Archive of SID

تأثیر تنش خشکی بر بیماری پوسیدگی ریشه دانهال‌های پسته در اثر قارچ *Cylindrocarpon destructans*

الهه میراحمدی[۱]، حمید محمدی[۲]* و مهدی سرچشمه پور[۳]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۰۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۲

چکیده

در این مطالعه تأثیر تنش خشکی روی شاخص‌های رشد و بیماری پوسیدگی ریشه دانهال‌های پسته در اثر قارچ *Cylindrocarpon destructans* در شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش شامل سه سطح رطوبتی (D_0=۸۰٪، D_1= ۵۰٪ و D_2= ۳۰٪ از ظرفیت مزرعه) و دو سطح عامل بیماری (تیمار شاهد بدون قارچ =F_0 و F_1= *C. destructans*) بود که در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار برای هر تیمار انجام شد. شاخص‌های مختلف رشد شامل وزن خشک ساقه و ریشه، وزن‌تر ساقه و ریشه، ارتفاع ساقه، طول ریشه و تعداد برگ و همچنین میزان شدت بیماری چهار ماه بعد از مایه‌زنی گیاهان با عامل بیمارگر مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج بدست آمده اثر اصلی تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار تمام شاخص‌های رشد (در سطح احتمال ۱٪) گردید. اثر اصلی تیمار قارچی باعث کاهش معنی‌دار شاخص‌های وزن‌تر ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه، ارتفاع ساقه، طول ریشه و تعداد برگ در سطح ۱٪ گردید. برهمکنش تیمار تنش خشکی و عامل بیمارگر تنها بر شاخص های وزن خشک ریشه و ارتفاع ساقه در سطح ۱٪ و وزن خشک ساقه و طول ریشه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. تنش خشکی باعث افزایش اثرات منفی عامل بیمارگر روی دانهال‌های پسته گردید. در این مورد برهمکنش بین *C. destructans* و سطح D_2 تنش خشکی (۳۰٪ ظرفیت مزرعه) بیشترین تأثیر را بر کاهش شاخص‌های رشد داشت و شدت بیماری نیز با افزایش میزان تنش خشکی افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: بیماری‌های ریشه، پسته، تنش آبی، *Cylindrocarpon destructans*

[۱] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی، بخش گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

[۲] دانشیار بخش گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

*نویسنده مسئول: hmohammadi@uk.ac.ir

[۳] استادیار بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

جنس *Pistacia* متعلق به خانواده Anacardiaceae است که در بین تولیدات باغبانی به‌عنوان یک محصول استراتژیک جایگاه ویژه‌ای دارد. عوامل مختلف زنده (آفات و بیماری‌های گیاهی) و غیرزنده (کمبودها، افزایش شوری خاک، کم‌آبی) بر درخت پسته و همچنین کمیت و کیفیت محصول آن تأثیرگذار هستند. از بین بیمارگرهای خاکزاد مهم بر روی پسته می توان به پژمردگی ورتیسیلومی با عامل *Verticillium dahliae* (۱۹، ۲۳، ۲۵، ۳۶ و ۳۹) و پوسیدگی طوقه و ریشه آن توسط گونه های مختلف *Phytophthora* اشاره نمود (۳، ۵، ۲۹ و ۳۳). علاوه بر این عوامل مختلف زنده و غیرزنده می‌توانند در برهمکنش گیاهان نسبت به عوامل بیمار گر نیز مؤثر باشند. به عنوان مثال تغییرات محیطی به عنوان شاخص‌های غیر زنده می‌توانند گیاهان مختلف از جمله پسته را در برابر بیماری‌های مختلف حساس نموده و خسارت قابل توجهی را به دنبال داشته باشند (۴، ۵، ۲۸، ۳۵، ۵۲ و ۵۶). تنش آبی بیشتر از سایر تنش‌های محیطی رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۸ و ۶۶). یکی از بیماری‌های مهم در گیاهان، بیماری‌های پوسیدگی ریشه و طوقه هستند، که توسط عوامل قارچی مختلفی ایجاد می‌شوند. بیماری های خاکزاد و به ویژه بیماری های ریشه گیاهان با عامل *Cylindrocarpon* از اهمیت اقتصادی بالایی در دنیا برخوردارند. به عنوان مثال بیماری پوسیدگی سیاه ریشه انگور در اثر گونه های مختلف جنس *Cylindrocarpon* به عنوان یکی از مهمترین عوامل کاهش محصول انگور و ایجاد خسارت های اقتصادی در بسیاری از کشورها از جمله پرتغال (۵۰)، اسپانیا (۱)، شیلی (۲)، آفریقای جنوبی و فرانسه (۱۷) نیوزلند (۴۸) و آمریکا (۴۶ و ۴۷) شناخته می شود. بر اساس اطلاعات موجود در کشور نیوزلند میزان خسارت سالیانه این بیمارگر ها بر روی نهال‌های انگور در حدود ۲۵ میلیون دلار تخمین زده شده است (۱۰). در سال ۲۰۰۹ یکی از گونه های این جنس تحت نام *Cylindrocarpon liriodendri* برای اولین بار از درختان انگور با نشانه‌های پوسیدگی و سیاه شدگی ریشه در ایران جداسازی و گزارش گردید (۳۷). به طور کلی جنس *Cylindrocarpon* خاکزی بوده و به‌صورت بیمارگر گیاهی، درون‌زی و پوده رست در اغلب خاک‌ها وجود دارد و با تولید کلامیدوسپور مدت‌ها در خاک دوام می‌آورد (۷ و ۱۷). گونه‌های این جنس به همراه سایر عوامل بیمارگر خاکزی ازجمله *Rhizoctonia*، *Pythium* و *Fusarium* باعث پوسیدگی ریشه و طوقه در گیاهان مختلف می‌شوند (۶۰). گونه‌های جنس *Cylindrocarpon* در مناطق گوناگون دنیا با شرایط آب و هوایی مختلف به دامنه وسیعی از گیاهان چوبی و علفی ازجمله سبزیجات، درختان میوه و درختان جنگلی حمله می‌کنند. تاکنون گیاهان بسیاری در دنیا به‌عنوان میزبان گونه‌های این جنس مهم خاکزی معرفی‌شده‌اند که می‌توان به انگور، جینسینگ، سوزنی‌برگان، سیب، یونجه، چای و حتی نهال های مخروطیان اشاره کرد (۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۴۹ و ۵۰). گونه‌های این جنس ممکن است در

www.SID.ir

Archive of SID

مواردی به عنوان بیمارگرهای ضعیف بر روی گیاهان مختلف از جمله درختان میوه، زینتی و جنگلی معرفی شوند، اما زمانی که گیاه میزبان تحت تنش محیطی قرار می گیرد این قارچ عنوان یک بیمارگر مهم عمل می کند (۴۲). یکی از گونه‌های شناخته شده در این جنس گونه *C. destructans* است که باعث ایجاد پوسیدگی بذر، طوقه و ریشه گیاهان مختلف می شود (۱۸). اخیرا با مطالعه روی جدایه‌های شبه سیلیندروکارپن بدست آمده از درختان مختلف دو گونه *Neonectria californica* و *Thelonectria aurea* از ریشه درختان پسته در کالیفرنیا جداسازی و شناسایی شده است که البته اطلاع چندانی از اهمیت آنها روی درختان پسته در دست نمی‌باشد (۲۷). در ایران گونه *C. destructans* در طول بررسی‌هایی که در سال های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ بر روی برخی از نهالستان‌های پسته در استان کرمان انجام شد، از نهال‌های بیمار با علائم زردی، پژمردگی، سر خشکیدگی، کاهش رشد و پوسیدگی ریشه جداسازی و بر اساس ویژگی‌های ریخت شناختی و مولکولی شناسایی‌شده است (۵۳ و ۵۵). از میان تنش‌های محیطی، تنش خشکی به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل بر رشد و پراکنش گیاهان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. بررسی ها نشان داده است که وجود تنش های محیطی از جمله تنش‌های آبی نقش بسیار مهمی در بیماریزایی و در نتیجه پیشرفت بیماری پوسیدگی سیاه ریشه و طوقه انگور توسط گونه‌های *Cylindrocarpon* دارند (۱۳ و ۱۷). کرمان یکی از مناطق کم آب در کشور محسوب می‌شود و با توجه به کشت و اهمیت پسته در این منطقه بررسی اثر تنش خشکی بر شدت بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه در اثر *C. destructans* به عنوان یک بیمارگر نسبتا نوظهور بر روی این محصول لازم و ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر پیشرفت بیماری پوسیدگی ریشه دانهال‌های پسته در اثر *C. destructans* و همچنین شاخص های رشدی مهم این گیاه انجام شده است.

