

The effect of different sulfur sources on the common pistachio psyllid and some of its natural enemies in case studies

Zahra Sheibani Tezerji*

Department of Entomology, Raf.C., Islamic Azad University, Rafsanjan, Iran

* Corresponding author: zh.sheibani@iau.ac.ir

Recieved:2025/9/1

Accepted:2025/9/17

Abstract

The common pistachio psyllid is one of the most important pests of pistachio trees. The damage of this pest is

economic in terms of feeding on plant sap, being multi-generational, and having high reproductive capacity. Chemical insecticides are used to control it. Given the of chemical insecticides have many disadvantages, Therefore, it is essential to find a safe, effective, and natural method to control this pest. One of these methods is the use of a sulfur mineral compound, which is available in various sources, including mineral and refinery (liquid, wettable powder and micronized powder formulations). Various studies have shown that sulfur is more effective to control of the common pistachio psyllid than chemical pesticides such as imidacloprid and spirotetramat, acetamiprid, flupyradifuron, thiacloprid, and phosalone, and can control this pest for several weeks. The effect of Zarkooh Mine sulfur increases with increasing concentration, and in cases of high pest density that require rapid control, a higher concentration should be used, depending on the pistachio variety and time. Micronized sulfur had better effect than other sulfur formulations to reduce the population density of common pistachio psyllid at different sampling times. The effect of sulfur on parasitoid, *Psyllaephagus pistaciae* and Ladybugs, *Oenopia conglobata* and *Hippodamia variegata* was less harmful, but on *Chrysoperla carnea* was medium harmful. Of course, the bioassay on the *C. carnea* was conducted under laboratory conditions. The application sulfur improves vegetative characteristics and quantitative and qualitative yield of commercial pistachio cultivars and Quality characteristics of pistachio nuts (Kernel composition, appearance and market acceptance). In general, necessary decisions should be taken regarding the method and timing of sulfur application in an integrated pest management program so that it does not adversely affect the sensitive growth stages of natural enemies and also does not cause burns to pistachio leaves and nuts.

Keywords: *Agonoscena pistaciae*, *Chrysoperla carnea*, *Oenopia conglobata*, *Psyllaephagus pistaciae*, sulfur.

Extended Abstract

Introduction

The common pistachio psyllid is one of the most important pests of pistachio trees. The damage of this pest is economic in terms of feeding on plant sap, being multi-generational, and having high reproductive capacity. This pest causes blankness and half-kernel nuts and bud and leaf drop. Different chemical insecticides are used to control it. These compounds are carcinogenic, cause hormonal imbalance, sterilization, acute and chronic toxicity, and had long-term degradation and residues in food. The use of these compounds disrupts the balance of natural enemies, pollinators and other wildlife. They also cause widespread contamination of groundwater, pest resurgence and the emergence of secondary pests. Therefore, it is essential to find a safe, effective, and natural method to control this pest. One of these methods is the use of a sulfur mineral compound, which is available in various sources, including mineral and refinery (liquid, wettable powder and micronized powder formulations). It is a relatively safe compound and is in the G.R.A.S. category of pesticides.

Materials and Methods

The effects of sulfur at different formulations and concentrations compared to each other and chemical pesticide and control (water) were investigated on the population density of eggs and nymphs of common pistachio psyllid at commercial cultivar pistachio usually under field conditions as randomized complete block design with at least four replicates under field conditions. Sulfur should be passed through a fine sieve before being added to the sprayer tank. Be Mix with water, outside the sprayer tank. Then was poured it into the sprayer. It is essential to equip the sprayer with an agitator. The samplings were done 3, 7, 14, 21 and 28 days after treatment. Random sampling was performed from the leaflet or leaf. Data analysis was performed using different software such as SAS and SPSS, and Duncan's or Tukey's test was used to compare means at the 5% and 1% level.

Results and Discussions

As the population of common pistachio psyllid increases, this leads to a significant decline in both the quality and the yield of the pistachio harvest. Over the past few years, various types of sulfur have been commonly used to control pests. Various studies have shown that sulfur is more effective to control of the common pistachio psyllid than different chemical pesticides such as imidacloprid, spirotetramat, acetamiprid, flupyradifuron, thiacloprid, and phosalone, and can control this pest for several weeks. The effect of Zarkooh Mine sulfur on common pistachio psyllid increases with increasing concentration, and in cases of high pest density that require rapid control, a higher concentration should be used, depending on the pistachio variety and time. Micronized sulfur had better effects than other sulfur formulations to reduce the population density of common pistachio psyllid at different sampling times after spraying. Sulfur produces hydrogen sulfide by sublimation and combination with hydrogen gas, so it is considered. Some researchers believe that sulfur is well soluble in fats and can pass through the semipermeable cytoplasmic membrane and enter the cell. Therefore, sulfur affect on common pistachio psyllid both through contact and ingestion, then it causes the death of insects by disrupting their normal

function and energy cycle, followed by a change in energy capacity.

The adaptability of pesticides with biological agents is one of the major concerns of integrated pest management (IPM) practitioners. Hence, it is essential to have necessary information about the action mode of pesticides on non-target insects. Furthermore, finding efficient biological control agents is considered the first step in developing biological control programs. Therefore, the effects of different formulations and sources of sulfur has been investigated on natural enemies of common pistachio psyllid. The effect of Zarkooh Mine sulfur on parasitoid, *Psyllaephagus pistaciae* (adult) and Ladybugs, *Oenopia conglobata* (larvae) and micronized sulfur on *Hippodamia variegata* (egg, larval stages and adult) was less harmful, but sulfur wettable powder (WP_{80%}) on *Chrysoperla carnea* (egg, larval stages and adult) was medium harmful. Of course, the bioassay on the *C. carnea* laboratory conditions.

The application sulfur improves vegetative characteristics and quantitative and qualitative yield of commercial pistachio cultivars (A significant increase in the percentage of splitting nuts and a significant decrease in the percentage of unsplitting nuts in Ahmad Aghaei and Owhadi cultivars compared to control and spirotetramat and imidacloprid pesticides) and quality characteristics of pistachio nuts (Kernel composition, appearance and market acceptance).

