

## اثر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم در مدیریت پسیل معمولی پسته و افزایش عملکرد محصول

قاسم عسکری سریزدی<sup>۱</sup> و ریحانه براتی<sup>۲\*</sup>

۱- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران؛ ۲- استادیار، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

\* نویسنده مسئول: r.barati@iripp.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۳

### چکیده

پسته یکی از مهم ترین محصولات کشاورزی ایران و از صادرات غیرنفتی ارزنده محسوب می شود. پسیل معمولی پسته *Agonosca pistaciae* یکی از آفات مهم پسته در ایران است. این آفت با تغذیه از شیره گیاهی، مواد قندی چسبنده ای (شیره خشک) دفع می کند که روی سطح برگ ها را می پوشاند و سبب اختلال در تنفس و فتوسنتز گیاه می شود. خسارت پسیل پسته سبب ضعف عمومی درختان، ریزش برگ ها و جوانه ها، افزایش درصد پوکی پسته و در نهایت کاهش کمی و کیفی محصول می شود. استفاده گسترده از آفت کش های شیمیایی برای کنترل این آفت ضمن تحمیل هزینه های سنگین به باغداران، می تواند اثرات منفی بر سلامت انسان و محیط زیست داشته باشد. بنابراین، معرفی ترکیب های کم خطر به منظور کاهش مصرف حشره کش ها در باغ های پسته امری ضروری است. سیلیکات پتاسیم به عنوان یک ترکیب کودی و منبع سیلیسیم و پتاسیم می تواند برای کاهش خسارت پسیل پسته نیز مورد توجه قرار گیرد. این ترکیب سبب افزایش مقاومت گیاه و نیز بروز اختلال در چرخه زندگی پسیل پسته می شود. تکرار محلول پاشی می تواند کارایی آن را افزایش دهد. چهار نوبت محلول پاشی سیلیکات پتاسیم با غلظت ۱/۵ در هزار به طوری که در انتهای رشد رویشی درختان پسته و در تراکم پایین پسیل آغاز و با فاصله زمانی ۱۰ روز تکرار شود، می تواند سبب کاهش بیش از ۹۰ درصدی جمعیت پسیل پسته شده و درصد پوکی دانه ها را به کمتر از ۸ درصد برساند. بنابراین، سیلیکات پتاسیم می تواند در برنامه مدیریت تلفیقی پسیل پسته مورد استفاده قرار گیرد و ضمن کاهش نیاز به سم پاشی، سبب تولید محصول سالم تر و باکیفیت تر شود. **واژه های کلیدی:** پسیل پسته، حشره کش ها، سیلیکات پتاسیم، تغذیه گیاه، مقاومت گیاه، مدیریت تلفیقی آفت

### بیان مسئله

کشت درختان پسته در نواحی گرم و خشک در مقایسه با سایر گیاهان زراعی و باغی ارزش افزوده بیشتری را برای کشاورزان به همراه دارد. آفات گیاهی از مهم ترین عوامل محدودکننده تولید پسته هستند. پسیل معمولی پسته، *A. pistaciae* Burckharat & Lauterer (Hem.: Psyllidae) از مهم ترین آفات پسته در کشور است که در اکثر مناطق پسته کاری دیده می شود. پوره های پسیل پسته با فرو بردن خرطوم در سطح برگ ها از شیره گیاهی تغذیه می کنند و پس از جذب مواد پروتئینی آن، مواد قندی را به صورت شیره دفع می نمایند. این مواد چسبنده باعث جذب گرد و خاک و اختلال در تنفس و فتوسنتز درخت می شود. خسارت پسیل پسته سبب

ضعف عمومی درختان، ایجاد لکه‌های قهوه‌ای روی برگ، ریزش برگ‌ها و جوانه‌ها، کوچک شدن و کاهش وزن مغز، افزایش درصد پوکی و کاهش درصد خندانی میوه می‌شود.

برای کنترل این آفت، حشره‌کش‌های مختلف با فرمولاسیون‌های متفاوت به کار برده می‌شوند که در برخی مواقع کنترل موفقی را در پی ندارند. قیمت بالای حشره‌کش‌ها، ناکارآمدی برخی از ترکیبات رایج و نیز نگرانی از باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصول، از چالش‌های مهم صنعت پسته برای مدیریت آفات و تولید محصول سالم و با کیفیت محسوب می‌شود. با توجه به تولید مثل بالا و نسل‌های متعدد پسیل پسته در یک فصل، احتمال بروز مقاومت به حشره‌کش‌ها در این آفت بسیار بالاست (حیدری، و عسکری سریزدی، ۱۴۰۱). از آن‌جاکه آفت‌کش‌ها می‌توانند سبب بروز مقاومت در آفات و اثرات سوء روی حشرات مفید شوند، یافتن ترکیبات جایگزین کم‌خطر و سازگار با محیط زیست برای کنترل آفات امری ضروری است.

