دانش بیماری‌شناسی گیاهی (شاپای ا:۶۲۹۰-۲۵۸۸، شاپای چ: ۹۲۷۰-۲۲۵۱)
سال هفتم، جلد ۱، پاییز و زمستان ۱۳۹۶
Plant Pathology Science (eISSN:2588-6290, pISSN:2251-9270)
Vol. 7(1), 2018

Sulfur Role in Plant Diseases Management

KAMRAN GHASEMI✉

Department of Horticulture, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran (✉: kamranghasemi63@gmail.com)

Received: 08.11.2016 Accepted: 26.04.2017

Ghasemi K. 2018. Sulfur role in plant diseases management. *Plant Pathology Science* 7(1):63-72.

Abstract : Sulfur (S), as a promoter of plant defense system and fungicidal effect, can have a critical role in organic farming. Presence of sulfuric defense compounds including elemental sulfur, H_2S, glutathione, pytochelatins, secondary metabolites and S-rich proteins are vital under stress conditions. As a soil disinfectant, carbon disulfide is widely used against soil-borne pathogens. This is used for controlling the root and crown rot disease caused by Armillaria. Sulfur fumigation is used against powdery mildew in greenhouse production. Fumigation and application of sulfur pad are methods for controlling the grape and some other fruits rot in storage. Besides, sulfur is effective in control of mites, psyllids, and thrips.

Key words: Organic, Sulfur dioxide, Fungicide, Glutathione

نقش گوگرد در مدیریت بیماری‌های گیاهی

کامران قاسمی✉

گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۸ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۶

قاسمی ک. ۱۳۹۶. نقش گوگرد در مدیریت بیماری‌های گیاهی. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۷(۱):۷۲ -۶۳.

چکیده : گوگرد با داشتن خاصیت قارچ‌کشی و تقویت سیستم دفاعی گیاه می‌تواند در کشت آلی نقش مهمی داشته باشد. وجود ترکیبات دفاعی گوگرددار شامل گوگرد عنصری، H_2S، گلوتاتیون، فیتوکلاتین‌ها، ترکیبات ثانویه و پروتیین‌های غنی از گوگرد در شرایط تنش حیاتی است. دی سولفات کربن به‌عنوان ضدعفونی‌کننده خاک علیه چندین قارچ خاک‌زاد مولد بیماری مانند تدخین خاک برای کنترل قارچ آرمیلاریای پوسیدگی طوقه و ریشه مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین از بخار گوگرد برای کنترل سفیدک پودری در گلخانه‌ها استفاده می‌شود. پد آزادکننده گوگرد و دوددهی، جهت کنترل پوسیدگی در انبار انگور و برخی دیگر از میوه‌ها بکار می‌رود. گوگرد همچنین برای مبارزه با زنگ، پوسیدگی میوه، بلایت، کنه عنکبوتی، پسیل و تریپس مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: آلی، دی‌اکسیدگوگرد، قارچ‌کش، گلوتاتیون

مقدمه

گوگرد یکی از عناصر غذایی پرمصرف و ضروری برای تمام موجودات زنده می‌باشد. مقدار آن در پوسته

✉ مسئول مکاتبه: kamranghasemi63@gmail.com

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-21]
[DOR: 20.1001.1.22519270.1396.7.1.2.2]
[DOI: 10.29252/pps.7.1.63]