Conclusion

According to the results of these researches, sulfur can be used as a safe, effective, and compatible compound compared to chemical pesticides before the critical stage of pistachio nut development. Sulfur can protect pistachio trees from infestation of common pistachio psyllid at low population densities. Therefore, the emphasis on spraying trees with sulfur at the beginning of the growing season to prevent of laying eggs, plays a significant role to reduce the use of dangerous chemical pesticides and control of pest. Preventive use of sulfur can be a valuable tool in integrated management of common pistachio psyllid, especially for the production of healthy pistachios, and can improve the quantitative and qualitative characters of pistachio nuts. Of course, special attention must be paid to the sensitivity of pistachio cultivars to sulfur, the time of activity of sensitive growth stages of natural enemies, and the time of sulfur application around the day in order to control the common pistachio psyllid with the least effect on natural enemies and to prevent the formation of burn symptoms on pistachio leaves and nuts.

تأثیر منابع مختلف گوگرد روی پسیل معمولی پسته و برخی دشمنان طبیعی آن در مطالعات موردی

زهرا شیبانی تذرجی*

گروه حشره شناسی، واحد رفسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، رفسنجان، ایران.

* نویسنده مسئول: zh.sheibani@iau.ac.ir

پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۲۶

دریافت: ۱۴۰۴/۶/۱۰

چکیده

پسیل معمولی پسته یکی از مهم ترین آفات درختان پسته است و خسارت آن به لحاظ تغذیه از شیریه گیاهی، چند نسلی بودن و قدرت تولید مثل زیاد، اقتصادی است. برای کنترل آن از حشره کش های شیمیایی استفاده می شود. با توجه به معایب حشره کش های شیمیایی یافتن روشی امن، مؤثر و طبیعی برای کنترل این آفت ضروری است. یکی از این روش ها استفاده از ترکیب معدنی گوگرد است که به شکل منابع مختلف از جمله معدنی و پالایشگاهی (با فرمولاسیون های مایع، پودر و تابل و پودر میکرونیزه) موجود است. تحقیقات مختلف نشان داده است که گوگرد در مقایسه با آفت کش هایی نظیر ایمیداکلوپراید و اسپیروتترامات، استامی پراید، فلوپیرادیفورون و تیاکلوپراید و فوزالون تأثیر بیشتری در کنترل پسیل معمولی پسته دارد و برای چندین هفته می تواند آن را کنترل نماید. تأثیر گوگرد معدن زرکوه با افزایش غلظت افزایش می یابد و در تراکم بالای آفت که نیاز به کنترل سریع است با توجه به رقم پسته و زمان، از غلظت بیشتر استفاده شود. گوگرد میکرونیزه در مقایسه با سایر فرمولاسیون های گوگرد عملکرد بهتری در کاهش انبوهی جمعیت پورهی پسیل معمولی پسته در زمان های مختلف نمونه برداری داشته است. کاربرد گوگرد روی زنبور پارازیتوئید *Psyllaephagus pistaciae* و کفشدوزک *Oenopia conglobata* و *Hippodamia variegata* تأثیر جزئی دارد اما روی بالتوری *Chrysoperla carnea* تأثیر سوء بیش تری نشان داد، البته باید نظر داشت که زیستسنجی روی بالتوری در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. کاربرد گوگرد باعث بهبود خصوصیات رویشی و عملکرد کمی و کیفی ارقام تجاری پسته و خصوصیات کیفی میوه پسته (ترکیبات مغز میوه، رویت و بازارپسندی) می شود. به طور کلی در مورد نحوه و زمان کاربرد گوگرد در قالب یک برنامه ی مدیریت تلفیقی آفت، بایستی تدابیر لازم اندیشیده شود، تا بر مراحل رشدی حساس دشمنان طبیعی تأثیر سوء ایجاد نکند و هم چنین سبب سوختگی برگ و میوه پسته نگردد.

واژگان کلیدی: بالتوری، پسیل معمولی پسته، زنبور پسیلوفագوس، کفشدوزک، گوگرد.

مقدمه

پسیل معمولی پسته (*Agonosceca pistaciae* Burckhardt and Lauterer (Hemiptera: Psyllidae) یک آفت مهم و کلیدی است که در حال حاضر کنترل آن یکی از بزرگ ترین دغدغه های کشاورزان محسوب می شود و همه ساله سبب کاهش کیفی و کمی محصول پسته می گردد (Samih et al., 2005). تغذیه از شیر گیاهی باعث ضعف عمومی درختان و در نتیجه در طول مرحله ی پرشدن مغز میوه پسته، باعث پوکی و نیم مغز شدن دانه ها، ریزش جوانه ها و سپس ریزش برگ ها می شود (Mehrnejad, 2002). برای کنترل این آفت اغلب از آفت کش های شیمیایی استفاده می شود. این ترکیبات دارای خاصیت سرطان زایی، تولید جنین های ناقص، سبب اختلال در تعادل هورمونی، عقیم سازی، سمیت های حاد و مزمن و تجزیه طولانی مدت و وجود بقایا در مواد غذایی می باشند. استفاده از این ترکیبات سبب اختلال در تعادل دشمنان طبیعی، حشرات گرده افشان و سایر موجودات حیات وحش می شود. هم چنین باعث آلودگی وسیع آب های زیرزمینی، طغیان مجدد آفات و ظهور آفات ثانویه می شوند (Khater, 2012). هرچند در کشاورزی مدرن حفاظت از گیاهان به وسیله ی آفت کش های شیمیایی یک فاکتور اساسی در افزایش تولید به شمار می آید؛ با این حال، محدودیت ها و خطرات استفاده بیش از اندازه این آفت کش ها در طبیعت نیز آشکار شده است (Alizadeh et al., 2007). لذا با توجه به نحوه خسارت پسیل معمولی پسته، چند نسلی بودن آن و تأثیر آن روی محصول پسته سال آینده و معایب روش های شیمیایی، کاربرد ترکیب های ایمن تر برای محیط زیست و کاهش میزان مصرف سموم ضروری به نظر می رسد. گوگرد یکی از این ترکیبات است که به عنوان یک ترکیب معدنی از طریق تماسی و گوارشی با اختلال در عملکرد طبیعی و چرخه انرژی سبب مرگ حشره می شود. گوگرد از نظر نوع مسمومیت جزء سموم نسبتاً امن بوده و در گروه سموم G. R. A. S¹ قرار می گیرد (Rakhshani et al., 2015). به دلیل سازگاری بالای گوگرد با محیط و عدم اثر سوء زیست محیطی، علاقه زیادی به استفاده از آن به عنوان یک آفت کش شیمیایی مؤثر در برنامه های مدیریتی آفات وجود دارد (Pérez-Guerrero and Molina, 2016). گوگرد از عناصر طبیعی موجود در محیط است که به عنوان حشره کش، قارچ کش و جوندگی کش و نیز به عنوان کود و اصلاح کننده خاک مورد استفاده قرار می گیرد (Erfani Nategh et al., 2023). در قرن گذشته، گوگرد به طور گسترده ای به عنوان قارچ کش در بسیاری از محصولات های کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته و در دهه ی اخیر فعالیت حشره کشی آن نیز شناخته شده است (Pérez-Guerrero and Molina, 2016). گوگرد یکی از اولین آفت کش هایی است که ۲۵۰۰ سال پیش از میلاد مورد استفاده قرار می گرفته و برای ضدعفونی کردن خانه های یونانی ها کاربرد داشته است. این عنصر در دهه ۱۹۲۰ به عنوان آفت کش در آمریکا ثبت شد و به طور گسترده در برابر سفیدک پودری و سایر بیماری های قارچی مورد استفاده قرار گرفت، به گونه ای که در کالیفرنیا در سال ۲۰۱۲ تنها ۲۱۴۶۲۵۹۸ کیلوگرم برای کنترل بیماری ها و آفات محصول هایی مانند انگور، گوجه فرنگی، پسته، توت فرنگی، چغندر قند، هلو، بادام، هویج و انار استفاده شد (Griffith et al., 2015).

