Archive of SID

بررسی تأثیر نانوذرات اکسید روی، پودر کائولین و قارچ *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin در اختلاط با آزادیراختین علیه سفیدبالک پنبه *Bemisia tabaci* و شفیره پارازیتوئید آن، *Eretmocerus mundus* در شرایط مزرعه

مهدی طاهری سرحوضکی[۱]، شهرام آرمیده[۲*]، جمشید اکبریان[۳] و سجاد پیرسا[۴]

۱- دانشجوی دکتری حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- *نویسنده مسوول: استادیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (Shahramaramideh@gmail.com)

۳- استادیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۴- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۱۸

چکیده

سفیدبالک پنبه *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hem.: Aleyrodidae) از آفات مهم محصولات کشاورزی در ایران است. در تحقیق حاضر تأثیر نانوذرات اکسیدروی (ZnO NPs)، کائولین، قارچ *Beauveria bassiana* (Bals.) (جدایه EUTP105) جداگانه و در اختلاط با آزادیراختین، در مقایسه با حشره‌کش تیاکلوپراید روی تخم و پوره سفیدبالک و شفیره پارازیتوئید آن *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) در شرایط مزرعه مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین کارایی روی تخم و پوره‌های آفت، سه روز پس از تیمار به‌ترتیب در تیمار کائولین+آزادیراختین و تیاکلوپراید، و کمترین کارایی در تیمار قارچ *B. bassiana* مشاهده شد. در روز هفتم، کائولین+آزادیراختین و نانوذرات اکسید روی بیشترین و کمترین تلفات را روی تخم‌های آفت نشان دادند، در حالی‌که آزادیراختین و *B. bassiana* به‌ترتیب بیشترین و کمترین کارایی را روی پوره داشتند. در روز ١٤، بیشترین کارایی روی تخم و پوره‌های آفت به‌ترتیب در تیمارهای کائولین+آزادیراختین و آزادیراختین مشاهده شد و کمترین کارایی روی تخم و پوره‌ها مربوط به *B. bassiana* بود. در روز سوم، شفیره پارازیتوئید در تیمارهای تیاکلوپراید و *B. bassiana* به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد تلفات را داشت و در روز هفتم، آزادیراختین و نانوذرات به‌ترتیب بیشترین و کمترین تلفات را ایجاد کرد. در روز چهاردهم، کائولین بیشترین تلفات را روی شفیره پارازیتوئید نشان داد که پس از آن کائولین+آزادیراختین، آزادیراختین و تیاکلوپراید قرار داشت. بالاترین عملکرد محصول و نسبت سود به هزینه به‌ترتیب در تیمارهای کائولین+آزادیراختین و کائولین مشاهده شد. بر اساس نتایج، نانوذرات و کائولین جداگانه و در اختلاط با آزادیراختین می‌تواند در برنامه مدیریت تلفیقی سفیدبالک پنبه مورد استفاده قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها: پنبه، کنترل غیرشیمیایی، سفیدبالک، پارازیتوئید

دبیر تخصصی: دکتر معصومه ضیایی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سفیدبالک پنبه *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hem.: Aleyrodidae)، آفت جدی بیش از ۶۰۰ گونه از گیاهان زراعی، سبزیجات و زینتی از جمله پنبه، سویا، بادمجان، خیار و شاهپسند در بسیاری از کشورها می‌باشد (Oliveira et al., 2001). این آفت به‌طور مستقیم از شیره گیاهی تغذیه کرده و به‌طور غیرمستقیم ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی را انتقال می‌دهد و با تولید عسلک، سبب جلب ذرات گرد و غبار و قارچ‌های ساپروفیت به سطح برگ‌ها و کاهش فتوسنتز می‌گردد (Jones, 2003). به دلیل پیشرفت مقاومت در جمعیت‌های سفید بالک به گروه‌های مختلف حشره‌کش و خطرهای زیست‌محیطی حشره‌کش‌های شیمیایی، استفاده از ترکیبات جایگزین در برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت بایستی توسعه یابد (Faria and Wraight, 2001; Ahmad et al., 2002). زنبور *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) به عنوان یک اکتو-اندو پارازیتوئید اولیه و انفرادی پوره‌های سفیدبالک (Sohrabi et al., 2013)، معمولاً قادر نیست جمعیت‌های سفیدبالک را زیر سطح زیان اقتصادی نگه دارد، به همین جهت معمولاً در شرایط مزرعه تیمارهای مکمل مورد نیاز است (Stansly et al., 2005).

کاربرد نانوتکنولوژی در زمینه‌ی کنترل آفات در حال توسعه است (Athanassiou et al., 2018). نانوذرات اکسید روی (ZnO NPs) به عنوان یکی از شناخته شده‌ترین نانوذرات، به دلیل داشتن اثر حشره‌کشی، ضد باکتریایی، ضد قارچی، زیست‌سازگاری و غیرسمی بودن برای انسان، هزینه پایین سنتز، اثر محافظتی در برابر پرتوهای فرا بنفش و پایداری شیمیایی بالا توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است (Zhang et al., 2007; Nagajyothi et al., 2013). اثرات کنه‌کشی، شپش‌کشی و لاروکشی نانوذرات اکسید روی بر پارازیت‌های خونخوار مانند *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* Canestrini، *Pediculus humanus* L.، *Anopheles subpictus* Grassi و *Culex quinquefasciatus* Say بررسی گردید و مشخص شد با افزایش غلظت نانوذرات اکسید روی، اثر کشندگی آن افزایش می‌یابد (Kirthi et al., 2011). در پژوهشی جمعیت موریانه‌های *Reticulitermes flavipes* Kollar که از چوب تیمار شده با نانوذرات اکسید روی تغذیه کرده بودند، کاهش یافت (Clausen et al., 2011).

کائولین یک ماده معدنی حاوی سیلیکات آلومینیوم است که برای پستانداران غیرسمی است و در کشاورزی به صورت محلول‌پاشی برای جلوگیری از آسیب حشرات به محصولات زراعی، جلوگیری از آفتاب سوختگی محصول و ممانعت از تنش‌های گرمایی به کار می‌رود (Glenn and Puterka, 2005; Wand et al., 2006). همچنین کائولین دارای خاصیت دورکنندگی، ممانعت از تغذیه و تخم‌ریزی بوده و منجر به کاهش بقای عمر حشرات آفت می‌شود (Glenn and Puterka, 2005). عوامل بیمارگر سفیدبالک‌ها اصولاً به قارچ‌های بیماری‌زای حشرات ازجمله قارچ *B. bassiana* محدود می‌شوند، زیرا می‌توانند در کوتیکول میزبانشان نفوذ کنند، که این خاصیت برای کنترل حشراتی با قطعات دهانی زننده و مکنده یک مزیت به شمار می‌رود (Poprawski et al., 2000). آزادیراختین یک آفت‌کش گیاهی شبه‌استروئیدی تماسی، گوارشی و سیستمیک، حاوی آزادیراختین بوده که از برگ‌ها، میوه‌ها و دانه‌های درختان چریش (*Azadirachta indica* A. Juss) به‌دست می‌آید. آزادیراختین دارای اثرات ضد تغذیه‌ای، دورکنندگی، اختلال در پوست‌اندازی، کاهش رشد، اختلال در تکامل و تخم‌گذاری، و کشندگی بویژه در حشرات نابالغ می‌باشد، که برای طیف وسیعی از آفات از جمله *B. tabaci* اثبات شده است (Mitchell et al., 2004;

www.SID.ir

Archive of SID

Kumar et al., 2005). آزادیراختین به‌صورت گسترده هم به عنوان یک تیمار مستقل (Kumar and Poehling, 2006; Kumar et al., 2005) و هم در اختلاط با آفت‌کش‌های شیمیایی و قارچ‌های بیماری‌زای حشرات (Depieri et al., 2005; Mohan et al., 2007) مورد استفاده قرار می‌گیرد. حشره‌کش‌های شبه‌نیکوتینی جدید به دلیل کارایی بالا در کنترل آفات مکنده مانند شته‌ها و سفیدبالک‌ها در کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردارند (Iwasa et al., 2004). تیاکلوپراید یک حشره‌کش تماسی، گوارشی و سیستمیک، از گروه نئونیکوتینوئیدی[1] است. مانند تمام حشره‌کش‌های خانواده شبه‌نیکوتینی، تقلید کننده ساختمان استیل کولین و به عنوان یک عامل مهارکننده گیرنده‌های نیکوتینی استیل کولین در سیستم عصبی مرکزی حشرات عمل می‌کند (Tomlin, 2009). در برخی موارد ممکن است ترکیبات کم‌خطر و سازگار با هم مخلوط شوند، تا علاوه بر افزایش کارایی در کنترل آفت، میزان مصرف حشره‌کش‌ها کاهش یابد و خطرات آلودگی محیطی و مقاومت به حشره کش ها به حداقل برسد (Quintela and McCoy, 1998).

در همین راستا در این پژوهش، تأثیر برخی از مواد غیر شیمیایی و عامل بیولوژیک به عنوان جایگزین سموم شیمیایی روی تخم و پوره سفید بالک *B. tabaci* و شفیره زنبور پارازیتوئید *E. mundus* در مزرعه پنبه مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ترکیبات مورد استفاده در آزمایش‌ها

نانوذرات اکسید روی (Z-MITE™) ساخته شده توسط شرکت US Research Nanomaterials، آمریکا با قطر متوسط ذرات ۲۰ نانومتر و خلوص بیش از ۹۹ درصد برای انجام آزمایش‌ها تهیه شد. این نانوذرات از طریق ایجاد خراش و از دست دادن آب بدن میزبان همچنین با نفوذ از طریق کوتیکول حشره به درون سلول‌های اختصاصی و اختلال در پوست‌اندازی و دیگر فرایندهای فیزیولوژیکی تاثیر می‌گذارد (Benelli, 2016).