زمین حدود ۰/۰۶ درصد بوده و از نظر فراوانی در لیتوسفر در ردیف ششم و از لحاظ مقدار موردنیاز گیاه پس از چهار عنصر اصلی (N، P، K و Ca) در مرتبه پنجم قرار دارد (انصوری و همکاران ۱۳۹۳). گوگرد یکی از محصولات فرعی پالایشگاه‌های گاز و پتروشیمی می‌باشد که در در ایران نیز تولید سالیانه آن به بیش از دو میلیون تن رسیده است. تولید گوگرد می‌تواند یکی از معضلات اساسی پالایشگاه‌های کشور به شمار آید این در حالی است که بخش عمده خاک‌های کشور آهکی بوده و با مصرف گوگرد و متعاقباً اکسیداسیون آن توسط اکسیدکننده‌های گوگرد، ضمن تأمین سولفات موردنیاز گیاه، اسیدیته در اطراف ریشه در خاک کاهش یافته و کمبود عناصری مانند روی، فسفر و آهن نیز مرتفع می‌گردد (رضایی و همکاران ۱۳۹۲). از دیگر اثرهای بیوشیمیایی گوگرد در گیاهان را می‌توان مشارکت در ساخت اسیدهای آمینه گوگرددار، تشکیل کلروفیل a، فعال کردن آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتیین، ساخته‌شدن بیوتین، تیامین، گلوتامین، کوآنزیم و تشکیل روغن‌های گلوکوزیدی، تشکیل گروه‌های دی سولفیدی و سولفیدریل دانست (انصوری و همکاران ۱۳۹۳). شرط بهره‌گیری از این توان بالقوه گوگرد، حضور باکتری‌های اکسیدکننده این ماده در خاک است. اکسایش گوگرد به‌طور عمده به روش بیولوژیک انجام می‌گیرد که با تولید اسید سولفوریک همراه بوده و موجب کاهش اسیدیته خاک، آزادسازی عناصر غذایی برای گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد می‌گردد (انصوری و همکاران ۱۳۹۳). استفاده از گوگرد به‌منظور کاهش اسیدیته خاک‌های آهکی یکی از کاربردهای مهم این عنصر می‌باشد که موجب افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی شده و در نتیجه می‌تواند در سلامت و قدرت گیاه تأثیرگذار باشد. استفاده از گوگرد و ریزجانداران اکسیدکننده آن به‌عنوان یک راه‌حل زیستی فاقد پیامدهای مخرب زیست محیطی است که به‌عنوان راهکاری جهت بهبود وضعیت تغذیه گیاهان در خاک‌های آهکی و قلیایی در سال‌های اخیر موردتوجه فراوان قرار گرفته و نتایج خوبی را به همراه داشته است. با عنایت به وجود منابع فراوان گوگرد در کشور و آهکی بودن اکثر خاک‌ها، استفاده از این ماده ارزان قیمت جهت بهبود تغذیه گیاهان سزاوار توجه بیشتر می‌باشد. بر همین اساس توصیه شده است که به علت کاهش زیست‌توده میکروبی بر اثر استفاده زیاد گوگرد، از این عنصر بیشتر از ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده نشود (رضایی و همکاران ۱۳۹۲).

علاوه بر اهمیت گوگرد در تغذیه گیاه، این عنصر قدیمی‌ترین قارچکش شناخته شده توسط بشر نیز

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-21]
[DOR: 20.1001.1.22519270.1396.7.1.2.2]
[DOI: 10.29252/pps.7.1.63]

می‌باشد. استفاده از سولفات در شرایط درون شیشه‌ای برای ایجاد مقاومت علیه قارچ‌های بیماری‌زای مختلف مفید ولی معمولاً علیه باکتری‌های بیمارگر بی‌اثر اعلام شده است. همچنین اثر گوگرد گازی به شکل سولفید هیدروژن (H_2S) روی بیمارگرهای بیماری‌زا هنوز مورد بحث می‌باشد (Kruse *et al.* 2007). گوگرد با داشتن خاصیت قارچ‌کشی و تقویت سیستم دفاعی گیاه می‌تواند در کشت آلی و تولید محصول سالم مورد استفاده قرار بگیرد. در این مقاله بر نقش گوگرد در تقویت سیستم دفاعی گیاه و همچنین کاربردهای رایج آن در مدیریت بیماری‌های قارچی مورد بحث قرار گرفته است.