یکی از ترکیباتی که می‌تواند به‌عنوان جایگزین حشره‌کش‌های شیمیایی مورد توجه قرار گیرد، سیلیکات پتاسیم است. سیلیکات پتاسیم یک ترکیب غیرآلی است که به‌عنوان کود در کشاورزی مصرف می‌شود و حاوی دو عنصر سیلیسیم و پتاسیم است. سیلیکات پتاسیم برای کنترل حشرات خسارت‌زا از جمله آفات مکنده و جونده و سایر بندپایان مضر مانند کنه‌های تار عنکبوتی، مفید است (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۶؛ کیپینگ و کودراز، ۲۰۰۸). کاربرد سیلیکات پتاسیم در پسته قبل از اوج گرمای تابستانه می‌تواند آفتاب سوختگی را کاهش دهد، سبب کاهش پوکی و سقط جنین پسته شود و در نتیجه عملکرد محصول را افزایش می‌دهد (علی‌یاری و همکاران، ۱۳۹۴؛ فرازی و حکم‌آبادی، ۱۳۹۴).

سیلیسیم دومین عنصر فراوان در زمین است. این عنصر دارای اثرات مفیدی در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های زنده و غیرزنده مانند آفات، بیماری‌ها، خشکسالی و عدم تعادل مواد مغذی است. در شرایط تنش، سیلیسیم اثر مثبتی روی رشد گیاهان دارد (ونگ و همکاران، ۲۰۱۷). عنصر سیلیسیم برای القای مقاومت به گیاه در برابر آفات نیز استفاده می‌شود. اثرات تیمار سیلیسیم در کاهش خسارت آفات مختلف از جمله شته‌های گندم (کاستا و همکاران، ۲۰۱۱)، شب‌پره برگ‌خوار پاییزه، *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith، ۲۰۱۸) و سفیدبالک پنبه، *Bemisia tabaci* Gennadius (اسیس و همکاران، ۲۰۱۲) گزارش شده است. عنصر پتاسیم نیز نقش کلیدی در افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده دارد (ونگ و همکاران، ۲۰۱۷). به‌عنوان مثال، افزایش سطح پتاسیم در گیاه برنج می‌تواند موجب کاهش جمعیت و خسارت کرم ساقه‌خوار برنج، *Chilo suppressalis* (سرور، ۲۰۱۲) شود. سیلیکات پتاسیم اثرات سوء شناخته شده‌ای روی انسان و محیط زیست ندارد. بنابراین، این ترکیب می‌تواند به‌عنوان یک جزء مؤثر در برنامه مدیریت تلفیقی آفات با سایر راهکارهای مدیریتی از قبیل کنترل بیولوژیک تلفیق شود و به‌عنوان یک جایگزین و ترکیب کمکی مناسب برای آفت‌کش‌های مرسوم در نظر گرفته شود.

## معرفی دستاورد

با اجرای پروژه تحقیقاتی اثر دو فرمولاسیون سیلیکات پتاسیم روی کنترل پسیل پسته بررسی شد (عسکری سریزدی و همکاران، ۱۴۰۲). یکی از فرمولاسیون‌ها حاوی ۲۲٪ سیلیسیم، ۱۱٪ پتاسیم، ۲٪ عصاره جلبک، ۲٪ اسید آمینه، ۰/۵٪ اسید هیومیک و ۰/۵٪ فولویک اسید و دیگری فرمولاسیون معمولی که دارای ۲۲٪ سیلیسیم و ۱۱٪ پتاسیم بود.

هشت تیمار مختلف شامل غلظت‌های مختلف از سیلیکات پتاسیم با تعداد پاشش متفاوت همراه با تیمار شاهد در شرایط باغ پسته مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۱). پاشش‌ها با یک دستگاه محلول‌پاش فرغونی ۱۰۰ لیتری انجام شد. در هر تیمار چهار بار پاشش به فاصله زمانی ۱۰ روز انجام شد. با توجه به این‌که شستشوی درختان با آب نیز می‌تواند جمعیت پسیل را کاهش دهد، برای تیمارهایی که تعداد دفعات پاشش سیلیکات پتاسیم کمتر از چهار بار بود، آب‌پاشی در تکرار پاشش‌ها انجام شد. به عبارت دیگر، ابتدا پاشش‌ها با سیلیکات پتاسیم (بسته به تیمار) انجام و در دفعات باقیمانده فقط آب‌پاشی انجام شد. آزمایش‌ها در شهرستان مهریز استان یزد و در باغ پسته ۲۰ ساله رقم اکبری انجام گرفت. اولین محلول‌پاشی در تاریخ ۲۷ اردیبهشت و در انتهای مرحله رشد رویشی درختان و زمانی که متوسط تعداد پوره و تخم پسیل روی هر برگ کمتر از ۱۰ عدد بود، انجام شد (شکل ۱).

