نشریه جنگل و فراورده‌های چوب. مجله منابع طبیعی ایران
دوره ٦٦، شماره ١، بهار ١٣٩٢
١٥

تاریخ دریافت: ١٣٩٠/١٠/٢٧
تاریخ پذیرش: ١٣٩١/٧/١٦

برهم‌کنش اثرات تنش خشکی و پوسیدگی ریشهٔ فوزاریومی در برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک نهال‌های کُنار

❖ **نجمه نجات؛** دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد بخش مدیریت مناطق بیابانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
❖ **رضا مستوفی‌زاده قلمفرسا** *؛ دانشیار بخش گیاه‌پزشکی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
❖ **حسین صادقی؛** استادیار بخش مدیریت مناطق بیابانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
❖ **شاهرخ زندپارسا؛** دانشیار بخش مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
❖ **سید رشید فلاح شمسی؛** استادیار بخش مدیریت مناطق بیابانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

چکیـده:

کُنار (*Ziziphus spina-christi*) درختی جنگلی است که در نواحی خشک و نیمه‌خشک آسیا و افریقا رشد می‌کند و بومیان به‌طور گسترده از میوه‌ها، برگ‌ها، پوست، و چوب آن استفاده می‌کنند. از سال ١٣٨٧ مرگ تعداد زیادی از نهال‌های کُنار با علایم پوسیدگی در ریشه در نهالستان‌های کازرون و لامرد در استان فارس مشاهده شد. عامل بیماری ضمن حمله به ریشه‌ها سبب تغییر رنگ و نکروز پوست داخلی و چوب در محل طوقه می‌شود. با کشت بافت‌های تغییررنگ‌یافته (ریشه و طوقه) روی محیط کشت عصارهٔ سیب‌زمینی-آگار جدایه‌های قارچ *Fusarium oxysporum* جدا شد و بیماری‌زاییِ گونهٔ فوق با استفاده از اصول کخ به اثبات رسید. از آنجا که کُنار در مناطق خشک نهال‌کاری می‌شود و بیماریِ مرگ نهال ناشی از پوسیدگی ریشه نیز در این مناطق شایع است، برهم‌کنش تنش خشکی و عامل بیماری‌زا در آلودگی ریشه‌های این گیاهان مطالعه و بررسی شد. به‌منظور بررسی اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و عامل بیماری‌زا، مطالعه‌ای به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار شامل تیمارهای دورآبیاری (دو، سه، پنج، و هشت روزه) و قارچ *F. oxysporum* تحت شرایط گلخانه انجام گرفت و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک نهال‌ها، مانند ارتفاع، تعداد برگ، و طول و پهنای برگ، بررسی شد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان می‌دهد که عکس‌العمل رشدی کُنار در مقایسه با تنش‌های خشکی اعمال‌شده به سطوح خشکی بستگی دارد. همچنین، کاهش ارتفاع و تعداد برگ در هر گیاه در برهم‌کنش *F. oxysporum* و تنش خشکی بیش از ٥٠ درصد مشاهده شد.

واژگان کلیدی: کُنار، *Fusarium oxysporum*، پوسیدگی ریشه، بوته‌میری، تنش خشکی.

* نویسنده مسئول تلفن: ٠٧١١-٦١٣٨٣٢٣ فاکس: ٠٧١١-٢٢٨٦٠٨٧
E. mail: rmostofi@shirazu.ac.ir

مقدمه

جنس کُنار از خانوادهٔ *Rhamnaceae*، در ایران سه گونهٔ درخت و درختچه‌ای دارد که دو گونهٔ آن *Ziziphus spina-christi* و *Z. nummularia* خاص مناطق گرمسیری، و گونهٔ *Z. jujuba* مربوط به مناطق معتدل و معتدل سردند [۱]. گونه‌های کُنار در جنوب ایران از جنبهٔ پزشکی بسیار حائز اهمیت‌اند و افراد بومی به‌طور گسترده از میوه‌ها، برگ‌ها، پوست، و چوب آن استفاده می‌کنند. کُنار علاوه بر تانن و استرول‌های گیاهی، مانند بتاسیتوسترول و بتاسیتوسترول گلوکزید، دارای پونین اتیلن، لاکتون، استات کلسیم، پتاسیم، آهن، منیزیم، و فسفر است [۲]. سطح جنگل‌های کُنار در استان فارس برابر با ۳۷۸٤٦۰ هکتار است، که در شهرستان‌های لامرد، جهرم، قیر و کارزین، و کازرون سطح بسیار زیادی را در بین درختان جنگلی به خود اختصاص داده است [۳]. در سال ۱۳۸٦ در برخی از نهالستان‌های کُنار استان فارس پوسیدگی ریشهٔ کُنار و مرگ گیاهچه دیده شد. علایم بیماری در نهال‌ها به‌صورت پوسیدگی و قهوه‌ای‌شدن بافت ریشه و در مواردی طوقه و زردشدن برگ‌ها و درنتیجه مرگ گیاهچه مشاهده شد که شبیه علایم ناشی از عوامل قارچی بیماری‌زای خاک‌زاد بود و به‌عنوان عاملی محدودکننده در نهالستان‌های کُنار به‌شمار می‌رود [٤].

قارچ‌های بیماری‌زای خاک‌زاد از مهم‌ترین عوامل محدودکنندهٔ عملکرد محصولات در بسیاری از کشورهای جهان‌اند. پوسیدگی ریشه توسط عوامل متعددی چون *Fusarium solani*، *Fusarium oxysporum*، *Rhizoctonia solani*، *Phytophthora* spp. و *Pythium* spp. به‌عنوان مخرب‌ترین قارچ‌های خاک‌زاد در بین قارچ‌های بیماری‌زا، به‌وجود می‌آیند[۵]. شبهِ جنس فوزاریوم از نظر اقتصادی مهم بوده، در بر دارندهٔ تعداد زیادی از گونه‌های بیمارگر است که موجب بیماری‌های زیادی در گیاهان می‌شوند. در این میان، *F. solani* و *F. oxysporum* به‌عنوان عوامل پوسیدگی ریشه، پوسیدگی ساقه، و پژمردگی در طیف وسیعی از گیاهان شناخته شده‌اند [٦]. پوسیدگی فوزاریومی ناشی از فرم‌های بیماری‌زای ساکن در خاک در گونهٔ *F. oxysporum*، ممکن است باعث زیان‌های شدید در طیف وسیعی از گیاهان زراعی شود [۷]. کاویان‌پی و همکاران در سال ۱۳۷۷[۸] بیماری‌زاییِ این گونه را در نهال‌های کُنار خزانه‌های جنگلی خوزستان و نجات [٤] در نهالستان‌های استان فارس به اثبات رسانده‌اند. مطالعات نشان داده که پیش‌آمودگی گیاه براثر خشکی موجب افزایش حساسیت به بیماری‌های گیاهی می‌شود [۵]. این نکته درمورد فوزاریوم‌های مولد پوسیدگی ریشه به مراتب شدیدتر است [۹].