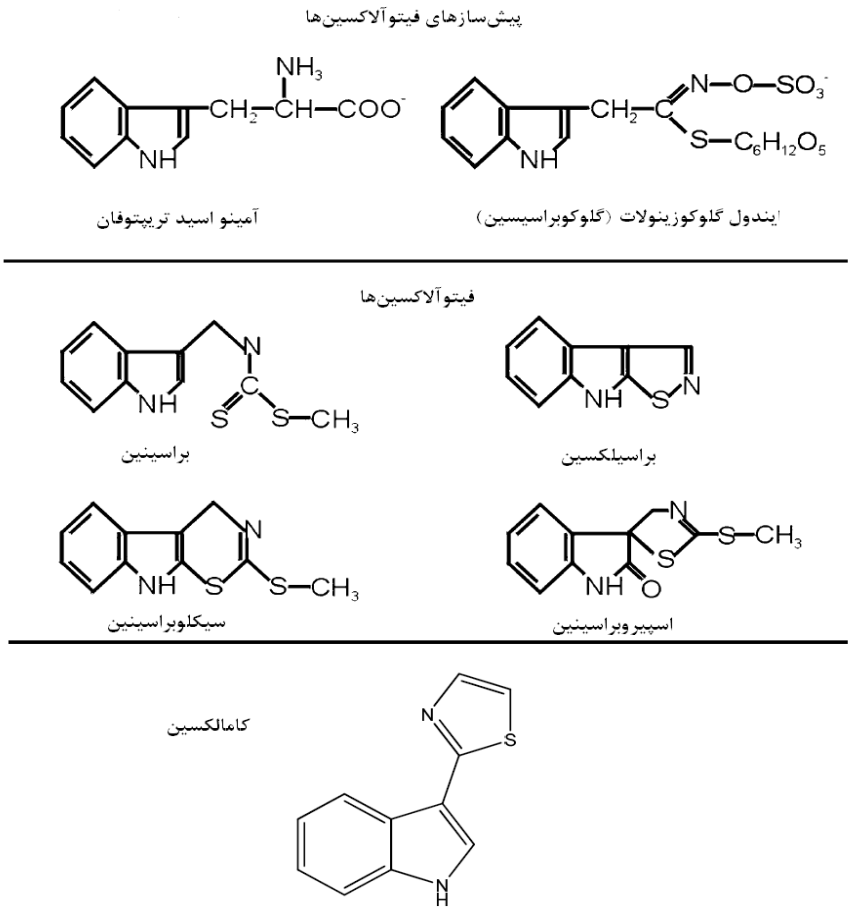
۱- نقش گوگرد در سیستم دفاعی گیاه

ترکیبات دفاعی گوگرددار (Sulfur-containing defense compounds=SDCs) برای زنده ماندن گیاهان تحت تنش زیستی و غیرزیستی بسیار حیاتی هستند. این ترکیبات شامل گوگرد عنصری، H_2S، گلوتاتیون، فیتوکلاتین‌ها، ترکیبات ثانویه مختلف (مانند گلیکوزینولات‌ها در خانواده کلم‌ها) و پروتیین‌های غنی از گوگرد هستند. زمانی که گیاه در معرض انواع تنش قرار می‌گیرد، ساخت ترکیبات دفاعی گوگرددار در اثر اسید جاسمونیک و سایر پیام‌ها افزایش می‌یابد که به نظر می‌رسد این ترکیبات تأثیر مهمی روی پتانسیل دفاعی گیاه داشته باشند. گلوتاتیون، سیتوزول و سایر بخش‌های سلولی را در مقابل گونه‌های فعال اکسیژنی که در شرایط تنش تولید می‌شوند، حفاظت می‌کند (Rausch and Wachter 2005). در شرایط درون شیشه‌ای گوگرد در افزایش مقاومت گیاه به قارچ‌ها تأثیر مثبت یا خنثی نشان می‌دهد (Kruse *et al.* 2007). تحقیقی نشان داده که در واکنش بیمارگرهای گیاهی و سوخت و ساز گوگرد، اسید جاسمونیک به‌عنوان پیام‌رسان نقش دارد (Kruse *et al.* 2007). تیمار دزهای بالای متیل جاسمونات موجب افزایش بیان ژن‌های مرتبط با گوگرد شده و تولید سیستیین و گلوتاتیون را به همراه دارد (Sasaki-Sekimoto *et al.* 2005).

اصطلاح SIR (Sulfur-induced resistance) به تقویت مقاومت طبیعی گیاهان در مقابل بیمارگرهای قارچی از طریق تحریک تولید متابولیت‌های گوگرددار اطلاق می‌گردد (Haneklaus *et al.* 2007). از متابولیت‌هایی که ترکیبات دفاعی گوگرددار نامیده می‌شوند می‌توان به تیونین‌ها (Thionins) و دیفنسین‌ها (Defensins) اشاره نمود (Rausch and watchter 2005). این دو ترکیب خاصیت آنتی‌میکروبی در شرایط درون شیشه از خود نشان داده‌اند. در گیاهان تیره کلم (*Brassicaceae*) فیتوآلاکسین‌هایی نظیر کامالکسین

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-21]
[DOR: 20.1001.1.22519270.1396.7.1.2.2]
[DOI: 10.29252/pps.7.1.63]

