



## تهیه فرمولاسیون میکرومولسیون سایپرمتترین و ارزیابی فعالیت مشرکشی آن روی شته جالیز، *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) در فضای سبز اهواز

زهره فرهادی<sup>۱</sup>، معصومه ضیائی<sup>۱</sup>، مهدی اسفندیاری<sup>۱</sup>، عنایت اله سلیمی<sup>۲</sup> و آرش راسخ<sup>۱</sup>

۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

✉ zohreh.farhadi.scu@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-1759-9980>

✉ m.ziaee@scu.ac.ir <https://orcid.org/0000-0002-8133-1789>

✉ esfandiari@scu.ac.ir <https://orcid.org/0000-0002-0949-5180>

✉ a.rasekh@scu.ac.ir <https://orcid.org/0000-0002-4688-5049>

۲- گروه فارماسیوتیکس، دانشکده داروسازی، مرکز تحقیقات نانوفناوری، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

✉ anayatsalimi2003@yahoo.com <https://orcid.org/0000-0003-1505-7969>

**چکیده:** میکرومولسیون یک فرمولاسیون پایدار و همگن آفت‌کش‌ها بر پایه حلال آبی است که جایگزین مناسبی برای فرمولاسیون امولسیون است. در این مطالعه، فرمولاسیون میکرومولسیون حشره‌کش سایپرمتترین برای کنترل *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae)، یکی از آفات مهم بسیاری از گیاهان زراعی و زینتی طراحی شد. زایلین به‌عنوان حلال مناسب، بر اساس حلالیت مناسب سایپرمتترین انتخاب شد. نمودارهای فاز دیاگرام با روش تیتراسیون آب ساخته شدند. ترکیب‌های میکرومولسیون با استفاده از مخلوط‌های متشکل از سایپرمتترین، سورفکتانت‌های Kenon 10 + SDS، و سورفکتانت کمکی ۱-بوتانول دارای بیشترین سطح میکرومولسینی بوده، و نسبت ۲۰:۳۰:۵۰ آن برای ادامه آزمایش‌ها انتخاب شد. خواص فیزیکی و شیمیایی میکرومولسیون‌های به دست آمده نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. فرمولاسیون میکرومولسیون حاوی ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین بر لیتر تهیه شد. ظاهر میکرومولسیون تهیه شده شفاف بود و اندازه قطرات همه نمونه‌ها کمتر از ۳۵ نانومتر بود. محلول‌پاشی ترکیبات شامل ماده تکنیکال سایپرمتترین ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر بر لیتر، میکرومولسیون سایپرمتترین ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر بر لیتر در شرایط فضای سبز روی ختم چینی، *Hibiscus rosa-sinensis* L. (Malvaceae)، به ترتیب باعث ۲۵/۰۵، ۳۷/۵۴، ۶۰/۷۴ و ۸۳/۹۴ درصد تلفات پوره‌های سن سوم ۴۸ ساعت پس از تیمار شد. بنابراین، فرمولاسیون‌های میکرومولسیون به طور معنی‌داری فعالیت حشره‌کشی بیشتری علیه *A. gossypii* در مقایسه با ماده تکنیکال داشت. در این مطالعه، یک سیستم میکرومولسیون سازگار با محیط زیست برای بهبود کارایی سایپرمتترین برای کنترل جمعیت *A. gossypii* طراحی شد، با این حال، به تحقیقات بیشتری برای ارزیابی رفتار و سرنوشت نهایی در محیط قبل از تجاری سازی نیاز می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** ختم چینی، طراحی فرمولاسیون، فاز دیاگرام، سورفکتانت

### تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۳

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۲

دبیر تخصصی: خلیل طالبی چهارم

**Citation:** Farhadi, Z., Ziaee, M., Esfandiari, M., Salimi, A. & Rasekh, A. (2023) Preparation cypermethrin microemulsion formulation and evaluation its insecticidal activity on *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) in green space of Ahvaz. *J. Entomol. Soc. Iran* 43(1), 73-85.

## مقدمه

فضای سبز در شهرها به عنوان ریه‌های تنفسی شهرنشینان به شمار می‌آید و به همین دلیل فقدان آن به معنی کاهش سلامت در شهرها محسوب شده و تأثیرات پیچیده و پیش بینی نشده‌ای بر زندگی انسان‌ها، و حتی جانوران و گیاهان بر جای گذاشته که در نهایت تعادل زیستی بین انسان، شهر و طبیعت را برهم می‌زند. پارک‌ها و فضاهای سبز شهری از اهمیت استراتژیکی در کیفیت جامعه برخوردار هستند (Lehmann, 2021). فضای سبز علاوه بر بهبود وضعیت زیست محیطی شهرها، شرایط مناسبی را برای گذران اوقات فراغت شهروندان فراهم می‌سازد. مهم‌ترین اثرات فضای سبز در شهرها، تعدیل دما، افزایش رطوبت نسبی و توسعه فضاهای سبز است (Jabbar et al., 2022).

آفات یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو برای نگهداری و توسعه فضای سبز شهری هستند. گیاهان موجود در فضای سبز (درختان، درختچه و گیاهان یکساله) از سوی عوامل مختلفی از جمله آفات، بیماری‌ها، علف هرز و غیره مورد حمله قرار می‌گیرند (Semeraro et al., 2021). شته جالیز *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) Glover از آفات مهم فضای سبز شهری اهواز محسوب می‌شود و روی میزبان گیاهی ختمی چینی نیز گزارش شده است (Rajabpour & Yarahmadi, 2012). این شته به همه اندام‌های هوایی گیاهان میزبان از جمله برگ، ساقه و گل حمله می‌کند. در شرایط آب و هوایی اهواز در

Corresponding author: Masumeh Ziaee (E-mail: [m.ziaee@scu.ac.ir](mailto:m.ziaee@scu.ac.ir))



طول ماه‌های آذر تا اردیبهشت فعالیت دارد و با افزایش دمای هوا و بروز گرمای شدید به حالت دیپوز در پناهگاه‌های مختلف به سر می‌برد. داده‌های به دست آمده از بررسی دینامیسم جمعیت *A. gossypii* روی ختمی چینی در اهواز نشان داد که اوایل ظهور شته، بهترین زمان برای کنترل و یا کاهش شدید جمعیت این آفت می‌باشد. چنانچه در اوایل ظهور شته جالیز که تراکم آن نسبتاً پایین است کنترل مناسبی صورت نگیرد، این آفت قادر است که جمعیت خود را به صورت تصاعدی افزایش دهد (Rajabpour & Yarahmadi, 2012).

شته جالیز، *A. gossypii*، بعنوان گونه‌ای همه جازی و پلی‌فاژ شناخته می‌شود که به طور گسترده در مناطق گرمسیری، نیمه گرمسیری و معتدل انتشار دارد. این شته از طریق تغذیه از شیرهی گیاه باعث آسیب مستقیم و با انتقال ویروس باعث آسیب غیرمستقیم به گیاه می‌شود. این شته ناقل بیماری ویروسی در طیف وسیعی از گیاهان است. عسلک تولید شده توسط شته جالیز *A. gossypii* روی گیاهان باعث ایجاد کپک دوده (فوماژین) (Fumagin) شده و آسیب‌های جدی روی گیاهان ایجاد می‌کند (Ebert & Cartwright, 1997; Alford, 2012).

از انواع حشره‌کش‌های ارگانوفسفاته‌ها (Organophosphates)، کاربامات‌ها (Carbamates)، پیرتروئیدها (Pyrethroids)، نئونیکوتینوئیدها (Neonicotinoids) و غیره برای کنترل شته‌های جالیز استفاده شده است و این امر منجر به ایجاد مقاومت در برابر بسیاری از حشره‌کش‌ها شده است (Shi et al., 2023; Suann et al., 2015; Gore et al., 2013). سایرترین، یک حشره‌کش غیرسیستمیک، تماسی و گوارشی، متعلق به گروه پیرتروئیدها بوده و روی طیف وسیعی از آفات تأثیرگذار است. سایرترین در محل اصلی فعالیت خود، از طریق باز نگه داشتن طولانی کانال سدیم، منجر به تحریک بیش از حد سیستم عصبی مرکزی در حشره می‌شود و علاوه بر کانال سدیم، کانال‌های کلرید، کلسیم و پتاسیم ولتاژدار را نیز تعدیل می‌کند، فعالیت گیرنده‌های گلوتامات و استیل کولین و آدنوزین تری فسفات‌ها را تغییر داده و باعث آسیب به DNA در سلول‌های عصبی می‌شود (Singh et al., 2012).

با توجه به این که کنترل شته جالیز در فضای سبز شهری به سادگی عملی نبوده و اهمیت دوچندان مسائل زیست محیطی، استفاده از ترکیبات مناسب و مؤثر در محیط شهرها را می‌طلبد (Damalas & Eleftherohorinos, 2011)، بررسی روشی مناسب، ایمن و اقتصادی از جمله استفاده از میکرومولسیون آفت-کش، می‌تواند در نیل به این هدف و در کنترل این آفت مؤثر باشد. میکرومولسیون آفت‌کش ترکیبی بر پایه آب است و به یکی از بالقوه‌ترین فرمولاسیون‌های آفت‌کش به جای آفت‌کش‌های امولسیونی در سال‌های اخیر تبدیل شده است. میکرومولسیون دارای مزایای منحصر به فردی مانند پایداری ترمودینامیکی، ظاهر شفاف و رقیق شدن کامل در آب می‌باشد. اندازه قطرات فاز پراکنده در سیستم میکرومولسیون معمولاً بسیار کوچک و قطر آن‌ها کمتر از ۱۰۰ نانومتر است. اندازه‌ی کوچک قطرات باعث کاهش کشش سطحی و در نتیجه افزایش اثربخشی آفت‌کش می‌شود (Wang et al., 2017). مطالعه حاضر به منظور تهیه و بررسی ویژگی‌های فرمولاسیون میکرومولسیون سایرترین انجام شد. همچنین، اثر حشره‌کشی فرمولاسیون میکرومولسیون سایرترین روی شته جالیز، *A. gossypii*، در شرایط آزمایشگاهی و فضای سبز اهواز مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

**پرورش شته جالیز.** شته جالیز *A. gossypii*، با نمونه‌برداری از گیاهان ختمی چینی (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) موجود در فضای سبز شهری اهواز (31°18'12.85" N, 48°39'30.14" E) جمع‌آوری شد. سپس، اسلاید شته‌ها تهیه و گونه *A. gossypii* شناسایی شد. شته‌ها روی خیار (*Cucumis sativus*) رقم نگین پرورش داده شدند. بذر خیار در گلدان‌های پلاستیکی ۴ لیتری حاوی خاک اره کود داده شده (N: P: K = ۲۰: ۲۰: ۲۰) کاشته شد. گلدان‌ها در قفسه توری با شرایط دمایی ۲۲±۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (روشنایی به تاریکی) پرورش داده شدند (Almasi et al., 2018).

