

تأثیر جدایه های قارچ تریکودرما بر تغییرات مورفوفیزیولوژیک گیاه گل مریم (*Polianthes tuberosa*) تحت تنش خشکی

حمیدرضا ذکاوتی^۱، محمود شور^{۱*}، حمید روحانی^۲، فاضل فاضلی کاخکی^۳ و ابراهیم گنجی مقدم^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۹)

چکیده

به منظور ارزیابی اثر جدایه های قارچ تریکودرما بر کاهش اثرهای تنش خشکی در گیاه زینتی گل مریم، دو آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار، اجرا شد. فاکتور اول در آزمایش اول، جدایه bi و در آزمایش دوم جدایه ۶۵ قارچ تریکودرما هارزیانوم، هر کدام در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی گلدان) و فاکتور دوم سه سطح تنش خشکی (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت گلدانی) بود. نتایج نشان داد که هر دو جدایه، در شرایط تنش، باعث افزایش وزن تازه و خشک زیست توده و وزن خشک ریشه گیاه گل مریم شدند. وزن تازه زیست توده به مقدار ۲۰٪ در حالت تنش ۲۵٪ توسط جدایه bi و ۲۹/۵ درصد توسط جدایه ۶۵ افزایش یافت، که بیان گر افزایش رشد گیاه مریم در حضور قارچ تریکودرما است. مقدار پرولین در تنش ۲۵٪ به مقدار ۴۰ و ۳۲ درصد در جدایه های bi و ۶۵ نسبت به ۱۰۰٪ ظرفیت گلدانی افزایش یافت. روند مقدار آب نسبی و سطح سبز برگ با اعمال سطوح مختلف دو قارچ با افزایش سطح تنش افزایش یافت. سطح سبز برگ در تنش ۲۵٪ و اعمال ۲۰٪ تیمار قارچ به ترتیب ۲۶ و ۲۴ درصد در جدایه های bi و ۶۵ افزایش نسبت به عدم اعمال قارچ مشاهده شد. به نظر می رسد که جدایه های bi و ۶۵ قارچ تریکودرما هارزیانوم آثار متفاوتی در شرایط تنش خشکی دارند. به طوری که در شرایط تنش و ۱۰۰٪ ظرفیت گلدانی و تیمار با جدایه bi، مقادیر وزن خشک ریشه، وزن تازه و خشک زیست توده، مقدار آب نسبی و سطح سبز برگ بیشتر از مقادیر مشابه در تیمار با جدایه ۶۵ بوده است.

کلمات کلیدی: پرولین، مقدار آب نسبی برگ، فتوستتوز، وزن خشک ریشه

مقدمه

ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان اهمیت زیادی دارد (۲۹). کاهش منابع آب زیرزمینی، کمبود بارش ها، گرم شدن بیش از حد هوا و از طرف دیگر برداشت بی رویه آب های

کمبود آب یکی از مهم ترین عوامل محیطی در کاهش عملکرد و تولید محصولات کشاورزی در جهان بوده و این مسئله به طور

۱. گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. گروه گیاه پزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shoor@ferdowsi.um.ac.ir

می‌دهد باعث آزاد شدن عناصر مهمی از جمله آهن، منیزیم، فسفر و مس در خاک می‌شود و در مواردی دیده شده که باعث کلاته شدن آهن در خاک می‌شود. بدین ترتیب، کاربرد این قارچ در بستر کاشت پیازهای مریم می‌تواند علاوه بر مصرف بهینه کود، موجبات افزایش عملکرد و در نتیجه رشد و نمو بهتر شاخه‌های گل در لاله و مریم را باعث شود (۳۱). همچنین، تریکودرما به‌عنوان افزایش‌دهنده رشد در دامنه وسیعی از گیاهان زراعی و زینتی مانند توتون، گوجه فرنگی، بادمجان، فلفل، داودی و میخک مؤثر بوده است (۱۸). سالاری و همکاران (۴) گزارش کردند که کاربرد قارچ تریکودرما منجر به افزایش پارامترهای رشدی گیاه زینان (*Trachyspermum copticum*) در شرایط تنش خشکی می‌شود. تقی نسب درزی (۲) تأثیر برخی جدایه‌های قارچ تریکودرما بر خیار را بررسی کرده و نشان داد که این قارچ سبب بهبود ویژگی‌های رشدی خیار در شرایط گلخانه‌ای شد.

کشور ایران در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک محسوب شده و گزارش‌ها و آمارها نشان می‌دهند که در سال‌های اخیر با کمبود شدید آب مواجه است که در آینده نه چندان دور یک چالش اساسی برای کشاورزی محسوب می‌شود. در ایران، گل مریم به‌صورت گلخانه‌ای و فضای آزاد تولید می‌شود و اغلب مزارع و گلخانه‌ها در مناطقی واقع شده که با کمبود شدید آب مواجه هستند. به‌همین دلیل، این پژوهش با هدف تخفیف اثر منفی تنش خشکی در تولید گل مریم با به‌کارگیری جدایه‌های قارچ تریکودرما انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر جدایه‌های مختلف قارچ تریکودرما هارزیانوم (*Trichoderma harzianum*) بر تنش خشکی، دو آزمایش جداگانه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه‌های پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶ انجام شد. هر گلدان شامل خاک معمولی، پیت ماس و پرلیت به نسبت ۱-۱-۱ وزنی با وزن تقریبی ۸۰۰ گرم بود که جدایه‌های bi (آزمایش اول) و ۶۵

زیرزمینی، منجر به کمبود آب در اغلب مناطق کشور شده و با توجه به صرف هزینه‌های فراوان در فراهم کردن آب برای آبیاری می‌بایست برای مقابله با آن راهکارهایی ارائه کرد (۱۱). بررسی‌ها حاکی از آن است که استفاده از عوامل بیولوژیک خاک‌زی مانند انواع قارچ‌های تریکودرما و مایکوریزا می‌تواند در تخفیف اثرهای تنش‌های محیطی نقش به‌سزایی داشته باشد (۲۰). تریکودرما قارچی غیربیماری‌زا، خاک‌زی و همزیست با ریشه گیاهان بوده و به‌دلیل قدرت رقابتی زیاد و تنوع متابولیسمی در بیشتر مناطق از جانداران غالب مایکوفلور خاک است و جزو متداول‌ترین قارچ‌های قابل کشت بوده و به‌آسانی تکثیر می‌شود (۲۷). این قارچ‌ها با کنترل بیولوژیک در برابر پاتوژن‌های خاک‌زی، تولید هورمون‌های رشد، قابل حل کردن عناصر نامحلول، افزایش جذب و انتقال عناصر غذایی، دفع مسمومیت و افزایش انتقال قند و اسید آمینه در ریشه گیاهان و ایجاد مقاومت القایی در برابر تنش‌های محیطی سبب افزایش رشد و نمو گیاهان می‌شوند (۲۰ و ۳۱).

