فصلنامه گیاه‌پزشکی
۱۳۹۰ -۳ (۱) : ۱۵-۲۵

اثر حشره‌کشی نانو ذرات Zn-TiO_2-Ag روی شته خرزهره *Aphis nerii*

محمد روحانی* و محمد امین سمیع
گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، ایران

چکیده

در سال‌های اخیر نانو ذرات جدید به‌خاطر ویژگی‌های الکتریکی، مکانیکی و شیمیایی آن‌ها که تفاوت معنی‌داری با ذرات بالک آن‌ها دارد موضوع تحقیقات قرار گرفته است. پیشرفت در علوم و فناوری نانو در دهه گذشته، فرصت های زیادی برای بررسی اثرات بیولوژیکی ازجمله اثرات حشره‌کشی نانو ذرات ایجاد کرده است. در این پژوهش نانو ذرات 70%Zn-28%TiO_2-2%Ag و 70%Zn-29%TiO_2-1%Ag به روش سولووترمال تهیه و اثر حشره‌کشی آن‌ها و آفت‌کش ایمیداکلوپراید روی شته خرزهره *Aphis nerii* (Hem: Aphididae) بررسی گردید. نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نشان داد که نانو ذرات سنتز شده در این پژوهش دارای اندازه ۴۸ -۴۹ نانومتر می‌باشند. در این پژوهش مقدار LC_{50} برآورد شده برای 70%Zn-28%TiO_2-2%Ag، 70%Zn-29%TiO_2-1%Ag و ایمیداکلوپراید به ترتیب۴۷۶/۷۴، ۵۲۸/۵۱ و ۰/۶۶ بود. نتایج این ثابت کرد که این نانو ذرات همانند ایمیداکلوپراید دارای کشندگی روی شته خرزهره هستند. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که ایمیداکلوپراید در غلظت ۱ میکرولیتر بر میلی‌لیتر و نانو ذرات Zn-TiO_2-Ag در غلظت ۷۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بیشترین اثر کشندگی را داشتند.

واژه‌های کلیدی : ایمیداکلوپراید، حشره‌کشی، نانو ذرات، شته خرزهره

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی : Rouhani_valiasr@yahoo.com
تاریخ دریافت : ۹۰/۱۲/۱۷ ، تاریخ پذیرش : ۹۱/۱۲/۲۶

مقدمه

هر محصولی دارای تنوعی از آفات و بیماری‌ها است که از دیدگاه کشاورز، همه آن‌ها باید کنترل شوند (Samih *et al.*,2005). شته خرزهره *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe (Hem. : Aphididae) یکی از آفات عمومی گیاهان زینتی از خانواده Apocynaceae و Asclepiadaceae است، به‌طوری‌که میزبان عمده آن گیاه خرزهره است. این شته در سرتاسر مناطق گرمسیر جهان یافت می‌شود و گستره جهانی دارد. این آفت علاوه بر خسارت روی چندین جنس از خانواده‌های Apocynaceae و Asclepiadaceae، بر روی گیاهان خانواده Compositae، Convolvulaceae و Euphorbiaceae نیز دیده می‌شود (El-Shazly, 2002). خسارت شته خرزهره به این صورت است که با تشکیل کلنی و تغذیه از شیره‌گیاهی، عسلک زیادی ترشح کرده که باعث اختلال در فتوسنتز گیاهی و تا حدودی نیز منجر به بدشکلی می‌شود و در صورت خسارت شدید رشد گیاه کاهش پیدا می‌کند. این آفت علاوه بر تغذیه از شیره‌گیاهی، ناقل عوامل بیماری‌زایی هم‌چون ویروس موزائیک چغندرقند و ویروس لکه حلقوی عنبه نیز هست (El-Shazly, 2002). برای مهار خسارت آفات، گاهی گیاهان را تا چندین بار در سال سمپاشی می‌کنند این کار، سبب افزایش میزان مصرف آفت‌کش‌ها و آلودگی محیط زیست می‌شود (Samih *et al.*, 2005). گسترش و طغیان آفات، ضرورت بازنگری در کنترل شیمیایی برای کاهش میزان مصرف آفت‌کش‌ها و تشخیص و به‌کارگیری روش‌های جدیدرا ایجاب می‌کند.