**همگن‌سازی (ایجاد کوهورت) شته جالیز.** جهت انجام آزمایش‌ها، جمعیت هم‌سن شته جالیز مورد نیاز است. بنابراین، حشرات کامل شته‌های بکرزا روی دیسک برگ‌ی ختمی چینی در ظروف پتری (قطر ۵ و ارتفاع ۱ سانتی‌متر) حاوی محلول آگار (۱/۲ درصد) قرار داده شدند. پس از ۱۲ ساعت، حشرات کامل شته حذف و پوره‌های هم‌سن تا رسیدن به سن مورد نظر پرورش داده شدند. به منظور تهیه، روی درپوش هر ظرف پتری، سوراخی به قطر دو سانتی‌متر ایجاد و با توری ارگان‌زا پوشیده شد. هم‌سن‌سازی شته در آزمایشگاه سم شناسی، گروه گیاهپزشکی با شرایط محیطی انجام شد.

**حشره‌کش مورد آزمایش.** ماده تکنیکال سایرترین (۹۸٪) از شرکت گل‌سم گرگان تهیه شد.

### تهیه فرمولاسیون میکرومولسیون سایرترین

**مواد مورد استفاده.** زایلین، کلروفرم، دی کلرومتان، اتیل استات و استون از شرکت Merck KGaA (دارمشتات، آلمان) تهیه و به عنوان حلال استفاده شدند. متانول، اتانول، ۱- بوتانول و n- هیتان به عنوان سورفکتانت کمکی از شرکت Merck KGaA (دارمشتات، آلمان) تهیه شدند. نونیل فنول پلی اتیلن گلیکول اتر (Kenon 10) از شرکت شیمیایی کیمیاگران (تهران، ایران) تهیه شد. سدیم دودسیل سولفات (SDS)، سدیم لوریل سولفات (SLS) و سوربیتان مونولات (Span 80) از شرکت Merck KGaA (دارمشتات، آلمان) خریداری شدند. پلی سوربات ۶۰ (توئین ۶۰) از شرکت KBR (هیوستون، ایالات متحده آمریکا) خریداری شد. در همه آزمایش‌ها از آب مقطر استفاده شد.

**انتخاب حلال.** تهیه فرمولاسیون میکرومولسیون سایرترین از روش Shao et al., (2018) انجام شد. مرحله اول انتخاب حلال مناسب برای حل کردن ماده تکنیکال سایرترین بود. برای این منظور چند حلال شامل زایلین، کلروفرم، دی کلرومتان، اتیل استات و استون برای بررسی حلالیت سایرترین انتخاب شدند. سپس مقدار ۵ گرم ماده تکنیکال داخل لوله آزمایش ریخته شد و توسط هر یک از حلال‌های جداگانه به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. لوله آزمایش به مدت ۳۰

دقیقه ورتکس با مدل VF1 تولید کمپانی IKA<sup>®</sup>-Werke GmbH & Co. KG (اشتاوفن، آلمان) و سپس به مدت ۷۲ ساعت توسط دستگاه شیکر با مدل VXR تولید کمپانی IKA<sup>®</sup>-Werke GmbH & Co. KG (اشتاوفن، آلمان) هم زده شد. لوله‌های آزمایش ذکر شده به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه با سانتریفیوژ با مدل S 2100, Kubota Corp) S 2100 SUV (اوساکا، ژاپن) سانتریفیوژ شدند. سپس میزان حلالیت مواد تکنیکال در هریک از حلال-ها بررسی شد. محلول رویی (supernatant) برداشته و توسط فیلتر ۰/۴۵ میکرون فیلتر شد. غلظت مواد تکنیکال توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UNICO Model 2100 series (نیوجرسی، آمریکا) تعیین شد. طول موج جذب ماکزیمم سایپرمترین ۵۵۹ نانومتر است (Janghel et al., 2007). جذب در طول موج ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر بررسی شد و زایلین بعنوان بهترین حلال انتخاب شد. محدودیتی برای انحلال سایپرمترین در زایلین وجود نداشته و حلالیت سایپرمترین در زایلین بیش از ۴۵۰ گرم بر لیتر (WHO, 1989)، و زتا-سایپرمترین ۱۰۰۰ گرم بر لیتر (FAO, 2019) گزارش شده است. از این‌رو، به منظور سنتز فرمولاسیون سایپرمترین، محلول حاوی ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمترین بر لیتر تهیه و در آزمایش‌ها استفاده شد.

**انتخاب سورفکتانت، و سورفکتانت کمکی.** دو نوع سورفکتانت مختلف برای هر نوع فرمولاسیون مورد استفاده قرار گرفت و نسبت سورفکتانت یک به سورفکتانت دو در همه موارد ۴ به ۱ در نظر گرفته شد. برای تعیین سورفکتانت مؤثر، سایپرمترین با درصد وزنی ۲۵ درصد (مقدار ۲۵۰ گرم بر لیتر) در لوله‌های آزمایش در زایلین به عنوان حلال حل شد. سورفکتانت‌های مختلف طبق جدول ۱ به لوله‌های آزمایش اضافه شدند. ظاهر فرمولاسیون میکرومولسیون ثبت شد. سپس، لوله‌های آزمایش به مدت ۲۴ ساعت در حمام آب در دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند و پس از ۲۴ ساعت مجدداً کیفیت هر فرمولاسیون میکرومولسیون به صورت چشمی تعیین و در جدول ۱ گزارش شد. سورفکتانت کمکی ۱-بوتانول (Singla & Patanjali, 2013; Pratap & Bhowmick, 2008) در تولید فرمولاسیون میکرومولسیون مورد استفاده قرار گرفت. نسبت سورفکتانت به سورفکتانت کمکی شامل ۱:۱، ۱:۲، ۱:۴ و ۱:۸ در نظر گرفته شد. مخلوط سورفکتانت‌ها، و سورفکتانت کمکی Smix گفته می‌شود.

**تعیین فاز دیاگرام تهیه فرمولاسیون میکرومولسیون سایپرمترین.** سایپرمترین به مقدار ۲۵۰ گرم بر لیتر تهیه شد و در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، ۱-بوتانول به عنوان سورفکتانت کمکی در تهیه فرمولاسیون میکرومولسیون مورد استفاده قرار گرفت. برای هر فاز دیاگرام، نسبت فاز روغنی (ماده تکنیکال حل شده در حلال روغنی) و Smix در نسبت‌های مختلف وزنی از ۱:۹ به ۹:۱ (شامل ۱:۹، ۲:۸، ۳:۷، ۴:۶، ۵:۵، ۶:۴، ۷:۳، ۸:۲، ۹:۱) در لوله‌های آزمایش شیشه‌ای مخلوط و با آب مقطر محلول‌ها رقیق شدند. تیتراسیون آهسته با فاز آبی در هر نسبت وزنی از محلول (یعنی قطره قطره آب به مخلوط اضافه شد) و در حالی انجام شد که محلول به صورت آهسته روی ورتکس هم زده شد. سپس شفافیت میکرومولسیون روغن در آب به صورت چشمی بررسی و ثبت شد. وضعیت فیزیکی میکرومولسیون روی فاز دیاگرام در سه محور فاز آبی، روغنی و مخلوطی از سورفکتانت و سورفکتانت کمکی (Smix) در نسبت‌های وزنی مشخص توسط نرم‌افزار Sigma plot نسخه ۱۱ رسم شد. مساحت میکرومولسیون در هر فاز دیاگرام توسط نرم‌افزار ImageJ تعیین شد.

**تعیین ویژگی‌های فرمولاسیون میکرومولسیون سایپرمترین.** بیشترین مساحت میکرومولسیونی مربوط به فاز دیاگرام سایپرمترین با سورفکتانت کنون ۱۰ و اس‌دی‌اس، و نسبت ۴ به ۱ سورفکتانت به سورفکتانت کمکی بود که سطح آن ۵۱ درصد محاسبه شد. این فاز دیاگرام (با توجه به این که بیشترین مساحت میکرومولسیونی را داشت) و برای اندازه‌گیری ویژگی‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای این که تاثیر مقدار ماده مؤثر در فعالیت حشره‌کشی آن تعیین شود، فرمولاسیون میکرومولسیون حاوی ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمترین بر لیتر تهیه شد.

**مطالعات پایداری دمایی.** فرمولاسیون‌ها از نظر پایداری دمایی بر اساس روش Shao et al. (2018) مورد بررسی قرار گرفتند. میکرومولسیون‌های تهیه شده به مدت ۱۴ روز به طور جداگانه در آون با مدل شیماز ۹۴۰۱۰۴، ایران در دمای ۵۴ درجه سلسیوس و در یخچال تنظیم شده در دمای صفر درجه سلسیوس نگهداری شدند. بعد از گذشت ۱۴ روز، شکل ظاهری فرمولاسیون (شفافیت، کدری، دو فاز شدن و غیره) یادداشت شد. فرمولاسیون‌هایی که شفافیت خود را حفظ کردند به عنوان میکرومولسیون پایدار در نظر گرفته شدند و در آزمایش‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفتند. برای بررسی پایداری ترمودینامیکی، فرمولاسیون‌ها به مدت ۴۸ ساعت در فریزر ۲۱- درجه سلسیوس و سپس ۴۸ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) نگهداری شدند و شکل ظاهری هر فرمولاسیون ثبت شد. فرمولاسیون‌هایی که بعد از آزمایش ترمودینامیکی پایداری خود را حفظ کردند (یخ زدگی، دو فاز، لختگی، کرمی شدن و علائم دیگری در آن‌ها مشاهده نشد)، برای تعیین ویژگی‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفتند.

**تعیین اندازه و توزیع ذرات.** اندازه و توزیع ذرات میکرومولسیون توسط دستگاه Laser Light Scattering (LS) مدل Scatterscop Qudix (سئول، کره جنوبی) تعیین شد. برای این منظور ۰/۱ میلی‌لیتر از هر فرمولاسیون در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در استوانه مدرج ریخته شد و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) هم زده شد. اندازه‌گیری ذرات با سه تکرار انجام شد.

