



علمی پژوهشی

تأثیر هگزی تiazوکس، نانوسولفور، کامپوزیت آلژینات/سولفور و کامپوزیت آلژینات/سولفور/هگزی تiazوکس روی کنه تارتن دو لکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch) در شرایط آزمایشگاهی

مرضیه مبکی^۱، شهرام آرمیده^{۱*}، سجاد پیرسا^۲ و مرتضی بهرام^۳

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ۲- گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ۳- گروه شیمی

دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۱)

چکیده

در تحقیق حاضر تأثیر کنه کش هگزی تiazوکس، نانوسولفور، کامپوزیت‌های آلژینات/سولفور (Al/S) و آلژینات/سولفور/هگزی تiazوکس (Al/He/S) در آزمایشگاه روی افراد ماده بالغ کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) مورد بررسی قرار گرفت. قطر نانوذرات سولفور و آلژینات سدیم/سولفور و آلژینات سدیم/سولفور/هگزی تiazوکس با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM) ۶۰-۳۰۰ نانومتر به دست آمد. آنالیز طیف‌های FT-IR سولفور و کامپوزیت‌های آلژینات سدیم/سولفور و آلژینات سدیم/سولفور/هگزی تiazوکس نیز انجام گرفت؛ در طیف سولفور فقط دو پیک ۸۷۰ و ۳۴۳۵ و در طیف آلژینات، پیک‌های ۱۶۳۰، ۱۴۵۷ و ۱۳۴۱ مشاهده شد. بیشترین میزان کشندگی در ۴۸، ۲۴ و ۷۲ ساعت در تیمار کامپوزیت (Al/He/S) به ترتیب با LC₅₀ معادل ۳/۴۸، ۲/۸۰ و ۲/۴۳ گرم بر لیتر به دست آمد. همچنین، کمترین میزان کشندگی در ۲۴ ساعت در تیمار نانوسولفور با LC₅₀ معادل ۲۰/۳۴ گرم بر لیتر و در ۴۸ و ۷۲ ساعت در تیمار نانوسولفور و کامپوزیت آلژینات/سولفور (Al/S) به ترتیب با ۱۲/۳۷ و ۹/۸۷ گرم بر لیتر به دست آمد. تیمار هگزی تiazوکس با غلظت ۱۲/۷ میلی لیتر بر لیتر بعد از ۷۲ ساعت بیشترین تلفات (۷۰ درصد) را نشان داد. بر اساس نتایج این تحقیق، کامپوزیت (Al/He/S) قابل توصیه در تهیه فرمولاسیون تجاری هگزی تiazوکس و استفاده در برنامه مدیریت تلفیقی کنه دو لکه‌ای می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلژینات، کشندگی، کنه دو لکه‌ای، نانوسولفور، هگزی تiazوکس

مقدمه

با توسعه کشت گیاهان گلخانه‌ای خسارت کنه دونقطه‌ای همراه با مسائل مقاومت به سموم و باقی‌مانده اهمیت خاصی پیدا کرده است (Arbabi, 2006; 2009). برای کنترل این کنه کشاورزان چندین بار اقدام به سم‌پاشی با سموم مختلف می‌نمایند. کنه‌های خسارت‌زا به دلیل تعدد نسل و زادآوری بالا، مستعد مقاومت به آفت‌کش‌ها می‌باشند این شرایط باعث افزایش مصرف سموم و مسئله باقیمانده سم در محصولات کشاورزی می‌شود (Arbabi, 2006). در نتیجه، به منظور مدیریت بروز مقاومت در این کنه‌ها، امروزه راهکارهای مختلفی همچون استفاده از کنه‌کش‌ها با نقطه اثر متفاوت و یا کاهش دز مصرفی مطرح می‌باشد (Aktar et al., 2013; Attia et al., 2009). سموم مبتنی بر میکرو و نانومواد از فرمولاسیون‌های جدیدی بهره‌مند هستند که به تازگی به عنوان یک جایگزین مناسب برای فرمولاسیون‌های قدیمی آفت‌کش‌ها در نظر گرفته شده‌اند. فرمولاسیون آفت‌کش‌ها در مقیاس میکرو و نانو با اهداف کنترل رهایش ماده موثره آن‌ها، حفاظت از اثرات نامطلوب زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها، افزایش پایداری در شرایط انبارداری، افزایش ثبات شیمیایی در محیط، کاهش سمیت آن‌ها برای پستانداران و گونه‌های غیرهدف و حشرات مفید و غیره انجام می‌شود (Ziaee and Hamzavi, 2013). در سال‌های اخیر برخی از نانو ذرات به منظور بارگذاری انواع آفت‌کش‌ها مانند حشره‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها، پاتوزن‌های بیماری‌زای حشرات، قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها تولید شده‌اند. در اغلب این موارد نانو ذرات به عنوان حامل آفت‌کش تولید و مورد استفاده قرار می‌گیرند (Guo et al., 2006). گوگرد یک عامل فعال بیولوژیکی و شیمیایی می‌باشد و دارای خاصیت قارچ‌کشی و کنه‌کشی بوده و در تولید کودهای شیمیایی فسفات‌ه کاربرد دارد (Wu et al., 2008). اندازه نانو-ذرات گوگرد یک فاکتور مهم و تأثیرگذار روی خواص و کاربردهای آن می‌باشد. نانوساختارهای گوگرد کاربرد-هایی در زمینه ساخت نانوکامپوزیت‌های گوگرد، بهبود

بخشیدن نانوساختارهای کربنی، در ساخت نانوسیم‌های گوگرد دارد (Savintsev et al., 2005; Guo et al., 2009; Hojaj and Manteghian, 2006). پژوهشگران مختلفی گزارش کردند که گوگرد به عنوان یک کنه‌کش برای خانواده اریوفیده و کنه‌دولکه‌ای می‌تواند به کار رود و نانوگوگرد به دلیل واکنش فوق‌مولکولی که انجام می‌دهد و با نفوذ از اسکلت بیرونی، به DNA و پروتئین متصل شده و مانع تولید آنزیم می‌شود (Auger et al., 2003). در تحقیقی اثرات کنه‌کشی گوگرد روی کنه تارتن دو لکه‌ای پرورش یافته روی گیاه باقلای هندی (*Canavalia ensiformis* Jack bean) را بررسی کردند و به رابطه مستقیم بین میزان کشندگی و دز گوگرد مورد استفاده رسیدند که حاکی از اثرات کشندگی گوگرد روی کنه دولکه‌ای است (میلی گرم بر لیتر $LC_{50}=12/4$) (Vacacela Ajila et al., 2019). هگزیتازوکس کنه‌کشی غیر سیستمیک است که به عنوان بازدارنده رشد (IGRs) کنه تارتن دو لکه‌ای استفاده می‌شود که به صورت تماسی و گوارشی و با خاصیت نفوذی مناسب اثر می‌کند (Marcic et al., 2011)؛ بنابراین، با توجه به خواص گوگرد و هگزیتازوکس در کنترل کنه‌دولکه‌ای، نانوفرمولاسیون این ترکیبات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود.

در همین راستا در این پژوهش تاثیر کنه‌کشی هگزیتازوکس، نانو گوگرد و نانوکامپوزیت گوگرد (ماده‌ای که از ترکیب دو یا چند ماده با خواص فیزیکی، شیمیایی یا مکانیکی گوناگون ساخته شده باشد کامپوزیت نامیده می‌شود) روی افراد ماده بالغ کنه دو لکه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ترکیبات مورد استفاده در آزمایش‌ها

کنه‌کش هگزیتازوکس با نام تجاری نیسورون[®] حاوی ۱۰ درصد مایع امولسیون شونده (10% EC) ساخت شرکت آریا شیمی ایران، تولوئن (متیل بنزن، Mw= 92-

1. Insect growth regulators

ذرات گوگرد در مقادیر ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۵ درصد وزنی/وزنی در ۵ میلی لیتر آب مقطر در دستگاه التراسوند^۳ به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شدند تا به طور کامل در داخل محلول حل شوند. سپس، محلول نانوذرات به محلول کامپوزیت اضافه شد و ۱۰ دقیقه با همزن در دور ۳۰۰ rpm مخلوط شد. سپس، محلول حاصل در ظروف شیشه‌ای سربسته در دمای ۱۰ درجه سلسیوس نگهداری شد. نمونه، برای انجام عکس-برداری SEM و طیف‌سنجی FT_IR به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه ارومیه ارسال شد و از روی نتایج SEM قطر ذرات مورد نیاز نانو کامپوزیت برای ادامه آزمایش‌ها به دست آمد (Priyadarshi et al., 2021).