گل مریم با نام علمی *Polianthes tuberosa* L. متعلق به تیره نسرين سانان (*Agavaceae*)، گیاهی تک‌په، سوخوار و چندساله، یکی از مهم‌ترین گل‌های تجاری و معطر در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری (۱۲)، بومی مکزیک است (۲۲). گل مریم با سطح زیر کشت حدود ۳۰۰ هکتار در ایران، پس از گلاب، رز و میخک مقام چهارم را از لحاظ تولید دارا است (۵).

در سال‌های اخیر، گل مریم علاوه بر ایران، به‌دلیل محبوبیت گلچپه‌ها و عطر آن، مورد توجه کشورهای کنیا، هند و مکزیک قرار گرفته و به‌صورت تجاری در بازارهای گل و گیاهان زینتی مانند ایالات متحده آمریکا، اروپا و ژاپن مبادله می‌شود (۴۰). با توجه به تأثیر منفی پدیده جهانی گرمایش و خشکسالی، دماهای زیاد و تنش‌های اکسیداتیو در تولید مواد غذایی و گیاهان زینتی، ارائه الگوی کشت معقول (تولید زیاد با کیفیت مطلوب) مدیریت مؤثر منابع و نهاده‌های مصرفی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است (۳۳).

قارچ تریکودرما با فعالیت‌های زیستی که در خاک صورت

برگ‌های انتهایی و جوان گیاه انجام شد (۱۹). محتوای پروتئین با روش بیتز و همکاران (۱۴) و مقدار نشت الکترولیت با روش مارکوم اندازه‌گیری شد (۳۰). برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، سوخ‌ها از گلدان برداشت شد و وزن اولیه سوخ، وزن خشک و تر سوخ، وزن خشک ریشه، وزن زیست‌توده، وزن خشک زیست‌توده و سطح سبز برگ اندازه‌گیری شد. از آنجا که تهیه سوخ‌های مریم با وزن اولیه یکسان، دشوار بوده و تنوع زیادی در بین آنها وجود داشت، لذا این عامل به‌عنوان کواریت در آزمایش وارد شد تا اثر فاکتورها بر صفات کاملاً مشخص شود. لذا، این عامل در جدول تجزیه واریانس افزوده شده است. داده‌ها با نرم‌افزار Minitab 18 و SPSS آنالیز شدند. شکل‌ها با نرم‌افزار Excel رسم شده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش سطح تنش و سطح هر دو جدایه قارچ، بر صفات وزن تازه و خشک زیست توده، مقدار نسبی آب برگ و سطح سبز برگ معنی‌دار بود (جدول‌های ۱ و ۲).

فتوستتز

نتایج تجزیه واریانس نرخ فتوستتزی در گل مریم در هر دو آزمایش نشان داد که اثر ساده تنش در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار شد (جدول‌های ۱ و ۲). نرخ فتوستتز در گل مریم در نمونه شاهد بیشترین (۱/۰۸ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) و در ۲۵٪ ظرفیت گلدانی کمترین مقدار (۰/۷۲۲ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) را داشت. در واقع، با افزایش سطح تنش، نرخ فتوستتز کاهش یافت (شکل‌های ۱ و ۲). نتایج مطالعه معصومی و همکاران (۸) نشان داد که مقدار فتوستتز با افزایش تنش خشکی در دو توده کوشیا کاهش یافت. به نظر می‌رسد که قدرت گیاه در حفظ و ظرفیت فتوستتز می‌تواند از مهم‌ترین عوامل مؤثر در مقاومت به خشکی باشد.

(آزمایش دوم) قارچ تریکودرما پس از آماده شدن در روز کشت در سه سطح شامل: بدون قارچ، ۱۰٪ (۸۰ گرم قارچ + ۷۲۰ گرم بستر ترکیبی) و ۲۰٪ (۱۶۰ گرم قارچ + ۶۴۰ گرم بستر ترکیبی) به بستر کشت افزوده شد. قارچ‌ها به‌صورت آماده، از گروه قارچ‌شناسی آزمایشگاه تحقیقاتی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه فردوسی خریداری شده و در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. تنش خشکی در سه سطح (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت گلدانی) اعمال شد. برای دستیابی به میزان آب مورد نیاز برای تأمین ظرفیت گلدانی خاک مورد نظر در حد مطلوب، ابتدا درصد رطوبت خاک برای وضعیت زراعی با فرمول زیر محاسبه شد:

$$\theta(\%) = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_2} \right) \times 100 \quad [1]$$

که θ درصد رطوبت وزنی خاک، W_1 وزن خاک مرطوب پس از خروج آب ثقیلی و W_2 وزن خاک خشک شده در ۱۰۵ درجه سلسیوس آن به مدت دو روز است.

چگونگی اعمال تیمار خشکی، با توزین روزانه گلدان‌ها و افزودن آب مصرفی با توجه به میزان کاهش آب نسبت به ظرفیت گلدانی مدنظر در هر تیمار، برای هر گلدان تنظیم شد. برای حذف اثر وزن رشد گیاه، تکرارهای اضافی از هر تیمار در نظر گرفته شد تا در فواصل معین تخریب شوند و وزن گیاه تخریب شده محاسبه شده و در میزان آب افزودنی اعمال شود (۸).

برحسب صفات، نمونه‌برداری‌ها طی دو مرحله (مرحله رشد فعال و مرحله انتهایی رشد) انجام گرفت. منظور از انتهایی رشد، زمان خشک شدن اندام هوایی و شروع خواب سوخ است. در این پژوهش، صفات مختلف مورفولوژیک (وزن اولیه سوخ، وزن خشک و تر سوخ، وزن خشک ریشه، وزن زیست توده، وزن خشک زیست‌توده، سطح سبز برگ)، فیزیولوژیک (میزان فتوستتز، محتوای نسبی آب (RWC)، نشت یونی) و بیوشیمیایی (پروتئین) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان فتوستتز از سطح جوان‌ترین برگ توسعه یافته، از دستگاه LCD Portable Photosynthesis System استفاده شد (۳). برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ‌ها نمونه‌برداری‌ها از

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاه گل مریم تحت اثر تنش خشکی و سطوح مختلف قارچ ترکیب‌درما جدا به جدا