بیش از ۸۰ درصد بافت گیاهی را آب تشکیل می‌دهد [۱۰، ۱۱] و کمبود آن در گیاهان عوارض شدیدی را موجب و مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ رشد و نمو گیاهان محسوب می‌شود. برای اینکه گیاه بتواند آب را جذب کند، باید پتانسیل آبِ سلول‌های ریشه کمتر از آب خاک باشد [۱۰، ۱۲]. درواقع، در وضعیت تنش خشکی پتانسیل آبِ محیط گیاه کاهش می‌یابد و جذب آب توسط گیاه با مشکل مواجه می‌شود. تحقیقات بسیاری درمورد تأثیر کمبود آب بر رشد و نمو گیاهان انجام شده است [۱۲، ۱۳]. این تحقیقات حاکی از آن است که کاهش رشد به دلایل مختلفی اتفاق می‌افتد. وقتی گیاهان به آب کافی دسترسی نداشته باشند، مقدار مواد بازدارندهٔ رشد، چون آبسیزیک اسید، در گیاه افزایش می‌یابد. از طرفی، برخی محققان [۱٤] کاهش مقدار هورمون‌های محرک رشد، مانند جیبرلین‌ها، اکسین‌ها، و سیتوکنین‌ها، در گیاه را براثر کمبود آب گزارش کرده‌اند [۱۳]. در گیاهان نخستین آثار کمبود آب به‌صورت بسته‌شدن روزنه‌ها بروز می‌کند. از آنجا که برای عمل فتوسنتز تبادلات گازی ضروری است، بنابراین، براثر کمبود آب و بسته‌شدن روزنه‌ها تبادلات گازی کاهش یافته و در نتیجه CO_2 کمتری در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد [۱۵، ۱٦].

پیندیک و کوک [۱۷] میزان پیشرفت پوسیدگی

ریشهٔ گندم ناشی از *Fusarium roseum* را در موقعیت کم‌آبی بیش از زمانی که آب در دسترس گیاه قرار دارد گزارش کردند. ماریا و همکاران[۱۸] اعلام کردند که در وضعیت خشکی و کم‌آبی، که رشد گیاه محدود می‌شود، *F. oxysporum* نه تنها قادر به رشد است، بلکه شدت بیماری‌زاییِ آن بیشتر می‌شود. با وجود این، در سال ۲۰۰۸ جورادو و همکاران [۱۹] مطالعاتی در آزمایشگاه بر قارچ *Fusarium verticillioides* روی گیاه ذرت انجام دادند که در آن اثر دو عامل دما و تنش خشکی بر رشد ریسهٔ قارچ بررسی شد. نتایج نشان‌دهندهٔ کاهش میزان رشد ریسهٔ قارچ در دمای پایین و تنش خشکی بود.

با توجه به کشت نهال‌های کُنار در محیط‌های خشک، بررسی اثر تنش خشکی بر شدت بیماری فوزاریومیِ ریشه اهمیت دارد. هدف از این تحقیق، جداسازیِ عوامل پوسیدگی فوزاریومی ریشهٔ کُنار از نهالستان‌های استان فارس و بررسی آثار تنش خشکی روی پیشرفت این نوع پوسیدگی ریشه و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه بوده است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از نهالستان‌های کُنار (*Z. spina-christi*) شهرستان کازرون و لامرد استان فارس در ۱۳۸۸/۰٤/۰۲ و ۱۳۸۸/۰۸/۰۹ انجام شد و طی آن نهال‌های کُنارِ یک تا سه ماههٔ مشکوک به بیماریِ پوسیدگیِ ریشه جمع‌آوری شدند.

جداسازی از بافت‌های آلودهٔ کُنار

برای جداکردن قارچ‌هایی که به قسمت‌های داخلی بافت‌های ریشه و طوقه نفوذ می‌کنند ابتدا ریشه و طوقه با آب لوله به‌خوبی شسته شد تا خاک اطراف ریشه‌ها به‌طور کامل از بین برود. نهال‌های دارای علایم شدید پوسیدگی و تغییر رنگ قهوه‌ای در ناحیهٔ ریشه و طوقه، در کیسه‌های سترون، به آزمایشگاه منتقل شدند. بافت آلوده به قطعات ۵ تا ۱۰ میلی‌متری تقسیم‌شده، با مادهٔ سفیدکنندهٔ تجاری ۱۰درصد حاوی ۰/۵ درصد مادهٔ مؤثر هیپوکلریت سدیم، به مدت یک دقیقه، گندزدایی شد. قطعات پس از شست‌وشو با آب مقطر سترون، به محیط کشت PDA (عصارهٔ ۳۰۰ گرم سیب‌زمینی، ۱٦ گرم آگار، ۲۰ گرم گلوکز، و آب مقطر تا حجم یک لیتر) انتقال داده شد.

خالص‌سازی، نگه‌داری، و شناسایی قارچ‌ها

خالص‌سازی به روش نوکِ ریسه انجام گرفت. در این روش قطعه‌ای از حاشیهٔ یک پرگنهٔ سه تا پنج روزه به محیط کشت آب آگار ۲ درصد منتقل شد و بعد از ۱۰ تا ۱۸ ساعت نگه‌داری در ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد، نوکِ ریسه در پشت آخرین دیوارهٔ عرضی آن بریده و به محیط کشت PDA منتقل شد. جدایه‌هایِ قارچ در داخل لوله‌های آزمایش حاوی ۲۰ میلی‌لیترِ محیط کشت PDA به‌صورت مایل انتقال داده و به مدت یک هفته در ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد نگه‌داری شد تا به‌خوبی رشد کنند. جدایه‌های رشدیافته در چهار درجهٔ سانتی‌گراد نگه‌داری شد [۲۰]. گونه‌های فوزاریوم براساس مشخصات ریخت‌شناسی ماکروکنیدیوم، وجود یا عدم میکروکنیدیوم، شکل و نحوهٔ تشکیل میکروکنیدیوم در انتهای کنیدیوفور (تکی، زنجیری یا سرهای دروغین)، نوع فیالید، وجود یا عدم وجود کلامیدوسپور، مشخصات پرگنه‌ها بر محیط کشت PDA شامل رنگ‌ریسه‌های هوایی و رنگدانهٔ تولیدشده در محیط کشت، میزان رشد پرگنه‌ها در ۲۵ و ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد، رنگ بالشتک‌های اسپوری و دیگر خصوصیات لازم با استفاده از منابع موجود صورت گرفت[۹]. بیماری‌زایی قارچ‌های جداشده با استفاده از اصول کخ بررسی شد.