تهیه نانو کامپوزیت آلزینات/سولفور/هگزی-تیاوکس (Al/He/S)

به منظور تهیه این نانو کامپوزیت برای انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی، یک گرم آلزینات و غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۱ پروتئین (پروتئین آب پنیر) را در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه با همزن در دور ۳۰۰ rpm مخلوط کرده تا هر دو پلیمر به صورت کامل حل شوند. پس از اندکی خنک شدن، گلیسرول را به میزان ۴۰٪ وزن مجموع دو بیو پلیمر به ترکیب فیلم اضافه شد، نانو-ذرات گوگرد در مقادیر ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۵ درصد وزنی/وزنی در ۵ میلی لیتر آب مقطر در دستگاه التراسوند به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شدند تا به طور کامل در داخل محلول حل شوند. سپس، محلول نانوذرات داخل محلول کامپوزیت اضافه شد و ۱۰ دقیقه با همزن در دور ۳۰۰ rpm مخلوط شد. در انتها ۰/۵ میلی لیتر هگزی تیاوکس به محلول اضافه شد و ۲ دقیقه با همزن در دور ۳۰۰ rpm مخلوط شد. سپس، محلول حاصل در ظروف شیشه‌ای سربسته در دمای ۱۰ درجه سلسیوس نگهداری شد. طیف‌سنجی FT_IR از نمونه آفت کش و نانو کامپوزیت تهیه شده انجام گرفت و برای انجام عکسبرداری SEM به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه ارومیه ارسال شد و از روی نتایج SEM قطر ذرات مورد نیاز نانو کامپوزیت برای ادامه آزمایش‌ها به دست آمد (Priyadarshi et al., 2021).

$14g\ mol^{-1}$) ساخت شرکت Merck آلمان، اتانول (اتیل الکل، $Mw= 46.07g\ mol^{-1}$) ساخت شرکت Merck آلمان، پودر سولفور و آلزینات سدیم ($Mw= 216.12g\ mol^{-1}$) ساخت شرکت Sigma- Aldrich آمریکا و پروتئین آب پنیر ساخت شرکت Z konzept آلمان مورد استفاده قرار گرفتند.

ستز نانوذرات

تهیه نانوذرات گوگرد

ابتدا پودر گوگرد به مقدار ۵ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر از حلال ترکیبی به نسبت وزنی یک به یک از اتانول و تولوئن مخلوط شد و در همگن ساز التراسونیک (مدل Grant XB6 ساخت کشور انگلستان) در امواج صوتی با قدرت ۶۸۰ وات به مدت ۳۰ دقیقه التراسونیک شد. سپس، برای به دست آوردن نانوذرات با قطرهای مختلف، محلول به دست آمده با سرعت‌های ۳۰۰۰، ۷۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ (Centric 350 IVD از کمپانی اروپایی دامل) an. سپس، محلول رویی از فیلتر سرسرنگی ۰/۲ میکرونی عبور داده شد و به همراه محلول زیری به-سرعت با کوره خشک شد. برای اندازه‌گیری قطر ذرات، پودر حاصل در آب مقطر حل شد و از فیلتر سرسرنگی ۰/۲ میکرونی عبور داده و برای انجام عکس‌برداری SEM و طیف‌سنجی FT_IR^۲ به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه ارومیه ارسال شد و از روی نتایج SEM قطر ذرات مورد نیاز نانو گوگرد برای ادامه آزمایش‌ها به دست آمد.

تهیه نانو کامپوزیت ها

تهیه نانو کامپوزیت آلزینات/سولفور (Al/S)

به منظور تهیه این نانو کامپوزیت برای انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی، یک گرم آلزینات و غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۱ پروتئین (پروتئین آب پنیر) را در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه با همزن در دور ۳۰۰ rpm مخلوط کرده تا هر دو پلیمر به صورت کامل حل شوند. پس از اندکی خنک شدن، گلیسرول به میزان ۴۰٪ وزن مجموع دو بیو پلیمر به ترکیب فیلم اضافه شد. نانو-

1. Scanning electron microscope

2. Fourier transform infra-red

3. Ultrasound

آزمون طیف‌سنجی مادون قرمز (FT-IR)

طیف‌سنجی FT_IR از نمونه کنه کش و نانو کامپوزیت تهیه شده انجام گرفت. برای طیف‌سنجی IR، قرص‌های نازک با ضخامت کمتر از یک میلی‌متر از اختلاط و آسیاب نمونه‌ی پودر و یا نانوذرات پوشش‌دار شده با پتاسیم برمید خشک به نسبت ۱:۲۰ و اعمال فشار حدود 60 Kpa به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه تهیه قرص، به دست آمد. طیف عبور نمونه‌ها در محدوده عدد موجی ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ cm^{-1} و با قدرت تفکیک ۰/۵ cm^{-1} با دستگاه (Spectrum Two (Perkin Elm) ثبت شد (Pirsa et al., 2020).

مطالعه مورفولوژی و اندازه ذرات نانو و نانو کامپوزیت با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM)

به منظور بررسی نحوه توزیع نانو ذرات سولفور و پودر کامپوزیت خشک شده آلزینات/سولفور و آلزینات/سولفور/هگزری تiazوکس از یک میکروسکوپ الکترونی (Oxford Instruments INCA Penta (FET×X3) استفاده شد. برای تهیه تصاویر میکروسکوپی از سطح پودرهای خشک شده، آنها به کمک چسب دوطرفه روی پایه‌های آلومینیومی چسبانده شدند. سپس، پایه‌های آلومینیومی با دستگاه پوشش‌دهنده (BAL-TEC SCD (005 Baltec AG, Balzers, Liechtenstein) به مدت ۵ دقیقه با طلا پوشش داده شدند. با یک میکروسکوپ الکترونی در بزرگنمایی‌های متفاوت، از نمونه‌ها تصویربرداری شد (Jabraili et al., 2021).

پرورش کنه دولکه‌ای و زیست‌سنجی آفت کش

پرورش گیاه میزبان کنه

گیاه لوییا (*Phaseolus vulgaris* var. *Garrafal*)، به عنوان میزبان برای پرورش کنه تارتن دولکه‌ای استفاده شد. بذرها قبل از کاشت به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شد و پس از تحریک جوانه‌زنی در گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۱۰×۸×۴ سانتیمتر در خاک با نسبت مساوی کوکوپیت و پرلیت کاشته شد.

پرورش کنه تارتن دولکه‌ای

جمعیت اولیه کنه تارتن دو لکه‌ای *T. urticae* مورد استفاده از گلخانه گروه باغبانی دانشگاه ارومیه جمع‌آوری و در آزمایشگاه روی گیاهان لوییا پرورش یافت. کلنی کنه در اتاق پرورش با دمای 1 ± 24 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی $5 \pm 60\%$ و دوره‌ی نوری ۸:۱۶ ساعت (تاریکی: روشنایی) نگهداری شد.

همس‌سازی کنه‌ها

دیسک‌های برگگی به قطر ۴ سانتی‌متر از برگ‌های جوان لوییا تهیه شد و سطح پشتی دیسک‌های برگگی به سمت بالا و سطح رویی در تماس با کاغذ صافی مرطوب داخل ظروف پتری (قطر ۹ و ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر) که درپوش آنها با پارچه‌ای از جنس حریر پوشانده شده بود قرار داده شد. به منظور جلوگیری از فرار کنه‌ها، اطراف دیسک‌های برگگی با پنبه مرطوب محصور شد. سپس، ۳۰ عدد کنه ماده بالغ با استفاده از قلم‌موی باریک از کلنی برداشته و به آنها اجازه داده شد تا مدت ۲۴ ساعت تخم‌ریزی کنند. سپس، کنه‌های بالغ از ظروف پتری حذف شدند و فقط تخم‌های هم‌سن باقی ماندند. ظروف پتری تا زمان تفریح تخم‌ها در اتاقک رشد با دمای 1 ± 24 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد و دوره‌ی نوری ۸:۱۶ (تاریکی: روشنایی) ساعت نگهداری شدند.