(Camalexin) تولید می‌شود که همگی گوگرددار هستند (شکل ۱) و نشان داده شده است که این ترکیبات اثرات بازدارنده روی باکتری‌ها و قارچ‌ها دارند (Ahuja *et al*. 2012). اسید آمینه‌های سیستیین و میتونین فرآورده نهایی و عمده جذب و ساخت گوگرد در گیاهان زراعی بوده و ۹۰ درصد کل گوگرد موجود در گیاه را تشکیل می‌دهند. این دو اسید آمینه از مواد ترکیب دهنده بیش از ۹۰ درصد پروتیین‌ها هستند. اثر میتونین در القای مقاومت به سفیدک پودری دیده شده است. گلوتاتیون یک ترکیب غیرپروتیینی تیول با وزن مولکولی کم است و ذخیره غیرپروتیینی گوگرد احیا شده در گیاهان محسوب می‌شود. رابطه مثبت بین میزان این ترکیب و حفاظت در برابر بیماری‌های قارچی وجود دارد. گلوتاتیون بخشی از سامانه آنتی‌اکسیدان سلول‌های گیاهی به‌منظور جلوگیری از انواع اکسیژن فعال است که در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی ساخته



شکل ۱- ساختار شیمیایی فیتوآلاکسین‌های گیاهان تیره کلم.

Figure 1. Chemical structure of phytoalexins in *Brassicaceae* plants.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-21]
[DOR: 20.1001.1.22519270.1396.7.1.2.2]
[DOI: 10.29252/pps.7.1.63]

می‌شوند. به نظر می‌رسد این ترکیب در تقویت دیواره سلول با غیرمحلول کردن پرولین و پروتیین‌های ساختمانی غنی از هیدروکسی پرولین در اوایل آلودگی شرکت دارد. انواع اکسیژن‌های فعال در علامت انتقال و آغاز سازوکارهای دفاعی شرکت دارند. گیاهان با کمبود گوگرد دارای غلظت‌های خیلی کم گلوتاتیون بوده و کوددهی به‌شدت محتوی آزاد آن را افزایش می‌دهد . ترکیبات فرار مانند H_2S که توسط گیاهان منتشر می‌شود می‌تواند آنتی‌سیپین گیاهی باشد یا خروج گازهای گوگرد احیا شده می‌تواند یکی از سازوکارهای دفاع القایی باشد که پس از آلودگی فعال می‌شود (بنی هاشمی ۱۳۹۲).

۲- خاصیت قارچ‌کشی گوگرد

گوگرد قدیمی‌ترین قارچ‌کش شناخته شده توسط بشر است که بیش از ۲۰۰۰ سال پیش تاکنون مورد استفاده می‌باشد. گفته می‌شود اولین بار یونانی‌ها به اثر گوگرد روی زنگ گندم پی بردند (Beckerman, BP-W-69). اثر قارچ‌کشی گوگرد عنصری در سال ۱۸۰۲ توسط ویلیام فورسیت (William Forsyth) مطرح شد و گوگرد به‌طور گسترده برای این منظور در تولیدات کشاورزی از اواخر دهه ۱۹ مورد استفاده قرار گرفت. اثر گوگرد عنصری علیه زنگ و سفیدک پودری ثابت شده است. علاوه بر اثر قارچ‌کشی گوگرد این عنصر به‌عنوان یک کنه‌کش نیز به کار برده می‌شود. در اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی در اروپا به علت کاهش میزان گوگرد هوا ناشی از تمهیدات زیست‌محیطی، بیماری‌های قارچی گیاهان به‌طور قابل‌توجهی به‌خصوص در اسکاتلند افزایش یافت (Schnug *et al*. 1995).

گوگرد و ترکیبات گوگردی به‌طور مستقیم به‌عنوان یک زیست‌کش و غیرمستقیم به‌عنوان محرک مقاومت گیاه و افزایش مقاومت به بیماری‌ها برشدت بیماری مؤثر است. دی سولفات کربن به‌عنوان ضدعفونی‌کننده خاک برای چندین قارچ خاک‌زاد مولد بیماری مانند تدخین خاک برای کنترل قارچ آرمیلاریای پوسیدگی طوقه و ریشه مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین از بخار گوگرد به‌طور معمول برای کنترل سفیدک پودری در گلخانه‌ها استفاده می‌شود. ثابت شده است که کوددهی گوگرد به خاک به شکل سولفات اثر قابل‌ملاحظه‌ای در کاهش میزان و شدت آلودگی به بیماری‌های قارچی در گیاهان زراعی مختلف دارد. در نظام‌های زراعت رایج و به‌ویژه زراعت آلی، القا مقاومت با گوگرد (SIR) می‌تواند ابزار مؤثری برای کنترل بیماری باشد (بنی‌هاشمی ۱۳۹۲).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-21]
[DOR: 20.1001.1.22519270.1396.7.1.2.2]
[DOI: 10.29252/pps.7.1.63]