تهیهٔ مایهٔ *Fusarium oxysporum*

از جدایهٔ بیمارگر *F. oxysporum* KFO7 برای تهیهٔ مایهٔ بیمارگر استفاده شد. ۱۵۰ گرم دانهٔ گندم با آب لوله شسته و در فلاسک نیم‌لیتری ریخته و به مدت یک روز

خیس شد. برای سترون کردن، سه بار به‌صورت یک روز در میان در ۱۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد در فشار یک اتمسفر به مدت ٤٠ دقیقه اتوکلاو گردید و به مدت یک هفته در دمای اتاق نگه‌داری شد تا در صورت آلودگی دو مرتبه سترون شود. پنج بلوک قارچ داخل هر فلاسک اضافه شد و پس از قراردادن در دمای اتاق در وضعیت نوری متناوب شب و روز، هر سه روز یک بار تکان داده شد و پس از یک ماه به گیاهان مایه‌زنی گردید.

مایه‌زنی

به‌منظور اثبات بیماری‌زایی و مایه‌زنی به نهال‌ها، ابتدا گلدان‌های سترون به قطر تقریبی ۳۰ سانتی‌متر از خاک لومی‌ـرسی (به نسبت ۱:۱) سترون تا عمق ۵ سانتی‌متری از سطح گلدان پر و به مدت دو روز هوادهی شد. بعد از این مدت، در هر گلدان یک عدد بذر گندزدایی‌شدهٔ کُنار توسط مادهٔ سفیدکنندهٔ تجاری ۱۰ درصد در عمق یک سانتی‌متری کاشته شد. به‌منظور بررسی بیماری‌زایی با قرار دادن ۵۰ میلی‌لیتر مایهٔ قارچ پای طوقهٔ نهال‌های یک‌ماهه، مایه‌زنی انجام و روی آن با ماسهٔ سترون پوشانده شد [۲۱]. نتایج پس از یک تا سه هفته با کشت بافت آلوده بر محیط PDA بررسی گردید.

نهال‌کاری

کاشت کُنار به صورت بذرهای جمع‌آوری‌شده از نهالستان کازرون، بعد از سترون‌کردن در هیپوکلریت سدیم ۲ درصد، به مدت ۱۵ دقیقه [۲۲] در هر گلدان با وزن ثابت یک کیلوگرم خاک لومی‌ـرسی (به نسبت ۱:۱) سترون انجام گرفت.

تیمارهای تنش خشکی

به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی بر بیماری‌زایی جدایه‌ای از *F. oxysporum* و اندازه‌گیری برخی صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه، آزمایشی گلخانه‌ای (محیط کنترل‌شده) به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد.
تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی (تغییر در دور آبیاری) در سه سطح سه، پنج، و هشت روز در میان در گلدان‌های مایه‌زنی‌شده توسط جدایهٔ KFO7 بود. تیمارهای شاهد شامل نهال سالم (مایه‌زنی‌نشده با قارچ) با دور آبیاری یک روز در میان، نهال سالم همراه با اعمال تنش‌های خشکی (سه، پنج، و هشت روز در میان) و نهال مایه‌زنی‌شده با آبیاری یک روز در میان بررسی شد. آبیاری این گلدان‌ها براساس ظرفیت زراعی انجام شد. در این مطالعه، علاوه بر تأثیر تنش خشکی بر روند بیماری‌زایی، برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک، شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، و سطح برگ نیز اندازه‌گیری شد.

واکاوی آماری

مقادیر عددی حاصل از اندازه‌گیری صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS [۲۳] تجزیهٔ واریانس شد و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح یک درصد انجام گرفت.

نتایج

چندین گونهٔ فوزاریوم بیماری‌زای گیاهی از ریشهٔ کُنارهای آلوده جداسازی و بیماری‌زایی اثبات شد. براساس کلیدهای موجود گونه‌های فوزاریوم آلوده‌کنندهٔ ریشهٔ نهال‌ها *F. solani* و *F. oxysporum* بودند که از جدایهٔ بیمارگر *F. oxysporum* KFO7 در آزمون‌های برهم‌کنش تنش خشکی استفاده شد. از ریشه‌های آلوده گونه‌های دیگری از قارچ‌ها و شبه قارچ‌ها شامل *Pythium aphanidermatum*، *Rhizoctonia solani*، *Pythium ultimum* و *Phytophthora* sp. نیز جداسازی شد.

اثر تنش خشکی بر *Z. spina-christi* بدون اعمال بیماری

ارتفاع گیاه

نتایج نشان داد که بالاترین میزان ارتفاع نهال پس از دو ماه در وضعیت آبیاری معمولی (یک روز در میان در حدّ ظرفیت زراعی) ۱۵/٦۳ سانتی‌متر بود که این میزان

ارتفاع با آبیاری سه روز در میان تفاوت معنی‌داری را در سطح ۱ درصد نشان نداد. اما ارتفاع نهال با افزایش تنش به‌شدت کاهش یافت؛ به‌طوری‌که ارتفاع نمونهٔ شاهد در مقایسه با نهال تحت دور آبیاری هشت‌روزه حدود دو برابر بود (شکل ۱).

تعداد برگ در هر گیاه

همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود، تنش خشکی در میزان برگ‌دهی گیاه در دور آبیاری سه‌روزه اختلاف معنی‌داری ندارد، ولی در دور آبیاری پنج و هشت روزه اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده می‌شود. به‌طوری‌که نمونهٔ شاهد در مقایسه با نهال تحت دور آبیاری هشت‌روزه ۲/۱ برابر افزایش تعداد برگ را به همراه داشت.