جدول ۱- تیمارهای محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم در باغ پسته

| تیمار                 | نحوه محلول‌پاشی                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------|
| T <sub>1</sub> (شاهد) | آب‌پاشی (۴ بار)                                               |
| T <sub>2</sub>        | سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار (دو بار) + آب‌پاشی (دو بار)        |
| T <sub>3</sub>        | سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار (سه بار) + آب‌پاشی (یک بار)        |
| T <sub>4</sub>        | سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار (چهار بار)                         |
| T <sub>5</sub>        | سیلیکات پتاسیم ۲/۵ در هزار (یک بار) + آب‌پاشی (سه بار)        |
| T <sub>6</sub>        | سیلیکات پتاسیم ۲/۵ در هزار (دو بار) + آب‌پاشی (دو بار)        |
| T <sub>7</sub>        | سیلیکات پتاسیم ۵ در هزار (یک بار) + آب‌پاشی (سه بار)          |
| T <sub>8</sub>        | سیلیکات پتاسیم معمولی ۲/۵ در هزار (یک بار) + آب‌پاشی (سه بار) |
| T <sub>9</sub>        | سیلیکات پتاسیم معمولی ۲/۵ در هزار (دو بار) + آب‌پاشی (دو بار) |



شکل ۱- برگ پسته تیمار شده با سیلیکات پتاسیم

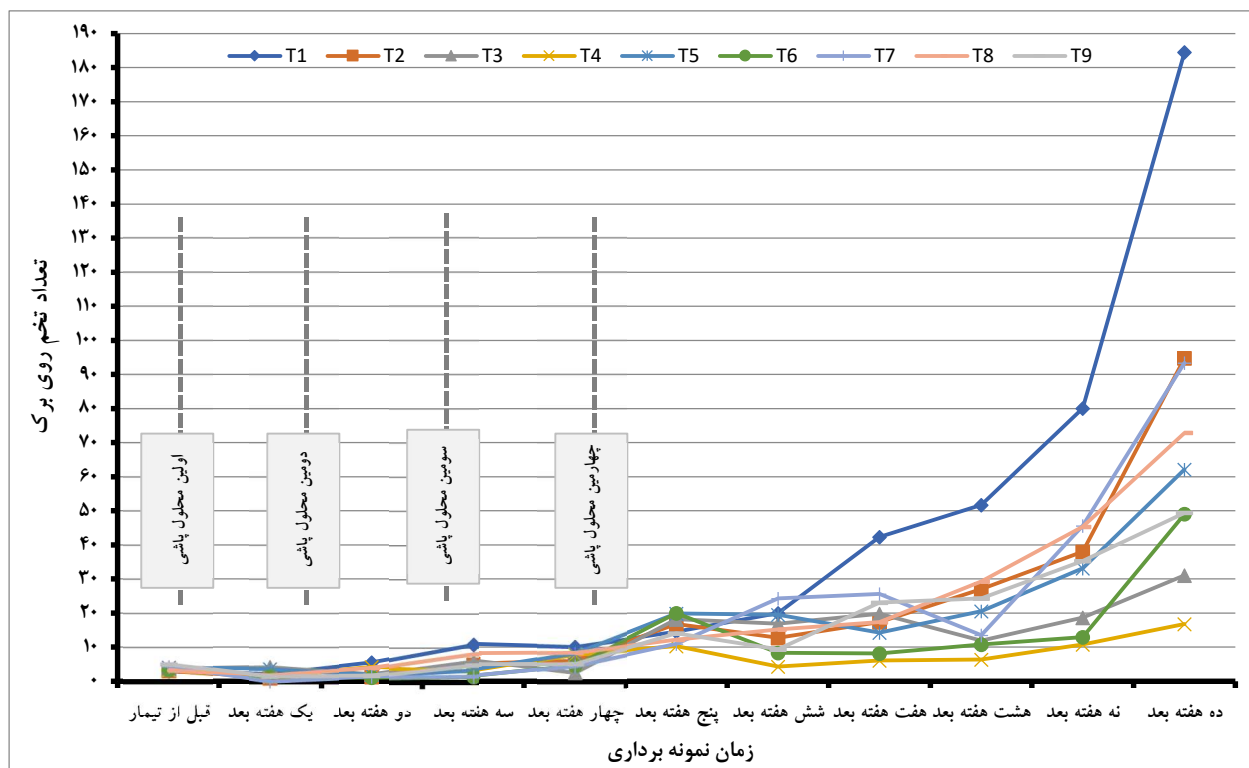
در این آزمایش‌ها نمونه برداری از جمعیت آفت و ارزیابی تراکم جمعیت شامل تخم و مجموع سنین پورگی قبل از شروع اولین محلول پاشی و سپس در فواصل زمانی ۷ روزه و به مدت ۷۰ روز انجام شد. در مجموع چهار نوبت محلول پاشی و ۱۱ نوبت نمونه برداری انجام شد. برای نمونه برداری در هر تکرار سه درخت انتخاب و از هر درخت پنج برگچه از چهار جهت جغرافیایی و قسمت مرکزی تاج درخت چیده شد. نمونه‌ها به طور جداگانه داخل پلاستیک قرار داده شد و برای ارزیابی جمعیت آفت به آزمایشگاه انتقال داده شدند. شمارش تخم و پوره پسیل در آزمایشگاه با استفاده از استریومیکروسکوپ صورت گرفت. آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

