فصلنامه گیاه‌پزشکی
دانشگاه آزاد اسلامی شیراز
۱۴۷-۱۶۲ : (۲) ۹ - ۱۳۹۷

ارزیابی فعالیت ضدقارچی اسانس دارچین بر کنترل قارچ فوزاریوم سولانی تحت شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای

هادی سالک معراجی [۱*]، اکرم حاتمی [۲]، سعید حزبئی‌پور [۲]، محمدجواد زارع [۳]، خشنود نوراللهی [۴]

(۱)(*) گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان. h.salek228@gmail.com
(۲) گروه زراعت و اصلاح نباتات، داتشگاه زنجان.
(۳) گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ایلام.
(۴) گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه ایلام.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۵ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۸/۰۲/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اسانس دارچین بر مهار قارچ *Fusarium solani*، آزمایشی به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار تحت شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای اجرا گردید. آزمایش اول اثر پنج غلظت اسانس دارچین (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون) بر مهار قارچ در شرایط آزمایشگاهی و آزمایش دوم شامل سه روش کاربرد اسانس (محلول‌پاشی، پیش‌تیمار کردن بذر و نشاء و کاربرد اسانس همراه با آب آبیاری) در غلظت‌های مورد نظر بر کنترل قارچ نامبرده روی گیاه گوجه‌فرنگی تحت شرایط گلخانه‌ای بود. اسانس دارچین در شرایط آزمایشگاهی رشد قارچ را به طور کامل در همه غلظت‌ها کنترل کرد. نتایج نشان داد که کاربرد اسانس همراه با آب آبیاری با ۵۸/۳۳ درصد بازدارندگی، بیشترین تأثیر را در کنترل بیماری داشت. حداکثر مهار از رشد قارچ (۵۴/۱۶ درصد) به روش پیش‌تیمار کردن، در غلظت ۲۰۰۰ قسمت در میلیون اسانس حاصل شد. بیشترین درصد بقاء بوته‌ها به‌روش محلول‌پاشی اسانس، با ۳۷/۴۸ درصد، در غلظت ۱۵۰۰ مشاهده گردید ولی در غلظت ۲۰۰۰ قسمت در میلیون، محلول‌پاشی موجب گیاه‌سوزی شد. با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، کاربرد اسانس دارچین همراه با آب آبیاری می‌تواند به‌عنوان روشی مناسب جهت مهار زیستی قارچ *F. solani* باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، محلول‌پاشی، پیش‌تیمار کردن، مهار قارچ.

۱. مقدمه

سالیانه، بخش عمده‌ای از محصولات کشاورزی در اثر حمله آفات، بیماری و علفهای هرز خسارت می‌بینند. قارچ‌های بیماری‌زا به تنهایی عامل کاهش ۲۰ درصدی عملکرد محصولات کشاورزی هستند (Agrios, 2005).

جنس فوزاریوم از مهمترین قارچ‌های خاک‌زیست است که گونه‌های مختلف آن در سراسر دنیا انتشار داشته (Jutta *et al.*, 2006) و طیف وسیعی از بیماری‌ها را در گیاهان موجب می‌شوند (Nelson *et al.*, 1981). انتشار گسترده گونه‌های فوزاریوم مربوط به توانایی رشد آنها روی دامنه وسیعی از مواد مختلف، داشتن مکانیسم‌های مختلف برای انتشار و همچنین قدرت دوام و بقای طولانی در شرایط نامناسب می‌باشد (Burgess, 1981). گونه‌های این جنس به اشکال مختلف کلامیدوسپور در خاک، بافت و یا ریسه‌های فعال و غیرفعال در بقایای میزبان و مواد آلی وجود دارند (Summerell *et al.*, 2003). بعضی از گونه‌های این قارچ ده‌ها سال در خاک دوام آورده و پس از دسترسی به میزبان اصلی، آن‌ها را آلوده می‌سازند (Nelson *et al.*, 1983).

بیماری پژمردگی فوزاریومی توسط گونه‌های مختلف فوزاریوم در گیاهان مختلف ایجاد خسارت می‌کند. یکی از این گونه‌ها که به گیاهان خانواده سیب‌زمینی(solanaseae) خسارت زیادی وارد می‌کند قارچ *Fusarium solani* می‌باشد (Masoko, 2007). این قارچ خاک‌زیست(soil borne) بوده و پراکنش جهانی دارد و دارای تعداد زیادی میزبان از ۶۶ تیره گیاهی است (Luginbuhl, 2010). قارچ بیماری‌زای *F. solani* بیمارگر بسیاری از گیاهان بوده (Luginbuhl, 2010) و استفاده از ارقام مقاوم و قارچ‌کش‌ها به عنوان راه‌های اصلی مبارزه با این قارچ معرفی شده است (Wegulo *et al.*, 2011).

ماندگاری بالای بسیاری از آفت‌کش‌ها در طبیعت موجب آلودگی محیط زیست شده و باقیمانده آنها در محصولات کشاورزی سلامت غذایی را تهدید می‌کند. علاوه بر این، در پاره‌ای از موارد باعث بروز مقاومت در برابر این ترکیبات شده که در نهایت سبب می‌شود کارایی این آفت‌کش‌ها از بین برود. در سال‌های اخیر، به‌دلیل بروز مشکلات ناشی از مصرف سموم شیمیایی بر سلامت انسان و محیط‌زیست، گرایش زیادی به استفاده از پتانسیل بالقوه ترکیب‌های زیستی در کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز ایجاد شده (De Rodriguez, 2005) و موجب گردیده تا پژوهش‌گران بخش کشاورزی در صدد بهره‌گیری هر چه بیشتر از ترکیبات زیستی گیاهان دارویی برآیند (Natanzian Ghahfarokhi *et al.*, 2008). پژوهش‌های متعددی نشان داده که برخی از ترکیبات گیاهی قادر به کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی بوده و یا حداقل می‌تواند به‌عنوان الگویی در ساخت ترکیبات جدید آفت‌کش‌ها مورد استفاده قرار گیرند (Amadioha, 2000). در این راستا پژوهش‌گران زیادی به مطالعه اثرات ضد باکتریایی، ضد قارچی و حشره‌کشی اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی پرداخته‌اند (Alam *et al.*, 2007; Muzemu *et al.*, 2011; Asowata-Ayodele *et al.*, 2016; Gakuubi *et al.*, 2017). شواهد حاکی از آن است که بسیاری از اسانس‌های گیاهی دارای اثرات بازدارندگی قابل توجهی بر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا هستند (Marino *et al.*, 2001).