کائولین فراوری شده با نام تجاری سپیدان® ۹۵ درصد (پودر قابل تعلیق در آب) ساخت شرکت کیمیا سبزآور در آزمایش‌ها استفاده شد. این ترکیب با ایجاد خراش روی جلد موجب از دست رفتن آب بدن حشره می‌شود، همچنین روی پنجه پای حشرات می‌چسبد و روند تغذیه و تخم‌گذاری آنها را مختل می‌نماید (Glenn and Puterka, 2005).

جدایه EUTP105 قارچ *B. bassiana* از پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تهیه شد. این قارچ با نفوذ از طریق جلد مواد مغذی در همولنف را کاهش داده و با تولید توکسین موجب مرگ میزبان می‌گردد (Deacon, 1983).

حشره‌کش آزادیراختین با نام تجاری نیمارین®[2] حاوی ۱ درصد مایع امولسیون شونده (1% EC) آزادراختین-آ، استحصال شده از مغز دانه‌ی چریش، ساخت شرکت Trifolio آلمان مورد استفاده قرار گرفت. آزادیراختین مانع فعالیت هورمون های پوست اندازی می‌گردد (Ghazawy et al., 2010).

حشره‌کش تیاکلوپراید با نام تجاری کالیپسو®[3] به صورت سوسپانسیون 480 SC از شرکت Bayer آلمان در آزمایش‌ها استفاده شد. تیاکلوپراید با ایجاد اختلال در سیستم عصبی و تجمع استیل کولین، موجب فلج شدن و مرگ حشره می‌گردد (Tomlin, 2009).

پژوهش‌های آزمایشگاهی

کشت قارچ *B. bassiana* و تهیه سوسپانسیون اسپوری

قارچ *B. bassiana* روی محیط PDA ساخت شرکت Liofilchem ایتالیا در پتری‌دیش‌هایی به قطر ۹

1-Neonicotinoid

2-Neemarin
3-Calypso

www.SID.ir

Archive of SID

سانتی‌متر کشت شد و به مدت ۱۰ تا ۱۴ روز در انکوباتور با دمای ۲±۲۴ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و شرایط نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی:روشنایی) قرار گرفت (Quesada-Moraga et al., 2006). کنیدی‌ها با خراش دادن سطح محیط کشت توسط تیغ آزمایشگاهی استریل، جدا شده و در ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل به همراه ۰/۰۲ درصد توین-۸۰ غوطه‌ور شدند. سوسپانسیون حاصل پس از تکان دادن به مدت ۱۰ دقیقه، از پارچه ململ استریل عبور داده شد تا سوسپانسیون خاالص کنیدی به دست آید. برای تهیه غلظت‌های مختلف کنیدی از روش رقت سازی سریالی و تخمین آن با استفاده از لام گلبول شمار (ساخت شرکت HBG - آلمان) استفاده شد.

بررسی تأثیر آزادیراختین بر جوانه‌زنی کنیدی قارچ *B. bassiana*

در شرایط استریل نصف غلظت توصیه شده (غلظت توصیه شده توسط شرکت سازنده) (۲۲/۵ میکرولیتر بر ۳۰ میلی‌لیتر محیط کشت)، غلظت توصیه شده (۴۵ میکرولیتر بر ۳۰ میلی‌لیتر محیط کشت) و دو برابر غلظت توصیه شده (۹۰ میکرولیتر بر ۳۰ میلی‌لیتر محیط کشت) آزادیراختین به پتری‌دیش‌های محتوی ۱۰ میلی‌لیتر محیط کشت PDA با ۳ تکرار اضافه شد (Oliveira and Neves, 2004). سپس یک قطره سوسپانسیون ۱×۱۰^{۵} کنیدی قارچ روی محیط‌های کشت PDA حاوی غلظت‌های مختلف آزادیراختین و همچنین فاقد آزادیراختین به عنوان شاهد پخش گردید و به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور قرار گرفتند. پس از این مدت نمونه‌ای از محیط برداشته و روی لام در زیر میکروسکوپ با عدسی چشمی ۴۰× تعداد ۵۰ تا ۱۰۰ عدد کنیدی شمارش شد. کنیدی‌هایی که طول لوله تندش آنها از نصف طول کنیدی بیشتر بود جوانه زده در نظر گرفته شد و بر اساس آن درصد جوانه‌زنی در مقایسه با شاهد تعیین شد.

پژوهش‌های مزرعه‌ای

کاشت مزرعه

کرت‌های آزمایشی پس از شخم عمیق و دیسک زدن برای کاشت آماده شدند. از کودهای ازت (N) و فسفر (P_2O_5) به میزان ۱۰۰ کیلو در هکتار و از کود پتاس (K_2O) به میزان ۵۰ کیلو در هکتار قبل از کاشت استفاده گردید. در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۸ بذور پنبه‌ی گونه‌ی *Gossypium hirsutum* L. رقم ورامین به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات پنبه شرق کشور (کاشمر) (35° 13′ N, 58° 26′ E) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار کاشته شد. پس از تُنُک کردن فاصله ردیف‌های کاشت ۷۰ سانتی‌متر، فاصله بوته‌های روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر، فاصله کرت‌ها از هم ۱/۵ متر و مساحت هر قطعه‌ی آزمایشی ۶ متر مربع در نظر گرفته شد. بلوک‌های آزمایشی در فاصله‌ی ۲ متری از هم قرار گرفتند. به دلیل اینکه حشرات کامل سفیدبالک پنبه بسیار متحرک هستند و ممکن است از کرت‌های تیمار شده به قطعه شاهد پرواز نمایند، کرت شاهد در فاصله ۳۰ متری از کرت‌های تیمار شده در نظر گرفته شد. عملیات وجین در ۲ مرحله‌ی ۴ و ۸ برگی بوته‌های پنبه انجام شد. در مرحله‌ی ۲ برگی بوته‌های پنبه از حشره‌کش ایمیداکلوپراید (سوسپانسیون غلیظ ۳۵ درصد شرکت اکسیر) به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار برای کنترل شته و تریپس استفاده شد. مزرعه هر دو هفته آبیاری شد.

تخمین جمعیت آفت در مزرعه

قبل از انجام آزمایش‌ها، در مرحله‌ی ۱۰ تا ۱۲ برگی بوته‌های پنبه، جمعیت سفیدبالک پنبه از طریق شمارش تعداد تخم و پوره‌های آفت تخمین زده شد. برای این منظور در اوایل مرداد ماه سال ۱۳۹۸ که تراکم آفت نسبتا بالا بود از دو ردیف وسط هر کرت آزمایشی، تعداد ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب و از هر بوته تعداد ۳ برگ (بالایی، میانی و پایینی) جدا گردید و پس از قرار دادن در کیسه‌های پلاستیکی (مجموعاً ۴۵ برگ برای هر

www.SID.ir

Archive of SID

تیمار) و درج مشخصات، به آزمایشگاه منتقل شدند. دو واحد یک سانتی‌متر مربعی از طرفین رگبرگ اصلی در زیر برگ انتخاب شده و تخم‌ها و پوره‌های زنده سفیدبالک پنبه در این واحدها توسط بینوکولار (مدل GR1040-65S2 ساخت شرکت Shodensha - ژاپن) شمارش و سپس توسط سوزن ظریف حذف شدند. نمونه‌برداری‌ها یک روز قبل، ۳، ۷ و ۱۴ روز بعد از محلول‌پاشی تکرار شد.

تخمین جمعیت پارازیتوئید در مزرعه

همانند روشی که برای تخمین جمعیت آفت استفاده شد، به منظور تخمین جمعیت پارازیتوئید، پس از شمارش و حذف تخم و پوره‌های آفت در واحدهای شمارش، برگ‌ها برای تعیین تعداد شفیره‌های زنده در انکوباتور با شرایط دمایی ۲±۲۴ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد و شرایط نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی:روشنایی) نگهداری شدند. خروج حشرات کامل پارازیتوئید از شفیره‌های سفیدبالک به منزله زنده بودن تلقی گردید.

کاربرد تیمارها در مزرعه

غلظت توصیه شده کائولین فراوری شده (۳۰ گرم بر لیتر) (Izadmehr et al., 2015)، غلظت توصیه شده آزادیراختین (۱/۵ میلی‌لیتر بر لیتر و معادل ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر آزادراختین-آ)، غلظت توصیه شده حشره‌کش تیاکلوپراید (۰/۳ میلی‌لیتر بر لیتر) (Noorbakhsh, 2018)، غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات اکسید روی (Taheri Sarhozaki et al., 2020)، غلظت ۱×۱۰^{۱۰} کنیدی بر میلی‌لیتر قارچ *B. bassiana*، غلظت‌های ۱۵ گرم بر لیتر کائولین + ۰/۷۵ میلی‌لیتر بر لیتر آزادیراختین (اختلاط نصف غلظت‌های توصیه شده)، غلظت‌های ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات اکسید روی + ۰/۷۵ میلی‌لیتر بر لیتر آزادیراختین و غلظت‌های ۱×۱۰^{۵} کنیدی بر میلی‌لیتر قارچ *B. bassiana* + ۰/۷۵ میلی‌لیتر بر لیتر آزادیراختین تهیه شد و توسط سم‌پاش پشتی (ظرفیت ۱۶ لیتر) به میزان ۳۰۰ میلی‌لیتر برای هر کرت آزمایشی (معادل کاربرد ۵۰۰ لیتر در هکتار)، روی سطح‌های پایین و بالای برگ‌های پنبه اسپری شد. در تهیه‌ی غلظت‌های مورد نیاز از آب به همراه ۰/۰۲ درصد توین-۸۰ استفاده گردید و در تیمار شاهد فقط از آب به همراه ۰/۰۲ درصد توین-۸۰ استفاده شد.

