مجله ایمنی زیستی

دوره ۱۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲

ISSN 2716-9804 الکترونیکی، ISSN 2717-0632 چاپی

کنترل پشه سیارید آفت قارچ خوراکی با یک نانوحشره‌کش زیست‌سازگار

نوع مقاله: پژوهشی

مهرین نجف‌زاده نانساء[۱]، لیلا مأمنی*[۲]، معصومه قربانلو*[۱]، عزیز شیخی گرجان[۳]، خدیجه غلامپور آهنگرکلایی[۴]

۱- گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- بخش نانوتکنولوژی، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- کمیته راهبردی فناوری نانو وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

leila.mamani@yahoo.com

m_ghorbanloo@znu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۷

صفحه ۹۴-۸۱

چکیده

هدف از این پژوهش ارائه یک حشره‌کش گیاهی مبتنی‌بر فرمولاسیون نانویی سازگار با محیط زیست است. در این راستا ابتدا نانوحشره‌کش با استفاده از پلیمر طبیعی کیتوزان تهیه و با تکنیک‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی و عبوری مشخصه‌یابی شد و پتانسیل حشره‌کشی آن در کنترل پشه سیارید آفت قارچ خوراکی مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین اندازه ذرات نانوحشره‌کش گیاهی تهیه شده با استفاده از تکنیک DLS (پراکندگی دینامیک نور) و میکروسکوپ الکترونی زیر ۵۰ نانومتر تعیین شد. پس از تأیید ساختار، نسبت‌های مختلف نانوحشره‌کش مورد بررسی قرار گرفته و پایدارترین نانوفرمولاسیون برای تست اولیه آزمایشگاهی با سه تکرار در گلخانه روی پشه سیارید آفت قارچ خوراکی برای تعیین اثر تیمارهای نانوحشره‌کش مورد ارزیابی قرار گرفت. در کنترل پشه سیارید قارچ خوراکی، نانوحشره‌کش گیاهی (با غلظت ۱/۵ گرم بر لیتر اسانس گیاهی) دارای اثربخشی متوسط ۹۹/۷ درصد بود که در مقایسه با حشره‌کش ایمیداکلروپراید (معادل ۱/۷۵ گرم بر لیتر ماده مؤثره) ۱۰۰ درصد، با توجه به مزایای نانوحشره‌کش گیاهی از لحاظ زیست محیطی و عدم دغدغه بقایای مواد شیمیایی در محصولات غذایی می‌تواند نتیجه بسیار قابل قبول و حائز اهمیتی باشد.

واژه‌های کلیدی: پشه سیارید، آفت قارچ خوراکی، زیست سازگار، نانوحشره‌کش گیاهی.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

مقدمه

با افزایش مداوم جمعیت، تقاضا برای عملکرد بهتر در زمینه کشاورزی و استراتژی‌های موثرتر برای بهینه‌سازی شیوه‌های کشاورزی افزایش یافته است، در واقع فناوری نانو ممکن است تأثیر قابل توجهی بر کشاورزی پایدار و توسعه دقیق کشاورزی داشته باشد(Raiesi. et al. 2024; Fraceto et al. 2016). این فناوری امکانات جدیدی برای ساخت نانوکود، نانوآفت‌کش و نانوسنسورها فراهم کرده است (Chhipa and Joshi, 2016).

نانوآفت‌کش ساختار مهندسی‌شده‌ای است که دارای تجزیه آهسته و رهایش کنترل‌شده ماده موثره در طولانی‌مدت است(Najafzadeh. et al. 2024). نانوآفت‌کش‌های گیاهی می‌توانند برای محیط زیست ایمن بوده و سمیت کمتری در مقایسه با آفت‌کش‌های شیمیایی داشته باشند. در این خصوص محققین انواع مختلفی از روش‌های فرمولاسیون شامل نانوکپسوله کردن، نانوامولسیون، نانوژل کردن، نانوکره‌ها، نانوذرات فلز و اکسید فلزی را در تهیه نانوآفت‌کش‌ها توسعه داده‌اند. امروزه استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌های شیمیایی در کشاورزی سنتی منجر به مشکلات زیست محیطی زیادی شده است. استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی در جهان از دهه‌ی ۱۹۳۰ شروع شد و پس از جنگ جهانی دوم در سال ۱۹۵۰ به صورت گسترده استفاده شد (Riyajan and Sakdapipanich, 2009). پس از آن نیز کشاورزان برای کنترل حشرات در محصولات خود، آفت‌کش‌های شیمیایی را در سطح وسیعی استفاده کردند. امروزه استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای کنترل آفت‌ها به شمار می‌رود اما آفت‌کش‌ها می‌توانند تأثیر زیادی در آلودگی محیط زیست داشته باشند. در نتیجه، انتقاد از این شیوه‌های کشاورزی معاصر که به شدت به کاربرد بی‌دقت آفت‌کش‌های شیمیایی متکی هستند به‌تازگی افزایش یافته است (Singh et al. 2019). تقریباً فقط ۱۰٪ از کل آفت‌کش‌ها استفاده می‌شود و ۹۰٪ از آنها قبل از اینکه به مصرف کنترل آفت هدف برسد از طرق مختلف شستو با باران، باد و رواناب هدر رفته و وارد محیط زیست می‌شود (Chaudhary et al. 2017).