پیشرفت‌های علمی و نوآوری‌های فنی از جمله نانو تکنولوژی در سدهٔ بیستم به دستاوردهای چشم‌گیری در تولیدات کشاورزی بسیاری از کشورها منجر شده است. این پیشرفت‌ها از یک سو موجبات نوسازی کشاورزی سنتی را فراهم آورده و امکان تولید طیف گسترده‌تری از کالاها و خدمات را میسر ساخته‌اند و از سوی دیگر، تسلط انسان بر منابع طبیعی و بهره‌برداری از آن را بهبود بخشیده اند (Opara, 2002). کاربرد نانوتکنولوژی در مبارزه تلفیقی با آفات کاهش قابل توجه مصرف سموم و کودهای شیمیایی و استفاده بهینه از آن‌ها را به‌دنبال دارد. استفاده از کریستا ل‌های نانویی امکان کاربرد آفت‌کش‌ها با دزهای کمتر را فراهم می‌آورد و این یعنی به‌حداقل رساندن ورود این ترکیبات خطرناک به طبیعت (Bhattacharyya *et al.*, 2010; Eleka *et al.*, 2010). سم‌شناسی نانو یکی از جدیدترین شاخه‌های سم‌شناسی است که به مطالعه و بررسی پتانسیل سمیت ریز مواد و ریز ذرات می‌پردازد. نانو ذرات از جمله اکسیدهای فلزی مانند ZnO می‌توانند از غشای سلولی عبور کنند (Gojova *et al.*, 2007) و نیز نانو ذرات نقره می‌تواند برعلیه موجودات زنده مانند باکتری، ویروس و قارچها به‌کار رود (Yeo *et al.*, 2003; Elchiguerra, 2005) اما عنصر نقره علاوه بر اثرات کشندگی روی باکتری، ویروس و قارچها در غلظت‌های بالا می‌تواند برای انسان اثرات سمی داشته باشد (Morones *et*

al., 2005) یکی از راهکارهای کاهش سمیت برخی عناصر (مانند نقره) برای انسان، ترکیب آن‌ها با ترکیبات امن‌تر از جمله TiO_2، ZnO و SiO_2 می‌باشد (Yuan & Cranston, 2008) روی و تیتانیم از عناصری هستند که اثر نامطلوب روی انسان نداشته اند (Reynolds, 2001). روی عنصر کم‌مصرف ضروری برای گیاهان، حیوانات و انسان می‌باشد (Wang *et al.*, 2006). بیش از ۳۰۰ آنزیم درگیر در فرآیندهای متابولیکی کلیدی RNA و DNA انسان شامل روی هستند. این عنصر نقش اساسی را در فعالیت‌های DNA پلی‌مراز (Wang *et al.*, 2006; Marschner, 2002) و سنتز پروتئین‌ها (Wang *et al.*, 2006) ایفا می‌کند. اکسید تیتانیومنیز نیز هیچ گونه اثر سوئی روی موجودات زنده نشان نداده است (Reynolds, 2001).

