مقاله تحقیقی

کنترل زیستی و شیمیایی بیماری کپک خاکستری توت فرنگی در گلخانه

کسری شریفی[۱]، شهرام نعیمی[۲]

۱، ۲– استادیار، دانشیار، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
مسئول مکاتبات: کسری شریفی، ایمیل: kasharifi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰ ۱۰(۱) ۱۵۵–۱۶۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۴

چکیده

کپک خاکستری که عامل آن *Botrytis cinerea* Pers.: Fr. است، از بیماری‌های مهم توت‌فرنگی درشرایط مرطوب به شمار می‌آید. در این تحقیق تاثیر قارچ‌کش‌های تجاری روماک® با ماده موثر عصاره گیاه بنه (*Pistacia atlantica Desf*) با غلظت‌های ۳، ۴ و ۵، سرناد® حاوی باکتری *Bacillus subtilis* QST 713 با غلظت‌های ۳، ۵ و ۷، و مخلوط معدنی سراکوئینت® متشکل از سولفات مس و فسفیت پتاسیم با غلظت‌های ۲/۵، ۳ و ۳/۵، در مقایسه با قارچ‌کش سیگنوم® (بوسکالید+پیراکلواستروبین) با غلظت یک در هزار و تیمار شاهد (آب‌پاشی) جهت کنترل بیماری کپک خاکستری توت‌فرنگی بررسی شد. آزمایشات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار و چهار تکرار در دو گلخانه تحقیقاتی و تجاری صورت گرفت. محلول پاشی‌ها همزمان با تشکیل گل در سه مرحله، هر ۱۰–۷ روز یک بار انجام شد. ارزیابی اثر تیمارها بر اساس درصد گل‌های سوخته و تعداد میوه‌های آلوده در بوته‌ها در گلخانه و درصد میوه‌های آلوده پس از انبارداری صورت گرفت. نتایج نشان داد که قارچ‌کش سیگنوم® بیشترین تاثیر را در کاهش سوختگی گل، تعداد میوه‌های آلوده و درصد میوه‌های آلوده در مراحل مختلف ارزیابی داشت. قارچ‌کش‌های روماک با غلظت چهار در هزار، سرناد پنج در هزار و سراکوئینت سه در هزار به ترتیب ۸۳/۲–۷۴/۹، ۸۳/۶–۷۱/۶ و ۸۲/۶–۷۲/۱ درصد، تعداد میوه‌های آلوده را کاهش دادند. کارایی این تیمارها در کاهش درصد میوه‌های آلوده به ترتیب ۵۷/۹، ۵۴/۳ و ۶۶/۷ درصد پس از برداشت برآورد شد. ارزیابی تاثیر تیمارها بر سوختگی گل توسط روماک، سرناد و سراکوئینت با غلظت‌های مذکور به ترتیب، ۸۹/۳–۶۲/۵، ۹/۵–۵۴/۹۰ و ۹۱/۵–۷۱/۴ درصد تعیین شد. به این ترتیب، استفاده از قارچ‌کش‌های روماک®، سرناد® و سراکوئینت® برای کنترل بیماری کپک خاکستری توت‌فرنگی، در مراحل تشکیل گل و هر هفت روز یک بار کارایی مناسبی داشته و اثرات سوء بهداشتی و زیست‌محیطی کمتری در مقایسه با قارچ‌کش‌های شیمیایی آلی دارند.

واژه‌های کلیدی: سوختگی گل، پوسیدگی میوه، عصاره گیاهی، قارچ‌کش معدنی

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch.) گیاهی علفی، چند ساله و از تیره گل سرخیان است. وجود منابع ویتامین و عناصر مهم در میوهٔ توت‌فرنگی با توجه به زمان‌های برداشت محصول در ایران اهمیت این گیاه را دوچندان می‌کند. کشت توت‌فرنگی در مزرعه و به خصوص در گلخانه در ایران به سرعت در حال گسترش است. سطح زیرکشت توت‌فرنگی در فضای باز و گلخانه در ایران به ترتیب ۵۰۰۰ و ۳۵۰ هکتار بوده و مقدار تولید در فضای باز و گلخانه به ترتیب ۵۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ تن و میانگین عملکرد در آن‌ها به ترتیب حدود ۱۰ و ۴۲ تن در هکتار در سال ۱۴۰۰ برآورد شده است (Anonymous, 2022).

عوامل بیماریزای متعددی به گیاه توت‌فرنگی و محصول آن خسارت می‌زند ولی قارچ *Botrytis cinerea* از بیمارگرهای بسیار مهم محسوب می‌شود.

B. cinerea قارچی نکروتروف است که طیف وسیعی از میزبان‌ها را آلوده و در بسیاری از محصولات گیاهان به‌خصوص در شرایط انبار خسارت وارد می‌کند (Dean *et al*., 2012). بطور کلی قارچ‌های بیمارگر نکروتروف خسارت بیشتری نسبت به بیوتروف ها وارد می‌کنند (Newman and Derbyshire, 2020). تخمین زده می‌شود که بیش از ۲۰۰ گونه گیاهی از محصولات باغی و زراعی در سراسر جهان میزبان *B. cinerea* باشند (Williamson *et al*., 2007). کپک خاکستری (gray mold) یکی از بیماری‌های مهم توت‌فرنگی به‌خصوص درشرایط معتدل ومرطوب محسوب می‌شود. خسارت ناشی از بیماری در مزارع و گلخانه‌ها بسیار بالا است. به‌طوری که در صورت عدم مدیریت صحیح، میوه تشکیل نمی‌شود و در صورت تشکیل، میوه‌ها بد شکل شده و بازارپسند نخواهند بود (Mari *et al*., 2014).

عامل بیماری گل و میوه را آلوده و آلودگی میوه از قسمت انتهایی آن شروع شده و به سایر بخش‌ها گسترش می‌یابد. علایم بیماری ابتدا به‌صورت لکه‌هایی کوچک روی گل یا میوه است که به سرعت تبدیل به یک پوشش خزه‌مانند خاکستری تا قهوه‌ای متشکل از اسپورهای قارچ عامل بیماری می‌شود. در صورت مهیا بودن شرایط مناسب، خوشه‌های گل ممکن است قهوه‌ای شده و از بالا به پایین خشک شود. میوه‌ها پیش از برداشت آلوده شده و حالت نرم، قهوه‌ای و محیطی آبکی را ایجاد می‌کند که در آینده با اسپورهای پودری و خاکستری رنگی پوشیده می‌شود. در صورت مناسب بودن شرایط آلودگی، میوه‌های سالم هم آلوده و در مدت ۴۸ ساعت به طور کامل تخریب و اسپورهای حاصل به‌سرعت در گیاهان و میوه‌های پیرامونی گسترش می‌یابند (Petrasch *et al*., 2019). عامل بیماری در زمان گلدهی موجب سوختگی (blossom blight) و از بین رفتن گل‌ها شده و میزان محصول را به شدت کاهش می‌دهد. بررسی‌ها نشان داده است که آلودگی میوه در مرحله گلدهی بوده ولی علائم درزمان تشکیل میوه ظاهر می‌شود (Naradisorn, 2021). گسترش بیماری در دمای ۲۰ الی ۲۶ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی بیش از ۶۵٪ چشم‌گیر است (Mertely *et al*., 2002).