از نمونه برداری اول که قبل از اولین محلول پاشی انجام شد و تراکم مجموع تخم و پوره پسیل پسته کمتر از ۱۰ عدد روی هر برگ بود تا نمونه برداری ششم، اثرات تیمارها روی فراوانی تخم و پوره‌ها معنی دار نبود. به عبارتی تا چهارمین محلول پاشی جمعیت تخم و پوره‌ها در تمامی تیمارها پایین بود (نمودارهای ۱ و ۲). فراوانی تخم‌ها تا ۳۵ روز پس از اولین محلول پاشی بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری وجود نداشت. اما پس از آن و با قطع محلول پاشی‌ها در نمونه برداری‌های ۴۲ تا ۷۰ روز پس از اولین محلول پاشی، اختلاف مشهود و معنی داری در فراوانی تخم پسیل در تیمارهای مختلف رخ داد. در مورد پوره‌ها نیز شرایط تا حد زیادی مشابه بود. با وجود نوسان در تراکم پوره‌ها، اختلاف تیمارها تا یک هفته پس از آخرین محلول پاشی معنی دار نبود. از آنجایی که در هر بار محلول پاشی تمامی تیمارها با یک فرمولاسیون از سیلیکات پتاسیم یا آب محلول پاشی شدند، این نتایج دور از انتظار نبود. چرا که به تجربه نگارندگان و بسیاری از کشاورزان، شستشو با آب تنها نیز می‌تواند در کنترل تراکم‌های پایین پسیل پسته مؤثر باشد و سرعت افزایش جمعیت را تا حد زیادی کاهش دهد. امروزه استفاده از آب و صابون یا حتی شستشوی درختان با آب تنها نیز یکی از راهکارهای مرسوم در بین پسته‌کاران برای کاهش جمعیت پسیل پسته است. از طرف دیگر، فراوانی قابل ملاحظه انواعی از دشمنان طبیعی نظیر گونه‌های مختلفی از کفشدوزک‌ها، بالتوری سبز و زنبور پارازیتوئید *Psyllaphaegus pistaciae* Ferrière در باغ‌های پسته در ابتدای فصل رویش از دلایل مهم کاهش جمعیت آفت است. با استفاده از چنین محلول پاشی‌های غیرشیمیایی و چندین بار رطوبت دهی در بازه زمانی انجام آزمایش، به حفظ و حمایت از این موجودات کمک شده و از طغیان آفت جلوگیری شد.