**اندازه‌گیری پتانسیل زتا و رسانایی.** پتانسیل زتا و رسانایی نمونه‌ها توسط دستگاه Malvern Zetasizer با مدل Nano-ZS ZEN 3600، آمریکا اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها در کووت‌های زتا یکبار مصرف شفاف قرار داده شدند و نتایج ثبت شد. قبل از قراردادن هر نمونه، کووت‌ها با متانول شسته شدند و با استفاده از نمونه‌ای که قبل از هر آزمایش اندازه‌گیری می‌شد، شستشو داده شدند (Moghimpour et al., 2013).

**تعیین اسیدیته فرمولاسیون‌های میکرومولسیون.** اسیدیته هر فرمولاسیون میکرومولسیون با استفاده از دستگاه pH-meter مدل ۸۲۷، هریزاو، سوئیس، تعیین شد.

**تست رنگ سنجی.** برای تعیین نوع فرمولاسیون میکرومولسیون از تست رنگ سنجی استفاده شد. محلول متیلن بلو ۱۰ میکرولیتری به ۱۰ میلی‌لیتر از هر میکرومولسیون اضافه شد. اگر فاز پیوسته آب باشد (امولسیون O/W)، رنگ به طور یکنواخت در سراسر سیستم میکرومولسیون حل می‌شود. اگر فاز پیوسته روغن (امولسیون W/O) باشد، رنگ به صورت خوشه‌ای و یا گلوله‌ای شکل روی سطح سیستم باقی می‌ماند (Yadav et al., 2018).

**تعیین ساختار درونی میکرومولسیون.** ساختار درونی و شکل ذرات میکرومولسیون به وسیله میکروسکوپ الکترونی عبوری (Transmission Electron Microscope (TEM) مدل Zeiss LEO 906 E (فراپورگ، آلمان) در ولتاژ ۸۰ کیلو ولت تعیین شد. برای این منظور، یک قطره از هر فرمولاسیون میکرومولسیون با اسید فسفو تنگستیک رنگ‌آمیزی شد و روی گرید مسی قرار گرفت.

**بررسی سمیت تماسی فرمولاسیون میکرومولسیون حشره‌کش‌ها روی شته جالیز در شرایط آزمایشگاهی.** غلظت‌های سایپرمترین بر اساس روش Cruces et al. (2021) برای بررسی فعالیت حشره‌کشی در شرایط آزمایشگاهی انتخاب شدند. سمیت تماسی فرمولاسیون‌های میکرومولسیون حشره‌کش‌های سایپرمترین به روش غوطه‌وری برگ با کمی تغییر انجام شد (Cui et al., 2016; Almasi et al., 2018). آزمایش در ظرف‌های پتری با قطر داخلی ۶ سانتی‌متر که درپوش آن‌ها برای ایجاد تهویه با تور پوشانده شده بود، انجام شد. برگ‌های ختمی چینی به قطر ۴ سانتی‌متر بریده شده و به مدت ۱۰ ثانیه در دو غلظت ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام هر حشره‌کش به تنهایی، فرمولاسیون میکرومولسیون هر حشره‌کش و تیمار شاهد غوطه‌ور شدند. برای تیمار سایپرمترین، ماده تکنیکال آن (۱۵۰ و ۲۵۰ گرم بر لیتر) در محلول استون ۰/۰۵ درصد حل شد. برای تیمار شاهد، محلول استون ۰/۰۵ درصد (بدون ماده تکنیکال) تهیه شد. برگ‌ها به مدت ۱ ساعت روی کاغذ صافی گذاشته شدند تا آب سطحی روی آن‌ها خشک شود. در کف پتری‌دیش‌ها کاغذ صافی خیس شده جهت مرطوب نگه داشتن برگ گذاشته شد. سپس، برگ‌ها از بخش پشتی در ظرف‌های پتری گذاشته شده و با استفاده از یک قلم موی ظرف ۱۰ عدد پوره سن سوم شته روی برگ‌ها انتقال داده شدند. آزمایش‌ها در ۶ تکرار برای هر تیمار انجام شد. پتری‌دیش‌ها به اتاقک رشد تنظیم شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (روشنایی: تاریکی) نگهداری شدند. شمارش تلفات ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تیمار به وسیله استریومیکروسکوپ نیکون مدل SMZ800، ژاپن انجام شد. پوره‌هایی که پس از تماس با قلم مو هیچ حرکتی نداشتند، مرده در نظر گرفته شدند.

**سمیت تماسی فرمولاسیون میکرومولسیون حشره‌کش‌ها روی شته جالیز در شرایط فضای سبز.** بررسی فعالیت حشره‌کشی فرمولاسیون‌های میکرومولسیون سایپرمترین در شرایط فضای سبز بر اساس روش (Ali et al., 2021) با کمی تغییر انجام شد. با توجه به نتایج آزمایشگاهی، غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام به طور معنی‌داری تلفات بیشتری نسبت به ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام روی پوره‌های شته ایجاد کرد؛ از این‌رو غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام برای بررسی سمیت تماسی حشره‌کش‌ها روی شته جالیز در شرایط فضای سبز انتخاب شد. حشره‌کش‌های مورد آزمایش در غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام تهیه و محلول‌پاشی صبح زود روی درختچه‌های ختمی چینی موجود در فضای سبز دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز که آلوده به شته جالیز بودند انجام شد. محلول‌پاشی توسط سم-پاش دستی صورت گرفت و برای جلوگیری از تداخل اثر سموم، بعد از هر بار سمپاشی، سمپاش مورد استفاده کاملاً شستشو داده شد. برای تیمار شاهد از آب-پاشی استفاده شد. تعداد ۱۰ عدد شته زیر هر برگ ختم چینی در نظر گرفته شد، و برای جلوگیری از فرار شته‌ها، روی هر برگ قفس گیره‌ای (Clip cage) گذاشته شد. برای تهیه قفس گیره‌ای (Clip cage) از پتری‌دیش به قطر ۶ سانتی‌متر استریل استفاده شد؛ و روی دهانه پتری دیش به ارتفاع یک سانتی‌متر ابر گذاشته شد. آزمایش بر اساس طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد، و برای هر تیمار ۳ درختچه (بلوک) و در هر درختچه دو قفس گیره‌ای (Clip cage) گذاشته شد. شمارش درصد تلفات شته‌ها ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از سمپاشی انجام شد. در هر بار شمارش، شته‌هایی که با تحریک سوزن تحرکی نداشتند مرده در نظر گرفته شدند.

**تجزیه آماری داده‌ها.** رسم فاز دیاگرام با نرم افزار Sigma plot نسخه ۱۱ انجام شد. مساحت میکرومولسیونی (قسمت هاشورزده فاز دیاگرام) با نرم‌افزار ImageJ محاسبه شد. نرمال بودن داده‌های درصد تلفات توسط آزمون Shapiro-Wilk مورد بررسی قرار گرفت. درصد تلفات در گروه شاهد با استفاده از فرمول آبوت تصحیح شد (Abbott, 1925). برای هر غلظت به طور جداگانه، تجزیه واریانس داده‌های آزمایشگاهی با آنالیز واریانس یک‌طرفه صورت گرفت. در هر تیمار، مقایسه بین غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام با آزمون Independent sample t-test صورت گرفت. تجزیه واریانس داده‌های مزرعه‌ای با طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. مقایسه آماری داده‌ها با استفاده از آزمون توکی (Tukey's test) در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام شد. همه آنالیزها با نرم افزار SPSS 16 انجام شد (IBM Corp., 2007).

## نتایج

**انتخاب سورفکتانت.** سورفکتانت مناسب برای تهیه فرمولاسیون میکرومولسیون سایپرمترین در جدول ۱ نشان داده شده است. در مطالعه حاضر سورفکتانت‌های غیریونی مختلف برای تهیه سیستم میکرومولسیونی زیست سازگار و بهینه عرضه شد.

**فاز دیاگرام تهیه فرمولاسیون میکرومولسیون سایپرمترین.** فرمولاسیون‌های میکرومولسیون سایپرمترین با مخلوط سورفکتانت، سورفکتانت کمکی و نسبت‌های آن‌ها برای ماده تکنیکال سایپرمترین سنتز شدند و نمودار فاز دیاگرام آن‌ها ترسیم شد (شکل ۱). شکل (A) فاز دیاگرام سایپرمترین حاوی سورفکتانت کنون ۱۰ و اس-دی‌اس را نشان می‌دهد. در نسبت ۱:۱ سورفکتانت به سورفکتانت کمکی، ۴۳/۶ درصد مساحت میکرومولسیونی (هاشور خورده) است. در نسبت ۱:۲ سورفکتانت به سورفکتانت کمکی، حدود ۴۷/۶ درصد میکرومولسیون و در نسبت ۱:۴ از سورفکتانت به سورفکتانت کمکی، حدود ۵۱ درصد مساحت میکرومولسیونی در فاز دیاگرام ایجاد شد که بیشترین

درصد تشکیل امولسیون در نسبت ۱:۴ مشاهده شد و برای ادامه آزمایش‌ها استفاده شد. شکل (B) فاز دیاگرام سایپرمتترین حاوی سورفکتانت‌های کنون ۱۰ و اس‌دی‌اس را نشان می‌دهد. در نسبت ۱:۱ از سورفکتانت به سورفکتانت کمکی، ۲۶/۲ درصد میکروامولسیون تشکیل شد. در نسبت ۱:۲ و ۱:۴ از سورفکتانت به سورفکتانت کمکی به ترتیب حدود ۳۰/۵ و ۳۲/۲ درصد امولسیون (ناحیه هاشور خورده) تشکیل شد. باتوجه به اینکه درصد امولسیون شدن هر سه نسبت مورد آزمایش بسیار کم بود، این ترکیب‌ها از دور خارج شدند. شکل (C) نمودارهای فاز دیاگرام سایپرمتترین حاوی سورفکتانت‌های کنون ۱۰ و اسپن ۸۰ است. در نسبت ۱:۱ از سورفکتانت به سورفکتانت کمکی، ۱۰ درصد میکروامولسیون تشکیل شد. در نسبت ۱:۲ حدود ۲۲/۵ درصد امولسیون تشکیل شده است. همچنین در نسبت ۱:۴ از سورفکتانت به سورفکتانت کمکی حدود ۲۹ درصد ناحیه هاشور خورده است. باتوجه به اینکه درصد امولسیون شدن هر سه نسبت مورد آزمایش بسیار کم بود، این ترکیب‌ها از دور خارج شدند. شکل (D) نمودارهای فاز دیاگرام فرمولاسیون میکروامولسیون سایپرمتترین حاوی سورفکتانت‌های تونین ۲۰ و اس‌دی‌اس را نشان می‌دهد. در نسبت ۱:۱ از سورفکتانت به سورفکتانت کمکی، ۳۰/۸ درصد میکروامولسیون تشکیل شده است. در نسبت ۱:۲ حدود ۳۱/۷ درصد امولسیون تشکیل شده است. همچنین در نسبت ۱:۴ از سورفکتانت به سورفکتانت کمکی حدود ۳۲/۲ درصد ناحیه هاشور خورده است. باتوجه به اینکه درصد امولسیون شدن هر سه نسبت مورد آزمایش بسیار کم بود، این ترکیب‌ها از دور آزمایش خارج شدند. شکل (E) فاز دیاگرام سایپرمتترین حاوی سورفکتانت‌های تونین ۶۰ و اسپن ۸۰ را نشان می‌دهد. در نسبت ۱:۱ از سورفکتانت به سورفکتانت کمکی، ۳/۳ درصد میکروامولسیون تشکیل شده است. در نسبت ۱:۲ حدود ۱۹/۵ درصد امولسیون تشکیل شده است. همچنین در نسبت ۱:۴ از سورفکتانت به سورفکتانت کمکی حدود ۲۷/۲ درصد ناحیه هاشور خورده است. با توجه به این که درصد امولسیون شدن هر سه نسبت مورد آزمایش بسیار کم بود، این ترکیب‌ها از دور خارج شدند.