روش بررسی

تهیه جدایه *C. destructans*

در این تحقیق از یک جدایه *C. destructans* که قبلاً از نهال‌های پسته بیمار در کرمان جداسازی و در کلکسیون قارچ‌های بخش گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی در دانشگاه شهید باهنر کرمان (CCKU) نگهداری می‌شد استفاده گردید. جدایه موردنظر (جدایه KER-U-NRPIS1، با شماره دسترسی KF535897 در بانک ژن) قبلاً بر اساس ویژگی‌های ریخت شناختی و مولکولی شناسایی و بیماری‌زایی آن بر روی دانهال‌های پسته نیز مورد بررسی قرارگرفته بود (۲۴ و ۲۶). این جدایه در درون ماسه سترون و در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شده بود، بنابراین در ابتدا برای به دست آوردن کشت تازه و جدید این جدایه، کمی از ماسه حاوی قارچ بر روی محیط کشت سیب زمینی-

www.SID.ir

Archive of SID

دکستروز-آگار (PDA) ریخته شد. تشتک‌های پتری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری و پس از رشد، چندین پرگنه انتخاب و به محیط جدید PDA منتقل شدند. برای اطمینان بیشتر یکی از پرگنه ها انتخاب و بعد از اسپور زایی به روش تک اسپور کردن خالص و سپس در این بررسی مورد استفاده قرار گرفت.

کشت بذرهای پسته

جهت تولید دانهال‌های پسته، ابتدا بذرهای پسته (رقم بادامی زرندی) به مدت سه تا چهار دقیقه با هیپوکلریت سدیم ۵٪ گندزدایی و سپس سه مرتبه و هر مرتبه به مدت پنج دقیقه با آب مقطر استریل به طور کامل شسته شدند. برای جوانه زنی، ابتدا بذرهای ضدعفونی شده به مدت یک‌شب در ظروف یک‌بارمصرف حاوی آب مقطر استریل نگهداری و پس‌ازآن، آب ظرف‌ها خارج و یک پارچه مرطوب روی آنها کشیده شد. ظروف حاوی بذرها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند و بعد از گذشت دو روز بذرهای جوانه‌زده انتخاب و به‌طور مستقیم در گلدان‌های حاوی خاک استریل شده کشت شدند (در هر گلدان ۱۰ عدد بذر جوانه زده کشت گردید). پس از گذشت هشت روز پنج گیاهچه مناسب برای ادامه مراحل آزمایش در هر گلدان انتخاب و مابقی حذف شدند. خاک مورد استفاده در گلدان‌ها از مزرعه دانشگاه شهید باهنر کرمان تهیه شد. این خاک دارای بافت لومی شنی، شوری ۲/۳۲ میلی زیمنس بر سانتی‌متر، ظرفیت زراعی ۲۸ درصد و اسیدیته (pH) ۷/۲ بود. خاک مورد نظر ابتدا از الک عبور داده شد و بعد از استیرل کردن به میزان سه کیلوگرم برای هر گلدان استفاده گردید.

مایه‌زنی دانهال‌های پسته با قارچ *C. destructans* و اعمال تنش خشکی

مایه زنی دانهال‌های پسته با سوسپانسیون اسپور قارچ *C. destructans* انجام شد. جهت تهیه سوسپانسیون اسپور عامل بیمارگر، ابتدا چند قرص میسیلیومی (به قطر چهار میلی‌متر) از تشتک‌های پتری حاوی این قارچ به چندین تشتک پتری حاوی محیط کشت PDA منتقل و به مدت ۱۰ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند. در مرحله بعد ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل به هر تشک پتری که حاوی پرگنه رشد کرده قارچ بود اضافه گردید. سپس یک میله ال (L) شکل استریل شده چندین بار بر روی سطح پرگنه ها کشیده شد تا سوسپانسیونی از اسپور در آب به دست آید. سوسپانسیون حاصل ابتدا با عبور از یک پارچه ململ استریل صاف گردید و با استفاده از لام هموسایتومتر سوسپانسیون اسپوری به غلظت ۱×۱۰^{۶} اسپور در میلی‌لیتر تهیه شد. عمل مایه زنی روی گیاهان ۲۲ روزه پسته صورت گردید. برای این کار ابتدا با یک قاشقک استریل شده کمی از خاک کنار طوقه هر دانهال برداشته و

www.SID.ir

Archive of SID

۱۵ میلی لیتر از سوسپانسیون اسپور در کنار آن ریخته شد (۶۳). بعد از عمل مایه زنی خاک برداشته شده مجددا به کنار طوقه گیاهان ریخته شد. در گیاهان شاهد به جای سوسپانسیون اسپور قارچ از ۱۵ میلی لیتر آب مقطر استریل استفاده شد. تمام گلدان های مورد آزمایش در گلخانه و دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

اعمال تنش خشکی بر اساس محاسبه‌ی ظرفیت مزرعه (Field Capacity=FC) خاک صورت گرفت. این کار ۲۱ روز بعد از عمل مایه زنی دانهال‌ها انجام شد. بدین منظور ابتدا اف سی خاک مورد مطالعه به روش وزنی تعیین گردید و سپس با داشتن وزن خاک و گلدان و توزین گلدان‌ها در هر نوبت، مقدار آب لازم جهت رسیدن به سه سطح رطوبتی مورد نظر محاسبه و به گلدان‌های مربوطه اضافه گردید. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب یک طرح کامل تصادفی در پنج تکرار شامل تیمارهای بدون تنش خشکی= D_0، تنش متوسط= D_1 و تنش شدید= D_2 (به ترتیب با ۸۰٪، ۵۰٪ و ۳۰٪ ظرفیت مزرعه) و سطوح قارچ (شاهد= F_0، جدایه قارچ= F_1) انجام شد. آبیاری تیمارهای فاقد تنش تا سطح ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه و به گونه ای صورت گرفت که در طول دوره رشد دانهال‌های کشت داده شده دچار تنش خشکی نشوند. برای تیمارهای تنش آبیاری تا حدی از ظرفیت مزرعه انجام گردید که به ترتیب در طول دوره رشد با تنش متوسط و شدید خشکی (به ترتیب ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه) مواجه شوند. آبیاری با سطوح مذکور در مراحل ابتدایی به هنگام احساس نیاز و تشنگی گلدان‌ها و در مراحل انتهایی با افزایش فاصله زمانی، صورت پذیرفت.

ارزیابی شاخص‌های رشد و شدت بیماری در دانهال‌های پسته

در این مطالعه شاخص‌های مختلفی از رشد دانهال‌های پسته شامل تعداد برگ، ارتفاع ساقه، طول ریشه، وزن‌تر ریشه و ساقه و وزن خشک ریشه و ساقه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. تعداد برگ‌های گیاهچه های هر گلدان چهار ماه پس از عمل مایه‌زنی شمارش و ثبت گردید. شاخص طول ساقه نیز با قرار دادن یک خط کش در ناحیه طوقه و اندازه‌گیری طول آن تا نوک ساقه ارزیابی شد. در مرحله بعد ساقه گیاهان از محل طوقه جدا شد و طول ریشه از محل طوقه تا انتهای ریشه اصلی اندازه‌گیری گردید. جهت اندازه‌گیری وزن‌تر ساقه و ریشه گیاهان، ابتدا این دو بخش از یکدیگر جدا شدند. ریشه گیاهان ابتدا به آرامی با آب شستشو داده شد تا خاک چسبیده به ریشه‌ها حذف گردد و در مرحله بعد تمام ریشه‌ها روی دستمال کاغذی و در زیر هود به طور کامل خشک شدند. ساقه و ریشه گیاهان به‌طور جداگانه در داخل پاکت‌های مقوایی که وزن آنها از قبل مشخص شده بود قرار داده شدند و با استفاده از ترازو، وزن هرکدام از بخش‌ها تعیین گردید. جهت تعیین وزن خشک ریشه و ساقه گیاهان نیز ابتدا پاکت‌های مربوط به وزن‌تر هر بخش به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند. سپس با در نظر گرفتن اختلاف وزن

www.SID.ir

Archive of SID

پاکت‌های حاوی بخش‌های ریشه و ساقه با پاکت‌های خالی، وزن خشک خالص اندام‌های ساقه و ریشه به دست آمد. برای ارزیابی شاخص شدت بیماری بر روی ریشه و اندام هوایی از مقیاس شش درجه‌ای (۰-۵) پیشنهاد شده توسط McKinney's استفاده گردید (۳۱). مقیاس شش درجه‌ای (۰-۵) پیشنهاد شده به شرح زیر است:

۰-سالم (بدون علائم)، ۱-آسیب ضعیف (۲۵-۱٪)، ۲-آسیب متوسط (۵۰-۲۶٪)، ۳-آسیب نسبتاً قوی (۷۵-۵۱٪)، ۴-آسیب قوی (۱۰۰-۷۶٪) و ۵-آسیب بسیار قوی که سبب مرگ گیاه می‌شود. داده‌های به‌دست‌آمده با به‌کارگیری فرمول زیر به‌عنوان شاخص شدت بیماری محاسبه گردید.

$$MI = ([\varepsilon(R \times N)] / H \times T) \times 100$$

که در آن R به عنوان شاخص مشاهده شده، N برابر با تعداد گیاهان دارای یک شاخص مشابه، H به عنوان بالاترین شاخص بیماری و T نیز برابر با تعداد کل گیاهان ارزیابی شده می‌باشد (۳۱).