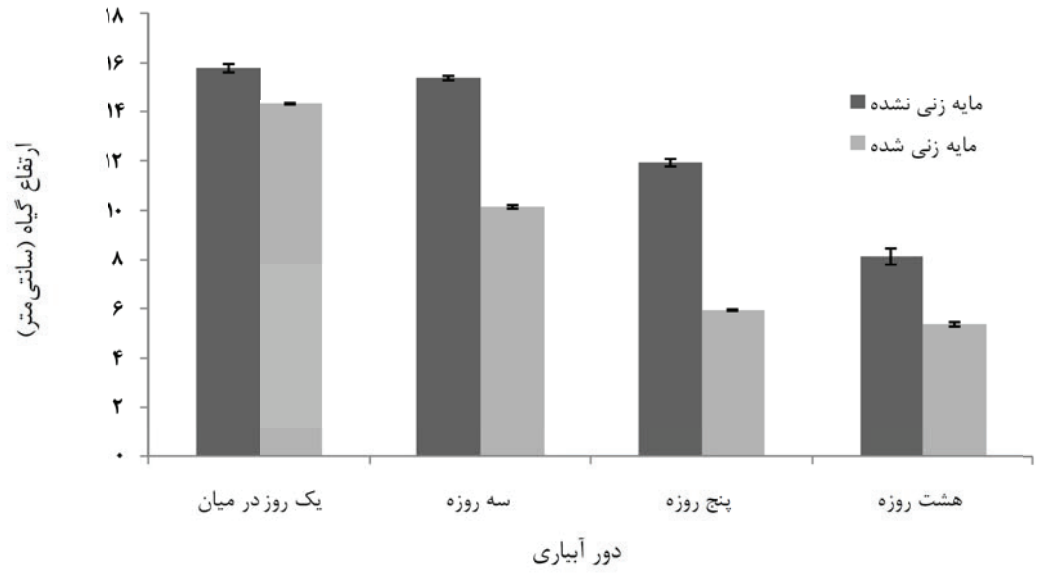
طول و پهنای برگ گیاه

اثر خشکی بر طول و پهنای برگ نهال‌ها در شکل ۳ و ٤ مشهود است؛ به‌طوری‌که با افزایش تنش خشکی طول و پهنای برگ کاهش یافت. در وضعیت بدون تنش، طول و پهنای برگ به‌ترتیب ۱/۵ و ۲/۱ برابر نهال‌های تحت دور آبیاری هشت‌روزه بود.

اثر برهم‌کنش بیمارگر و تنش خشکی بر *Z. spina-christi*

ارتفاع گیاه

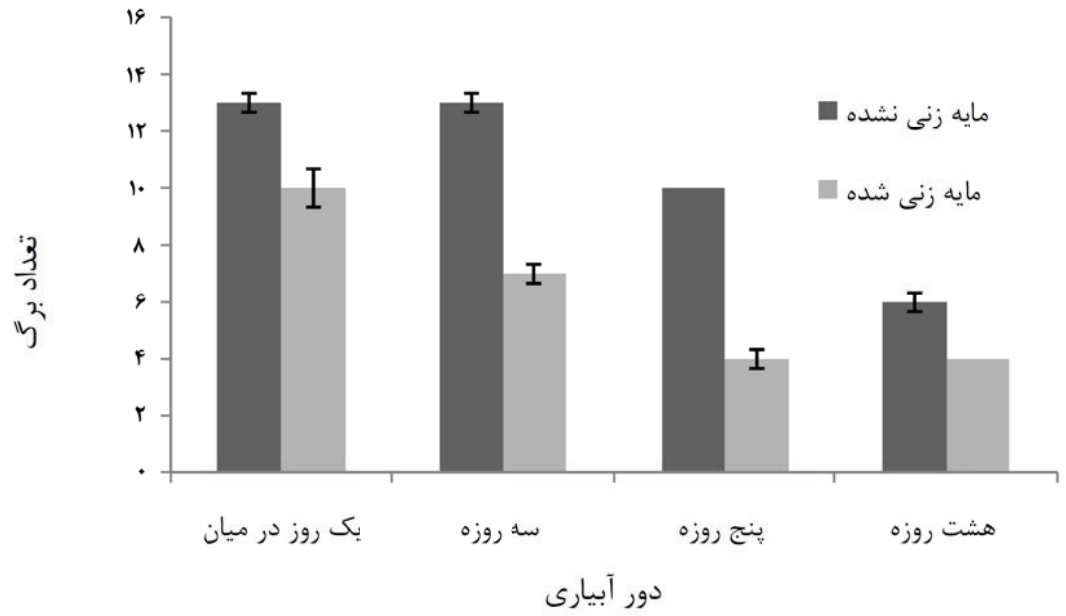
نتایج حاصل مقایسهٔ میانگین نشان می‌دهد که نمونه‌های سالم (بدون قارچ) با دور آبیاری کامل (یک روز در میان در حدّ ظرفیت زراعی) از نظر ارتفاع گیاه با نمونهٔ مایه‌زنی‌شده توسط جدایهٔ KFO7 از قارچ *F. oxysporum* تحت آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری دارند و این افزایش ارتفاع برای نهال‌های سالم با دور آبیاری کامل ۱/۱۵ برابر، بیشتر از نهال‌های مایه‌زنی‌شده با دور آبیاری کامل است. اما این افزایش ارتفاع در مقایسه با نمونهٔ مایه‌زنی‌شدهٔ تحت دور آبیاری هشت‌روزه ۳/۲ برابر بود و حتی از نظر تغییر ارتفاع، نهال‌های تحت دور آبیاری هشت‌روزه، از نهال‌های سالم تحت دور آبیاری هشت‌روزه نیز کوتاه‌تر بودند (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسهٔ ارتفاع نهال‌های کُنار دوماههٔ مایه‌زنی‌شده توسط جدایهٔ KFO7 از *Fusarium oxysporum* (جداشده از نهال‌های نهالستان کازرون) که تحت دور آبیاری یک روز در میان، سه، پنج، و هشت روزه قرار گرفتند، در مقایسه با نمونه‌های مایه‌زنی‌نشده با دور آبیاری یک روز در میان، سه، پنج، و هشت روزه