مدیریت بیماری کپک خاکستری با به‌کارگیری روش‌های مناسب زراعی از جمله: زمان و میزان مناسب کوددهی، پوشاندن بین ردیف‌ها با مالچ، تهویه و زهکش مناسب، برداشت به موقع، جمع‌آوری بوته‌های آلوده و کنترل شیمیایی با استفاده از قارچ‌کش‌های مناسب است (Garcia, 2011). یکی از راه‌کارهای موثر کنترل این بیماری، استفاده از قارچ‌کش‌ها در مراحل تشکیل گل است (Petrasch *et al*., 2019). قارچ‌کش‌های فن‌هگزامید + ایموکتادین‌تریس (fenhexamid + iminoctadine tris)، سیپرودینیل + فلودیوکسونیل (cyprodinil + fludioxonil)، فلودیوکسونیل به تنهایی، تریفلوکسی استروبین + فلوپیرام (trifloxystrobin + fluopyram) و پیراکلواستروبین+بوسکالید (pyraclostrobin + boscalid) برای کنترل کپک خاکستری توت‌فرنگی در کشورهای مختلف به ثبت رسیده و مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nam *et al*., 2011; Sharifi, 2021). علی‌رغم اثر قاطع قارچ‌کش‌های شیمیایی آلی، استفاده بی‌رویه از آن‌ها اثرات منفی زیادی بر سلامت انسان، محیط زیست، ایجاد مقاومت در بیمارگرهای گیاهی، آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی و افزایش هزینه‌ها را به دنبال دارد (Bi *et al*., 2012). استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی آلی در برخی از کشورهای اروپایی در مرحله پس از برداشت کاملاً ممنوع بوده و جایگزین‌های سازگار با محیط زیست برای مدیریت بیماری‌های پس از برداشت در اولویت است (Wisniewski *et al*., 2016).

استفاده از عوامل کنترل زیستی در مدیریت بیماری‌های پس از برداشت میوه به‌عنوان یک استراتژی ایمن و امیدوارکننده شناسایی شده است (Droby *et al*., 2009). عوامل کنترل زیستی مانند باکتری‌ها و مخمرها میوه را در برابر پوسیدگی‌های پس از برداشت از جمله کپک خاکستری حفاظت کرده و از آن پیش‌گیری می‌کنند (Lio

(Abd–Elkader *et al*., 2016). در میان آنتاگونیست‌های میکروبی، گونه‌های متعلق به جنس باسیلوس (*Bacillus* spp.) به دلیل توانایی در تولید انواع مختلف از ترکیبات ضد باکتریایی و قارچی مانند فنژیسین (fengycin)، سورفاکتین (surfactin) و ایتورین (iturin)، نقش اساسی را به عنوان عوامل کنترل زیستی در برابر بیمارگرهای گیاهی ایفا می‌کنند (Sarwar *et al*., 2018).

سویه‌های باکتری متعلق به گونه *Bacillus subtilis* از معروف‌ترین آنتاگونیست‌های بیمارگرهای گیاهی هستند که به طور گسترده در سراسر دنیا مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. این باکتری گرم مثبت، هوازی، مزوفیل و با توانایی تولید اندوسپور و ترکیبات ضد میکروبی است (Salazar *et al*., 2022; Govindasamy *et al*, 2010). باسیلوس سوبتیلیس به دلیل افزایش رشد گیاه به‌عنوان یک PGPR در نظر گرفته شده و در قالب کود زیستی (biofertilizer) هم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Beauregard *et al*., 2011). این باکتری با تشکیل بیوفیلم (biofilm) باعث محافظت گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده می‌شود (Bais *et al*., 2004). تولید اسپورهای مقاوم به شرایط نامساعد محیطی از جمله دما، رطوبت و تشعشعات یونی از دیگر محاسن این باکتری است که می‌تواند به راحتی فرموله و انبار شود و بنابراین برای تولید انبوه و تجاری‌سازی بسیار مطلوب است (Chen *et al*., 2013).

باسیلوس سوبتیلیس به طور گسترده در کنترل بیماری‌های گیاهی استفاده شده و بیش از ۲۰ شکل تجاری آن در تارنمای موسسه بررسی مواد ارگانیک (OMRI) به ثبت رسیده است که از جمله به سویه *B. subtilis* QST 713 با نام تجاری سرناد (Serenade®) تولید شرکت بایر آلمان می‌توان اشاره کرد (Calvo *et al*., 2017).

اخیراً استفاده از ترکیبات طبیعی مانند عصاره یا روغن‌های گیاهی یکی از سالم‌ترین و ایمن‌ترین روش‌ها برای کنترل بیماری‌های پس از برداشت شناخته می‌شود. اسانس‌ها شامل متابولیت‌های ثانویه گسترده‌ای هستند که در بیشتر موارد دارای خواص ضد میکروبی، آنتی اکسیدانی، قارچ‌کشی و تنظیم کننده زیستی هستند (Farzaneh *et al*., 2021). برخی از گیاهان در بافت‌های خود ترکیبات ضد قارچی طبیعی تولید می‌کنند که با نشان دادن مقاومت غیر میزبان در برابر بیشتر بیمارگرها از آن‌ها در برابر خطرات بیولوژیکی محافظت می‌کند. اسانس‌ها مواد فراری هستند که حاوی مخلوط پیچیده‌ای از ترکیبات از جمله مونوترپن‌ها (monoterpenes)، سسکوی ترپن‌ها (sesquiterpines) و فنیل پروپانوئیدها (phenylpropanoids) هستند (Farzaneh *et al*., 2015). قارچ‌کش پایه گیاهی روماک (Roomak®) با ماده موثر عصاره بنه یا پسته کوهی (*Pistacia atlantica* Desf.) متشکل از اسانس پایه آب با ترکیبات آلفا و بتا پینن (α–Pinene and β–Pinene) است. فعالیت ضد قارچی این عصاره بخصوص در برابر *B. cinerea* به اثبات رسیده است. درصد زیادی از فعالیت‌های ضد قارچی آن مربوط به آلفا پینن به‌عنوان ترکیب اصلی است (Hesami *et al*., 2021). به‌علاوه، ترکیبات مذکور به‌عنوان عامل آنتی اکسیدان شناخته شده است که می‌تواند از اکسیداسیون جلوگیری کرده و در ذخیره سازی مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد (Tsokou *et al*., 2007).

قارچ‌کش‌های معدنی ازجمله ترکیبات مسی و نمک‌ها از قدیمی‌ترین قارچ‌کش‌های مورد استفاده در گیاه‌پزشکی هستند. قارچ‌ها نسبت به این قارچ‌کش‌ها مقاوم نمی‌شوند، دوست‌دار محیط‌زیست هستند و هزینه تولید آن‌ها در مقایسه با قارچ‌کش‌های آلی کمتر است. هر چند این قارچ‌کش‌ها در مقایسه با قارچ‌کش‌های شیمیایی آلی اثر کنترل کنندگی کمتری دارند، ولی با توجه به مزایای آن از جمله عدم بروز مقاومت به قارچ‌کش و امکان استفاده در تولید محصولات سالم و ارگانیک از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند (Speiser, 2006). بر اساس گروه‌بندی FRCA این ترکیبات در گروه قارچ‌کش‌های با جایگاه تاثیر چندگانه با نحوه اثر تماسی و محافظتی طبقه‌بندی می‌شود که تاکنون نسبت به آن مقاومت در قارچ‌ها و شبه قارچ‌ها مشاهده نشده است (Anonymous, 2023). سراکوئینت (CeraQuint®) قارچ‌کش پایه معدنی با مواد موثر سولفات مس (copper sulfate) و فسفیت پتاسیم (potassium phosphite) است. فسفیت نام عمومی است که به نمک‌های حاصل از فسفور

اسید (phosphorus acid) یا H3PO3 اطلاق می‌شود. نمک فسفیت پتاسیم به صورت سیستمیک و به سرعت در گیاه جذب و منتشر می‌شود. این نمک بر قارچ‌های بیمارگر گیاهی اثر بازدارنده رشد و تولید اسپور داشته و از طریق القا و افزایش سیستم دفاعی از ورود و گسترش بیمارگرها به گیاه جلوگیری می‌کند (Silva *et al.*, 2011). نتایج آزمایشات رحمانی و حکیمی نشان داد که نمک فسفید پتاسیم قادر به کنترل ۸۵ درصدی بیماری کپک خاکستری انگور در شرایط انبار است (Rahmani and Hakimi, 2022).