درصد کارایی هر یک از تیمارها در بلوک‌ها با استفاده از فرمول هندرسون-تیلتون محاسبه شد و درصد تلفات در تیمارها با در نظر گرفتن مرگ و میر طبیعی در تیمار شاهد تصحیح گردید:

$$\text{درصد کارایی} = 1 - \left(\frac{Ta Cb}{Ca Tb}\right) \times 100$$

که (T) برابر با تعدادتخم، پوره و شفیره زنده در ۵ بوته در تیمار بعد (T_a) یا قبل (T_b) از کاربرد و (C) برابر با تعدادتخم، پوره و شفیره زنده در ۵ بوته در شاهد بعد (C_a) و یا قبل (C_b) از کاربرد می‌باشد.

تخمین عملکرد محصول در مزرعه

در پایان دوره‌ی رشد گیاه و در اواخر شهریور ماه از هر کرت آزمایشی ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب شد و تعداد ۳ غوزه (بالایی، میانی و پایینی) جدا گردید و پس از قرار دادن در کیسه‌های پلاستیکی و درج مشخصات، در آزمایشگاه میانگین وزن غوزه‌ها (مجموعاً ۴۵ غوزه برای هر تیمار) تعیین شد. برای محاسبه‌ی عملکرد وش پنبه در هر تیمار، در پایان فصل زراعی محصول دو ردیف وسط هر کرت برداشت شد و وزن وش غوزه‌ها تعیین گردید. وزن وش هر کرت به وزن کیلوگرم در هکتار تبدیل شد و افزایش عملکرد هر تیمار با تفریق عملکرد تیمار شاهد از عملکرد تیمار محاسبه شد. میزان سودآوری هر تیمار با استفاده از فرمول مقابل محاسبه شد:

$$\text{سودآوری} = \frac{\text{سود کنترل (تومان/هکتار)}}{\text{هزینه کنترل (تومان/هکتار)}}$$

که سود کنترل حاصل از تفریق هزینه صرف شده برای کنترل در هکتار از قیمت حاصل از افزایش محصول در هکتار می‌باشد (Allahyari et al., 2019).

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه و تحلیل داده‌ها

درصد جوانه‌زنی کنیدی قارچ *B. bassiana* در تیمارهای مختلف در آزمایشگاه با استفاده از One-Way ANOVA محاسبه و با آزمون توکی در سطح احتمال آماری ۵ درصد مقایسه شدند. برای اصلاح درصد تلفات در تیمارهای مزرعه و شاهد، و محاسبه درصد کارایی تیمارها در کنترل تخم و پوره آفت و تأثیر تیمارها روی شفیره پارازیتوئید، از فرمول هندرسون-تیلتون استفاده شد. مقایسه‌ی میزان کارایی هر تیمار با استفاده از آزمون Univariate -GLM تجزیه انجام شد (Henderson and Tilton, 1955). آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شدند و پس از تجزیه‌ی واریانس، برای گروه‌بندی میانگین تیمارها از آزمون توکی در سطح احتمال آماری ۵ درصد از نرم افزار SPSS. 22 استفاده شد (SPSS, 2013). هزینه کنترل در هکتار برای تیمارهای مختلف، ناشی از خرید حشره‌کش‌ها، نانوذره اکسید روی، پتری‌دیش و محیط کشت جهت تکثیر قارچ *B. bassiana* و سم‌پاشی تجزیه واریانس یک طرفه One-Way ANOVA و با آزمون توکی در سطح احتمال آماری ۵ درصد توسط نرم افزار SPSS. 22 تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شدند.

نتایج

تأثیر آزادیراختین بر جوانه‌زنی کنیدی قارچ *Beauveria bassiana*

نتایج حاصل از تجزیه آماری با استفاده از آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان داد که از نظر درصد جوانه‌زنی کنیدی قارچ *B. bassiana* در مدت ۲۴ ساعت بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($F_{۳, ۸}$ = ۳۰/۱۰, P < ۰/۰۰۱). درصد جوانه‌زنی کنیدی قارچ در تیمار اختلاط نصف غلظت توصیه شده آزادیراختین در محیط کشت (۲۲/۵ میکرولیتر بر ۳۰ میلی‌لیتر محیط کشت) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. غلظت توصیه شده (۴۵ میکرولیتر بر ۳۰ میلی‌لیتر محیط کشت) و دو برابر غلظت توصیه شده آزادیراختین (۹۰ میکرولیتر بر ۳۰ میلی‌لیتر محیط کشت) در محیط کشت، درصد جوانه‌زنی کنیدی قارچ را در مقایسه با تیمار شاهد به صورت معنی‌داری کاهش دادند (جدول ۱).

کارایی تیمارها در کنترل تخم سفیدبالک پنبه

نتایج بررسی درصد تلفات تخم‌های آفت ۳، ۷ و ۱۴ روز پس از کاربرد تیمارهای مختلف نشان داد که در روز سوم آزمایش، بیشترین کارایی در تیمار کائولین + آزادیراختین و کمترین کارایی در تیمار قارچ *B. bassiana* مشاهده شد ($F_{۷, ۱۴}$ = ۶۵/۸۰, P < ۰/۰۰۱).

جدول ۱- میانگین (±SE) درصد جوانه‌زنی کنیدی‌های قارچ *B. bassiana* تحت تأثیر غلظت‌های مختلف آزادیراختین، ۲۴ ساعت پس از تیمار

Table 1. Mean (±SE) conidial germination percentage of *B. bassiana* affected by different concentrations of Azadirachtin, 24 hours after treatment

Concentration of Azadirachtin in PDA medium (µl/ml)	Germination percentage (±SE)	Reduction percentage
Control (0)	90.33±1.20 [a]	0
22.5	86.66±0.88 [a]	3.67
45	81.33±1.20 [b]	9.00
90	78.00±0.57 [b]	12.33

Means marked with different letters within the same column are significantly different (P< 0.05, Tukey).

www.SID.ir

Archive of SID

در روز هفتم بیشترین کارایی مربوط به تیمار کائولین + آزادیراختین بوده و با وجود اینکه کمترین کارایی در تیمار نانوذرات اکسید روی مشاهده شد، اما با تیمار قارچ *B. bassiana* تفاوت معنی‌داری نداشت ($P < ۰/۰۰۱$, $F_{۷, ۱۴} = ۲۴/۹۱$). همچنین در روز چهاردهم بیشترین کارایی مربوط به تیمار کائولین + آزادیراختین بوده و کمترین کارایی در تیمار قارچ *B. bassiana* مشاهده شد که با تیمار نانوذرات اکسید روی اختلاف معنی‌دار نداشت ($F_{۷, ۱۴} = ۲۸/۴۲$, $P < ۰/۰۰۱$) (جدول ۲).

کارایی تیمارها در کنترل پوره‌های سفیدبالک پنبه

بر اساس گروه‌بندی نتایج بدست آمده از مقایسه‌ی میانگین تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد در روز سوم آزمایش، بیشترین کارایی در تلفات پوره سفیدبالک در تیمار تیاکلوپراید و کمترین کارایی در تیمار قارچ *B. bassiana* مشاهده شد ($F_{۷, ۱۴} = ۵۲/۹۷$, $P < ۰/۰۰۱$). در روز هفتم بیشترین کارایی مربوط به تیمار آزادیراختین بوده اما با تیمارهای کائولین + آزادیراختین، نانوذرات اکسید روی + آزادیراختین و تیاکلوپراید تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین کارایی در تیمار قارچ *B. bassiana* مشاهده شد ($F_{۷, ۱۴} = ۲۳/۵۲$, $P < ۰/۰۰۱$). در روز چهاردهم بیشترین کارایی مربوط به تیمار آزادیراختین بوده و در رتبه‌های بعدی تیمارهای کائولین + آزادیراختین و کاربرد جداگانه کائولین قرار گرفت، که تفاوت معنی‌داری نداشتند. همچنین کمترین کارایی در روز چهاردهم در تیمار قارچ *B. bassiana* مشاهده شد ($F_{۷, ۱۴} = ۱۹/۹۲$, $P < ۰/۰۰۱$) (جدول ۳).

تأثیر تیمارها روی شفیره پارازیتوئید

نتایج درصد تلفات شفیره‌های پارازیتوئید ۳، ۷ و ۱۴ روز پس از کاربرد تیمارهای مختلف نشان داد که در روز سوم آزمایش، بیشترین درصد تلفات شفیره مربوط به تیمار تیاکلوپراید بوده و کمترین درصد تلفات در تیمار قارچ *B. bassiana* مشاهده شد، اما با تیمارهای کائولین و *B. bassiana* + آزادیراختین تفاوت معنی‌داری نداشت ($F_{۷, ۱۴} = ۱۱/۳۶$, $P < ۰/۰۰۱$). در روز هفتم بیشترین و کمترین درصد تلفات به‌ترتیب در تیمارهای آزادیراختین و تیمار نانوذرات اکسید روی مشاهده شد ($F_{۷, ۱۴} = ۸/۹۵$, $P < ۰/۰۰۱$). در روز چهاردهم بیشترین درصد تلفات مربوط به تیمار کائولین بوده و در رتبه بعدی تیمار کائولین + آزادیراختین قرار گرفت و کمترین درصد تلفات شفیره که برابر صفر بود در تیمار نانوذرات اکسید روی و تیمار *B. bassiana* + آزادیراختین مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد جداگانه تیمار قارچ *B. bassiana* و تیمار نانوذرات اکسید روی + آزادیراختین نداشت ($P < ۰/۰۰۱$, $F_{۷, ۱۴} = ۱۲/۸۴$) (جدول ۴).