**تعیین پایداری فرمولاسیون‌های میکروامولسیون سایپرمتترین.** فاز روغنی مورد استفاده در سیستم میکروامولسیون حاوی ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین بر لیتر بود. بر اساس نتایج پایداری دمایی، سیستم میکروامولسیون تایید شده برای سایپرمتترین در حلال زایلین ترکیب کنون ۱۰+ اس‌دی‌اس+۱- بوتانول با نسبت ۱:۴ بود. برای این سیستم میکروامولسیون سه نقطه در فاز دیاگرام آن با نسبت‌های مختلف روغن Smix: آب انتخاب شد (جدول ۲). بر اساس نتایج پایداری ذوب-انجماد چهار ترکیب Smix میکروامولسیون سایپرمتترین مخلوط با روغن و آب، کنون ۱۰+ اس‌دی‌اس+۱- بوتانول، با نسبت ۱:۴ سورفکتانت به سورفکتانت کمکی، فقط در نسبت ۳۰:۳۰:۴۰ فاز روغنی Smix: فاز آبی میکروامولسیونی شفاف ایجاد کرد. در صورتی که در نسبت‌های ۴۰:۴۰:۲۰، در گرما و سرما ژله‌ای شد، و در نسبت ۱۰:۲۵:۶۵ در دمای صفر درجه سلسیوس دو فاز تشکیل شد. بنابراین، فرمولاسیون کنون ۱۰+ اس‌دی‌اس+۱- بوتانول، با نسبت ۱:۴ سورفکتانت به سورفکتانت کمکی، در نسبت ۳۰:۳۰:۴۰ فاز روغنی Smix: فاز آبی به صورت میکروامولسیون شفاف ایجاد شده و برای ادامه آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲).

### تعیین ویژگی‌های فرمولاسیون‌های میکروامولسیون سایپرمتترین

**تعیین میانگین اندازه ذرات.** بر اساس جدول ۳، کمترین میانگین اندازه ذرات مربوط به فرمولاسیون میکروامولسیون حاوی ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین بر لیتر به ترتیب ۳۳/۰ و ۱۲/۵۰ نانومتر به دست آمد.

**تعیین پتانسیل زتا و رسانایی فرمولاسیون‌های میکروامولسیون سایپرمتترین.** مقدار پتانسیل زتا مربوط به فرمولاسیون میکروامولسیون حاوی ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین بر لیتر در جدول ۳ نشان داده شده است. هر دو فرمولاسیون میکروامولسیون سایپرمتترین دارای پتانسیل زتا منفی هستند. محتمل است که سورفکتانت کنون باعث ایجاد پتانسیل زتا منفی شده باشد. مقدار رسانایی فرمولاسیون میکروامولسیون حاوی ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین بر لیتر به ترتیب ۰/۶۵۶ و ۰/۹۱۵ میلی‌ثانیه در سانتی‌متر به دست آمد. بنظر می‌رسد با افزایش درصد ماده مؤثر سایپرمتترین پتانسیل زتا منفی‌تر شده و رسانایی بیشتر می‌شود.

### جدول ۱- سنجش غربالگری سورفکتانت‌های بهینه برای سایپرمتترین با زایلین به عنوان حلال

**Table 1.** Assay of screening optimal surfactants for cypermethrin with xylene as a solvent

Code	Surfactant 1	HLB	Surfactant 2	HLB	Appearance	Appearance after 24 h
1	Nonylphenol Polyethylene Glycol Ether (Kenon 10)	13.3-14	Sodium dodecyl sulfate (SDS)	40	Transparent solution	Transparent
2	Nonylphenol Polyethylene Glycol Ether (Kenon 10)	13.3-14	Sodium lauryl sulfate (SLS)	40	Transparent solution	Transparent
3	Nonylphenol Polyethylene Glycol Ether (Kenon 10)	13.3-14	Sorbitan monooleate (Span 80)	4.3	White, turbid	Destabilization
4	Polysorbate 20 (Tween 20)	16.7	sodium dodecyl sulfate (SDS)	40	White, turbid	Destabilization
5	Polysorbate 60 (Tween 60)	14.9	Sorbitan monooleate (Span 80)	4.3	White, turbid	Destabilization

The ratio of surfactant 1 to surfactant 2 was 1:4.

**جدول ۲- مطالعات پایداری ذوب- انجماد فرمولاسیون میکرومولسیون حاوی ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین بر لیتر.**

**Table 2.** Melting-freezing stability studies of microemulsion formulations containing 150 and 250 g a.i./L of cypermethrin.

Cypermethrin content (g a.i./L)	Smix type	Oil: Smix: H <sub>2</sub> O	High temperature stability	Low temperature stability	Freeze thaw cycles	Approved /rejected
150	Kenon10+ SDS+1-Butanol, Ratio 4:1	20:40:40	Gelly	Gelly and Frozen	Turbidity	Rejected
		30:30:40	Transparent	Transparent, no precipitate	Transparent	Approved
		10:25:65	Transparent	The biphases with the milky turbid at above	Turbidity	Rejected
250	Kenon10+ SDS+1-Butanol, Ratio 4:1	20:40:40	Transparent	Transparent	The biphases with the milky turbid at above	Rejected
		30:30:40	Transparent	Transparent	Transparent, no precipitate	Approved
		10:25:65	Gelly	The biphases with the milky turbid above	Turbidity	Rejected

a.i.= active ingredient

**تعیین اسیدیته فرمولاسیون‌های میکرومولسیون سایپرمتترین.** مقدار اسیدیته فرمولاسیون میکرومولسیون ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین بر لیتر به ترتیب ۵/۹۲۳ و ۶/۳۲۳ به دست آمد (جدول ۳).

**تست حلالیت رنگ آمیزی فرمولاسیون‌های میکرومولسیون سایپرمتترین.** در تست رنگ آمیزی، رنگ به طور یکنواخت در سراسر سیستم فرمولاسیون-های سایپرمتترین حل شد، بنابراین فاز پیوسته آب بوده و نوع میکرومولسیون روغن در آب می‌باشد (جدول ۳).

**شکل و ساختار فرمولاسیون‌های میکرومولسیون سایپرمتترین.** شکل و ساختار میکروسکوپ الکترونی عبوری فرمولاسیون‌های میکرومولسیون ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین بر لیتر در شکل ۲ نشان داده شده است. نانوذرات آفت کش کروی شکل و اندازه قطرات آن‌ها کمتر از ۵۰ نانومتر است.

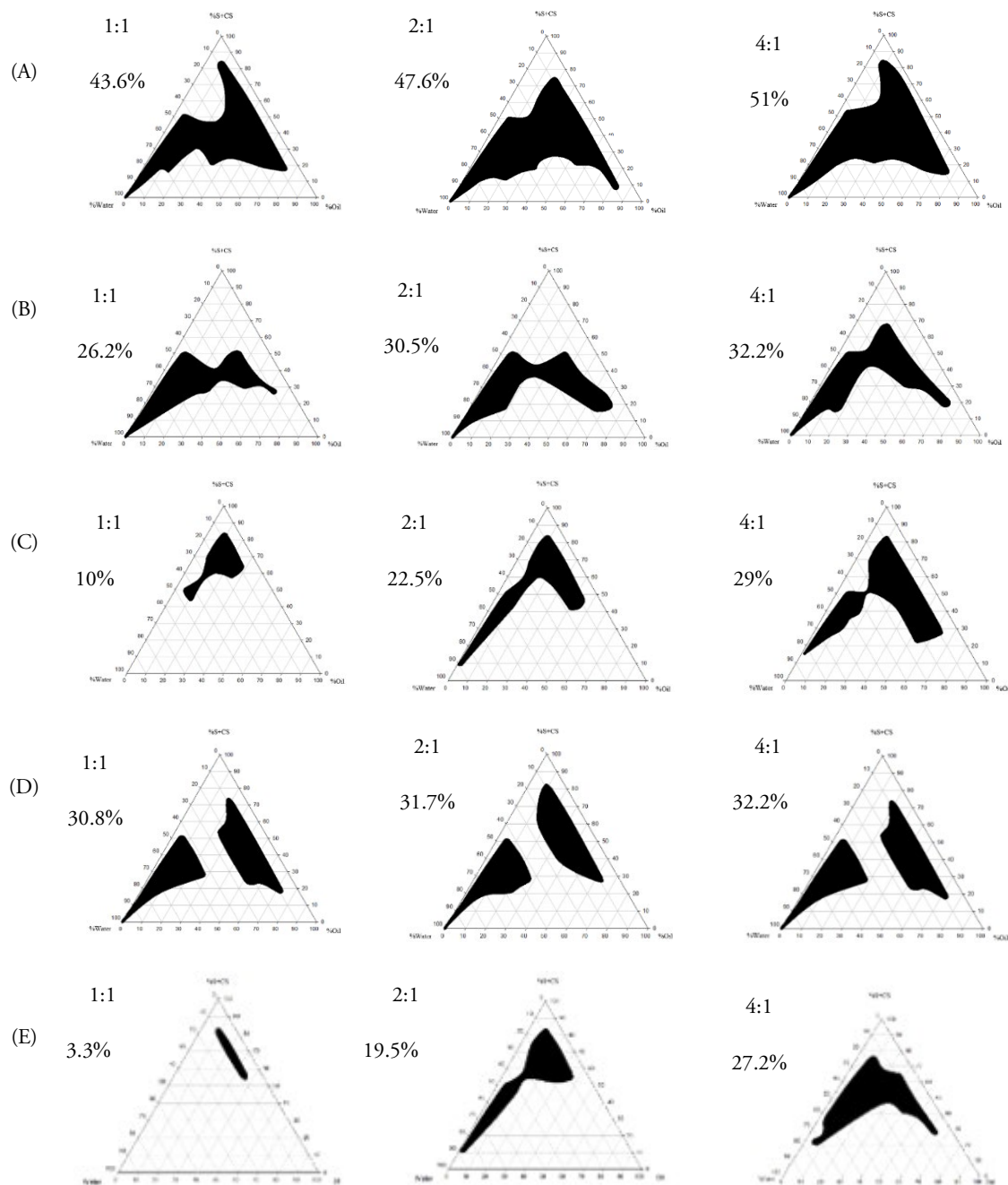
**سمیت تماسی فرمولاسیون میکرومولسیون سایپرمتترین روی شته جالیز در شرایط آزمایشگاهی.** نتایج تجزیه واریانس درصد تلفات شته *A. gossypii* ۲۴ ساعت پس از تیمار با غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام فرمولاسیون‌های مختلف سایپرمتترین در جدول ۴ نشان داد که در غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بیشترین درصد تلفات مربوط به فرمولاسیون میکرومولسیون سایپرمتترین ۲۵ درصد بوده و ۵۱/۶۶ درصد تلفات روی شته‌ها ایجاد کرد. در صورتی که بین کاربرد ماده تکنیکال ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام بیشترین درصد تلفات مربوط به فرمولاسیون‌های میکرومولسیون ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین بود، و بین آن‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس درصد تلفات شته *A. gossypii* ۴۸ ساعت پس از تیمار با غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام فرمولاسیون‌های مختلف سایپرمتترین در جدول ۵ نشان داد که در غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بیشترین درصد تلفات مربوط به فرمولاسیون میکرومولسیون سایپرمتترین ۲۵ درصد بوده و ۶۹/۶۶ درصد تلفات روی شته‌ها ایجاد کرد. همچنین در غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام بیشترین درصد تلفات مربوط به فرمولاسیون میکرومولسیون سایپرمتترین ۲۵ درصد و ۸۳/۹۴ درصد بود. در صورتی که بین کاربرد ماده تکنیکال ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین بر لیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