تعداد برگ در هر گیاه

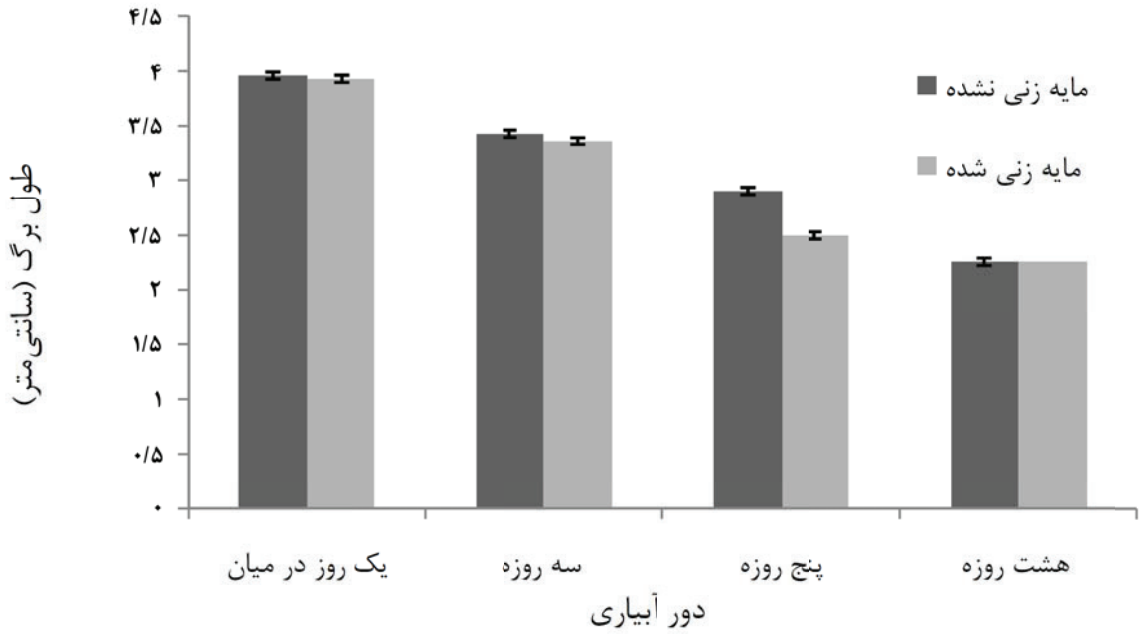
همان‌طور که در شکل ۲ آمده اثر متقابل تنش خشکی و بیماری در میزان برگ‌دهی گیاه بسیار چشمگیر است؛ چنان‌که نمونهٔ سالم با آبیاری کامل ۳/۵ برابر در مقایسه با نمونهٔ بیمارِ تحت دور آبیاری هشت‌روزه و حدود ۲ برابر افزایش در مقایسه با نمونهٔ سالم تحت دور آبیاری هشت‌روزه، افزایش برگ را به‌دنبال داشت.



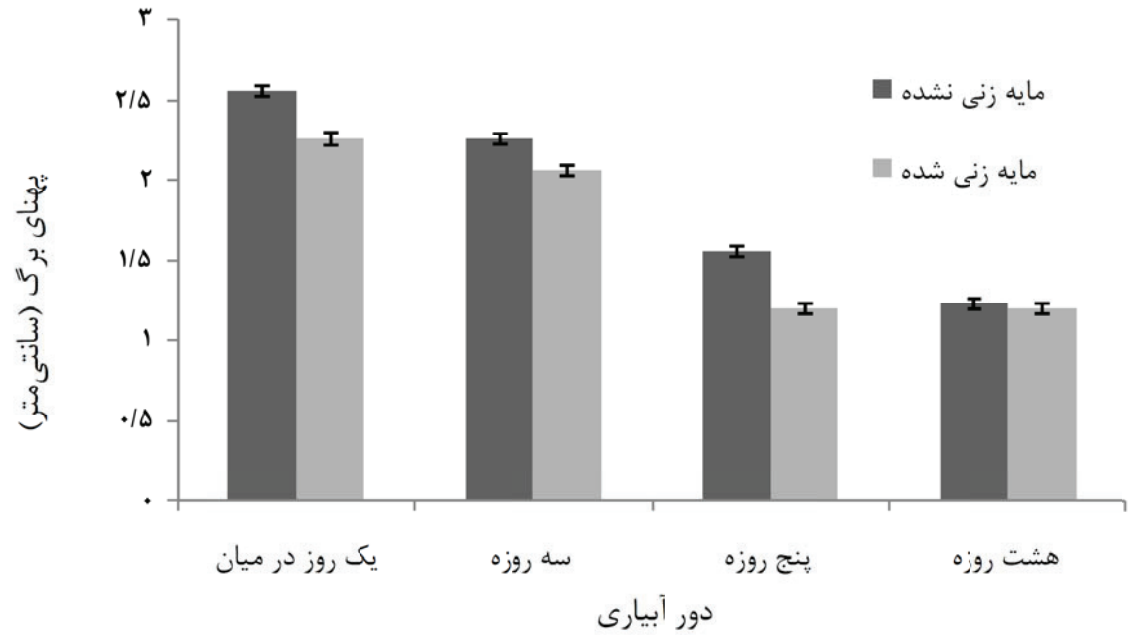
شکل ۲. مقایسهٔ تعداد برگ نهال‌های کُنار دوماههٔ مایه‌زنی‌شده توسط جدایهٔ KFO7 از *Fusarium oxysporum* (جداشده از نهال‌های نهالستان کازرون) که تحت دورهٔ آبیاری یک روز در میان، سه، پنج، و هشت روزه قرار گرفتند در مقایسه با نمونه‌های مایه‌زنی‌نشده با دورهٔ آبیاری یک روز در میان، سه، پنج، و هشت روزه