قارچ‌کش سیگنوم® (Signum®) متشکل از دو ماده موثر بوسکالید و پیراکلواستروبین است که به ترتیب از گروه قارچ‌کش‌های پیریدین‌کربوکسامید (pyridine–carboxamides) و متوکسی‌کاربامیت (methoxy–carbamates) است. نحوه اثر پیراکلوستروبین از طریق ممانعت از تنفس میتوکندریایی و نحوه اثر گروه قارچ‌کش‌های متوکسی‌کاربامیت از طریق ممانعت از تشکیل آنزیم میتوکندریال سوکسینات دهیروژناز می‌باشد (Gentili *et al.*, 2006). تاثیر دو قارچ‌کش بلیس® (Bellis®) و سیگنوم در کنترل کپک خاکستری توت‌فرنگی، گوجه‌فرنگی و فلفل و میوه‌های هسته‌دار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که قارچ‌کش بلیس کپک خاکستری میوه‌های هسته‌دار را بهتر کنترل می‌کند و قارچ‌کش سیگنوم در کنترل کپک خاکستری توت فرنگی، گوجه فرنگی و فلفل کارآمدتر است (Gentili *et al.*, 2006).

نظر به اهمیت بیماری کپک خاکستری توت‌فرنگی از یک طرف و لزوم کاهش مصرف سموم شیمیایی و عرضه غذای سالم از طرف دیگر، ارزیابی قارچ‌کش‌های بیولوژیک و معدنی و کم خطر برای کنترل این بیماری در کشور به عنوان جایگزین روش شیمیایی، ضروری بوده و هدف تحقیق حاضر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

بررسی اثر سه قارچ‌کش روماک® با غلظت‌های ۳، ۴ و ۵، سرناد® با غلظت‌های ۳، ۵ و ۷ و سراکوئینت® با غلظت‌های ۲/۵، ۳ و ۳/۵ در هزار در مقایسه با قارچ‌کش سیگنوم® با غلظت ۱در هزار به عنوان قارچ‌کش مرجع و تیمار شاهد (آب‌پاشی) صورت گرفت. آزمایشات در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با ۱۱ تیمار (جدول ۱) و چهار تکرار در دو گلخانه تحقیقاتی و تجاری به ترتیب واقع در کرج و هشتگرد انجام شد.

در گلخانه تحقیقاتی، برای اطمینان از بروز بیماری، بوته‌های توت‌فرنگی در مراحل اولیه تشکیل گل با سوسپانسیون قارچ عامل بیماری (*B. cinerea*) به روش آلوده‌سازی مصنوعی محلول‌پاشی شد. برای این منظور به کشت دو هفته‌ای قارچ عامل بیماری در محیط سیب‌زمینی–دکستروز–آگار (PDA)، ۵ میلی‌لیتر آب مقطر استریل همراه با ۰/۱ درصد توین ۸۰ اضافه شد. سپس اسپورها توسط تیغه استریل به آرامی از سطح جدا و سوسپانسیون حاصل به منظور حذف بقایای میسلیومی از لایه گاز استریل عبور داده شد. شمارش تعداد اسپورها با استفاده از لام هماسیتومتر انجام و غلظت مورد نظر (۱×۱۰^{۶} اسپور در میلی‌لیتر) با اضافه‌کردن آب مقطر استریل صورت گرفت. اعمال تیمارها ۴۸ ساعت پس از آلوده‌سازی مصنوعی انجام شد (Mo and Sung, 2007). در گلخانه تجاری، با مشاهده اولین علایم بیماری در کاسبرگ‌ها (سوختگی گل)، تیمارها اعمال شد. محلول پاشی‌ها هر ۱۰–۷ روز یک بار و در سه مرحله انجام شد.

ارزیابی اثر تیمارها در گلخانه با دمای ۲۴–۱۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی حدود ۷۵–۶۰ درصد در چهار مرحله و هر۱۰–۷ روز یک بار بر اساس درصد گل‌های سوخته و تعداد بوته‌های حاوی میوه آلوده صورت گرفت. برای این منظور، ۴ گلدان و هر گلدان حاوی ۴ بوته با برچسب نشانه‌گذاری شد و در مراحل مختلف مورد بررسی قرار گرفتند (Wedge *et al.* 2007).

برای بررسی اثر تیمارها بر آلودگی میوه‌ها، سه روز پس از آخرین محلول پاشی از هر تکرار ۱۰ میوه رسیده و تقریبا یک اندازه، بصورت تصادفی انتخاب و به ظروف یکبار مصرف منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سلسیوس، سپس ۷۲ ساعت در دمای ۱۰ درجه سلسیوس و

پس از آن ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. سپس درصد وقوع آلودگی به کپک خاکستری برآورد شد (Mertely *et al*. 2002). این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار در شرایط آزمایشگاه انجام شد.

داده‌های حاصل از تحقیق پس از تبدیل داده و با استفاده از رابطه $X=\sqrt{x+1}$ در محیط نرم افزار SAS 9.4 تجزیه و مقایسه میانگین‌ها به طریق آزمون توکی انجام شد.

جدول ۱– مشخصات تیمارهای آزمایشی

Table 1. Characteristics of the experimental treatments

Tread name	Formulation	Common name	Concentrations
Roomak®	EC 60%	*Pistacia atlantica* extract	3/1000 4/1000 5/1000
Serenade®	SC 1 x 10^{12} cfu/L	*Bacillus subtilis* strain QST 713	3/1000 5/1000 7/1000
CeraQuint®	SP 62.1%	copper sulfate+potassium phosphite	2.5/1000 3/1000 3.5/1000
Signum®	WG	pyraclostrobin+boscalid	1/1000
Control	-	water	-

نتایج

داده های ارزیابی تاثیر تیمارها در کنترل بیماری کپک خاکستری بر اساس ارزیابی سه مشخصه: درصد سوختگی گل‌ها (blossom blight)، تعداد بوته‌های حاوی میوه پوسیده و ماندگاری میوه‌های توت‌فرنگی انجام و داده‌های دو منطقه تجزیه مرکب مکان شدند.

تجزیه مرکب: تجزیه واریانس مرکب مکان نشان داد بین تیمارهای آزمایشی از نظر درصد سوختگی گل‌ها در اثر آلودگی به *B. cinerea* در چهار مرحله ارزیابی اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود دارد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل تیمار × مکان برای چهار مرحله ارزیابی، تجزیه واریانس مجزا برای هر مکان اجرا، انجام شد.

تجزیه واریانس مرکب مکان برای فاکتورهای تعداد بوته‌های حاوی میوه آلوده و ماندگاری میوه نشان داد که اثر متقابل تیمار × مکان در مراحل ارزیابی معنی‌دار نبوده ولی بین تیمارها در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار وجود داشت.