**سمیت تماسی فرمولاسیون میکرومولسیون سایپرمتترین روی شته جالیز در شرایط فضای سبز.** نتایج درصد تلفات شته *A. gossypii* ۲۴ ساعت پس از محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین درصد تلفات مربوط به تیمار فرمولاسیون میکرومولسیون کنون ۱۰ + اس‌دی‌اس + سایپرمتترین ۲۵ درصد ( $F_4$ ) بوده و منجر به ۵۳/۳۳ درصد تلفات روی شته‌های جالیز مستقر روی ختمی چینی شد. با گذشت زمان و ۴۸ ساعت پس از محلول‌پاشی درصد تلفات شته‌ها در این تیمار به ۷۳/۲۳ درصد رسید، و بین همه تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (۲۴ ساعت:  $F_{3,20} = 25.882$ ;  $P < 0.001$ ; ۴۸ ساعت:  $F_{3,20} = 50.515$ ;  $P < 0.001$ ) (شکل ۳).

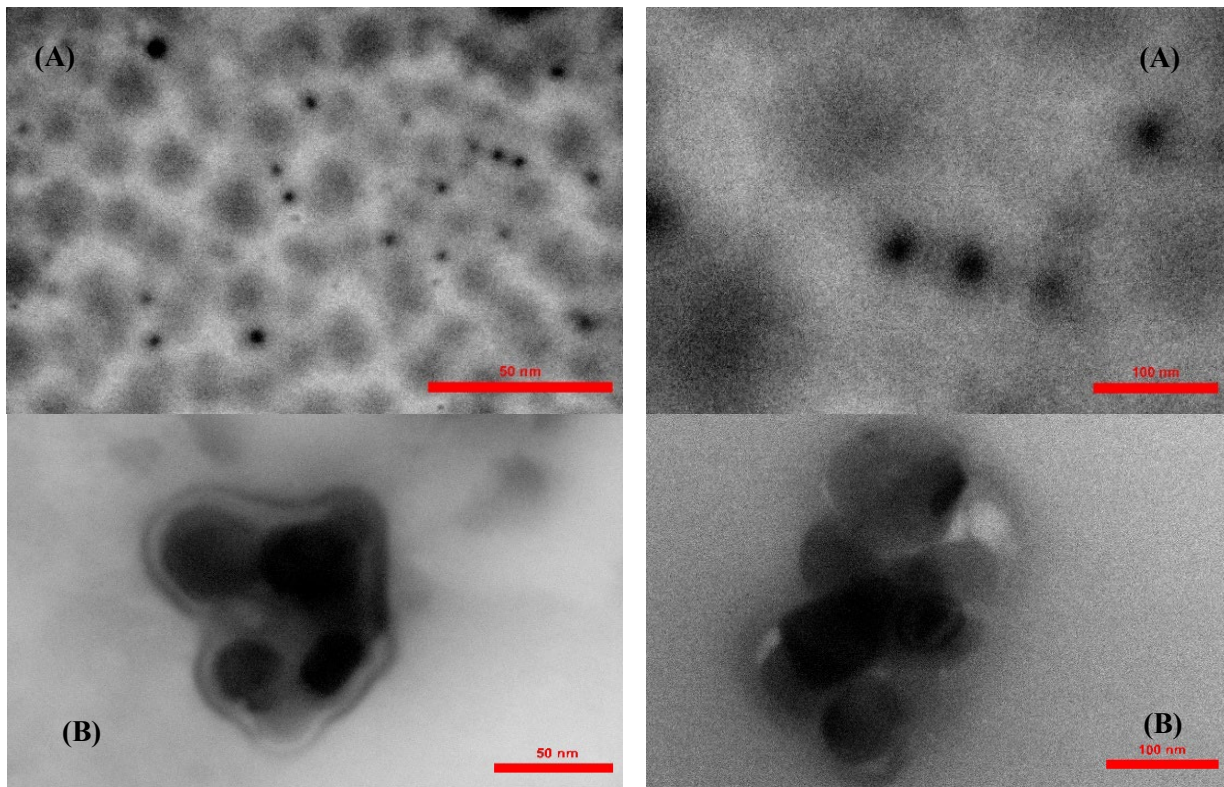
## بمٹ و نتیجه گیری

تولید و استفاده از میکرومولسیون به عنوان یک فرمولاسیون آفت‌کش جدید، سازگار با محیط زیست به دلیل کاهش محتوای حلال آلی برای جایگزینی انواع فرمولاسیون‌های سنتی مانند امولسیون شونده‌های غلیظ توصیه می‌شوند. همچنین فرمولاسیون میکرومولسیون از لحاظ ترمودینامیکی پایدار هستند که یک نیاز اساسی برای طراحی فرمولاسیون آفت‌کش است (Feng et al., 2018; Gauthier & Capron, 2021). در مطالعه حاضر نیز در بررسی پایداری دمایی، تعدادی از فرمولاسیون‌های میکرومولسیون سایپرمتترین، پایداری خود را حفظ کردند. انتخاب سورفکتانت مناسب برای فرمولاسیون میکرومولسیون ضروری است، زیرا با تشکیل یک فیلم در سطح مشترک روغن و آب و کاهش کشش سطحی منجر به تشکیل خودبه‌خودی میکرومولسیون می‌شود. کاربرد مخلوط (ترکیب) سورفکتانت‌های مختلف باعث افزایش حلالیت سورفکتانت‌های مخلوط در روغن و آب شده، پخش سورفکتانت را در سطح مشترک آب-روغن بهبود می‌بخشد و در نتیجه باعث افزایش پایداری فیلم آمفیپیلک (Amphiphilic film) می‌شود (Shao et al., 2018).



شکل ۱- فاز دیاگرام سایپرمتترین با سورفکتانت‌های شامل (A) کنون ۱۰ و اس‌دی‌اس، (B) کنون ۱۰ و اس‌ال‌اس، (C) کنون ۱۰ و اسپن ۸۰، (D) توئین ۲۰ و اس‌دی‌اس، و (E) توئین ۶۰ و اسپن ۸۰. نسبت سورفکتانت به سورفکتانت کمی (۱-بوتانول) شامل ۱:۲، ۱:۱، و ۴:۱، و زایلین به‌عنوان حلال استفاده شد.

**Fig. 1.** Phase diagram of cypermethrin with surfactants including (A) Kenon 10 and SDS, (B) Kenon 10 and SLS, (C) Kenon 10 and Span 80, (D) Tween 20 and SDS, (E) Tween 60 and Span 80. Surfactant to cosurfactant (1-butanol) ratios were 1:1, 2:1, and 4:1, and xylene was used as a solvent.



**شکل ۲-** تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) از سیستم میکرومولسیون حاوی (A) ۱۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمترین و (B) ۲۵۰ گرم ماده مؤثر

سایپرمترین بر لیتر شامل: سایپرمترین: مخلوط سورفکتانت (کنون ۱۰+اس دی اس ۱+بوتانول): آب به ترتیب با نسبت ۳۰:۳۰:۴۰.

**Fig. 2.** Transmission electron microscopic (TEM) images of the microemulsion system containing (A) cypermethrin 150 g a.i./L, and (B) cypermethrin 250 g a.i./L, including: cypermethrin: Smix (Kenon10+SDS+1-butanol): water with a ratio of 30:30:40. a.i.= active ingredient.