تحقیقات مختلف از برهم‌کنش گوگرد با بیماری‌های گیاهی نظیر سفیدک پودری انگور، جرب معمولی سیب‌زمینی، لکه برگی بادام‌زمینی، لکه سیاه آلترناریایی کلزا، پژمردگی استوارت ذرت و پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی گزارش شده است (بنی هاشمی ۱۳۹۲).

امروزه برای مبارزه با سفیدک‌پودری انگور به‌طور گسترده‌ای از گوگرد استفاده می‌شود. از آن جهت که گوگرد از جوانه زدن هاگ قارچ‌ها جلوگیری می‌کند، باید قبل از شیوع بیماری اِعمال شود تا مؤثر واقع گردد. به دیگر سخن اثر گوگرد پیشگیری‌کننده تا درمان کننده از بیماری‌ها است. گوگرد روی سفیدک پودری، پوسیدگی میوه، کنه تارعنکبوتی، پسیل و تریپس مؤثر است (Beckerman 2016).

میزان و شدت آلودگی به *Rhizoctonia solani* با کاربرد خاکی کود گوگردی به ترتیب ۴۱ و ۲۹ درصد کاهش یافت (Klikocka *et al.* 2005). همچنین در آزمایش دیگری تعداد حبه‌های آلوده شده به سفیدک پودری در انگور بعد از افزودن گوگرد به میزان ۸۰ درصد کاهش نشان داد (Bourbos *et al.* 2000). نتایج یک پژوهش نشان داد که بوته‌های کلزا حاوی مقدار کافی گوگرد میزان آلودگی کمتری به *Verticillium dahlia* نسبت به بوته‌های با میزان کم گوگرد دارند (Burandt *et al*. 2001).

گوگرد عنصری چربی‌دوست است و ممکن است به‌طور مستقیم وارد دیواره سلول قارچ شود. علاوه بر این کوددهی گوگرد موجب افزایش سطح گلوتاتیون شده و به مقاومت گیاه کمک می‌کند (بنی هاشمی ۱۳۹۲). در طول احیای سولفات پس از جذب توسط ریشه‌های گیاه میزان قابل‌توجهی از گوگرد وارد اتمسفر می‌شود. خروج گوگرد از گیاهان یک‌ساله مانند ذرت و سویا اغلب به‌صورت دی متیل سولفید بوده در صورتی که درختان خزان‌دار مقادیر برابر H_2S و دی متیل سولفید تولید می‌کنند. خروج H_2S از بخش‌های بریده گیاه ممکن است ۵۰۰ بار بیشتر از خروج آن از گیاهان بدون زخم باشد. خروجی‌های H_2S به‌عنوان قارچ‌کش شناخته شده است و بنابراین احتمال دارد یکی از سازوکارهای مسئول در SIR باشد (بنی هاشمی ۱۳۹۲).

گوگرد را می‌توان به اشکال مختلف پودر وِتابل و گرد تهیه کرد. یکی از انواع مناسب و پرکاربرد گوگرد نوعی است که به آن گُل گوگرد (Flowers of sulfur) یا گوگرد تصعیدی می‌گویند که به شکل گردی و گوگرد خالص می‌باشد (Beckerman 2016). در صورت روغن‌پاشی روی گیاهان، باید دستکم تا یک ماه از بکار بردن گوگرد خودداری شود چون احتمال گیاه‌سوزی وجود دارد. همچنین اگر دمای هوا بیش از ۲۸

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-21]
[DOR: 20.1001.1.22519270.1396.7.1.2.2]
[DOI: 10.29252/pps.7.1.63]

درجه سانتی‌گراد باشد احتمال گیاه‌سوزی محتمل است. جالیزی‌ها (خیار، کدو، خربزه و هندوانه) به گوگرد حساسیت دارند لذا استفاده از گوگرد در این گیاهان باید با احتیاط بیشتری صورت گیرد. در بین میوه‌ها نیز زردآلو حساس به گوگرد (Sulfur-shy plant) است (Beckerman 2016).