گوگرد به شکل های مختلف از جمله معدنی و میکرونیزه پالایشگاهی پایه نفتی و گازی در بازار موجود می باشد. گوگرد پالایشگاهی که از نفت خام و گاز جداسازی می گردد خلوصی بیش از ۹۹ درصد دارد و باقیمانده آن را خاکستر، هیدروکربن ها، رطوبت و اسید سولفوریک تشکیل می دهند. گوگرد پالایشگاهی نوع گازی به رنگ زرد طلایی و نوع نفتی به رنگ زرد قناری است که به صورت یک آسیابه، دو آسیابه و میکرونیزه عرضه می گردد. گوگرد معدنی به صورت طبیعی در معادن و رگه های گوگردی خاک یافت می شود و بسته به نوع معدن و ناخالصی موجود، دارای خلوص بین ۲۰ تا ۵۰ درصد می باشد. این گوگرد اغلب با آهک همراه است (Afrousheh et al., 2021a). گوگرد جز سموم معدنی غیرکربنه محسوب می گردد که از طریق تماسی و گوارشی با اختلال در عملکرد طبیعی و چرخه انرژی سبب مرگ حشره می شود. گوگرد به خوبی می تواند عوامل بیماری زای قارچی، پسیل ها، کنه ها، شته ها، عنکبوت ها و لارو و پوره آن ها را از بین ببرد. حتی در برخی از موارد سبب از بین رفتن تخم حشرات نیز می گردد. اما برای پرندگان، ماهی ها و زنبورها بی خطر بوده و برای انسان سمیت کمی دارد لذا از نظر نوع مسمومیت جزء سموم نسبتاً امن بوده و در دسته سموم G. R. A. S می باشد (Shabani

(Brogeni, 2016). گوگرد با تصعید و ترکیب با گاز هیدروژن تولید سولفید هیدروژن می کند لذا یک ترکیب تدریجی محسوب می شود. برخی محققین معتقدند که گوگرد در چربی ها به خوبی حل می شود و می تواند از غشای نیمه تراوا سیتوپلاسمی عبور کند و وارد سلول شود. بنابراین هم از طریق تماسی و هم گوارشی با اختلال در عملکرد طبیعی و چرخه انرژی و به دنبال آن تغییر توانایی انرژی سبب مرگ حشرات می گردد (Afrousheh et al., 2021a).

تاکنون اثر آفت کشی گوگرد میکرونیزه (Mohammadinia and Emami, 2018; Bakhtiari Torbati et al., 2023; Erfani Nategh et al., 2016; al., 2023; Kazemi et al., 2016; Afrousheh et al., 2023) گوگرد معدنی زرکوه (al., 2016; Erfani Nategh et al., 2023; Kamyab et al., 2024; al., 2021b;) گوگرد مایع (Mohammadinia and Emami, 2018;) و گوگرد و تابل (Mohammadinia and Emami, 2018; Jafari Nadooshan et al., 2024) روی پسیل معمولی پسته و دشمنان طبیعی آن (Jafari Nadooshan et al., 2024; Erfani Nategh et al., 2023; Kazemi et al., 2016) و خصوصیات کمی و کیفی میوه پسته (Afrousheh et al., 2021b) مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش ها

تأثیر منابع مختلف گوگرد در غلظت های مختلف بسته به فرمولاسیون آن، در مقایسه با یکدیگر یا سایر ترکیبات آفت کش روی ارقام تجاری پسته به روش صحرائی در قالب طرح بلوک تصادفی در چند تکرار زیست سنجی می شوند. برای تیمار شاهد از آب استفاده می شود. در مورد گوگردهای با فرمولاسیون جامد، گوگرد قبل از اضافه نمودن به مخزن سم پاش از الک ریز عبور داده می شود، بیرون از مخزن سم پاش با آب مخلوط می گردد و سپس به داخل مخزن سم پاش ریخته می شود. تجهیز سم پاش به همزن ضروری است. محلول پاشی معمولاً با تانکر ۱۰۰۰ لیتری مجهز به همزن انجام می شود. جهت جلوگیری از اثر سوزندگی گوگرد، محلول پاشی آن در ساعات خنک اول صبح انجام می شود. نمونه برداری به صورت تصادفی از برگچه های پسته ۳، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز بعد از محلول پاشی انجام می شود. جمعیت تخم و پوره های پسیل معمولی پسته در هر دو سطح رویی و زیری برگچه های برگ پسته به وسیله استریومیکروسکوپ شمارش می گردد و تعداد آن ها در هر تیمار و تکرار به طور جداگانه ثبت می شود (Mohammadinia and Emami, 2018; Bakhtiari Torbati et al., 2016; Kazemi et al., 2023; Erfani Nategh et al., 2023; al., 2021b; Afrousheh et al., 2021b). انبوهی جمعیت تخم و پوره های پسیل معمولی پسته در مقایسه با شاهد تجزیه و تحلیل می شود. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای مختلف مانند SAS یا SPSS انجام می شود و مقایسه میانگین ها بین تیمارهای مختلف با آزمون های مختلف مانند توکی یا دانکن صورت می گیرد.

نتایج و بحث

تأثیر منابع مختلف گوگرد روی پسیل معمولی پسته

گوگرد به لحاظ منابع استحصال به دو شکل معدنی و نفتی تقسیم بندی می شود. عموماً گوگردهای استخراج شده از منابع نفتی مانند گوگرد میکرونیزه ضمن تفاوت در ساختار مولکولی نسبت به منابع معدنی درصد خلوص بالاتر (بالاتر از ۹۹ درصد) و تصعید بهتر داشته و لذا در کنترل پسیل موثرترند (Shabani Brogeni, 2016). تاکنون منابع مختلف گوگرد روی پسیل معمولی پسته مورد بررسی قرار گرفته است که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود.