گزارش گردیده که عصاره دارچین، آویشن و میخک اثر ضد قارچی داشته و سبب بازدارندگی از رشد قارچ گونه‌های مختلف فوزاریوم می‌شود (Ćosić *et al.*, 2010). *جلاندر و همکاران* (Jalander *et al.*, 2012) گزارش کردند که عصاره گونه‌های مختلف گیاه داتوره بر رشد قارچ *F. solani* و *Alternaria solani* اثر بازدارندگی دارد. اسانس و عصاره یک گونه گیاه بر قارچ‌های مختلف بیماری‌زا اثرات متفاوتی می‌گذارد (Jalander *et al.*, 2012). در آزمایشی گزارش گردید که عصاره بومادران بر قارچ *Rhizoctonia solani* و *F. oxysporum* اثر بازدارندگی داشته و با افزایش غلظت درصد بازدارندگی افزایش می‌یابد (Dababneh and Khalil, 2007). گزارش گردیده که در مهار

قارچ *F. geraminearum* اسانس مرزه نسبت به اسانس آویشن شیرازی از بازدارندگی بیشتری برخوردار است (Lahooji *et al.*, 2010). اثر بازدارندگی اسانس گیاه دارویی بادرنجبویه، مرزه و اوکالیپتوس بر کنترل قارچ *F. oxysporum* نیز گزارش گردیده است (Kohanmoo and Jamali, 2013: Tavalaei *et al.*, 2012). در تحقیقی دیگر اثر عصاره آبی، الکلی و فنلی دانه سورگوم بر قارچ *F. solani* و *F. poae* آزمایش و گزارش گردید که اثر ضد قارچی اسانس علاوه بر غلظت، به نوع گونه قارچ نیز بستگی دارد (Ataei Azimi *et al.*, 2007).

گزارش گردیده که در مهار قارچ *F. solani* عصاره میخک نسبت به زنجبیل بازدارنده قوی‌تری است (Dwivedi *et al.*, 2012). همچنین اثر بازدارندگی اسانس ریحان بر قارچ *F. solani* نیز بسیار مؤثر گزارش شده است (Joseph *et al.*, 2008). در آزمایشی *بهاردواج* (۲۰۱۲) اثر چند عصاره گیاهی را بر قارچ بیماری‌زای *F. solani* انجام و گزارش نمود که عصاره ترکیبی برگ حنا و ساقه آکاسیا نسبت به کاربرد جداگانه عصاره‌ها اثر بازدارندگی بیشتری بر رشد میسیلیوم قارچ *F. solani* داشت (Bhardwaj, 2012). همچنین گزارش شده که اثر ترکیبی اسانس اسطوخودوس و مرزه نسبت به کاربرد جداگانه آنها از بازدارندگی بیشتری برخوردار است (Salek Mearaji *et al.*, 2015).

تا کنون تنها در حدود ۲۰ درصد از گیاهان شناخته شده در این گونه آزمون‌های زیستی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Sufferdini *et al.*, 2004). بیش از ۱۰ هزار متابولیت ثانویه طبیعی با وزن مولکولی پایین توسط گیاهان تولید می‌شود (Dixon, 2001) که مقدار و نوع آن به شرایط محیطی و جغرافیایی محل رویش بستگی دارد (Azlan et al., 2003). دارچین درختی است همیشه سبز به ارتفاع ۱۵-۱۰ متر از خانواده برگ بو[1] که بومی سریلانکا و جنوب هند می‌باشد. عطر و طعم آن به علت وجود ترکیبات موجود در اسانس است که در مجموع ۵/. تا ۱ درصد آن را تشکیل می‌دهد. ترکیب‌های عمده و اصلی موجود دارچین سینامیک اسید، سینامالدئید، و سینامات است. از دیگر ترکیب‌های موجود در آن می‌توان به آل بورنیل، کاریوفیلن، الفا توجن اشاره نمود. دارچین دارای خواص آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد دیابت، ضد التهابی و ضد درد می‌باشد (Matan *et al.*, 2006). از آنجا که اکثر پژوهش‌گران اثر ضد میکروبی اسانس‌های گیاهی را در شرایط آزمایشگاهی مورد آزمایش قرار داده و نتایج آن را گزارش می‌نمایند، این آزمایش با هدف بررسی اثر اسانس دارچین بر مهار قارچ *F. solani* در شرایط آزمایشگاهی و نیز کاربرد روش‌های مختلف اسانس بر مهار قارچ *F. solani* تحت شرایط گلخانه‌ای بر روی گیاه گوجه‌فرنگی طراحی و اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

* آزمایش اول: تست اثر ضد قارچی اسانس دارچین درون آزمایشگاه (In Vitro)

به‌منظور بررسی اثر ضد قارچی اسانس دارچین، ابتدا آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار تحت شرایط آزمایشگاه طراحی گردید. تیمارهای آزمایش شامل پنج غلظت اسانس (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون[2]) بود. بدین منظور، ابتدا پوست خشک دارچین تهیه و پس از آسیاب کردن و اسانس‌گیری (روش تقطیر با بخار آب) توسط دستگاه کلونجر[3]، به‌کمک دستگاه کروماتوگرافی گازی[4] و

[1] Lauraceae
[2] Part Per Million (PPM)
[3] Clevenger
[4] Gas Chromatography (GC), (Model Thermo-UFM (Ultera Fast Model).Made in Thermo Co. ITALY)

کروماتوگراف گازی متصل به طیف نگار جرمی[1] ترکیبات آن مورد تجزیه قرار گرفت. اسانس مورد نظر توسط توئین ۲۰[2] (۰/۰۵ درصد) رقیق‌سازی و سپس با محیط کشت جامد سیب‌زمینی دکستروز آگار[3] اختلاط داده شد. پرگنه‌هایی از قارچ خالص‌سازی شده توسط چوب‌پنبه سوراخ کن[4] (به قطر ۵ میلی‌متر) جدا و درون پتری دیش قرار داده شد. پتری‌ها درون انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری و تا زمانی که پتری‌های شاهد به طور کامل توسط قارچ پوشانده شود، آزمایش ادامه یافت. پس از اتمام آزمایش درصد بازدارندگی غلظت‌های مختلف اسانس با استفاده از فرمول *ابوت*(۱۹۲۵)[5] محاسبه گردید:

$$IP = \frac{C - T}{C} \times 100$$

IP = درصد بازدارندگی

C = میانگین قطر هاله قارچ در تیمار شاهد

T = میانگین قطر هاله قارچ در تیمار مورد نظر

*** آزمایش دوم: کاربرد روش‌های مختلف اسانس در شرایط گلخانه (In- vivo)**

به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف کاربرد اسانس دارچین بر کنترل بیماری *F. solani*، آزمایشی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار تحت شرایط گلخانه‌ای انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه روش کاربرد اسانس (محلول‌پاشی، پیش‌تیمار کردن بذر و نشاء و کاربرد اسانس همراه با آب آبیاری) در پنج غلظت (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون) بود. بدین منظور، ابتدا قارچ عامل بیماری‌زا از بوته‌های آلوده گیاه گوجه‌فرنگی جدا گردید و پس از انتقال به آزمایشگاه بیماری‌شناسی، قارچ مورد نظر جداسازی و روی محیط کشت سیب‌زمینی دکستروز آگار کشت و سپس به روش تک اسپور خالص‌سازی شد. پس از خالص‌سازی، مایه تلقیحی از قارچ مورد نظر تهیه و به گلدان‌های کشت اضافه گردید. بدین منظور ابتدا پنج کیلوگرم بذر گندم شست‌وشو سپس پنج لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای معمولی اتاق قرار داده شد تا بذور کاملاً آب جذب کرده و آماس پیدا کنند. پس از گذشت زمان مورد نظر، بذور آماس یافته داخل اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا کاملاً استریل شوند. پس از اتوکلاو شدن بذور به آن محیط کشت اضافه و مخلوط گردید تا با دانه‌های گندم آغشته گردد. سپس پرگنه‌هایی از قارچ *F. solani* خالص سازی شده به داخل ظروف حاوی بذور اضافه و هر دو روز یک بار بهم زده شد تا قارچ کاملاً روی دانه‌های گندم شده و رشد نماید. پس از گذشت دو هفته، به مقدار ۵۰ گرم از مایه تلقیح آماده شده به گلدان‌ها اضافه و بلافاصله کشت نشاءها انجام گردید.