۳- دوددهی با دی اکسید گوگرد (SO_2)

دوددهی (Fumigation) جهت کنترل پوسیدگی ناشی از کپک خاکستری و سایر پوسیدگی‌های قارچی که به آهستگی در دماهای پایین انبار (صفر تا ۰/۵- درجه سانتی‌گراد) رشد کرده و گسترش می‌یابند، استفاده می‌شود. دی اکسید گوگرد همچنین از تیره شدن چوب خوشه جلوگیری می‌کند. باید توجه داشت که ممکن است غلظت استفاده شده برای دود دادن انگور، برای سایر محصولات مخرب باشد لذا باید انگورها در محل ایزوله دود داده شوند که سبزی یا میوه‌های دیگر وجود نداشته باشند. انگورها معمولاً بلافاصله قبل یا بعد از بسته‌بندی با دی اکسید گوگرد دوددهی می‌شوند و دوباره این کار به‌صورت هفتگی تکرار می‌شود. حداقل ۱۰۰ پی‌پی‌ام در هر ساعت برای از بین بردن هاگ و میسیلیوم‌های کپک‌ها در صفر درجه سانتی‌گراد موردنیاز است یا حدود ۳۰ پی‌پی‌ام در ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد. به‌طور متوسط ۱۰۰ پی‌پی‌ام برای هر ساعت یا ۲۰۰ پی‌پی‌ام برای نیم ساعت یا ۵۰ پی‌پی‌ام برای ۲ ساعت تعیین می‌گردد (Crisosto 2008). فرآیند دوددهی به‌صورت هفتگی در انبار انجام می‌گیرد. بعد از اِعمال SO_2 در محیط بسته، فن‌هایی با سرعت بالا و به مدت سه ساعت روشن می‌شوند تا تمامی دی اکسید گوگرد جذب میوه، مواد بسته‌بندی و سطوح انبار شود. در انتهای دوددهی غلظت دی اکسید گوگرد نباید بیشتر از ۲ تا ۵ پی‌پی‌ام در هوای انبار باشد و هیچ‌گونه تخلیه و شستشویی نیاز نیست. معمولاً جهت اطمینان از اینکه دی اکسید گوگرد به تمام نقاط رسیده باشد باید از دزمتر استفاده نمود. دز ۱۰۰ پی‌پی‌ام در ساعت حداقل دز کافی می‌باشد. سفید شدن حبه‌ها می‌تواند نشانه‌ای برای دوددهی زیاد باشد. این حالت به‌ویژه اگر میوه در دمای ۱۵/۵ تا ۲۱ درجه به مدت یک تا دو روز باقی بمانند می‌تواند به رنگ قهوه‌ای در بیاید. باید توجه داشت که گاز دی اکسید گوگرد در غلظت‌های مؤثر، سوزاننده و سمی بوده و حتی می‌تواند منجر به مرگ شود. حتی غلظت‌های پایین آن (۴۰۰ پی‌پی‌ام) می‌تواند به غشاهای مخاطی آسیب بزند. ماسک مخصوص گازهای سمی و عینک ایمنی باید مورد استفاده قرار گیرد. تعداد کمی از مردم ممکن است به باقیمانده گوگرد روی انگور

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-21]
[DOR: 20.1001.1.22519270.1396.7.1.2.2]
[DOI: 10.29252/pps.7.1.63]

واکنش حساسیت نشان دهند لذا میزان مجاز سولفیت باقیمانده روی میوه ۱۰ پی‌پی‌ام اعلام شده است که در صورت بیشتر بودن از این مقدار قابل‌فروش و صادر کردن نیست (Crisosto 2008).