اثرات حشره کشی عصاره گیاهی تلخه (ماترین) و گوگرد جامد در مقایسه با آفت کش های فلوپیرادیفورون و تیاکلوپراید روی پوره های پسیل معمولی پسته در شرایط صحرائی بررسی شد. در فواصل زمانی ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز بعد از محلول پاشی، ۱۰ برگ از هر درخت به طور تصادفی جدا شده و پوره های زنده مربوط به هر تیمار

و تکرار شمارش و به طور جداگانه ثبت شد. اعمال تیمارهای فلوپیرادیفورون، تیاکلوپراید، ماترین و گوگرد جامد، سه روز پس از محلول پاشی به ترتیب منجر به کاهش ۹۷، ۹۵، ۹۸ و ۹۸ درصدی جمعیت پوره ها شد و پس از ۲۱ روز، گوگرد جامد، ۹۴/۶ درصد کنترل را سبب شد و سایر تیمارها در این دو مرحله اختلاف معنی داری با شاهد نداشتند. بنابراین گوگرد جامد به عنوان یک ترکیب غیرشیمیایی تاثیر خوبی در کنترل این آفت خواهد داشت (Bahadur et al., 2020). در تحقیقی تاثیر گوگرد تجاری زرکوه (۳۰ در هزار)، گوگرد زرکوه (۵۰ در هزار) و فوزالون (۲/۵ در هزار) روی سنین پورگی و تخم پسیل معمولی پسته در حومه مرکزی استان کرمان، در سال ۱۳۹۸ بررسی شد. محلول پاشی روی درختان پسته در اوایل تیر ماه صورت گرفت. آزمایش ها در قالب طرح آماری بلوک های کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. نمونه برداری از برگ های درختان پسته تیمار شده در یک، سه، هفت و ۱۴ روز پس از محلول پاشی انجام شد. در ۱۴ روز پس از محلول پاشی، اختلاف معنی داری بین تیمارها از لحاظ کنترل سنین پورگی چهار و پنج آفت مشاهده نگردید و میانگین کنترل در تیمارها برابر با $(49/0 \pm 23)$ درصد بود. در مورد سنین پورگی یک، دو و سه نیز این اختلاف معنی دار نبوده و میانگین کنترل در تیمارها برابر $(63/0 \pm 02/95)$ درصد بوده است. بین تیمارها در کاهش تراکم تخم آفت نیز اختلاف معنی دار مشاهده نگردید. میانگین کاهش جمعیت تخم در تیمارهای گوگردی $(79/1 \pm 9/49)$ درصد تعیین شد. باتوجه به نتایج فوق استفاده از گوگرد زرکوه در هر دو غلظت در مقایسه با تیمار ترکیب شیمیایی فوزالون اختلاف معنی داری نشان نمی دهد که با توجه به مسائل عمده استفاده از گوگرد نظیر سوختگی ها، برگریزی ها، شکل کاربرد و... هنوز توصیه این ماده برای کنترل پسیل پسته نیاز به بررسی های بیش تری دارد (Kamyab et al., 2024).

با هدف کاهش مصرف آفت کش های شیمیایی، اثر گوگرد میکرونیزه Sulfur® و اختلاط آن با کائولین فراوری شده سپیدان WP® روی پوره پسیل معمولی پسته در منطقه کاشمر استان خراسان رضوی، در سال ۱۳۹۳ بررسی شد. به همین منظور محلول پاشی کامل درختان پسته با غلظت های ۳ و ۵ درصد کائولین فراوری شده و اختلاط آن با گوگرد میکرونیزه، ۵/۰ و یک درصد انجام گرفت. آزمایش ها در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با نه تیمار و چهار تکرار انجام شد. زمان های محلول پاشی تیر و مرداد ماه بود. نمونه برداری یک روز قبل و ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز بعد از هر محلول پاشی انجام شد. در هر بار نمونه برداری، تعداد کل پوره پسیل در سطح رویی و پشتی چهار برگ شامل سه برگچه از جهات مختلف درخت شمارش شده و میانگین تعداد پوره به ازاء هر برگ و سپس درصد کاهش جمعیت در زمان های مختلف بعد از محلول پاشی محاسبه گردید. بر اساس نتایج به دست آمده، بیش ترین درصد کارایی مربوط به تیمار اختلاط کائولین ۵ درصد و گوگرد میکرونیزه یک درصد در زمان های ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از محلول پاشی، به ترتیب ۵/۰ درصد و ۸۶/۰۲، ۹۰/۸۵، ۹۷/۹۵، ۶۶/۵۶ درصد بود. هم چنین درصد کارایی تیمار گوگرد میکرونیزه یک درصد، در زمان های ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از محلول پاشی، به ترتیب با میانگین کارایی ۹۶/۱۱، ۷۰/۷۹، ۷۰/۶۵ و ۵۱/۷۰ درصد بود. نتایج نشان داد که اختلاط گوگرد میکرونیزه موجب افزایش کارایی کائولین می گردد. بر این اساس با توجه به تاثیر مطلوب اختلاط گوگرد میکرونیزه در کاهش جمعیت پوره ها، محلول پاشی درختان پسته با کائولین فراوری شده و گوگرد میکرونیزه میتواند به طور موفقیت آمیزی جمعیت پوره پسیل معمولی پسته را کنترل نماید (Bakhtiari Torbati et al., 2016). بررسی اثر گوگرد روی پسیل معمولی پسته و اثرات احتمالی آن روی درختان پسته، تحقیقی در سال ۱۳۹۶ انجام شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل گوگرد میکرونیزه (۳۰ کیلو در هزار لیتر آب + ۲ لیتر صابون محلول-پاشی)، گوگرد مایع ۴۰ درصد (۵ / ۲ لیتر در هزار لیتر آب)، گوگرد وتابل ۸۰ درصد (۵ کیلوگرم در هزار لیتر آب)، آفت کش فوزالون (۲ لیتر + ۲ لیتر صابون محلول پاشی در هزار لیتر آب) و آب (شاهد) بود. نتایج آزمایش نشان داد که در نمونه برداری ۲۱ روز بعد از محلول پاشی، درصد تاثیر تیمار گوگرد میکرونیزه و گوگرد وتابل تفاوت معنی داری نداشت و کمترین درصد تاثیر مربوط به تیمار فوزالون بود. گوگرد میکرونیزه در مقایسه با سایر تیمارها عملکرد بهتری در کاهش جمعیت پورهی پسیل معمولی پسته در زمان های نمونه برداری ۱۴ و ۲۱ روز بعد از محلول پاشی داشت. در تیمار گوگرد میکرونیزه علیرغم تخم ریزی های حشرات بالغ، میانگین جمعیت پوره تا ۶۳

روز بعد از گوگردپاشی روی هر برگچه کمتر از هفت پوره بوده است. نتایج بررسی اثرات جانبی گوگرد از نظر ایجاد لکه های سوخته شده روی برگ پسته نشان داد که در تیمارهای پودر گوگرد میکرونیزه و گوگرد مایع لکه های سوخته توسعه یافته، مشاهده شد و نسبت به شاهد تفاوت معنی دار داشته است (Mohammadinia and Emami, 2018).