اندازه‌گیری درصد کلونیزاسیون ریشه دانهال‌ها توسط عامل بیمارگر

برای این منظور ابتدا ریشه دانهال‌های پسته تیمار شده با عامل بیماری به‌طور کامل از خاک خارج و جهت حذف ذرات خاک با آب به آرامی شسته شدند. سپس ریشه‌های هر گیاه به قطعات کوچک (در حدود نیم سانتی‌متر) برش داده شدند. قطعات به‌دست‌آمده به مدت دو دقیقه با هیپوکلریت سدیم ۵٪ ضدعفونی و سه مرتبه و هر بار به مدت یک دقیقه با آب مقطر استریل شستشو داده شدند. قطعات ضدعفونی شده ابتدا در زیر هود و روی دستمال‌کاغذی سترون خشک و سپس بر روی محیط PDA کشت داده شدند. تشتک‌های پتری کشت داده شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند. در این بررسی برای هر تیمار سه تشتک پتری و در هر تشتک پتری نیز پنج قطعه از ریشه گیاهان کشت داده شد. میزان درصد کلنیزاسیون ریشه گیاهان با عامل بیماری نیز با تقسیم تعداد پرگنه های رشد کرده از قطعات کشت داده شده به کل تعداد قطعات کشت داده شده محاسبه گردید. در پایان پس از انجام تجزیه‌های گلخانه‌ای، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تمام شاخص‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطوح اطمینان ۹۵ درصد ($P\leq0.05$) یا ۹۹ درصد ($P\leq0.01$) ۱ %=α انجام شد. برای رسم جدول‌ها و نمودارها از نرم‌افزارهای Word و Excel استفاده گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

نشانه‌های بیماری

با بررسی مستمر گیاهان مایه زنی شده اولین نشانه های بیماری ناشی از قارچ *C. destructans* سه ماه بعد از کاشت به‌صورت زردی و چروکیدگی برگ‌های پایینی دانهال‌های مایه‌زنی شده و تحت تنش خشکی شدید ظاهر شد. در مراحل بعد و با پیشرفت بیماری نشانه های بیماری به شکل خشکیدگی کامل دانهال‌ها دیده شد. نشانه‌های بیماری در مراحل بعدی و به تدریج در گیاهان دارای تنش متوسط، تنش ضعیف و گیاهانی که تنها با عامل بیمارگر مایه زنی شده بودند، دیده شد. این در حالی بود که هیچ گونه از نشانه های گفته شده در گیاهان شاهد مشاهده نگردید. اصولا گیاهان تحت تنش های محیطی از جمله تنش خشکی نسبت به عوامل بیمارگر حساس تر شده و ممکن است نشانه های بیماری روی این گونه گیاهان زودتر بروز نماید. چنین حالتی در گیاه گندم نسبت به زنگ، گیاه جو نسبت به سفیدک پودری و همچنین گیاه پنبه نسبت به پژمردگی آوندی فوزاریومی گزارش شده است (۴۴).

شاخص تعداد برگ

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثرات متقابل عامل بیماری و تنش خشکی در شاخص تعداد برگ معنی‌دار نبود. اثرات اصلی، عامل بیماری و تنش خشکی هرکدام در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌داری بر شاخص تعداد برگ در دانهال‌های پسته داشتند (جدول ۱). با توجه به شکل ۱ که مربوط به اثر اصلی عامل بیماری می‌باشد، بیشترین میانگین تعداد برگ مربوط به تیمار F_0 (۹/۸۳) می‌باشد و در این خصوص اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و F_1 (۸/۳۳) دیده می‌شود. همچنین با توجه به نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر اصلی تنش خشکی بر شاخص تعداد برگ، بیشترین میانگین تعداد برگ مربوط به تیمار شاهد (۱۰/۵۱) می‌باشد، که در این خصوص نیز اختلاف معنی‌داری بین تیمار D_0، D_1 (۹/۴۲) و D_2 (۷/۳۰) دیده می‌شود (شکل ۲). به طور کلی تنش خشکی می‌تواند به عنوان یک شاخص محدود کننده باعث کاهش تعداد برگ و یا حتی تعداد میوه های جوان در گیاهان شود (۱۲).

طباطبائی و همکاران (۶۴) نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار تعداد برگ در گیاه تادار (*Celtis caucasica*) می‌شود. نتایج مشابه ای نیز در مورد نقش تنش خشکی بر تعداد برگ در گیاه پسته (۲۴، ۵۴، ۵۸ و ۶۵) و همچنین گیاهان دیگری مانند نیشکر وحشی (۴۱) نیز گزارش شده است. کاهش تعداد برگ و یا اندازه آنها یکی از فرآیندهای دفاعی گیاه و مقابله با کاهش رطوبت خاک یعنی قرار گرفتن در شرایط تنش آبی است (۶۲). عوامل بیمارگر نیز می توانند باعث ریزش و در نتیجه کاهش تعداد برگ و همچنین کاهش سطح برگ در گیاهان شوند. به

www.SID.ir

Archive of SID

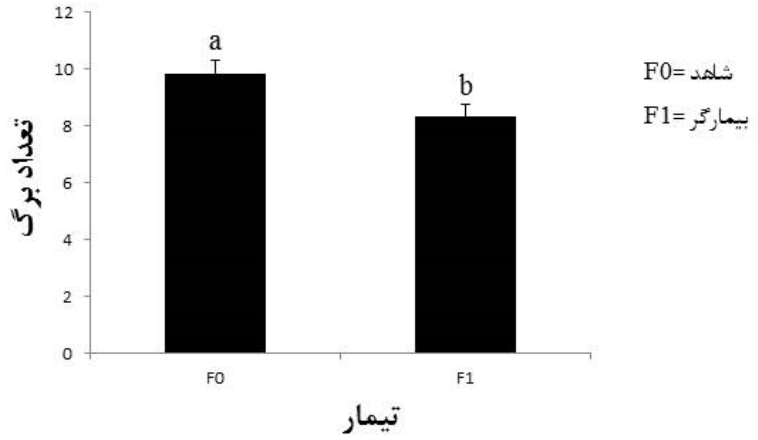
جدول۱. خلاصه نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و جدایه *Cylindrocarpon destructans* بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در دانهال‌های پسته بعد از گذشت چهار ماه.

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن‌تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن‌تر ساقه	وزن خشک ساقه	ارتفاع ساقه	طول ریشه	تعداد برگ
قارچ	۱	۰/۷۵ $^{n.s}$	۱۳/٤٤**	۰/۸۱**	۱۵/٦٤**	۱۱۲/۵۹**	۲۲۱/۹۵**	۱٦/۸۸**
تنش خشکی	۲	۲/۰۳**	٦/۵۲**	۲/۵۹**	٤/۳۲**	۳۲/۵۲**	۲۷۰/٦٤**	۲٤/٦٤**
تنش خشکی × قارچ	۲	۰/۰۲ $^{n.s}$	۱/۱۱**	۰/۰۳$^{n.s}$	۰/۱۹*	۲/۷۳**	۲۱/٦۵*	۰/۸۷$^{n.s}$
خطا	۲۰	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۳۹	٤/۳	۰/۷۳
ضریب تغییرات	_	۵/۲۷	۱۱/۷۵	٤/۳۷	۱۰/۱٦	٦/٦۸	٦/۷۸	۹/۳۹

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، $^{n.s}$ غیر معنی‌دار.

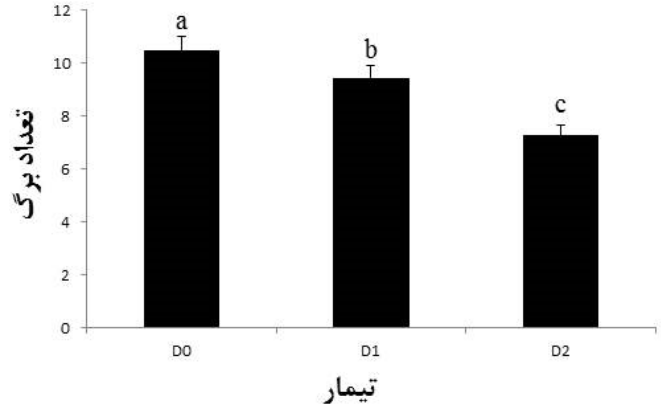
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. مقایسه میانگین شاخص تعداد برگ در دانهال‌های پسته مایه‌زنی شده با *Cylindrocarpon destructans* در مقایسه با گیاهان شاهد.

(کنترل=F_0، *C. destructans*=F_1).



شکل ۲. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص تعداد برگ در دانهال‌های پسته.

(D_0=۸۰٪، D_1= ۵۰٪ و ۳۰٪ ظرفیت مزرعه =D_2).

