

تهیه ترکیب نانو آمیتراز و مقایسه اثر کشندگی آن با آمیتراز و ایمیداکلوپراید روی پسیل معمولی پسته *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer در شرایط آزمایشگاهی

محمد روحانی^۱ و محمد امین سمیع^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

(samia_aminir@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۶

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۲۰

چکیده

پسیل معمولی پسته *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer در حال حاضر آفت کلیدی درختان پسته در ایران محسوب می شود. امروزه برای کنترل این آفت از سموم شیمیایی متعدد دی استفاده می شود استفاده از آفت کش ها در ابعاد نانو می تواند راه حل مناسبی برای کاهش میزان مصرف آفت کش ها باشد. در این پژوهش فورمولاسیون نانو آمیتراز ساخته شد و اثر کشندگی آن همراه آمیتراز و ایمیداکلوپراید روی پوره های سن پنجم پسیل معمولی پسته بررسی و مقایسه شد. غلظت های مختلف نانو آمیتراز و آمیتراز ۱، ۰/۴۲، ۰/۱۸، ۰/۰۷ و ۰/۰۳ میکرولیتر بر میلی لیتر و سم ایمیداکلوپراید ۰/۸، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۴ و ۰/۰۸ میکرولیتر بر میلی لیتر تهیه و هر غلظت ۳ تکرار شامل ۴۵ پوره سن ۵ پسیل معمولی پسته بود و از آب مقطر نیز به عنوان شاهد استفاده شد. مرگ و میر حشره آفت پس از ۲۴ ساعت شمارش و ثبت گردید. نتایج نشان دادند که نانو آمیتراز با موفقیت ساخته شده و دارای میانگین اندازه ای معادل ۵۳ نانو متر می باشد. هم چنین این نتایج نشان داد که نانو آمیتراز با LC₅₀ معادل ۰/۰۳ میکرولیتر بر میلی لیتر بیشترین کشندگی را داشته و نشان دهنده میزان کاربرد کمتر آفت کش و کارایی بیشتر آن می باشد و نیز آمیتراز و ایمیداکلوپراید به ترتیب دارای LC₅₀ معادل ۰/۱۷ و ۱/۴۶ می باشند.

کلید واژه ها: آمیتراز، ایمیداکلوپراید، نانو، *Agonoscena pistaciae*

مقدمه

ذخیره سم تبدیل می کند. مهم ترین سوال در زمینه استفاده از آفت کش ها این است که: چقدر از این سموم استفاده کنیم؟ استفاده از داروها (سموم و کودها) در ابعاد نانو می تواند یکی از راه حل های مناسب در کاهش میزان مصرف آفت کش ها برای کنترل آفات باشد (بی آذر، ۱۳۸۶؛ رنجبر و شمس، ۱۳۸۸). هم گرایی فناوری های سه گانه (فناوری اطلاعات و ارتباطات، فناوری زیستی و فناوری نانو) محور اصلی پیشرفت های فناورانه عصر حاضر به شمار می رود (اپارا^۱؛ ۲۰۰۱؛ اپارا، ۲۰۰۳). در این میان بسیاری از صاحب نظران و محققان، فناوری نانو را

پسته یکی از محصولات کشاورزی است که از دیرباز در نقاط مختلف ایران کشت شده است (سمیع و همکاران، ۱۳۸۴). پسیل معمولی پسته *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer یکی از مهم ترین آفات پسته است که همه ساله سبب کاهش کیفی و کمی محصول پسته می شود. برای مهار خسارت این آفت گاهی درختان پسته را تا ۶ مرتبه در سال سم پاشی می کنند. این عمل سبب افزایش میزان مصرف آفت کش ها و آلودگی محیط زیست شده (سمیع و همکاران، ۱۳۸۴) و محصولات کشاورزی را نیز به منبع

(< 100 نانومتر) با سایر اجزا بیولوژیکی مورد مقایسه قرار گیرد. نانو ذرات توانایی این را دارند که غشای سلولی را پشت سر گذاشته و وارد سلول‌ها شوند (تولستوشو^۶، ۲۰۰۶). افزایش میزان سطح باعث افزایش فعالیت شیمیایی و در نتیجه خواص سمی آن ماده خواهد شد. نانو ذرات در مقایسه با مواد اولیه خود بهتر می‌توانند در ارگانسیم‌های زنده حرکت کرده و جابه‌جا شوند (باکند و فرشاد، ۱۳۸۶). در این پژوهش نانو سم آمیتراز ساخته شد و اثر کشندگی آن همراه آمیتراز و ایمیدا کلوپراید روی پوره‌های سن پنجم پسیل معمولی پسته بررسی و مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