جدول ۲- میانگین (±SE) درصد کارایی تیمارهای مختلف در کنترل تخم‌های *B. tabaci* به تنهایی و در اختلاط با آزادیراختین، ۳، ۷ و ۱۴ روز پس از تیمار در مزرعه پنبه

Table 2. Mean (±SE) efficacy (%) of different treatments in controlling eggs of *B. tabaci* applied alone or in combination with Azadirachtin, 3, 7, and 14 days after treatment (DAT) in cotton field

Treatment	Applied concentration	Mean (±SE) efficacy		
		Time (day)		
		3	7	14
ZnO NPs	20 mg L^{-1}	34.06±0.08 ^{bc}	14.82±0.05 ^{e}	1.77±0.07 ^{d}
Kaolin	30 g L^{-1}	44.32±0.08 ^{b}	46.53±1.31 ^{bc}	21.11±0.06 ^{b}
B. bassiana	1×10^{10} conidia ml^{-1}	7.25±0.07 ^{e}	19.22±0.10 ^{e}	1.60±0.06 ^{d}
Azadirachtin	15 mg L^{-1}	24.44±0.05 ^{cd}	40.93±0.12 ^{cd}	18.26±0.04 ^{bc}
ZnO NPs+ Azadirachtin	10 mg L^{-1} + 7.5 mg L^{-1}	38.52±0.06 ^{b}	32.34±0.08 ^{cde}	10.36±0.07 ^{cd}
Kaolin+ Azadirachtin	15 g L^{-1} + 7.5 mg L^{-1}	58.34±0.21 ^{a}	67.43±0.12 ^{a}	32.61±0.08 ^{a}
B. bassiana+ Azadirachtin	1×10^{5} conidia ml^{-1} + 7.5 mg L^{-1}	15.17±0.04 ^{de}	23.41±0.05 ^{de}	8.98±0.06 ^{cd}
Thiacloprid	0.3 ml L^{-1}	42.73±0.07 ^{b}	65.71±0.13 ^{ab}	11.98±0.08 ^{bc}

Means marked with different letters within the same column are significantly different (GLM Univariate followed by Tukey's test: $P<0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- میانگین (±SE) درصد کارایی تیمارهای مختلف در کنترل پوره‌های *B. tabaci* به تنهایی و در اختلاط با آزادیراختین، ۳، ۷ و ۱٤ روز پس از تیمار در مزرعه پنبه

Table 3. Mean (±SE) efficacy (%) of different treatments in controlling nymphs of *B. tabaci* applied alone or in combination with Azadirachtin, 3, 7, and 14 days after treatment (DAT) in cotton field

Treatment	Applied concentration	Mean (±SE) of efficacy		
		Time (day)		
		3	7	14
ZnO NPs	20 mg L^{-1}	55.48±0.10 ^{bc}	35.73±0.07 ^{bc}	3.44±0.07 ^{de}
Kaolin	30 g L^{-1}	56.60±0.15 ^{bc}	54.50±0.06 ^{b}	40.64±0.06 ^{ab}
B. bassiana	1×10^{10} conidia ml^{-1}	13.47±0.05 ^{e}	32.28±0.05 ^{c}	2.18±0.05 ^{e}
Azadirachtin	15 mg L^{-1}	45.45±0.09 ^{cd}	86.52±0.11 ^{a}	46.39±0.10 ^{a}
ZnO NPs+ Azadirachtin	10 mg L^{-1} + 7.5 mg L^{-1}	68.34±0.07 ^{b}	77.43±0.08 ^{a}	21.31±0.06 ^{cd}
Kaolin+ Azadirachtin	15 g L^{-1} + 7.5 mg L^{-1}	70.56±0.07 ^{b}	78.66±0.08 ^{a}	40.87±0.05 ^{ab}
B. bassiana+ Azadirachtin	1×10^{5} conidia ml^{-1} + 7.5 mg L^{-1}	35.10±0.06 ^{d}	45.76±0.09 ^{bc}	18.49±0.04 ^{cde}
Thiacloprid	0.3 ml L^{-1}	89.57±0.07 ^{a}	76.91±0.18 ^{a}	24.16±0.04 ^{bc}

Means marked with different letters within the same column are significantly different (GLM Univariate followed by Tukey's test: $P<0.05$).

جدول ٤- میانگین (±SE) درصد تأثیر تیمارهای مختلف بر تلفات شفیره پارازیتوئید *E. mundus* به تنهایی و در اختلاط با آزادیراختین، ۳، ۷ و ۱٤ روز پس از تیمار در مزرعه پنبه

Table 4. Mean (±SE) efficacy (%) of different treatments on pupae of the parasitoid *E. mundus* applied alone or in combination with Azadirachtin, 3, 7, and 14 days after treatment (DAT) in cotton field

Treatment	Applied concentration	Mean (±SE) of efficacy		
		Time (day)		
		3	7	14
ZnO NPs	20 mg L^{-1}	11.23±0.04 ^{abc}	2.17±0.04 ^{c}	0.00±0.00 ^{c}
Kaolin	30 g L^{-1}	3.19±0.06 ^{c}	13.21±0.11 ^{ab}	6.40±1.02 ^{a}
B. bassiana	1×10^{10} conidia ml^{-1}	2.53±0.05 ^{c}	6.04±0.05 ^{bc}	0.35±0.00 ^{c}
Azadirachtin	15 mg L^{-1}	10.50±0.06 ^{bc}	15.94±0.08 ^{a}	3.25±0.05 ^{abc}
ZnO NPs+ Azadirachtin	10 mg L^{-1} + 7.5 mg L^{-1}	13.76±0.07 ^{ab}	9.41±0.06 ^{abc}	0.72±0.09 ^{c}
Kaolin+ Azadirachtin	15 g L^{-1} + 7.5 mg L^{-1}	6.24±0.09 ^{bc}	12.11±0.08 ^{ab}	5.31±0.25 ^{ab}
B. bassiana+ Azadirachtin	1×10^{5} conidia ml^{-1} + 7.5 mg L^{-1}	4.34±0.07 ^{c}	7.24±0.05 ^{bc}	0.00±0.00 ^{c}
Thiacloprid	0.3 ml L^{-1}	20.29±0.10 ^{a}	13.46±0.08 ^{ab}	2.32±0.04 ^{bc}

Means marked with different letters within the same column are significantly different (GLM Univariate followed by Tukey's test: $P<0.05$).

تأثیر تیمارها بر عملکرد غوزه و هزینه کنترل

بر اساس گروه‌بندی نتایج بدست آمده از مقایسه‌ی میانگین تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد، بیشترین میانگین کل درصد تلفات تخم‌های آفت پس از کاربرد تیمارهای مختلف در تیمار کائولین + آزادیراختین و کمترین تلفات در تیمار قارچ *B. bassiana* مشاهده شد ($F_{۷, ۱۶}$ = ۲۰/۰۶, P < ۰/۰۰۱). بیشترین میانگین کل درصد تلفات پوره‌های سفیدبالک مربوط به تیمار تیاکلوپراید بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار کائولین + آزادیراختین و تیمار کاربرد جداگانه آزادیراختین نداشت و کمترین تلفات در تیمار قارچ *B. bassiana* مشاهده شد ($F_{۷, ۱۶}$ = ۹۹/۴۳, P < ۰/۰۰۱). در بررسی تأثیر تیمارها بر وزن غوزه و هزینه کنترل، میانگین وزن غوزه‌ها با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند ($F_{۸, ۱۸}$ = ۰/۰۷, P = ۰/۹۹۹). بیشترین و کمترین عملکرد وش به ترتیب در تیمارهای کائولین + آزادیراختین و شاهد مشاهده شد (P < ۰/۰۰۱ ,$F_{۸, ۱۸}$ = ۶۰/۲۳) و میزان افزایش عملکرد وش نسبت به شاهد در همه تیمارها با هم اختلاف معنی‌دار داشتند ($F_{۷, ۱۶}$ = ۶۰/۱۶, P < ۰/۰۰۱). بیشترین و کمترین سودآوری (نسبت سود به هزینه) به ترتیب در تیمارهای کائولین و قارچ *B. bassiana* به دست آمد. به عبارتی از نظر اقتصادی، کائولین مقرون به صرفه‌ترین تیمار بود (جدول ۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- میانگین درصد تلفات آفت، وزن غوزه، عملکرد وش، افزایش عملکرد وش ناشی از کنترل، هزینه کنترل و سودآوری پس از کاربرد تیمارهای مختلف، به تنهایی و در اختلاط با آزادیراختین، در مزرعه پنبه

Table 5. Mean (±SE) mortality percentages of pest, weight of boll, seed cotton yield, yield increase over control, cost of control, and benefit:cost ratio following application of different treatments, alone or in combination with Azadirachtin, in cotton field

Treatment	Mean total mortality percentages of pest (±SE)		Mean weight of boll (gr) (±SE)	Seed cotton yield (kg ha^{-1}) (±SE)	Seed cotton yield increase (kg ha^{-1}) (±SE)	Control cost (US$)	Benefit (US$)	Benefit:cost ratio
	Eggs	Nymphs						
ZnO NPs	16.88±1.05^{cd}	31.55±0.36^{c}	5.03±0.05^{ns}	3476.73±0.88 ^{ef}	48.61±0.25 ^{d}	38.09	41.66	1.09
Kaolin	37.32±0.76^{ab}	50.58±0.28^{b}	5.11±0.08^{ns}	3532.28±0.86 ^{ab}	104.16±0.76 ^{ab}	20.23	89.28	4.41
B. bassiana	9.35±0.21^{d}	15.97±1.30^{d}	5.00±0.25^{ns}	3453.39±0.77 ^{f}	25.27±0.36 ^{e}	36.90	21.66	0.58
Azadirachtin	27.87±0.29^{bc}	59.45±0.19^{a}	5.08±0.15^{ns}	3508.39±0.82 ^{bc}	80.27±0.71 ^{c}	32.14	68.80	2.14
ZnO NPs+ Azadirachtin	27.07±0.14^{bc}	55.69±0.16^{ab}	5.07±0.08^{ns}	3502.56±0.84 ^{cd}	74.44±0.54 ^{c}	35.00	63.80	1.82
Kaolin+ Azadirachtin	52.79±0.30^{a}	63.36±0.61^{a}	5.13±0.14^{ns}	3545.52±1.06 ^{a}	117.40±0.56 ^{a}	26.19	100.47	3.83
B. bassiana+ Azadirachtin	15.85±1.02^{cd}	33.11±0.88^{c}	5.04±0.18^{ns}	3480.89±1.02 ^{de}	52.77±0.39 ^{d}	34.52	45.23	1.31
Thiacloprid	40.14±0.17^{ab}	63.54±0.46^{a}	5.10±0.12^{ns}	3521.73±1.03 ^{abc}	93.61±0.28 ^{bc}	22.61	80.23	3.54
Control	-	-	4.97±0.21^{ns}	3428.12±0.76 ^{g}	-	-	-	-