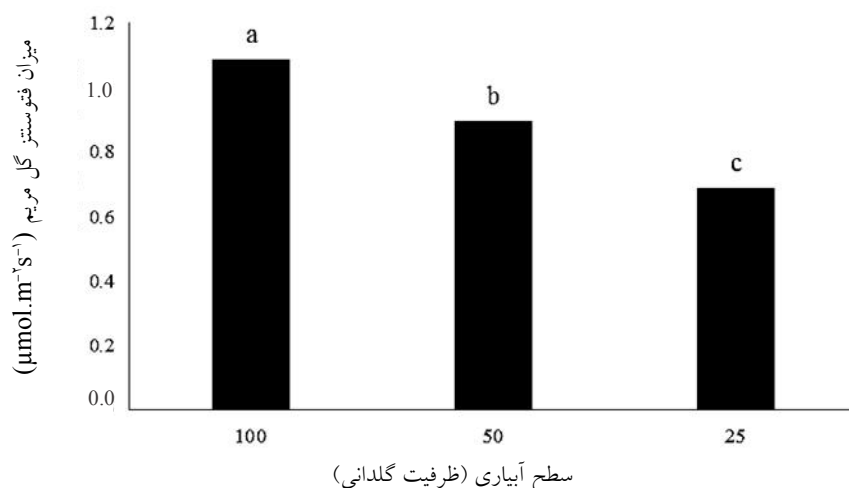
| سطح سبز برگ | RWC | میانگین مربعیات | | | | | | df | bi | قارچ | |
|------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------|---------------------|---------------------|------|---------------------|
| | | پرویلین | وزن خشک | وزن تازه | وزن تازه | وزن خشک | وزن تازه | | | | وزن خشک |
| ۱۱ ^{ns} | ۰/۰۴۵ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۱ ^{ns} | ۰/۰۴۳ ^{ns} | ۰/۰۰۰۱ ^{ns} | ۱۶۱/۳ ^{ns} | ۰/۰۲۰ ^{ns} | ۱۳/۶* | ۷/۸۶** | ۰/۰۰۳ ^{ns} | ۱ | کواریت |
| ۳۷۳۰۷۰** | ۱۲۴** | ۰/۰۲۴** | ۱۱/۰۳** | ۱۸۵۹** | ۳۳۴/۴* | ۰/۳۳۱** | ۴۰/۱** | ۰/۰۱۶ ^{ns} | ۰/۲۲۲** | ۲ | تنش خشکی |
| ۶۷۷۵۸** | ۱۰۶** | ۰/۰۰۰۱ ^{ns} | ۱/۵۱** | ۳۳۴** | ۱۶/۴ ^{ns} | ۱/۰۳** | ۱۱۹** | ۲۲/۳** | ۰/۰۱۹ ^{ns} | ۲ | سطح قارچ |
| ۶۲۶۶** | ۱۲/۶** | ۰/۰۰۰۱ ^{ns} | ۰/۰۸** | ۱۰۹** | ۵۴/۰۷ ^{ns} | ۰/۰۱۰ ^{ns} | ۹/۷۶* | ۰/۹۵۶ ^{ns} | ۰/۰۰۰ ^{ns} | ۴ | تنش خشکی × سطح قارچ |
| ۴۷۵ | ۰/۱۳۰ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۲۲ | ۳/۳۹ | ۵۱/۶۶ | ۰/۰۱۰ | ۲/۵۲ | ۰/۸۸۳ | ۰/۰۰۸ | ۱۷ | خطا |
| ۱۳/۲ | ۸/۵۶ | ۵/۴ | ۱۳/۵ | ۱۳/۵ | ۶/۶ | ۱۴/۶ | ۱۵ | ۱۴/۳ | ۸/۳ | | CV |

ns و * به ترتیب بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۱ و ۰/۰۵ و بدون اثر معنی‌دار است.

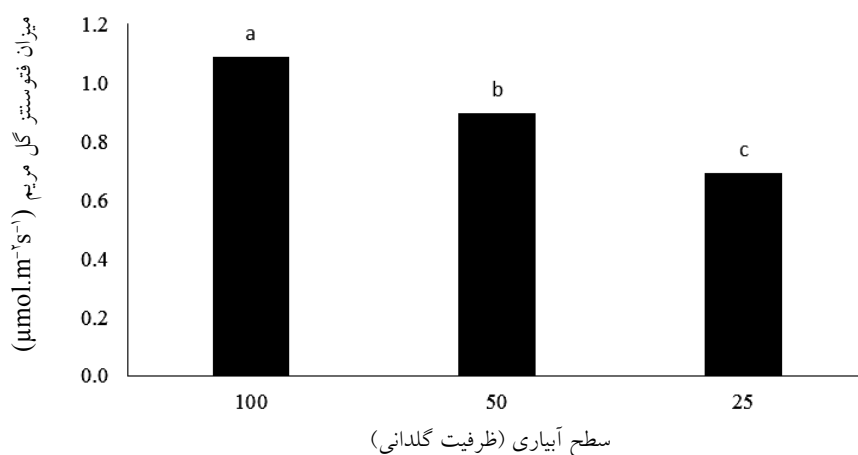
جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاه گل مریم تحت اثر تنش خشکی و سطوح مختلف قارچ تریکودرما جدابه ۶۵

| سطح سبز برگ | RWC | میانگین مربعات | | | | | | | df | قارچ ۶۵ | |
|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------|---------------------|
| | | برولین | وزن خشک | وزن تازه | زیست‌توده | زیست‌توده | نسبت | وزن خشک | | | وزن تازه |
| ۳۷ ^{NS} | ۰/۰۴۴ ^{NS} | ۰/۰۰۰۱ ^{NS} | ۰/۰۰۰۷ ^{NS} | ۰/۰۰۰۱ ^{NS} | ۱۳ ^{NS} | ۰/۰۵۷ ^{NS} | ۲۸/۵ ^{**} | ۹/۶۲ ^{**} | ۰/۰۰۰۱ ^{NS} | ۱ | کواریت |
| ۴۴۸۰۴۷ ^{**} | ۱۵۰ ^{**} | ۰/۰۲۵ ^{**} | ۱۱/۵ ^{**} | ۱۹۲۲ ^{**} | ۱۹۱ [*] | ۱/۰۰۳ ^{**} | ۳۶/۱ ^{**} | ۰/۱۸۷ ^{NS} | ۰/۳۵۹ ^{**} | ۲ | تنش خشکی |
| ۸۶۹۱۸ ^{**} | ۲۰۱ ^{**} | ۰/۰۰۰۱ ^{NS} | ۱/۷۵ ^{**} | ۲۳۸ ^{**} | ۱۶/۶ ^{NS} | ۰/۸۶۱ ^{**} | ۱۴/۶ ^{NS} | ۲۰/۲ ^{**} | ۰/۰۰۰۱ ^{NS} | ۲ | سطح قارچ |
| ۱۶۱۳۳ ^{**} | ۴/۲۳ ^{**} | ۰/۰۰۰۰۵ ^{NS} | ۰/۱۱۸ ^{**} | ۷/۹۲ ^{**} | ۵۱/۴۶ ^{NS} | ۰/۰۲۴ ^{NS} | ۵۵/۵ ^{NS} | ۰/۳۸۱ ^{NS} | ۰/۰۰۰۷ ^{NS} | ۴ | تنش خشکی × سطح قارچ |
| ۷۹۹ | ۰/۳۵۵ | ۰/۰۰۰۰۶ | ۰/۰۴۰ | ۱/۷۲ | ۴۵/۱۷ | ۰/۰۳۸ | ۴/۴۹ | ۰/۶۷۹ | ۰/۰۰۰۸ | ۱۷ | خطا |
| ۱۴/۳ | ۱۱/۱ | ۸ | ۱۰/۱ | ۱۳/۲ | ۷/۵ | ۱۵ | ۱۴/۳ | ۱۲/۴ | ۹ | ۹ | CV |

NS و * به ترتیب بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اثر معنی‌دار است.



شکل ۱. اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان فتوستنز در گل مریم (جدایه bi)؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.