عنوان مثال سلاجقه و همکاران (۵۴) نشان دادند که تعداد برگ در دانهال‌های پسته مایه زنی شده با قارچ *F. solani* به طور معنی داری نسبت به تیمار شاهد کاهش می‌یابد. آزمایش‌های گاروبا و همکاران (۱۴) نشان داد که *Aspergillus niger* باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ و کاهش منظم شاخص تعداد برگ در گیاه ذرت می‌شود. مطالعه اثر تنش خشکی

www.SID.ir

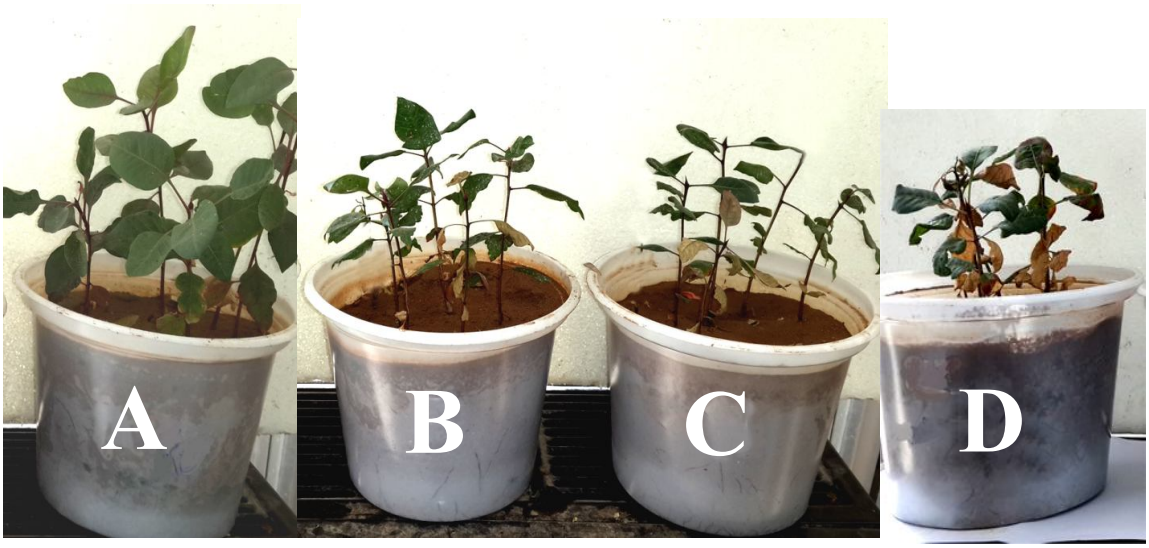
Archive of SID

و بیمارگر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* در گیاه گوجه فرنگی نشان داده است که برهمکنش این دو تیمار باعث کاهش شاخص سطح برگ می شود (۱۵).

ارتفاع ساقه و طول ریشه

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثرات متقابل عامل بیماری و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های طول ریشه (در سطح احتمال ۵٪) و ارتفاع ساقه (در سطح احتمال ۱٪) داشت. نتایج بدست آمده در مورد شاخص ارتفاع ساقه نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین ارتفاع اندازه‌گیری شده به ترتیب مربوط به تیماری‌های F_0D_0 (۱۲/۵۸ سانتی‌متر) و F_1D_2 (۴/۷۰ سانتی‌متر) می‌باشد (شکل‌های ۳ و ۴).

با توجه به شکل ۴، اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع ساقه بین تیمارهای F_0D_0 با F_0D_1 و F_0D_0 با F_0D_2 و بین تیمارهای F_1D_0، F_1D_1 و F_1D_2 و حتی بین تیمارهای F_0D_0 با F_1D_0، F_0D_1 با F_1D_1 و F_0D_2 با F_1D_2 دیده می‌شود.

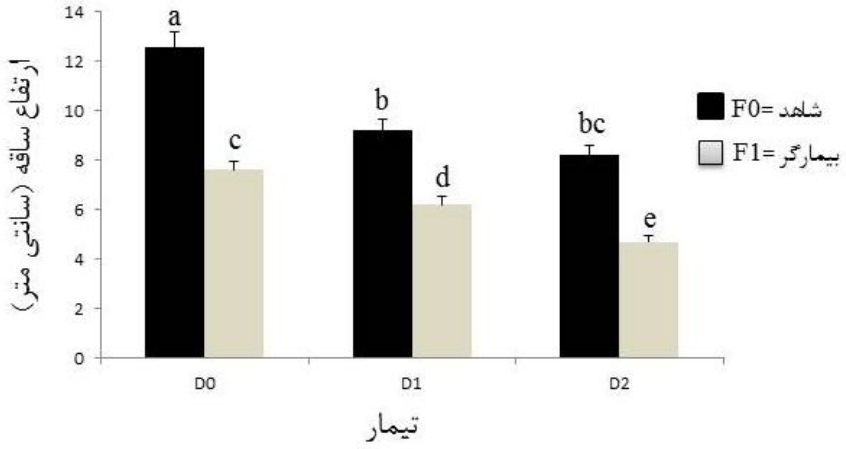


شکل ۳. اثر متقابل تنش خشکی و عامل بیمارگر بر شاخص ارتفاع ساقه دانهال‌های پسته بعد از گذشت چهار ماه.

A) گیاه شاهد (کنترل) B) دانهال‌های مایه‌زنی شده با عامل بیماری بدون تنش خشکی (۸۰٪ ظرفیت مزرعه)، C) دانهال‌های مایه‌زنی شده با عامل بیماری تحت تنش خشکی متوسط (۵۰٪ ظرفیت مزرعه)، D) دانهال‌های مایه‌زنی شده با عامل بیماری تحت تنش خشکی شدید (۳۰٪ ظرفیت مزرعه).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴ . مقایسه میانگین اثر متقابل *Cylindrocarpon destructans* و تنش خشکی بر شاخص ارتفاع ساقه (سانتی متر) در دانهال‌های پسته

(F_1=*C. destructans* و F_0= کنترل، D_2= ظرفیت مزرعه ۳۰٪ و D_1= ۵۰٪، D_0=۸۰٪).

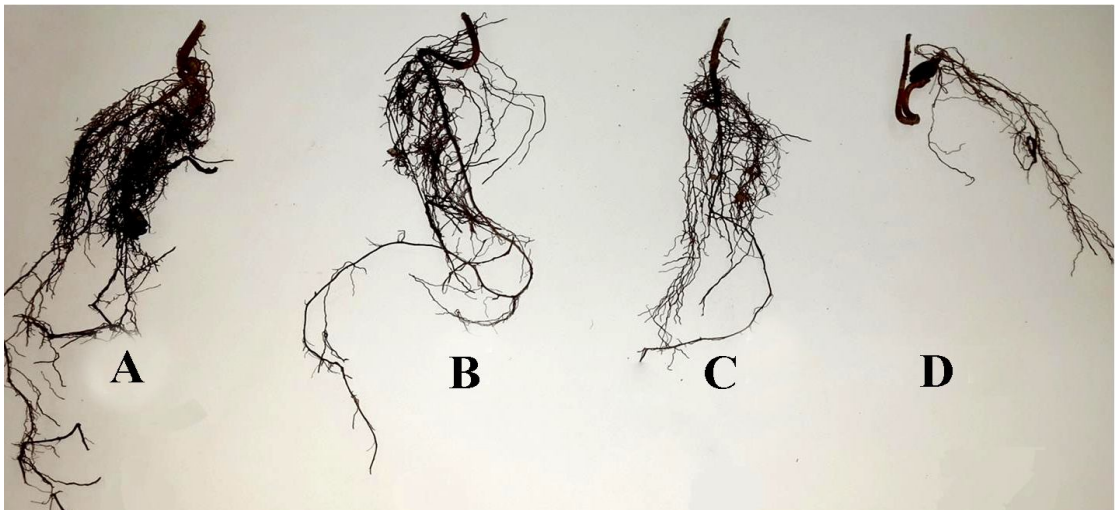
تاج‌آبادی‌پور و همکاران (۶۵) نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار طول ساقه پسته (ارقام بادامی و قزوینی) شود. در رابطه با ارزیابی شاخص طول ریشه نیز نتایج مشابه ای با ارتفاع ساقه به دست آمد به‌گونه‌ای که بیشترین و کمترین مقدار طول ریشه به ترتیب مربوط به تیمار F_0D_0 (۳۷/۹۲ سانتی‌متر) و تیمار F_1D_2 (۲۱/۶۴ سانتی‌متر) می‌باشد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در مورد این شاخص، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای F_0D_0 با F_0D_1 و F_0D_0 با F_0D_2 همچنین بین تیمارهای F_1D_0، F_1D_1 و F_1D_2 و بین تیمارهای F_0D_0 با F_1D_0، F_0D_1 با F_1D_1 و F_0D_2 با F_1D_2 دیده می‌شود (شکل های ۵ و ۶).