به‌منظور تهیه نشاءها، ابتدا بذور گوجه‌فرنگی ضدعفونی سطحی شدند به این ترتیب که ابتدا بذور سه مرتبه با آب مقطر شست‌وشو سپس در الکل ۷۰ درصد به مدت ۳۰ ثانیه و هیپوکلریت سدیم ۰/۲ درصد به مدت دو دقیقه

---

[1] Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC/MS), (Model Varian Star-3400 cx. J&W Scientific Inc.,Rancho Cordova, CA, USA.)
[2] Tween 20
[3] Potato Dextrose Agar (PDA)
[4] corck borer
[5] Abbott formula, 1925
[6] priming

ضدعفونی شدند و در نهایت سه مرتبه با آب مقطر استریل شست و شو گردیدند. بذور ضد عفونی شده در داخل سینی‌های نشاء حاوی مخلوطی از کوکوپیت و پرلیت استریل شده کشت گردید تا رشد نماید. زمانی که ارتفاع نشاءها به ۲۰ سانتیمتر رسید (مرحله ۵ برگی) جهت کشت در داخل گلدان‌ها مورد استفاده قرار گرفت. ارتفاع و قطر دهانه گلدان‌های مورد استفاده در این آزمایش به ترتیب ۲۱ و ۲۳ سانتی‌متر با گنجایش پنج کیلوگرم بود. گلدان‌ها نیز قبل از استفاده با هیپوکلریت سدیم و الکل ۱۰ درصد ضدعفونی شدند و سپس با آب استریل شده شست‌و شو داده شدند تا اثرات هیپوکلریت سدیم و الکل کاملاً از بین برود. جهت از بین بردن خطای عدم استقرار نشاءهای تازه کشت شده در داخل هر گلدان ۱۵ بوته گوجه‌فرنگی نشاء گردید که پس از اطمینان یافتن از استقرار کامل بوته‌ها، گلدان‌ها تنک شدند و در نهایت ۱۰ بوته در داخل هر گلدان نگهداری و تیمارها اعمال گردیدند.

به‌منظور پیش‌تیمارکردن نشاءها با اسانس مورد نظر، غلظت‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون از اسانس با توئین ۲۰ (۰/۰۵ درصد) رقیق و قبل از انتقال نشاءها به داخل گلدان‌ها ریشه آنها مدت دو ساعت داخل اسانس قرار گرفت و سپس کشت گردید. اعمال تیمار محلول‌پاشی روی بوته‌ها با غلظت‌های مورد نظر در دو نوبت انجام شد. نوبت اول دو روز پس از کشت نشاءها و مرحله دوم یک هفته پس از انجام نوبت اول صورت پذیرفت. اعمال تیمار کاربرد اسانس همراه با آب آبیاری نیز همانند تیمار محلول‌پاشی در دو نوبت انجام شد. نوبت اول دو روز پس از کشت نشاء و نوبت دوم یک هفته پس از اعمال نوبت اول انجام شد. تیمارهای کنترل شامل شاهد با قارچ و شاهد بدون قارچ بود. شاهد بدون قارچ بیماری‌زا جهت بررسی تعداد بوته‌های سالم در شرایط بدون بیماری در نظر گرفته شده بود. تیمار شاهد حاوی قارچ بیماری‌زا نیز به دو منظور در نظر گرفته شده بود. یکی به منظور مشاهده اثر گذاری عامل بیماری‌زایی بر روی بوته‌ها و دیگری جهت تعیین زمان اتمام آزمایش در نظر گرفته شده بود. آزمایش تا زمانی ادامه پیدا کرد که بوته‌های تیمار شاهد حاوی قارچ بیماری‌زا به طور کلی توسط قارچ خشک شوند (پس از گذشت ۳۲ روز). پس از آن آزمایش متوقف گردید و تعداد بوته‌های سالم شمارش گردید. به منظور اطمینان از خشک شدن بوته‌ها در نتیجه قارچ، بوته‌هایی از هر تیمار به صورت تصادفی انتخاب و در داخل آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. آزمون مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD, P≤0/05) توسط نرم افزار SAS ver. 9.1 مورد تجزیه قرار گرفت. رسم گراف‌ها و نمودارها نیز به کمک نرم‌افزار Excel انجام گردید.

۳. نتایج و بحث

* نتایج تجزیه ترکیبات تشکیل دهنده اسانس مورد استفاده

نتایج شناسایی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس توسط دستگاه کروماتوگراف گازی متصل به طیف نگار جرمی (GC/MS) در جدول (۱) آمده است. سینامالدئید و سینامیل استات به ترتیب با ۷۸/۱۰ و ۶/۲۳ درصد عمده‌ترین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس دارچین بود (جدول ۱). ترکیبات اصلی تشکیل دهنده اسانس دارچین سینامیک اسید، سینامالدئید و سینامات است. از دیگر ترکیب‌های موجود در آن می‌توان به آل بورنیل، کاریوفیلن، الفا توجن اشاره نمود (Zhang *et al.*, 2016). پژوهش‌گران فعالیت ضد میکروبی اسانس دارچین را به حضور سینامالدئید در ترکیب آن نسبت داده‌اند (El-Baroty *et al.*, 2010 ; Tajkarimi *et al.*, 2010; He *et al.*, 2005; Bang *et al.*, 2000).

جدول ۱. ترکیبات شناسایی شده اسانس دارچین توسط دستگاه کروماتوگراف گازی متصل به طیف نگار جرمی (GC/MS)

Table 1. Determined Compounds of cinnamon by Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC/MS) in used of essential oils

Identified of Compounds essential oil	Percentage of Compounds essential oil
terpinen-4-ol	0.41
1,8- cineole	0.61
Linalool	3.64
- terpineolα	0.70
Caryophyllene	3.26
Cinnamaldehyde	78.10
Eugenol	4.27
Cinnamyl acetate	6.23
Coumarin	0.69
Unknown Compounds	2.1
Total	**100**

نتایج آزمایش اول: تست اثر ضد قارچی اسانس دارچین درون آزمایشگاه (In Vitro)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر غلظت‌های اسانس در مهار قارچ *F. solani* بود (جدول ۲) اسانس دارچین توانست در همه غلظت‌های به کار برده شده (۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون) از رشد قارچ به طور کامل (۱۰۰ درصد) جلوگیری نماید (شکل ۱ و ۳).