تهیه نانو آمیتراز

ابتدا محلول ۱ درصد از ماده موثره آفت‌کش آمیتراز در استون و محلول ۰/۰۲۵ درصد اتیلن‌گلیکول به‌عنوان یک پایدار کننده در آب دیونیزه آماده گردید. سپس ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول پایدار کننده به ۵۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون سم در حال چرخش اضافه گردید. سپس محلول به‌دست آمده به‌مدت ۴۰ دقیقه به‌هم زده شد. پس از این مدت زمان محلول حاصل شده فوراً سانتریفیوژ و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد جهت تبخیر حلال خشک گردید (گیوان و همکاران^۷، ۲۰۰۸).

هم‌سن‌سازی پوره‌های سن ۵ پسیل معمولی پسته

پوره‌های سنین مختلف پسیل معمولی پسته A. *pistaciae* همراه با برگ از باغ جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید. پوره‌های سن ۵ از سطح برگ‌ها جمع‌آوری و حذف شدند و سپس برگ‌ها را در جعبه‌های 20×30 سانتی‌متری که در کف آن جهت تامین رطوبت برای برگ‌ها توسط کاغذ صافی و پنبه مرطوب مفروش شده بود، نگه‌داری شد. اولین گروه از پوره‌های سن ۵ هم‌سن جمع‌آوری و جهت آزمایش زیست‌سنجی مورد استفاده قرار گرفت.

مساوی آینده دانسته‌اند و بر این باورند که متخصصان رشته‌های مختلف بدون گرایش به مباحث فناوری نانو در دهه‌های آینده فرصتی برای رشد نخواهند داشت (سلطانی، ۱۳۸۳). واژه نانو از ریشه یونانی واژه کوتاه قدی یا کوتوله^۱ مشتق شده و به ابعادی اشاره دارد که بزرگی آن‌ها به اندازه 10^{-9} (یک میلیاردیم) است (واراد و دوتا^۲، ۲۰۰۶). علم نانو، همه عرصه‌های دانش را تحت تأثیر قرار داده و علم کشاورزی نیز از این قاعده مستثنا نیست (جونسون، ۲۰۰۶^۳؛ شالر و کلیمو^۴، ۲۰۰۴). 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 کریستال‌های نانویی امکان کاربرد آفت‌کش‌ها با غلظت‌های کمتر را فراهم می‌آورد و این یعنی به‌حداقل رساندن ورود این ترکیبات خطرناک به طبیعت است (رنجبر، ۱۳۸۸؛ هژاوه‌ای و همکاران، ۱۳۸۹). در حال حاضر تحقیقات بسیار اندکی در زمینه سمیت نانو ذرات صورت گرفته است. با این وجود تحقیقات اولیه سم شناسی نشان داده است که سمیت نانو ذرات به‌طور معنی‌داری با خصوصیات نوظهور فیزیکوشیمیایی این مواد ارتباط دارد. این خصوصیات که در مقیاس نانو مطرح است، موجب بروز رفتارهای جدید شده و سبب می‌شود که نه تنها شیمی و فیزیک این ذرات تغییر کند بلکه باعث می‌گردد این ذرات در سیستم‌های بیولوژیکی نیز به‌طور متفاوتی عمل نمایند (باکند و فرشاد، ۱۳۸۶). شکسته شدن ماده جامد و تبدیل شدن آن به ذرات ریز موجب کوچک شدن ذرات و افزودن شدن سطح کلی آن شده و می‌تواند خصوصیات سم شناسی ماده را تغییر دهد. (گوچووا و همکاران^۵، ۲۰۰۷). می‌توان انتظار داشت که اندازه بسیار کوچک نانوذرات نقش مهمی در سمیت این مواد داشته باشد، خصوصاً اگر اندازه این ذرات

1- Dwarf

2 - Warad & Dutta

3 - Johnson

4 - Schaller & Klimov

5 - Gojova et al.