نتایج حاصل از مطالعه ریستینو و دونیوی (۵۱) روی گیاه گوجه فرنگی و عامل بیمارگر *Ph. parasitica* نشان می‌دهد که افزایش تنش خشکی و دما باعث کاهش طول ریشه در گیاهان مایه زنی شده نسبت به تیمار شاهد می‌گردد. در مطالعه‌ای مشابه که توسط سلاجقه تذرجی و همکاران (۵۵) روی دانهال‌های پسته و بیمارگر *F. soilani* انجام شد مشخص گردید که افزایش تنش خشکی باعث کاهش طول ریشه دانهال‌های پسته آلوده به عامل بیمارگر می شود. قائمی و همکاران در سال ۲۰۰۹ نشان دادند که نقش تنش خشکی و بیمارگر آوندی *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* باعث کاهش معنی دارد ارتفاع گیاهان گوجه فرنگی تیمار شده نسبت به شاهد می شوند (۱۵). بررسی های انجام شده در رابطه با نقش تنش

www.SID.ir

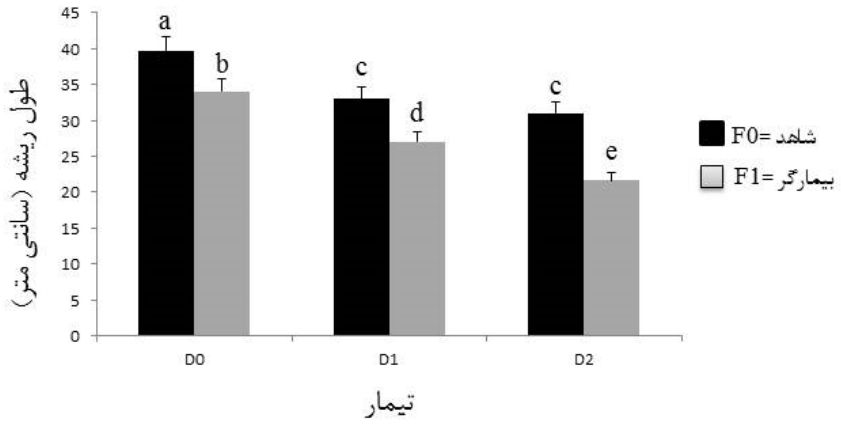
Archive of SID

خشکی و بیمارگر *F. culmorum* در کشور تونس بر روی گندم دوروم نیز نتایج مشابه ای را در پی داشته است (۹). مطالعه نقش تنش خشکی و سه بیمارگر از خانواده *Botryosphaeriaceae* یعنی گونه های *Neofusicoccum parvum*، *Botryosphaeria dothidea* و *Diplodia seriata* روی پسته در کرمان نشان داده است که برهمکنش عوامل بیمارگر و تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار طول ساقه در نهال‌های پسته می‌شود (۴۰).



شکل ۵- اثر متقابل تنش خشکی و عامل بیمارگر بر شاخص طول ریشه دانهال‌های پسته بعد از گذشت چهار ماه.

A) گیاه شاهد، B) دانهال مایه زنی شده با عامل بیماری بدون تنش خشکی (۸۰٪ ظرفیت مزرعه)، C) دانهال مایه زنی شده با عامل بیماری تحت تنش خشکی متوسط (۵۰٪ ظرفیت مزرعه)، D) دانهال مایه زنی شده با عامل بیماری تحت تنش خشکی شدید (۳۰٪ ظرفیت مزرعه).



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل *Cylindrocarpon destructans* و تنش خشکی بر شاخص طول ریشه در دانهال‌های پسته.

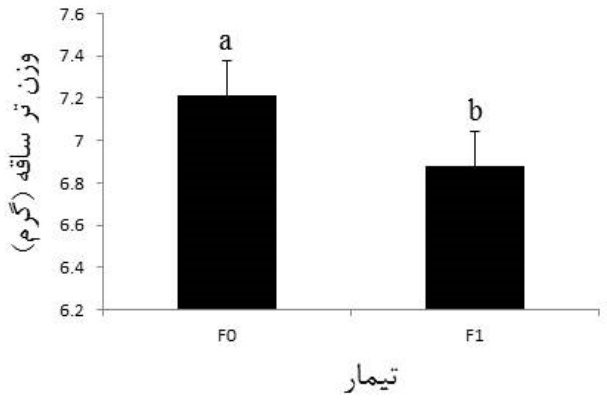
(D_0=۸۰٪، D_1= ۵۰٪ و ۳۰٪ ظرفیت مزرعه =D_2، کنترل =F_0 و *C. destructans*=F_1).

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌های وزن تر ریشه و ساقه

نتایج به‌دست‌آمده در این بررسی (جدول ۱)، نشان می‌دهد که اثر اصلی عامل بیماری (*C. destructans*) تأثیر معنی‌داری در شاخص وزن‌تر ریشه حتی در سطح ۵٪ نداشت درحالی که تأثیر معنی داری (در سطح احتمال ۱٪) بر شاخص وزن‌تر ساقه داشت. در این مورد اثر اصلی تنش خشکی بر هر دو شاخص گفته‌شده در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. نتایج به دست آمده در این بخش نشان داد که اثرات متقابل عامل بیماری و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر دو شاخص وزن‌تر ریشه و ساقه (حتی در سطح احتمال ۵٪) ندارد. با توجه به شکل ۷ که مربوط به اثر اصلی عامل بیماری بر شاخص وزن‌تر ساقه می‌باشد، بیشترین میانگین وزن‌تر ساقه مربوط به تیمار شاهد F_0 (۷/۲۱ گرم) می‌باشد که اختلاف معنی‌داری نیز بین تیمار شاهد و تیمار F_1 (۶/۸۸ گرم) دیده می‌شود. همچنین تأثیر اصلی تنش خشکی بر شاخص وزن‌تر ریشه و ساقه نشان می‌دهد، بیشترین میانگین وزن‌تر ریشه مربوط به تیمار شاهد D_0 (۸/۸۱ گرم) می‌باشد هرچند که اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و D_1 (۸/۴۳ گرم) دیده نمی‌شود، اما بین تیمار D2 (۷/۹۱ گرم) با D_0 و D_1 اختلاف معنی‌داری دیده می‌شود (شکل۸). بر این اساس، بیشترین میانگین وزن‌تر ساقه مربوط به تیمار شاهد (۷/۵۱ گرم) می‌باشد که اختلاف معنی‌داری نیز بین تیمارهای D_0، D_1 (۷/۱۲ گرم) و D_2 (۶/۵۰ گرم) دیده می‌شود.

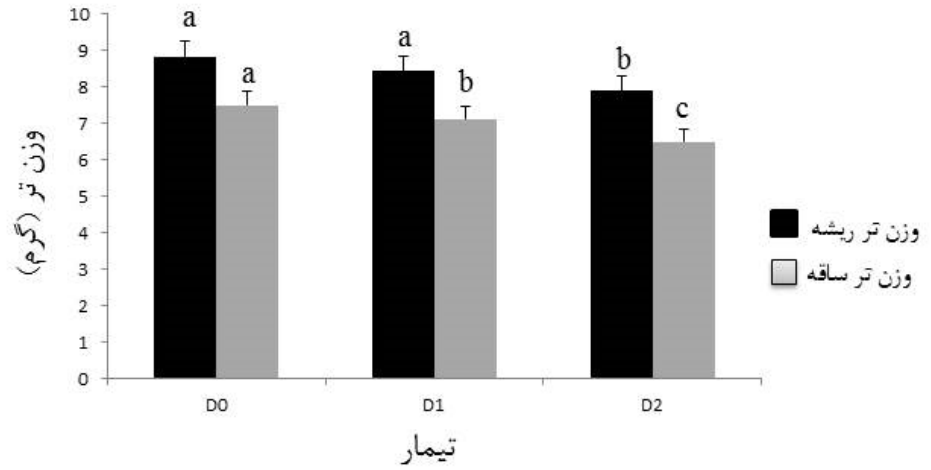


شکل ۷. مقایسه میانگین تأثیر بیمارگر *Cylindrocarpon destructans* بر شاخص وزن‌تر ساقه در دانهال‌های پسته.

(کنترل=F_0 و *C. destructans* =F_1).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص‌های وزن‌تر ساقه و ریشه در دانهال‌های پسته.

(D_2= ظرفیت مزرعه ٪۳۰ و D_1= ٪۵۰ ،D_0=٪۸۰)

تنش خشکی به عنوان یکی از عوامل محدود کننده رشد در گیاهان می‌تواند شاخص های مختلفی در گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج به دست آمده در مورد نقش تنش خشکی بر شاخص های وزن تر ریشه و ساقه در این بررسی همراستا با مطالعات پیشین انجام شده روی پسته (۶۵) و بادام است (۶۷). مطالعه روی گیاه نعناع (*Mentha piperita*) نیز نشان داده است که تنش آبی باعث کاهش معنی‌داری وزن‌تر گیاه می‌شود (۳۴). برخی از عوامل بیمارگر نیز می توانند نقشی مشابه با تنش خشکی روی شاخص های رشدی گیاه داشته باشند در این مورد می توان به مطالعه سلاجقه تذرجی و همکاران (۵۴) اشاره نمود که نشان می‌دهد *F. solani* به عنوان یک بیمارگر ریشه و طوقه سبب کاهش معنی‌دار شاخص‌های رشد ازجمله وزن‌تر ساقه در گیاه پسته می‌شود.