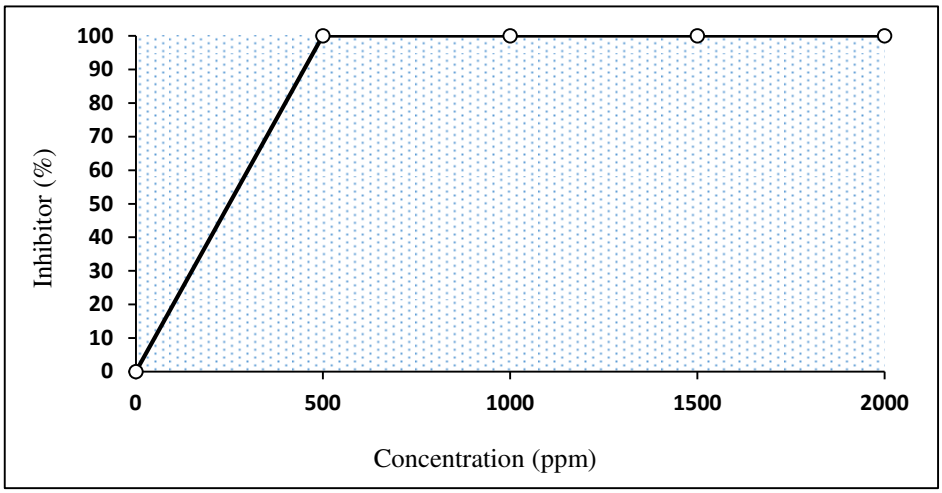
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس غلظت‌های مختلف اسانس دارچین در مهار قارچ F. solani تحت شرایط آزمایشگاهی

Table 2. The results of variance analysis of different concentrations of cinnamon essential oil in inhibitor of *F. solani* fungi under in vitro conditions

Source of Variable	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value
Treatment	4	8000	2000	2.91**
Error	15	0.01	0.0001	---
Total	19	8000		

فعالیت بازدارندگی اسانس دارچین از رشد قارچ‌ها ممکن است به سینامالدئید موجود در آن مربوط باشد که بازدارنده ویژه‌ای برای آنزیم‌هایی همچون بی (۱،۳) گلوکان سینتاز[1] است که در بیوسنتز کتین[2] و بی-گلوکانس[3] دیواره سلولی شرکت می‌کند (Gill and Holly, 2004; Inouye *et al.*, 2000). سینامالدئید مانع از فعالیت اسید آمینه دی‌کربوکسیلاز شده و به شدت الکترومنفی است. چنین ترکیبات الکترومنفی با فرآیندهای بیولوژیکی دخیل در انتقال الکترون تداخل دارند. بنابراین، می‌توانند با ترکیبات نیتروژن‌دار مانند پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک واکنش نشان دهند و از این طریق مانع از رشد میکروارگانیسم‌ها گردند (Gupta *et al.*, 2008). بنگ و همکاران (۲۰۰۲) معتقدند که سینامالدئید از سیستم ساخت دیواره سلولی قارچ‌ها از طریق واکنش با گروه سولفیدرو موجود در مکان فعالیت آنزیم‌ها جلوگیری می‌کند (Bang *et al.*, 2000). هرچند گفته‌اند که ممکن است اثر ضدقارچی اسانس‌ها به تک‌تک مواد وابسته نباشد بلکه ترکیبی از مواد موجود در اسانس بستگی داشته باشد (Ranasinghe *et al.*, 2002).

[1] B-(1,3)-glucansythase
[2] chitin
[3] B–glucans



شکل ۱. درصد بازدارندگی اسانس دارچین از رشد قارچ F. solani تحت شرایط آزمایشگاهی

Fig. 1. Inhibition percentage of cinnamon essential oil from growth of F. solani fungus under in vitro conditions

به‌طور کلی در مطالعات مختلف انجام شده روی فرآورده‌های دارچین فعالیت‌های ضد قارچی (Xing *et al.*, 2010) و ضد باکتریایی (Abbasi *et al.*, 2009) آن به اثبات رسیده است. گزارش گردیده که اسانس دارچین در غلظت ۸۰۰ میکرولیتر بر مهار قارچ‌های *F. graminearum* و *F. moniliforme* اثر بازدارندگی داشت و توانست از رشد هر دو قارچ به‌طور کامل جلوگیری نماید (Keshavarz and Taheri, 2015). *البارودی و همکاران* (۲۰۱۰) گزارش کردند که غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم اسانس دارچین می‌تواند به‌طور کامل از رشد قارچ‌های *Mucor heimalis*، *Penicillium notatum*، *Aspergillus niger* و *F. oxysporum* جلوگیری کند (El-Baroty *et al.*, 2010). عصاره پوست دارچین توانست از رشد قارچ *penicillium digitatum* به‌طور کامل جلوگیری نماید (Ghassan and Rasha, 2008). اسانس دارچین در غلظت ۵۰ و ۷۵ میکرولیتر در لیتر توانست رشد قارچ *p. digitatum* را به طور کامل مهار کند (Ghazei Motlagh *et al.*, 2014). نتایج حاصل از کاربرد اسانس دارچین نشان دهنده آن است که اسانس دارچین بازدارنده بسیار خوبی در مهار عوامل بیماری‌زا می‌باشد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

* نتایج آزمایش دوم: کاربرد روش‌های مختلف اسانس در شرایط گلخانه (In- vivo)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین روش‌های مختلف کاربرد اسانس و غلظت‌های مورد استفاده جهت کنترل بیماری قارچی *F. solani* در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۳). محلول‌پاشی اسانس دارچین روی گیاهان آلوده به قارچ *F. solani* تأثیر معنی‌داری بر زنده ماندن بوته‌ها داشت. با افزایش غلظت اسانس درصد بقاء بوته‌ها افزایش یافت. درصد بقای بوته‌ها در غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ قسمت در میلیون به ترتیب ۴/۱۶ و ۲۰/۸۳ درصد بود. در غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون به بالاترین مقدار خود (۳۷/۴۸ درصد) رسید. افزایش درصد مهار قارچ بیماری‌زای *F. solani* توسط اسانس در تحقیقات مختلفی اثبات گردیده است (Ataei Azimi *et al.*, 2007; Bhardwaj, 2012: Dwivedi *et al.*, 2012). محلول‌پاشی اسانس با غلظت ۲۰۰۰ قسمت در میلیون سبب گیاه سوزی شد و تمام اندام‌های هوایی بوته‌ها بر اثر گیاه‌سوزی از بین رفتند (جدول ۳). گزارش‌ها حاکی از آن است که استفاده از ترکیب‌های طبیعی گیاهان به‌عنوان سموم طبیعی در برخی موارد موجب گیاه‌سوزی می‌شود (Koul *et al.*, 2008). گیاه‌سوزی اسانس‌ها به علت اکسیده شدن هیدروکربن‌های غیر اشباع آنها بوده که تحت تأثیر