آفت‌کش‌ها به‌طور گسترده در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند که منجر به آلودگی محیط‌زیست، باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در مواد غذایی، خطر برای گونه‌های غیرهدف و ماندگاری در مزارع شده است (Dhuldhaj et al. 2023). در تلاش برای کاهش اثرات آفت‌کش‌ها، پژوهش‌ها به‌تازگی به کشاورزی پایدار روی آورده‌اند و به همین دلیل آفت‌کش‌های زیستی به‌طور گسترده ترویج می‌شوند (Duke et al. 2022). آفت‌کش‌های زیستی ترکیباتی هستند که به دلیل

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

فعالیت زیستی متمایزشان می‌توانند برای مدیریت آفات کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند (Glare and Nollet, 2015). موجودات زنده متعددی مانند گیاهان، نماتدها، باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها می‌توانند آنها را تامین کنند. در میان این چندین گروه، استفاده از مواد گیاهی یا آفت‌کش‌های گیاهی در سطح جهانی در کنترل ناقل برای جلوگیری از ورود سموم شیمیایی به زنجیره غذایی رایج‌تر می‌شود (Glare and Nollet, 2015). تا زمان ظهور آفت‌کش‌ها در حدود ۲۰۰۰ سال پیش، گیاهان اصلی‌ترین و سنتی‌ترین ابزار مدیریت آفات بودند (Isman. 2006). در نتیجه، متخصصان کشاورزی با این ضرب المثل "همه آفاتی که از زمین سرچشمه می‌گیرند، خود زمین پادزهر را تامین می‌کند" روش‌های پرکاربردی را برای حفاظت از آفت‌کش‌های زیستی با واسطه ایجاد کرده‌اند (Lithica، حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح) (Ibn and Tyrwhitt, 1781).

آفت‌کش زیستی آفت‌کش‌هایی هستند که به‌طور طبیعی از موادی که آفت را به وسیله مکانیسم‌های غیر سمی کنترل می‌کند، درست شده‌اند (Hezakiel et al. 2023). آفت‌کش‌های گیاهی که زیر مجموعه آفت‌کش‌های زیستی هستند، مانند عصاره‌های خام یا محصولات گیاهی به‌طور جزئی یا کاملاً خالص شده، می‌توانند به‌طور جداگانه یا در ترکیب با سایر ترکیبات برای هدف قرار دادن طیف وسیعی از ناقلان حشرات و افزایش عملکرد محصول استفاده شوند (Chaudhary et al. 2017). آفت‌کش‌های گیاهی به دلیل ماهیت زیست تخریب‌پذیر، دوره کارنس کوتاه، تجزیه سریع، عدم اثرات منفی بر روی آب‌های زیرزمینی و کیفیت حفاظت از کشاورزی، به‌عنوان جایگزین‌های مفید برای محیط زیست برای آفت‌کش‌های شیمیایی شناخته شده‌اند (Alliance et al. 2017).

اسانس‌های گیاهی (PEO: plant essential oil)، ترکیب‌های پیچیده‌ای از مولکول‌های فرار هستند که در گیاهان معطر وجود دارند (Bakkali et al. 2008). اسانس‌های گیاهی در ساختارهای ترشحی اندام‌های گیاهی به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه (مانند مونوترپن‌ها، سسکوترپن‌ها و فنیل پروپانوئیدها) تولید می‌شوند (Pavela and Benelli, 2016). در نتیجه، اکثر پژوهش‌های انجام شده بر روی این متابولیت‌های ثانویه فعال فیزیولوژیکی تمرکز دارند (Kaur et al. 2011). با این حال، ممکن است راهی برای افزایش پایداری و فراهمی‌زیستی اسانس‌های گیاهی با استفاده از فناوری‌های میکرو و نانوکپسوله‌سازی وجود داشته باشد (Sharma et al. 2022). بنابراین استفاده از آفت‌کش‌های طبیعی که فاقد سمیت در محیط زیست هستند، برای کمک به حل این مشکل مورد توجه قرار گرفت. آفت‌کش‌های

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

طبیعی مقاومت زیستی کمی داشته و خطرات بسیار کمی برای ارگانیسم‌های غیر هدف مانند انسان دارد. از این‌رو حشره‌کش‌های طبیعی یک ابزار مهم در برنامه‌های مدیریت آفات در نظر گرفته می‌شوند.

استفاده از نانومواد برای کپسوله کردن مواد مؤثره گیاهی/شیمیایی یک رویکرد قابل قبول است زیرا می‌تواند دوز مورد نیاز را کاهش دهد و مدت زمان آزاد شدن ترکیبات فعال را افزایش دهد که سمیت و مقدار دوز مصرفی مورد نیاز را کاهش می‌دهد (Tavares et al. 2018). به دلیل افزایش کارایی و کاهش دوز مصرف، استفاده از نانوفرمولاسیون ممکن است موجب کاهش هزینه‌های تولید نیز بشود (Sharma et al. 2017). تلاش‌های زیادی در اکثر کشورهای توسعه یافته برای محدود کردن استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی و جایگزینی آن‌ها با مواد گیاهی صورت گرفته است و پیشرفت‌های قابل توجهی در این زمینه حاصل شده است (Murdock et al. 2008). امروزه قارچ‌های خوراکی به دلیل ارزش غذایی و دارویی اهمیت قابل توجهی یافته‌اند (Kumar et al. 2022).