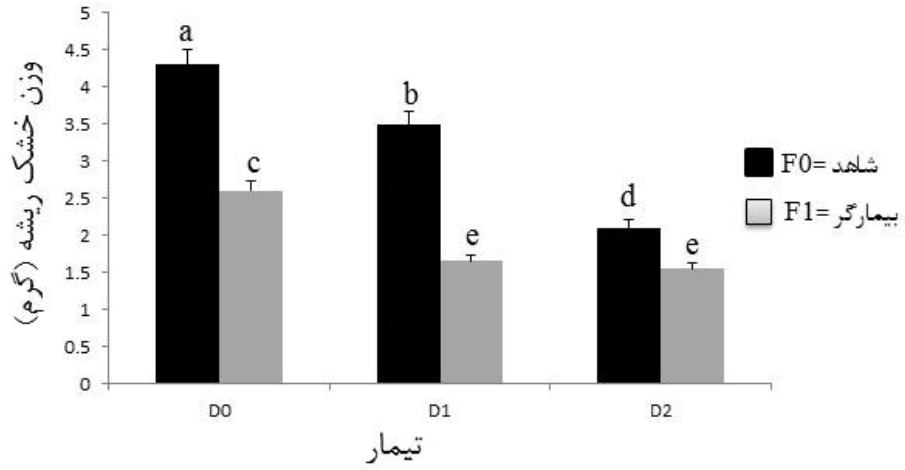
وزن خشک ریشه و ساقه

بر اساس نتایج به دست آمده، اثرات متقابل عامل بیماری (*C. destructans*) و تنش خشکی تأثیر معنی داری بر وزن خشک ریشه (در سطح ۱٪) و وزن خشک ساقه (در سطح ۵٪) داشتند (جدول ۱). بر این اساس بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه به ترتیب مربوط به تیمار F_0D_0 (۴/۲۸ گرم) و F_1D_2 (۱/۵۷ گرم) می‌باشد. با توجه به شکل ۹ بین

www.SID.ir

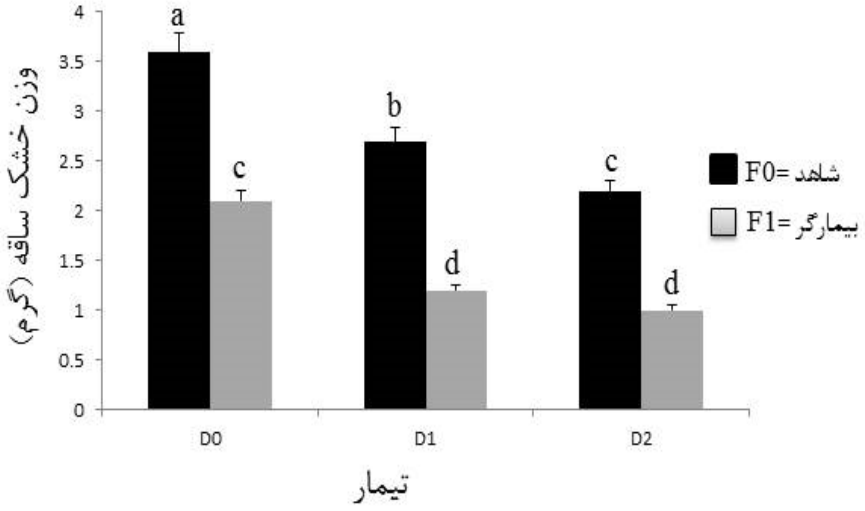
Archive of SID

تیمارهای F_0D_0، F_0D_1 و F_0D_2 و بین تیمارهای F_1D_0 با F_1D_1 و F_1D_0 با F_1D_2 و همچنین بین تیمارهای F_0D_0 با F_1D_0، F_0D_1 با F_1D_1 و F_0D_2 با F_1D_2 اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌شود.



شکل ۹ . مقایسه میانگین اثر متقابل بیمارگر *Cylindrocarpon destructans* و تنش خشکی بر شاخص وزن خشک ریشه در دانهال‌های پسته.

(F1= *C. destructans* و F0=کنترل، D2= ظرفیت مزرعه ۳۰٪ و D1= ۵۰٪، D0=۸۰٪)



شکل ۱۰ . مقایسه میانگین اثر متقابل *Cylindrocarpon destructans* و تنش خشکی بر شاخص وزن خشک ساقه (گرم) در دانهال‌های پسته

(F1= *C. destructans* و F0=کنترل، D2= ظرفیت مزرعه ۳۰٪ و D1= ۵۰٪، D0=۸۰٪).

www.SID.ir

Archive of SID

در ارزیابی شاخص وزن خشک ساقه نیز بیشترین و کمترین وزن ارزیابی شده به ترتیب مربوط به تیمارهای F_0D_0 (۳/۶۳ گرم) و F_1D_2 (۱/۰۱ گرم) می‌باشد. با توجه به شکل ۱۰ اختلاف معنی‌داری در این مورد بین تیمارهای F_0D_0،F_0D_1 و F_0D_2 و بین تیمارهای F_1D_0 با F_1D_1 و F_1D_0 با F_1D_2 و نیز بین تیمارهای F_0D_0 با F_1D_0، F_0D_1 با F_1D_1 و F_0D_2 با F_1D_2 دیده می‌شود. نتایج مشابه ای قبلا در خصوص نقش خشکی در کاهش وزن خشک ساقه و ریشه پسته گزارش شده است (۵۸). بررسی‌ها بر روی گیاه گل صدتومانی آلوده به *Fusarium* و *Phythophtora* نشان داده است که با افزایش تنش خشکی شاخص های وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد (۶۴).

محمدی و همکاران (۳۸) نیز نشان دادند که برهمکنش تنش خشکی و بیماری پوسیدگی ریشه ناشی از *F. solani* f.sp. *pisi* سبب کاهش معنی‌دار شاخص‌های وزن خشک‌ریشه و ساقه نخود فرنگی های تیمار شده نسبت به گیاهان شاهد می‌شود. کاهش وزن خشک ساقه در گیاهان گوجه فرنگی تحت تیمار تنش خشکی و بیمارگر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* نیز گزارش شده است (۱۵). بررسی های انجام شده نشان می‌دهد که برهمکنش تنش خشکی و اامیست *Pythium ultimum* باعث کاهش معنی‌دار شاخص وزن خشک در گیاهچه های گلرنگ شود (۴۳).

ارزیابی شدت بیماری بر روی ریشه و اندام هوایی دانهال‌های پسته

در برهم‌کنش تنش خشکی با عامل بیماری، اولین علائم بیماری بر روی دانهال‌های پسته به شکل زردی، چروکیدگی و خشکیدگی برگ‌ها، بعد از گذشت ۹۰ روز و ابتدا روی گیاهان مایه زنی شده با عامل بیماری و تحت تنش شدید (D_2) مشاهده شد. بر اساس نتایج به دست آمده در این زمینه، بیشترین شدت بیماری روی ریشه در تنش خشکی مربوط به تیمار F_1D_2 (٪۷۶) و کمترین میزان شدت بیماری نیز مربوط به تیمار F_1D_0 (٪۶۴) ارزیابی شد (جدول ۲).

نتایج مشابه ای نیز در مورد ارزیابی شدت بیماری روی اندام های هوایی دانهال‌های پسته مشاهده شد به گونه ای که بیشترین و کمترین شدت بیماری به ترتیب مربوط به دو تیمار F_1D_2 (٪۵۴) و F_1D_0 (٪۱۲) بود. به‌طورکلی نتایج این بخش از مطالعه نشان داد که با افزایش میزان تنش خشکی از D_0 به D_2، شاخص شدت بیماری روی ریشه و بخش‌های هوایی گیاهان نیز روند افزایشی دارد. نتایج مشابه ای نیز توسط سایر محقیقن در مورد عوامل قارچی و گیاهان مختلف گزارش شده است. پاپندیک و کوک (۴۵) نشان دادند که شدت پوسیدگی ریشه گیاه گندم ناشی از *F. roseum* در وضعیت کم‌آبی افزایش می‌یابد. نتایج مشابه ای در ارتباط با بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه گندم دوروم ناشی از *F. culmorum* (۹)

www.SID.ir

Archive of SID

و همچنین آنتراکنوز زغال اخته در اثر *Discula destructiva* (۱۱) گزارش شده است. بررسی ها در این زمینه نشان داده است که افزایش دوره های آبیاری باعث افزایش میزان آلودگی ریشه و طوقه گیاه سورگوم به بیمارگر *Macrophomina phaseolina* می شود (۱۶). تنش آبی همچنین باعث افزایش شدت پوسیدگی خشک ریشه نخود ایرانی توسط *Rhizoctonia bataticola* می‌شود (۵۹). مطالعه بر روی بیماری های ریشه و طوقه نخود نشان داده است که بیشترین شدت مربوط به نشانه های بیماری به شکل پوسیدگی خشک ریشه در اثر قارچ *R. bataticola* و پوسیدگی سیاه ریشه در اثر *F. solani* در تیمارهای دارای خشکی بالا مشاهده می‌گردد (۶۱). در مطالعه ای که توسط سلاجقه تذرجی و همکاران (۵۴) بر روی *F. solani* و گیاهچه های پسته در کرمان انجام شده است نیز تنش خشکی به عنوان یک شاخص در افزایش شدت بیماری پوسیدگی ریشه نهال‌های پسته گزارش شده است. به طور کلی تنش آبی می‌تواند جنبه های مختلف از جمله متابولیسم، سنتز دیواره سلولی و حتی تعادل هورمونی گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد که چنین تغییراتی در نهایت می توانند بر مقاوت گیاهان در برابر عوامل بیمارگر نقش داشته باشند (۵۶). مطالعات بافت شناسی نشان می‌دهد که تنش آبی می‌تواند باعث ضعیف شدن و کاهش مقاومت میزبان و در نتیجه افزایش آلودگی آن توسط بیمارگر شود (۳۲).

جدول ۲. اثر متقابل تنش خشکی و *Cylindrocarpon destructans* بر شدت بیماری دانهال‌های پسته.