بنابراین، سورفکتانت‌های مخلوط در مطالعه ما نیز استفاده شدند. اثر انتشار سورفکتانت‌های بین فاز روغن و آب می‌تواند حلالیت آفت‌کش را در آب افزایش دهد و از افزودن حلال‌های آلی جلوگیری کند. هنگامی که سورفکتانت‌های SDS، SDBS و AES به نسبت‌های خاص به سیستم‌های میکرومولسیون‌ها اضافه شدند، میکرومولسیون‌های شفاف به دست آمد، در صورتی که شش سورفکتانت دیگر (A105، T60، EL60، OP10، N33، N600) نتوانستند به حل شدن کامل آفت‌کش‌ها بدون حلال آلی کمک کنند. دلیل اصلی ممکن است این باشد که SDS، SDBS و AES سه سورفکتانت آنیونی با خاصیت بالای لیپوفیلی و آب-دوستی هستند که هر دو می‌توانند منجر به افزایش آشکار حلالیت آفت‌کش‌ها در آب شوند (Li *et al.*, 2007; Gennari *et al.*, 2009). سورفکتانت‌های غیریونی محلول در آب هستند و کمتر تحت تاثیر قدرت یونی و تغییرات pH قرار می‌گیرند. همچنین گزارش شده است که آنها برای ارگانسیم‌های غیر هدف ایمن هستند (Shao *et al.*, 2018). تشکیل میکرومولسیون حشره‌کش پیرتروئیدی سی‌هالوترین ناشی از سازش بین انرژی آزاد سطحی، انرژی برهمکنش بین قطرات و آنتروپی پراکندگی است. فاز روغن، متشکل از قطرات کوچک ریز حشره‌کش سی‌هالوترین توسط فیلم مخلوط سورفکتانت آنیونی-غیر یونی احاطه شده و در فاز آبی پیوسته پراکنده شده است. جذب سورفکتانت‌کمکی در سطح مشترک روغن و آب، یک فیلم مخلوط سورفکتانت/سورفکتانت‌کمکی انعطاف‌پذیر را تشکیل می‌دهد که کشش سطحی کم و ناپایداری ایجاد می‌کند و باعث خمش سطح، و پراکندگی انرژی می‌شود. در نتیجه اندازه ذرات کوچک‌تر و در محدوده ۱۰-۱۰۰ نانومتر ایجاد می‌شود که از نوع میکرومولسیون است (Feng *et al.*, 2010). فرمولاسیون میکرومولسیون بهینه قارچ‌کش کاربندازیم زمانی تهیه شد که کلروفورم و اسید استیک به عنوان حلال و سورفکتانت‌های HSH و ۰.۲۰۴ به عنوان سورفکتانت باهم مخلوط شدند. استفاده از دو سورفکتانت مخلوط با هم می‌تواند تعادل آبدوست-چربی‌دوستی (HLB) را به دست آورده و کارایی میکرومولسیون را افزایش دهد. نسبت بهینه وزنی سورفکتانت‌های کشاورزی HSH به ۰.۲۰۴، ۰.۲ به بود. این نسبت بهترین پایداری حرارتی را در دمای پایین و بالا نشان داد (Leng *et al.*, 2014).

**جدول ۳-** میانگین ( $\pm$  خطای معیار) اندازه قطرات، پتانسیل زتا، رسانایی، اسیدیته و تست حلالیت رنگ آمیزی فرمولاسیون‌های مختلف سایپرمترین

**Table 3.** The mean ( $\pm$  SE) droplet size, zeta potential, conductivity, and pH of different formulations of cypermethrin

Cypermethrin content (g a.i./L)	Smix type, (surfactant:co-surfactant) ratio	Mean droplet size (nm)	Zeta Potential (mV)	Conductivity (ms/cm)	pH	Dye
150	Kenon10+SDS+1-Butanol, Ratio 4:1	33.00 $\pm$ 4.07	-0.096 $\pm$ 0.083	0.656 $\pm$ 0.011	5.923 $\pm$ 0.02	O/W
250	Kenon10+SDS+1-Butanol, Ratio 4:1	12.50 $\pm$ 2.34	-0.11 $\pm$ 0.049	0.915 $\pm$ 0.008	6.323 $\pm$ 0.03	O/W



**جدول ۴- میانگین ( $\pm$  خطای معیار) درصد تلفات *Aphis gossypii*، ۲۴ ساعت پس از قرار گرفتن در معرض غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام فرمولاسیون‌های مختلف سایپرمتترین**

**Table 4.** Mean mortality percentage ( $\pm$  SE) of *Aphis gossypii*, 24 h after exposure to 1000 and 2000 ppm of different formulations of cypermethrin.

Formulation code	Concentration (ppm)		$t_{10}$
	1000	2000	
F <sub>1</sub>	11.66 $\pm$ 3.07 Bc	21.66 $\pm$ 3.07 Ab	2.301
F <sub>2</sub>	16.66 $\pm$ 2.10 Bc	28.33 $\pm$ 3.07 Ab	3.130
F <sub>3</sub>	30.00 $\pm$ 3.65 Bb	45.00 $\pm$ 2.23 Aa	3.503
F <sub>4</sub>	51.66 $\pm$ 3.07 Ba	56.66 $\pm$ 3.33 Aa	1.103
F <sub>3,20</sub>	34.848	28.862	
P	< 0.001	< 0.001	

Means followed by the same upper case letter in each row are not significantly different using independent sample t test at  $P > 0.05$ . Means followed by the same lower case letter in each column are not significantly different using the Tukey test at  $P > 0.05$ . F<sub>1</sub>: Cypermethrin 150 (g a.i./L), F<sub>2</sub>: Cypermethrin 250 (g a.i./L), F<sub>3</sub>: Kenon+ SDS+ cypermethrin (150 g a.i./L), F<sub>4</sub>: Kenon+ SDS+ cypermethrin (250 g a.i./L). a.i.= active ingredient.

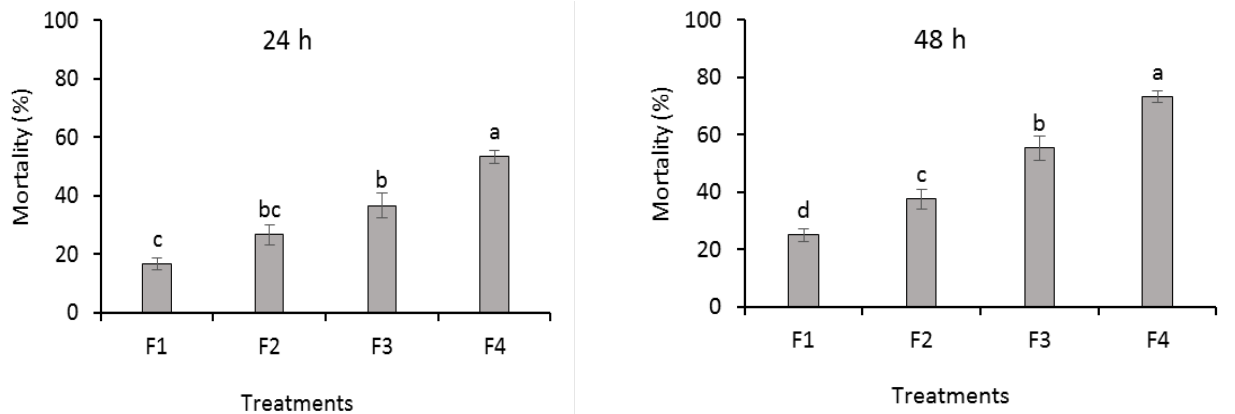
Shao *et al.* (2018) گزارش کردند که ترکیب سورفکتانت‌ها به تشکیل یک فاز پیوسته با ظاهر شفاف، کاهش کشش سطحی و تشکیل یک لایه در فرمولاسیون حشره‌کش نورکانتاریدین کمک می‌کند. در مطالعه ایشان سورفکتانت‌های Tx13 و Tw80 به دلیل تشکیل میکروامولسیون با فاز پیوسته آبی با ظاهر شفاف، مناسب‌ترین سورفکتانت‌ها بودند. در مطالعه ما سورفکتانت غیر یونی کنون ۱۰ برای تهیه سیستم میکروامولسیونی مناسب بود. سورفکتانت‌های اس‌دی‌اس و اس‌ال‌اس هر دو آنیونی با مقادیر متعادل آبدوست-چربی‌دوست (HLB) و قدرت آبدوستی بالایی هستند. این نوع سورفکتانت‌ها حلالیت آفت‌کش‌ها را در آب افزایش می‌دهند (Song *et al.*, 2020). در مطالعه حاضر، سیستم‌های میکروامولسیون بهینه زمانی که اس‌دی‌اس با یک سورفکتانت غیر یونی ترکیب شد، به دست آمد. در سیستم‌هایی که از سورفکتانت‌های آنیونی- غیر یونی استفاده می‌شود، ذرات آفت‌کش توسط فیلم مخلوط سورفکتانت احاطه شده و در فاز آبی پیوسته پراکنده می‌شوند که منجر به کاهش اندازه ذرات می‌شوند (Feng *et al.*, 2010). در مطالعه‌ای، فرمولاسیون میکروامولسیون روغن چریش توسط سورفکتانت‌های غیر یونی و (مخلوط ۷۰ درصد کلسیم آلکیل بنزن سولفونات و ۳۰ درصد نونیل فنول اتوکسیله)، پلی سوربات ۶۰ (Tween-60) و سورفکتانت کمکی ۱- بوتانول سنتز شد (Singla & Patanjali, 2013). در مطالعه حاضر نیز، در بیشتر نمودارهای فاز دیاگرام امولسیون روغن در آب تشکیل شد. در مطالعه‌ای (Song *et al.*, 2020) در مورد تهیه و شناسایی میکروامولسیون روغن در آب تیمتوکسام و استامی‌پرید نشان دادند که میکروامولسیون‌های روغن در آب بدون حلال‌های آلی برای بهبود سازگاری با محیط زیست فرمولاسیون آفت‌کش‌ها مناسب هستند. افزودن الکل‌های زنجیره کوتاه به میکروامولسیون غیر یونی روغن در آب به عنوان یک سورفکتانت کمکی به کاهش انرژی آزاد سطحی و کشش سطحی و متعادل کردن مقادیر آب دوست و آبگریز سیستم با وارد کردن به لایه سطحی کمک می‌کند (Wang *et al.*, 2017; Shao *et al.*, 2018). در مطالعه حاضر نیز ۱-بوتانول به عنوان سورفکتانت کمکی باعث ایجاد تعادل در میکروامولسیون شد. سورفکتانت کمکی کشش سطحی و انرژی خمشی را کاهش می‌دهد، مقدار HLB را تنظیم می‌کند و به راحتی در ساختار سورفکتانت وارد می‌شود. با افزایش نسبت سورفکتانت کمکی، سیالیت و ظاهر میکروامولسیون به طور قابل توجهی بهبود پیدا می‌کند (Leng *et al.*, 2014). سورفکتانت کمکی باید در روغن قابل حل باشد و الکل‌های با زنجیره کوتاه می‌توانند به عنوان یک سورفکتانت کمکی برای افزایش حلالیت ماده تکنیکال با کاهش انرژی‌ها آزاد سطحی و کشش‌ها استفاده شوند (Ande *et al.*, 2022). در پژوهشی، گزارش شد که n-بوتانول بهترین سورفکتانت کمکی در بین پنج سورفکتانت کمکی آزمایش شده برای تهیه میکروامولسیون‌های حشره‌کش کلروپیریفوس بود (Pratap & Bhowmick, 2008). الکل ۱-بوتانول، به عنوان یک سورفکتانت کمکی، کشش سطحی و انرژی پیوند را کاهش می‌دهد و همچنین مقدار HLB را تنظیم می‌کند (Singla & Patanjali, 2013). غلظت سورفکتانت کمکی هم فاکتور مهمی در تولید فرمولاسیون میکروامولسیون است که باید مورد توجه قرار گیرد. با افزایش غلظت سورفکتانت کمکی به سورفکتانت، نواحی نانوامولسیونی در فاز دیاگرام کاهش می‌یابد (Shafiq-un-Nabi *et al.*, 2007).