تاثیر تیمارها در تعداد میوه‌های آلوده در دو منطقه

نتایج مقایسه میانگین‌های داده‌های حاصل از شمارش تعداد میوه‌های آلوده به بیماری کپک خاکستری نشان داد که در همه مراحل ارزیابی، قارچ‌کش سیگنوم با غلظت یک در هزار بیشترین تاثیر را در کاهش تعداد میوه آلوده داشت. قارچ‌کش روماک با غلظت ۵ در هزار در مراحل اول تا چهارم به ترتیب ۷۸، ۷۴/۹، ۷۹/۴ و ۸۳/۲ درصد در کنترل بیماری اثر گذار بود. این قارچ‌کش با دزهای ۳، ۴ و ۵ در هزار در چهارمین مرحله ارزیابی توانست به ترتیب ۶۹/۱، ۷۷/۱ و ۸۳/۲ درصد بیماری را نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۲). قارچ‌کش زیستی سرناد با غلظت ۷ در هزار قادر به کاهش ۷۴/۶، ۷۵/۴، ۷۹/۶ و ۸۴/۴ درصدی بیماری در مراحل اول تا چهارم ارزیابی بود. در چهارمین مرحله ارزیابی، این قارچ‌کش با دزهای ۳، ۵ و ۷ در هزار توانست به ترتیب ۷۵/۱، ۸۳/۶ و ۸۴/۴ درصد بیماری را کاهش دهد (جدول ۲). اثر گذاری قارچ‌کش سراکوئینت با غلظت‌های ۲/۵، ۳ و ۳/۵ در هزار در مراحل اول و چهارم در یک گروه

آماری قرار گرفتند. بطوری‌که در مرحله اول حدود ۷۰ تا ۷۴ درصد (گروه آماری bc) و در مرحله چهارم حدود ۷۹ تا ۸۳ درصد (گروه آماری cd) کاهش بیماری را در بر داشت. در مرحله دوم ارزیابی دو غلظت ۳ و ۳/۵ در هزار اثرگذاری ۷۰ تا ۷۲ درصدی داشته و مشترکاً در گروه آماری cde جای گرفتند. در مرحله سوم ارزیابی غلظت ۳ در هزار بیشترین تاثیر را در کنترل بیماری در مقایسه با دو غلظت دیگر داشت (جدول ۲).

تاثیر تیمارها در کنترل بیماری پوسیدگی میوه در دو منطقه

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به درصد میوه‌های آلوده پس از برداشت، نشان دهنده تاثیر همه قارچ‌کش‌ها در کنترل بیماری پوسیدگی میوه نسبت به تیمار شاهد است و تیمارها در ۷ سطح آماری قرار گرفتند (جدول ۳). بر این اساس قارچ‌کش سیگنوم با غلظت یک در هزار و پس از آن سراکوئینت با غلظت ۳/۵ در هزار بیشترین تاثیر را در ماندگاری میوه داشتند. قارچ‌کش‌های روماک با غلظت ۵ در هزار و سرناد با غلظت ۷ در هزار به ترتیب با اثر گذاری ۶۳/۲ و ۵۷/۹ درصد بیشترین کارایی را در کنترل بیماری نسبت به دیگر دزهای مربوط داشتند (جدول ۳).

جدول ۲– میانگین تعداد بوته‌های آلوده به بیماری پوسیدگی میوه در هشتگرد و کرج.

Table 2. Mean of infected plants number by fruit rot disease in Hashtgerd and Karaj greenhouses

Treatment	Evaluation 1		Evaluation 2		Evaluation 3		Evaluation 4	
	Number of infected plants	Efficacy%	Number of infected plants	Efficacy%	Number of infected plants	Efficacy %	Number of infected plants	Efficacy %
Roomak 3/1000	13.6 b	65.6	18.0 b	59.4	15.8 b	66.4	15.4 cd	69.1
Roomak 4/1000	10.9 bc	72.4	14.7 cd	66.9	12.2 bcd	74.1	11.4 cd	77.1
Roomak 5/1000	8.7 cd	78.0	11.6 c	74.9	9.7 d	79.4	8.4 d	83.2
Serenade 3/1000	12.2 bc	69.1	15.4 bc	65.3	15.3 bc	67.5	12.4 bc	75.1
Serenade 5/1000	9.4 c	76.2	12.6 cde	71.6	11.4 cd	75.8	8.2 d	83.6
Serenade 7/1000	10.0 c	74.6	10.9 e	75.4	9.6 d	79.6	7.8 d	84.4
CeraQuint 2.5/1000	11.8 bc	70.1	14.3 cd	67.8	12.6 bcd	73.2	10.7 cd	78.6
CeraQuint 3/1000	10.6 bc	73.2	12.4 cde	72.1	9.7 d	79.4	8.7 cd	82.6
CeraQuint 3.5/1000	10.4 bc	73.7	13.3 cde	70.0	11.2 cd	76.2	8.7 cd	82.6
Signum 1/1000	5.3 d	86.6	6.5 f	85.4	4.1 e	91.3	3.2 e	93.5
Control	39.5 a	–	44.4 a	–	47.1 a	–	49.9 a	–

میانگین‌های با حرف متفاوت دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ هستند. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون توکی انجام شده است.

The means followed by different letters are significantly different at 5% probability level. Mean comparisons were carried out by using Tukey test.

جدول ۳– میانگین درصد میوه‌های آلوده در هر تیمار در گلخانه های هشتگرد و کرج

Table 3. Mean of infected fruit percentage in treatments in Hashtgerd and Karaj greenhouses

Treatments	Infected fruit percentage	Efficacy%
Roomak 3/1000	37.5 b	47.3
Roomak 4/1000	30 cd	57.9
Roomak 5/1000	26 de	63.2
Serenade 3/1000	36.2 b	49.2
Serenade 5/1000	32.5 cb	54.3
Serenade 7/1000	30.0 cd	57.9
CeraQuint 2.5/1000	28.7 cd	59.7
CeraQuint 3/1000	23.7 ef	66.7
CeraQuint 3.5/1000	21.2 fg	70.2
Signum 1/1000	18.7 g	73.7
Control	71.2 a	–

میانگین‌های با حرف متفاوت دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ هستند. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون توکی انجام شده است.

The means followed by different letters are significantly different at 5% probability level. Mean comparisons were carried out by using Tukey test

تاثیر تیمارها در کنترل سوختگی گل در هشتگرد

تجزیه واریانس مربوط به آزمایشات تاثیر تیمارها بر درصد وقوع بیماری در گل‌ها (سوختگی گل) در هر کرت نشان داد، بین تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ در همه مراحل ارزیابی وجود دارد. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به درصد آلودگی گل‌ها در آزمایش انجام شده در هشتگرد، در ارزیابی مرحله اول، قارچ‌کش مرجع (سیگنوم) با ۹۱/۴ درصد اثر گذاری بیشترین و پس از آن قارچ‌کش‌های روماک با غلظت ۵ در هزار (۸۷/۸٪) و سراکوئینت ۳/۵ در هزار (۸۵/۷٪) بیشترین کارایی را داشتند (جدول ۴). در مرحله دوم، قارچ‌کش‌های سیگنوم (۸۵/۷٪)، سراکوئینت با غلظت‌های ۳/۵ و ۳ در هزار (به ترتیب ۸۲/۶ و ۸۳/۷ درصد)، سرناد با غلظت‌های ۵ و ۷ در هزار (۸۶٪) و روماک ۵ در هزار (۷۹/۸٪) با بیشترین اثر کنترل کنندگی در یک گروه آماری (d) قرار گرفتند (جدول ۴). قارچ‌کش‌های سیگنوم و سرناد ۷ در هزار با بیش از ۹۴ درصد کارایی در گروه آماری e و سراکوئینت با غلظت‌های ۳/۵ و ۳ در هزار با اثر گذاری بیش از ۸۹ درصد متفقاً در گروه c آماری و روماک ۵ در هزار با تاثیر ۹۳/۳ درصدی بیماری در گروه آماری de در مرحله سوم ارزیابی جای گرفت (جدول ۴). در مرحله چهارم، قارچ‌کش‌های سیگنوم، سراکوئینت با غلظت‌های ۳ و ۳/۵ در هزار، سرناد با غلظت ۷ در هزار و روماک ۵ در هزار با اثر گذاری بیش از ۹۰ درصد مشترکاً در گروه آماری c قرار گرفتند (جدول ۴).