تیمار	شدت بیماری روی ریشه (٪)	درصد جداسازی مجدد (٪)	شدت بیماری روی برگ (٪)
F_1D_0	٦٤/٠٠	٥٣/٣٣	١٢/٠٠
F_1D_1	٧٤/٠٠	٦٠/٠٠	٣١/٠٠
F_1D_2	٧٦/٠٠	٦٦/٦٧	٥٤/٠٠

درصد کلنیزاسیون ریشه دانهال‌های پسته توسط عامل بیمارگر

نتایج به دست آمده از کشت قطعات ریشه دانهال‌های پسته و بررسی درصد کلنیزاسیون ریشه نشان داد که با افزایش میزان تنش خشکی درصد کلنیزاسیون ریشه توسط عامل بیمارگر افزایش می‌یابد. بر اساس داده‌های ارائه شده (جدول ۲) بیشترین میزان درصد کلنیزاسیون ریشه دانهال‌های پسته مربوط به تیمار F_1D_2 (۶۶٪/۶۷) و کمترین درصد نیز متعلق به تیمار F_1D_0 (۵۳٪/۳۳) ارزیابی گردید. نتایج مشابه ای نیز توسط سایر محقیقن بر روی بیمارگرها و گیاهان

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف از جمله *Botryosphaeria dothidea* بر روی پسته (۲۸)، *M. phaseolina* بر روی گیاه لوبیا (۳۰) و سورگوم (۱۶)، *R. bataticola* بر روی نخود ایرانی (۵۹) و همچمین *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* بر روی گوجه فرنگی (۱۵) نیز گزارش شده است. مطالعه بر روی گیاهچه های گندم و قارچ *F. pseudograminearum* نشان داده است که این قارچ ریشه گیاهان تحت تنش خشکی را با درصد بیشتری نسبت به گیاهان تیمار بدون تنش کلنیزه می‌کند (۶). مطالعات اولیه حاکی از آن است که افزایش ترشحات ریشه در شرایط تنش آبی می‌تواند در استقرار اولیه بیمارگرهای خاکزی بر روی ریشه نقش داشته باشد (۲۶). در گیاهان پژمرده و گیاهانی که در معرض تنش آبی هستند میزان زیادی از اسید آمینه ها از ریشه ترشح می‌شوند (۲۶) که چنین ترکیباتی می توانند در جوانه‌زنی و افزایش آلودگی و در نتیجه افزایش کلنیزه شدن ریشه توسط بیمارگر نقش داشته باشند (۵۷).

نتیجه گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش اثرات منفی قارچ بیمارگر *C. destructans* بر روی دانهال‌های پسته می‌گردد. در این زمینه مشخص شد که وجود تنش خشکی می‌تواند باعث افزایش میزان کلنیزاسیون ریشه دانهال‌های پسته توسط بیمارگر خاکزاد *C. destructans* گردد و در نتیجه باعث بالا رفتن شدت بیماری پوسیدگی ریشه شود. این امر می‌تواند در مدیریت بیماری های پوسیدگی طوقه و ریشه نهال‌های پسته در مناطق پسته کاری کشور از جمله استان کرمان که دارای شرایط آب و هوایی گرم و خشک می‌باشد بسیار حائز اهمیت باشد.

منابع

1- Alaniz, S., León, M., Vicent, A., García-Jiménez, J., Abad-Campos, P. and J. Armengol. 2007. Characterization of *Cylindrocarpon* species associated with black foot disease of grapevine in Spain. Plant Disease 91: 1187–1193.

2- Auger, J., Esterio, M. and I. Pérez. 2007. First report of black foot disease of grapevine caused by *Cylindrocarpon macrodidymum* in Chile. Plant Disease 91: 470.

3- Banihashemi, Z. 1984. *Phytophthora* diseases of pistachio in southern Iran. Phytophthora Newslett 12: 3p.

4- Banihashemi, Z. and A. H. Mohammadi. 2001. Interaction between salinity and Verticillium wilt of pistachio. Phytopathology, 91: S5p.

www.SID.ir

Archive of SID

5- Banihashemi, Z. and S. A. R. Tabatabaee 2004. Interaction between salinity and *Phytophthora citrophthora* in pistachio seedlings under hydroponic system. Iranian Journal of Plant Pathology, 40: 159–178 (In Persian with English Summary).

6- Beddis, A. and W. Burgess. 1992. The influence of plant water stress on infection and colonization of wheat seedlings by *Fusarium graminearum* Group 1. Phytopathology, 82: 78–82.

7- Booth, C. 1966. The genus *Cylindrocarpon*. Mycological Papers, 104: 1–56.

8- Bowers, J. H. and D. J. Mitchell. 1990. Effect of soil-water matric potential and periodic flooding on morality of pepper caused by *Phytophthora capsici*. Phytopathology, 80: 1447–1450.

9- Chekali, S., Gargouri, S., Paulitz, T., Nicol, J. M., Rezgui, M. and B. Nasraoui. 2011. Effects of *Fusarium culmorum* and water stress on durum wheat in Tunisia. Crop Protection, 30 (6): 718–725.

10- Corban, B. 2006. Operations and production manager Corban‟s viticulture Ltd, Auckland, New Zealand.

11- Daughtrey, M. L. and C. R. Hibben. 1994. Dogwood anthracnose: a new disease threatens two native *Cornus* species. Annual Review of Phytopathology, 32: 61–73.

12- Durbin, R. D. 1978. Abiotic diseases induced by unfavorable water relations, pp.101-107, In: T. T. Kozlowski (ed.), Water Deficit and Plant Growth. Academic Press, New York.

13- Fourie, P. H. and F. Halleen. 2001. Diagnosis of fungal diseases and their involvement in dieback disease of young vines. Wynboer, 149: 19–23.

14- Garuba, T., Abdulrahaman, A. A., Olahan, G. S., Abdulkareem, K. A. and J. E. Amadi. 2014. Effects of fungal filtrates on seed germination and leaf anatomy of maize seedlings (*Zea mays* L., Poaceae). Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 18(4): 662–667.

15- Ghaemi, A., Rahimi, A. and Z. Banihashemi. 2009. Effects of water stress and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on growth (leaf area, plant height, shoot dry matter) and shoot nitrogen content of tomatoes under greenhouse conditions. Iran Agricultural Research, 28: 52–62.

16- Goudarzi, A., Banihashemi Z. and M. Maftoun. 2011. Effect of salt and water stress on root infection by *Macrophomina phaseolina* and ion composition in shoot in sorghum. Iranian Journal of Plant Pathology, 47(3): 69–83.

17- Halleen, F., Schroers, H.-J., Groenewald, J. Z. and P. W. Crous. 2004. Novel species of *Cylindrocarpon* (*Neonectria*) and *Campylocarpon* gen. nov. associated with black foot disease of grapevines (*Vitis* spp.). Studies in Mycology, 50: 431–455.

18- Hirooka, Y. and T. Kobayashi. 2007. Taxonomic studies of nectrioid fungi in Japan. I: The genus *Neonectria*. Mycoscience, 48: 53–62.

19- Holtz, B. A. and B. L. Teviotdale. 2016. Soil-borne diseases. pp. 257-264, In: L. Ferguson, and D. Haviland (eds), Pistachio production manual. Oakland, CA: University of California Agriculture and Natural Resources.

www.SID.ir

Archive of SID

20- James, R. L. 1991. Cylindrocarpon root disease of container-grown white bark pine seedlings – USDA Forest Service Nursery, Coeur d'Alene, Idaho. USDA Forest Serv., Forest Health Protection, Missoula, Montana, Rep 91–8, 10 pp.

21- James, R. L. 2000. Diseases associated with white bark pine seedling production – USDA Forest Service Nursery, Coeur d'Alene, Idaho. USDA Forest Serv., Forest Health Protection, Missoula, Montana, Rep 00–8, 11 pp.

22- James, R. L. 2004. Pathogen infection and colonization of container-grown white bark pine seedlings – USDA Forest Service Nursery, Coeur d'Alene, Idaho. USDA Forest Serv., Forest Health Protection, Missoula, Montana, Nursery Disease Notes No. 154, 10 pp.

23- James, R. L., Dumroese, R. K. and D. L. Wenny. 1994. Observations on the association of *Cylindrocarpon* spp. with diseases of container-grown conifer seedlings in the inland Pacific Northwest of the United States. In: Perrin R. and Sutherland J.R. (eds), Diseases and Insects in Forest Nurseries. Institut National De La Recherche Agronominque, Les Colloques No. 68, pp. 237–246.

24- Kanber, R., Yazar, A., Onder, S. and H. Koksal. 1993. Irrigation response of pistachio. Irrigation Science, 14(1): 7–14.

25- Karimi, H. R., Ebadi, A., Zamani, Z. and R. Fatahi. 2011. Effects of water salinity on growth indices and physiological parameters in some pistachio rootstocks. Journal of Plant Nutrition, 34 (7): 935–944.

26- Katznelson, H., Rouatt, J. W. and T. M. B. Payne. 1955. The liberation of amino acids and reducing compounds by plant roots. Plant Soil, 7: 35–48.

27- Lawrence, D. P., Nouri, M. T. and F. P. Trouillas. 2019. Taxonomy and multi-locus phylogeny of cylindrocarpon-like species associated with diseased roots of grapevine and other fruit and nut crops in California. Fungal Systematics and Evolution, 4: 59–75.