زیست‌سنجی

برای بررسی پتانسیل کنه‌کشی نانوذرات، نانو کامپوزیت‌ها و هگزری تiazوکس از روش غوطه‌وری دیسک‌برگی در محلول سمی استفاده شد (Helle and Overmeer, 1985). ابتدا آزمایش‌های مقدماتی با غلظت‌های مشخص و بر پایه لگاریتمی انجام شد. غلظت‌هایی که بین ۲۵ تا ۷۵ درصد تلفات در سه زمان مختلف با پنج تکرار در جمعیت کنه‌ها ایجاد کردند، در آزمایش‌های اصلی مورد استفاده قرار گرفتند. در این آزمایش‌ها آب مقطر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. برای تعیین پتانسیل کنه‌کشی نانوذرات، نانو کامپوزیت‌ها و هگزری تiazوکس، از ظروف پتری با قطر ۹۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۵ میلی‌متر استفاده شد. در روش‌های زیست‌سنجی، دیسک‌های برگگی به صورت جداگانه در غلظت‌های اصلی مورد استفاده در

نرم افزار 22 SPSS. استفاده شد (SPSS, 2013).
آزمایش‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی شدند.

نتایج

آنالیز طیف‌های FT-IR نانو سولفور، کامپوزیت آلژینات سدیم/سولفور و کامپوزیت آلژینات سدیم/سولفور/هگزیتازوکس

شکل ۱ طیف‌های FTIR پودر سولفور معمولی، پودر آلژینات، کامپوزیت آلژینات/سولفور و کامپوزیت آلژینات/سولفور/هگزیتازوکس را نشان می‌دهد. در طیف سولفور فقط دو پیک مشاهده می‌شود که پیک ۸۷۰ بیانگر ارتعاش پیوند S-S و پیک ۳۴۳۵ مربوط به ارتعاش گروه OH- می باشد که به احتمال مربوط به آب جذب شده به پودر سولفور می‌باشد. در طیف آلژینات، پیک‌های ۱۶۳۰، ۱۴۵۷ و ۱۳۴۱ مربوط به ارتعاشات متقارن و نامتقارن گروه کربوکسیلات می‌باشد. در این طیف نیز پیک ناحیه ۳۴۳۵ مربوط به گروه OH- موجود در ساختار آلژینات می‌باشد (Rao et al., 2013). در طیف کامپوزیت آلژینات/سولفور، تقریباً تمام پیک‌های مربوط به آلژینات خالص مشاهده می‌شود، با این تفاوت که این پیک‌ها به عددهای موجی بالاتر شیفت داده‌اند که این پدیده انجام برهمکنش بین آلژینات و سولفور را نشان می‌دهد. همچنین، پیک مربوط به ارتعاش پیوند S-S در طیف کامپوزیت آلژینات/سولفور مشاهده می‌شود که حضور گوگرد در ساختار کامپوزیت را تایید می‌کند. در طیف کامپوزیت آلژینات/سولفور/هگزیتازوکس نیز پیک‌های مربوط به آلژینات/سولفور مشاهده می‌شود که در طیف آلژینات/سولفور/هگزیتازوکس این پیک‌ها شیف داده‌اند. جابه‌جایی عددهای موجی مربوط به سولفور و آلژینات در کامپوزیت آلژینات/سولفور/هگزیتازوکس نشان می‌دهد که هگزیتازوکس برهمکنش‌های الکترواستاتیک با آلژینات و سولفور انجام داده است. همچنین، در طیف آلژینات/سولفور/هگزیتازوکس تعدادی پیک جدید ظاهر شده است که مربوط به گروه‌های عاملی هگزیتازوکس می‌باشد. در این طیف پیک ۲۹۳۵ مربوط به ارتعاشات -

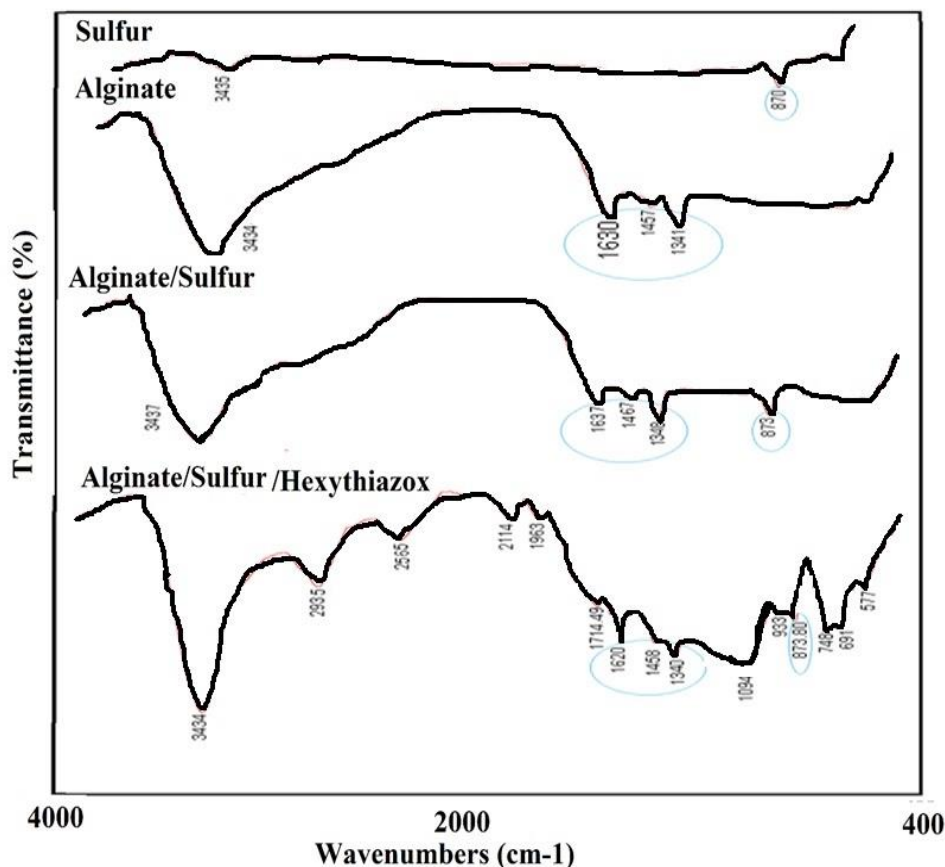
آزمایش‌ها شامل ۲، ۳/۲، ۵/۱، ۸ و ۱۲/۷ میلی لیتر در لیتر هگزیتازوکس، ۱/۵، ۲/۲، ۳/۲، ۴/۸ و ۷/۱ گرم در لیتر نانوذرات گوگرد (ستتر شده با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ) و نانو کامپوزیت‌هایشان به مدت ۱۰ ثانیه فرورده شدند. سپس، دیسک‌های برگی به مدت یک ساعت در معرض هوای آزاد، روی کاغذ صافی خشک شدند. پس از آنف، سطح زیری برگ‌ها روی ظروف پتری قرار گرفتند. برای هر ۵ غلظت، ۱۵ کته ماده بالغ با یک برس نرم به شماره صفر به طور تصادفی از کلنی خارج شدند و روی دیسک‌های برگی آلوده به هگزیتازوکس یا نانو گوگرد یا نانو کامپوزیت‌هایشان قرار داده شدند. برای ایجاد تهویه درپوش تشتک‌های پتری با پارچه‌ای از جنس حریر پوشانده شد و برای تامین رطوبت کاغذ صافی مربوط در کف ظروف پتری گذاشته شد. ظروف پتری مربوط به هر غلظت در سه تکرار و در سه زمان مختلف (برای هر زمان در سه تکرار مختلف ظروف پتری جداگانه‌ای در نظر گرفته شد) در اتاقک رشد با شرایط ذکر شده در بالا نگهداری شدند. در صد تلفات بعد از سه بازه زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت شمرده شد، کته‌هایی که در صورت تحریک با سوزن داغ پس از گذشت پنج ثانیه قادر به حرکت نبودند، مرده در نظر گرفته شدند (Kheradmand et al., 2015). تمام مراحل آزمایشی برای ارزیابی اثرات کشندگی کته-کش و نانوذرات گوگرد و نانو کامپوزیت‌هایشان به طور جداگانه در پنج غلظت مختلف و در سه تکرار و سه زمان مختلف (۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) انجام گرفت (Helle and Overmeer, 1985).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور محاسبه شاخص LC₅₀ تیمارها از تجزیه پروبیت به روش فینی استفاده شد (Finney, 1971). آزمایش‌ها در قالب طرح فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با دو فاکتور (شامل نانو سولفور، نانو کامپوزیت‌ها و هگزیتازوکس و زمان) انجام شدند و مقایسه‌ی میزان کارایی هر تیمار با استفاده از آزمون Univariate-GLM تجزیه انجام شد (Henderson and Tilton, 1955). پس از تجزیه‌ی واریانس از آزمون SNK برای مقایسه میانگین با