6 - Tolstoshev

7 - Guan et al.

بر اساس درصد مرگ و میر انتخاب شدند، بدین صورت که در آزمایش‌های مقدماتی غلظت‌های مختلفی از نانو آفت‌کش و آفت‌کش‌ها تهیه شد. و غلظتی را که ۱۰٪ تلفات ایجاد نمود به‌عنوان پایین‌ترین غلظت و غلظتی که حدود ۷۵٪ تلفات ایجاد کرد، به‌عنوان بالاترین غلظت انتخاب شد.

غلظت‌های مختلف نانو آمیتراز و آمیتراز (۱، ۰/۴۲، ۰/۱۸، ۰/۰۷ و ۰/۰۳ میکرولیتر بر میلی‌لیتر) و سم ایمیداکلوپراید (۰/۸، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۴ و ۰/۰۸ میکرولیتر بر میلی‌لیتر) تهیه و پوره‌های پسیل به مدت ۲ ثانیه در محلول‌های سمی غوطه‌ور، سپس از محلول خارج شده و در مجاورت هوا خشک شدند، بعد روی برگ پسته داخل پتری قرار داده شدند. واحدهای آزمایش در اتاق رشد با دمای $26 \pm 1^\circ\text{C}$ و رطوبت نسبی $70 \pm 5\%$ و دوره روشنایی ۱۶ ساعت نوری و هشت ساعت تاریکی (۱۶:۸) قرار داده شدند و تعداد حشره مرده 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 به کار گرفته شد. 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 شد (داده‌ها نرمال بودند). مقایسات و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. جهت تعیین اندازه نانو آمیتراز از میکروسکوپ الکترونی روبشی^۴ مدل XL30 دانشگاه تربیت مدرس تهران استفاده شد.

تعیین غلظت مناسب نانو آفت‌کش و آفت‌کش‌ها

جهت تعیین غلظت مناسب نانو آمیتراز، آمیتراز^۱ Bayer Crop Science و ایمیداکلوپراید^۲ (شرکت به‌سم $\text{Confidor}^{\text{®}}$, EC 35%) به‌منظور بررسی اثر حشره‌کشی آنها روی پوره‌های پسیل معمولی پسته یک‌سری آزمایش‌های مقدماتی روی پوره‌های سن ۵ پسیل معمولی پسته انجام گرفت. غلظتی که حداقل ۷۵ درصد تلفات را روی پوره‌های پسیل معمولی پسته در پی داشت برای بررسی اثر کشندگی روی پوره‌های پسیل معمولی پسته انتخاب شد. در این مرحله دوزهای مختلفی از نانو آفت‌کش و آفت‌کش‌ها روی پوره‌های سن ۵ پسیل معمولی پسته در ۳ تکرار آزمایش شد. در این آزمایش از پتری‌هایی با قطر ۸ سانتی‌متر که کف آن‌ها با کاغذ صافی و پنبه مرطوب پوشیده شده بود استفاده گردید. برای تیمار کردن پوره‌ها از روش غوطه‌ور سازی پوره‌ها استفاده شد. پوره‌های هم‌سن بعد از فرو بردن در آفت‌کش روی برگ داخل پتری‌ها قرار داده شدند. ۱۵ پوره سن ۵ هم‌سن روی این دیسک‌های برگ‌ری رها سازی شد و حشرات مرده بعد از گذشت ۲۴ ساعت شمارش گردید. مرگ و میر به‌صورت درصد پوره‌های مرده به تعداد اولیه در هر تکرار محاسبه شد سپس درصد مرگ و میر اصلاح شده بر طبق فرمول ابوت محاسبه گردید (ابوت^۳، ۱۹۲۵).

آزمایش‌های زیست‌سنجی

به‌منظور تعیین پتانسیل نانو آفت‌کش و آفت‌کش‌ها، آزمایش‌ها در قالب طرح کامل تصادفی با ۳ تکرار و انجام گرفت، برای آزمایش از پتری‌هایی با قطر ۸۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۵ میلی‌متر که درب آن‌ها با پارچه‌ای از جنس حریر پوشانده شده است، استفاده و برای تامین رطوبت پتری‌ها از کاغذ صافی مرطوب در کف پتری استفاده شد. از نانو آمیتراز، آمیتراز و ایمیداکلوپراید مورد آزمایش، ۵ غلظت تهیه شد. این غلظت‌ها طی آزمایش‌های مقدماتی

1 - Amitraz

2 - Imidacloprid

3 - Abbott

4 - Scanning Electron Microscope

روحانی و سمیع: تهیه ترکیب نانو آمیتراز و مقایسه اثر کشندگی...