Means marked with different letters within the same column are significantly different (Tukey's test: P <0.05).
NS: None significant

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، در روز سوم آزمایش، کارایی تیمار نانوذرات اکسید روی + آزادیراختین در ایجاد تلفات روی تخم آفت با تیاکلوپراید اختلاف معنی‌داری نداشت و پس از آن تیمار نانوذرات اکسید روی در رتبه بعدی قرار گرفت، اما در روزهای هفتم و چهاردهم تیمار نانوذرات اکسید روی کمترین تلفات را روی تخم آفت ایجاد کرد. Samih et al. (2011) اثر حشره‌کشی آمیتراز، نانو-ذرات ZnO و $ZnAl_2O_3$ را روی پسیل پسته *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer بررسی و دریافتند اثر حشره‌کشی آمیتراز (گروه فرمامیدین) بیشتر از نانوذرات مذکور می‌باشد، امّا باید در نظر داشت که استفاده از نانوذرات (به ویژه نانو-ذرات سنتزی اکسید روی) در کنترل آفات، امکان بروز مقاومت کمتری را در مقایسه با آفت‌کش‌های تجاری در پی دارد (Rouhani et al., 2011). همچنین در شرایط مزرعه تنها در روز سوم آزمایش، بیشترین درصد تلفات شفیره‌ی پارازیتوئید پس از تیاکلوپراید مربوط به تیمار اختلاط نانوذرات اکسید روی + آزادیراختین و نانوذرات اکسید روی بود، اما در روزهای هفتم و چهاردهم این تیمارها کمترین تلفات را روی شفیره زنبور ایجاد کرد. در یک مطالعه‌ی مشابه Khooshe-Bast et al. (2016) اثر حشره‌کشی نانوذرات اکسید روی را در غلظت‌های ۳، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر علیه حشرات بالغ سفیدبالک گلخانه *Trialeurodes vaporariorum* Westwood بررسی کرده و مشخص شد که با افزایش غلظت نانوذرات اکسید روی میزان کشندگی افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد که سمیت نانوذرات اکسید روی علیه تخم و پوره سفیدبالک ناشی از اندازه‌ی کوچک این نانوذرات بوده و می‌توانند به راحتی از طریق کوتیکول عبور کرده و به داخل سلول‌های انفرادی که در پوست‌اندازی و دیگر فرایندهای فیزیولوژیکی دخالت دارند، وارد شوند (Benelli, 2016). همچنین افزایش نسبت سطح به حجم این نانوذرات که با کوتیکول حشره واکنش می‌دهند، می‌تواند در سمیت این نانوذرات نقش داشته باشد. زیرا بنا به نتایج بررسی‌های Park et al. (2009) بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی مواد با تغییر اندازه‌ی آنها تا سطح نانو تغییر می‌یابد.

در پژوهش حاضر، در تیمار شاهد درصد تلفات تخم (۵/۵ درصد) و پوره‌های آفت (۳/۵ درصد) ۳ روز پس از تیمار با نتایج بدست آمده از بررسی بیولوژی *B. tabaci* روی گیاه پنبه در دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس توسط Khan and Wan (2015) که درصد تلفات تخم و پوره را به‌ترتیب ۱۰ و ۳/۳ درصد گزارش کردند، مشابه بود. در روز سوم آزمایش، تلفات ایجاد شده توسط غلظت توصیه شده کائولین روی تخم آفت تفاوت معنی‌داری با غلظت توصیه شده حشره‌کش تیاکلوپراید نداشت، اما در روز ۱۴ مصرف کائولین به صورت معنی‌داری روی هر دو مرحله‌ی تخم و پوره آفت تلفات بالاتری ایجاد کرد. این نتایج با یافته‌های Núñez-López et al. (2015) که گزارش کردند کارایی محلول‌پاشی غلظت‌های ۲/۵ و ۵ درصدکائولین در کنترل تخم و پوره سفیدبالک گلخانه بیش از ۶۰ درصد بوده و کارایی کائولین می‌تواند با حشره‌کش‌های شیمیایی برابر باشد، مطابقت دارد. در این تحقیق غلظت توصیه شده کائولین در روز هفتم ۴۶/۵۳ درصد تلفات روی تخم آفت ایجاد کرد که با نتایج تحقیق Bestete et al. (2016) نیز همخوانی دارد که گزارش کردند تیمار کائولین در شرایط انتخابی تخم‌های جمعیت *B. tabaci* را روی گیاهان پنبه تقریباً ۵۰ درصد کاهش داد. در پژوهش دیگری با محلول‌پاشی غلظت‌های ۵ درصد کائولین و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام حشره‌کش پروتئوس روی *B. tabaci* در مزارع پنبه، میزان تلفات پوره تا ۲۱ روز پس از محلول‌پاشی به‌ترتیب ۳۰ و ۳۵ درصد و میزان بازدارندگی از تخم‌ریزی به‌ترتیب ۹۳ و ۳۸ درصد گزارش گردید (Izadmehr et al., 2015).

www.SID.ir

Archive of SID

قرار گرفتن لایه‌ی سفید رنگ کائولین روی بافت گیاه و انعکاس نور باعث ممانعت از شناسایی میزبان توسط آفت می‌شود و همچنین ذرات کائولین روی پنجه پای حشرات چسبیده و امکان حرکت و جابجایی در آنها کم می‌شود و روند تغذیه و تخم‌گذاری در آنها دچار اختلال شده و این امر می‌تواند در کاهش تعداد تخم‌های آفت توسط کائولین نقش ایفا کند (Glenn and Puterka, 2005). ذرات کائولین به علت وجود سیلیس در ساختار خود دارای مقداری اثر خراش دهندگی روی پوسته‌ی تخم و کوتیکول بدن حشره می‌باشند (Glenn and Puterka, 2005) که موجب تغییر تراوایی و از دست رفتن آب از طریق کوتیکول می‌شود و در اختلاط با آزادیراختین که به علت ممانعت از تولید هورمون‌های جوانی و اکدایسون سبب ایجاد تلفات بالا روی افراد نابالغ شده (Ghazawy et al., 2010)، و می‌تواند میزان تلفات تخم و پوره آفت را افزایش دهد. دلیل کاهش جمعیت شفیره پارازیتوئید *E. mundus* در مزرعه در اثر تیمار با کائولین ممکن است به علت کاهش دسترسی زنبور پارازیتوئید به پوره‌ها پس از تیمار با کائولین باشد و همچنین در شرایط مزرعه زنبورهای پارازیتوئید امکان انتخاب میزبان در مکان‌های دیگر که فاقد پوشش کائولین می‌باشند را برای پارازیته کردن دارند. Al-Deghairi (2009) غلظت‌های ۲×۱۰^{۶}، ۴×۱۰^{۶} و ۶×۱۰^{۶} کنیدی بر میلی‌لیتر قارچ *B. bassiana* را جداگانه و در تلفیق با زنبور پارازیتوئید *E. mundus* روی پوره‌های *B. tabaci* مورد بررسی قرار داد و گزارش نمود که قارچ *B. bassiana* به تنهایی و در تلفیق با زنبور *E. mundus* جمعیت آفت را به ترتیب ۵۱/۲ درصد و ۷۲/۳ درصد کاهش می‌دهد. به طوری‌که میزان تلفات زنبورهای خارج شده از پوره‌هایی که توسط قارچ آلوده شدند از ۴/۹ تا ۱۳/۵ درصد ثبت شد. یکی از عوامل محدود کننده در کارایی قارچ‌های بیماری‌زا رطوبت بالا و دمای معتدل برای جوانه‌زنی کنیدیوم و رشد قارچ است. در تحقیق حاضر در روزهای سوم، هفتم و چهاردهم کمترین میزان کارایی در تیمار قارچ *B. bassiana* حادث شده است و احتمالاً در شرایط مزرعه رطوبت کافی برای جوانه‌زنی کنیدیوم وجود نداشته است. هر چند در شرایط مزرعه ۳، ۷ و ۱۴روز پس از تیمار، اختلاط قارچ *B. bassiana* با آزادیراختین بصورت معنی‌داری تلفات بالاتری روی تخم و پوره آفت در مقایسه با کاربرد جداگانه قارچ ایجاد کرد و این امر شاید به دلایلی چون خاصیت ضد تغذیه‌ای آزادیراختین باشد که آفت را ضعیف و نسبت به قارچ حساس‌تر کرده است. همچنین بر اساس نظر Mohan et al. (2007) آزادیراختین به خاطر داشتن ماهیت روغنی می‌تواند چسبیدن، پخش شدن کنیدی قارچ روی سطح کوتیکول آفت و جوانه‌زنی کنیدی قارچ را تسهیل کند، از طرفی تیمار اختلاط این دو ترکیب تلفات کمتری از کاربرد جداگانه آزادیراختین روی شفیره *E. mundus* ایجاد نمود.