پرورش قارچ خوراکی در ایران در قالب تولید دو نوع قارچ دکمه‌ای و قارچ صدفی انجام می‌شود. حشرات مختلفی از جمله پشه‌هایی مانند سیاریدها، فوریدها و سیسیدها؛ برخی کنه‌ها و نماتدها مهم‌ترین آفات خسارت‌زا در تولید قارچ خوراکی هستند. پشه‌های سیارید (*Sciarid*) که به نام پشه‌های قارچی نیز شناخته می‌شوند از خانواده سیاریده (*Sciaridae*) هستند و گونه‌های آن عبارتند از: *Sciara multiselta*، *Sciara agaris* (Katumanyane et al. 2020). گونه‌هایی که بیشترین خسارت را به محصولات زراعی وارد می‌کنند متعلق به جنس *Bradysia* و *Lycoriella* هستند. گونه‌های *لیکوریلا* به‌طور عمده در کشت تجاری قارچ یافت می‌شوند، که می‌توانند خسارت زیادی به بار آورند (White. 1985). پشه‌های قارچی در خاک یا کمپوست گلدان زندگی می‌کنند. این حشره در کمپوست‌های مرطوب حاوی سطوح بالای مواد آلی رشد می‌کند (Hussey and Gurney, 1968). حشرات بالغ سیارید در صورت وجود تعداد زیاد می‌توانند برای کارگران گلخانه‌ای مزاحم مهمی باشند. پشه قارچی در انتقال غیرفعال هاگ‌های قارچ از گیاهی به گیاه دیگر نقش دارد و بنابراین ممکن است به گسترش برخی از بیماری‌های گیاهی کمک کند (Hussey and Gurney, 1968). پژوهش‌های محلی دیفلوبنزورون و *Bacillus thruingensis* *var israelensis* نشان داده‌است که استفاده از به‌عنوان نشاسته برای گیاهان گلدانی می‌تواند تعداد لارو پشه قارچ را کاهش دهد. کاربردهای منظم توصیه می‌شود (Becker and Lüthy, 2017).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که پشه‌های بالغ قارچ نسبت به طیف وسیعی از حشره‌کش‌های تماسی حساس هستند. برای سرکوب جمعیت بزرگسال به برنامه‌های منظم نیاز است. باید مراقب تأثیر حشره‌کش‌ها بر حشرات یا کنه‌های مفیدی باشند که ممکن است در برنامه‌های مدیریت یکپارچه آفات مورد استفاده قرار گیرند (Romeh. 2019). به گفته فلچر و همکاران (Jess and Bingham, 2004)، پشه‌های *L.auripila* در ابتدا کمپوست قارچ را در حین پاستوریزاسیون آلوده می‌کنند. در این مدت، گهگاه می‌توان شاهد جمع شدن آنها در اطراف درهای اتاق‌های پاستوریزاسیون بود (Hussey. 1969). همچنین اشاره شده است که همه پشه‌های مهاجم ماده بودند، مگر اینکه منبع عفونت نزدیکی وجود داشته باشد (Binns. 1979).

با توجه به اهمیت میزان خسارت این آفت و ناپایداری حشره‌کش‌های گیاهی، هدف از این پژوهش ارائه یک حشره‌کش گیاهی مبتنی‌بر فرمولاسیون نانویی سازگار با محیط زیست است. در بررسی حاضر، اثر نانوحشره‌کش بر پایه اسانس گیاهی *سیترونلا* در حضور نانومواد با ساختاری فاقد سمیت و زیست سازگار برای رهایش مواد مؤثره گیاهی استفاده شد و سنجش زیستی پشه سیارید (بزرگسالان *Lycoriella auripila* (*(Winnertz)* Diptera: *Sciaridae* با نانوحشره‌کش بهینه با پنج تیمار مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین در این پژوهش، اثر نانوحشره‌کش مبتنی‌بر اسانس گیاهی بر فراوانی پشه‌های بالغ سیارید با اثر حشره‌کش شیمیایی تجاری ایمیداکلوپراید مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

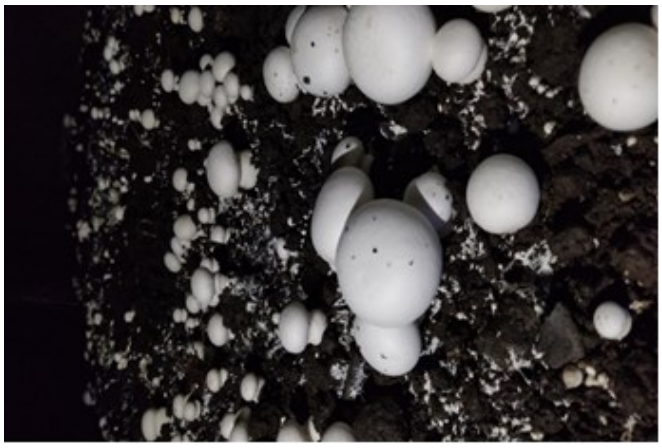
تهیه نانوحشره‌کش

سیترونلا به صورت قطره قطره و حین هم خوردن به محلول کیتوزان (کیتوزان تحت شرایط استیر ملایم در محلول ۰/۰۵ درصد استیک اسید به مدت ۲۴ ساعت حل شد.) اضافه شد. محلول به رنگ سبز متمایل به زرد، تغییر رنگ داد. در نهایت، سدیم تری پلی فسفات (با نسبت حجمی ۱:۱ کیتوزان به سدیم تری پلی فسفات) به صورت قطره قطره و به مدت یک ساعت، به محلول کیتوزان حاوی اسانس گیاهی اضافه شد. محلول نهایی در دمای اتاق به مدت ۱ ساعت و با سرعت بالا هم زده شد. پایداری فرمولاسیون حاصله، به مدت یک ماه بررسی شد، در این راستا فرمولاسیون حاصله در مدت زمان بررسی به صورت مایع شفاف و یکدست و پایدار بود. مطالعه زیست‌سنجی به‌منظور تعیین مدت زمان حفاظت‌دهی و تعیین دوز موثر نانوحشره‌کش تهیه شد.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