بررسی‌های پژوهشگران مختلف نشان داده است که کاربرد نانو ذرات عناصر مختلف می‌تواند اثرات متفاوتی روی آفات و بیماری‌ها داشته باشد. تأثیرات حفاظتی نانو نقره در برابر موریانه ها نشان دهنده‌ی ظرفیت بالای این ترکیبات جهت بازدارندگی از حمله‌ی موریانه‌ها می‌باشد. هرچند بهترین ترکیب جهت این تیمار، مخلوط نانو ذرات نقره و روی تشخیص داده شده است، لیکن نانو ذرات نقره به‌عنوان یکی از بهترین افزودنی‌ها به مواد حفاظتی شناخته شده است (Green & Arango, 2007). Guan *et al.*, (2008) تاثیر نانو ذرات SDS/Ag/TiO_2 را روی *Martianus dermestoides* (Col.: Tenebrionidae) بررسی کردند. در این بررسی نانو ذرات SDS/Ag/TiO_2 صد در صد کشندگی بعد از ۱۴۲ ساعت نشان داد. Stadler *et al.* (2010) با بررسی نانو ذرات آلومینیم روی آفات انباری بیان کردند که این نانو ذرات دارای اثر کشندگی قابل توجهی روی آفات انباری دارند.

در این پژوهش نانو ذرات Zn-TiO_2-Ag به روش سولووترمال تهیه و اثر حشره‌کشی آن‌ها روی *A. nerii* بررسی و میزان کشندگی آن‌ها با آفت‌کش ایمیداکلوپراید بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

تهیه نانو ذرات 70%Zn-29%TiO_2-1%Ag

محلول۲ میلی مولار $Zn(Ac)2.H_2O$، ۰/۹ میلی مولار TiO_2 و۰/۰۳ میلی مولار $AgNO_3$ در ۳۰ میلی‌لیتر اتانول آماده و در دمای اتاق به محلول ۶ میلی مولار NaOH حل شده در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول در حال چرخش اضافه شد. بعد از ۳۰ دقیقه چرخش مخلوط به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس اتوکلاو شد و سپس با آب مقطر و اتانول شست و شو داده شد و در دمای ۵۸ درجه سلسیوس خشک گردید.

تهیه نانو ذرات 70%Zn-28%TiO_2-2%Ag

محلول۲ میلی مولار $Zn(Ac)2.H_2O$، ۰/۶ میلی مولار TiO_2 و ۰/۰۶ میلی مولار $AgNO_3$ در ۳۰ میلی‌لیتر اتانول آماده و در دمای اتاق به محلول ۶ میلی مولار NaOH حل شده در ۱۰

میلی‌لیتر اتانول در حال چرخش اضافه شد. بعد از ۳۰ دقیقه چرخش مخلوط به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس اتوکلاو شد و سپس با آب مقطر و اتانول شست و شو داده شد و در دمای ۵۸ درجه خشک گردید.

هم‌سن‌سازی پوره‌های سن یک شته خرزهره

حشرات کامل شته خرزهره *A. nerii* از روی برگ از محوطه دانشگاه ولی عصر جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس حشرات کامل و برگ‌ها در جعبه‌های ۳۰×۲۰ سانتیمتری که در کف آن جهت تامین رطوبت برای برگ‌ها توسط کاغذ صافی و پنبه مرطوب مفروش شده بود، در اتاق رشد (اینسکتاریوم) با دمای ۱±۲۶ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۷۰ درصد و ۱۶ ساعت روشنایی نگه‌داری شدند. اولین گروه از پوره‌های سن یک هم‌سن (یک روزه) جمع‌آوری و جهت آزمایش زیست‌سنجی مورد استفاده قرار گرفت.