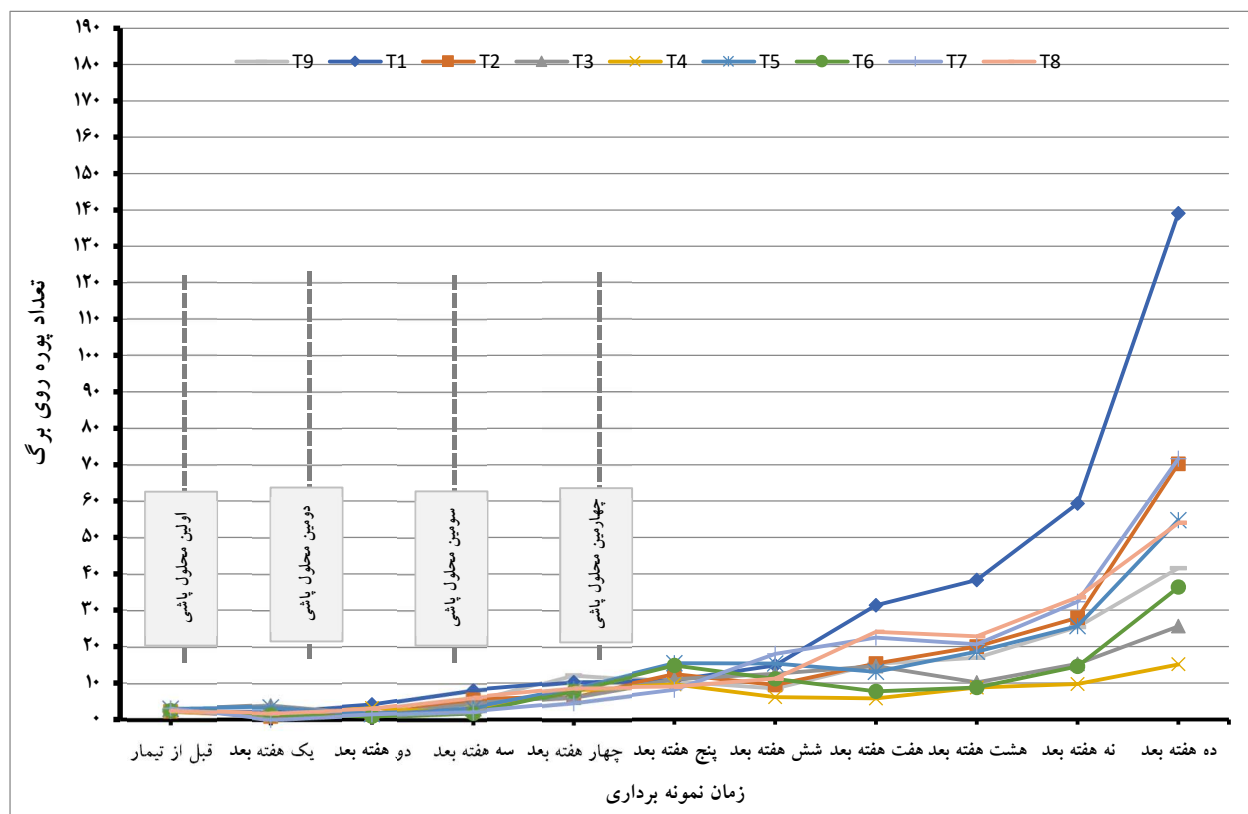
با حذف محلول پاشی‌ها و تشدید گرما، شرایط برای افزایش جمعیت آفت فراهم شد. افزایش دما و کاهش رطوبت محیط و افزایش خشکی، کاهش فعالیت حشرات مفید و عدم شستشوی پوره‌ها و تخم‌ها از سطح برگ‌ها شرایط ایده‌آلی را برای افزایش جمعیت پسیل در باغ پسته فراهم نمود. افزایش جمعیت در تیمارهای مختلف به طور قابل توجهی متفاوت بود. نکته مهم و کاربردی این بود که در تیمارهایی که سیلیکات پتاسیم در تعداد دفعات بیشتری استفاده شده بود، افزایش جمعیت آفت کندتر صورت گرفت. هفتاد روز پس از شروع آزمایش بیشترین جمعیت در شاهد مشاهده شد. کمترین جمعیت آفت نیز در تیمار چهار بار پاشش سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار اتفاق افتاد. پس از آن تیمارهای سه بار سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار و دو بار سیلیکات پتاسیم ۲/۵ در هزار کمترین آلودگی به آفت را داشتند. در واقع کاربرد سیلیکات پتاسیم با غلظت کم اما با دفعات پاشش بیشتر می‌تواند کارایی بیشتری در مقایسه با کاربرد سیلیکات پتاسیم با غلظت‌های بالاتر و دفعات پاشش کمتر داشته باشد. بنابراین، تکرار پاشش باید به عنوان بخشی از روش کاربرد سیلیکات پتاسیم لحاظ شود تا بتواند کارایی مؤثرتری در کنترل پسیل پسته داشته باشد.

نتایج سایر پژوهش‌ها نیز اثرات کنترلی سیلیکات پتاسیم را روی پسیل پسته و برخی آفات دیگر نشان داده‌اند. ترابی و همکاران (۲۰۲۲) کارایی سیلیکات پتاسیم و سولفات پتاسیم را در مقایسه با چند حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی علیه پسیل پسته مورد ارزیابی قرار دادند و متوجه شدند که هرچند اثرات اولیه سیلیکات پتاسیم در مقایسه با این حشره‌کش‌ها کمتر بود، اما در نهایت بیشترین دوام، تأثیر و پایداری کنترل در تیمار سیلیکات پتاسیم مشاهده شد. این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌جهت می‌باشد.

افزایش جمعیت در تیمارهایی که پس از پاشش سیلیکات پتاسیم دو یا سه نوبت با آب شستشو شده بودند، قابل توجه بود. سیلیکات پتاسیم علاوه بر جذب توسط برگ‌ها تا حدودی به صورت فیزیکی در سطح برگ‌ها باقی می‌ماند. به نظر می‌رسد این پوشش برای پسیل پسته مطلوب نیست و موجب کاهش جمعیت و خسارت آفت می‌شود. شستشوی متوالی تا حد زیادی باعث حذف این لایه فیزیکی می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم در باغ زمانی انجام شود که احتمال شستشوی بقایای سیلیکات پتاسیم از سطح برگ‌ها به دلیل بارندگی یا سایر محلول‌پاشی‌های تغذیه‌ای کمتر باشد.