پرورش پشه‌ی سیارید

این مطالعه برای کنترل پشه سیارید (*Sciaridae* *Diptera* (*Lycoriella auripila Winnertz*)) به‌عنوان آفت قارچ خوراکی انجام شد. به‌طور خلاصه، بخشی از بستر کشت قارچ آلوده به پشه و لارو از شرکت قارچ پروتئین سفید، تنکمان، جمع‌آوری و به گلخانه منتقل شد (شکل ۱).



شکل ۱- بستر آلوده پرورش قارچ در گلخانه پروتئین سفید تنکمان

سمپاشی

برای ارزیابی اثربخشی حشره‌کش‌های تجاری موجود در بازار و نانوحشره‌کش در مجموع ۱۰۰ گرم بستر آلوده به پشه، لارو و تخم در ظروف از پیش آماده شده با توری روی درب ظروف برای تبادل هوا (ضخامت بستر ۴ سانتی‌متر) ریخته شد. غلظت‌های مختلف نانوحشره‌کش (۰/۷۵، ۱/۵، ۲/۲۵ گرم بر لیتر) به‌منظور دست‌یابی به غلظت بهینه بررسی شد. برای ارزیابی و مقایسه کارایی فرمولاسیون، ظروف با ۲۰ میلی‌لیتر از نانوفرمولاسیون گیاهی، حشره‌کش تجاری ایمیداکلروپراید و آب اسپری شدند. هر بستر کمپوست در یک ظروف یکبار مصرف به ابعاد ۹/۵ × ۹/۵ سانتی‌متر محصور شد تا پشه‌هایی که بیرون آمده بودند نتوانند از ظرف فرار کنند و این کار به دلیل شمارش تعداد پشه‌ها و ارزیابی انجام شد.

تجزیه و تحلیل آمار

داده‌ها با نرم‌افزار SAS-9.2 و آزمون دانکن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و تفاوت بین تیمارها با استفاده از LSD در سطح ۵ درصد بررسی شد. کارهای انجام شده، در اکسل با نسخه پشه‌ها بر روی مخلوط کمپوست قارچ در یک محفظه رشد در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، ۷۰ درصد رطوبت و دوره نوری L12: D12 پرورش داده شد. از برش‌های سیب زمینی (۳×۴ سانتی‌متر) برای تغذیه لاروها و پشه‌ها روی بستر آلوده استفاده شد.

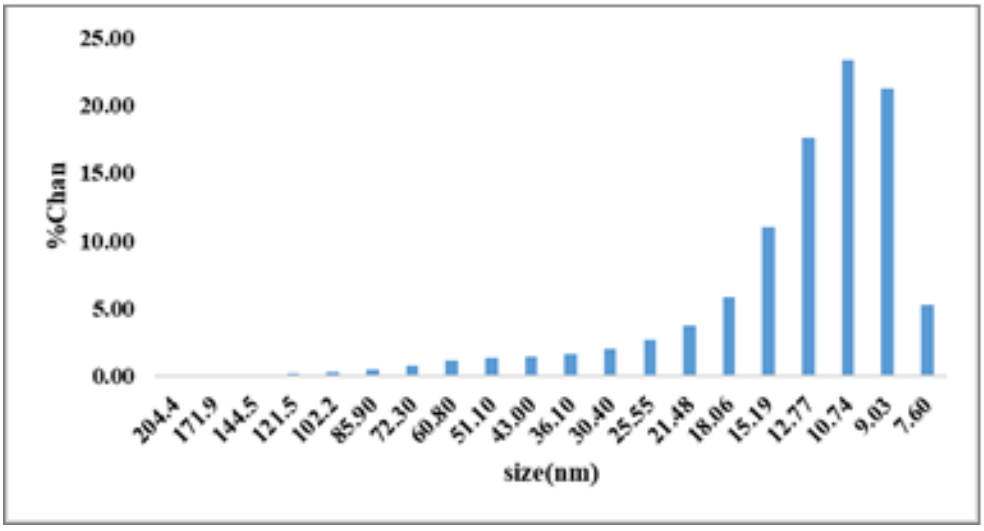
[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

۲۰۱۳ انجام خواهد شد.