آزمایش‌های زیست‌سنجی

به‌منظور تعیین پتانسیل نانو ذرات و آفت‌کش مورد نظر، آزمایش‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام پذیرفت، برای آزمایش از پتری‌هایی با قطر ۸۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۵ میلی‌متر که درب آن‌ها با پارچه‌ای از جنس حریر پوشانده شده بود، استفاده و برای تامین رطوبت پتری‌ها از کاغذ صافی مرطوب در کف پتری استفاده شد. از نانو ذرات و آفت‌کش مورد آزمایش، ۵ غلظت تهیه شد که این غلظت‌ها طی آزمایشات مقدماتی بر اساس درصد مرگ و میر آفت انتخاب گردید. غلظت‌های مختلف نانو ذرات (۷۰۰، ۵۶۶/۳۷، ۴۵۸/۲۵، ۳۷۰/۷۷ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)، حشره کش ایمیداکلوپراید EC 35% (۰/۸، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۴ و ۰/۰۸ میکرولیتر بر میلی‌لیتر) با استون و آب مقطر برای نانو ذرات و با آب مقطر برای آفت‌کش تهیه و از آب مقطر برای سموم و از استون و آب مقطر برای نانو ذرات به‌عنوان شاهد استفاده شد. شته‌ها به‌مدت ۳ ثانیه در محلول‌ها سمی غوطه‌ور، سپس از محلول خارج شده و در مجاورت هوا خشک شدند. بعد روی برگ خرزهره داخل پتری قرار داده شدند. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام پذیرفت که هر تیمار شامل ۱۵ عدد پوره سن یک بود. پتری‌ها در اتاق رشد (اینسکتاریوم) با دمای ۱±۲۶ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۷۰ درصد و ۱۶ ساعت روشنایی قرار داده شدند و تعداد حشره تلف شده بعد از ۲۴ ساعت شمارش گردید. ملاک تشخیص حشرات مرده این بود که اگر توسط سوزن تحریک و عکس‌العملی مشاهده نشد، مرده در نظر گرفته شدند.

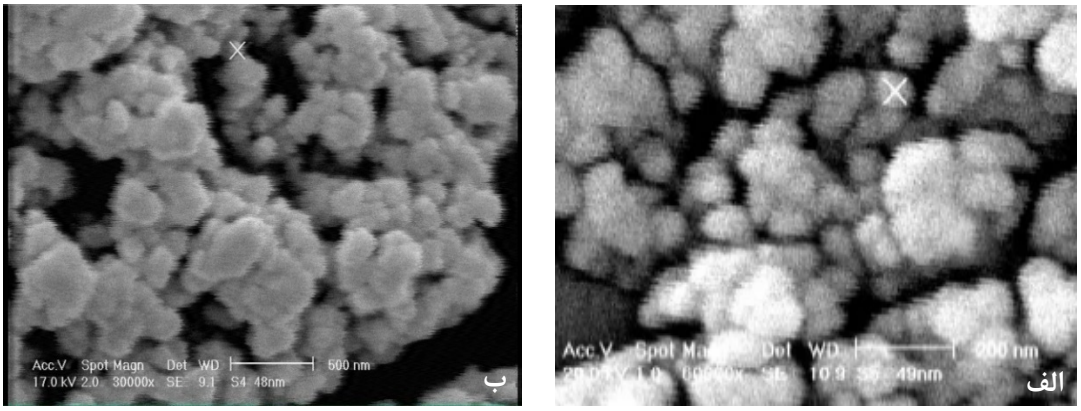
تجزیه و تحلیل داده‌ها

از روش تجزیه پروبیت برای تخمین LC_{50} استفاده شد، برای این منظور نرم‌افزار Probit Analysis 2011 به‌کار گرفته شد. داده‌های به‌دست آمده در محیط Excel 2007 وارد و تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 انجام شد. قبل از تجزیه داده‌ها برقراری شرایط آنالیز واریانس از جهت نرمال بودن و تصادفی بودن خطاها، همگنی واریانس‌ها و هم‌بستگی واریانس‌ها با میانگین با استفاده از نرم‌افزار Minitab 14.0 بررسی و تبدیل‌های لازم در صورت نیاز انجام شد. مقایسات و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. جهت تعیین اندازه نانو آفت‌کش ساخته شده از میکروسکوپ الکترونی روبشی[1] مدل XL30 دانشگاه تربیت مدرس تهران استفاده گردید.

نتایج و بحث

بررسی اندازه نانو ذرات

نتایج تصویربرداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نشان داد که نانو ذرات 70%Zn-28%TiO_2-2%Ag و 70%Zn-29%TiO_2-1%Ag با موفقیت ساخته شده و به‌ترتیب دارای اندازه‌ای معادل ۴۸ و ۴۹ نانو متر می‌باشند (شکل۱).