شکل ۲. اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان فتوستنز در گل مریم (جدایه ۶۵)؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

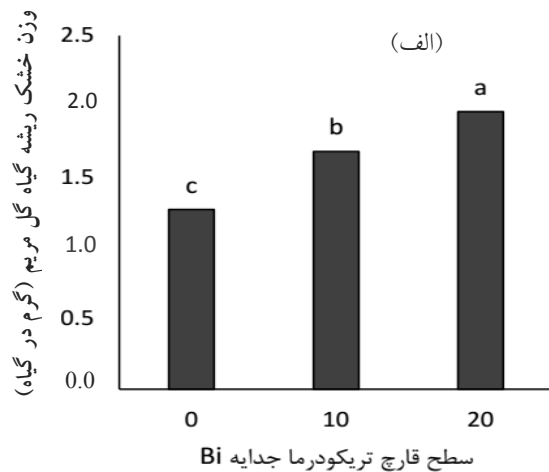
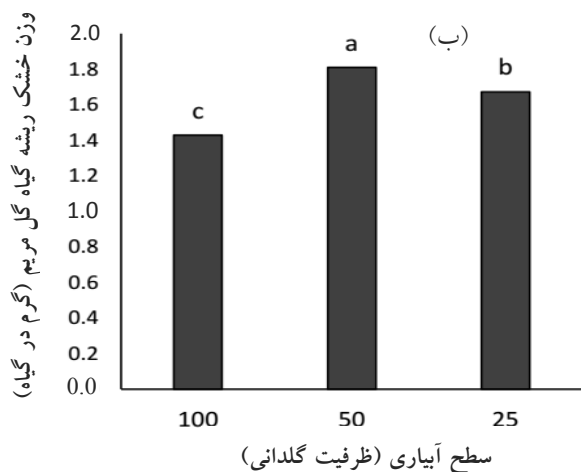
وزن تازه و خشک سوخ

نتایج تجزیه واریانس قارچ تریکودرما جدایه‌های bi و ۶۵ نشان داد که کواریانس وزن اولیه پیاز گل مریم تأثیر معنی‌داری بر صفات وزن خشک پیاز و وزن تازه پیاز داشت. لذا، تغییرات صفات فوق تأثیرپذیر از وزن تازه پیاز بوده است و نمی‌توان تغییرات صفات را صرفاً با آثار حاصل از قارچ مرتبط دانست (جدول‌های ۱ و ۲). به‌عنوان مثال، آلتیتاس و همکاران (۱۰) در آزمایشی روی سوخ، گزارش کردند که تریکودرما نتوانست افزایش معنی‌داری در شاخص‌های کیفی و عملکرد سوخ ایجاد

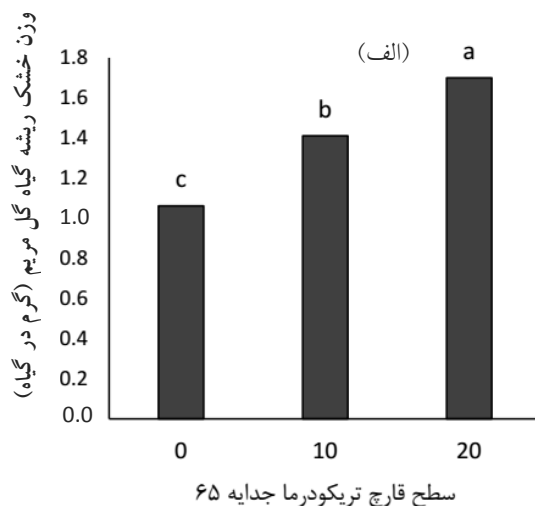
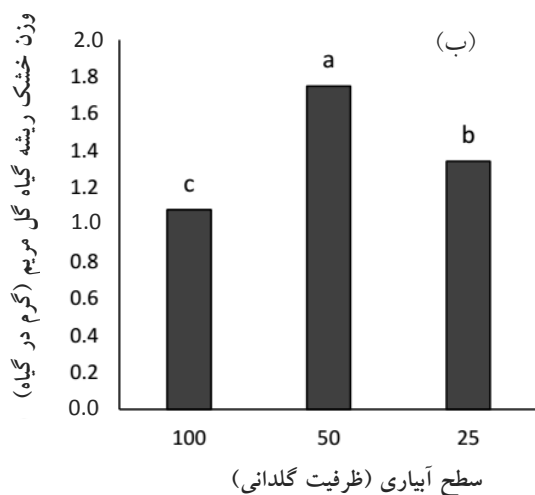
نماید. به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل اثر کم تریکودرما بر سوخ، کم بودن شاخه‌های جانبی و فقدان ریشه‌های موئین و یا کم بودن نسبت ریشه به ساقه در مقایسه با سایر محصولات باشد.

وزن خشک ریشه

در هر دو آزمایش اول و دوم، سطوح مختلف قارچ و تنش با سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار شدند؛ ولی برهم‌کنش سطح تنش و سطح قارچ معنی‌دار نشد (جدول‌های ۱ و ۲). در هر دو آزمایش، با افزایش سطح قارچ، مقدار وزن خشک ریشه به‌طور معنی‌داری



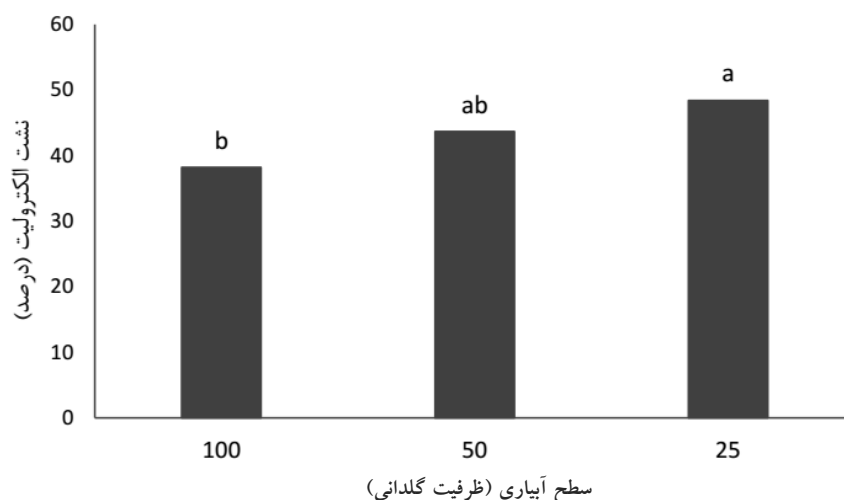
شکل ۳. الف) اثر قارچ تریکودرما (جدایه bi و ب) سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن خشک ریشه گیاه گل مریم؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.