۴- پدهای گوگردی

استفاده از پد آزادکننده گوگرد (Sulfur pad) برای انبارداری انگور در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۲۰ روز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد موجب کاهش معنی‌دار کپک آبی (*Penicillium*) و خاکستری (*Botrytis*) شده است (Franck *et al.* 2005). این نوع پد دی اکسید گوگرد (SO_2) را به‌تدریج و طی دو تا سه ماه آزاد می‌کند. یک پژوهش انجام شده در کشور نشان داد که بالشتک‌های آزادکننده دی اکسید گوگرد که در واقع حاوی سدیم متابی‌سولفید بودند در غلظت‌های ۷۹ و ۱۳۲ میلی‌مولار از سدیم متابی سولفید، مطلوب‌ترین اثر را از نظر حفظ رنگ ظاهری و کنترل پوسیدگی خاکستری در مقاطع زمانی مختلف نگهداری گوجه‌فرنگی نشان داد (لطفی و همکاران ۱۳۹۱). بسته به وزن انگور داخل هر جعبه (به ازای هر کیلو انگور ۱ گرم سولفورپد) از سولفورپد مناسب (ورقه‌های سولفورپد در وزن‌های ۵/۵، ۷ و ۱۰ گرمی در بازار وجود دارند) در جعبه گذاشته می‌شود. تمامی این کارها بهتر است که در دمای پایین سردخانه انجام گیرد تا از تشکیل قطرات آب روی خوشه‌ها جلوگیری شود. در اثر واکنش بی سولفیت با رطوبت اتمسفری، گاز دی اکسید گوگرد تولید می‌شود لذا اگر مقدار رطوبت داخل جعبه‌ها کافی نباشد، آزاد شدن گاز به آهستگی صورت می‌گیرد، بنابراین میوه‌ها برای مدت طولانی در معرض غلظت پایین SO_2 قرار می‌گیرند. اگر مقدار رطوبت جعبه‌ها خیلی بالا باشد آزادسازی گاز خیلی سریع بوده و در نتیجه صدمات زیادی به میوه‌ها وارد می‌گردد. همان‌طور که گفته شد گاز دی اکسید گوگرد باعث مدیریت عوامل بیماری‌زای انگور از جمله قارچ‌ها می‌شود که از مهم‌ترین عوامل پوسیدگی و کاهش کیفیت انگور در سردخانه می‌باشند. وضعیت ظاهری خوشه و چروکیدگی حبه نیز در تیمار گاز دی اکسید گوگرد بهبود می‌یابد ولی در صورتی که از غلظت بالاتر از غلظت توصیه شده استفاده گردد باعث ایجاد عوارض نامطلوبی روی میوه می‌شود. سفیدشده‌گی و طعم نامطلوب حبه‌ها از جمله عوامل نامطلوب غلظت بالای گوگرد موجود در جعبه‌ها می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از تحقیقی نشان داده که مقدار گوگرد بیشتر از حد توصیه شده باعث بالا رفتن غلظت سولفیت داخل میوه (بیشتر از ۱۰ پی‌پی‌ام) می‌شود که از لحاظ سلامت غذایی برای مصرف‌کنندگان مضر و عامل محدودکننده در

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-21]
[DOR: 20.1001.1.22519270.1396.7.1.2.2]
[DOI: 10.29252/pps.7.1.63]

صادرات انگور می‌باشد (Crisosto 2008).

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

با توجه به تولید زیاد گوگرد در کشور از یک سو و بلامانع بودن استفاده از این عنصر در کشت آلی، می‌توان از این منبع ارزان و در دسترس جهت بهبود اسیدیته خاک‌های قلیایی، تغذیه مناسب گوگردی، ضدعفونی خاک، مبارزه با انواع بیماری‌های قارچی به‌ویژه سفیدک‌های پودری و کپک‌های انباری و پیشگیری از پوسیدگی میوه‌ها در طی انبارداری استفاده کرد. در صورت استفاده از این ماده، علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌ها، محصولی سالم‌تر و عاری از قارچ‌کش‌های شیمیایی قابل تولید خواهد بود.

منابع References

۱. انصوری ع.، غلامی ا.، عباس‌دخت ح.، قلی‌پور م.، برادران م. و فلاح نصرت آباد ع. ر. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر همزیستی میکوریزایی، کاربرد تیوباسیلوس تیواکسیدانس و گوگرد بر خصوصیات رشد و عملکرد ذرت. *مدیریت خاک و تولید پایدار* ۴(۱): ۱۲۶-۱۰۹.

۲. بنی هاشمی، ض. ۱۳۹۲. تغذیه معدنی و بیماری‌های گیاهی. نشر آییژ، ۳۶۴ ص.