طول و پهنای برگ گیاه

همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ٤ دیده می‌شود، بین طول برگ نهال بیمار و سالم با دور آبیاری کامل، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد دیده نمی‌شود، اما از نظر آماری بین طول برگ گیاه بیمارِ تحت دور آبیاری سه‌روزه در مقایسه با طول گیاه بیمار با دور آبیاری کامل، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین، از نظر آماری در طول برگ گیاه بیمارِ تحت دور آبیاری هشت و پنج روزه اختلاف معنی‌داری دیده نشده است، ولی همگی دارای اختلاف معنی‌داری در مقایسه با نمونهٔ سالم با دور آبیاری کامل بودند. بدان معنی که افزایش ۱/۲۸ برابری طول برگ نهال‌های سالم با دور آبیاری کامل در مقایسه با گیاه بیمار تحت دور آبیاری سه‌روزه و گیاه بیمار با دور آبیاری کامل و افزایش ۱/۷۱ برابری طول برگ نهال‌های سالم با دور آبیاری کامل در مقایسه با گیاه بیمار تحت دور آبیاری هشت و پنج روزه نسبت به نمونهٔ سالم با دور آبیاری کامل دیده شد. این افزایش طول برگ در گیاهانی که فقط تحت تنش خشکی قرار داشتند و بیمارگر به آن مایه‌زنی نشده بود نسبت به گیاهان تحت تنش خشکی هشت‌روزه ۱/۲٦ برابر محاسبه گردید. در ارتباط با پهنای برگ، برخلاف طول برگ بین نهال بیمار و سالم با دورهٔ آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود. از نظر



شکل ۳. مقایسهٔ طول برگ نهال‌های کُنار دوماههٔ مایه‌زنی‌شده توسط جدایهٔ KFO7 از *Fusarium oxysporum* (جداشده از نهال‌های نهالستان کازرون) که تحت دور آبیاری یک روز در میان، سه، پنج، و هشت روزه قرار گرفتند در مقایسه با نمونه‌های مایه‌زنی‌نشده با دور آبیاری یک روز در میان، سه، پنج، و هشت روزه



شکل٤. مقایسهٔ پهنای برگ نهال‌های کُنار دوماههٔ مایه‌زنی‌شده توسط جدایهٔ KFO7 از *Fusarium oxysporum* (جداشده از نهال‌های نهالستان کازرون) که تحت دور آبیاری یک روز در میان، سه، پنج، و هشت روزه قرار گرفتند در مقایسه با نمونه‌های مایه‌زنی‌نشده با دور آبیاری یک روز در میان، سه، پنج، و هشت روزه

آماری در پهنای برگ گیاهِ بیمارِ تحتِ دورهٔ آبیاریِ هشت و پنج روزه اختلاف معنی‌داری دیده نشده است، اما پهنای برگ گیاه بیمار تحت دورهٔ آبیاری سه‌روزه در مقایسه با پهنای برگ گیاه بیمار با دورهٔ آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری وجود دارد. افزایش پهنای برگ در نمونهٔ سالم با دورهٔ آبیاری یک روز در میان نسبت به نهال‌های بیمار تحت دورهٔ آبیاری هشت و پنج روزه ۲/۳۳ برابر بود (شکل‌های ۳ و ٤).

نتیجه‌گیری

قارچ بیماری‌زای *Fusarium oxysporum* Schlecht. اولین بار به کمک اشنایدر و هانسن [٢٤] گزارش شد. دامنهٔ میزبانی فوزاریوم‌ها بسیار گسترده است و شامل بندپایان [٢٥]، انسان [٩]، و گیاهان، از جمله طیف وسیعی از دو گروه بازدانگان و نهان‌دانگان [٩] می‌شوند. فوزاریوم‌ها به‌طور معمول با وضعیت آب و هوایی گرم و خشک همراه و به‌شدت تحت تأثیر دما و بارش باران‌اند [٢٦]. همچنین، رطوبت خاک تأثیر چشمگیری در آلودگی اولیه دارد، که در خاک‌های خشک فقط پس از بارش باران رخ می‌دهد [٢٧، ٢٨]. از آنجا که خشک‌سالی مشکلی جدی در بسیاری از کشورهای جهان به‌خصوص ایران است، این تحقیق با هدف اثرات تنش خشکی بر پوسیدگی ریشه ناشی از *F. oxysporum* در برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاهچه‌های کُنار استان فارس، که از سال ١٣٧٦ مشکلی جدی در نهالستان‌های مناطق خشک استان بود، انجام گرفت. گرچه بررسی‌های بیماری‌شناختی نگارندگان نشان داد که مرگ گیاهچه در برخی از نهالستان‌های کُنار براثر پوسیدگی ناشی از قارچ‌های ریشه نبوده، ناشی از کمبود آب و مدیریت نامناسب سیستم آبیاری است.

همان‌طور که در شکل ۱ دیده شد، ارتفاع نهال در موقعیت آبیاری کامل در مقایسه با ارتفاع نهال‌های در موقعیت تنش در سطح ۱ درصد (به غیر از ارتفاع گیاه تحت دور آبیاری سه‌روزه که از نظر آماری تغییری نکرد) با افزایش تنش به‌شدت کاهش یافت و این تغییر ارتفاع حدود دو برابر در مقایسه با نمونه‌های تحت تنش‌های بالا دیده شد. این امکان وجود دارد که کاهش هورمون‌های رشد و افزایش مواد بازدارندهٔ رشد، که ثمرهٔ تنش خشکی‌اند، موجب این کاهش شده باشند [١٤، ٢٩]. در منابع مختلف نیز کاهش ارتفاع گیاه براثر تنش خشکی گزارش شده است [٣٠، ٣١، ٣٢]. صالحی [٣٣] در آزمایشی درمورد اثر خشکی روی گندم کاهش ارتفاع گیاه را گزارش کرد. مارانی و همکاران [٣٤] نیز کاهش ۲۰ درصدی ارتفاع گیاه پنبه را براثر اعمال تنش خشکی گزارش کردند. همچنین، کاهش ارتفاع در دو گونهٔ گیاهی *Aeluropus logopoides* و *Aeluropus litttoralis* براثر تنش خشکی به کمک عباسی[٣٥] گزارش شده است.

با توجه به شکل ۲ تنش خشکی در سطوح پنج و هشت روزه میزان برگ‌دهی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ به‌طوری‌که افزایش تعداد برگ در گیاهِ شاهد نسبت به تیمار دور آبیاری هشت‌روزه ۲/۱ برابر بود. این کاهش تعداد برگ به احتمال زیاد به‌سبب کاهش پتانسیل آب است که کاهش تولید برگ جدید را به همراه دارد [٣٦].

