهش را فراهم کرد سپاسگزاری می‌شود.

*brassicae* + Bt با ۹۲/۹۸ درصد مرگ‌ومیر و ۰/۹۸ درصد آلودگی میوه بهترین نتیجه را داشتند. در تحقیق صورت گرفته توسط (Younas *et al.*, 2017)، استفاده از قارچ *B. bassiana*، اسید جاسمونیک و حشره کش کلرانترا نیلی پرول به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر برای کنترل کره غوزه پنبه در مزارع نخود نشان داد که پایین ترین تعداد لارو در هر گیاه و آلودگی غلاف در تیمار *B. bassiana* با غلظت  $10^6 \times 3/21$  میلی لیتر به همراه استفاده از حشره کش

### References

- Abedi, M & Ahmadvand, R. 2018. Tomato pests and diseases. Technical Publication. Agricultural Research, Education & Extension Organization, Seed and Plant Improvement Institute, 95 p., (In Persian with English Summary).
- Bousslama, T., Chaieb, I., Rhouma, A., & Laarif, A. 2020. Evaluation of a *Bacillus thuringiensis* isolate-based formulation against the pod borer, *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). Egyptian journal of biological pest control, 30(1):16.
- Darvishzadeh, A., Salimian-Rizi, S. & Katoulinezhad, A.A. 2014. Effect of Biolep®, Permethrin and Hexaflumuron on mortality of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Noctuidae: Lepidoptera). Arthropods, 3(4): 161–165.
- Darvish Mojeni, T. & Pezeshkpour, M. 2014. Identification of important cotton pests and their control methods in Golestan Province. Agricultural Jihad Organization of Golestan Province, 28 p., (In Persian with English Summary).
- Fite, T., Tefera, T., Negeri, M., Damte, T. & Sori, W. 2019. Evaluation of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Bacillus thuringiensis* for the management of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory and field conditions. Biocontrol Science and Technology, <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1707481>.
- Hatting, J. L. 2012. Comparison of three entomopathogenic fungi against the bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), employing topical vs per os inoculation techniques. African Entomology, 20(1): 91–100.
- Jamshidi, M. & Nazari, H. 2013. Investigating the effectiveness of local product of *Bacillus thuringiensis* in controlling chickpea pod borer. The first national conference of agricultural and environmental sciences. (In Persian with English Summary).
- Javanmoghadam, H., Taghizadeh, M. & Darvish Mojeni, T. 1999. Investigating the effect of the biological substance B.t. H against cotton bollworm *Helicoverpa armigera*. Research Project Final Report, Agricultural Research, Education & Extension Organization, (In Persian with English Summary).
- Javar, S., Farrokhi, Sh., Naeimi, Sh. & Kalantari Jooshani, M. 2022. Effect of moisture content, substrates and nutritional supplements on condition and virulence of *Beauveria bassiana* against greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. Journal of Applied Research in Plant Protection, 11(2): 57–66.
- Kolvandi, E. 2015. Investigating the effect of *Beauveria bassiana* fungus on the life table parameters of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lep: Noctuidae). Ms Thesis. Razi University, (In Persian with English Summary).
- Khanjani, M. 2012. Field crop pests in Iran. Bu–Ali Sina University Publications, 6th edition. 720p, (In Persian with English Summary).
- Lone, S.A., Malik, A., & Padaria, J.C. 2017. Selection and characterization of *Bacillus thuringiensis* strains from northwestern Himalayas toxic against *Helicoverpa armigera*. Microbiologyopen, 6(6), e00484.
- Marzban, R., Ranjbar Aghdam, H., Askari, H. & Kalantari, M. 2013. Investigating the efficacy of local product of *Bacillus thuringiensis* in controlling grape clusterworm. Research Project Report, Agricultural Research, Education & Extension Organization, (In Persian with English Summary).
- Mojeni, T.D. & Ghasemi, B.K. 2011. Integrated control of bollworm *Helicoverpa armigera* (hub.) (Lep. Noctuidae) in cotton fields of Golestan province, northern Iran. Journal of Applied Biosciences, 46: 3120–3123.
- Nguyen, T.H., Borgemeister, C., Poehling, H.M & Zimmermann, G. 2007. Laboratory investigations on the potential of entomopathogenic fungi for biocontrol of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and pupae. Biocontrol Science and Technology, 17(8): 853–864.