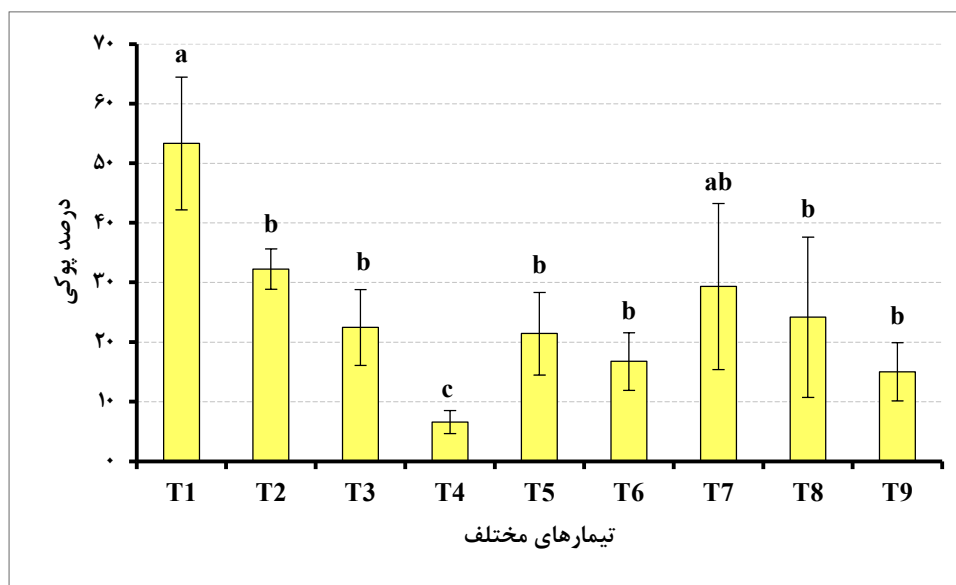
نمودار ۱- فراوانی جمعیت تخم پسیل معمولی پسته، *Agonosca pistaciae* روی برگ درختان پسته در مدت نمونه‌برداری در تیمارهای مختلف شامل: T1 (شاهد): ۴ بار آب‌پاشی، T2: ۲ بار سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار و ۲ بار آب، T3: ۳ بار سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار و یک بار آب، T4: ۴ بار سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار، T5: یک بار سیلیکات پتاسیم ۲/۵ در هزار و ۳ بار آب، T6: ۲ بار سیلیکات پتاسیم ۲/۵ در هزار و ۲ بار آب، T7: یک بار سیلیکات پتاسیم ۵ در هزار و ۳ بار آب، T8: یک بار سیلیکات پتاسیم معمولی ۲/۵ در هزار و سه بار آب، T9: ۲ بار سیلیکات پتاسیم معمولی ۲/۵ در هزار و ۲ بار آب



**نمودار ۲-** فراوانی جمعیت پوره‌های پسیل معمولی پسته، *Agonoscsena pistaciae* روی برگ درختان پسته در مدت نمونه‌برداری در تیمارهای مختلف شامل T1 (شاهد): ۴ بار آب‌پاشی، T2: ۲ بار سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار و ۲ بار آب، T3: ۳ بار سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار و یک بار آب، T4: ۴ بار سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار، T5: یک بار سیلیکات پتاسیم ۲/۵ در هزار و ۳ بار آب، T6: ۲ بار سیلیکات پتاسیم ۲/۵ در هزار و ۲ بار آب، T7: یک بار سیلیکات پتاسیم ۵ در هزار و ۳ بار آب، T8: یک بار سیلیکات پتاسیم معمولی ۲/۵ در هزار و سه بار آب، T9: ۲ بار سیلیکات پتاسیم معمولی ۲/۵ در هزار و ۲ بار آب

## تأثیر تیمارها روی کیفیت محصول

در انتهای فصل درصد پوکی دانه‌ها در تیمارهای مختلف بررسی شد. در هر تیمار سه درخت انتخاب و از هر درخت پنج خوشه جدا شد و تعداد دانه‌های پوک و پر شمارش شد. اثر سیلیکات پتاسیم در کاهش درصد پوکی دانه معنی‌دار بود (نمودار ۳).



**نمودار ۳-** درصد پوکی دانه‌های پسته در تیمارهای مختلف شامل T1 (شاهد): ۴ بار آب پاشی، T2: ۲ بار سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار و ۲ بار آب، T3: ۳ بار سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار و یک بار آب، T4: ۴ بار سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار، T5: یک بار سیلیکات پتاسیم ۲/۵ در هزار و ۳ بار آب، T6: ۲ بار سیلیکات پتاسیم ۲/۵ در هزار و ۲ بار آب، T7: یک بار سیلیکات پتاسیم ۵ در هزار و ۳ بار آب، T8: یک بار سیلیکات پتاسیم معمولی ۲/۵ در هزار و سه بار آب، T9: ۲ بار سیلیکات پتاسیم معمولی ۲/۵ در هزار و ۲ بار آب. حروف متفاوت در ستون‌ها نشانگر اختلاف معنی‌دار (آزمون توکی در سطح ۵ درصد) است.