نتیجه و بحث

بررسی اندازه نانو آمیتراز

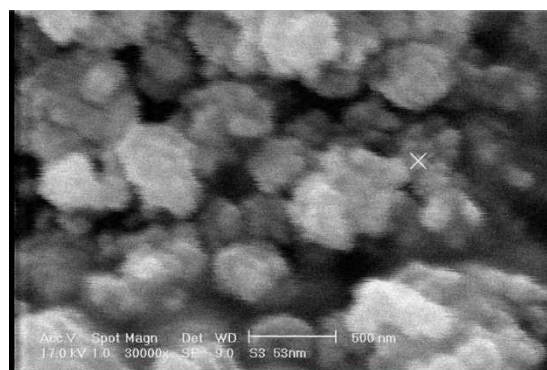
نتایج تصویربرداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نشان داد که نانو آمیتراز با موفقیت ساخته شده و دارای میانگین اندازه‌ای معادل ۵۳ نانومتر می‌باشد (شکل ۱).

تعیین غلظت مناسب نانو آفت کش و آفت کش‌ها

جهت تعیین غلظت مناسب نانو آفت کش و آفت کش‌ها به منظور بررسی اثر حشره کشی آن‌ها، یک سری آزمایش‌های مقدماتی روی پوره‌های سن ۵ پسیل پسته انجام گرفت. نتایج تأثیر حشره کشی نانو

آفت کش و آفت کش‌ها انتخابی بر اساس بالاترین غلظت که غلظت پیشنهاد شده و معمول آنها روی پوره‌های پسیل پسته می‌باشد در جدول ۱ ارائه شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، نانو آمیتراز بیشترین درصد کشندگی و بعد از آن ایمیداکلوپراید و آمیتراز در مرتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. غلظت کشندگی ۵۰ درصد هر یک آفت کش‌ها در مدت زمان ۲۴ ساعت محاسبه و در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد، آفت کش نانو آمیتراز با مقدار ۰/۰۳ میکرولیتر بر میلی‌لیتر کمترین و ایمیداکلوپراید با مقدار ۱/۴۶ میکرولیتر بر میلی‌لیتر بیشترین LC₅₀ را دارا می‌باشند.



شکل ۱- تعیین اندازه نانو ذرات و آفت کش آمیتراز توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

جدول ۱- میانگین درصد تلفات اصلاح شده پسیل معمولی پسته *Agonosceca pistaciae* ناشی از اثر نانو آمیتراز و آمیتراز

آفت کش	غلظت (میکرولیتر بر میلی‌لیتر)	درصد تلفات (پس از ۲۴ ساعت)
نانو آمیتراز	۱	۹۷/۲۲٪
آمیتراز	۱	۹۱/۶۶٪
ایمیداکلوپراید	۰/۸	۹۳/۱٪

جدول ۲- غلظت کشندگی ۵۰ درصد جمعیت، حدود اطمینان ۹۵ درصد و پارامترهای خطوط واکنش پوره‌های سن ۵ پسپیل معمولی پسته *Agonoscena pistaciae* (غلظت کشنده بر حسب میکرولیتر بر میلی‌لیتر برای آفت کش‌ها می‌باشد)

آفت کش	شیب منحنی (SE)	LC ₅₀	حدود اطمینان ۹۵ درصد	χ^2
نانو آمیتراز	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۰۱-۰/۰۵	۱/۲۷
آمیتراز	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۳-۰/۲۲	۰/۷۳
ایمیداکلوپراید	۰/۳۹	۱/۴۶	۱/۱۶-۳/۵۷	۰/۵۶

در اثر نانو آمیتراز (با عرض از مبدا بزرگ‌تر) نسبت به آمیتراز و ایمیداکلوپراید (با عرض از مبدا کوچک‌تر)، بدون اعمال تیمار و در نتیجه به حساسیت بیشتر پوره‌های پسپیل معمولی پسته به نانو آمیتراز نسبت به آمیتراز و ایمیداکلوپراید پی برد (شکل ۲).