داخل حلقه بتزنی هگزیتازوکس قرار دارند. پیک ۱۷۱۴ مربوط به ارتعاشات $C=O$ می‌باشد، در ساختار هگزیتازوکس قرار دارند. پیک ۱۰۹۴ نیز ارتعاشات گروه‌های $C-N$ و $C-O$ را نشان می‌دهد

CH_3 موجود در هگزیتازوکس می‌باشد. پیک ناحیه ۲۵۶۵ مربوط به ارتعاشات گروه $S-H$ می‌باشد که این گروه هم در ساختار هگزیتازوکس موجود می‌باشد و هم می‌تواند مربوط به سولفورهای موجود در کامپوزیت باشد. پیک ۲۱۱۴ بیانگر ارتعاشات کششی $C=C$ می‌باشد که



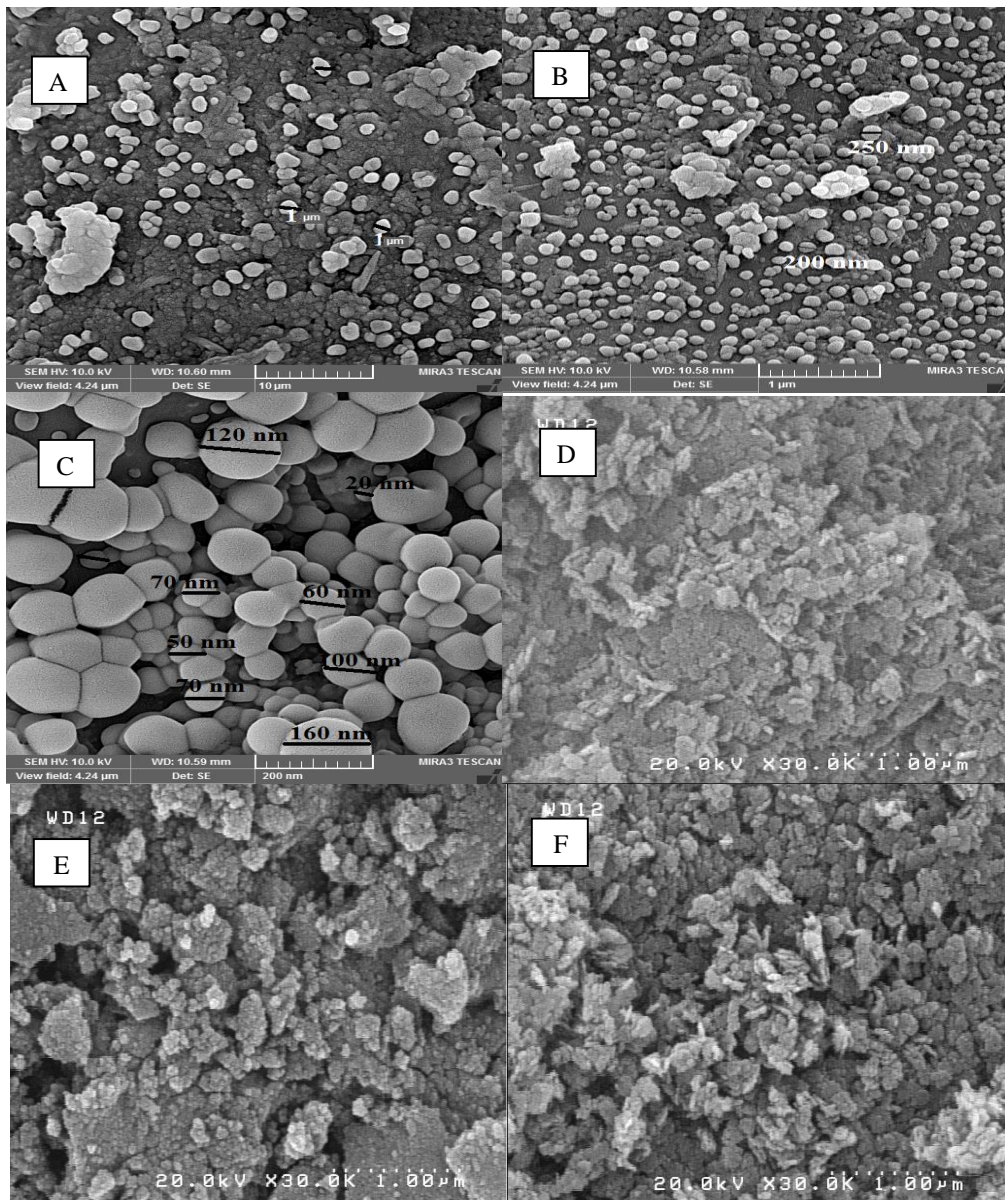
شکل ۱- آنالیز طیف‌های FT-IR سولفور، آلژینات، کامپوزیت آلژینات سدیم/سولفور و کامپوزیت آلژینات سدیم/سولفور/هگزیتازوکس

Figure 1. FTIR spectrum analysis of ordinary sulfur, alginate, alginate/sulfur composite and alginate/sulfur/hexythiazox composite

هگزیتازوکس را نشان می‌دهد. همانطور که از تصاویر مشخص است، پودر سولفور نانو نشده با اندازه متوسط قطر ذرات یک میکرومتری با شکل‌های کروی مشاهده می‌شود. ذرات سولفور تیمار شده با فرکانس (سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه) دارای قطر ذرات با اندازه متوسط ۳۰۰ نانومتر می‌باشند و ذرات سولفور تیمار شده با فرکانس (سانتریفیوژ با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه) دارای قطر ذرات با اندازه متوسط ۶۰ نانومتر می‌باشند.

آنالیز موفولوژی و اندازه نانوذرات سولفور، آلژینات سدیم/سولفور و آلژینات سدیم/سولفور/هگزیتازوکس با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM)

شکل ۲ تصاویر میکروسکوپ الکترونی پودر سولفور معمولی، سولفور نانو شده با اندازه متوسط، سولفور نانو شده با اندازه بسیار کم، پودر آلژینات، کامپوزیت آلژینات/سولفور و کامپوزیت آلژینات/سولفور/



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) پودر سولفور معمولی (A)، سولفور نانو شده با فرکانس ۳۰۰۰ دور در دقیقه (B)، سولفور نانو شده با فرکانس ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه (C)، پودر آلژینات (D)، کامپوزیت آلژینات/سولفور (E) و کامپوزیت آلژینات/سولفور/هگزی تیازوکس (F)

Figure 2. Electron microscopy images (SEM) of ordinary sulfur powder (A), Nano sulfur centrifuging at 3000 rpm (B), Nano sulfur centrifuging at 12000 rpm (C), alginate powder (D), (Al/S) composite (E) (Al/He/S) composite (F)

می‌باشد و ذرات سولفور و هگزی تیازوکس در فضاهای خالی آلژینات قرار گرفته‌اند.

تاثیر تیمارها در کنترل کنه تارتن دو لکه‌ای

میزان کشندگی هگزی تیازوکس، نانوسولفور، کامپوزیت (Al/S) و کامپوزیت (Al/He/S) در جدول ۱ نشان داده شده است. هگزی تیازوکس، نانوسولفور

پودر آلژینات سدیم استفاده شده به صورت ذراتی با لبه‌های تیز و گاهی بی‌شکل مشاهده می‌شود. پودر کامپوزیت خشک شده آلژینات/سولفور بیانگر پخش تقریباً یکسان نانوذرات سولفور در بین ذرات آلژینات است. پودر کامپوزیت خشک شده آلژینات/سولفور/هگزی تیازوکس تقریباً مشابه پودر کامپوزیت خشک شده آلژینات/سولفور

کامپوزیت (Al/S) و کامپوزیت (Al/He/S) اثرات متفاوتی با افزایش غلظت‌ها در کشندگی این کنه نشان دادند؛ به طوری که بالاترین کشندگی در هر سه زمان ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت مربوط به کامپوزیت (Al/He/S) با مقادیر LC₅₀ به ترتیب ۳/۴۸، ۲/۸۰ و ۲/۴۳ گرم بر لیتر به دست آمد، و کمترین میزان کشندگی زمان ۲۴ ساعت مربوط به تیمار نانوسولفور با $LC_{50} = 20/34$ گرم بر لیتر و در زمان ۴۸ و ۷۲ ساعت مربوط به تیمار نانوسولفور و کامپوزیت (Al/S) با مقادیر LC₅₀ به ترتیب ۱۲/۳۷ و ۹/۸۷ گرم بر لیتر به دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه پروبیت حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف هگزری تیا زوکس، نانوسولفور، کامپوزیت (Al/S) و کامپوزیت (Al/He/S) روی مرحله بالغ *Tetranychus urticae* تیمار شده در ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت

Table 1. Probit analysis data of *Tetranychus urticae* adult treated with hexythiazox, nano sulfur, (Al/S) composite and (Al/He/S) composite in 24, 48 and 72h after treatment

| Treatments | Time (h) | LC ₅₀ (95% CL) | LC ₉₀ (95% CL) | Intercept | Slope±SE | X ² |
|---------------------|----------|---------------------------|---------------------------|-----------|------------|----------------|
| Hexythiazox | 24 | 5.40 (3.70- 12.50) | 20.70 (10.10- 93.90) | 4.60 | 2.19±0.78 | 0.24 |
| Nano sulfur | | 20.34 (11.90- 655) | 18.12 (9.80-136.30) | 3.04 | 2.64±0.75 | 1.75 |
| (Al/S) composite | | 15.57 (10.90- 446) | 89.98 (76.30- 198.00) | 4.30 | 1.33 ±0.97 | 0.01 |
| (Al/He/S) composite | | 3.84 (2.00- 4.90) | 13.85 (11.80- 78.90) | 4.07 | 1.21 ±0.62 | 4.36 |
| Hexythiazox | 48 | 4.90 (2.80- 8.20) | 28.50 (13.50- 637.30) | 4.16 | 1.60±0.54 | 0.25 |
| Nano sulfur | | 12.37 (8.00- 44.80) | 52.60 (20.40- 671.00) | 4.80 | 0.90±0.68 | 0.17 |
| (Al/S) composite | | 11.06 (6.60- 43.50) | 58.10 (22.10- 698.00) | 4.30 | 0.81± 0.64 | 0.08 |
| (Al/He/S) composite | | 2.80 (1.70- 3.90) | 11.15(6.40- 80.90) | 4.05 | 2.13± 0.65 | 0.72 |
| Hexythiazox | 72 | 4.46 (2.40- 7.08) | 25.00 (12.50- 484.3) | 4.09 | 1.60±0.54 | 0.49 |
| Nano sulfur | | 5.94 (4.40- 12.00) | 176.80 (88.90- 230) | 4.21 | 1.11±0.67 | 0.49 |
| (Al/S) composite | | 9.87 (7.90- 11.00) | 29.20 (15.60- 556.0) | 4.07 | 0.89± 0.64 | 0.16 |
| (Al/He/S) composite | | 2.43 (1.15- 3.40) | 11.17 (6.20-148.50) | 4.26 | 1.93± 0.65 | 0.05 |

Hexythiazox ml/L, Nano sulfur gr/L, (Al/S) composite gr/L, (Al/He/S) composite gr/L

بیشترین میزان تلفات در تیمار کامپوزیت (Al/He/S) در زمان ۷۲ ساعت پس از تیمار مربوط به غلظت (۳/۶) گرم در لیتر (LC₂₅ کامپوزیت (Al/S)) + ۸/۹ میلی لیتر در لیتر (LC₂₅ هگزری تیا زوکس) با ۸۲/۲ درصد تلفات بود که این میزان با درصد تلفات در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت (۷۵/۵) درصد) این تیمار اختلاف معنی داری باهم نداشتند. بیشترین درصد تلفات در تیمار هگزری تیا زوکس در زمان ۷۲ ساعت پس از تیمار و غلظت ۱۲/۷ میلی لیتر در لیتر دیده شد (۷۳/۳) درصد تلفات) که با میزان تلفات در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت به ترتیب (۶۶/۶ و ۷۰ درصد تلفات) در همین غلظت و همچنین با میزان تلفات در غلظت ۸ میلی لیتر در لیتر در ۷۲ ساعت پس از تیمار با ۶۸/۶ درصد تلفات و ۴۸ ساعت پس از تیمار با ۶۲ درصد تلفات، اختلاف معنی داری نداشتند.

مقایسه درصد تلفات در غلظت‌های مختلف هگزری تیا زوکس، نانوسولفور، کامپوزیت (Al/S) و کامپوزیت (Al/He/S) در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج حاصل از درصد تلفات نشان داد که هگزری تیا زوکس در غلظت‌های ۱۲/۷ و ۸ میلی لیتر در لیتر بیش از ۵۰ درصد تلفات ایجاد کرد و غلظت ۱۲/۷ میلی لیتر در لیتر هگزری تیا زوکس در ۷۲ ساعت پس از تیمار بیشترین میزان تلفات (۷۰ درصد) را نشان داد. غلظت‌های ۷/۱ گرم در لیتر نانوسولفور در ۲۴ ساعت بالاترین میزان تلفات (۴۰ درصد) را ایجاد کرد. غلظت‌های ۷/۱ گرم در لیتر کامپوزیت (Al/S) در ۷۲ ساعت بیشترین تلفات (۴۲/۲ درصد) را داشته است (جدول ۲).

جدول ۲- درصد تلفات (میانگین \pm خطای معیار) مرحله بالغ *Tetranychus urticae* تیمار شده توسط غلظت‌های مختلف هگزری تیازوکس، نانو سولفور، کامپوزیت (Al/S) و کامپوزیت (Al/He/S) در ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت

Table 2. Mortality percentage (Mean \pm SE) of adult *Tetranychus urticae* treated by different concentrations of hexythiazox, nano sulfur, (Al/S) composite and (Al/He/S) composite in 24, 48 and 72 h after treatment

| Treatments | Time (h) | 0 ml/L | 2.00 ml/L | 3.20 ml/L | 5.10 ml/L | 8.00 ml/L | 12.70 ml/L | $P < 0.001$; $F(4, 15)$ |
|-------------------------|----------|-----------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Hexythiazox | 24 | 0 \pm 0 | 15.30 \pm 0.33 ^{cC} | 24.00 \pm 0.33 ^{cBC} | 42.00 \pm 0.33 ^{bB} | 57.30 \pm 0.66 ^{aAB} | 66.60 \pm 1.00 ^{aA} | 17.22 |
| | 48 | 0 \pm 0 | 24.00 \pm 0.33 ^{cBC} | 30.60 \pm 0.30 ^{cB} | 48.60 \pm 0.33 ^{bB} | 62.00 \pm 0.33 ^{aA} | 70.00 \pm 0.50 ^{aA} | 25.15 |
| | 72 | 0 \pm 0 | 24.00 \pm 0.33 ^{cBC} | 35.30 \pm 0.33 ^{cB} | 48.60 \pm 0.66 ^{bB} | 68.60 \pm 0.33 ^{aA} | 73.30 \pm 0.57 ^{aA} | 42.8 |
| $P > 0.00$; $F(9, 25)$ | | - | 93.94 | 40.7 | 21.7 | 23.8 | 92.4 | |
| | | 0gr/L | 1.50gr/L | 2.20gr/L | 3.20gr/L | 4.80 gr/L | 7.10 gr/L | |
| Nano sulfur | 24 | 0 \pm 0 | 4.40 \pm 0.33 ^{bcD} | 13.30 \pm 0 ^{bcD} | 20.00 \pm 0.57 ^{bC} | 24.00 \pm 0.33 ^{bBC} | 40.00 \pm 1.50 ^{aB} | 37.2 |
| | 48 | 0 \pm 0 | 6.60 \pm 0.57 ^{cdD} | 15.30 \pm 0.33 ^{bcC} | 20.00 \pm 0.57 ^{bC} | 24.00 \pm 0.33 ^{bBC} | 35.30 \pm 0.33 ^{aB} | 14.14 |
| | 72 | 0 \pm 0 | 6.60 \pm 0.57 ^{dD} | 15.30 \pm 0.33 ^{cC} | 26.60 \pm 0.57 ^{bC} | 26.60 \pm 0.57 ^{bB} | 35.30 \pm 0.33 ^{aB} | 24.5 |
| (Al/S) composite | 24 | 0 \pm 0 | 11.06 \pm 2.20 ^{bcD} | 15.50 \pm 2.20 ^{bC} | 19.90 \pm 3.80 ^{bC} | 31.06 \pm 2.20 ^{aB} | 36.60 \pm 3.03 ^{aB} | 10.39 |
| | 48 | 0 \pm 0 | 15.50 \pm 2.20 ^{bC} | 19.90 \pm 3.80 ^{bC} | 28.80 \pm 2.20 ^{aB} | 33.30 \pm 0.00 ^{aB} | 35.50 \pm 2.20 ^{aB} | 38.4 |
| | 72 | 0 \pm 0 | 17.70 \pm 2.20 ^{eC} | 22.20 \pm 2.20 ^{deBC} | 28.80 \pm 2.20 ^{dB} | 35.5 0 \pm 2.20 ^{bcB} | 42.20 \pm 2.20 ^{aB} | 15.65 |
| $P < 0.00$; $F(9, 25)$ | | - | 25.8 | 53.7 | 35.8 | 20.8 | 21.56 | |
| | | 0ml/L | 2.01ml/L+0.75 gr/L | 3.10ml/L+1.10 gr/L | 4.50ml/L+1.60 gr/L | 6.30ml/L+2.40 gr/L | 8.90ml/L+3.60g r/L | |
| (Al/He/S) composite | 24 | 0 \pm 0 | 22.20 \pm 2.20 ^{eB} | 28.80 \pm 2.20 ^{eB} | 48.80 \pm 2.20 ^{bB} | 68.80 \pm 2.20 ^{aA} | 75.50 \pm 2.20 ^{aA} | 24.7 |
| | 48 | 0 \pm 0 | 28.80 \pm 2.20 ^{eB} | 33.30 \pm 3.80 ^{eB} | 48.80 \pm 2.20 ^{bB} | 68.80 \pm 2.20 ^{aA} | 75.50 \pm 2.20 ^{aA} | 69.8 |
| | 72 | 0 \pm 0 | 31.06 \pm 2.20 ^{dB} | 39.90 \pm 3.80 ^{dB} | 57.70 \pm 2.02 ^{cAB} | 71.06 \pm 2.20 ^{bA} | 82.20 \pm 2.20 ^{aA} | 44.6 |
| $P < 0.00$; $F(9, 25)$ | | - | 203/8 | 134.12 | 154.46 | 56.04 | 37.56 | |