نتایج

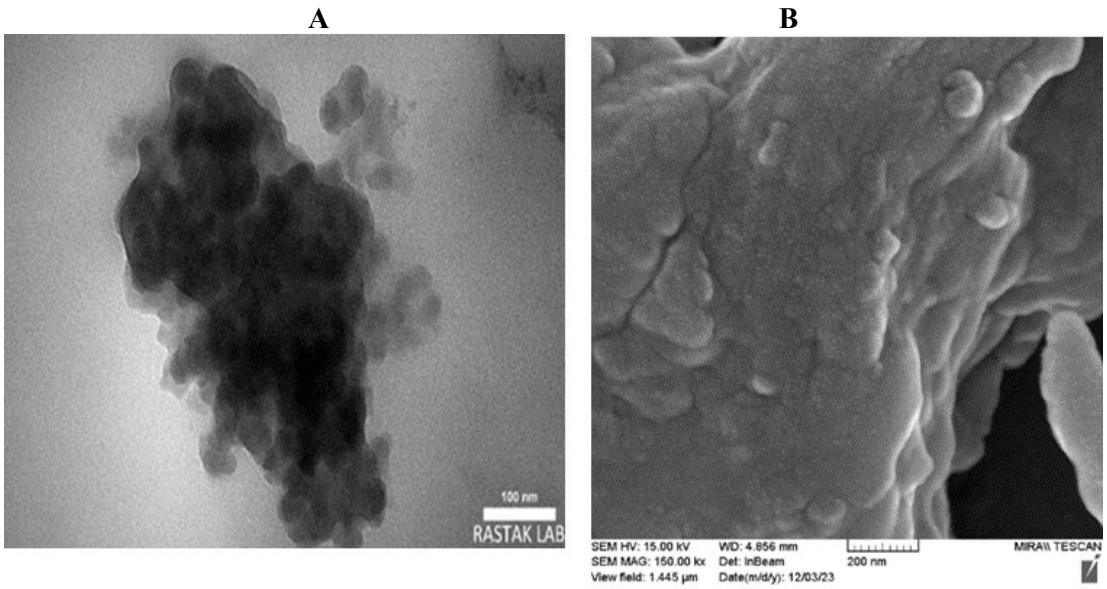
بررسی پایداری فرمولاسیون

با بررسی پایداری فرمولاسیون تهیه شده طی سه ماه متوالی، مشخص شد که محصول به‌طور شفاف و با پایداری خوبی است. همچنین تهیه محلول آبی از نانوحشره‌کش و بررسی پایداری آن برای حداقل سه ماه نشان داد که محلول آبی آن نیز پایداری خوبی دارد. طیف UV بر روی اسپکتروفتومتر Perkin Elmer USA در محدوده ۲۰۰-۴۰۰ نانومتر ثبت شد. علاوه بر این، مقدار کمی از نانوحشره‌کش برای بررسی مورفولوژی و اندازه نانوذرات توسط SEM با استفاده از (MIRA2، TESCAN، جمهوری چک) استفاده شد. ساختار نانوحشره‌کش سنتز شده توسط TEM با استفاده از (Tem Philips em208s, 100kv) مشاهده شد. اندازه ذرات توسط پراکندگی دینامیک نور (DLS)، (Stabisizer 200، آلمان) اندازه‌گیری شد. میانگین اندازه ذرات نانوحشره‌کش‌های سنتز شده با استفاده از تکنیک DLS (پراکندگی دینامیک نور) بین ۱۰ تا ۲۰ نانومتر تعیین شد (شکل ۲). نتایج نشان داد که توزیع اندازه ذرات نانوحشره‌کش در زمان‌های متفاوت (بلافاصله بعد از سنتز و بعد از گذشت زمان) پایداری خوبی در دمای محیط از خود نشان می‌دهد. تصاویر TEM نشان داد که نانوحشره‌کش تهیه شده به‌طور عمده یکنواخت و با شکل کروی هستند. همچنین مورفولوژی نانوحشره‌کش با استفاده از SEM (میکروسکوپ الکترونی روبشی) به‌طور عمده کروی شکل با محدوده اندازه ذرات متوسط حدود ۵۰ نانومتر هستند (شکل ۳ A و B).



شکل ۲- متوسط اندازه ذرات و توزیع نسبی اندازه ذرات نانوحشره‌کش

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]



شکل ۳-(A) تصویر TEM از نانوحشره‌کش، (B) مورفولوژی SEM نانوحشره‌کش

آنالیز اسانس و همچنین نانوحشره‌کش بهینه شده در غلظت‌های مختلف با استفاده از دستگاه اسپکتروسکوپی حضور سیترونلا را در λmax حدود ۲۲۸ نانومتر تأیید کرد. در این پژوهش میزان تأثیر نانوحشره‌کش تهیه شده مورد ارزیابی قرار گرفت و با حشره‌کش تجاری مقایسه شد. نتایج نشان داد که این ترکیبات می‌توانند در کنترل جمعیت پشه‌های سیارید مفید باشند. به‌طور خاص، ۲۵ روز پس از سمپاشی بر روی پشه‌های سیارید حشره‌کش تجاری ایمیداکلروپراید ، ۱۰۰ درصد و نانوحشره‌کش تهیه شده بر پایه اسانس گیاهی دارای میانگین درصد کارایی متوسط ۹۹/۷ درصد بود. این نانوحشره‌کش گیاهی را می‌توان برای مدیریت موثر پشه‌ها استفاده کرد، زیرا آنها یک آفت پایدار در اتاق‌های پرورش قارچ خوراکی هستند. میانگین درصد کارایی آفت‌کش تجاری و نانوحشره‌کش در غلظت‌های بالا و پایین مقایسه شد و نتایج نشان داد که در اکثر موارد، تفاوت قابل‌توجهی بین غلظت‌ها در روزهای ۷، ۱۵ و ۲۰ وجود داشت. این تفاوت زیاد پس از سمپاشی نشان می‌دهد که استفاده از دوزهای بالا برای کارایی خوب و ثابت ارجحیت دارد (جدول ۱). هر یک از آفت‌کش‌های آزمایش‌شده در هفت روز اول پس از سمپاشی، درصد اثربخشی پایین‌تری دارند، اما با گذشت زمان، بر اساس تحلیل روند کارایی آنها در روزهای مختلف پس از سمپاشی، درصد کارایی آنها افزایش می‌یابد (جدول ۱). بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد، میانگین درصد اثربخشی تیمارها علیه پشه سیارید در روزهای مختلف پس از سمپاشی است.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