درصد پوکی دانه علاوه بر شرایط تغذیه‌ای و آبی به شدت تحت تأثیر میزان خسارت پسیل و سطح برگ موجود روی درخت است. بنابراین، با مدیریت پسیل پسته کیفیت محصول نیز به طور معنی‌دار افزایش یافت. بیشترین میزان پوکی در شاهد با حداکثر خسارت پسیل و کمترین درصد پوکی در تیمار T4 (چهار بار پاشش سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار) با کمترین فراوانی پسیل دیده شد. دو فرمولاسیون سیلیکات پتاسیم تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. با این حال، تفاوت آن‌ها نسبت به شاهد معنی‌دار بود و هر دو فرمولاسیون به طور مؤثری درصد پوکی پسته را کاهش دادند. فرازی و حکم آبادی (۱۳۹۴) اثر سیلیکات پتاسیم را روی میزان پوکی دانه، سقط جنین و عارضه آفتاب سوختگی در پسته بررسی کردند. بنابر نتایج، محلول پاشی در خرداد ماه سبب کاهش ۴۰٪ پوکی، ۱۲٪ سقط جنین و ۵۸٪ آفتاب سوختگی شد. همچنین محلول پاشی سیلیکات پتاسیم در درختان با تعداد برگ کمتر از استاندارد ۱۰ برگ سبب افزایش ۴۴٪ محصول سالم و کاهش ۸۰٪ پوکی و ۲۶٪ سقط جنین و ۵۶٪ عارضه سوختگی نسبت به درختان شاهد شد. این نتایج، از یافته‌های پژوهش حاضر که نشان‌دهنده کاهش درصد پوکی در نتیجه کاربرد سیلیکات پتاسیم می‌باشد، حمایت می‌کند. به طور مشابهی در مطالعه انجام شده توسط علی‌یاری و همکاران (۱۳۹۴) اثر مثبت کود سیلیکات پتاسیم در افزایش وزن کل دانه تر، وزن پوست، وزن بدون پوست و وزن خشک پسته گزارش شده است. این محققان استفاده از سیلیکات پتاسیم را برای حفظ عملکرد اقتصادی پسته ضروری دانسته‌اند که در راستای یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشد.

سیلیسیم با ایجاد موانع فیزیکی و خشبی شدن بافت‌های گیاهی سبب کاهش امکان خسارت آفات می‌شود و با افزایش فعالیت آنزیم‌های دفاعی، تولید متابولیت‌های دفاعی و افزایش بیان ژن‌های دفاعی منجر به افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زیستی شده و سلامت گیاه را بهبود می‌بخشد (سکر، ۲۰۱۸). با توجه به نتایج حاضر و یافته‌های دیگر پژوهشگران، مجموعه‌ای از سازوکارهای دفاعی، تغذیه‌ای و مقاومتی منجر به کاهش خسارت آفات و افزایش سلامت گیاهان تحت تیمار سیلیکات پتاسیم می‌شوند. سیلیکات پتاسیم علاوه بر کنترل پسیل می‌تواند در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه نیز نقش داشته باشد و با حفاظت برگ‌ها و میوه‌ها از برخی تنش‌های محیطی، منجر به افزایش معنی‌دار کیفیت محصول شود.