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانو ذرات 70%Zn-28%TiO_2-2%Ag (الف) و 70%Zn-29%TiO_2-1%Ag (ب)

Figure 1. The SEM images of synthesized 70%Zn-29%TiO_2-2%Ag (a) and 70%Zn-28%TiO_2-1%Ag (b) nanoparticles.

تعیین غلظت مناسب نانو ذرات و ایمیداکلوپراید

جهت تعیین غلظت مناسب نانو ذرات و ایمیداکلوپراید به‌منظور بررسی اثر حشره‌کشی آن‌ها آزمایش‌های زیست‌سنجی روی پوره‌های سن اول شته خرزهره (یک روزه) انجام گرفت که

[1] -Scanning Electron Microscope

نتایج تأثیر حشره‌کشی نانو ذرات و آفت‌کش انتخابی روی پوره‌های شته خرزهره در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱- درصد تلفات *Aphis nerii* تیمار شده با نانو ذرات و ایمیداکلوپراید

Table 1. Mortality (%) of *Aphis nerii* treated with nanoparticles and imidacloprid

Pesticide	Concentration	Mortality (%)
70%Zn-29%TiO_2-1%Ag	700 (mg mL^{-1})	77.78%
70%Zn-28%TiO_2-2%Ag	700 (mg mL^{-1})	69.44%
Imidacloprid	0.8 (µL mL^{-1})	66.67%

همان‌طور که مشاهده می‌شود، نانو ذرات 70%Zn-28%TiO_2-2%Ag بیشترین درصد کشندگی و بعد از آن 70%Zn-29%TiO_2-1%Ag و ایمیداکلوپراید در مرتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. دز کشندگی ۵۰ درصد هر یک آفت‌کش‌ها در مدت زمان۲۴ ساعت محاسبه و در جدول دو آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد، LC_{50} نانو ذرات 70%Zn-28%TiO_2-2%Ag، 70%Zn-29%TiO_2-1%Ag و ایمیداکلوپراید به‌ترتیب ۴۷۶/۷۴، ۵۲۸/۵۱ و ۰/۶۶ بوده و نانو ذرات دارای اثر کشندگی قابل مقایسه با آفت‌کش ایمیداکلوپراید روی شته خرزهره می‌باشد.

جدول ۲- بررسی تاثیر نانو ذرات و ایمیداکلوپراید روی *Aphis nerii*

Table 2. Evaluation of nanoparticles and imidacloprid against *Aphis nerii*.

Pesticide	Slop (SE)	LC_{50}	Limits 95%	Chi square
70%Zn-28%TiO_2-2%Ag	0.82	476.74	466.44 ± 487.37	0.47
70%Zn-29%TiO_2-1%Ag	0.83	528.51	505.40 ± 555.42	0.17
Imidacloprid	0.51	0.66	0.52 ± 0.94	1.59

نتیجه تجزیه واریانس و محاسبه‌های آماری بین نانو ذرات و ایمیداکلوپراید به‌عنوان فاکتور مستقل و مرگ و میر شته خرزهره به‌عنوان متغیر وابسته نشان می‌دهد که بین متغیر 70%Zn-29%TiO_2-1%Ag ($F_{5,12}$= 96.96, P= 0.00)، 70%Zn-28%TiO_2-2%Ag ($F_{5,12}$= 73.62, P= 0.00) و ایمیداکلوپراید ($F_{5,12}$= 10.69, P= 0.00) در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول‌های ۳ و ۴). نتایج این پژوهش نشان داد این نانو ذرات همانند ایمیداکلوپراید دارای کشندگی روی شته خرزهره هستند. همچنین این نتایج نشان داد که با افزایش غلظت کشندگی آن‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مقایسه بالاترین غلظت نانو ذرات و ایمیداکلوپراید ($F_{3,8}$= 15.89, P= 0.01) نشان داد که اگرچه میزان کشندگی نانو ذرات 70%Zn-26%TiO_2-2%Ag بیشتر بود اما تفاوت معنی داری بین میزان کشندگی نانو ذرات و ایمیداکلوپراید وجود نداشت (جدول ۵).