اثر خشکی بر طول و پهنای برگ در نهال‌ها به‌صورت افزایش ۱/۵ برابری طول و ۲/۱ برابری عرض برگ در موقعیت آبیاریِ یک روز در میان (بدون تنش) در مقایسه با تنش خشکیِ هشت‌روزه دیده شد. دلیل مهم کاهش طول و عرض برگ در تنش خشکی می‌تواند کاهش آماس سلولی باشد که موجب کاهش تقسیم سلولی و تمایز زودرس می‌شود [٦، ١٣، ٣٧]. وانگ و همکاران [٣٨] نیز کاهش طول و عرض برگ گیاه لوبیا را براثر تنش خشکی گزارش کردند. همچنین، مارانی و همکاران [٣٤] در آزمایش‌های خود روی پنبه، و نیلسون و نیلسون [٦] نیز در مورد گیاه لوبیا گزارش‌های مشابهی را اعلام کردند.

همان‌طور که در شکل ۱ دیده شد، قارچ عامل بیماری در برهم‌کنش با تنش خشکی ارتفاع گیاه را به‌صورت چشمگیری کاهش می‌دهد. کاهش رشد براثر برهم‌کنش

دو عامل خشکی و قارچ *F. oxysporum* در گیاه طالبی را نیز ماریا و همکاران [۱۸] اعلام کرده‌اند. آن‌ها اعلام کردند که در وضعیت خشکی و کم‌آبی، که رشد گیاه محدود می‌شود، *F. oxysporum* نه تنها قادر به رشد است، بلکه شدت بیماری‌زایی این قارچ بیشتر می‌شود. اثر متقابل قارچ بیماری‌زا و تنش خشکی برگ‌دهیِ گیاه، طول و پهنای برگ را به‌شدت می‌کاهد. در سال ۲۰۰۱ گارگوری و همکاران کاهش رشد و عملکرد گیاه توسط دو عامل تنش خشکی و قارچ *Fusarium culmorum* را روی گندم گزارش کردند[۳۹]. پپندیک و کوک[۱۷] میزان پیشرفت پوسیدگی ریشهٔ گندم ناشی از *F. roseum* را در وضعیت کم‌آبی، بیش از زمانی که آب در دسترس گیاه قرار دارد، گزارش کردند. بنابراین، دور از انتظار نیست که در موقعیت دمای مناسب و تنش خشکی، گیاه دارای ارتفاع و تعداد برگ کمتری در مقایسه با موقعیت تنش خشکی بدون بیمارگر باشد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان می‌دهد که عکس‌العمل رشدی کُنار در مقایسه با تنش‌های خشکی اعمال‌شده، به سطوح خشکی بستگی دارد. همچنین، مدیریت آبیاری در پیشرفت پوسیدگیِ ریشه و طوقهٔ ناشی از گونه‌های فوزاریوم بسیار بااهمیت است؛ چنان‌که چکالیا و همکاران [۴۰] پوسیدگی ریشه و طوقهٔ گندم دوروم ناشی از *F. culmorum* را در موقعیتی که آبیاری کمتر از حد مطلوب صورت گیرد و در موقعیت خشکی شدید، بسیار بیشتر از موقعیت آبیاری مطلوب اعلام کردند. افزایش تنش خشکی موجب کاهش رشد و اختلال در ساختمان شیمیایی نهال کُنار می‌شود؛ نیز افزایش بیماری‌زاییِ *F. oxysporum* را به دلیل کاهش مقاومت گیاه براثر تنش خشکی به دنبال دارد. بنابراین، برای داشتن تولیدی پایدار در نهالستان‌های جنگلی، شناسایی و مشخص‌کردن قارچ‌های بیمارگرِ موجود امری ضروری است که درمجموع در این تحقیق دور آبیاری یک روز در میان با سه روز در میان بر این خصوصیات تأثیر چندانی نداشت و تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع، برگ‌دهی، طول، و پهنای برگ در سطح ۱ درصد دیده نشد. این در صورتی است که دور آبیاری پنج روز در میان برای گیاه حالت متوسط را به همراه دارد. درصورتی‌که عامل بیماری از گونه‌های *Fusarium* باشد، با کاهش دور آبیاری می‌توان پیشرفت بیماری را کنترل کرد. استفاده از خاک عاری از بیمارگر یا سترون جهت حفظ نهال‌ها در نهالستان‌ها برای تولید پایدار نیز ضروری است.

سپاس‌گزاری

نگارندگان از زحمات جناب آقای مهندس حبیب‌الله چاره‌گانی در تهیهٔ نمودارها کمال تشکر را دارند.

References

[1]. Hoveizeh, H., Dinarvand, M., and Salehi, H. (2000). Priliminary study of medicinal plants in Khuzestan. Pajuhesh and Sazandegi, 53: 12–19.

[2]. Hoveizeh, H. (1999). Collection and identification of medicinal plants in Khuzestan. Final Report of Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran, Iran.

[3]. Anonymous. (2009). Statistics of area under cultivation of Christ thorn. Department of Natural Resources, Forest Section. Fars Province, Iran.

[4]. Nejat, N. (2011). A survaye on Christ-thorn (Ziziphus spina-christi L.) root rot in nurseries of Fars province and the effects of water stress on disease development and some plant morphophysiological characteristics. M Sc. Thesis. Shiraz University. 82 pp.

[5]. Agrios, G.N. (2005). Plant Pathology. 5th edition. Elsevier Academic Press. USA.

[6]. Nielson, D.C., and Nielson, N.O. (1998). Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. Crop Science, 38(2): 422–427.

[7]. Larkin, R.R., and Fravel D.R. (1998). Efficiency of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of Fusarium wilt of tomato. Plant Diseases, 82: 1022–1028.

[8]. Kavianpey, A., Minasian, V., and Alizadeh Aliabadi, A. (2000). Isolation and identification of fungal agents of root rot and damping-off from forest nursery seedlings in Khuzestan. Proceedings of 14th Iranian Plant Protection Congress. Isfahan University of Technology, Isfahan: 350. Iran.

[9]. Nelson, P.E., Toussoun T.A., and Marasas, W.F.O. (1983). Fusarium species, An Illustrated Manual of Identification. The State University Press, Pennsylvania, USA 203 pp.

[10]. Marshall, J.D. (1986). Drought and shade interact to cause fine root mortality in Douglas-fir seedlings. Plant and Soil, 91: 51–60.

[11]. Mohammadian, R., Khoyi, F.R., Rahimian, H., Moghadam, M., Ghassemi-Golezani, K., and Sadeghian, S.Y. (2001). The effects of early season drought on stomatal conductance, leaf-air temperature difference and proline accumulation in sugar beet genotypes. Journal of Agricultural Science and Technology, 3: 181–192.