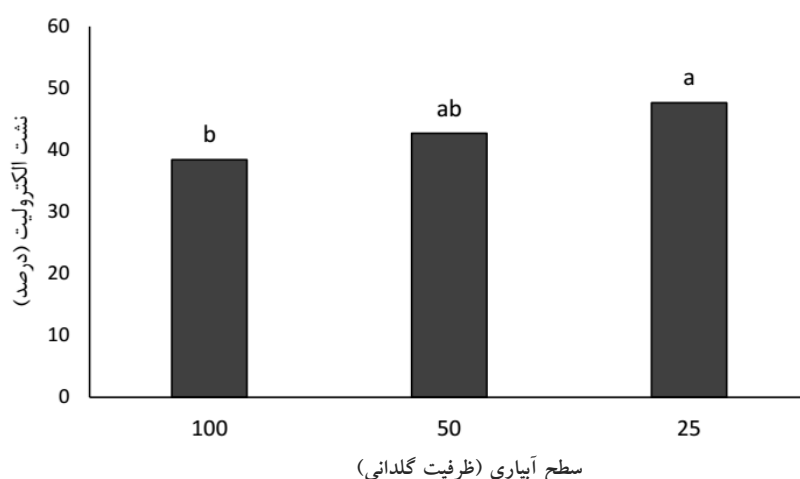
شکل ۴. الف) اثر قارچ تریکودرما (جدایه ۶۵ و ب) سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن خشک ریشه گیاه گل مریم؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

مقدار وزن خشک ریشه افزایش یافت که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. اما با نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده بر گیاهچه‌های خیار مغایرت دارد (۲). علاوه بر تولید اسید آبسزیک توسط تریکودرما، که احتمالاً می‌تواند سبب افزایش حجم ریشه و متعاقباً افزایش جذب عناصر غذایی شود، این قارچ‌ها از طریق کنترل جمعیت میکروبی غیرپاتوژنیک مخرب و همچنین با هضم

افزایش یافت. بیشترین مقدار وزن خشک ریشه در سطح ۵۰٪ و کمترین در سطح ۱۰٪ آبیاری مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بودند. به طوری که افزایش میزان تنش تا ۵۰٪ باعث افزایش در وزن خشک ریشه شد و سپس در تنش ۲۵٪، کاهش مجدد در مقدار وزن خشک ریشه مشاهده شد (شکل‌های ۳ و ۴). در پژوهش ایدیا و همکاران (۴۱)، با افزایش شدت تنش،



شکل ۵. اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر مقدار نشت الکترولیت گل مریم (جدایه bi)؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.



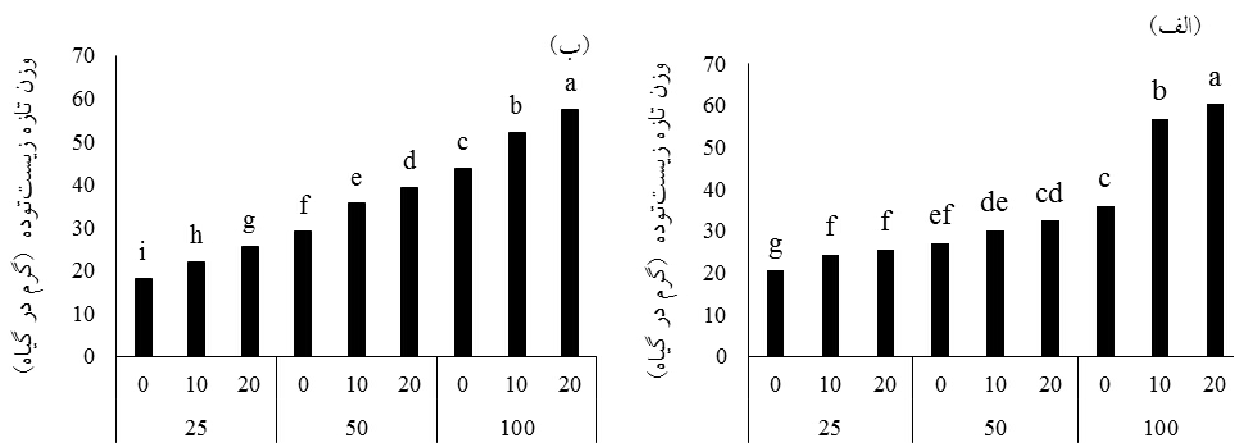
شکل ۶. اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر مقدار نشت الکترولیت گل مریم (جدایه ۶۵)؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

سطوح مختلف قارچ و برهم‌کنش سطح تنش و سطح قارچ معنی‌دار نشدند (جدول‌های ۱ و ۲). با افزایش سطح تنش، مقدار نشت الکترولیت حدود ۱۰٪ افزایش یافت (شکل‌های ۵ و ۶). وانوزی و لارنر (۳۷) نشان دادند که تیمار تنش خشکی از تکامل دیواره ممانعت کرده و باعث نشت الکترولیت از دیواره سلولی می‌شود. با توجه به آسیب‌پذیری غشای سیتوپلاسمی، محتویات سلول به بیرون تراوش می‌کند. نتایج سایر

متابولیت‌های سمی تولید شده توسط این میکروفلورها به‌وسیله یکسری آنزیم‌ها، مستقیماً رشد ریشه و نهایتاً رشد گیاه را افزایش می‌دهند (۲۵).

نشت الکترولیت

در هر دو آزمایش اول و دوم، سطوح مختلف تنش بر صفت نشت الکترولیت با سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار شدند. اما اثر



برهم‌کنش تنش خشکی و سطوح مختلف جدایه ۶۵ قارچ تریکودرما بر وزن تازه زیست‌توده در گل مریم

برهم‌کنش تنش خشکی و سطوح مختلف جدایه bi قارچ تریکودرما بر وزن تازه زیست‌توده در گل مریم

شکل ۷. برهم‌کنش سطوح مختلف تنش خشکی و سطوح مختلف جدایه‌های الف) قارچ تریکودرما (T.bi) و ب) قارچ T.65 بر وزن تازه زیست‌توده گل مریم؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

گرم مشاهده شد که این مقادیر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. همچنین، در نتایج به‌دست آمده از برهم‌کنش سطح تنش و سطح قارچ T.65 مشخص شد که بیشترین مقدار وزن خشک زیست‌توده مربوط به دو سطح ۲۰ و ۱۰ درصد قارچ T.65 در ۱۰۰٪ ظرفیت‌گلدانی به ترتیب به مقدار ۴/۷۳ و ۴/۴۹ گرم بوده است که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. کمترین مقدار وزن خشک زیست‌توده در سطح ۲۵٪ ظرفیت‌گلدانی و عدم حضور قارچ به مقدار ۱/۷۹ گرم به‌دست آمد (شکل ۸). به‌طورکلی، با افزایش سطح قارچ و کاهش سطح تنش، مقدار وزن تازه و خشک زیست‌توده افزایش یافت.