28- Ma, Z., Morgan, D. P. and T. J. Michlailides. 2001. Effects of water stress on *Botryosphaeria* blight of pistachio caused by *Botryosphaeria dothidea*. Plant Disease, 85: 745–749.

29- MacDonald, J. D., Banihashemi, Z., Mircetich, S. M., Browne, G. and L. Bolkan. 1992. Trunk and branch canker of pistachio caused by *Phytophthora* spp. Phytopathology, 82: 1089.

30- Mayek-Perez, N., Garcia-Espinosa, R., Lopez-Castaneda, C., Acosta-Gallegos, J. A. and J. Simpson. 2002. Water relations, histopathology and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during pathogenesis of *Macrophomina phaseolina* under drought stress. Physiological and Molecular Plant Pathology, 60: 185–195.

31- Mckinney's, H. H. 1923. A new system of grading plant diseases**.** Journal of Agriculture Reseach, 26: 195–218.

32- Mcpartland, J. and D. Schoeneweiss. 1984. Hyphal morphology of *Botryosphaeria dothidea* in vessels of unstresssed and drought stressed stems of *Betula alba*. Phytopathology, 74: 358–362.

www.SID.ir

Archive of SID

33-Mirabolfathy M., D.F.L. Cooke, J.M. Duncan. N.A. Williams, D. Ershad and A. Alizadeh, 2001. *Phytophthora pistacia* sp. nov. and *P. melonis* the principal causes of pistachio gummosis in Iran. Mycological Research, 105: 1166–1175.

34-Misra, A. and N. K. Srivastava. 2000. Influence of water stress on Japanese Mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 7: 51–58.

35-Mohammadi, A. H. 2000. Interaction between salinity and Verticillium wilt disease of pistachio. MSc Thesis, Shiraz, Iran, Shiraz University, , 128 pp.

36-Mohammadi, A. H., Haghdel, M., Moghaddam, M. M. and Z. Banihashemi. 2006. Current status of Verticillium wilt disease of pistachio trees in Iran. Acta Horticulturae, (726): 631–635.

37-Mohammadi, H., Banihashemi, Z., Alaniz, S. and J. Armengol. 2009. Characterization of *Cylindrocarpon liriodendri* associated to grapevine black foot disease in Iran. Journal of Phytopathology, 157: 642–645.

38-Mohammadi, H., Sarcheshmehpour, M. and E. Mafi. 2012. Effects of drought and salinity stress on pea root rot caused by *Fusarium solani* f.sp. *pisi.* Proceeding of 20th Iranian Plant Protection Congress. Shiraz. Iran. pp. 1.

39-Moral, J., López-Escudero, F. J., Roca, L.F., Blanco-López, M. A. and A. Trapero. 2010. First report of Verticillium wilt of pistachio caused by *Verticillium dahliae* in Spain. Plant Disease, 94(3): 382.

40-Mousavi, M. 2015. Effects of salinity and water stress on growth and pathogenicity of *Diplodia seriata, Neofusicoccum parvum* and *Botryosphaeria dothidea* as the causal agents of pistachio decline in Iran. MSc. Thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. 150 p.

41-Munawarti, A., Taryono, T., Semiarti, E. and S. Sismindari. 2014. Morphological and biochemical responses of glagah (*Saccharum spontaneum* L.) accessions to drought stress. Tropical Life Sciences Research, 4(1): 61-66.

42-Oliveira, H., Rego, M. C., and T. Nascimento. 2004. Decline of young grapevines caused by fungi. Acta Horticulturae, 652: 295–304.

43-Pahlevani, M., Ghaderi, M., Bagmohamadi, H. and S. E. Razavi. 2012. The effects of drought stress and *Pythium ultimum* on seed germination and seedling growth in safflower. Journal of Plant Production, 19(2): 89-104. (in Persian).

44-Pandey, P., Irulappan, V., Bagavathiannan, M. V. and M. Senthil-Kumar. 2017. Impact of combined abiotic and biotic stresses on plant growth and avenues for crop improvement by exploiting physio-morphological traits. Frontiers in Plant Science, 8:537.

45-Papendick, R. I. and R. J. Cook. 1973. Plant water stress and development of Fusarium foot rot in wheat subjected to different cultural practices**.** Phytopathology, 64: 358–363.

46-Petit, E. and W. D. Gubler. 2005. Characterization of *Cylindrocarpon* species, the cause of black foot disease of grapevine in California. Plant Disease 89: 1051–1059.

47-Petit, E. and W. D. Gubler. 2007. First report of *Cylindrocarpon liriodendri* causing black foot disease in California. Plant Disease 91: 1060.

www.SID.ir

Archive of SID

48- Probst, C. M. 2011. Cylindrocarpon black Foot Disease in Grapevines Identification and Epidemiology. Ph.D. Thesis, Lincoln University. New Zealand. 259 p.

49- Rahman, M. and Z. K. Punja. 2005. Factors influencing development of root rot on ginseng caused by *Cylindrocarpon desrtuctans*. Phytopathology, 95: 1381–1390.

50- Rego, M. C., Oliveira, H., Carvalho, A. and A. Phillips. 2000. Involvement of *Phaeoacremonium* spp. and *Cylindrocarpon destructans* with grapevine decline in Portugal. Phytopathologia Mediterranea, 39: 76–79.

51- Ristaino, J. B. and J. M. Duniway. 1989. Effect of preinoculation and postinoculation water stress on the severity of phytophthora root rot in processing tomatoes**.** Plant Disease, 73: 349–352.

52- Saadatmand, A., Banihashemi, Z., Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun. 2008. Soil salinity and water stress and their effect on susceptibility to Verticillium wilt disease, ion composition and growth of pistachio, Journal of Phytopathology, 156: 287–292.

53- Salajegheh Tezerji, F. 2013. The effect of drought stress and mycorrhizal fungi on root rot disease of pistachio seedling caused by *Fusarium solani*. MSc Thesis, Submitted to Shahid Bahonar Univ. of Kerman, Kerman, Iran.

54- Salajegheh Tezerji, F., Mohammadi, H. and M. Sarchemehpour. 2014a. Effect of water stress on root rot disease of pistachio seedlings caused by *Fusarium solani.* Iranian Journal of Plant Pathology, 50(3): 131–133.

55- Salajegheh Tezrji, F., Mohammadi, H. and M. Sarcheshmehpour. 2014b. Isolation and identification of *Cylindrocarpon* spp. associated with root and crown rot of pistachio seedlings (*Pistacia vera* L.) in Iran. 1st Iran Pistachio Conf, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, 326–330.

56- Schoeneweiss, D. F. 1975. Predisposition, stress and plant disease. Annual Review of Phytopathology, 13: 193–211.

57- Schroth, M. N. and F. F. Hendrix. 1962. Influence of nonsusceptible plants on the survival of *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* in soil. Phytopathology, 52: 906–909.

58- Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun. 1981. Growth and chemical composition of pistachio cultivars as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water. I. Growth. Journal of Horticultural Science, 56: 277–284.

59- Sharma, M. and S. Pande. 2013. Unravelling effects of temperature and soil moisture stress response on development of dry root rot (*Rhizoctonia bataticola* (Taub.)) Butler in Chickpea. American Journal of Plant Sciences, 4: 584–589.

60- Singleton, L. L., Mihaill J. D. and C. M. Rush. 1992. Method for research on soil borne phytopathogenic fungi. APS Press, St. Paul, MN. 256 p.

61- Sinha, R., Irulappan, V., Mohan-Raju, B., Suganthi, A. and M. Senthil-Kumar. 2019. Impact of drought stress on simultaneously occurring pathogen infection in field-grown chickpea. Scientific Reports, 9: 55–77.

www.SID.ir

Archive of SID

62-Snowdown, P. 2000. Nutritional disorders and other abiotic stresses of *Eucalyptus*, pp. 385-409. In: P. J. Keen, G. A. Kile, F. D. Podger and B. D. Brown (eds), Diseases and pathogens of *Eucalyptus.* CSIRO Publishing, Marangaroo.

63-Sweetingham, M. 1983. Studies on the nature and pathogenicity of soilborne *Cylindrocarpon* spp. Ph.D. Thesis. University of Tasmania, Hobart, Tasmania, Australia.

64-Tabatabaei, S. AH., Jalilvand, H. and H. Ahani. 2014. Drought stress response in caucasian hackberry: growth and morphology. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 5(3): 158–169.

65-Tajabadi Pour, A., Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun. 2005. Plant water relations and seedling growth of three pistachio cultivars as influenced by irrigation frequency and applied potassium. Journal of Plant Nutrition, 28: 1413–1425,

66-Yamaguchi-Shinozaki, K., Kasuga, M., Liu, Q., Nakashima, K., Sakuma, Y., Abe, H., Shinwari, Z. K., Seki, M. and K. Shinozaki. 2002. Biological mechanisms of drought stress response. JIRCAS Working Report, 23:1–8.

67-Zokaee–Khosroshahi, M. R. Esna–Ashari, M., Ershadi, A. and A. Imani. 2014. Morphological changes in response to drought stress in cultivated and wild almond species. Journal of Agricultural Science and Technology, 1(1): 79–92.

www.SID.ir