[12]. Hoogenboom, G., Huck, M.G., and Peterson, C.M. (1987). Root growth rate of soybean as affected by drought stress. Agronomy Journal, 79(4): 607–614.

[13]. Takebe, M., Yoneyama, T., Inada, H., and Murakami, T. (1990). Spectral reflectance ratio of rice canopy for estimating crop nitrogen status. Plant and Soil, 122: 295–297.

[14]. Taiz, L., and Zeiger, E. (1991). Plant Physiology. The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc. Menlo Park, California. USA 288 pp.

[15]. Liang, J., Zhag, J., and Wong, M.H. (1996). Stomatal conductance in relation to xylem sap abscisic acid concentrations in two tropical trees, Acacia confusa and Litsea glutinosa. Plant, Cell & Environment, 19(1) : 93–100.

[16]. Martin, M., Miceli, F., Morgan, J.A., Scalet, M., and Zerbi, G. (1993). Synthesis of osmotically active substances in winter wheat leaves as related to drought resistance of different genotypes.

Journal of Agronomy and Crop Science, 171(3): 176–184.
[17]. Papendick, R.I., and Cook, R.J. (1973). Plant water stress and development of Fusarium foot rot in wheat subjected to different cultural practices. Phytopathology, 64: 358–363.
[18]. Maria, L., Jorge-Silva, J.F.P., and Ricardo, C.P.P. (1989). Effect of water availability on growth of Fusarium oxysporum f. sp. melonis and on host-parasite interactions. Mycological Research, 92(2): 157–161.
[19]. Jurado, M., Mari'n, P., and Magan, N. (2008). Relationship between solute and matric potential stress, temperature, growth, and FUM1 gene expression in two Fusarium verticillioides strain. Appllied and Environmental Microbiology, 74(7): 2032–2036 .
[20]. Burgess, L.W., Summerell, B.A., Bulldak, S., Gott, K.P., and Backhouse, D. (1994). Laboratory Manual for Fusarium Research. 3rd edition. Fusarium Research Laboratory, University of Sydney and Royal Botonic Gardens. Sydney. Australia. 134 pp.
[21]. Banihashemi, Z. (1986). Reaction of long melon and cantaloupe cultivars to race 1,2 of Fusarium oxysporum f. sp. melonis at various populations. Proceedings of 8th Iranina Plant Protection Congress, Iran, Isfahan: 69.
[22]. Saied, A.S., Gebauer, J., and Buerkert, A. (2008). Effect of different scarification methods on germination of Ziziphus spina-christi seeds. Seed Science and Technology, 36: 201–205.
[23]. SAS INSTITUTE. (1996). SAS User's Guide. 3rd edition. SAS Institute Inc Cary NC. USA.
[24]. Snyder, W.C., and Hansen, H.N. (1940). The species concept in Fusarium. American Journal of Bottany, 27: 64–67.
[25]. Teetor-Barsch, G.H., and Roberts, D.W. (1983). Entomogenous Fusarium species. Mycopathologia, 84: 3–16.
[26]. Akinsanmi, O.A., Mitter, V., Simpfendorfer, S., Backhouse, D., and Chakraborty, S. (2004). Identity and pathogenicity of Fusarium spp. isolated from wheat fields in Queensland and northern New South Wales. Australian Journal of Agricultural Research, 55: 97–107.
[27]. Burgess, L.W., Backhouse, D., and Summerell, B. (2001). Crown rot of wheat. In: B.A. Summerell, I.F. Leslie, D. Backhouse, W.L. Bryden and L.W. Burgess, (Eds), Fusarium- Paul E Nelson Memorial Symposium.The American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN, USA pp. 271–294.
[28]. Swan, L.J., Backhouse D., and Burgess, L.W. (2000). Surface soil moisture and stubble management practice effects on the progress of infection of wheat by Fusarium pseudograminearum. Australian Journal of Experimental Agriculture, 40: 693–698.
[29]. Arshi, A., Abdin, M.Z., and Iqbal, M. (2002). Growth and metabolism of senna as affected by salt stress. Biologia Plantarum, 45: 295–298.
[30]. Glenn, E.P., and Brown, J.J. (1998). Effects of soil salt levels on the growth and water use efficiency of Atriplex canescens (Chenopodiaceae) varieties in drying soil. American Journal of Botany, 85: 1–10.
[31]. Lin, C.C., and Kao, C.H. (1996). Levels of endogenous polyamines and NaCl-inhibited growth of rice seedlings. Plant Science, 114: 121–128.
[32]. Premachandra, G.S., Saneoka, H., Fujita, K., and Ogata, S.J. (1992). Osmotic adjustment and stomatal response to water deficits in maize. Journal of Experimental Botany, 43: 1451–1456.

[33]. Salehi, M. (2002). The effect of CO2 , salinity and water stress on some of the morphophysiological features of spring wheat. M Sc Thesis. Ferdowsi University of Meshhad. 110 pp.

[34]. Marani, A., Baker, D.N., Reddy, V.R., and McKinion, J.M. (1985). The effect of water stress on canopy senescence and apparent photosynthesis in cotton. Crop Science, 25: 798–802.

[35]. Abbasi, F. (2008). Interaction of salinity and drought on growth factors of Aeluropus logopoides and Aeluropus litttorali. Basic Science (Azad University), 66: 121–138.

[36]. Xia, M.Z. (1994). Effects of soil drought during the generative development phase of faba bean (Vicia faba) on photosynthetic characters and biomass production. Journal of Agricultural Science, 122: 67–72.

[37]. Mohr, H., and Schopfer, P. (1995). Plant Physiology. Lawlor, G. L. and Lawlor, D. W. (Tranl. Eds). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.

[38]. Wang, D., Shannon, M.C., and Grieve, C.M. (2001). Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. Field Crops Research, 69: 267–277.

[39]. Gargouri, M., Hajlaoui, R., Guermech, A., and Marrakchi, M. (2001). Identification des espèces fongiques associées à la pourriture du pied du blé et étude de leur répartition selon les étages bioclimatiques en Tunisie. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 31: 499–503.

[40]. Chekalia, S. Gargouib, S. Paulitzc, T. Nicol, J.M. Rezgui, M. and Nasraoui, B. (2011). Effect of Fusarium culmorum and water stress on durum wheat in Tuisia. Crop Protection, 30: 718–725.