اشعه ماورای بنفش خورشید و در حضور اکسیژن صورت می‌گیرد (Attia *et al.*, 2013). به طور کلی اسانس‌ها به عنوان مولکول‌های حاوی اکسیژن و یون‌های منفی، دارای خواص ضد میکروبی و افزایش دهنده مقاومت سلول‌ها می‌باشد (Burt, 2004). القای مقاومت سیستمیک[1] در گیاهان، تجزیه شدن و عدم دسترسی قارچ‌ها به آب مورد نیاز جهت رشد در سطح اندام‌های گیاهان، از مکانیسم‌های شناخته شده اسانس‌ها در مهار بیماری‌ها می‌باشد (Burt, 2004). به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی اسانس از طریق القای مقاومت سیستمیک توانسته تحمل گیاه را در برابر عامل بیماری‌زا بالا ببرد و بقاء بوته‌ها را افزایش دهد.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس روش‌های مختلف کاربرد اسانس در مهار قارچ F. solani تحت شرایط گلخانه‌ای

Table 3. Results of data analysis of variance of different methods of application of cinnamon essential oil on inhibitor of F. solani fungus on tomato plants in greenhouse conditions

Source of Variable	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value
Treatment	13	125.21428	7.82589	21.05**
Block	3	14.5	0.37179	
Error	39	139.71428	0.0001	---
Total	55	426005.597	---	---

پیش‌تیمار کردن نشاءها با غلظت‌های مختلف اسانس سبب کاهش اثر بیماری‌زایی قارچ روی بوته‌ها گردید (شکل۴). در غلظت ۵۰۰ قسمت در میلیون از اسانس گیاه دارچین، میزان بوته‌های سالم ۲۰/۸۳ درصد بود. با افزایش غلظت اسانس درصد زنده بودن بوته‌ها نیز افزایش یافت به طوری که در غلظت ۲۰۰۰ قسمت در میلیون اسانس، درصد زنده‌مانی بوته‌ها به ۵۴/۱۶ درصد ارتقاء یافت (جدول ۴). هر چه قدر میزان غلظت اسانس جهت پیش تیمار کردن افزایش یافت به همان نسبت درصد بوته‌های سالم در شرایط حضور بیماری *F. solani* نیز افزایش پیدا کرد (جدول ۴). ضدعفونی کردن و پیش‌تیمار کردن بذور یکی از روش‌های متداول در کاهش خسارت عوامل بیماری‌زای گیاهی است. تاکنون گزارشی مبنی بر کاربرد ترکیب‌های طبیعی گیاهان به روش پیش‌تیمار کردن گیاه جهت کنترل بیماری‌های گیاهی اعلام نشده است.

کاربرد اسانس به روش آبیاری نتیجه مطلوب‌تری را نسبت به دو روش دیگر داشت. مطابق انتظار، با افزایش غلظت اسانس درصد زنده ماندن بوته‌های گوجه‌فرنگی در شرایط وجود بیماری *F. solani* افزایش یافت. کمترین و بیشترین بازدارندگی از خسارت قارچ روی بوته‌ها با ۳۷/۵ و ۵۸/۳۳ درصد به ترتیب در غلظت‌های ۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون مشاهده گردید (جدول ۴). اما در غلظت ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ قسمت در میلیون از اسانس گیاه دارچین درصد بوته‌های سالم یکسان بودند. *بهتوئی و همکاران* (۲۰۱۱) گزارش کردند که اضافه کردن اسانس دارچین به گیاهان نخود آلوده به قارچ *F. oxysporum* f. sp. *Ciceri* در شرایط گلخانه درصد بقاء بوته‌ها را افزایش داد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (Behtoei *et al.*, 2011). با کاربرد روش‌های مختلف اسانس گیاه دارچین روی گیاه گوجه‌فرنگی در حضور عامل بیماری زای *F. solani* مشخص گردید که در روش محلول‌پاشی، غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون از اسانس گیاه دارچین بهترین نتیجه را نسبت به دیگر غلظت‌های این روش داشت. در روش کاربرد اسانس همراه با آب آبیاری، غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون از اسانس گیاه دارچین نسبت به سایر غلظت‌های این روش از کارآیی بهتری روی درصد بقای بوته‌ها دارد (شکل ۴). در روش پیش‌تیمار کردن بذور و نشاء گوجه

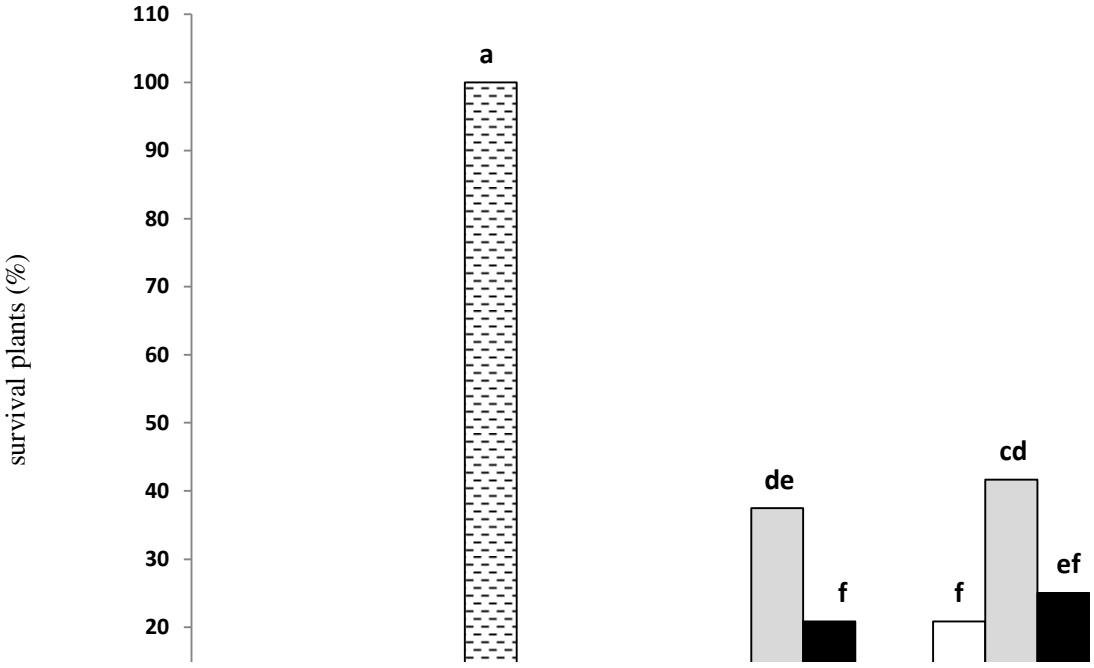
[1] Systemic Acquired Resistance (SAR)

فرنگی با اسانس مشخص گردیدکه کاربرد غلظت ۲۰۰۰ قسمت در میلیون از اسانس دارچین بهترین نتیجه را در مقایسه با غلظت‌های دیگر این روش دارا بود (شکل ۲).