### توصیه ترویجی

برگ‌های تیمار شده با سیلیکات پتاسیم بستر مناسبی برای رشد و تکمیل چرخه زندگی پسیل پسته نیستند. بنابراین، محلول پاشی درختان با سیلیکات پتاسیم می‌تواند منجر به کاهش جمعیت و خسارت پسیل شود. با توجه به اثر خسارت پسیل پسته در کاهش کمیت و کیفیت محصول، کاربرد سیلیکات پتاسیم می‌تواند علاوه بر افزایش کمی، ویژگی‌های کیفی محصول پسته را بهبود بخشد. کاربرد چند مرحله‌ای سیلیکات پتاسیم اثرات بهتری در کنترل جمعیت پسیل خواهد داشت. اگرچه یک بار پاشش غلظت‌های ۲/۵ و ۵ در هزار سیلیکات پتاسیم اثرات معنی‌داری در کاهش جمعیت دارد، اما تکرار پاشش‌ها اثرات بلند مدت‌تری در کنترل آفت دارد. در مجموع، چهار بار پاشش سیلیکات پتاسیم ۱/۵ در هزار یا سه بار پاشش با غلظت ۲/۵ در هزار با فاصله زمانی ۱۰ روز، نتیجه بهتری در کنترل جمعیت پسیل و بهبود ویژگی‌های کیفی محصول پسته دارد. البته محتمل است که کاربرد متوالی و با تکرار غلظت‌های بالا نیز بتواند بسیار موثر باشد که باید بررسی شود. علاوه بر این، تکرار چنین محلول پاشی‌های غیرشیمیایی به حفاظت و حمایت از دشمنان طبیعی کمک می‌کند و از طغیان آفت ممانعت می‌شود. با این حال توصیه می‌شود محلول پاشی سیلیکات پتاسیم در انتهای مرحله رویشی درختان پسته انجام شود. در این زمان از یک طرف جمعیت پسیل پسته هنوز بالا نرفته و از طرف دیگر زمان مناسبی برای تغذیه گیاه است و همچنین احتمال شستشوی بقایای سیلیکات پتاسیم از سطح برگ‌ها به دلیل بارندگی یا سایر محلول پاشی‌های تغذیه‌ای کمتر است. این امر سبب می‌شود سیلیکات پتاسیم به صورت یک لایه نازک محافظ روی برگ‌ها باقی بماند و اثرات حفاظتی آن در مقابل پسیل و تنش‌های محیطی مثل گرما و تابش نور خورشید ادامه داشته باشد. در مجموع، سیلیکات پتاسیم از یک طرف با کاهش جمعیت و خسارت پسیل پسته و از طرف دیگر با تأمین نیازهای تغذیه‌ای درخت و افزایش توان تحمل تنش‌های زنده و غیرزنده، در افزایش عملکرد محصول مؤثر است. کود سیلیکات پتاسیم می‌تواند در برنامه مدیریت تلفیقی پسیل پسته مورد استفاده قرار گیرد و ضمن کمک به مدیریت آفت، سبب کاهش مصرف حشره‌کش‌ها و افزایش کمیت، کیفیت و سلامت محصول پسته شود.

## فهرست منابع

- حیدری، ا. و عسکری سریزدی، ق. ۱۴۰۱. ارزیابی حساسیت جمعیت های مختلف پسیل پسته (*Agonosceana pistaciae*) به حشره کش های متداول کاربردی. گزارش نهایی. موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور. ۲۷ صفحه.
- عسکری سریزدی، ق. جعفری ندوشن، ع. و براتی، ر. ۱۴۰۲. بررسی اثر سیلیکات پتاسیم (سیلیکاسول) روی پسیل معمولی پسته (*Agonosceana pistaciae* Burckharat & Lauterer (Hem.: Psyllidae) گزارش نهایی. موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور. ۲۹ صفحه.
- علی یاری، ا.ع، دشتبان، ع و حکم آبادی، ح. ۱۳۹۴. تأثیر کودهای سیلیس و سیلیکات پتاسیم بر روی برخی ارقام پسته در منطقه دامغان، همایش ملی رهیافت های علمی در صنعت طلای سبز، دامغان.
- فرازی، ا، حکم آبادی، ح. ۳۹۴. اثر محلول پاشی با سیلیس در رقم پسته شاهپسند. همایش ملی رهیافت های علمی در صنعت طلای سبز، پسته، دامغان.
- Assis, F.A., Moraes, J.C., Silveira, L.C.P., Francos, J., Nascimento, A.M. and Antunes, C.S. 2012. Inducers of resistance in potato and its effects on defoliators and predatory insects. Rev. Colomb. Entomol. 38: 30-34.
- Costa, R. R., Moraes, J. C. and Costa R.R. 2011. Feeding behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* on wheat plants treated with imidacloprid and/or silicon. J. Appl. Entomol. 135: 115-120.
- Keeping M.G. and Kvederas O.L. 2008. Silicon as a plant defense against insect herbivory: response to Massey, Ennos and Hartley. J. Anim. Ecol. 77: 631-633.
- Laing M.D., Gatarayiha M.C. and Adandonon A. 2006. Silicon use for pest control in agriculture: a review. Proc. South Afr. Sugar Technol. Assoc. 80: 278-286.
- Nascimento, A.M., Assis, F.A., Moraes, J.C. and Souza, B.H.S. 2018. Silicon application promotes rice growth and negatively affects development of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). J. Appl. Entomol. 142: 241-249.
- Sakr, N. 2018. Silicon-enhanced resistance of plants to biotic stresses review article. Acta Phytopathol. Entomol. Hung. 53: 125-141
- Sarwar, M. 2012. Effects of potassium fertilization on population buildup of rice stem borers (lepidopteron pests) and rice (*Oryza sativa* L.) yield. J. Cereals Oilseeds 3: 6-9.
- Torabi, E., Tavakoli, E., Olyaie Torshiz, A. and Taherian, M. 2022. Investigating the efficacy of potassium silicate and potassium sulfate against the pistachio psyllid (*Agonosceana pistaciae*) under field conditions. Chem. Proc. 10: 40.
- Wang, M., Gao, L., Dong, S., Sun, Y., Shen, Q. and Guo, S. 2017. Role of silicon on plant-pathogen interactions. Front. Plant Sci. 8: 701.