در تحقیقی اثر حشره کشی گوگرد معدن زرکوه برای کنترل پسیل معمولی پسته در استان کرمان بررسی شد. تیمارهای گوگرد معدن زرکوه شامل غلظت های ۲۵-۲۰، ۳۵-۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۰ کیلو گرم در هزار و ترکیب شیمیایی ایمیداکلوپراید و اسپیروترامات با غلظت های ۵/۰ در هزار و شاهد به صورت آبپاشی جهت معیار مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در نمونه برداری دو روز پس از محلول پاشی میانگین درصد تاثیر غلظت ۲۵-۲۰ گوگرد معدن زرکوه در کاهش جمعیت پسیل معمولی پسته نسبت به سایر غلظت های گوگرد معدن زرکوه و حشره کش ایمیداکلوپراید کمتر بود، هرچند تفاوت آن با سایر غلظت های گوگرد معدن زرکوه معنی دار نبود. در نمونه برداری هفت روز پس از محلول پاشی، غلظت ۷۰ کیلوگرم در هزار گوگرد معدن زرکوه بیش ترین تاثیر را در کاهش جمعیت پسیل معمولی پسته داشت، به طوریکه تفاوت آن با ترکیب شیمیایی ایمیداکلوپراید و اسپیروترامات معنی دار بود. در نمونه برداری ۱۴ و ۲۱ روز پس از محلول پاشی، میانگین درصد تاثیر غلظت های ۶۰ و ۷۰ کیلو گرم در هزار گوگرد معدن زرکوه نسبت به سایر تیمارها بیش تر بود. اما تفاوت آن با ایمیداکلوپراید معنی دار بود. در کل تاثیر گوگرد معدن زرکوه در اغلب موارد با افزایش غلظت افزایش یافت. به همین دلیل توصیه می شود در تراکم بالای آفت که نیاز به کنترل سریع آن می باشد از غلظت ۶۰ و ۷۰ کیلو گرم در هزار استفاده شود. نتایج نشان داد که میزان مرگ و میر پسیل معمولی پسته تا سه الی چهار هفته بعد از محلول پاشی نسبت به هفته اول و دوم افزایش یافت، اما پس از آن به تدریج کاهش می یابد. غلظت های ۲۵-۲۰ تا سه هفته روی پسیل معمولی پسته تاثیر نسبی داشتند. اما با افزایش غلظت در بعضی موارد تا شش هفته جمعیت پسیل معمولی پسته را زیر سطح زیان اقتصادی قرار دادند. این محققین گزارش کردند که با توجه به نتایج، استفاده از غلظت های ۳۵ تا ۷۰ کیلو گرم در هزار گوگرد معدن زرکوه بسته به میزان تراکم پسیل معمولی پسته قابل توصیه می باشد. بدین ترتیب غلظت های ۳۵ تا ۴۵ برای تراکم های کم و متوسط پسیل معمولی پسته و غلظت های ۶۰ و ۷۰ کیلو گرم در هزار در تراکم های بالاتر آفت به کار رود. کاربرد گوگرد معدن زرکوه با سوختگی های جزئی روی برگ و میوه همراه بود (Kazemi et al., 2016).

تاثیر ترکیبات معدنی گوگرد، ولاستونیت، بیوتیت، زئولیت، گرافیت، پرلیت و فلدسپات روی میزان تخمیزی و تاثیر زئولیت روی تفریخ تخم پسیل معمولی پسته در دو سال ارزیابی شد. از هر یک از ترکیبات معدنی سه غلظت ۵۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر تهیه شد. هفت روز بعد از کاربرد تیمارها نمونه برداری انجام شد. نتایج نشان داد که برگ های تیمار شده با ترکیب معدنی فلدسپات ($0/00 \pm 0/01$)، زئولیت ($0/01 \pm 0/07$) و پرلیت ($0/21 \pm 0/97$) در غلظت ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر بیش ترین کاهش میزان تخم ریزی پسیل معمولی پسته را در سال اول سبب شدند. اما در دومین سال تحقیق، برگ های تیمار شده با ترکیب معدنی زئولیت و بیوتیت به ترتیب سبب کاهش و افزایش معناداری روی میزان تخم ریزی پسیل معمولی پسته در مقایسه با شاهد شدند. تیمار زئولیت هیچ تاثیری در فرایند تفریخ تخم پسیل معمولی پسته نداشت. در کل نتایج نشان داد که کاربرد برگی ترکیبات معدنی فلدسپات، زئولیت، و پرلیت در کاهش میزان تخم ریزی پسیل معمولی پسته و کنترل آن موثر هستند (Baghodrat et al., 2021). گزارش شده است که گوگرد هیچ تاثیری روی فرایند تفریخ تخم پسیل معمولی پسته ندارد (Panahandeh, 2019). این مطلب نشان می دهد که ساختار تخم به گونه ای است که از آن در مقابل عوامل خارجی محافظت می کند. ثابت شده است که ترکیباتی که جاذب الرطوبه هستند روی تفریخ تخم تاثیری ندارند (Panahandeh, 2019).