در بررسی سازگاری و تأثیر اختلاط قارچ *B. bassiana* با آزادیراختین برای کنترل *B. tabaci* روی گیاه بادمجان گزارش گردید، این دو ترکیب با هم سازگار بوده، اگر چه آزادیراختین اندکی بر قارچ *B. bassiana* تأثیر می‌گذارد و کاربرد اختلاط آنها ۷ روز پس از تیمار سبب شد درصد تلفات در پوره‌ها نسبت به کاربرد جداگانه قارچ (۷۰/۴ درصد) و آزادیراختین (۷۷/۳ درصد)، به‌ترتیب ۲۷/۶ و ۲۰/۵ درصد افزایش یابد (Touhidul Islam et al., 2010).

تأثیر حشره‌کش‌های گیاهی آزادیراختین، نیمک، نیمک سوپر، نیم‌پلاس، نیم‌آزال و حشره‌کش شیمیایی آمیتراز در دو سال متوالی در مزارع پنبه روی جمعیت *B. tabaci* بررسی شد و آزادیراختین در هر دو سال بالاترین درصد کاهش جمعیت آفت را ۱۰ روز پس از محلول‌پاشی به‌ترتیب با ۸۵/۸۳ و ۹۶/۷۹ درصد و پایین‌ترین درصد کاهش جمعیت آفت را نیمک به‌ترتیب با ۶۳/۵۳ و ۸۴/۸۸ درصد ایجاد کرد (Sarailoo and Poorghaz, 2006). در یافته‌های Coudriet et al.

www.SID.ir

Archive of SID

(1985) میزان تخم‌گذاری *B. tabaci* روی گیاهان پنبه که با عصاره دانه چریش تیمار شده بودند هفت روز پس از تیمار، ۸۰ درصد کمتر از پنبه‌های تیمار نشده (شاهد) بود. در این تحقیق علت کمتر بودن میزان کارایی نانوذرات اکسید روی و کائولین در مقایسه با حشره‌کش سیستمیک تیاکلوپراید روی تخم و پوره‌های سفید بالک ۷ روز پس از تیمار می‌تواند ناشی از حضور و فعالیت تخم و پوره‌های آفت در سطح زیرین برگ‌ها و به‌ویژه برگ‌های پایینی بوته‌ها و نیز نوع سم‌پاش مورد استفاده (سم‌پاش پشتی معمولی و غیر الکترواستاتیک) باشد که محلول سمی را عمدتاً روی سطح فوقانی برگ‌ها و بخش‌های خارجی بوته‌ها قرار داده و به زیر برگ‌ها و داخل بوته‌ها بسیار کمتر نفوذ می‌کند. از دلایل احتمالی حساسیت بیشتر پوره‌ها نسبت به تخم در برابر حشره‌کش‌ها می‌توان به این نکته اشاره کرد که پوره‌ها بر خلاف تخم‌ها، به طور کامل مسطح و ورقه‌ای بوده و به سطح برگ چسبیده‌اند و نسبت سطح به حجم در پوره‌ها نسبت به تخم بیشتر است، بنابراین مقدار بیشتری از ترکیبات مورد آزمایش را دریافت می‌کنند. همچنین احتمالاً به دلیل وجود غشای کوریونی تخم، تأثیر حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی تخم نسبت به پوره پوشیده از غشای مومی کمتر بوده است. علت اساسی بیشتر بودن تلفات در تیمارهای تیاکلوپراید و آزادیراختین در روزهفتم در مقایسه با سایر روزها روی تخم‌های سفیدبالک پنبه، این است که این آفت‌کش‌ها مانند دیگر ترکیبات سیستمیک که موجب آلودگی شیره گیاه شده و از طریق ساقه‌ی تخم که نقش اصلی آن جذب آب و املاح مورد نیاز جنین از بافت برگ می‌باشد (Byrne and Bellows, 1991)، وارد تخم شده و منجر به مرگ جنین شده‌اند. همچنین تغذیه‌ی حشرات ماده بالغ از شیره‌ی پنبه‌های تیمار شده توسط آزادیراختین هم می‌تواند از تکامل جنینی و تفریخ تخم ممانعت کند و موجب کاهش تخم و در پی آن پوره‌های آفت گردد. بیشترین کارایی ۳، ۷ و ۱۴ روز پس از تیمار روی تلفات تخم‌های آفت در تیمار کائولین + آزادیراختین مشاهده شد و شاید این امر به دلیل محافظت کائولین از آزادیراختین در برابر تابش خورشید و مسدود نمودن سوراخ تنفسی تخم باشد (Wand et al., 2006). آزادراختین عمدتاً از طریق ممانعت از تولید هورمون اکدیزون در تکامل طبیعی شفیره *E. mundus* اختلال ایجاد می‌کند (Schmutterer, 1990). چون لاروهای سن اول زنبور *E. mundus* پس از خروج از تخم، از طریق جویدن کوتیکول میزبان و ایجاد یک سوراخ کوچک به داخل آن نفوذ می‌کنند، می‌توانند راه نفوذ برای ورود آفت کش به داخل بدن پوره‌ها را باز کرده و سفیدبالک و پارازیتوئید داخل آن در معرض آلودگی مستقیم قرار گیرند. به همین دلیل گونه‌های زنبورهای خانواده Aphelinidae که اکتو-اندو پارازیت هستند نسبت به کاربرد برگی آزادیراختین از گونه‌های زنبور اندو پارازیت حساس‌تر هستند (Hoelmer et al., 1990). Kumar et al. (2008) گزارش کردند که استفاده از غلظت توصیه شده‌ی نیم‌آزال® (۵۰ میلی‌گرم ماده موثر در لیتر) روی شفیره *Eretmocerus warrae* Naumann and Schmidt پارازیتوئید *B. tabaci* موجب شد تنها ۵۵ درصد از حشرات کامل از شفیره خارج شوند. زنبورهای خانواده Aphelinidae پیش از پارازیته نمودن میزبان خود، ویژگی‌های کمی و کیفی آن را از طریق معاینه شاخکی و معاینه با استفاده از تخم‌ریز بررسی می‌کند (Jervis et al., 1996) و کاهش پارازیتیسم *E. mundus* در پوره‌های سفیدبالک‌های تحت تیمار تیاکلوپراید در مزرعه می‌تواند به جهت حفظ بقای نسل صورت گرفته باشد.

طبق گزارش‌های پژوهشگران، کاربرد کائولین نه‌تنها ظرفیت فتوسنتز و تولید محصول را در گیاه پنبه کاهش نمی‌دهد (Silva and Ramalho, 2013; Glenn, 2016)، بلکه به دلیل خاصیت بازتاب نور می‌تواند استرس دمایی را کاهش داده و گیاه را در برابر تابش آفتاب محافظت کند (Glenn and Puterka, 2005) و

www.SID.ir

Archive of SID

در ضمن با کاهش دمای گیاه فتوسنتز را افزایش داده، در تعادل فیزیولوژیکی گیاه نقش ایفا کند و در نتیجه موجب افزایش کمیت و کیفیت محصول گردد (Glenn, 2016). از طرفی کاربرد ترکیبات مورد استفاده در این تحقیق می‌تواند با کاهش تغذیه آفت موجب افزایش شاخه‌های زایشی و توانایی تولید تعداد غوزه‌های بالاتر گردد. همچنین با کاهش میزان عسلک دفع شده توسط پوره‌ها و حشرات بالغ، چسبیدن ذرات گرد و غبار به سطح برگ‌ها کاهش یافته و فتوسنتز، وزن غوزه‌ها و تعداد غوزه‌ها افزایش یابد (Hassan Abadi et al., 2019). در تحقیق حاضر میانگین وزن غوزه‌ها در تیمارهای مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. به طور کلی گیاه پنبه تغییرات و خسارت وارد شده بر رشد را از طریق تغییر در تعداد نهایی اندام‌های مقصد (گل و غوزه) تعدیل می‌نماید. لذا تغییرات وزن غوزه در بیشتر موارد محسوس نیست، مگر اینکه تعداد زیادی از گل‌ها و غوزه‌ها در اثر خسارت ریزش نموده باشد، در این شرایط وزن غوزه‌های باقی مانده افزایش می‌یابد (Mehrabadi, 2017). همچنین در این تحقیق تیمار کائولین، مقرون به صرفه‌ترین تیمار بود. در حالیکه تیمارهای تلفیقی (کائولین + آزادیراختین) بالاترین کارایی را در کنترل آفت دارا بودند و نیز بیشترین افزایش تولید محصول را رقم زدند، اما بدلیل بالا بودن قیمت تمام شده، از نسبت سود به هزینه کمتری در مقایسه با تیمار کائولین برخوردار بودند. به نظر می‌رسد پایین بودن قیمت تمام شده کائولین، بدلیل وفور معادن آن در داخل کشور و عدم نیاز به تجهیزات پیچیده برای فراوری این ترکیب باشد.

اگرچه حشره‌کش‌های شبه‌نیکوتینی از جمله تیاکلوپراید کارایی مناسبی را در کنترل آفات مکنده مانند سفیدبالک‌ها در مزارع پنبه نشان داده‌اند، امّا در برخی از جمعیت‌های *B. tabaci* مقاومت به آن تأیید شده است (Nauen and Denholm, 2005). با توجه به رضایت‌بخش بودن سطح کنترل حشره‌کش‌های بی‌خطر سازگار با محیط زیست به کار رفته در این تحقیق روی تخم و پوره‌های *B. tabaci*، با جایگزین کردن تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق در چند نوبت به جای حشره‌کش‌های شیمیایی متداول دوره بحرانی خسارت سفیدبالک سپری شده و تلفات پارازیتوئید آن کاهش می‌یابد که این امر به نوبه خود می‌تواند باعث کنترل سریع‌تر این آفت گردد.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ارومیه، گروه گیاه پزشکی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و مرکز تحقیقات پنبه شرق کشور (کاشمر) به خاطر حمایت‌های مالی، تهیه‌ی امکانات و محیط تحقیقاتی مناسب قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

Ahmad, M., Arif, M.I., Ahmad, Z., and Denholm, I. 2002. Cotton whitefly (*Bemisia tabaci*) resistance to organophosphate and pyrethroid insecticides in Pakistan. Pest Management Science, 58: 203-208.