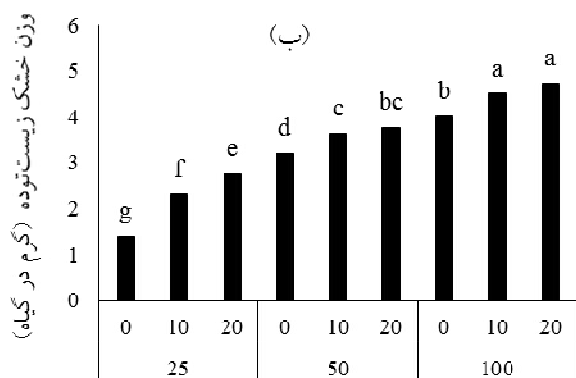
در پژوهشی، استفاده از قارچ تریکودرما باعث افزایش معنی‌دار فاکتورهای رشدی مانند اندام هوایی گوجه‌فرنگی شد (۹). بسیاری از پژوهشگران بر این باور هستند که به‌طور عمده، جدایه‌های قارچ تریکودرما با تولید مواد بیوشیمیایی باعث تحریک رشد گیاهان می‌شوند و یا باعث کاهش آثار ممانعت از رشد برخی ترکیبات در خاک می‌شوند که می‌تواند افزایش وزن را به‌همراه داشته باشد (۲۱ و ۳۹). به‌طور کلی، گونه‌های تریکودرما، با استقرار و هاگ‌زایی فراوان در محیط

پژوهشگران نیز بیان‌گر افزایش میزان نشت الکترولیت در شرایط تنش خشکی است (۱۵ و ۳۴).

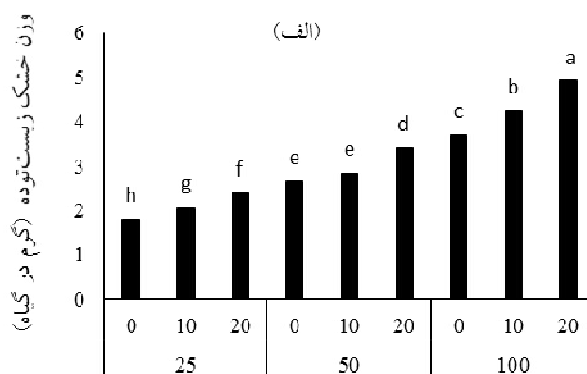
وزن تازه و خشک زیست‌توده

بررسی نتایج تجزیه واریانس صفات وزن تازه و خشک زیست‌توده در گیاه گل مریم نشان داد که برهم‌کنش سطح تنش خشکی به‌همراه سطح هر دو جدایه قارچ تریکودرما در سطح اطمینان ۹۹٪ تأثیر معنی‌داری بر وزن زیست‌توده داشت. بیشترین مقدار وزن تازه زیست‌توده در شرایط ۱۰۰٪ ظرفیت‌گلدانی به‌همراه ۲۰٪ قارچ T.bi و T.65 به ترتیب با مقدار ۶۰/۲۶ و ۵۷/۴۵ گرم مشاهده شد که با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری بودند. کمترین مقدار وزن تازه زیست‌توده در تنش شدید (۲۵٪ ظرفیت‌گلدانی) به مقدار ۲۰/۴۹ و ۱۸/۱۹ به ترتیب مربوط به T.bi و T.65 بوده است (شکل ۷).

بررسی برهم‌کنش سطح تنش و سطح قارچ T.bi نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک زیست‌توده در ۱۰۰٪ ظرفیت‌گلدانی به‌همراه ۲۰٪ قارچ با مقدار ۴/۹۱ گرم و کمترین مقدار در تیمار ۲۵٪ ظرفیت‌گلدانی بدون اعمال قارچ به مقدار ۱/۷۹

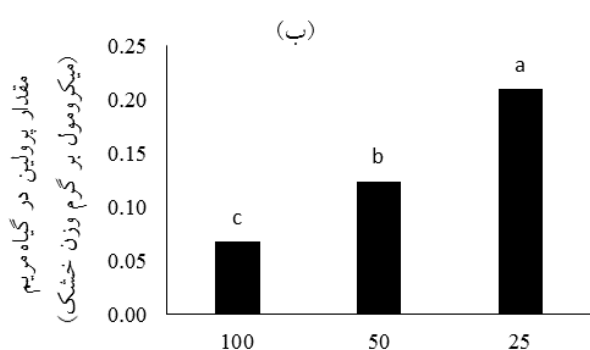


برهم‌کنش تنش خشکی و سطوح مختلف جدایه ۶۵ قارچ
تریکودرما بر وزن خشک زیست‌توده در گل مریم

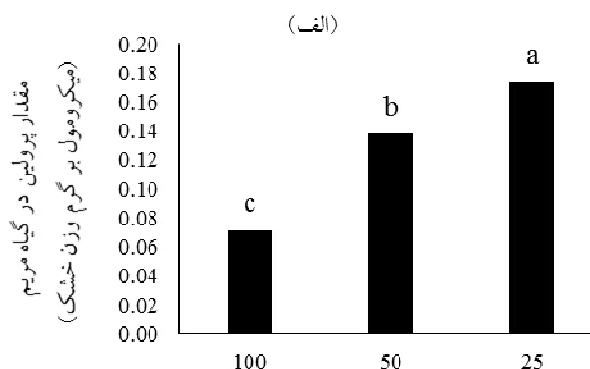


برهم‌کنش تنش خشکی و سطوح مختلف جدایه bi
قارچ تریکودرما بر وزن خشک زیست‌توده در گل مریم

شکل ۸. برهم‌کنش سطوح مختلف تنش خشکی و سطوح مختلف جدایه‌های الف) قارچ تریکودرما (قارچ T.bi)، و ب) قارچ T.65 بر وزن خشک زیست‌توده گل مریم؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.



سطح آبیاری (ظرفیت گلدانی) در جدایه ۶۵



سطح آبیاری (ظرفیت گلدانی) در جدایه bi

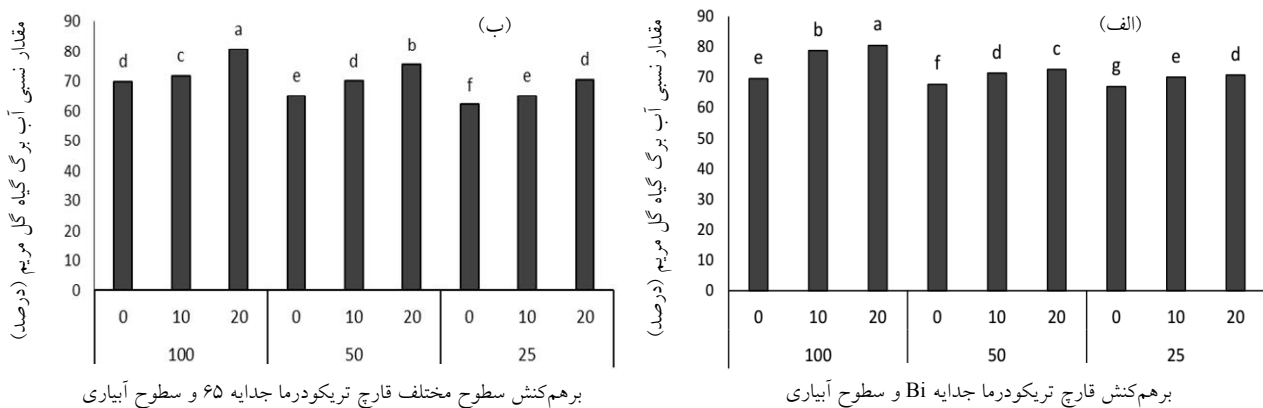
شکل ۹. اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر مقدار پرولین گل مریم در الف) قارچ تریکودرما جدایه bi و ب) جدایه ۶۵؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