**جدول ۵- میانگین ( $\pm$  خطای معیار) درصد تلفات *Aphis gossypii*، ۴۸ ساعت پس از قرار گرفتن در معرض غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام فرمولاسیون‌های مختلف سایپرمتترین**

**Table 5.** Mean mortality percentage ( $\pm$  SE) of *Aphis gossypii*, 48 h after exposure to 1000 and 2000 ppm of different formulations of cypermethrin.

Formulation code	Concentration (ppm)		$t_{10}$
	1000	2000	
F <sub>1</sub>	21.48 $\pm$ 3.56 Bc	30.40 $\pm$ 3.65 Ac	1.746
F <sub>2</sub>	32.19 $\pm$ 2.25 Bc	41.10 $\pm$ 2.39 Ac	2.712
F <sub>3</sub>	44.68 $\pm$ 1.78 Bb	60.74 $\pm$ 2.25 Ab	5.582
F <sub>4</sub>	69.66 $\pm$ 3.29 Ba	83.94 $\pm$ 2.39 Aa	3.508
F <sub>3,20</sub>	54.00	74.149	
P	< 0.001	< 0.001	

Means followed by the same upper case letter in each row are not significantly different using independent sample t test at  $P > 0.05$ . Means followed by the same lower case letter in each column are not significantly different using the Tukey test at  $P > 0.05$ . F<sub>1</sub>: Cypermethrin 150 (g a.i./L), F<sub>2</sub>: Cypermethrin 250 (g a.i./L), F<sub>3</sub>: Kenon+ SDS+ cypermethrin (150 g a.i./L), F<sub>4</sub>: Kenon+ SDS+ cypermethrin (250 g a.i./L). a.i.= active ingredient.



شکل ۳- میانگین ( $\pm$  خطای معیار) درصد تلفات *Aphis gossypii* ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از محلول‌پاشی درختچه‌های ختم چینی با غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام فرمولاسیون‌های مختلف سایپرمتترین

**Fig. 3.** Mean mortality percentage ( $\pm$  SE) of *Aphis gossypii*, 24 and 48 h after spraying shrubs with 2000 ppm of different formulations of cypermethrin. Means followed by the same lowercase letter are not significantly different using the Tukey test at  $P > 0.05$ . F<sub>1</sub>: Cypermethrin 150 (g a.i./L), F<sub>2</sub>: Cypermethrin 250 (g a.i./L), F<sub>3</sub>: Kenon+ SDS+ cypermethrin (150 g a.i./L), F<sub>4</sub>: Kenon+ SDS+ cypermethrin (250 g a.i./L). a.i.= active ingredient.

در مطالعه حاضر نیز، ناحیه میکروامولسیون در فاز دیاگرام با افزایش غلظت سورفکتانت نسبت به سورفکتانت کمکی افزایش یافت و کمترین ناحیه میکروامولسیون در کاربرد سورفکتانت به سورفکتانت کمکی در نسبت ۱:۱ مشاهده شد. ترکیب میکروامولسیون کنون ۱۰+ اس‌دی‌اس + ۱- بوتانول (۱:۴) پس از نگهداری در گرما و سرما پایداری خود را حفظ کرد و ظاهر این فرمولاسیون شفاف و یکنواخت بود. همچنین، هیچ گونه جداسازی فاز، رسوب، کدری، کریستالی شدن و غیره در این ترکیب‌های میکروامولسیون مشاهده نشد.

در این مطالعه، میانگین اندازه ذرات همه ترکیب‌های میکروامولسیون کمتر از ۳۵ نانومتر بود. اندازه کوچک ذرات میکروامولسیون انتقال آفت‌کش فعال را از طریق غشای سلولی گیاهان و حشرات افزایش می‌دهد و کارایی آفت‌کش‌ها را افزایش می‌دهد (Skelton *et al.*, 1989). علاوه بر این، اندازه قطرات کوچک، کاهش کشش سطحی ترکیب میکروامولسیون در آب را بهبود می‌بخشد و کارایی آفت‌کش‌ها را افزایش می‌دهد (Shao *et al.*, 2018).

پتانسیل زتا منفی در فرمولاسیون میکروامولسیون، دافعه الکترواستاتیک بیشتری در بین ذرات ایجاد می‌کند. دافعه الکترواستاتیک ادغام قطرات روغن را به تاخیر می‌اندازد و امولسیون را پایدارتر می‌کند (Kamble *et al.*, 2022). در مطالعه حاضر مقدار اسیدیته میکروامولسیون حاوی ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم ماده مؤثر سایپرمتترین بر لیتر به ترتیب ۵/۹۲۳ و ۶/۳۲۳ به دست آمد. سایپرمتترین در اسیدیته ۵ و ۷ پایدار است و نیمه عمر آن در اسیدیته ۷ و دمای ۲۵ درجه سلسیوس بیش از ۷ ماه گزارش شده است (Lin *et al.*, 2005).

مقادیر غلظت کشنده ۵۰ درصد ( $LC_{50}$ ) حشره کش سایپرمتترین با کاربرد به روش غوطه‌وری برگ و محلول‌پاشی علیه حشرات کامل شته جالیز، *A. gossypii* برابر ۸ و ۱۲ گرم ماده مؤثر بر لیتر بود (Kim *et al.*, 1987). مقادیر  $LC_{50}$  حشره کش بتا-سایپرمتترین به روش غوطه‌وری برگ سویا روی پوره‌های سن سوم شته *Aphis glycines* Matsumura (Kaltenbach, 1843) و *Aulacorthum solani* (۲۴ ساعت پس از تیمار به ترتیب برابر ۲۳ و ۲۰۱ میکروگرم ماده مؤثر بر لیتر بود (Qu *et al.*, 2020). در مطالعه حاضر غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام سایپرمتترین (۲۵۰ گرم ماده مؤثر بر لیتر)، ۲۴ ساعت پس از تیمار باعث ۱۶/۶۶ درصد تلفات روی پوره‌های سن سوم شته جالیز شد. در صورتی که فرمولاسیون میکروامولسیون سایپرمتترین (۲۵۰ گرم ماده مؤثر بر لیتر) در همین فاصله زمانی باعث ۵۱/۶۶ درصد تلفات روی پوره‌های *A. gossypii* شد.

در این مطالعه، فرمولاسیون میکروامولسیون روغن در آب حاوی ۳۰ درصد سایپرمتترین، ۳۰ درصد مخلوط سورفکتانت و سورفکتانت کمکی (کنون ۱۰ حاوی ۱۹/۲ درصد، اس‌دی‌اس ۴/۸ درصد، ۶ درصد ۱- بوتانول) و ۴۰ درصد آب به عنوان مناسب‌ترین فرمولاسیون تهیه شد. اندازه قطرات این فرمولاسیون کمتر از ۳۵ نانومتر بود. کاربرد آن به طور معنی‌داری باعث کنترل و کاهش جمعیت شته جالیز در شرایط آزمایشگاهی و فضای سبز روی درختچه‌های ختم چینی شد.

## سپاسگزارى

نویسنده‌ها از شهرداری اهواز، سازمان پارک‌ها و فضای سبز اهواز برای حمایت مالی از این پژوهش در قالب رساله تقاضا محور کمال تقدیر و تشکر را دارند. علاوه بر آن، از شرکت‌های مشکفام فارس، کیمیاگران امروز، و گل‌سم گرگان برای تامین برخی مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش تقدیر می‌شود.

## حمایت مادی و معنوی

این پژوهش با حمایت مادی دانشگاه شهید چمران اهواز (شماره گرنت: SCU.AP1400.104) انجام شد.