نتایج این بررسی با توجه به LC₅₀ نانو آمیتراز و هم‌چنین عرض از مبدا رگرسیون پروبیت بیانگر تاثیر بیشتر کشندگی نانو آمیتراز روی پسپیل معمولی پسته است. نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از بررسی‌های سایر پژوهش‌گران که حاکی از تاثیر نانو ذرات روی حشرات آفت است، مطابقت دارد. مطالعات الکا و همکاران^۳ (۲۰۱۰) نشان دادند که نانو نوالورون^۴ با غلظت ۰/۲ ppm دارای ۹۲ درصد کشندگی روی لارو سن یک *Spodoptera littoralis* (Boisduval) بعد از ۶ روز بود. روحانی و همکاران^۵ (۲۰۱۱a) با مقایسه اثر کشندگی آفت کش تیمتوکسام و نانو تیمتوکسام روی *A. pistaciae* نشان دادند که نانو تیمتوکسام با غلظت ۲۷۱ میلی‌گرم در لیتر دارای اثر کشندگی بیشتری نسبت به تیمتوکسام با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. هم‌چنین نتایج روحانی و همکاران (۲۰۱۱c) در بررسی غلظت زیر کشنده نانو تیمتوکسام و نانو آمیتراز نشان داد که نانو آمیتراز نسبت به نانو تیمتوکسام دارای کشندگی بیشتر روی *A. pistaciae* می‌باشد. هم‌چنین می‌افزایند

با توجه به این که شیب خط، اثر متغیرهایی که در بروز پاسخ و چگونگی اندازه‌گیری آن دخالت دارند را نشان می‌دهد. وقتی پاسخ اثر متقابل یا بر هم کنش مربوط به یک ترکیب یا یک محل تاثیر باشد در این صورت شیب خط زیاد خواهد بود و بر عکس وقتی ترکیب جایگاه تاثیر عمومی تری را داشته باشد، شیب خط کم می‌شود. در این صورت ممکن است شیب خط اطلاعاتی راجع به نحوه تاثیر ترکیب نیز بدهد (رابرتسون و همکاران^۱، ۲۰۰۷). وقتی دو خط موازی هستند یعنی شیب خط یکسانی دارند، دو ترکیب احتمالاً نحوه تأثیر یکسانی دارند. هم‌چنین شیب خط برای مقایسه سمیت نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون محاسبه LC₅₀ به تنهایی نمی‌تواند برای اندازه‌گیری سمیت کافی باشد. دو خط ممکن است LC₅₀ یکسانی داشته باشند ولی در خط اول بروز سمیت برای آفت‌کش‌ها در دوز پایین‌تری اتفاق افتاده باشد، در حالی که در خط دوم کمترین تا بیشترین تاثیرات در محدوده کوچک‌تری در تغییرات غلظت اتفاق افتاده باشد. چون χ^2 محاسبه شده از χ^2 جدول کمتر می‌باشد در نتیجه خطوط غلظت- اثر برای تمام نانو ذرات و آفت‌کش‌ها تایید می‌شود. با توجه به این که عرض از مبدا رگرسیون پروبیت برابر با آستانه پاسخ^۲ است (یعنی پاسخی که بدون اعمال تیمار رخ می‌دهد) (طالی جهرمی، ۱۳۸۵)، می‌توان به میزان تلفات بیشتر پسپیل معمولی پسته

3- Eleka et al.