جدول ۴– میانگین درصد گل‌های سوخته در گلخانه هشتگرد

Table 4. Mean of blossom blight percentage in Hashtgerd greenhouses

Treatment	Evaluation 1		Evaluation 2		Evaluation 3		Evaluation 4	
	blossom blight percentage	Efficacy%	blossom blight percentage	Efficacy%	blossom blight percentage	Efficacy%	blossom blight percentage	Efficacy%
Roomak 3/1000	6.5 b	78.6	11.1 bc	71.7	6.4 b	83.6	6.3 b	82.7
Roomak 4/1000	6.2 bc	79.6	8.0 cd	79.6	4.6 c	88.2	3.9 bc	89.3
Roomak 5/1000	3.7 ef	87.8	7.9 d	79.8	2.6 de	93.3	2.8 c	92.3
Serenade 3/1000	5.9 bc	80.5	12.3 b	68.6	6.5 b	83.4	5.9 b	83.8
Serenade 5/1000	5.0 bcd	83.5	5.5 d	86.0	3.7 cd	90.5	4.3 bc	88.2
Serenade 7/1000	5.5 bcd	81.9	5.5 d	86.0	2.2 e	94.4	2.5 c	93.1
CeraQuint 2.5/1000	6.6 b	78.3	11.1 b	71.7	6.6 b	83.1	4.3 bc	88.2
CeraQuint 3/1000	4.7 cde	83.7	6.4 d	83.7	4.3 c	89.0	3.1 c	91.5
CeraQuint 3.5/1000	3.9 def	85.7	6.8 d	82.6	4.0 c	89.8	3.0 c	91.7
Signum 1/1000	2.6 f	91.4	5.6 d	85.7	2.1 e	94.6	2.0 c	94.5
Control	30.4 a	–	39.2 a	–	39.1 a	–	36.5 a	–

میانگین‌های با حرف متفاوت دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ هستند. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون توکی انجام شده است.

The means followed by different letters are significantly different at 5% probability level. Mean comparisons were carried out by using Tukey test.

تاثیر تیمارها در کنترل سوختگی گل در کرج

تجزیه واریانس مربوط به آزمایشات تاثیر تیمارها بر درصد وقوع بیماری سوختگی گل‌ها در هر کرت نشان داد، بین

تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به درصد سوختگی گل‌ها در آزمایش انجام شده در کرج، در ارزیابی‌های اول تا چهارم، نشان دهنده جای گرفتن تیمارها در گروه‌های آماری مختلف است. ولی همه قارچ‌کش‌ها بیش از ۵۰٪ قادر به کنترل بیماری بودند (جدول ۵). در اولین مرحله ارزیابی، قارچ‌کش سیگنوم با ۸۲/۱٪ اثر بخشی، بیشترین و پس از آن سراکوئینت (۶۷/۹٪) و سپس قارچ‌کش‌های روماک ۴ و ۵ در هزار و سرناد ۵ و ۷ در هزار (۶۲/۲– ۶۲/۵ درصد) به اتفاق بیشترین تاثیر را در کنترل بیماری داشتند (جدول ۵). در ارزیابی مرحله دوم، سیگنوم بیشترین کنترل کنندگی (۷۷٪) و پس از آن سراکوئینت با غلظت‌های ۳ و ۳/۵ با اثر بخشی ۶۹/۴ درصدی و روماک با غلظت‌های ۴ و ۵ در هزار با کنترل کنندگی ۶۸/۹ و ۶۹/۸ مشترکاً در گروه آماری e قرار گرفتند. سرناد با غلظت‌های ۵ و ۷ در هزار پس از این قارچ‌کش‌ها، توانست حدود ۵۵ درصد بیماری را کاهش دهد (جدول ۵). قارچ‌کش‌های سراکوئینت با غلظت‌های ۳ و ۳/۵ و سرناد ۷ در هزار پس از سیگنوم بیشترین کارایی را در کنترل بیماری داشتند و در گروه آماری c جای گرفتند. در این مرحله قارچ‌کش‌های سرناد ۵ و روماک ۴ و ۵ در هزار پس از قارچ‌کش‌های مذکور به اتفاق در گروه آماری bc جای گرفتند (جدول ۵). در مرحله چهارم نیز پس از قارچ‌کش سیگنوم، قارچ‌کش‌های سراکوئینت با غلظت‌های ۳ و ۳/۵ در هزار، سرناد با غلظت ۷ در هزار و روماک ۵ در هزار با اثر گذاری بیش از ۶۷/۵ درصدی در گروه c قرار گرفتند (جدول ۵).

جدول ۵– میانگین درصد گل‌های سوخته در گلخانه کرج

Table 5. Mean of blossom blight percentage in Karaj greenhouses

Treatment	Evaluation 1		Evaluation 2		Evaluation 3		Evaluation 4	
	blossom blight percentage	Efficacy%	blossom blight percentage	Efficacy%	blossom blight percentage	Efficacy %	blossom blight percentage	Efficacy %
Roomak 3/1000	11.1 b	39.7	9.5 cd	57.2	7.4 b	60.0	6.9 b	56.9
Roomak 4/1000	6.9 cd	62.5	6.9 e	68.9	6.2 bc	66.5	6.0 bc	62.5
Roomak 5/1000	6.4 cd	62.2	6.7 e	69.8	6.0 bc	67.6	5.2 c	67.5
Serenade 3/1000	8.4 bc	54.3	11.3 b	48.9	7.2 b	61.1	6.7 b	58.1
Serenade 5/1000	6.9 cd	62.5	10.3 c	54.9	5.7 bc	69.2	3.9 bc	75.6
Serenade 7/1000	6.9 cd	62.5	9.8 c	55.8	5.1 c	73.0	4.3 c	73.1
CeraQuint 2.5/1000	6.7 cd	63.6	7.9 de	64.4	7.2 b	61.1	5.1 b	68.1
CeraQuint 3/1000	4.8 de	73.9	6.8 e	69.4	5.3 c	71.4	3.6 c	77.5
CeraQuint 3.5/1000	5.9 cde	67.9	6.8 e	69.4	4.5 c	75.7	3.7 c	76.9
Signum 1/1000	3.3 e	82.1	5.1 f	77.0	2.7 d	85.4	1.9 d	88.1
Control	18.4 a	–	22.2 a	–	18.5 a	–	16.0 a	–

میانگین‌های با حرف متفاوت دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ هستند. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون توکی انجام شده است.