Al-Deghairi, M.A. 2009. Combining effect of *Beauveria bassiana* (Bals.) and *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) on sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). Journal of Entomology, 6(2): 72-81.

www.SID.ir

Archive of SID

Allahyari, R., Aramideh, S., Safaralizadeh, M.H., Rezapanah, M.R., and Michaud, J.P. 2019. Synergy between parasitoids and pathogens for biological control of *Helicoverpa armigera* in chickpea. Entomologia Experimentalis et Applicata, 168: 70-75.

Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Benelli, G., Losic, D., Usha Rani, P., and Desneux, N. 2018. Nanoparticles for pest control: current status and future perspectives. Journal of Pest Science, 91: 1-15.

Auffan, M., Rose, J., Bottero, J.Y., Lowry, G.V., Jolivet, J.P., and Wiesner, M.R. 2009. Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. Nature Nanotechnology, 4: 634-641.

Benelli, G. 2016. Plant-mediated biosynthesis of nanoparticles as an emerging tool against mosquitoes of medical and veterinary importance: a review. Parasitology Research, 115: 23-34.

Bestete, L.R., Torres, J.B., Silva, R.B.B., and Silva-Torres, C.S.A. 2016. Water stress and kaolin spray affect herbivorous insects' success on cotton. Arthropod-Plant Interactions, 10: 445-453.

Byrne, D.N., and Bellows, J.T.S. 1991. Whitefly biology. Annual Review of Entomology, 36: 431-457.

Caboni, P., Cabras, M., Angioni, A., Russo, M., and Cabras, P. 2002. Persistence of azadirachtin residues on olives after field treatment. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 3491-3494.

Clausen, C.A., Kartal, S.N., Arango, R.A., and Green, F. 2011. The role of particle size of particulate nano-zinc oxide wood preservatives on termite mortality and leach resistance. Nanoscale Research Letters, 6: (1) 427 -433.

Coudriet, D.L., Prabhaker, N., and Meyerdirk, D.E. 1985. Sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae): Effects of neem-seed extract on oviposition and immature stages. Journal of Environmental Entomology, 14: 776-779.

Cuthbertson, A.G.S., Walters, K.F.A., and Northing, P. 2005. Susceptibility of *Bemisia tabaci* immature stages to the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* on tomato and verbena foliage. Mycopathologia, 159: 23-29.

Deacon, J.W. 1983. Microbial Control of Plant Pests and Diseases. (Washington, DC: American Society for Microbiology). 88 pp.

Depieri, R.A., Martinez, S.S., and Menezes, Jr.A.O. 2005. Compatibility of the fungus, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deuteromycetes) with extracts of neem seeds and leaves and the emulsible oil. Neotropical Entomology, 34: 601-606.

Faria, M., and Wraight, S.P. 2001. Biological Control of *Bemisia tabaci* with fungi. Crop Protection, 20: 767-778.

www.SID.ir

Archive of SID

Ghazawy, N.A., Awad, H.H., and Rahman, K.M.A. 2010. Effects of azadirachtin on embryological development of the desert locust *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera: Acrididae). Journal of Orthoptera Research, 19: 327-332.

Glenn, D.M. 2016. Effect of highly processed calcined kaolin residues on apple productivity and quality. Scientia Horticulturae, 201: 101-108.

Glenn, D.M., and Puterka, G.J. 2005. Particle films: A new technology for agriculture. Horticultural Reviews, 31: 1-44.

Gokce, A., and Kubilay, M. 2005. Pathogenicity of Paecilomyces spp. to the Glasshouse Whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, with Some Observations on the Fungal Infection Process. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29(5): 331-339.

Hassan Abadi, Z., Askarianzadeh, A., and Naderi Arefei, A. 2019. Evaluation of defferent cotton genotypes resistance to *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Garmsar region. Journal of Cotton Researches of Iran, 7(1): 99-110. (In Farsi with English abstract)

Henderson, C.F., and Tilton, E.W. 1955. Test with acaricides against the brown wheat mite. Journal of Economic Entomology, 48: 157-161.

Hernandez, M.M., Martinez-Villar, E., Peace, C., Perez-Moreno, I., and Marco, V. 2012. Compatibility of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* with flufenoxuron and azadirachtin against *Tetranychus urticae*. Experimental and Applied Acarology, 58: 395-405.

Hoelmer, K.A., Osborne, L.S., and Yokomi, R.K. 1990. Effects of neem extracts on beneficial insects in greenhouse culture. Proceeding, USDA Neem Workshop, Beltsville MD 100-105.

Iwasa, T., Motoyama, N., Ambrose, J.T., Roe, R.M. 2004. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. Crop Protection, 23: 371-378.

Izadmehr, H., Farazmand, H., Oliaei-Torshiz, A., Sirjani, M., and Jebeleh, E. 2015. Effect of Processed kaolin clay (WP 95%) on Cotton Whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius. Pesticides in Plan Protection Sciences, 3(1): 39-49. (In Farsi with English abstract)

Jervis, M.A., Kidd, N.A.C., and Heimpel, G.E. 1996. Parasitoid adult feeding behavior and biocontrol a review. Biocontrol News and Information, 17: 11-26.

Johnson, S., Dureja, P., and Dhingra, S. 2003. Photostablizers for azadirachtin-A (a Neem-based pesticide). Journal of Environmental Sciences, 38: 451-462.

Jones, D.R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. European Journal of Plant Pathology, 109: 195-219.

Khan, I.A., and Wan, F.H. 2015. Life history of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera:

www.SID.ir

Archive of SID

Aleyrodidae) biotype B on tomato and cotton host plants. Journal of Entomology and Zoology Studies, 3(3): 117-121.

Khooshe-Bast, Z., Sahebzadeh, N., Ghaffari-Moghaddam, M., and Mirshekar, A. 2016. Insecticidal effects of zinc oxide nanoparticles and *Beauveria bassiana* TS11 on *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (Hemiptera: Aleyrodidae). Acta agriculturae Slovenica, 107(2): 299-309.

Kirthi, A.V., Rahuman, A.A., Rajakumar, G., Marimuthu, S., Santhoshkumar, T., et al. 2011. Acaricidal, pediculocidal and larvicidal activity of synthesized ZnO nanoparticles using wet chemical route against blood feeding parasites. Parasitology Research, 109: 461-472.

Kumar, P., Poehling, H.M., and Borgemeister, C. 2005. Effects of different application methods of azadirachtin against sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants. Journal of Applied Entomology, 129: 489-497.

Kumar, P., and Poehling, H.M. 2006. Persistence of soil and foliar azadirachtin treatments to control sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) on tomatoes under controlled (laboratory) and field (netted greenhouse) conditions in the humid tropics. Journal of Pest Science, 79: 189-199.

Kumar, P., and Poehling, H.M. 2007. Effects of azadirachtin, abamectin and spinosad on sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants under laboratory and greenhouse conditions in the humid tropics. Journal of Economic Entomology, 100: 411-420.

Kumar, P., Whitten, M., Thoeming, G., Borgemeister, C., and Poehling, H.M. 2008. Effects of bio-pesticides on *Eretmocerus warrae* (Hym. Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Hom., Aleyrodidae). Journal of Applied Entomology, 132: 605-613.

Lacey, L.A., Wraight, S.P., and Kirk, A.A. 2008. Classical biological control of *Bemisia tabaci* in the United States - A Review of Interagency Research and Implementation. Entomopathogenic fungi for control of *Bemisia tabaci* biotype B: Foreign exploration, research and implementation, Gould J, Hoelmer K, Goolsby J (Eds). Progress in Biological Control, Vol 4. Springer, Dordrecht, The Netherlands. pp 33-69.

Mehrabadi, H.R. 2017. Effect of different planting dates and methods on quantity and quality traits of *Varamin* cotton cultivar. Journal of Crop Production and Processing, 7 (2): 61-72. Mashhad. (In Farsi with English abstract)

Mitchell, P.L., Gupta, R., Singh, A.K., and Kumar, P. 2004. Behavioural and developmental effects of neem extracts on *Clavigralla scutellaris* (Hemiptera: Heteroptera: Coreidae) and its egg parasitoid, *Gryon Fulviventre* (Hymenoptera: Scelionidae). Journal of Economic Entomology, 97: 916-923.

Mohan, M.C., Narasimha, P., Reddy, N.P., Devi, U.K., Kongara, R., and Sharma, H.C. 2007. Growth and insect assays of *Beauveria bassiana* with neem to test their

www.SID.ir

Archive of SID

compatibility and synergism. Biocontrol Science and Technology, 17: 1059-1069.

Muniz, M., and Nombela, G. 2001. A new clip-cage for biological studies. Published by EWSN: John Innes Centre, Norwich Research Park, Conley Lane, Norwich NR47UH United Kingdom.

Nagajyothi, P.C., MinhAn, T.N., Sreekanth, T.V.M., Lee, J.I., Lee, D.J., and Lee, K.D. 2013. Green route biosynthesis: characterization and catalytic activity of ZnO nanoparticles. Materials Letters, 108: 160-163.

Nauen, R., and Denholm, I. 2005. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 58: 200-215.

Noorbakhsh, S. 2018. List of important pests, diseases, and weeds of major agricultural crops, pesticides and recommended methods for their control. Ministry of Agriculture Jihad and Plant Protection Organization, 209 p. (In Farsi with English abstract)

Núñez-López, D.C., Ramírez-Godoy, A., and Restrepo-Diaz, H. 2015. Impact of kaolin particle film and synthetic insecticide applications on whitefly populations *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) and physiological attributes in bean (*Phaseolus vulgaris*) crop. Hortscience, 50: 1503-1508.