- Tahir, M., Wakil, W., Ali, A. & Sahi, S.T. 2019. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates against larvae of the polyphagous pest *Helicoverpa armigera*. *Entomologia Generalis*, 38(3): 225–242.
- Tohidi, M.T. & Javanmohadam, H. 2002. Investigating the effect of biological material of BT–H made in Iran on chickpea pod borer *Heliothis* spp in dry pea fields in Kermanshah. 15<sup>th</sup> Iranian Plant protection Congress, Razi University, Kermanshah. First volume. Page 92–93, (In Persian with English Summary).
- Tohidi, M.T., Kahrarian, M, Mahjoub, S.M. & Bagheri, Sh. 2013. Investigating the effectiveness of local product of *Bacillus thuringiensis* to control of chickpea pod borer. The third national congress of organic and conventional agriculture. August 29–30. Mohaghegh Ardabili University, (In Persian with English Summary).
- Tupe, S.G., Pathan, E.K. & Deshpande, M.V. 2017. Development of *Metarhizium anisopliae* as a mycoinsecticide: From isolation to field performance. *Journal of Visualized Experiments* (125), e55272, doi:10.3791/55272.
- Vimala Devi, P.S. & Hari, P.P. 2009. *Beauveria bassiana* suspension concentrate – A mycoinsecticide for the management of *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Journal of Biological Control*, 23(4): 403–408. doi.org/10.18311/jbc/2009/3695
- Yanar, D., Yanar, Y. & Geboloğlu, N. 2013. Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* Berliner 1915 on bollworm (*Helicoverpa armigera* Hübn.) on tomato in the field conditions. *Soil–Water Journal*, 2(2): 1693–1698.
- Younas, A., Wakil, W., Khan, Z., Muhammad Shaaban, M. & Prager, S.M. 2017. The efficacy of *Beauveria bassiana*, jasmonic acid and chlorantraniliprole on larval populations of *Helicoverpa armigera* in chickpea crop ecosystems. *Pest Management Science*, 73: 418–424.

**Efficiency of two microbial control agents, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* and *Beauveria bassiana* to control tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera***

Saeedeh Javar<sup>1</sup>, Rasoul Marzban<sup>2</sup>, Mahboobeh Sharifi<sup>3</sup>, Maryam kalantari Jooshani<sup>4</sup>, Kourosh Ghaderi<sup>5</sup>

1., 3., 5. Assistant Professor, Assistant Professor, Expert, Plant Protection Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran.

2., 4. Associate Professor, M.Sc., Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Corresponding author: Saeedeh Javar, email: sajavar@gmail.com

Received: Apr., 23, 2024

11(1) 49–61

Accepted: May, 26, 2024

**Abstract**

*Heliothis* (or tomato fruit borer) with the scientific name *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae) is one of the most important and the oldest pest of crops in the country, especially in Golestan Province, which causes huge management costs for farmers, and also due to the use of various types of chemical pesticides every year it causes environmental damage for the agricultural ecosystem of the country. In order to prevent unnecessary spraying and due to the resistance of this pest to many pesticides, it is necessary to consider the effectiveness of other control methods, including the use of insect pathogenic fungi and biological pesticides containing *Bacillus thuringiensis*. In this research, the effectiveness of three different formulations of the insect pathogenic fungus *Beauveria bassiana* and a biological insecticide based on the active ingredient *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* (Biolep P) and an organic insecticide based on plants (Rui Agro) were studied in laboratory conditions and also in two tomato field of Golestan Province. The perforation rate of tomato fruits was also investigated. The laboratory bioassay results of different formulations of *B. bassiana* with a concentration of  $1 \times 10^7$  conidia/ml on 3<sup>rd</sup> instar larvae showed that all three different formulations of the pathogenic fungus caused between 84 and 91% mortality. The laboratory bioassay of different concentrations of Biolep P on the 3<sup>rd</sup> instar larvae of the *H. armigera* after eight days showed that when the concentration of Biolep P increased, the mortality rate also increased significantly. The highest mortality rate was observed with 93.33% in the concentration of 1.5 ml/L and the lowest mortality rate was observed with 48.89% in the concentration of 0.5 ml/L. The results in the tomato fields of Qaleh Mahmud village showed that the efficiency of the applied treatments increases with time. The highest percentage of efficiency in all experimental treatments on the 7<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> days after foliar spraying was between 50 and 60 percent. In the tomato field of Chalaki Agricultural Research Station, the efficiency (%) of fungal formulations was reduced on the 10<sup>th</sup> day of foliar application. In relation to the percentage of fruit perforation in both fields studied, the control treatment and the fungal treatment containing distilled water were placed in the same experimental group and showed the highest percentage of fruit perforation. In general, it can be concluded that repeated foliar spraying of biological control agents is necessary for better pest control or the combination of these methods with low-risk or organic pesticides should be considered.

**Keywords:** Biological control, Bacteria, Fungus, Entomopathogenic, Fruit borer