The means followed by different letters are significantly different at 5% probability level. Mean comparisons were carried out by using Tukey test.

بحث

در این تحقیق اثر بخشی قارچکش‌های روماک® (عصاره بنه) مایع امولسیون شونده ۶۰٪ ، سرناد® با فرمولاسیون سوسپانسیون غلیظ و حاوی باکتری *B. subtilis* *Bacillus subtilis* QST713 و مخلوط سراکوئینت® پودر قابل حل در آب متشکل از سولفات مس و فسفیت پتاسیم، در مقایسه با سیگنوم® (پیراکلواستروبین+بوسکالید) جهت کنترل بیماری‌های سوختگی گل و پوسیدگی میوه ناشی از قارچ *B. cinerea* و ماندگاری میوه توت‌فرنگی در دو گلخانه واقع در هشتگرد و کرج بررسی شد. براساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب مکان، اثرات متقابل مکان × در تیمار برای ارزیابی تاثیر تیمارها بر کاهش درصد آلودگی گل‌ها به بیماری سوختگی گل معنی‌دار بود ولی تاثیر تیمارها در تعداد بوته‌های دارای میوه پوسیده و افزایش ماندگاری (درصد پوسیدگی میوه‌ها پس از برداشت) در شرایط کنترل شده معنی‌دار نبود. علت این تفاوت در داده‌های دو آزمایش را می‌توان به اختلاف در جمعیت عامل بیماری در گلخانه نسبت داد. در گلخانه تحقیقاتی کرج، علی رغم آلوده‌سازی مصنوعی شدت بیماری در تیمار شاهد نسبت به گلخانه هشتگرد کمتر بود. نوع سازه گلخانه، تغذیه گیاه و تراکم بوته در واحد سطح در شدت بروز و گسترش بیماری کپک خاکستری در محصولات گلخانه‌ای تاثیر به سزایی دارد (Cantliffe *et al*., 2007).

سوختگی گل ناشی از آلودگی شکوفه‌ها به *B. cinerea* بیشترین خسارت را در گلخانه و باغات تولید توت‌فرنگی وارد می‌کند. گل‌های سوخته اغلب قادر به تولید میوه نیستند و در صورت تولید میوه، میوه‌ها بد شکل و بازار پسند نخواهند بود (Sutton, 1998). نتایج تحقیق حاضر نشان دهنده تاثیر بسیار خوب قارچ‌کش‌های روماک®، سرناد® و سراکوئینت® در کنترل بیماری سوختگی گل توت‌فرنگی است. به‌طوری که کارایی این قارچ‌کش‌ها در کنترل بیماری سوختگی گل در مراحل مختلف ارزیابی در دو منطقه هشتگرد و کرج بیش از ۶۰٪ برآورد شد. قارچ‌کش پایه‌گیاهی روماک® با غلظت چهار در هزار ۸۰ تا ۸۹ درصد سوختگی گل را در گلخانه هشتگرد و ۶۲ تا ۶۹ درصد در گلخانه کرج کاهش داد. همچنین تعداد میوه‌های آلوده در بوته‌ها را ۷۵ تا ۸۳ درصد و درصد میوه‌های آلوده پس از دوره انبارداری حدود ۶۰ درصد کاهش داد. قارچ‌کش روماک با ماده موثر عصاره بنه یا پسته کوهی (*Pistacia atlantica* Desf.) متشکل از اسانس پایه آب با ترکیبات آلفا و بتا پینن (α–Pinene and β–Pinene) است. اثرات ضد قارچی این عصاره به اثبات رسیده که ناشی از فعالیت های ضد قارچی آلفا پینن به عنوان ترکیب اصلی است (Hesami *et al*., 2021). نتایج تحقیقات ویلسون و همکاران (1997) نشان داد، متداول‌ترین ترکیبات موجود در اسانس‌ها که فعالیت ضد قارچی بالایی دارند عبارتند از: دی‌لیمونن (D–limonene)، سینول (cineole)، بی‌میرسن (b–myrcene)، بی و آلفا پینن (α–pinene and β–pinene) و کامفور (camphor)، که بی و آلفا پینن در کنترل برخی گونه‌های مربوط به جنس‌های بوتریتیس و ریزوپوس (*Rhizopus* spp.) موفق بوده است.

قارچ‌کش زیستی سرناد® با غلظت پنج در هزار سوختگی گل را در گلخانه هشتگرد در مراحل مختلف ارزیابی از ۸۳ تا ۹۰ درصد و در گلخانه کرج ۵۵ تا ۷۵ درصد کاهش داد. کارایی این قارچ‌کش در کاهش درصد آلودگی میوه در بوته‌ها به قارچ *B. cinerea* حدود ۷۲ تا ۸۴ برآورد شد. همچنین درصد آلودگی میوه‌ها پس از دوره انبارداری ۵۵ تا ۷۶ درصد کاهش یافت. این قارچ‌کش زیستی نه‌تنها در کنترل بیماری‌های گیاهی ناشی از قارچ‌ها موفق بوده بلکه با خاصیت ایجاد مقاومت القایی گیاه و PGPR در پیشگیری از بیماری‌ها و افزایش عملکرد گیاه و محصول تاثیرگذار است. بطوری‌که این قارچ‌کش قادر به کنترل ۸۳ درصدی قارچ *Plasmodiophora brassicae* عامل بیماری ریشه‌گرزی کانولا بود. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که ژن‌های کدکننده مسیرهای اسید جاسمونیک (BnOPR2)، اتیلن (BnACO) و فنیل پروپانوئید (BnOPCL و BnCCR) در گیاهان تیمار شده با این قارچ‌کش زیستی نسبت به گیاهان شاهد به میزان ۳ تا ۲۳ برابر افزایش داشته است (Lahlali *et al*., 2013). سویه های متعلق به گونه *B. subtilis* از معروف‌ترین آنتاگونیست‌های

بیمارگرهای گیاهی هستند که به طور گسترده در سراسر دنیا مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. باسیلوس سوبتیلیس یک باکتری گرم مثبت، هوازی، مزوفیل و با توانایی تولید اندوسپور است (Govindasamy *et al*, 2010). این باکتری با تولید طیف وسیعی از ترکیبات ضد میکروبی (به خصوص آنتی‌بیوتیک‌ها) شامل *fengycin*، *iturins*، *surfactin* یک عامل توانمند در کنترل بیماری‌های مختلف گیاهی به شمار می‌رود (Stein, 2005; Baysal *et al.* 2013). نتایج تحقیقات یانگ و همکارن نشان داد که سویه BS061 با کتری *B. subtilis* به خوبی قادر به کنترل بیماری کپک خاکستری گوجه‌فرنگی و سفیدک پودری خیار گلخانه‌ای است (Kim *et al*., 2013).

تحقیق حاضر نشان داد که قارچ‌کش معدنی سراکوئینت قادر به کاهش ۷۱ تا ۷۷ درصدی و ۸۴ تا ۹۱ درصدی به ترتیب در گلخانه‌های کرج و هشتگرد بود. کارایی این قارچ‌کش در کاهش تعداد میوه‌های آلوده در بوته‌های توت‌فرنگی حدود ۷۲ تا ۸۳ درصد برآورد شد. از طرفی توانست درصد میوه‌های آلوده پس از دوره انبارداری را حدود ۶۷ درصد کاهش دهد. پتاسیم ماده ضروری است که در فرآیند های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی موثر است. نقش پتاسیم در کاهش اثرات سوء تنش های زیستی از جمله حمله آفات و بیمارگرها و تغییرات اقلیمی به اثبات رسیده است (Gao *et al*., 2013). ارزیابی فعالیت بازدارنده دو نمک کربنات پتاسیم و سوربات پتاسیم در مقایسه با قارچکش ها و اثر آن ها در رشد قارچ های بیماری زا ازجمله *Rhizoctonia solani*، *Fusarium oxysporum*، *Sclerotium rolfssi* و *Fusarium solani* در شرایط درون شیشه ای مورد مطالعه قرار گرفته و اثرات مهار کنندگی آن ها مشخص شد (Riad *et al*., 2013).