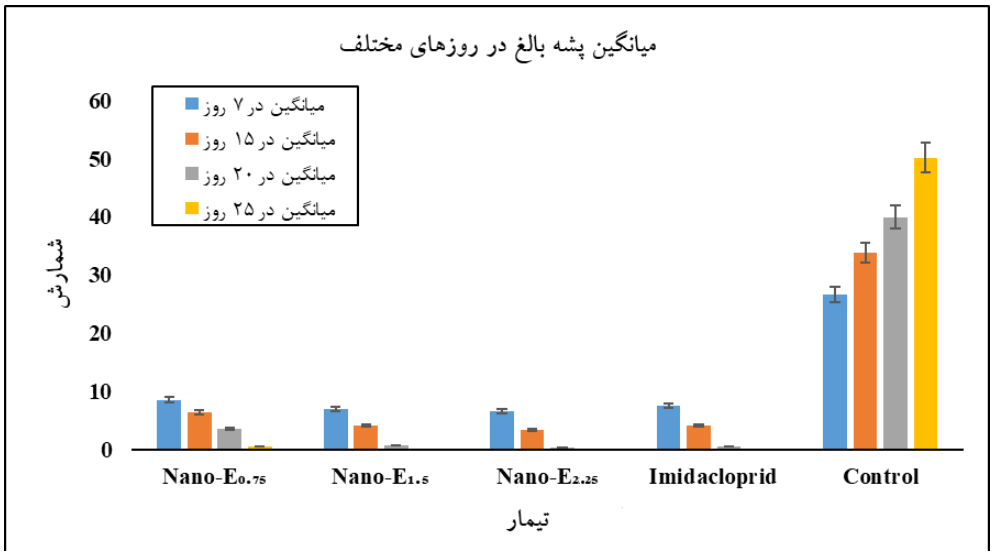
مقایسه میانگین اثر کارایی تیمارهای مختلف نانوحشره‌کش روی پشه‌های سیارید (زنده) در مدت زمان ۲۵-۷ روز را نشان می‌دهد (شکل ۴).

جدول ۱- میانگین درصد کارایی تیمارها علیه پشه‌های سیارید در روزهای مختلف بعد از سمپاشی براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، را نشان می‌دهد

تیمارها	میانگین درصد کارایی در روزهای مختلف بعد از سمپاشی				DF	F_{Vaaluo}	Pr	CV
	۷+روز	۱۵+روز	۲۰+روز	۲۵+روز				
Imidacloprid	71.4^{ac}	87.5^{a}	98.5^{b}	100^{b}	24.5	4.28	0.0064	13.76
$E_{0.75}$-Nano	67.6^{ac}	81^{c}	91^{c}	98.8^{b}	24.5	6.78	0.0005	13.74
$E_{1.5}$-Nano	73.6^{ac}	87.5^{a}	98^{ac}	100^{b}	24.5	9.59	0.0001	26.91
$E_{22.5}$-Nano	75.1^{ac}	89.9^{a}	99^{a}	100^{b}	24.5	6.00	0.001	9.86

*غلظت‌های مختلف نانوحشره‌کش Imidacloprid= 1.75 mg/L, E0.75= 0.75 g/L , E1.5= 1.5 g/L, E2.25= 2.25 g/L
*حروف مشابه در یک ستون اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی انجام و داده‌های حاصل در نرم‌افزار SAS با برنامه Sqrt تجزیه شده و میانگین درصد کارایی تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفت و موثرترین حشره‌کش در کنترل پشه‌های سیارید آفت قارچ خوراکی معرفی شد.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر کارایی تیمارهای مختلف نانوحشره‌کش بر روی پشه‌های سیارید (زنده) در مدت زمان ۲۵-۷ روز)