Means followed by the same lower case letter in each column and upper case letter within each row are not significantly different using Tukey-Kramer (HSD) test at $P < 0.05$.

می‌باشد که به احتمال مربوط به آب جذب شده به داخل پودر سولفور می‌باشد، مطابقت دارد (شکل ۱) (He et al., 2009).

پژوهشگران مختلفی مورفولوژی سطحی سولفور نانو شده به روش شیمیایی را بررسی کرده و گزارش کردند که نانوذرات سولفور دارای شکل‌های کروی و با قطر تقریبی ۵۰ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد؛ درحالی که آنالیز مورفولوژی و اندازه نانوذرات سولفور در تحقیق حاضر با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM) نشان داد که این نانوذرات دارای قطر ذرات با اندازه متوسط ۳۰۰-۶۰۰ نانومتر می‌باشند (شکل ۲). نتایج سلیمان و همکاران تا حدودی نتایج تحقیق حاضر را تایید می‌کنند (Suleiman et al., 2015).

در تحقیق حاضر در طیف‌سنجی FTIR از پودر آلزینات سدیم نتایج به صورت ذراتی با لبه‌های تیز و گاهی بی‌شکل مشاهده شد و در تحقیقی که مورفولوژی سطحی آلزینات سدیم مورد بررسی قرار گرفت، مشاهده شد که این

در این تحقیق نتایج زیست‌سنجی با روش غوطه‌ور کردن برگ نشان داد که اثرات کشندگی همه تیمارها با افزایش غلظت تیمارها و افزایش زمان افزایش یافت. در تحقیق حاضر نانوذرات سولفور، کامپوزیت آلزینات/سولفور/Al/S، کامپوزیت آلزینات/سولفور/هگزری تیازوکس (Al/He/S) فعالیت کشندگی بالایی به *T. urticae* نشان دادند (جدول ۲).

بحث

پژوهشگران مختلفی طیف‌های FTIR پودر سولفور را بررسی کرده و گزارش کردند که در این طیف فقط دو پیک مشاهده می‌شود که پیک ۱۶۵۰ مربوط به گروه S-S و پیک ۲۵۰۰ مربوط به ارتعاش گروه OH- می‌باشد که با نتایج تحقیق حاضر که در طیف سولفور فقط دو پیک مشاهده شد که پیک ۸۷۰ بیانگر ارتعاش پیوند S-S را نشان می‌دهد و پیک ۳۴۳۵ مربوط به ارتعاش گروه OH-

۷۳/۳۳ درصد تلفات ۳ روز بعد از تیمار شدند و تلفات ۱۴ روز پس از تیمار به ۱۰۰ درصد افزایش یافت که نشان‌دهنده این است که با افزایش زمان و غلظت میزان تلفات افزایش داشته است. با تحقیق حاضر که درصد تلفات کنه‌ها از غلظت ۲ تا ۸ میلی لیتر بر لیتر هگزری تیاژوکس، از ۱۵/۳ درصد در ۲۴ ساعت به بیش از ۷۳ درصد در ۷۲ ساعت افزایش پیدا کرد مطابقت دارد (جدول ۲).

سنتر نانوذرات سولفور در بررسی حجج و منطقیان (Hojaj and Manteghian, 2009) با فرایند کریستال‌سازی سولفور در مخلوط اتانول و تولوئن با تحقیق حاضر مطابقت دارد. در تحقیق حاضر فعالیت کشندگی نانوسولفور ۲۴ ساعت پس از تیمار $LC_{50} = 20/34$ گرم بر لیتر به دست آمد (جدول ۱)؛ در حالی که در تحقیق دیگری، فعالیت کنه‌کشی بالایی توسط نانوذرات سولفور (میلی گرم بر لیتر $LC_{50} = 0/05$) روی جنس ماده کنه تارتن دو لکه‌ای در مقایسه با سولفور خالص (میلی گرم بر لیتر $LC_{50} = 0/08$) به دست آمد. این اختلاف در میزان کشندگی با تحقیق حاضر می‌تواند مربوط به عوامل مختلف همچون دز نانوسولفور، شرایط دمایی و پرورش آزمایشگاهی کنه تارتن دو لکه‌ای باشد. نانو سولفور با فعالیت کنه‌کشی بالا می‌تواند جایگزینی برای سموم سنتزی باشد. بنابراین، نانو سولفور می‌تواند به عنوان یک ماده ایمن برای بهبود سلامت گیاه تولید شود (Kumar et al., 2012).

طبق تحقیقی که اثرات کشندگی نانوذرات سولفور را روی جنس ماده کنه تارتن دو لکه‌ای بررسی کردند، نانوذرات سولفور طبق روش تحقیق حاضر تهیه شد، ولی در عکسبرداری SEM اندازه ذرات ۱ تا ۱۰۰ نانومتر به دست آمد، در صورتی که در تحقیق در عکسبرداری SEM اندازه ذرات ۶۰ تا ۳۰۰ نانومتر به دست آمد (شکل ۲). در این تحقیق، روش زیست‌سنجی مشابه با روش تحقیق حاضر روی کنه تارتن دو لکه‌ای بود که میلی گرم بر لیتر $0/005 = LC_{50}$ ، ۲۴ ساعت پس از تیمار به دست آمد که در مقایسه با تحقیق حاضر فعالیت کشندگی نانوسولفور ۲۴ ساعت پس از تیمار $LC_{50} = 20/34$ گرم بر لیتر به دست آمد (جدول ۱). این اختلاف کشندگی با تحقیق حاضر می‌تواند به دلیل

ترکیب سطحی تقریباً محکم با لبه‌های خشن دارد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (Rao et al., 2013; Ayarza et al., 2017).

کنه تارتن دو لکه‌ای یکی از آفات مهم کشاورزی است که سالانه ۱۵-۱۰ درصد به محصولات کشاورزی خسارت وارد می‌کند. این کنه یک گونه با اهمیت بالا از خانواده Tetranychidae است که توانایی سازگاری بالایی با شرایط مختلف محیطی دارد (Bollend et al., 1998). این گونه به عنوان گونه همه چیز خوار و دارای پتانسیل ذاتی بالا برای مقاومت به انواع کنه‌کش‌ها گزارش شده است (Hussey and Scopes, 1985; Van Leeuwen et al., 2009).