در تحقیقی با هدف بررسی اثرات محلول پاشی گوگرد معدن زرکوه (پایه معدنی) در باغ های پسته از جنبه های کنترل پسیل معمولی پسته، خسارت های احتمالی برگ و میوه، تاثیر بر خصوصیات رویشی و عملکرد کمی و کیفی ارقام تجاری پسته و تاثیر بر خصوصیات کیفی (ترکیبات مغز میوه، رویت و بازارپسندی) میوه پسته و بررسی اقتصادی و سنجش میزان رضایت کشاورزان از کاربرد گوگرد معدن زرکوه جهت کنترل آفت پسیل پسته مورد

ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی اثر گوگرد معدن زرکوه در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه باغ پسته، روی سه رقم تجاری پسته (اوحدی، اکبری و احمدآقایی) در مناطق پسته کاری شهرستان انار انجام شد. تیمارهای گوگرد معدن زرکوه شامل غلظت های ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۵، ۶۰ و ۷۰ کیلوگرم در هزار و آفت کش ایمیداکلوپراید، اسپیروتترامات و شاهد (آب پاشی و صابون پاشی) جهت معیارهای مقایسه در نظر گرفته شدند. نتایج این بررسی نشان داد در نمونه برداری هفت روز، غلظت ۷۰ کیلوگرم در هزار گوگرد معدن زرکوه بیشترین میانگین درصد تاثیر را در کاهش جمعیت آفت داشت به طوری که تفاوت آن با دو حشره کش مورد مقایسه ایمیداکلوپراید و اسپیروتترامات معنی دار بود. در نمونه برداری های ۱۴ و ۲۱ روز بعد از محلول پاشی، میانگین درصد تاثیر غلظت های ۶۰ و ۷۰ کیلوگرم در هزار گوگرد معدن زرکوه، علاوه بر این که نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود، تفاوت معنی داری نیز با تیمار ایمیداکلوپراید داشتند. غلظت های ۲۰ و ۲۵ کیلوگرم تا سه هفته روی پسیل تاثیر نسبی داشتند ولی با افزایش غلظت گوگرد معدن زرکوه (۶۰ و ۷۰ کیلوگرم در هزار) تا شش هفته جمعیت پسیل زیر سطح زیان اقتصادی بوده و نیازی به سم پاشی مجدد نبود (Afrousheh et al., 2021b). نتایج خسارت های احتمالی گوگرد معدن زرکوه روی برگ، میوه و جوانه ها نشان داد که خسارتی در جوانه یا ریزش آن مشاهده نشد. عارضه های موجود روی میوه شامل سوختگی سطح میوه، ایجاد لکه های قهوه ای در پوست سطحی و خروج شیره از پوست روئی میوه پسته می باشند. نتایج نشان داد در کاربرد گوگرد معدن زرکوه، خسارت پایین بود و دمای بالا مهم ترین عامل خسارت میوه در ارقام مورد بررسی بودند. رقم اوحدی کمترین خسارت میوه را در مقایسه با ارقام احمدآقایی و اکبری داشت. بر اساس مطالعات میدانی، سایر خسارت های احتمالی مربوط به نحوه پاشش گوگرد می باشد (Afrousheh et al., 2021b). غلظت های بالای گوگرد معدن زرکوه (۶۰ و ۷۰ کیلوگرم) با کنترل موثر آفت پسیل، باعث افزایش سلامت و ماندگاری برگ ها در شاخه ها و در نتیجه کاهش دمای برگ، دمای تاج درخت و میوه و افزایش فتوسنتز خالص گردید. ارزیابی عملکرد محصول در ۳ رقم تجاری نشان داد که پاشش غلظت های مختلف گوگرد معدن زرکوه سبب کاهش معنی دار تعداد میوه در هر واحد اونس و افزایش معنی دار درصد عیار مغز در رقم احمدآقایی، افزایش معنی دار درصد خندانی و کاهش معنی دار درصد دانه های پسته ناخندان در دو رقم احمدآقایی و اوحدی نسبت به شاهد و آفت کش های شیمیایی گردید. نتایج کاربرد گوگرد معدن زرکوه در زمان های مختلف (صفر تا ۶۰ روز قبل از برداشت) بر ویژگی های کیفی محصول پسته نشان داد که گوگرد معدن زرکوه بر میزان چربی، رطوبت، پروتئین، عدد پراکسید، طعم و مزه، بو، رنگ پوست استخوانی و رنگ مغز و هم چنین بافت محصول تاثیر منفی نداشت. نتایج ارزیابی اقتصادی استفاده از گوگرد معدن زرکوه جهت مبارزه با پسیل پسته نشان داد که کاربرد گوگرد معدن زرکوه جهت مبارزه با پسیل پسته دارای صرفه اقتصادی می باشد (Afrousheh et al., 2021b).

تاثیر گوگرد روی برخی دشمنان طبیعی پسیل معمولی پسته

کاربرد گوگرد معدن زرکوه روی دو دشمن طبیعی مهم پسیل معمولی پسته یعنی زنبور پارازیتوئید *Psyllaephagus pistaciae* و کفشدوزک *Oenopia conglobata* نشان داد که گوگرد معدن زرکوه برای این دو حشره مفید به ترتیب بدون خطر و با خطر جزئی می باشد. در این تحقیق از غلظت ۶۰ کیلو گرم در هزار گوگرد معدن زرکوه روی مرحله حساس زنبور یعنی حشره کامل و مرحله لاروی کفشدوزک استفاده شد (Kazemi et al., 2016). در تحقیق دیگری اثرات آفتکشهای استامیپراید، اسپیروتترامات و گوگرد روی پارامترهای زیستی کفشدوزک شکارگر *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) بررسی شد. در این مطالعه، تأثیر سه آفت-کش استامیپراید، اسپیروتترامات و گوگرد روی میزان مرگومیر لاروهای سن اول و چهارم، درصد بقا حشرات کامل، طول دوره رشدی مراحل مختلف و ویژگی های تولیدمثلی و تغذیه کفشدوزک *H. variegata* بررسی شد. تخم، لارو سن اول، لارو سن چهارم و حشره کامل ماده در معرض تماس با غلظت های مختلف این آفت کش ها قرار گرفتند. کلیه آزمایش ها تحت طرح فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی انجام شدند. نتایج نشان دادند که آفت کش های مختلف با غلظت های متفاوت استفاده شده، تأثیر منفی روی طول دوره رشدی تخم، لارو، شفیره و دوره پیش از تخم ریزی و هم چنین پارامترهای درصد تفریح تخم و خروج حشرات کامل داشتند. روند تغذیه حشرات کامل تیمار شده نیز نشان داد که تأثیر هر سه آفت کش وابستگی مستقیم به غلظت دارد.