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش‌ها در مورد مواد کنترل‌کننده پشه به دلیل تقاضای زیاد برای محافظت در برابر مزاحمت پشه‌ها هر روز در حال افزایش است. مهمترین نگرانی افزایش زمان حفاظت از مواد دافع موثر است. توسعه دورکننده‌ها و کنترل‌کننده‌های گیاهی، یک راهکار مهم، برای دستیابی به سیستم‌هایی است که موثرتر و اثرات نامطلوب کمتری دارند. بنابراین، ایجاد فرمولاسیون کارآمد، امکان افزایش جایگزینی آفت‌کش‌های حاوی عصاره‌های گیاهی با آفت‌کش‌های شیمیایی را فراهم می‌کند. برای جلوگیری از تکرار سمپاشی، کاهش سمیت و عوارض جانبی ناشی از آفت‌کش‌های شیمیایی، ازمواد مؤثره گیاهی بومی کشور استفاده شده است. تلاش‌های پژوهشی بر روی فرمول‌هایی با غلظت‌های پایین‌تر از مواد فعال و فناوری‌های رهش پایدار متمرکز شده است. با کاهش تعداد پشه‌ها مانع از ایجاد بیماری‌ها می‌شود. به دلیل ترکیبات نانویی حاوی اسانس‌های گیاهی هزینه‌های سمپاشی کاهش می‌یابد. به دلیل استفاده از عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی این نوع آفت‌کش‌ها مقاومت ایجاد نمی‌کند و همچنین آلودگی محیط زیست ندارد. اثر حشره‌کشی ترکیبات موجود در اسانس به دلیل نفوذ روغن به بافت‌های انگل رخ می‌دهد و عملکردهای فیزیولوژیکی اصلی مگس را تغییر می دهد. اثربخشی، ایمنی و آزمایش دافع‌های گیاهی همراه با برخی پیشرفت‌های جدید در این پژوهش پوشش داده شده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی خاصیت حشره‌کشی نانوفرمولاسیون گیاهی در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه به‌منظور شناسایی حشره‌کش‌های مؤثر گیاهی در کنترل مگس که دغدغه زیست‌محیطی کمتری دارند و با طبیعت سازگار هستند، انجام شد. نتایج این مطالعه به پژوهشگران در درک توسعه پژوهش‌های آفت‌کش‌های زیستی وفرمول‌بندی جهت‌گیری‌های آینده برای این زمینه به‌منظور دستیابی به پایداری کشاورزی کمک خواهد کرد. به‌طور خاص، نانوحشره‌کش گیاهی (با غلظت ۱/۵ گرم بر لیتر اسانس گیاهی) دارای اثربخشی متوسط ۹۹/۷ درصد بود که در مقایسه با حشره‌کش ایمیداکلروپراید (معادل ۱/۷۵ گرم بر لیتر ماده مؤثره) بر روی پشه سیارید ۱۰۰ درصد بودند که با توجه به مزایای نانوحشره‌کش گیاهی از لحاظ زیست محیطی و بقایای مواد شیمیایی در محصولات غذایی می‌تواند نتیجه بسیار قابل قبول و حائز اهمیتی باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که اسانس‌های مبتنی‌بر این نانوحشره‌کش حاوی اسانس گیاهی پس از ۶ ماه نگهداری در محیط آزمایشگاهی و تاریک پایدار هستند. یافته‌های مربوط به پایداری اسانس مبتنی‌بر نانوحشره‌کش را می‌توان پیش‌نیاز امیدوارکننده‌ای برای توسعه

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

فرمول‌های دافع گیاهی در برابر پشه‌های سیارید در نظر گرفت. نتایج این مطالعه به پژوهشگران کمک می‌کند تا توسعه پژوهش‌های آفت‌کش‌های زیستی را درک کنند و جهت‌گیری‌های آینده را برای این زمینه به‌منظور دستیابی به پایداری کشاورزی تدوین کنند. درمزارع و گلخانه‌ها، فرمولاسیون‌های کارآمد حشره‌کش گیاهی به‌منظور مدیریت آفات کشاورزی، به ویژه پشه سیارید، در مزارع و گلخانه‌ها می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. جهت تسهیل تجاری‌سازی و رسوخ این محصولات به بازار، انجام پژوهش‌های کاربردی میدانی و توسعه‌ایی می‌تواند بسیار راهگشا باشد.

تشکر و قدردانی

از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (Iran National Science Foundation: INSF) با کد طرح ۴۰۲۰۲۷۴ جهت حمایت‌های مالی این پروژه تشکر و قدردانی می‌شود.

References فهرست منابع

Alliance D, Santos CBRd, Barbosa LMC, Gomes JS, Lobato CC, Viana JC, Ramos RdS, Ferreira RMdA, Souto RNP. 2017. Chemical study, predictions in silico and larvicide activity of the essential oil of root philodendron deflexum poepp. Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. 14(7): 3330-3337.

Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. 2008. Biological effects of essential oils–a review. Food and Chemical Toxicology. 46(2): 446-475.

Becker N and Lüthy P. 2017. Mosquito control with entomopathogenic bacteria in Europe. Microbial Control of Insect and Mite Pests, Elsevier. 379-392.

Binns E. 1979. Biology and behaviour of sciarid fungus gnats (Dipt., Sciaridae) in relation to swarming and migration. Entomologist's Monthly Magazine. 115: 77-90

Chaudhary S, Kanwar RK, Sehgal A, Cahill DM, Barrow CJ, Sehgal R, Kanwar JR. 2017. Progress on Azadirachta indica based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. Frontiers in plant Science. 8: 610.

Chhipa H and Joshi P. 2016. Nanofertilisers, nanopesticides and nanosensors in agriculture. Nanoscience in Food and Agriculture. 1: 247-282.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

Dhuldhaj UP, Singh R, Singh VK. 2023. Pesticide contamination in agro-ecosystems: toxicity, impacts, and bio-based management strategies. Environmental Science and Pollution Research. 30(4): 9243-9270.

Duke SO, Pan Z, Bajsa-Hirschel J, Boyette CD. 2022. The potential future roles of natural compounds and microbial bioherbicides in weed management in crops. Advances in Weed Science. 40.

Fraceto LF, Grillo R, de Medeiros GA, Scognamiglio V, Rea G, Bartolucci C. 2016. Nanotechnology in agriculture: which innovation potential does it have? Frontiers in Environmental Science. 4: 20.

Glare TR and Nollet LM. 2015. Types of biopesticides. Biopesticides handbook, CRC Press. 7-24.

Hezakiel HE, Thampi M, Rebello S, Sheikhmoideen JM. 2023. Biopesticides: A green approach towards agricultural pests. Applied Biochemistry and Biotechnology. 1-30.

Hussey N. 1969. Biological control of mushroom pests--fact and fantasy. MGA Bulletin. 238: 468–472.

Hussey N and Gurney B. 1968. Biology and control of the sciarid Lycoriella auripila Winn. (Diptera: Lycoriidae) in mushroom culture. Annals of Applied Biology. 62(3): 395-403.