شد. با افزایش شدت تنش، مقدار پرولین نیز افزایش یافت. به طوری که بیشترین مقدار پرولین در تنش ۲۵٪ و کمترین در ۱۰۰٪ ظرفیت گلدانی مشاهده شد که از لحاظ آماری، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (شکل ۹). اسیدآمین پرولین از ترکیبات تنظیم‌کننده اسمزی است که غلظت آن در تنش‌های محیطی مانند شوری و خشکی افزایش می‌یابد (۳۲). نتایج حاصل از پژوهش‌های پیشین نشان داده که افزایش سطح پرولین در گیاهان در شرایط تنش ممکن است به دلیل

خاک و به ویژه اطراف ریشه اغلب گیاهان زراعی، سبزی و زینتی با مکانیسم‌های بیوشیمیایی باعث کمک به افزایش جذب عناصر غذایی و آب و در نتیجه تحریک رشد اندام‌های زیرزمینی یا هوایی این گیاهان می‌شوند (۹).

پرولین

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جداول ۱ و ۲)، اثر ساده سطح تنش بر مقدار پرولین با سطح اطمینان ۹۹٪، معنی‌دار



شکل ۱۰. برهم‌کنش سطوح مختلف تنش خشکی و قارچ تریکودرما (الف) جدایه bi و (ب) جدایه ۶۵ بر مقدار نسبی آب برگ گل مریم؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

ریشه‌ای می‌شود (۲۵) که زیاد بودن محتوای نسبی آب در شرایط کم‌آبی می‌تواند با رفتار روزنه‌ها و سیستم ریشه‌ای گیاه در ارتباط باشد، زیرا حفظ محتوای آبی درونی یک گیاه نیاز به داشتن ریشه عمیق برای جذب آب دارد (۲۶).

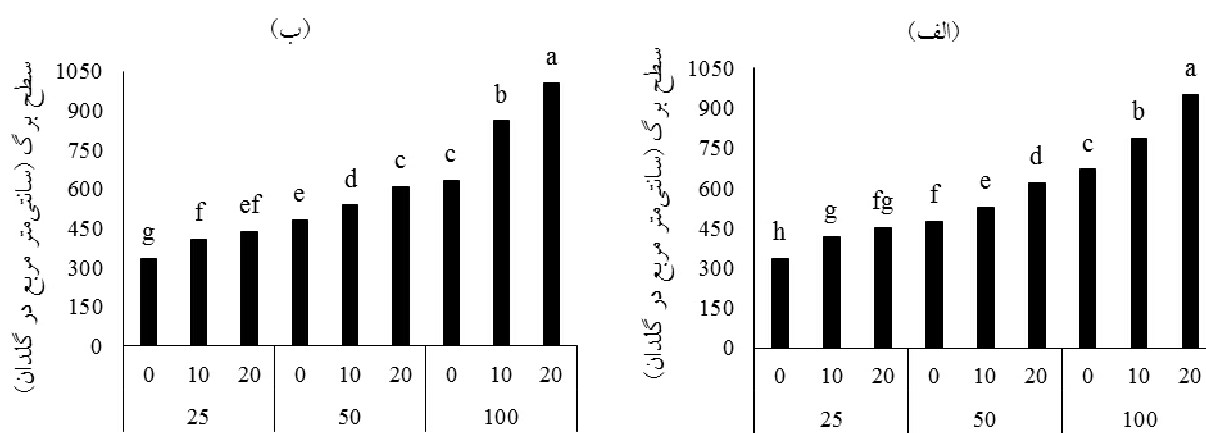
سطح سبز برگ

در بررسی نتایج تجزیه واریانس صفت سطح برگ مشاهده شد که برهم‌کنش سطح تنش به همراه سطح قارچ در هر دو جدایه قارچ تریکودرما با سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار شد (جدول‌های ۱ و ۲). نتایج نشان داد که با افزایش سطح قارچ و کاهش سطح تنش، میزان سطح برگ افزایش یافت. به طوری که بیشترین مقدار سطح برگ در ۱۰۰٪ ظرفیت گلدانی به همراه ۲۰٪ قارچ T.bi و T.65 به ترتیب برابر با ۹۵۲ و ۱۰۰۴ سانتی‌متر مربع و کمترین مقدار نیز مربوط به ۲۵٪ ظرفیت گلدانی در عدم حضور قارچ بوده است (شکل ۱۱). در پژوهشی، افزایش سطح برگ جو و کلزا در حضور قارچ تریکودرما گزارش شد (۱). قارچ تریکودرما باعث کاهش اثرهای تنش شوری در برخی از شاخص‌های رشدی گیاه نیشکر، از جمله افزایش سطح سبز برگ، نسبت به شاهد شد (۹). تأثیر خشکی و قارچ تریکودرما بر برخی شاخص‌های رشدی زنیان نشان داد که قارچ تریکودرما توانست بیشترین میانگین‌ها را نسبت به تیمار عدم

فعال‌شدن بیوستنز پرولین باشد که باعث افزایش گردش پروتئین می‌شود. در واقع، پرولین نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در شرایط تنش دارد (۶ و ۲۸).

مقدار نسبی آب برگ

در هر دو آزمایش اول و دوم، برهم‌کنش تیمارها دارای تأثیر معنی‌داری بر صفت درصد نسبی آب برگ بودند (جدول‌های ۱ و ۲). بیشترین مقدار نسبی آب برگ در هر دو آزمایش، در حالت بدون تنش و سطح ۲۰٪ هر دو قارچ جدایه bi و ۶۵ به ترتیب با مقدار ۸۰/۴ و ۸۰/۷ درصد مشاهده شد. کمترین مقدار نسبی آب برگ مربوط به سطح صفر قارچ تحت تنش ۲۵٪ در هر دو آزمایش بود. با افزایش سطح تنش، کاهش درصد نسبی آب برگ و با افزایش سطح قارچ، افزایش درصد نسبی آب برگ مشاهده شد (شکل ۱۰). گوپتا (۲۴) و ژو و همکاران (۴۲) در پژوهش خود شاهد کاهش مقدار نسبی آب گندم در تنش کم‌آبیاری بودند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. کاهش شدید هدایت روزنه‌ای با تغییر جزئی محتوای نسبی آب بیانگر آن است که احتمالاً سیگنال‌های ارسالی از ریشه در شرایط تنش خشکی، عامل بسته شدن روزنه و کاهش فتوسنتز است. این سیگنال شیمیایی همان آبسزیک اسید است (۳۶). قارچ تریکودرما باعث افزایش رشد سیستم



برهم‌کنش تنش خشکی و سطوح مختلف جدایه ۶۵ قارچ تریکودرما بر شاخص سطح برگ در گل مریم