جدول ۴. مقایسه میانگین روش‌های مختلف کاربرد اسانس دارچین در مهار قارچ F. solani تحت شرایط گلخانه‌ای

Table 4. Mean (±SE) Comparisons of variance of different methods of application of cinnamon essential oil on inhibitor of F. solani fungus in greenhouse conditions

Treatment	Concentration (ppm)			
	500	1000	1500	2000
Spray	4.16 ^{c}	20.83 ^{b}	37.48 a	0 ^{c}
Applied with irrigation	37.5 ^{b}	41.66 ^{bc}	58.33 ^{a}	58.33 ^{a}
Priming	20.8 ^{c}	25 ^{bc}	33.33 ^{b}	54.16 ^{a}

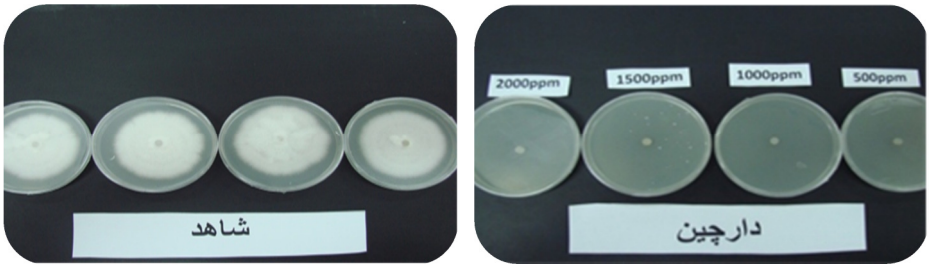


شکل ۲. مقایسه معنی‌داری روش‌های مختلف کاربرد اسانس دارچین بر مهار قارچ F. solani تحت شرایط گلخانه‌ای روی بوته‌های گیاه گوجه‌فرنگی.

Fig. 2. Mean (±SE) Comparisons of different methods of application of cinnamon essential oil on inhibitor of F. solani fungus on tomato plants in greenhouse conditions

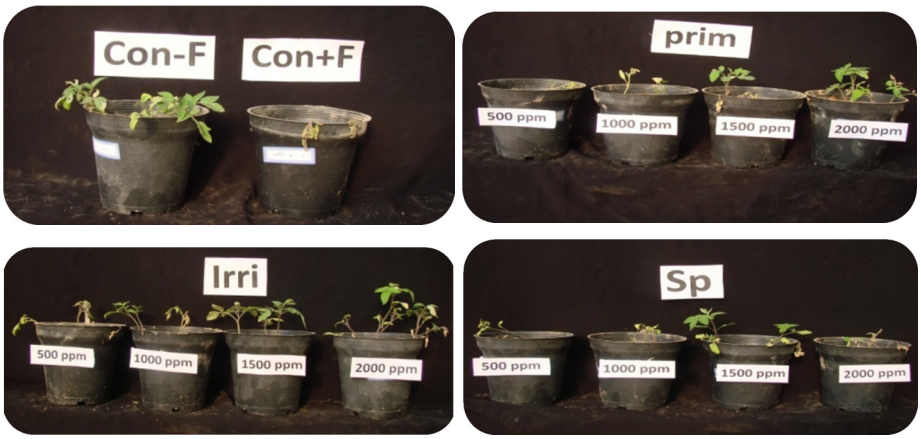
کاربرد اسانس دارچین به عنوان یک بازدارنده طبیعی همراه با آب آبیاری بهترین روش کنترل بیماری خاک‌زیست *F. solani* می‌باشد. تأثیر روش کاربرد اسانس همراه با آب آبیاری با افزایش غلظت اسانس تا ۱۵۰۰ قسمت در میلیون افزایش یافت. اما با افزایش غلظت اسانس از ۱۵۰۰ به ۲۰۰۰ قسمت در میلیون درصد بوته‌های سالم در حضور بیماری ثابت بود. اثر کاربرد اسانس به روش محلول‌پاشی روی بوته‌ها با افزایش غلظت اسانس از ۵۰۰ به ۱۵۰۰ قسمت در میلیون افزایش یافت. اما در غلظت ۲۰۰۰ قسمت در میلیون محلول‌پاشی اسانس موجب گیاه سوزی شد. نتایج تجزیه داده‌های روش پیش تیمار کردن بذر و نشاء با غلظت‌های مختلف اسانس گیاه دارچین قبل از کاشت نشان داد که هر چه غلظت بکار برده شده در روش پیش تیمار کردن افزایش یابد، درصد بوته‌های سالم در حضور بیماری نیز افزایش می‌یابد. مشخص گردید که کمترین درصد بوته‌های سالم در روش پیش‌تیمار کردن در غلظت ۵۰۰ و بیشترین درصد بوته‌های سالم در غلظت ۲۰۰۰ قسمت در میلیون بدست آمد (شکل ۲).

در این آزمایش رابطه مستقیمی بین افزایش غلظت و درصد بازدارندگی اسانس وجود داشت. ولی افزایش واحد مشخص به غلظت اسانس‌ها درصد بازدارندگی به همان نسبت افزایش نیافت یعنی نباید انتظار داشت که با دو برابر شدن غلظت اسانس درصد بازدارندگی نیز دو برابر گردد. نکته دیگر این است که نتایج بدست آمده در شرایط آزمایشگاهی و شرایط طبیعی بسیار می‌تواند متفاوت باشد و نمی‌توان تنها به نتایج آزمایشگاهی اکتفا کرد. با توجه به اینکه اسانس گیاه دارچین در شرایط آزمایشگاهی توانست در همه غلظت‌ها به طور کامل از رشد قارچ جلوگیری نماید اما در شرایط گلخانه‌ای نتایج مشابهی حاصل نگردید. با توجه به نتایج آزمایش کاربرد روش‌های مختلف کنترل بیماری می‌توان نتیجه‌گیری کرد که جهت کنترل بیماری‌های خاک‌زیست بکار بردن عامل بازدارنده (سموم) به نحوی که با محیط فعالیت عامل بیماری‌زا ارتباط مستقیم داشته باشد بسیار مفید خواهد بود. در صورت استفاده از اسانس دارچین به‌منظور مهار قارچ *F. solani*، روش کاربرد اسانس همراه با آب آبیاری مد نظر قرار گیرد. در صورتی که گیاه مورد نظر نشاءکاری می‌گردد بهتر است پیش‌تیمار کردن نشاء و بذر مد نظر باشد.



شکل ۳. اثر بازدارندگی اسانس دارچین بر قارچ F. solani تحت شرایط آزمایشگاهی

Fig. 3. The inhibitory effect of cinnamon essential oil on F. solani fungi under in vitro conditions



شکل ۴. اثر روش‌های مختلف کاربرد اسانس دارچین بر قارچ F. solani تحت شرایط گلخانه‌ای روی گیاه گوجه‌فرنگی (In- vitro). con+ = تیمار شاهد حاوی قارچ بیماری‌زا، con- = تیمار شاهد بدون وجود قارچ بیماری‌زا، Irri : کاربرد اسانس به روش آبیاری، prim : روش پیش‌تیمار کردن بذور و بوته‌های گوجه فرنگی با اسانس دارچین، Sp: روش محلول‌پاشی اسانس روی بوته‌ها.