Ibn H and Tyrwhitt T. 1781. Orpheus, Peri lithôn De lapidibus, poema Orpheo a quibusdam adscriptum. Payne, White, and Elmsly, London.

Isman MB. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. Entomol. 51: 45-66.

Jess S and Bingham J. 2004. Biological control of sciarid and phorid pests of mushroom with predatory mites from the genus Hypoaspis (Acari: Hypoaspidae) and the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. Bulletin of Entomological Research. 94(2): 159-167.

Katumanyane A, Kanzi AM and Malan AR. 2020. Sciarid pests (Diptera: Sciaridae) from undercover crop production in South Africa. South African Journal of Science. 116(3-4): 1-6.

Kaur S, Singh HP, Batish DR, Kohli RK. 2011. Chemical characterization and allelopathic potential of volatile oil of Eucalyptus tereticornis against Amaranthus viridis. Journal of Plant Interactions 6(4): 297-302.

Kumar A, Mahla M, Ahir K, Meena N. 2022. Integrated pest management in mushroom cultivation. A Monthly Peer Reviewed Magazine for Agriculture and Allied Sciences. 8.

Murdock RC, Braydich-Stolle L, Schrand AM, Schlager JJ, Hussain SM. 2008. Characterization of nanomaterial dispersion in solution prior to in vitro exposure using dynamic light scattering technique. Toxicological Sciences. 101(2): 239-253.

Najafzadeh Nansa M, Jokarshoorijeh F, Tavakoli Hasanaklou N, Hosseni R, Ghorbanloo M, Mamani L. 2024. Nanoformulation: An efficient approach to natural insect repellent formulations. Journal of Water and Environmental Nanotechnology. 9 (3): 248-262 .

Pavela R and Benelli G. 2016. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. Trends in Plant Science. 21(12): 1000-1007.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

Raiesi Ardali T, Soleimanpour L, Mamani L, Chorom M. 2024. Opportunities and future perspective of nanofertilizers and controlled release nanofertilizers in agriculture. Journal of Water and Environmental Nanotechnology. 9 (2): 223-247 .

Riyajan SA and Sakdapipanich JT. 2009. Development of a controlled release neem capsule with a sodium alginate matrix, crosslinked by glutaraldehyde and coated with natural rubber. Polymer Bulletin. 63: 609-622.

Romeh AA. 2019. Integrated pest management for sustainable agriculture. Sustainability of Agricultural Environment in Egypt: Part II: Soil-Water-Plant Nexus. 215-234.

Sharma G, Thakur K, Raza K, Singh B, Katare O. 2017. Nanostructured lipid carriers: a new paradigm in topical delivery for dermal and transdermal applications. Critical Reviews™ in Therapeutic Drug Carrier Systems. 34(4).

Sharma S, Mulrey L, Byrne M, Jaiswal AK, Jaiswal S. 2022. Encapsulation of essential oils in nanocarriers for active food packaging. Foods. 11(15): 2337.

Singh R, Singh H, Raghubanshi AS. 2019. Challenges and opportunities for agricultural sustainability in changing climate scenarios: a perspective on Indian agriculture. Tropical Ecology. 60: 167-185.

Tavares M, Da Silva MRM, De Siqueira LBDO, Rodrigues RAS, Bodjolle-d'Almeida L, Dos Santos EP, Ricci-Júnior E. 2018. Trends in insect repellent formulations: A review. International Journal of Pharmaceutics. 539(1-2): 190-209.

White P. 1985. Pests and pesticides: The biology and technology of the cultivated mushroom, Chichester, UK: Wiley Publishers.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]

Control of Mushroom Sciarid Fly with an Ecofriendly Nanoinsecticide

Mehrin Najafzadeh Nansa[1], Leila Ma'mani[2]*, Massomeh Ghorbanloo[1]*, Aziz Sheikhi Gorjan[3], Khadijeh Gholampour Ahangarkolaye[4]

1- Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

2- Department of Nanotechnology, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

3- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

4- Nanotechnology Strategic Comitee of Ministry of Agriculture Jihad, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

leila.mamani@yahoo.com

m_ghorbanloo@znu.ac.ir

Abstract

The aim of this research is to present an eco-friendly plant-based insecticide formulated with nanotechnology using plant essential oils. In this regard, a nano-insecticide was initially prepared using the natural polymer chitosan and characterized through scanning and transmission electron microscopy techniques. Its insecticidal potential was evaluated for controlling Sciaridae mosquitoes, a pest affecting edible mushrooms. The average particle size of the prepared nano-insecticide was determined to be below 50 nanometers using Dynamic Light Scattering (DLS) and electron microscopy techniques.After that, various ratios of the nano-insecticide were analyzed, and the most stable nanoformulation was selected for preliminary laboratory tests with three replicates in a greenhouse to assess the treatment effects of the nano-insecticide on Sciaridae mosquitoes infesting edible mushrooms. The plant-based nano-insecticide (at a concentration of 1.5 g/L of plant essential oil) demonstrated an average efficacy of 99.7% in controlling Sciaridae mosquitoes. Compared to the chemical insecticide imidacloprid (at a concentration of 1.75 g/L of active ingredient), which achieved 100% efficacy, the plant-based nano-insecticide offers significant environmental advantages and eliminates concerns regarding chemical residues in food products, making it a highly promising and noteworthy result.

Keywords: Sciarid Fly, Edible Mushroom Pest, Eco-Freindly, Herbal Nano-Insecticide

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-12]