در تحقیق حاضر مقادیر LC_{50} هگزری تیاژوکس در سه زمان ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت $4/46$ ، $8/89$ و $ml L^{-1}$ به دست آمد (جدول ۱)، ولی در تحقیقی که الزوبی و کوبان اوقلو (Alzoubi and Cobanoglu, 2008) مطابق تحقیق حاضر به روش غوطه‌ورسازی دیسک‌های برگگی بر روی مرحله بالغ ماده کنه تارتن دو لکه‌ای پرورش یافته روی گیاه لویا انجام دادند، مقادیر LC_{50} هگزری تیاژوکس علیه *T. urticae* را بعد از ۲۴ و ۷۲ ساعت، به میزان $537/45$ و $175/75$ میلی گرم بر لیتر به دست آوردند. پژوهشگران مختلفی اثر کنه‌کشی هگزری تیاژوکس به روش غوطه‌ورسازی دیسک‌های برگگی را روی مرحله بالغ ماده کنه تارتن دو لکه‌ای پرورش یافته روی گیاه لویا در ۲۴ ساعت در آزمایشگاه بررسی کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقدار LC_{50} هگزری تیاژوکس $277/47$ میلی گرم بر لیتر بود (Kumari et al., 2017)، این تحقیقات به لحاظ گونه گیاه و روش زیست‌سنجی با تحقیق حاضر مطابقت دارند.

اثرات غلظت‌های مختلف کنه‌کش گیاهی GC mite (این ترکیب شامل روغن‌های بذر پنبه ۴۰٪، میخک ۲۰٪، سیر ۱۰٪ و دیگر مواد افزودنی ۳۰٪)، آبامکتین و هگزری-تیاژوکس روی کنه تارتن دو لکه‌ای در روی گیاهان خیار و گوجه گلخانه‌ای توسط اربابی و بنی عامری (Arbabi and Baniameri, 2016) بررسی شد. غلظت‌های ۰/۳ و ۰/۵ میلی لیتر بر لیتر هگزری تیاژوکس به ترتیب باعث ۹۱/۲ و

حالی که در تحقیق حاضر برای نانوسولفور و کامپوزیت ۵ پیک مشاهده شد این اختلاف به دلیل نوع نانو ذرات و گروه-های پیوندی متفاوت موجود در مس و سولفور می باشد (شکل ۱). نتایج تجزیه واریانس مشابه تحقیق حاضر وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها را اثبات کرد. بالاترین درصد تلفات (۴۶ درصد) مربوط به غلظت ۵/۵ گرم در لیتر کامپوزیت در ۹۶ و ۱۲۰ ساعت و کمترین درصد تلفات (۱۴/۳ درصد) مربوط به نانو ذرات مس در غلظت ۱ گرم در لیتر در زمان ۲۴ ساعت می باشد که نتایج نشان دهنده قدرت بالای کشندگی کامپوزیت مس نسبت به نانو ذرات مس می باشد که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر اثرات کشندگی بالای کامپوزیت سولفور نسبت به نانو ذرات سولفور علیه کنه تارتن دو لکه ای مطابقت می کند (Dorri et al., 2018).

در تحقیق حاضر، بالاترین کشندگی در بین همه تیمار-ها در هر سه زمان مربوط به کامپوزیت (Al/He/S) و کمترین میزان کشندگی بعد از تیمار شاهد در زمان ۲۴ ساعت مربوط به تیمار نانوسولفور و در زمان ۴۸ و ۷۲ ساعت مربوط به تیمار نانوسولفور و کامپوزیت آلزینات/سولفور (Al/S) به دست آمد و بیشترین میزان تلفات (۸۲/۲ درصد) ۷۲ ساعت پس از تیمار مربوط به کامپوزیت (Al/He/S) به-دست آمد (جدول ۲). بر اساس نتایج این تحقیق، کامپوزیت (Al/He/S) قدرت کشندگی بالایی علیه کنه تارتن دو لکه ای نسبت به نانوسولفور و هگزتری تیاوکس نشان داد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مساعدت های ریاست محترم دانشکده کشاورزی و علوم دانشگاه ارومیه و گروه های شیمی، گیاه پزشکی و صنایع غذایی که در تهیه امکانات و محیط تحقیقاتی همکاری نمودند، قدردانی می شود.

غلظت های مختلف نانو ذرات مورد استفاده باشد (Madhuban et al., 2012).

پژوهشگران مختلفی اثر کنه کشی نانو ذرات نقره را به روش غوطه وری دیسک های برگ روی مرحله بالغ ماده کنه تارتن دو لکه ای پرورش یافته روی گیاه لوبیا در آزمایشگاه بررسی کردند. غلظت های ۲/۵، ۵، ۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانونقره در هفت زمان (۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۱۴۴ و ۱۶۸ ساعت) مورد استفاده قرار گرفت و نتیجه گرفتند که با گذشت زمان و افزایش غلظت نانو ذرات نقره، میزان کشندگی از ۱۹/۸ درصد به ۳۰/۳ درصد افزایش می یابد. در تحقیق حاضر که به لحاظ روش زیست سنجی و مرحله رشدی کنه مورد آزمایش و گیاه پرورشی مشابه این تحقیق است، نیز در غلظت های ۱/۵، ۲/۲، ۳/۲، ۴/۸ و ۷/۱ گرم در لیتر نانو ذرات سولفور در سه زمان ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت، با گذشت زمان و افزایش غلظت نانوسولفور میزان کشندگی از ۴/۴۰ تا ۴۰ درصد افزایش یافته است که این اختلاف کشندگی با تحقیق نانو ذرات نقره می تواند به دلیل نوع نانو ذرات، زمان ها و غلظت های مختلف نانو ذرات مورد استفاده باشد (جدول ۲) (Jalalizand et al., 2013).

در تحقیقی که اثرات کشندگی نانو ذرات مس (به روش رسوب سریع سنتز شده) و کامپوزیت مس/آلزینات/کیتوزان را به روش غوطه وری دیسک های برگ روی مرحله بالغ ماده کنه تارتن دو لکه ای پرورش یافته روی گیاه لوبیا در آزمایشگاه بررسی کردند، در آزمایش ها از چهار غلظت کامپوزیت (۱، ۲/۵، ۴/۵ و ۵/۵ گرم در لیتر) در پنج زمان ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت و سه تکرار استفاده شد. در نتایج SEM اندازه ذرات نانومس حدود ۵۰ نانومتر و کامپوزیت کمتر از ۵۰ نانومتر به دست آمد؛ در مقایسه با تحقیق حاضر که در عکسبرداری SEM اندازه ذرات نانوسولفور و کامپوزیت ۶۰ تا ۳۰۰ نانومتر به دست آمد (شکل ۲). در تحقیق مذکور طیف های FTIR نانومس و کامپوزیت مس نیز بررسی شده و پژوهشگران گزارش کردند که در طیف هر کدام ۶ پیک مشاهده می شود، در