Oliveira, M.R.V., Henneberryb, T.J., and Andersonc, P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Crop Protection, 20: 709-723.

Oliveira, R.C., and Neves, P.M.O.J. 2004. Compatibility of *Beauveria bassiana* with acaricides. Neotropical Entomology, 33 (3): 353-358.

Owolade, O.F., Ogunleti, D.O., and Adenekan, M.O. 2008. Titanium Dioxide affects disease development and yield of edible cowpea. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 7(50): 2942 -2947.

Poprawski, T.J., Greenberg, S.M., and Ciomperlik, M.A. 2000. Effect of Host Plant on *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* Induced Mortality of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). Environmental Entomology, 29 (5): 1048-1053.

Padmavathy, N., and Vijayaraghavan, R. 2008. Enhanced bioactivity of ZnO nanoparticles-an antimicrobial study. Science and Technology of Advanced Materials, 9: 1-7.

Park, J.Y., Baek, M.J., Choi, E.S., Woo, S., Kim, J.H. et al. 2009. Paramagnetic ultra small gadolinium oxide nanoparticles as advanced T1 MRI contrast agent: account for large longitudinal relaxivity, optimal particle diameter and in vivo T1 MR images. ACS Nano, 3 (11): 3663-3669.

Quesada-Moraga, E., Maranhao, E., Valverde-Garcia, P., and Santiago-Alvarea, C. 2006. Selection of *Beauveria bassiana* isolates for control of the whiteflies *Bemisia tabaci* and

www.SID.ir

Archive of SID

Trialeurodes vaporariorum on the basis of their virulence, thermal requirements, and toxicogenetic activity. Biological Control, 36: 274-287.

Quintela, E.D., and McCoy, C.W. 1998. Synergistic effect of imidacloprid and two entomopathogenic fungi on the behavior and survival of larvae of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in soil. Journal of Economic Entomology, 91: 110-122.

Rose, M.G., Zolnerowich, G., and Hunter, M.S. 1995. *Bemisia*: taxonomy, biology, damage, control and management, intercept. Systematics, *Eretmocerus*, and biological control, pp 459-477. Gerling D, Mayer R T (Eds) Andover, UK.

Rouhani, M., Samih, M.A., Aslani, A., and Beiki, K. 2011. Side effect of nano-ZnO-Tio_2-Ag mix-oxide nanoparticles on *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thys.: Thripidae). In Proceedings Symposium: Third International Symposium on Insect Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. East China Normal University, Shanghai, China. 2-5.

Samih, M.A., Rouhani, M., Aslani, A., and Beiki, K. 2011. Insecticidal properties of amitraz, nano-amitraz, nano-ZnO and nano–ZnO-Al_2O_3 nanoparticles on *Agonoscena pistaciae* (Hem.: Aphelaridae). In Proceedings Symposium: Third International Symposium on Insect Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. East China Normal University. Shanghai, China. 131.

Sarailoo, M.H., and Poorghaz, A.H. 2006. The effect of some plant origin materials against *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton field of Gonbad. Journal of Agricultue Science Natural Resources,13(4): 62-72 (In Farsi with English abstract).

Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Annual Review of Entomology, 35: 271-297.

Silva, C.A.D., and Ramalho, F.S. 2013. Kaolin spraying protects cotton plants against damages by boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Pest Science, 86: 563-569.

Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M., and Mosaddegh, M.S. 2013. Lethal and sublethal effects of midacloprid and buprofezin on the sweetpotato whitefly parasitoid *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae). Crop Protection, 45: 98-103.

SPSS. 2013.Version 22. SPSS, Chicago, IL, USA.

Stansly, P.A., Calvo, F.J., and Urbaneja, A. 2005. Release rates for control of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) biotype "Q" with *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae) in greenhouse tomato and pepper. Biological Control, 35:124-133.

Stone, D., Harper, B.J., Lynch, I., Dawson, K., and Harper, S.L. 2010. Exposure assessment: recommendations for nanotechnology-based pesticides. International Journal of Occupational and Environmental Health, 16(4): 467-474.

www.SID.ir

Archive of SID

Taheri Sarhozakia, M., Aramideh, S., Akbariana, J., and Pirsa, S. 2020. Effects of ZnO nanoparticles and Kaolin in combination with NeemAzal-T/S against *Bemisia tabaci* and its parasitoid *Eretmocerus mundus* on cotton. Chemical Review and Letters, 3: 131-139.

Tomlin, C.D.S. 2009. The Pesticide Manual, 15th ed. Crop Protection Publications, Hampshire. 1457 pp.

Touhidul Islam Md., Castle, S.J., and Ren, S. 2010. Compatibility of the insect pathogenic fungus *Beauveria bassiana* with neem against sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*, on eggplant. Entomologia Experimentalis et Applicata, 134: 28-34.

Urbaneja, A., and Stansly, P.A. 2004. Host suitability of different instars of the whitefly *Bemisia tabaci* "biotype Q" for *Eretmocerus mundus*. Bio Control, 49: 153-161.

Valencia, E., and Khachatourians, G.G. 1998. Integrated pest management and enthomopathogenic fungal biotechnologyin the Latin America. I. Opportunities in a global agriculture. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 22: 193-202.

Vey, A., and Fargues, J. 1977. Histological and ultrastructural studies of *Beauveria bassiana* infection in *Leptinotarsa decemlineata* Say larvae during ecdysis. Journal of Invertebrate Pathology, 30: 207-215.

Wand, S.J.E., Theron, K.I., Akerman, J., and Marais, S.J.S. 2006. Harvest and post-harvest apple fruit quality following applications of kaolin particle film in South African orchards. Scientia Horticulturae, 107: 271-276.

Zhang, L., Jiang, Y., Ding, Y., Povey, M., and York, D. 2007. Investigation into the antibacterial behaviour of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnO nanofluids). Journal of Nanoparticle Research, 9 (3): 479-489.

© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

www.SID.ir

Archive of SID

The effect of zinc oxide nanoparticles, kaolin powder and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin in combination with Neemarin® against *Bemisia tabaci* and pupae of *Eretmocerus mundus* under field conditions

M. Taheri Sarhozaki[1], S. Aramideh*[2], J. Akbarian[3] and S. Pirsa[4]

1. Ph.D. Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
2. ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran (Shahramaramideh@gmail.com)
3. Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
4. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

(DOI): 10.22055/PPR.2020.16187

Received: 27 September 2020 Accepted: 8 December 2020

Abstract

Background and Objectives

Bemisia tabaci (Genn.) (Hem: Aleyrodidae) is considered as one significant pest in the agricultural products in Iran. In this research, the effects of ZnO NPs, kaolin, *B. bassiana* (EUTP105 Isolate) were assessed alone or in combination to Neemarin® compared to thiacloprid insecticide under field conditions on eggs and nymphs of *B. tabaci* and pupae of its parasitoid *Eretmocerus mundus*.

Materials and Methods

This research was handled in the research field of the scientific staff of the Cotton Research Center of East Iran, Kashmar, in a randomized complete block design with three replications in August 2019. The experimental plots were separately 6 m^2 and 1.5 m. The recommended concentration of Neemarin® (15 mg L^{-1} AZA), thiacloprid (0.3 mL L^{-1}), Kaolin (30 g L^{-1}), a concentration of 20 mg L^{-1} of ZnO NPs, a concentration of 1×10^{10} conidia mL^{-1} of *B. bassiana*, half- concentration of Neemarin® (7.5 mg L^{-1} AZA) + 10 mg L^{-1} of ZnO NPs, half- concentration of Neemarin® (7.5 mg L^{-1} AZA) + 15 g L^{-1} of Kaolin and half- concentration of Neemarin® (7.5 mg L^{-1} AZA) + a concentration of 1×10^{5} conidia mL^{-1} of *B. bassiana* were prepared which sprayed on upper and lower surfaces of cotton plants using a knapsack sprayer, equivalent to an application volume of 500 l ha^{-1}. The control treatment was sprayed by water. The mortality of B. *tabaci* eggs and nymphs and pupal stage of *E. mundus* were calculated using Henderson and Tilton equation . To this purpose, five plants were randomly selected in each plot and three leaves from each one (top, middle, and bottom section of plant canopy) were excised and transferred to a laboratory. Two pieces of 1 cm^2 from each leaf were chosen so that the units included into main vein. Total live eggs and nymphs of pest as well pupae of parasitoid in each sample unit were counted using a binocular. Samplings were handled one day before and 3, 7 and 14 days after spraying.

www.SID.ir

Archive of SID

Results

In 3 DAT (days after treatment), the most effective treatments on eggs and nymphs of pest were Kaolin + Neemarin® and thiacloprid, respectively. While, the least effective treatments were *B. bassiana*. In 7 DAT, Kaolin + Neemarin® and ZnO NPs exerted the highest and lowest mortality, respectively, on the eggs of pest, Neemarin® and *B. bassiana* exerted the highest and lowest mortality, respectively to the nymph. In 14 DAT, the highest efficacy on eggs and nymphs was observed in Kaolin + Neemarin® and Neemarin®, respectively, while the lowest efficacy both on eggs and nymphs belonged to *B. bassiana*. The highest and lowest mortality of the pupae of parasitoid in 3 DAT belonged to thiacloprid and *B. bassiana*, respectively. In 7 DAT, Neemarin® and ZnO exerted the highest and lowest mortality on the parasitoid pupae, respectively. In 14 DAT, Kaolin exerted the highest mortality on the pupae of parasitoid that was followed by Kaolin + Neemarin®, Neemarin®, and thiacloprid. The maximum yield and benefit/cost ratio were observed in Kaolin + Neemarin®, followed by Kaolin treatments.

Discussion

Considering the results, ZnO NPs and Kaolin alone, or in combination to Neemarin® can be the suitable candidates as an alternative in the IPM programs of *B. tabaci* on the cotton field.

Keywords: Cotton, Non-chemical control, Whitefly, Parasitoid

www.SID.ir