### REFERENCES

- Abbott, W. S. (1925) A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18, 265-267.
- Alford, D. V. (2012) *Pests of ornamental trees, shrubs and flowers: a colour handbook*. CRC Press.
- Ali, J., Covaci, A. D., Roberts, J. M., Sobhy, I. S., Kirk, W. D. J. & Bruce, T. J. A. (2021) Effects of cis-jasmone treatment of brassicas on interactions with *Myzus persicae* aphids and their parasitoid *Diaeretiella rapae*. *Frontiers in Plant Science* 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.711896>
- Almasi, A., Rasekh, A., Esfandiari, M., Askari Seyahooei, M. & Ziaee, M. (2018) The prospect of using sub-lethal imidacloprid or pirimicarb and a parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum*, simultaneously, to control *Aphis gossypii* on cucumber plants. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 21, 161-167. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.11.016>
- Ande, S. N., Sonone, K. B., Bakal, R. L., Ajmire, P. V. & Sawarkar, H. S. (2022) Role of surfactant and co-surfactant in microemulsion: A review. *Research Journal of Pharmacy and Technology* 15, 4829-4834. <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2022.00811>
- Damalas, C. A. & Eleftherohorinos, I. G. (2011) Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8, 1402-1419. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051402>
- Ebert, T. & Cartwright, B. (1997) Biology and ecology of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: aphididae). *Southwestern Entomologists* 22, 116-153.
- Cruces, L., de la Peña, E. & De Clercq, P. (2021) Field evaluation of cypermethrin, imidacloprid, teflubenzuron and emamectin benzoate against pests of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and their side effects on non-target species. *Plants* 10, 1788. <https://doi.org/10.3390/plants10091788>
- Cui, L., Qi, H., Yang, D., Yuan, H. & Rui, C. (2016) Cycloxaprid: a novel cis-nitromethylene neonicotinoid insecticide to control imidacloprid-resistant cotton aphid (*Aphis gossypii*). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 132, 96-101.
- FAO. (2019) FAO specifications and evaluations for agricultural pesticides: Zeta-Cypermethrin, Food and Agriculture Organization of the United Nations, p. 47.
- Feng, J., Zhang, Q., Liu, Q., Zhu, Z., McClements, D. J. & Jafari, S. M. (2018) *Application of nanoemulsions in formulation of pesticides*, Nanoemulsions. Elsevier, pp. 379-413.
- Feng, Z., Shan, L., Ying, X. H. & Ling, H. J. (2010) Formula design of pesticide microemulsion formulation. *Tenside Surfactants Detergents* 47, 113-118. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2014/6372>
- Gauthier, G. & Capron, I. (2021) Pickering nanoemulsions: An overview of manufacturing processes, formulations, and applications. *JCIS Open* 4, 100036. <https://doi.org/10.1016/j.jciso.2021.100036>
- Gennari, M., Messina, C., Abbate, C., Baglieri, A. & Boursier, C. (2009) Solubility and adsorption behaviors of chlorpyrifos-methyl in the presence of surfactants. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 44, 235-240. <https://doi.org/10.1080/03601230902728211>
- Gore, J., Cook, D., Catchot, A., Leonard, B. R., Stewart, S. D., Lorenz, G. & Kerns, D. (2013) Cotton aphid (Heteroptera: Aphididae) susceptibility to commercial and experimental insecticides in the Southern United States. *Journal of Economic Entomology* 106, 1430-1439. <https://doi.org/10.1603/ec13116>
- IBM Corp. (2007) IBM SPSS Statistics for Windows Version 16.0. Spss Inc, IBM Corporation, Chicago.
- Jabbar, M., Yusoff, M. M. & Shafie, A. (2022) Assessing the role of urban green spaces for human well-being: a systematic review. *Geo Journal* 87, 4405-4423. <https://doi.org/10.1007/s10708-021-10474-7>
- Janghel, E., Rai, J., Rai, M. & Gupta, V. (2007) A new sensitive spectrophotometric determination of cypermethrin insecticide in environmental and biological samples. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 18, 590-594. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532007000300015>
- Kamble, S., Agrawal, S., Cherumukkil, S., Sharma, V., Jasra, R. V. & Munshi, P. (2022) Revisiting zeta potential, the key feature of interfacial phenomena, with applications and recent advancements. *ChemistrySelect* 7, e202103084. <https://doi.org/10.1002/slct.202103084>
- Kim, G., Shin, W., Ahn, J. & Cho, K. (1987) Susceptibility of several insecticides on three aphids. *Korean Journal of Applied Entomology* 26, 83-88.
- Lehmann, S. (2021) Growing biodiverse urban futures: Renaturalization and rewilding as strategies to strengthen urban resilience. *Sustainability* 13, 2932. <https://doi.org/10.3390/su13052932>

- Leng, P., Zhang, Z., Li, Q., Zhao, M. & Pan, G. (2014) Microemulsion formulation of carbendazim and its in vitro antifungal activities evaluation. *Plos one* 9, e109580. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109580>
- Li, J. H., Zhou, B. X. & Cai, W. M. (2007) The solubility behavior of bisphenol A in the presence of surfactants. *Journal of Chemical & Engineering Data* 52, 2511-2513. <https://doi.org/10.1021/je700235x>.
- Lin, H. M., Gerrard, J. & Shaw, I. (2005) Stability of the insecticide cypermethrin during tomato processing and implications for endocrine activity. *Food additives and contaminants* 22, 15-22. <https://doi.org/10.1080/02652030400027938>
- Moghimpour, E., Salimi, A., Karami, M. & Isazadeh, S. (2013) Preparation and characterization of dexamethasone microemulsion based on pseudoternary phase diagram. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products* 8, 105-112. <https://doi.org/10.17795/jjnpp-9373>
- Pratap, A. P. & Bhowmick, D. (2008) Pesticides as microemulsion formulations. *Journal of Dispersion Science and Technology* 29, 1325-1330. <https://doi.org/10.1080/01932690701866815>
- Qu, Y., Ullah, F., Luo, C., Monticelli, L. S., Lavoit, A. V., Gao, X., Song, D. & Desneux, N. (2020) Sublethal effects of beta-cypermethrin modulate interspecific interactions between specialist and generalist aphid species on soybean. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 206, 111302. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111302>
- Rajabpour, A. & Yarahmadi, F. (2012) Seasonal population dynamics, spatial distribution and parasitism of *Aphis gossypii* on *Hibiscus rosa-chinensis* in Khuzestan, Iran. *Journal of Entomology* 9, 163-170. <https://doi.org/10.3923/je.2012.163.170>
- Semeraro, T., Scarano, A., Buccolieri, R., Santino, A. & Aarrevaara, E. (2021) Planning of urban green spaces: An ecological perspective on human benefits. *Land* 10, 105. <https://doi.org/10.3390/land10020105>
- Shafiq-un-Nabi, S., Shakeel, F., Talegaonkar, S., Ali, J., Baboota, S., Ahuja, A., Khar, R. K. & Ali, M. (2007) Formulation development and optimization using nanoemulsion technique: a technical note. *AAPS PharmSciTech* 8, Article 28. <https://doi.org/10.1208/pt0802028>
- Shao, H., Xi, N. & Zhang, Y. (2018) Microemulsion formulation of a new biopesticide to control the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Scientific Reports* 8, 10565. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28626-0>
- Shi, D., Wang, T., Lv, H., Li, X., Wan, H., He, S., You, H., Li, J. & Ma, K. (2023) Insecticide resistance monitoring and diagnostics of resistance mechanisms in cotton-melon aphid, *Aphis gossypii* Glover in Central China. *Journal of Applied Entomology* n/a. <https://doi.org/10.1111/jen.13119>
- Singh, A. K., Tiwari, M. N., Prakash, O. & Singh, M. P. (2012) A current review of cypermethrin-induced neurotoxicity and nigrostriatal dopaminergic neurodegeneration. *Current Neuropharmacology* 10, 64-71. <https://doi.org/10.2174/157015912799362779>
- Singla, M. & Patanjali, P. K. (2013) Phase behaviour of neem oil based microemulsion formulations. *Industrial Crops and Products* 44, 421-426. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.10.016>
- Skelton, P. R., Munk, B. H. & Collins, H. M. (1989) Formulation of pesticide microemulsions. *Pesticide Formulations and Application Systems* 8, 36-45.
- Song, R., Shen, G., Liu, Y., Tang, F., Chen, Q. & Sun, P. (2020) Preparation and characterization of an oil-in-water microemulsion of thiamethoxam and acetamiprid without organic solvent for unmanned aerial vehicle spraying. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 607, 125485. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125485>
- Suann, M., Bogema, D. R., Chen, Y., Mansfield, S., Barchia, I. M. & Herron, G. A. (2015) A TaqMan qPCR method for detecting kdr resistance in *Aphis gossypii* demonstrates improved sensitivity compared to conventional PCR-RFLP. *Journal of pest science* 88, 785-791. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0651-5>
- Wang, C., Tai, X., Du, Z. & Liu, X. (2017) Formulation and physicochemical properties of promising avermectin microemulsion with biodegradable surfactant and oil. *Journal of Dispersion Science and Technology* 38, 409-415. <https://doi.org/10.1080/01932691.2016.1172315>
- WHO. (1989) Identity, physical and chemical properties, analytical methods, Environmental Health Criteria 82: Cypermethrin. World Health Organization (WHO)/UNEP-UN Environment Programme, Geneva, Switzerland.
- Yadav, V., Jadhav, P., Kanase, K., Bodhe, A. & Dombe, S. (2018) Preparation and evaluation of microemulsion containing antihypertensive drug. *International Journal of Applied Pharmaceutics* 10, 138-146. <https://doi.org/10.22159/ijap.2018v10i5.27415>

# Preparation cypermethrin microemulsion formulation and evaluation its insecticidal activity on *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) in green space of Ahvaz

Zohreh Farhadi<sup>1</sup>, Masumeh Ziaee<sup>2</sup>, Mehdi Esfandiari<sup>1</sup>, Anayatollah Salimi<sup>2</sup> & Arash Rasakh<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

✉ zohreh.farhadi.scu@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-1759-9980>

✉ m.ziaee@scu.ac.ir <https://orcid.org/0000-0002-8133-1789>

✉ esfandiari@scu.ac.ir <https://orcid.org/0000-0002-0949-5180>

✉ a.rasekh@scu.ac.ir <https://orcid.org/0000-0002-4688-5049>

<sup>2</sup> Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy, Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

✉ anayatsalimi2003@yahoo.com <https://orcid.org/0000-0003-1505-7969>

## Article History

Received: 23 April 2023 | Accepted: 23 May 2023 | Subject Editor: Khalil Talebi Jahromi

## Abstract

A microemulsion is a stable, homogeneous pesticide formulation, based on an aqueous solvent, which is considered a suitable alternative to emulsion formulations. In this study, microemulsion formulations of cypermethrin insecticide were designed to control *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), one of the important pests of many crops and ornamental plants. Xylene was selected as a suitable solvent based on the higher solubility of cypermethrin. Pseudo-ternary phase diagrams were constructed by the water titration method. The microemulsion system using mixtures composed of cypermethrin, Kenon 10+SDS surfactants, and 1-butanol cosurfactant had the highest microemulsion surface, and the ratio of 50:30:20 was chosen for further experiments. The physical and chemical properties of the obtained microemulsions were also evaluated. Microemulsion formulations were synthesized with 150 and 250 g/L a.i. (active ingredient) of the cypermethrin. The appearance of the microemulsion compounds was transparent and the droplet size of all samples was less than 35 nm. Foliar spraying of compounds including cypermethrin technical material (150 and 250 g a.i./L), cypermethrin microemulsion (150 and 250 g a.i./L), under greenspace conditions on *Hibiscus rosa-sinensis* L. (Malvaceae) caused 25.05, 37.54, 60.74, and 83.94% mortality on third instar nymphs 48 hours after treatment, respectively. Therefore, microemulsion formulations had significantly more insecticidal activity against *A. gossypii* compared to the technical material. In this study, an environment-friendly microemulsion system was designed to improve the efficacy of cypermethrin for controlling populations of *A. gossypii*. However, further research could be performed to assess the behavior and ultimate fate in the environment prior to commercialization.

**Keywords:** *Hibiscus rosa-sinensis*, formula design, pseudo-ternary phase diagram, Surfactant

**Corresponding Author:** Masumeh Ziaee (Email: [m.ziaee@scu.ac.ir](mailto:m.ziaee@scu.ac.ir))

**Citation:** Farhadi, Z., Ziaee, M., Esfandiari, M., Salimi, A. & Rasekh, A. (2023) Preparation cypermethrin microemulsion formulation and evaluation its insecticidal activity on *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) in green space of Ahvaz. *J. Entomol. Soc. Iran* 43 (1), 73-85. <https://doi.org/10.52547/jesi.43.1.8>