کنترل زراعی بیماری کپک خاکستری توت‌فرنگی، مانند حذف مواد گیاهی بیمار یا استفاده از ارقام متحمل که آلودگی کپک خاکستری را کاهش دهند، زمانی که بیماری در مزرعه و گلخانه با شدت زیاد گسترده است کارایی زیادی نداشته و ممکن است عملی نباشد. اگرچه چندین قارچ‌کش شیمیایی برای کنترل کپک خاکستری به ثبت رسیده است، اما اطلاعات محدودی در اثربخشی قارچ‌کش‌های مبتنی بر قارچ‌کش‌های زیستی، عصاره گیاهی و مواد شیمیایی پایه معدنی در توت‌فرنگی در دسترس است. کنترل بیماری‌های گیاهی بر این اساس نقش به سزایی در کاهش خطر مقاومت به قارچ‌کش‌های شیمیایی، دستیابی به کنترل مطلوب بیماری و حفظ سلامت محیط دارد. به این ترتیب، با توجه به نتایج بدست آمده و اهمیت تولید محصول سالم، قارچ‌کش‌های روماک® با غلظت ۴ در هزار، سرناد® با غلظت ۵ در هزار و سراکوئینت® با غلظت ۳ در هزار جهت کنترل بیماری کپک خاکستری توت‌فرنگی، به صورت محلول‌پاشی در مراحل تشکیل گل و هر ۷ روز یک بار قابل توصیه هستند.

سپاسگزاری

مقاله حاضر بخشی از نتایج پروژه مصوب شماره ۹۸۰۲۵۶ است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب قدردانی خود را از حمایت مالی موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور به عمل آورند.

References

Abd–Elkader, D.Y., Salem, M.Z., Komeil, D.A., Al–Huqail, A.A., Ali, H.M., Salah, A.H., Akrami, M. & Hassan, H.S. 2021. Post–harvest enhancing and *Botrytis cinerea* control of strawberry fruits using low cost and eco–friendly natural oils. Agronomy, 11(6): 1246.

Anonymous. 2022. Agricultural statistics 2021. Third volume, Information and Communication Technology Center, Agricultural Jihad Organization, 328 pp.

Anonymous. 2023. FRAC Code List© 2022. http://www.frac.info/publications/.

Bais, H.P., Fall, R. & Vivanco, J.M. 2004. Biocontrol of *Bacillus subtilis* against infection of Arabidopsis roots by *Pseudomonas syringae* is facilitated by biofilm formation and surfactin production. Plant physiology, 134(1): 307–319.

Baysal, Ö., Lai, D., Xu, H.H., Siragusa, M., Çalışkan, M., Carimi, F., Da Silva, J.A.T. & Tör, M. 2013. A proteomic approach provides new insights into the control of soil–borne plant pathogens by *Bacillus* species. PloS one, 8: e53182.

Beauregard, P.B., Chai, Y., Vlamakis, H., Losick, R. & Kolter, R. 2013. *Bacillus subtilis* biofilm induction by plant polysaccharides. Proceedings of the National Academy of Sciences 110: E1621–E1630.

Bi, Y., Jiang, H., Hausbeck, M.K. & Hao, J.J. 2012. Inhibitory effect of essential oils for controlling Phytophthora capsici. Plant Disease, 96: 797–803.

Callens D., Sarrazyn R. & Evens W. 2005. Signum, a new fungicide for control of leaf diseases in outdoor vegetables. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 70 (3): 199–207.

Calvo, H., Marco, P., Blanco, D., Oria, R. & Venturini, M.E. 2017. Potential of a new strain of *Bacillus amyloliquefaciens* BUZ–14 as a biocontrol agent of postharvest fruit diseases. Food microbiology, 63: 101–110.

Cantliffe, D.J., Castellanos, J.Z. & Paranjpe, A.V. 2007. Yield and quality of greenhouse–grown strawberries as affected by nitrogen level in coco coir and pine bark media. In Proc. Fla. State Hort. Soc. 120: 157–161.

Chen, Y., Yan, F., Chai, Y., Liu, H., Kolter, R., Losick, R., & Guo, J.H. 2013. Biocontrol of tomato wilt disease by Bacillus subtilis isolates from natural environments depends on conserved genes mediating biofilm formation. Environmental microbiology, 15: 848–864.

Dean, R., Van Kan, J.A., Pretorius, Z.A., Hammond-Kosack, K.E., Di Pietro, A., Spanu, P.D., Rudd, J.J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J. & Foster, G.D. 2012. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. Molecular plant pathology, 13(4): 414–430.

Farzaneh, M., Kiani, H., Sharifi, R., Reisi, M., & Hadian, J. 2015. Chemical composition and antifungal effects of three species of Satureja (*S. hortensis*, *S. spicigera*, and *S. khuzistanica*) essential oils on the main pathogens of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology, 109: 145–151.

Garcia, J.M., Herrera, S. & Morilla, A. 2011. Effect of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44(1): 30–33.

Gentili, E., Tarlazzi, S., Balzaretti, G., Romagnoli, C., Marchi, A., Manaresi, M. & Coatti, M. 2006. Boscalid plus pyraclostrobin based formulations for the control of fungal diseases on pome and stone fruits, strawberries and vegetables [Piedmont; Emilia–Romagna; Veneto]. Atti delle Giornate Fitopatologiche, 2: 35–40.

Govindasamy, V., Senthilkumar, M., Magheshwaran, V., Kumar, U., Bose, P., Sharma, V. & Annapurna, K. 2010. *Bacillus* and *Paenibacillus* spp.: potential PGPR for sustainable agriculture. In: Plant growth and health promoting bacteria. Springer Berlin Heidelberg, 333–364.

Hesami, G., Darvishi, S., Zarei, M. & Hadidi, M. 2021. Fabrication of chitosan nanoparticles incorporated with *Pistacia atlantica* subsp. *kurdica* hulls' essential oil as a potential antifungal preservative against strawberry grey mould. International Journal of Food Science & Technology, 56(9): 4215–4223.

Kim, Y.S., Song, J.G., Lee, I.K., Yeo, W.H. & Yun, B.S. 2013. *Bacillus* sp. BS061 suppresses powdery mildew and gray mold. Mycobiology, 41(2): 108–111.

Lahlali, R., Peng, G., Gossen, B.D., McGregor, L., Yu, F.Q., Hynes, R.K., Hwang, S.F., McDonald, M.R. & Boyetchko, S.M. 2013. Evidence that the biofungicide Serenade (*Bacillus subtilis*) suppresses clubroot on canola via antibiosis and induced host resistance. Phytopathology, 103(3): 245–254.

Liu, J., Sui, Y., Wisniewski, M., Droby, S. & Liu, Y. 2013. Utilization of antagonistic yeasts to manage postharvest fungal diseases of fruit. International journal of food microbiology, 167(2): 153–160.