۳. رضایی، ش.، خاوازی، ک.، نظامی، م. ط. و سعادت، س. ۱۳۹۲. تأثیر گوگرد، فسفر و نقش گیاه بر زیست توده میکروبی و فعالیت فسفاتازهای خاک. *پژوهش‌های خاک* ۲۷(۲): ۲۲۶-۲۱۷.

۴. لطفی ح.، مرتضوی س. م. ح. و معلمی ن. ۱۳۹۱. اثر بالشتک‌های آزادکننده گاز دی اکسید گوگرد بر کنترل پوسیدگی و خصوصیات کیفی پس از برداشت میوه گوجه فرنگی رقم چف. *تولیدات گیاهی* ۳۵(۲): ۶۵-۷۶.

5. Ahuja I., Kissen R. and Bones A. M. 2012. اسیدیتهytoalexins in defense against pathogens. *Trends in Plant Science* 17:73-90.
6. Beckerman J. 2016. Disease Management Strategies: Using Organic Fungicides. Disease Management Strategies series Purdue University. BP-69-W., https://www.extension.purdue.edu/extmedia/bp/bp-69-w.pdf
7. Bourbos V. A., Skoudridakis M. T., Barbopoulou E. and Venetis K. 2000. Ecological control of grape powdery mildew (*Uncinula necator*). Http://www.landwirtschaft-mlr.baden wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1043197/index.html

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-21]
[DOR: 20.1001.1.22519270.1396.7.1.2.2]
[DOI: 10.29252/pps.7.1.63]

8. Burandt P., Papenbrock J., Schmidt A., Bloem E., Haneklaus S. and Schnug E. 2001. Genotypical differences in total sulfur contents and cysteine desulfhydrase activities in *Brassica napus* L. *Phyton-Horn* 41:75-*86.*
9. Crisosto C. H. 2008. Grapes, Fumigation with Sulfur Dioxide (SO_2). WFLO Commodity Storage Manual. http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-2689.pdf
10. Franck J., Latorre B. A., Torres R. and Zoffoli J. P. 2005. The effect of preharvest fungicide and postharvest sulfur dioxide use on postharvest decay of table grapes caused by *Penicillium expansum. Postharvest Biology and Technology* 37: 20-30.
11. Haneklaus S., Bloem E. and Schnug E. 2007. Sulfur interactions in crop ecosystems. pp. 17-58. *In*: M. J. Hawkesford, L. J. De Kok (ed.). Sulfur in Plants an Ecological Perspective. Springer, Germany
12. Klikocka H., Haneklaus S., Bloem E. and Schnug E. 2005. Influence of sulfur fertilization on infection of potato tubers with *Rhizoctonia solani* and *Streptomyces scabies*. *Journal of Plant Nutrition* 28:819-833.
13. Kruse C., Jost R., Lipschis M., Kopp B., Hartmann M. and Hell R. 2007. Sulfur enhanced defense: effects of sulfur metabolism, nitrogen supply, and pathogen lifestyle. *Plant Biology* 9:608-619.
14. Monde K. and Takasugi M. 1992. High-performance liquid chromatographic analysis of cruciferous phytoalexins using complex ternary mobile phase gradients. *Journal of Chromatography* 598:147-152.
15. Rausch T. and Wachter A. 2005. Sulfur metabolism: a versatile platform for launching defense operations. *Trends in Plant Science* 10:503-509.
16. Sasaki-Sekimoto Y., Taki N., Obayashi T., Aono M., Matsumoto F., Sakurai N., Suzuki H., Hirai M. Y., Noji M., Saito K., Masuda T., Takamiya K. I., Shibata D. and Ohta H. 2005. Coordinated activation of metabolic pathways for antioxidants and defense compounds by jasmonates and their roles in stress tolerance in *Arabidopsis*. *The Plant Journal* 44:653-668.
17. Schnug E., Haneklaus S., Booth E. and Walker K. C. 1995. Sulphur supply and stress resistance in oilseed rape. In 9th International Rapeseed Congress, Cambridge,UK, 229-231.
18. Smith B., Randle D., Mezencev R., Thomas L., Hinton C. and Odero-Marah V. 2014. Camalexin-induced apoptosis in prostate cancer cells involves alterations of expression and activity of lysosomal protease cathepsin D. *Molecules* 19:3988-4005.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-04-21]
[DOR: 20.1001.1.22519270.1396.7.1.2.2]
[DOI: 10.29252/pps.7.1.63]