Fig. 4. Effect of different methods of application of cinnamon essential oil on F. solani fungus under greenhouse conditions on tomato (in vitro). = con + = Control treatment containing fungi, con- = Control treatment without fungal disease, Irri= Application of essential oil by irrigation method, prim= priming of seeds and tomato plants with cinnamon essential oil, Sp= Spray of essential oil on plants

۴. منابع

Abbasi A.M., Khan M.A., Ahmad M., Zafar M., Khan H., Muhammad N. and Sultana S. 2009. Medicinal plants used for the treatment of jaundice and hepatitis based on socio-economic documentation. *African Journal of Biotechnology*. 8(8): 24-35.

Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol*, *18*(2), pp.265-267. Agrios, G.N., 2000. Significance of plant diseases. *Plant Pathology. Academic Press, London*, pp.25-37.

Agrios, G. 2005. Plant Pathology (5th Edition). Elsevier Academic press.

Alma, M.H., Ertas, M., Nitz, S. and Kollmannsberger, H., 2007. Chemical composition and content of essential oil from the bud of cultivated Turkish clove (Syzygium aromaticum L.). *BioResources*, *2*(2), pp.265-269.

Amadioha, A.C., 2000. Controlling rice blast in vitro and in vivo with extracts of *Azadirachta indica*. *Crop Protection*, *19*(5), pp.287-290.

Asowata-Ayodele, A.M., Otunola, G.A. and Afolayan, A.J., 2016. Assessment of the polyphenolic content, free radical scavenging, anti-inflammatory, and antimicrobial activities of acetone and aqueous extracts of Lippia javanica (Burm. F.) Spreng. *Pharmacognosy magazine*, *12*(3): 353p.

Ataei Azimi, A., Delnavaz Hashemloian, B. and Mansoorghanaei, A., 2007. Antifungal Effects of Water, Alcoholic and Phenolic Extracts of Seeds and Leaves of Sorghum bicolor (L.) Moench on Fusarium solani and F. poae. *Journal of Medicinal Plants*, 1(21):26-32.

Attia, S., Grissa, K.L., Lognay, G., Bitume, E., Hance, T. and Mailleux, A.C., 2013. A review of the major biological approaches to control the worldwide pest Tetranychus urticae (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. *Journal of Pest Science*, *86*(3): 361-386.

Azlan, G.J., Modzali, M., and Johari, R. 2003. Accumulation of Physalin in cell and tissues of *Physalis minimal*. L. WOCAMP Congress on Medicinal and Aromatic Plant.

Bang K.H., Lee D.W., Park H.M., and Rhee YH. 2000. Inhibition of fungal cell wall synthesizing enzymes by trans-cinnamaldeyyde. *Bioscience,Biotechnology, Biochemistry* , 64: 1061-1063.

Behtoei, H., Amini J., Javadi, T., Sadeghi, A. 2011. Evaluation of antifungal activity of some plant essential oils and chemical fungicides in control of *Fusarium* wilt in some plants. A Thesis Submitted for the Degree of M.Sc. in Plant Pathology. University of Kurdistan. Bhardwaj, S.K., 2012. Evaluation of Plant Extracts as Antifungal Agents Against Fusarium solani(Mart.) Sacc. *World Journal of Agricultural Sciences*, *8*(4), pp.385-388.

Burgess, L.W. 1981. General ecology of the fusaria, p. 225–235. *In*: P.E. Nelson, T.A. Toussoun & R.J. Cook (eds). *Fusarium*: diseases, biology, and taxonomy. P*ennsylvania State University Press*, University Park.

Ćosić, J., Vrandečić, K., Poštić, J., Jurković, D. and Ravlić, M., 2010. In vitro antifungal activity of essential oils on growth of phytopathogenic fungi. *Poljoprivreda (Osijek)*, *16*(2), pp.25-28.

Dababneh, B.F. and Khalil, A., 2007. The inhibitory effect of extracts from Jordanian medicinal plants against phytopathogenic fungi. *Plant Pathology Journal*.

De Rodrıguez, D.J., Hernández-Castillo, D., Rodrıguez-Garcıa, R. and Angulo-Sánchez, J.L., 2005. Antifungal activity in vitro of Aloe vera pulp and liquid fraction against plant pathogenic fungi. *Industrial Crops and Products*, *21*(1), pp.81-87.

Dixon, R.A. 2001. Natural products and plant disease resistance. Nature (London), 411: 843-847.

Dwivedi, S.K. and Dwivedi, N., 2012. Antifungal activity of some plant extracts against guava wilt pathogen. *International Journal of Environmental Sciences*, *3*(1), pp.412-420.

El-Baroty G.S., El-Baky H.H., Farag R.S., and Saleh M.A. 2010. Characterization of antioxidant and antimicrobial compounds of cinnamon and ginger essential oils. *African Journal of Biochemistry Research,* Vol. 4(6): 167-174.

Gakuubi, M.M., Maina, A.W. and Wagacha, J.M., 2017. Antifungal Activity of Essential Oil of Eucalyptus camaldulensis Dehnh. against Selected Fusarium spp. *International journal of microbiology*.

Ghassan J.K., Rasha A.A. 2008. In vitro Antifungal Activities of Various Plant Crude Extracts and Fractions Against Citrus post-harvest Disease Agent *Penicillium digitatum*. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 89 – 99.

Ghazei Motlagh SZ., Jahanbakhsh V., Tehranifar A., Aroiee H. 2014. Effect of some Essential Oils on Spore Germination and Colony Growth of *Penicillium digitatum* during in vitro Culture, Vol. 28, No. 1, P. 28-35.

Gill A.O. and Holly R.A. 2004. Mechanisms of bactericidal action of Cinnamaldehyde against Listeriamonocytogenes and of eugenol against L. monocytogenes and Lactobacillus sakei. *Appied Environment Microbioogyl*. 70: 5750-5755.

Gupta C., Garg A.P., Uniyal R.C. and Kumari A. 2008. Comparative analysis of the antimicrobial activity of cinnamon oil and cinnamon extract on some food-borne microbes. *African Journal of Microbiology Research*. 2(9): 247-51.

He Z.D., Qiao C.F., Han Q.B., Cheng C.L., Xu H.X., Jiang R.W., Pui-Hay B.P. and Shaw P.C. 2005. Authentication and quantitative analysis on the chemical profile of Cassia bark (cortex cinnamomi) by high pressure liquid chromatography. *Journal Agricultural Food Chemistery*, 53: 2424-2428.

Inouye S., Tsuruoka M., Watanabe M., Takeo K., Akao M., Nishiyama Y. and Yamaguchi H. 2000.Inhibitory effect of essential oils on apical growth of Aspergillus fumigatus by vapour contant. *Mycoses Journal*, 43:17-23.

Jalander, V. and Gachande, B.D., 2012. Effect of aqueous leaf extracts of Datura sp. against two plant pathogenic fungi. *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*, *2*(3), pp.131-134.

Jutta, M., Faridah, A., Salleh, B. & Faridah. Q.Z. 2006. Preliminary investigations into fungal root endophytes of *Paphiopedilum barbatum* in some in situ and ex situ locations in Peninsular Malaysia. In: 2nd International Symposium on the Diversity and Conservation of Asian Orchids. Tsukuba Botanical Garden, Japan, 31–32.