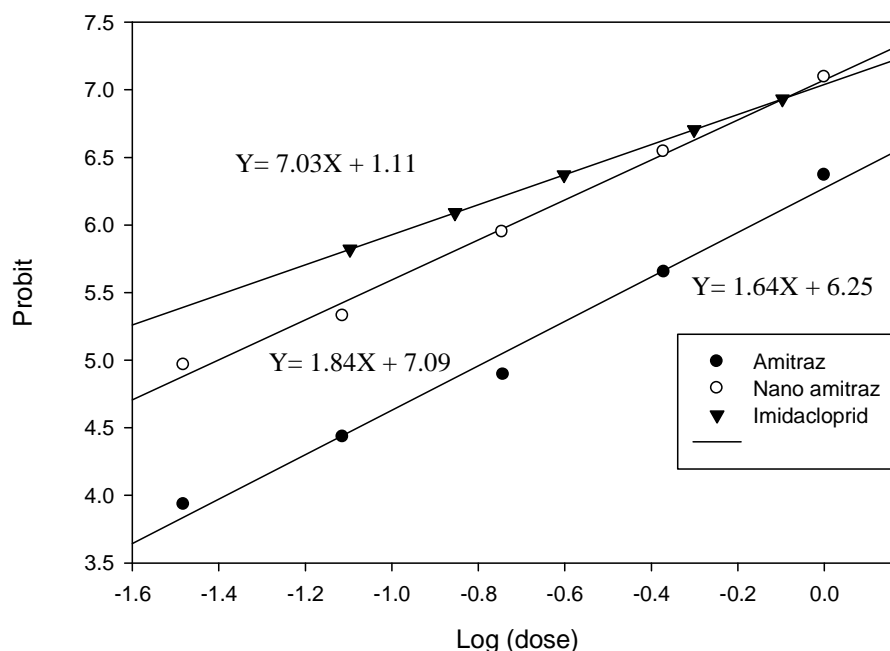
4 -Novaluron

5 - Rouhani et al.

1- Robertson et al.

2- Response threshold

روحانی و سمیع: تهیه ترکیب نانو آمیتراز و مقایسه اثر کشندگی...



شکل ۲- خطوط دوز- پاسخ سمیت تماسی نانو آمیتراز، آمیتراز و ایمیداکلوپراید روی پوره‌های سن پنجم پسب معمولی پسته *A. pistaciae*

آمیتراز با غلظت ۱ میکرو لیتر در لیتر بیشترین کشندگی را دارا است.

در مجموع نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از آفت کش‌ها در ابعاد نانو می‌تواند راه حل مناسبی برای کاهش مصرف آفت کش‌ها و نیز افزایش کشندگی آنها باشد. از آنجایی که امروزه یکی از مشکلات آفت کش‌ها کاربرد زیاد آنها در طبیعت می‌باشد می‌توان به کمک فناوری نانو مصرف آنها را کاهش داد. به نظر می‌رسد با توجه به راه‌های مناسب و ارزان برای تبدیل این آفت کش به ابعاد نانو می‌تواند نوید بخش مسیری مناسب برای تجاری کردن آن باشد. اما باید قبل از هر چیز به اثرات این نانو آفت کش‌ها روی موجودات مفید توجه گردد.

که نانو آفت کش‌ها دارای اثر کشندگی قوی‌تری نسبت به آفت کش‌ها هستند. گوآن و همکاران^۱ (۲۰۰۸) تاثیر نانو ذرات SDS/Ag/TiO₂ را روی *Martianus dermestoides* Chev. بررسی کردند. در این بررسی نانو ذرات SDS/Ag/TiO₂ دارای ۶۱ و ۱۰۰ درصد کشندگی به ترتیب بعد از ۲۴ و ۱۴۲ ساعت بود. روحانی و همکاران (۲۰۱۱b) با بررسی تاثیر نانو ذرات Zn-TiO₂-Ag روی *Frankliniella occidentalis* بیان کردند که این نانو ذرات با ۱۹۵/۲۷LC₅₀ میلی گرم در لیتر دارای اثر کشندگی روی *F. occidentalis* هستند. بررسی‌های سمیع و همکاران^۲ (۲۰۱۱) نشان دهنده تاثیر کم‌تر نانو ذرات ZnO- ZnO Al₂O₃ در مقایسه با آفت کش نانو آمیتراز روی *A. pistaciae* است. آنها بیان کردند که آفت کش نانو

1 - Guan et al.
2- Samie et al.