جدول ۳- کشندگی نانو ذرات روی *Aphis nerii*

Table 3. Mortality effect of nanoparticles on *Aphis nerii*

Concentration (mg mL^{-1})	Mortality (%) mean±SE	
	70%Zn-29%TiO_2-1%Ag	70%Zn-28%TiO_2-2%Ag
700	8.33±0.33[a]	9.33±0.57[a]
566	6.66±0.33[b]	7.66±0.33[b]
458	5.33±0.33[c]	5.66±0.33[c]
371	3.33±0.88[d]	4.00±0.66[d]
300	2.00±0.00[e]	2.66±0.33[e]
0	0.33±0.33[f]	0.33±0.33[f]

- حروف مشابه در هرستون نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است

- The similar characters in column indicate the lack of significant difference at 5% level

جدول ۴- کشندگی ایمیداکلوپراید روی *Aphis nerii*

Table 4. Mortality effect of imidacloprid on *Aphis nerii*

Concentration (µL mL^{-1})	Mortality mean±SE
0.8	8.00±0.57[a]
0.5	6.3±0.33[a]
0.25	4.33±0.33[ab]
0.14	2.33±0.66[b]
0.08	1.33±0.33[b]
0.00	0.33±0.33[b]

- حروف مشابه در هرستون نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است

- The similar characters in column indicate the lack of significant difference at 5% level

جدول ۵- مقایسه کشندگی بالاترین غلظت نانو ذرات و ایمیداکلوپراید روی *Aphis nerii*

Table 5. Effect of the highest concentration of the nanoparticles and imidacloprid against *Aphis nerii*

Pesticide	Concentration	Mortality mean±SE
70%Zn-28%TiO_2-2%Ag	700 mg mL^{-1}	9.33±0.57[a]
70%Zn-29%TiO_2-1%Ag	700 mg mL^{-1}	8.33±0.33[a]
Imidacloprid	0.8 µL mL^{-1}	8.00±0.57[a]
Control	0.00	0.33±0.33[b]

- حروف مشابه در هرستون نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است

- The similar characters in column indicate the lack of significant difference at 5% level

نتایج این پژوهش نشان داد که نانو ذرات Zn-TiO_2-Ag دارای اثرات کشندگی قابل ملاحظه‌ای روی شته خرزهره هستند و می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های مدیریت مقاومت آفات استفاده کرد. همچنین این نتایج نشان داد که می‌توان برای کاهش اثرات منفی نقره از عنصر روی استفاده کرد که برای رشد گیاه میزبان نیز مفید می‌باشد. بررسی‌های زیادی روی نانو ذرات صورت گرفته که بیشتر به بررسی اثرات آن‌ها روی بیمارگرها بر می‌گردد (Feng *et al.*, 2000; Elchiguerra, 2005; Reddy *et al.*, 2007) و پژوهش‌های اندکی پیرامون اثر حشره‌کشی نانو ذرات روی آفات صورت پذیرفته است.