هم چنین، نتایج نشان داد که باروری و تولیدمثل کفشدوزک *H. variegata* تحت تأثیر تیمارهای مختلف آفت کش و غلظت های متفاوت قرار گرفت. بیش ترین میزان کاهش پارامترهای میزان تخم ریزی حشرات ماده، درصد تفریخ تخم، میانگین تخم ریزی روزانه حشرات ماده و هم چنین درصد بقا حشرات کامل در آفت کش استامپیراید و در غلظت مزرعه مشاهده شد. نتایج این تحقیق نشان داد استامپیراید برای استفاده در کنترل تلفیقی پسیل معمولی پسته همراه با *H. variegata* گزینه مناسبی نیست ولی استفاده از آفت کش های جایگزین مانند اسپیروترامات و آفت کش های معدنی مانند گوگرد با تأثیر کمتر روی این کفشدوزک و با انجام آزمایشهای تکمیلی می تواند به کشاورزان در استفاده بهینه از آن ها در کنترل تلفیقی آفت و کاهش خسارت آن کمک کند (Erfani Nategh et al., 2023). نتایج این محققین نشان دهنده این موضوع است که آفت کش استامپیراید اثرات بیش تری در مرگومیر لاروهای سن اول کفشدوزک دارد درحالی که آفت کش گوگرد می تواند در غلظتهای مزرعه ای اثرات کمتری روی مرگومیر لاروهای کفشدوزک داشته باشد. به طور کلی نتایج بیانگر تأثیر وابسته به غلظت در مورد هر سه سم رایج اسپیروترامات و استامپیراید و آفت کش معدنی گوگرد است. با توجه به اینکه اسپیروترامات با مهار آنزیم استیل کولین کربوکسیلاز بیوسنتز چربی ها را مختل می کند و استامپیراید با گیرنده های نوع نیکوتینی استیل کولین واکنش داده و باعث اختلال عصبی-ماهیچه ای می شود، بنابراین هر دو آفت کش با تأثیر بر سیستم عصبی باعث مرگ سریع حشره حتی در غلظت های پایین می شوند (Erfani Nategh et al., 2023). در صورتی که گوگرد یک آفت کش تنفسی است که با بخار شدن به گاز سولفید هیدروژن تبدیل شده و باعث اختلال در سیستم تنفسی حشره می شود. بنابراین تأثیر آن به شرایط محیطی از جمله وزش باد، غلظت گاز تشکیل شده و عوامل دیگر بستگی دارد. نکته مهم در تمام موارد اثربخشی آهسته این عنصر می باشد (Erfani Nategh et al., 2023). نتایج این محققین مشخص کرد که آفت کشهای اسپیروترامات و گوگرد مورد استفاده در این تحقیق اثر سوء بسیار کمتری روی کفشدوزک *H. variegata* به عنوان دشمن طبیعی پسیل معمولی پسته نسبت به آفت کش استامپیراید داشتند (Erfani Nategh et al., 2023). نتایج بیانگر این است که هم زمان با حضور پسیل معمولی پسته، دشمنان طبیعی این آفت نیز شروع به فعالیت می کنند. در این زمان نوع آفت کش مصرفی نقش بسزایی در حفظ و حمایت از دشمنان طبیعی به ویژه زنبورهای پارازیتوئید و کفشدوزک ها را دارد. بنا به ضرورت استفاده از ترکیبات شیمیایی جهت کنترل آفت، آفت کش استامپیراید به دلیل اثرات کشندگی کمتر روی پسیل پسته و اثر سوء روی دشمنان طبیعی این آفت توصیه نمی شود. آفت کش های جایگزین مانند اسپیروترامات و گوگرد با تأثیر سوء بسیار کمتری که نسبت به آفت کش شیمیایی استامپیراید روی دشمنان طبیعی پسیل پسته داشته و با توجه به اینکه دارای سمیت کمتری برای انسان و محیط زیست بوده می توانند با انجام آزمایشات بیش تر و کامل تر به عنوان یکی از گزینه های کنترلی در برنامه مدیریت تلفیقی این آفت مطرح باشند (Erfani Nategh et al., 2023).

Jafari Nadooshan et al. (2024) گزارش کردند شکارگر فعال پسیل معمولی پسته، بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) می باشد و در اکثر مناطق پسته کاری کشور دیده می شود. در دهه های گذشته از فرم های مختلف گوگرد برای کنترل پسیل معمولی پسته استفاده شده است. تأثیر گوگرد فرموله شده (پودر و تابل ۸۰ درصد) روی فراسنجه های جدول زندگی بالتوری سبز توسط این محققین ارزیابی شد. تخم های دو روزه بالتوری در غلظت های ۱۵۰۰ و ۲۵۰۰ و ۴۰۰۰ پی پی ام گوگرد به روش غوطه وری تیمار شدند. لاروها پس از تفریخ روی لایه نازک خشک شده غلظت های ذکر شده گوگرد در اتاقک رشد با دمای 26 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی به ۸ ساعت تاریکی پرورش داده شدند. میزان مرگومیر، طول دوره رشدی مراحل نابالغ، هم چنین مدت زنده ماندن و تخم ریزی حشرات بالغ ثبت و فراسنجه های جدول زیستی محاسبه شد. نتایج نشان داد که میزان تلفات بالتوری سبز در مراحل نابالغ (از تخم تا حشره کامل) در غلظت های ۱۵۰۰، ۲۵۰۰ و ۴۰۰۰ پی پی ام گوگرد به ترتیب ۴۳/۷، ۵۸/۹، ۶۹/۲ و در شاهد ۱۴/۴ درصد بوده است. تمام غلظت های بررسی شده موجب کاهش معنی دار طول دوره رشدی مراحل نابالغ، طول عمر حشرات کامل و باروری کل نسبت به تیمار شاهد شدند. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) در غلظت های ۴۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۱۵۰۰ پی پی ام و شاهد به ترتیب 0.1 ± 0.05 ، 0.1 ± 0.06 ، 0.1 ± 0.09 و 0.3 ± 0.03