منابع

۱. باکند، ش. و فرشاد، ع. ا. ۱۳۸۶. مروری بر فناوری نانو و سم‌شناسی نانو ذرات. فصلنامه سلامت کار ایران، ۴: ۱-۳.
۲. بی‌آذر، ش.، ۱۳۸۶. کاربرد فناوری نانو در کشاورزی. گاه‌نامه مرکبات، ۴: ۴-۵.
۳. رنجبر، م. و شمس، غ. ۱۳۸۸. بررسی کاربردهای فناوری نانو به تفکیک رشته‌های تحصیلی مهندسی کشاورزی. مجله علمی تخصصی سبز زیست، ۴: ۵۰-۵۳.
۴. سلطانی، ع. م. ۱۳۸۳. نانو تکنولوژی و جمهوری اسلامی ایران، بایدها و نبایدها. دفتر همکاری‌های فناوری کمیته مطالعات سیاست نانو تکنولوژی، ۴ ص.
۵. سمیع، م. ا.، علیزاده، ع. و صابری ریس، ر. ۱۳۸۴. آفت‌ها و بیماری‌های مهم پسته در ایران و مدیریت تلفیقی آن‌ها. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران، ۳۰۱ ص.
۶. طالبی جهرمی، خ. ۱۳۸۵. سم‌شناسی آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها و موش‌کش‌ها. انتشارات دانشگاه تهران.
۷. هژاوه‌ای، ع.، حجازی، ز. و آزادیان، م. ۱۳۸۹. بررسی اثر ضد میکروبی منسوجات پزشکی به وسیله نانو نقره. مجله علمی پژوهشی علوم و تکنولوژی نساجی، ۴: ۸۷-۹۲.
8. Abbott, W.S. 1925. A method of comparing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265–267.
9. Eleka, N., Hoffmanb, R., Ravivb, U., Reshb, R. Ishaayac, I., and Magdassia, Sh. 2010. Novaluron nanoparticles: Formation and potential use in controlling agricultural insect pests. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 372: 66–72.
10. Gojova, A., Guo, B., Kota, R.S., Rutledge, J.C., Kennedy, I.M., and Barakat, A.I. 2007. Induction of inflammation in vascular endothelial cells by metaloxide nanoparticles: Effects of particle composition. *Environmental Health Perspectives*, 115: 403- 409.
11. 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.
12. Johnson, A. 2006. Agriculture and nanotechnology. Website: <http://tahan.Com/Charlie/nanosociety>.
13. Opara, L.U. 2001. Historical evolution and tasks for Agricultural engineering in the new millennium. *Proceedings of the 29th International Symposium on "Actual Tasks for Agricultural Engineering"*, Zagreb, 1-20.

14. Opara, L.U. 2003. Traceability in agriculture and food supply chains: a review of basic concepts, technological implications, and future prospects. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 1(1), 101-106.
15. Robertson, J.L., Russell, R.M., Preisler, H.K., and Savin, N.E. 2007. *Bioassays with arthropods*. CRC Press. Boca Raton, 199 pp.
16. Rouhani, M., Samih, M.A., Aslsni, A., and beyki, Kh. 2011a. Comparison of morality effect of tiametoxam nanoparticles and tiametoxam on *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer under laboratory conditions. *Seminario Internacional de Sanidad Agropecuaria*. Habana, Cuba. 33.
17. Rouhani, M., Samih, M.A., Aslsni, A., and beyki, Kh. 2011b. Side effect of nano-Zno-Tio2-Ag mix-oxide nanoparticles on *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thys.: Thripidae). *The third international symposium on insect physiology, biochemistry and molecular biology*. Shanghai, China. 52.
18. Rouhani, M., Samih, M.A., Aslani, A., beyki, Kh., 2011c. Comparison of morality effect between nano pesticides and pesticides on *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer under laboratory conditions. *VII-The International Conference on Aarthropods*. Białka Tatrzańska near Zakopane, Poland.
19. Samih, M.A., Rouhani, M., Aslsni, A., and Beyki, Kh., 2011. Insecticidal properties of Amitraz, nano-amitraz, nano-ZnO and nano-ZnO-Al₂O₃ nanoparticles on *Agonoscena pistaciae* (Hem.: Aphelariidae). *The third international symposium on insect physiology, biotechnology and molecular biology*. Shanghai, China. 131.
20. Schaller, R., and Klimov, V. 2004. High efficiency carrier multiplication in PbSe nanocrystals: implications for solar energy conversion. *Physical Review Letters*, 92: 186-601.
21. Tolstoshev, A. 2006. *Nanotechnology: Assessing the environmental risks for Australia*. Earth Policy Centre. Melbourne, Australia. 106 pp.
22. Warad, C., and Dutta, J. 2006. *Nanotechnology for agriculture and food systems. A View*. Microelectronics, School of Advanced Technologies, Asian Institute of Technology, pp: 8-10.