Rouhani *et al.* (2011) با بررسی تاثیر نانو ذرات Zn-TiO_2-Ag روی *Frankliniella occidentalis* بیان کردند که این نانو ذرات با LC_{50} ۱۹۵/۲۷ میلی‌گرم در لیتر دارای اثر کشندگی روی *F. occidentalis* هستند. Guan *et al.* (2008) تاثیر نانو ذرات SDS/Ag/TiO_2 را روی *Martianus dermestoides* (Col.: Tenebrionidae) بررسی کردند. در این بررسی نانو ذرات SDS/Ag/TiO_2 دارای ۶۱ و ۱۰۰ در صد کشندگی به‌ترتیب بعد از ۲۴ و ۱۴۲ ساعت بود. بررسی‌های Samih *et al.* (2011) نشان دهنده تاثیر کم‌تر نانو ذرات ZnO و ZnO-Al_2O_3 در مقایسه با آفت کش نانو آمیتراز روی پسیل معمولی پسته *Agonoscena pistaciae* است. آن‌ها بیان کردند که آفت کش نانو آمیتراز با غلظت یک میکرو لیتر بر میلی‌لیتر بیشترین کشندگی را دارا است. Green & Arango (2007) با مطالعه نانو ذرات نقره بیان نمودند که این نانو ذرات دارای اثر کشندگی قابل ملاحظه‌ای روی موریانه هستند و می‌توان از این نانو ذرات بر علیه آفات استفاده نمود. مطالعات Eleka *et al.* (2010) نشان داد که نانو نووالورون با غلظت ppm ۰/۲ دارای ۹۲ درصد کشندگی روی لارو سن یک *Spodoptera littoralis* بعد از ۶ روز بود. Samih *et al.* (2011) با بررسی آفت کش آمیتراز و نانو آمیتراز روی پسیل معمولی پسته *A. pistaciae* نشان دادند که نانو آمیتراز با غلظت‌های ۱ و ۰/۷ میکرو لیتر در لیتر به‌ترتیب بیشتر از آمیتراز با غلظت ۱ میکرو لیتر در لیتر دارای اثر کشندگی روی پسیل معمولی پسته هستند. Rouhani *et al.* (2011) با مقایسه اثر کشندگی آفت‌کش تیامتوکسام و نانو تیامتوکسام روی *A. pistaciae* نشان دادند که نانو تیامتوکسام با غلظت ۲۷۱ میلی‌گرم در لیتر دارای اثر کشندگی بیشتری نسبت به تیامتوکسام با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. هم‌چنین نتایج این پژوهش‌گران در بررسی دز کشنده نانو تیامتوکسام و نانو آمیتراز نشان داد که نانو آمیترازنسبت به نانو تیامتوکسام دارای کشندگی بیشتر روی *A. pistaciae* می‌باشد. هم‌چنین می‌افزایند که نانو آفت‌کش‌ها دارای اثر کشندگی قوی‌تری نسبت به آفت‌کش‌ها هستند. هم‌چنین پژوهش‌های Debnath *et al.* (2011) نشان دادند که نانو ذرات Al_2O_3، SiO2 و TiO_2 به‌ترتیب بیشترین کشندگی را روی *Lipaphis pseudobrassicae* (Hem.: Aphididae) ایجاد کردند.

نتایج این پژوهش نشان داد که نانو ذرات نقره/روی/تیتانیوم دارای اثر کشندگی قابل توجهی روی شته خرزهره هستند و با توجه به اثرات نامطلوب آفت‌کش‌ها و مقاومت آفات به آن‌ها، به‌نظر می‌رسد نانو ذرات می‌توانند در مدیریت آفات موثر واقع شوند.

منابع

Bhattacharyya,A.,Bhaumik,A.,Rani,P.U.,Mandal,S. & Epidi,T.T. 2010. Nano-particles - A recent approach to insect pest control. *African Journal of Biotechnology*, 9(24): 3489-3493

Debnath,N., Das, S. & Seth, D. 2011. Entomotoxic effect of silica nanoparticles against *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Pest Science*, 84: 99–105

Elchiguerra, J.L., Burt, J.L., Morones, J.R., Camacho-Bragado, A., Gao, X., Lara, H.H. & Yacaman, M.J. 2005. Interaction of silver nanoparticles with HIV-1. *Journal of Nanobiotechnology*, 3: 6-8

Eleka,N.,Hoffmanb,R.,Ravivb,U.,Reshb,R.,Ishaayac,I. & Magdassi,S. 2010. Novaluron nanoparticles: Formation and potential use in controlling agricultural insect pests. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 372: 66–72

El-Shazly,M.M. 2002. Observation on Oleander (*Nerium oleander* L., apocynaceae) ecosystem in Giza, Egypt. *Proceeding of the 4th International Conference on Urban pests. 7-10 July 2002, Giza, Egypt*,p.