Joseph, B., Dar, M.A. and Kumar, V., 2008. Bioefficacy of plant extracts to control Fusarium solani f. sp. melongenae incitant of brinjal wilt. *Global Journal of Biotechnology & Biochemistry*, *3*(2), pp.56-59.

Keshavarz A and Taheri P. 2015. Antifungal Effects of five essential oils aganst Soilborn fungi. The second national conference of Medical Herbs and Stable Agriculture.Hamedan, Iran.

Kohanmoo MA and Jamali F. 2013. Antifungal action essential oils multi medicinal plants on the *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* fungi. Biological Control of Pests and Plant Diseases 2: 27–33.

Koul, O., Walia, S., & Dhaliwal, G. S. 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopestic Int*, 4(1): 63-84.

Lahooji, A., Mirabolfathy, M. and Karami-Osboo, R., 2010. Effect of Zataria multiflora and Satureja hortensis essential oils, thymol and carvacrol on growth of Fusarium gramineum isolates and deoxynivalenol production. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 46(1): 37-50.

Luginbuhl, S., 2010. Fusarium solani. *A class project for PP728 Soilborne Plant Pathogens. Mycologia*, *63*, pp.462-477.

Marino, M., Bersani, C. and Comi, G., 2001. Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from Lamiaceae and Compositae. *International journal of food microbiology*, *67*(3), pp.187-195.

Masoko, P., Picard, J. and Eloff, J.N., 2007. The antifungal activity of twenty-four southern African Combretum species (Combretaceae). *South African Journal of Botany*, *73*(2), pp.173-183.

Matan N, Rimkeeree H, Mawson AJ, Chompreeda P, Haruthaithanasan V, Parker M. 2006. Antimicrobial activity of cinnamon and clove oils under modified atmosphere conditions. *International journal of food microbiology*. 107 (2):180-5.

Muzemu, S., Mvumi, B.M., Nyirenda, S.P.M., Sileshi, G.W., Sola, P., Chikukura, L., Kamanula, J.F., Belmain, S.R. and Stevenson, P., 2011. Pesticidal effects of indigenous plants extracts against rape aphids and tomato red spider mites. In *African Crop Science Conference Proceedings*, 2 (10):169-171.

Natanzian Ghahfarokhi, M., Sattari, M., Yadegari, M.H., Goudarzi, G.R. and Saharkhiz, M.J., 2008. Antifungal activity of essential oil and alcoholic extract of Carum copticum against fluconazole-resistant and susceptible Candida albicans isolated. *Pathobiology Research*, 11(2):91-97.

Nelson, P.E., Horst, R.K. and Woltz, S.S., 1981. Fusarium diseases of ornamental plants. *Fusarium: Diseases, biology and taxonomy*, pp.121-128.

Nelson, P.E., Toussoun, T.A. and Marasas, W.F.O., 1983. Fusarium species: an illustrated manual for identification.

Ranasinghe, L., Jayawardena, B., and Abeywickrama, K. 2002. Fungicidal activity of essential oil of Cinnamomum zeylanicum (L.) and Syzygium aromaticum (L.) Merr and L. M. Perry against crown rot and anthracnose pathogens isolated from banana. Lett. *Applied Microbiology*, 35: 208- 211.

Salek Mearaji, H., zarea, M.J., Nourollahi, KH., Salek Naghdi, R., Tafreshi, S. KH. 2015. Investigation effect of separate and combined essential oil of lavender (Lavandula angustifolia) and Savory (*Satureja hortensis*) on the *Fusarium solani* fungus. *Biological control of pest and plant diseases*. 4(1):73-76.

Sufferdini, J.B., Sader, H.S., Gnocalves, A.G., Ries A.O., Gales, A.C. and Varella, A.D., and Younes, R.N. 2004. Screening of antimicrobial extracts from plants native to the Brazilian Amazon rainforest and Atlantic Forest. Brazil Journal of Medical Research, 37: 379-384.

Summerell, B.A., Salleh, B. & Leslie, J.F. 2003. A utilitarian approach to *Fusarium* identification. *Plant Disease*, 87(3):117–128.

Tavalaei FZ, Hosseini M and Heydar Abadi. 2012. Antifungal effect (*Officinalis Melissa*) on the *Fusarium oxysporum* f.sp. *watermelon* fungus. *National Conference Medicinal Plants*. Yasouj.

Tajkarimi MM, Ibrahim SA, Cliver DO. 2010. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food control*, 21(9):1199-218.

Wegulo, S.N., Bockus, W.W., Nopsa, J., De Wolf, E.D., Eskridge, K.M., Peiris, K., and Dowell, F.E. 2011. Effects of integrating cultivar resistance and fungicide application on Fusarium head blight and deoxynivalenol in winter wheat. Plant Disease, 95: 554-560.

Xing Y., Li X., Xu Q., Yun J. and Lu Y. 2010. Antifungal activities of cinnamon oil against *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus flavus* and *Penicillium expansum* in vitro and in vivo fruit test. *International journal of food science and technology*. 45(9): 1837-42.

Zhang Y., Liu X., Wang Y., Jiang P. and Quek S. 2016. Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against Escherichia coli and Staphylococcus aureus. *Food Control*, 59: 282-289.

Plant Protection Journal
(Islamic Azad University, Shiraz Branch)
2018 – 9 (2) : 147-162

Evaluation of antifungal activity of cinnamon essential oil on control of Fusarium solani fungi under in-vitro and in-vivo condition

Hadi Salek Mearaji[1*], Akram hatami[2], Saeed Hazbeipour[2], Mohammad Jaad Zarea[3], Khoshnood Nourollahi[4]

(1)*Agronomy, plant physiology, College of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran., h.salek228@gmail.com
(2) Plant Breeding and Agronomy, College of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
(3) Plant Breeding and Agronomy, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
(4) Mycology and Plant Pathology, IlamUniversity, Ilam, Iran.

Abstract

In order to investigate the effect of cinnamon essential oil on control of *Fusarium solani* fungus an experiment was conducted as a randomized complete block design with four replication carried out in-vitro and in-vivo condition. The first experiment was effect of five concentration of cinnamon essential oil (0, 500, 1000, 1500 and 2000 ppm) on control of fungus in-vitro, and Second experiment was three application methods of essential oil (spray, priming seed and transplanting, and application with irrigation) on control of the mentioned fungus on tomato plant in-vivo condition. Cinnamon essential oil can completely controlled from the growth of the fungus at all concentrations in-vitro condition. The results showed that application of essential oil cinnamon with irrigation by 58/33 % inhibition have the maximum effect on suppress in *F. solani*. The highest of suppress of *F. solani* fungi (54/16 %) in primimg method obtained in 2000 ppm. The high percent of survive plant in application with irrigation method with 37/48 % in 1500 ppm observed. But enhance of concentration in spray method from 1500 to 2000 ppm causeed damage to plants. The obtined of result in this research, application of cinnamon essential oil with irrigation method, can be suitable way as a biological control of *F. solani* fungus.

Keywords: essential oil, foliar, priming, suppress fungus.