References

- Aktar, M. W., Sengupta, D. and Chowdhury, A.** 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. **Interdisciplinary Toxicology** 2(1): 1-12.
- Alzoubi, S. and Cobanoglu, S.** 2008. Toxicity of some pesticides against *Tetranychus urticae* Koch and its predatory mites under laboratory conditions. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences** 3: 30-37.
- Arbabi, M.** 2006. Study on effectiveness of *Phytoseiulus persimilis* in control of cucumber two spotted spider mite (*Tetranychus urticae* complex) in woody and iron greenhouse structures in Varamin region. **Pajouhesh-Va- Sazandegi** 73: 96-105.
- Arbabi, M.** 2009. Evaluation six decades' pesticides application to control agricultural mite pests in Iran. Extended abstract proceeding of half century pesticides uses in Iran, **Iranian Research Institute of Plant Protection** 145-159 pp. (In Farsi)
- Attia, S., Grissa, K. L., Lognay, G., Bitume, E., Hance, T. and Mailleux, A. C.** 2013. A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. **Journal of Pest Science** 86: 361-386.
- Auger, P., Guichou, S. and Kreiter, S.** 2003. Variations in acaricidal effect of wetttable sulfur on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): effect of temperature, humidity and life stage. **Pest Management Science** 59: 559-565.
- Ayarza, J., Coello, Y. and Nakamatsu, J.** 2017. SEM-EDS study of ionically cross-linked alginate and alginic acid bead formation. **International Journal of Polymer Analysis and Characterization** 22(1): 1-10.
- Bollend, H. R., Gutierrez, J. and Fleischmann, C. H.** 1998. World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). Brill Publishing, Leiden, p. 392.
- Dekeyser, M. A.** 2005. Acaricide mode of action. **Pest Management Science** 61: 103-110.
- Dorri, H. R., Shahab Khaghani, Sh., Moghadam, A., Ghanbari, D. and Bihamta, M. R.** 2018. The effect of copper nano-capsules on the control of two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). **Journal of Nanostructures** 8(3): 316-324.
- Finney, D. J.** 1971. Probit Analysis. Third Edition, Cambridge University Press, London.
- Guo, Y., Zhao, J., Yang, S., Yu, K., Wang, Z. and Zhang, H.** 2006. Preparation and characterization of monoclinic sulfur nanoparticles by water-in-oil microemulsions technique. **Powder Technology** 162: 83- 86.
- He, H., Zhang, C. G., Xia, J. L., Peng, A. A., Yang, Y., Jiang, H. C., Zheng, L., Ma, C. Y., Zhao, Y. D., Nie, Z. Y. and Qiu, G. Z.** 2009. Investigation of elemental sulfur speciation transformation mediated by *Acidithiobacillus ferrooxidans*. **Current Microbiology** 58(4): 300-307.
- Helle, W. and Overmeer, W. P. J.** 1985. Toxicological test methods. In: W. Helle & Sabelis, M.W. (eds.), Spider Mites: their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokio, 1: 391-395.
- Henderson, C. F. and Tilton, E. W.** 1955. Test with acaricides against the brown wheat mite. **Journal of Economic Entomology** 48: 157-161.
- Hojaj, E. and Manteghian, M.** 2009. Production of sulfur nanocrystal through dilution crystallization. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology** 3: 19-21.
- Hussey, N. W. and Scopes, N. E. A.** 1985. Greenhouses vegetables (Britain). In: Helle, W. and Sabelis, M. W. (Eds.), World crop pests, Spider mites, their biology, natural enemies and control. Vol. B, Elsevier Publ., Amsterdam, the Netherlands. pp. 285-297.
- Jabraili, A., Pirsā, S., Pirouzifard, M. K. and Amiri, S.** 2021. Biodegradable nanocomposite film based on gluten/silica/calcium chloride: physicochemical properties and bioactive compounds extraction capacity. **Journal of Polymers and the Environment** 29(5): 1-15.
- Jalalizand, A., Gavanji, S., karimzadeh Esfahani, J., Besharatnejad, M. H., Mohammad Saied Emami, M.S. and Behrouz Larki, B.** 2013. The effect of silver nanoparticles on *Tetranychus urticae*. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences** 5(8): 820-827.
- Kheradmand, K., Beynaghi, S., Asgari, S. and Sheykhi Garjan, A.** 2015. Toxicity and repellency effects of three plant essential oils against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Agricultural Science and Technology** 17: 1223-1232.

- Kumar, R., Kumar- Nair, K., Verma, S., Gogoi, R., Kumar, Singh P., Srivastava, C. and Gopal, A.** 2012. Developing nano sulfur for mitigation of agricultural pests and better crop health. **International Journal of Applied Agricultural Research** 7(2): 87- 90.
- Kumar, R., Nair, K. K., Alam, I., Gogoi, R., Singh, P. K, Srivastava, C., Yadav, S., Gopal, M., Kumari, S., Chauhan, U., Kumari, A. and Nadda, G.** 2017. Comparative toxicities of novel and conventional acaricides against different stages of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences** 16(2):191-196.
- Madhuban, G., Kumar, R. and Goswami, A.** 2012. Nano-pesticides - A recent approach for pest control. **The Journal of Plant Protection Sciences** 4(2): 1-7.
- Marcic, D., Peric, P. and Milenkovic, S.** 2011. Acaricides-biological profiles, effects and uses in modern crop protection, pesticides formulations, effects, fate. In: Margarita Stoytcheva (Ed.), INTECH.<<http://www.intechopen.com/books/pesticides-formulations-effects-fate/acaricides-biological-profiles-effects-and-uses-inmodern-crop-protection>>, pp: 1–27.
- Pirsa, S., Asadzadeh, F. and Sani, I. K.** 2020. Synthesis of magnetic gluten/pectin/Fe₃O₄ nano-hydrogel and its use for environmental pollutants from lake Urmia sediments. **Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials** 30(8): 3188-3198.
- Priyadarshi, R., Kim, H. J. and Rhim, J. W.** 2021. Effect of sulfur nanoparticles on properties of alginate-based films for active food packaging applications. **Food Hydrocolloids** 110: 106155.
- Rao, K. M., Rao, K. K., Sudhakar, P., Rao, K. C. and Subha, M. C. S.** 2013. Synthesis and characterization of biodegradable Poly (Vinyl caprolactam) grafted on to sodium alginate and its microgels for controlled release studies of an anticancer drug. **Journal of Applied Pharmaceutical Science** 3(6): 061-069.
- Savintsev, Y. P., Shevchenko, V. S. and Urakaev, F. Kh.** 2005. Investigation of the composite materials on the basis of nanoparticles of sulfur. **Journal of Crystal Growth** 275: 2345- 2350.
- SPSS. 2013. Version 22. SPSS, Chicago, IL, USA.
- Suleiman, M., Al-Masri, M., Al Ali, A., Aref, D., Hussein, A., Saadeddin, I. and Warad, I.** 2015. Synthesis of nano-sized sulfur nanoparticles and their antibacterial activities. **Journal of Materials and Environmental Science** 6(2): 513-518.
- Vacacela Ajila, H. E., Oliveira, E. E., Lemos, F., Haddi, Kh., Colares, F., Marques Gonçalves, P. H., Venzon, M. and Pallini, A.** 2019. Effects of lime sulfur on *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis*, two naturally occurring enemies of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* **Pest Management Science** 76(3): 996-1003.
- Van Leeuwen, T., Vontas, J. and Tsagkarakou, A.** 2009. Mechanisms of acaricide resistance in the two spotted spider mite *Tetranychus urticae*. In: Ishaaya, I., Horowitz, A.R. (Eds.), *Biorational Control of Arthropod Pests*. Springer. The Netherlands, pp. 347-393.
- Wu, H., Wang, A., Yin, H., Zhang, D., Jiang, T., Zhang, U. and Liu, Y.** 2008. Preparation of sulfur sheets by supersaturated solvent method in the presence of organic modifiers. **Materials Letters** 62: 1996-1998.
- Ziaee, M. and Hamzavi, F.** 2013. Application of nanoparticles in pest management programs-a review. International Conference on Green Agro-Industry (ICGAI), November 12-14, 2013, Yogyakarta, Indonesia, 386-393.



Research paper

Effects of hexythiazox, nanosulfur, alginate/sulfur composite and alginate/sulfur/hexythiazox composite on *Tetranychus urticae* Koch under laboratory conditions

M. Mobki¹, S. Aramideh^{1*}, S. Pirsā² and M. Bahram³

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, 2. Department of Food Industry, Faculty of Agriculture, Urmia University Urmia, 3. Department of Chemistry, Faculty of Science, Urmia University, Urmia

(Received: December 12, 2020- Accepted: May 22, 2021)

Abstract

In the present study, the effect of hexythiazox, nano sulfur, alginate/sulfur (Al/S) and alginate/sulfur/hexythiazox (A/H/S) composites were examined on adult female of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). The diameters of sulfur nanoparticles and sodium/sulfur alginate and sodium/sulfur/hexithiazox alginate 300-60 nm were obtained using electron microscopy (SEM). Analysis of FT-IR spectra of sulfur alginate/sulfur (Al/S) and alginate/sulfur/hexythiazox (A/H/S) composites were performed, in the sulfur spectrum, only two peaks 870 and 3435, and in the alginate spectrum 1630, 1457 and 1341 peaks were observed. The highest mortality was obtained 24, 48 and 72 hours after application in the composite (Al/He/S) treatment with LC₅₀ values of 3.48, 2.80 and 2.43 g/l, respectively. Also the lowest mortality was observed 24 hours after using nanosulfur treatment with LC₅₀ value of 20.34 g/l and in 48 and 72 hours in nanosulfur and alginate/sulfur (Al/S) composite treatment with LC₅₀ values of 12.37 and 9.87 g/l, respectively. Hexithiazox treatment with a concentration of 12.7 ml/l after 72 hour application showed the highest mortality (70%). Based on the results of this study, composite (Al/He/S) can be recommended in the preparation of commercial acaricide formulations and use in *T. urticae* integrated management program.

Key words: Alginate, Mortality, Two-spotted spider mite, Nano sulfur, Hexythiazox.

*Corresponding author: Sh.aramideh@Urmia.ac.ir