Mari, M., Ugolini, L., Martini, C., Lazzeri, L. & D'Avino, L. 2014. Control of postharvest grey mould (*Botrytis cinerea* Per.: Fr.) on strawberries by glucosinolate–derived allyl–isothiocyanate treatments. Postharvest biology and technology, 90: 34–39.

Mass, J. 1998. Compendium of Strawberry Diseases. APS Press, St. Paul, MN, USA. Pp. 98.

Mertely, J.C., MacKenzie, S.J. & Legard, D.E. 2002. Timing of fungicide applications for *Botrytis cinerea* based on development stage of strawberry flowers and fruit. Plant disease, 86(9): 1019–1024.

Mo, E.K. & Sung, C.K. 2007. Phenylethyl alcohol (PEA) application slows fungal growth and maintains aroma in strawberry. Postharvest Biology and Technology, 45: 234–239.

Nam, M., Kim, H., Lee, W., Gleason, M.L. & Kim, H. 2011. Control efficacy of gray mold on strawberry fruits by timing of chemical and microbial fungicide applications. Korean Journal of Horticultural Science & Technology, 29(2): 151–155.

Naradisorn, M. 2021. Effect of ultraviolet irradiation on postharvest quality and composition of foods. In Food losses, sustainable postharvest and food technologies (Pp. 255–279), Academic Press.

Newman, T.E. & Derbyshire, M.C. 2020. The Evolutionary and Molecular Features of Broad Host–Range Necrotrophy in Plant Pathogenic Fungi. Frontiers in Plant Science, 11: 591733.

Petrasch, S., Knapp, S.J., Van Kan, J.A. & Blanco-Ulate, B. 2019. Grey mould of strawberry, a devastating disease caused by the ubiquitous necrotrophic fungal pathogen *Botrytis cinerea*. Molecular plant pathology, 20(6): 877–892.

Rahmani, A. & Hakimi, Y. 2022. Integrated Management of Grape Gray Mold Disease Agent *Botrytis cinerea* in Vitro and Post–harvest. Erwerbs–Obstbau, 1–10.

Salazar, B., Ortiz, A., Keswani, C., Minkina, T., Mandzhieva, S., Pratap Singh, S., Rekadwad, B., Borriss, R., Jain, A., Singh, H.B. and Sansinenea, E., 2022. *Bacillus* spp. as bio–factories for antifungal secondary metabolites: Innovation beyond whole organism formulations. Microbial Ecology, 1–24.

Sarwar, A., Hassan, M.N., Imran, M., Iqbal, M., Majeed, S., Brader, G., Sessitsch, A. & Hafeez, F.Y., 2018. Biocontrol activity of surfactin A purified from *Bacillus* NH–100 and NH–217 against rice bakanae disease. Microbiological research, 209: 1–13.

Silva, O.C., Santos, H. A. A., Dalla Pria, M. & May–De Mio, L.L. 2011. Potassium phosphite for control of downy mildew of soybean. Crop Protection, 30(6): 598–604.

Sharifi, K. 2021. Chemical control of strawberry gray mold disease. Iranian Research Institute of Plant Protection. Technical instructions, https://agrilib.areeo.ac.ir/book_9495.pdf, Pp 9.

Sharma, R.R. & Sharma, V.P. 2004. Plant growth and albinism disorder in different strawberry cultivars under Delhi conditions. Indian Journal of Horticulture, 61(1): 92–93.

Stein, T. 2005. *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. Molecular Microbiology 56: 845–857.

Sutton, J.C., 1998. Botrytis fruit rot (gray mold) and blossom blight. In: Maas, J.L. (Ed.), Compendium of Strawberry Diseases. 2nd ed. APS Press, St. Paul, MN, 28–31.

Tsokou, A., Georgopoulou, K., Melliou, E., Magiatis, P. & Tsitsa, E. 2007. Composition and enantiomeric analysis of the essential oil of the fruits and the leaves of *Pistacia vera* from Greece. Molecules, 12(6):1233–1239.

Wang, F., Xiao, J., Zhang, Y., Li, R., Liu, L. & Deng, J. 2021. Biocontrol ability and action mechanism of *Bacillus halotolerans* against *Botrytis cinerea* causing grey mould in postharvest strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology, 174: 111456.

Wedge, D.E., Smith, B.J., Quebedeaux, J.P. & Constantin, R.J. 2007. Fungicide management strategies for control of strawberry fruit rot diseases in Louisiana and Mississippi. Crop Protection, 26(9): 1449–1458.

Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P. & Van Kan, J.A. 2007. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. Molecular plant pathology, 8(5): 561–580.

Wilson, C.L., Solar, J.M., El Ghaouth, A. & Wisniewski, M.E. 1997. Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. Plant disease, 81(2): 204–210.

Wisniewski, M., Droby, S., Norelli, J., Liu, J. & Schena, L. 2016. Alternative management technologies for postharvest disease control: The journey from simplicity to complexity. Postharvest Biology and Technology, 122: 3–10.

Zhang, N., Wu, K., He, X., Li, S.Q., Zhang, Z.H., Shen, B., Yang, X.M., Zhang, R.F., Huang, Q.W. & Shen, Q.R. 2011. A new bioorganic fertilizer can effectively control banana wilt by strong colonization with *Bacillus subtilis* N11. Plant and Soil, 344: 87–97.

Biological and chemical control of strawberry gray mold disease in greenhouse

Kasra Sharifi[1], Shahram Naeimi[2]

1., 2. Assistant Professor, Associate professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Corresponding author: Kasra Sharifi, email: kasharifi@yahoo.com

Received: May., 31, 2023 10(1) 155–167 Accepted: Jul., 15, 2023

Abstract

Strawberry gray mold caused by *Botrytis cinerea* Pers.: Fr. is one of the most important diseases of in humid conditions. In this research, the effect of commercial fungicides Roomak® with the active ingredient of pistachio essential oil (*Pistacia atlantica* Desf.) with the concentrations of 3, 4 and 5; Serenade® containing *Bacillus subtilis* QST 713 bacteria with the concentrations of 3, 5 and 7, and CeraQuint® with active ingredients copper sulfate and potassium phosphite with concentrations of 2.5, 3 and 3.5, were evaluated in the suppression of gray mold in comparison with the Signum® (boscalid+pyraclostrobin). The experiments were carried out in a complete randomized blocks design with 11 treatments and four replications under the greenhouse conditions. The treatments were applied at the bloom formation time and once every 7–10 days in three stages. The effect of the treatments was evaluated according to percentage of blossom blight and number of infected fruits in the plants and the percentage of infected fruits after storage condition. The results showed that Signum® is the most effective treatment in reducing blossom blight, the number of infected fruits and the percentage of infected fruits in different evaluation stages. Fungicides: Roomak® (4/1000), Serenade® (5/1000) and CeraQuint® (3/1000), reduced the number of infected fruits about 74.9–83.2, 71.6–83.6 and 72.1–82.6 percentage, respectively. The efficiency of these treatments was estimated as 57.9, 54.3, and 66.7% in the reduction of the percentage of infected fruits after harvesting, respectively. The evaluation of the effect of mentioned treatments on blossom blight, showed that the disease was reduced by 62.5–89.3, 54.90–90.5 and 71.4–91.5, respectively. In this way, the use of Romak®, Serenad® and Seraquint® fungicides is effective to control of strawberry gray mold disease, in flowering stages and once every seven days and have fewer disadvantageous effects on health and the environment, compared to chemical fungicides.

Keywords: Blossom blight, fruit rot, plant extract, mineral fungicide