Feng,Q.L.,Wu,J.,Chen,G.O.,Cui,F.Z.,Kim,T.N. & Kim, J.O. 2000. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and Staphylococcus aureus. *Journal of Biomedical Materials Research*, 52: 662-668

Gojova,A.,Guo,B.,Kota,R.S.,Rutledge,J.C.,Kennedy,I.M. & Barakat,A.I. 2007. Induction of inflammation in vascular endothelial cells by metaloxide nanoparticles: Effects of particle composition. *Environmental Health Perspectives*, 115: 403- 409

Green,F. & Arango, R.A. 2007. Wood protection by commercial silver formulations against Eastern Subterranean termites. 38thAnnual Meeting Jackson Lake Lodge. 20-24 May 2007, Wyoming, USA, p.23

Guan,H.,Chi,D.,Yu,J. & Li,X. 2008. A novel photodegradable insecticide: Preparation, characterization and properties evaluation of nano-Imidacloprid. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 92: 83–9

Morones,J.R.,Elechiguerra,J.L.,Camacho,A.,Holt,K.,Kouri,J.B.,Ramirez,J.T. & Yacaman, M.J. 2005. The bactericidal effect of silver nano particles. *Nanotechnology*, 16 (10): 2346–2353

Opara,L.U. 2002. Agricultural Engineering education and research in knowledge-based economy. *S. Kosutic [Ed.]. Proc. of the 30th International Symposium on Agricultural Engineering, 17-19 August.2002, Zagreb, Croatia*, pp: 33- 46

Reddy,K.M.,Feris,K.,Bell,J.,Wingett,D.G.,Hanley,C. & Punnoose,A. 2007. Selective toxicity of zinc oxide nanoparticles to prokaryotic and eukaryotic system. *Applied Physics Letters*, 90: 213-902

Rouhani,M.,Samih,M.A.,Aslani,A. & Beiki, Kh. 2011. Side effect of nano-Zno-Tio2-Ag mix-oxide nanoparticles on *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thys.: Thripidae). *Proceedings, Symposium: The Thired International Symposium on Insect Physiology, Biochemistry and Molecular Biology, 2-5 July 2011, Shanghai, China*,p. 51

Rouhani,M.,Samih,M.A.,Aslsni,A. & beyki, Kh. 2011. Comparison of morality effect of tiamethoxam nanoparticles and tiametoxam on *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer under laboratory conditions. *Seminario international de sanidad agropecuaria. 3-6 May 2011,Habana, Cuba*,p. 235

Samih,M.A.,Alizadeh,A. & Saberi Riseh,R. 2005. *Pistachio pests and diseases in Iran and their IPM*. Organization of Jihad-e-University, Tehran, Iran

Samih,M.A.,Rouhani,M.,Aslani,A. & Beiki,Kh. 2011. Insecticidal properties of amitraz, nano-amitraz, nano-ZnO and nano-ZnO-Al_2O_3 nanoparticles on *Agonoscena pistaciae* (Hem.: Aphelaridae). *Proceedings, Symposium: The Thired International Symposium*

*on Insect Physiology, Biochemistry and Molecular Biology, 2-5 July 2011, Shanghai, China,*p. 131

Yeo,S.Y., Lee,H.J. & Jeong,S,H, 2003. Preparation of nanocomposite fibers for permanent antibacterial effect. *Journal of Materials Science*, 38: 2143-2147

Yuan, G., & R. Cranston. 2008. Recent advances in antimicrobial treatments of textiles. *Textile Research Journal*, 78**:**60-72.