± 0.11 بر روز، نرخ ناخالص تولید مثل (GRR) به ترتیب برابر با $3/9 \pm 23/6$ ، $5/9 \pm 36/4$ ، $9/8 \pm 59/03$ و $15/4 \pm 81/8$ (نتاج/ماده/نسل)، نرخ خالص تولید مثل (R0) به ترتیب برابر با $1/4 \pm 6/1$ ، $2/67 \pm 12/7$ ، $5/7 \pm 29/25$ و $7/3 \pm 61/22$ (نتاج/ماده/نسل) بودند. همه فراسنجه ها در هر سه تیمار با شاهد و با یکدیگر در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنیدار داشتند. نتایج این تحقیق در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که کاربرد گوگرد بر کارایی بالتوری سبز، تأثیر نامطلوب دارد و باید در مورد نحوه و زمان کاربرد گوگرد در قالب یک برنامه مدیریت تلفیقی آفت، تدابیر لازم اندیشیده شود، تا بر مراحل حساس این شکارگر اختلالی ایجاد نکند (Jafari Nadooshan et al., 2024).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده می توان گوگرد را نسبت به آفت کش های شیمیایی، یک ترکیب ایمن، موثر و سازگار، قبل از مرحله بحرانی رشد میوه پسته یعنی قبل از به مغز رفتن استفاده نمود. گوگرد می تواند درختان پسته را از هجوم این آفت در انبوهی پایین جمعیت محافظت کند. لذا اهتمام بر گوگردپاشی درختان در اول فصل برای ممانعت از تخم ریزی آفت نقش به سزائی در کاهش مصرف آفت کش های خطرناک شیمیایی و کنترل آفت دارد. استفاده پیشگیرانه از گوگرد می تواند ابزاری ارزشمند در مدیریت تلفیقی پسیل معمولی پسته به ویژه برای تولید پسته سالم باشد و باعث بهبود صفات کمی و کیفی میوه پسته شود. البته لازم است هنگام استفاده از گوگرد به حساسیت ارقام پسته، زمان فعالیت مراحل حساس رشدی دشمنان طبیعی و ساعت کاربرد آن در طول روز توجه ویژه داشت تا با کم ترین تأثیر روی دشمنان طبیعی و ممانعت از ایجاد علائم سوختگی روی برگ و میوه پسته، پسیل معمولی پسته را کنترل نمود.

منابع

1. Afrousheh, M., Hasheminasab, H. and Arab H. 2021. Possible Damages of Sulfur Foliar Application in Commercial Pistachio Cultivars: hallenges and Solutions. Horticultural Sciences Research Institute, Pistachio research center, publication, 20 P. (In Persian)
2. Afrousheh, M., Kazemi, F. Hasheminasab, H., Shaker Ardakani, A. and Abdollahi Ezatabadi, M. 2021. The effect of Zarkooh Mine sulfur spraying in pistachio orchards on common pistachio psylla control, leaf and fruit possible damage, horticultural indices, the quality characteristics of pistachio nut and its economic investigation. Horticultural Sciences Research Institute, Pistachio research, publication, 127 P. (In Persian)
3. Alizadeh, A., Kharrazi Pakdel, A., Talebi-Jahromi, K.H. and Samih, M.A. 2007. Effect of some *Beauveria bassiana* (Bals.) Viull. isolates on common pistachio psylla *Agonoscena pistaciae* Burck. and Laut. International Journal of Agriculture and Biology, 9(1): 76-79.
4. Baghodrat Gh., Ahmadi K. and Valizadeh B. 2021. The effect of sulfur, Wollastonite, biotite, zeolite, graphite, perlite, and feldspar on oviposition and egg hatching of common pistachio psylla *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer (Hem.: Psyllidae) in orchard conditions. Pistachio and Health Journal, 4 (2): 65-74.
5. Bahadur, N., Azimizadeh, N. and Ahmadi, K. 2020. The effect of plant extracts of bitter gourd, solid sulfur and flupyradifurone and thiacloprid pesticides on common pistachio psyllid nymphs. Fifth National Conference on Biodiversity and its Impact on Agriculture and the Environment, Urmia. (In Persian)

6. Torbati, S., Farazmand, H., Jebeleh, A., Ramazani Moghadam, M.R., Sirjani, M. and Heshmat Pejoh, H. 2016. The effect of mixing micronized sulfur with processed kaolin on *Agonoscena pistaciae* in Kashmar region. The abstracts of the 24th Iranian Plant Protection Congress, Karaj, 827 P. (In Persian)
7. Erfani Nategh, M., Mahdian, K. and Izadi, H. 2023. Effects of Acetamiprid, Spirotetramat and Sulfur on Biological Parameters of the Predatory Coccinellid *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae). Journal of Pistachio Science and Technology, 8 (14): 51-81. (In Persian)
8. Griffith, C.M., Woodrow, J.E. and Seiber, J.N. 2015. Environmental behavior and analysis of agricultural sulfur. Pest management science, 71(11): 1486-1496.
9. Jafari Nadooshan, A., Khani, A., Heidari A. and Mirshekar, A. 2024. Effect of recommended doses of sulfur on life table parameters of green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens), predator of pistachio psyllid. Plant Protection. Scientific Journal of Agriculture, 47(3): 23-40. (In Persian)
10. Kamyab, F., Rad, A., Zohdi, H. and Hosseinkhani, M. 2024. Studying the effect of Zarkuh sulfur on *Agonoscena pistaciae*. The abstracts of the 24th Iranian Plant Protection Congress, Tehran, 366 P. (In Persian)
11. Kazemi, F. 2020. Effects of Zarkooh Mine Sulfur on Common pistachio psyllid (*Agonoscena pistaciae* Bur. & Lau.) population in pistachio orchards in Kerman province and its side effects on two beneficial insects. Final Report of Project, 36 P. (In Persian)
12. Khater, H.F. 2012. Prospects of botanical biopesticides in insect pest management. Pharmacologia, 3(12): 641-656.
13. Mehrnejad, M.R. 2002. Bionomics of the common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae*, in Iran. Acta Horticulturae, III International Symposium on Pistachios and Almonds, 591: 535-539.
14. Mohammadinia, S. and Emami, S. Y. 2018. Investigating the possibility of using sulfur to control of *Agonoscena pistaciae* in Anar region. 2nd Iranian Pistachio Conference, Rafsanjan. (In Persian)
15. Panahandeh S. 2019. Investigation of insecticidal effects of mineral fertilizers on common pistachio psyllids *Agonoscena pistaciae* Burkhhardt and Lauterer (Hem: Psyllidae) by foliar application, M.Sc. Thesis. Shahid Bahonar University of Kerman, 117 P. (In Persian).
16. Pérez-Guerrero, S. and Molina, J.M. 2016. Laboratory approach to the use of sulphur and kaolin as preventive control against *Drosophila suzukii*. Spanish Journal of Agricultural Research, 14(2): 1-6.
17. Rakhshani, E. 2015. Principles of Agricultural Toxicology (pesticides). Fathang Jameh Publication, 446 P. (In Persian)
18. Samih, M.A., Alizadeh, A. and Saberi Riseh, R. 2005. Pistachio Pests and Diseases in Iran and Their IPM. Organization of Jihad-e-University, Tehran.
19. Shabani Brogeni, F. 2016. Botanical and natural pesticides. Agricultural and Natural Resources Research and Education organization of Chaharmahal and Bakhtiari, 39 P. (In Persian)