برهم‌کنش تنش خشکی و سطوح مختلف جدایه bi قارچ تریکودرما بر شاخص سطح برگ در گل مریم

شکل ۱۱. برهم‌کنش سطوح مختلف تنش خشکی و سطوح مختلف جدایه‌های الف) قارچ تریکودرما (قارچ T.bi) و

ب) قارچ T.65 بر شاخص سطح برگ در گل مریم؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

برخی از گونه‌ها و جدایه‌های تریکودرما اثرهای بهتری بر برخی از گونه‌های گیاهان دارند و نوعی سازگاری بین جدایه مورد استفاده و گیاه وجود دارد. نوع خاک و برهم‌کنش خاک و گیاه نیز می‌تواند در موفقیت گونه‌های تریکودرما مؤثر باشد (۱۳). افزایش معنی‌دار در ویژگی‌های رشدی گل مریم احتمالاً می‌تواند ناشی از ترشح فیتوهورمون‌ها به‌وسیله تریکودرما با توسعه ارتباط بین قارچ - گیاه و افزایش جذب مواد غذایی شیب به آنچه که برای میکوریزا روی می‌دهد باشد (۱۶). تریکودرماها احتمالاً می‌توانند در حلالیت عناصر غذایی گیاهی مانند فسفات، آهن، مس، منگنز و روی مؤثر واقع شوند (۲۵). تولید تنظیم‌کننده‌های رشد به‌وسیله ریزجانداران از جمله مکانیسم‌هایی است که غالباً با تحریک رشد گیاه همبستگی دارد (۳۸). در مطالعه‌ای، عنوان شد که تریکودرما قادر به سنتز IAA است. این موضوع می‌تواند دلیلی بر افزایش رشد و نمو و افزایش عملکرد در گوجه‌فرنگی باشد (۲۳).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، جدایه‌های قارچ

کاربرد قارچ در صفت سرعت رشد نسبی و سطح سبزی نسبت به شاهد به‌خود اختصاص دهد (۴). این نتایج حاکی از اثر مثبت قارچ تریکودرما بر افزایش سطح برگ بوده است. مکانیسم‌های پیچیده این افزایش رشد احتمالاً به‌دلیل تولید ترکیبات محرک رشد توسط قارچ تریکودرما است (۲۳).

در آزمایش مظلومی لیلی و همکاران (۶) مشاهده شد که تأثیر قارچ تریکودرما در خاک‌های دارای تنش‌های شوری و کمبود عناصر پتاسیم و فسفر بر صفات رشدی مورد بررسی در گیاه خیار به‌لحاظ آماری معنی‌دار بوده است. بیشترین و کمترین میانگین جمعیت قارچ، به‌ترتیب در خاک اسیدی و خاک خیلی شور به‌دست آمد (۷). در نهایت، می‌توان بیان کرد که یکی از دلایل کم بودن جمعیت تریکودرما در برخی خاک‌ها، مناسب نبودن شرایط خاک است و در صورت ترمیم جمعیت آن، از طریق افزودن جدایه‌های موفق قارچ به خاک، می‌تواند در خاک‌های تحت تنش، رشد گیاهان را بهبود بخشد (۷).

عوامل بیولوژیک به‌طور معنی‌داری تحت شرایط محیط قرار می‌گیرند (۱۶). نوع عملکرد تریکودرما می‌تواند نقش مهمی در القای افزایش رشد و عملکرد گیاه داشته باشد (۱۳). ظاهراً

استفاده از قارچ تریکودرما می‌تواند به‌عنوان روشی بیولوژیک در تعدیل تنش خشکی و همچنین افزایش رشد رویشی مؤثر واقع شود. به‌طور کلی، شناسایی تأثیر قارچ تریکودرما در بهبود رشد گیاه مریم در شرایط تنش خشکی از طریق شناخت دقیق سازوکارهای دخیل در این فرایندها نیاز به پژوهش‌های بیشتری دارد.

تریکودرما و سطوح مختلف آن، اثرهای متفاوتی بر صفات مورفوفیزیولوژیک گل مریم در شرایط تنش خشکی داشته‌اند. اعمال جدایه‌های قارچ تریکودرما (bi و ۶۵) باعث افزایش وزن تازه و خشک زیست‌توده، وزن خشک ریشه، مقدار نسبی آب برگ و سطح سبز برگ در گیاه گل مریم نسبت به نمونه شاهد شد. به‌نظر می‌رسد جدایه bi تا حد زیادی توانست اثرهای منفی تنش خشکی را در گل مریم نسبت به جدایه ۶۵ بهتر کنترل کند.

منابع مورد استفاده

۱. تقوی قاسمخیلی، ف.، ه. پیردشتی، م. ع. بهمنیار و م. ع. تاجیک. ۱۳۹۲. اثر تریکودرما هارزیانوم و کادمیم بر شاخص تحمل و عملکرد جو (*Hordeum vulgare L.*). اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۸(۴): ۴۶۵-۴۸۲.
۲. تقی‌نسب درزی، م. ۱۳۹۱. تأثیر برخی جدایه‌های قارچ *Trichoderma spp.* بر افزایش رشد گیاهچه‌های خیار در شرایط گلخانه. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱۱: ۸۵-۹۲.
۳. زمردی، ن. ۱۳۹۳. بررسی ریشه‌زایی و عملکرد روزنه در دو گونه فیکوس (*Ficus benjamina* and *Ficus elastic*) تحت شرایط غنی‌سازی دی‌اکسید کربن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
۴. سالاری میری، ف.، ا. رحیمی، ح. علایی و ع. محمدی. ۱۳۹۵. تأثیر خشکی و قارچ تریکودرما بر برخی شاخص‌های رشدی زنیان. سومین همایش یافته‌های نوین در محیط‌زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی، سوم مهرماه، دانشگاه تهران.
۵. ضرغامی، م.، م. شور، ع. تهرانی‌فر، ع. گنجعلی و ن. مشتاقی. ۱۳۹۳. ارزیابی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی گیاه اطلسی به تنش خشکی. پایان‌نامه دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۶. طاهر، ط.، ا. گلچین، س. شفیع‌ی و س. صیف‌زاده. ۱۳۹۲. تأثیر نیتروژن و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر رشد و صفات کمی گل شاخه بریده مریم (*Polianthes tuberosa L.*). علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۴(۴): ۴۱-۵۰.
۷. مظلومی لیلی، آ.، ح. ر. علیزاده، ن. برومند و ذ. اعظمی ساردوئی. ۱۳۹۴. بررسی پایداری قارچ تریکودرما در خاک‌های مختلف و تأثیر آن بر بهبود رشد گیاه خیار. کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی ۴(۲): ۹۹-۱۰۹.
۸. معصومی، ع.، م. کافی، ج. نباتی، ح. خزاعی، ک. داوری و م. زارع مهرجردی. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی بر وضعیت آبی و نشت الکترولیت برگ، فتوسنتز و فلورسانس کلروفیل در مراحل مختلف رشدی دو توده کوشیا (*Kochia scoparia*) در شرایط شور. پژوهش‌های زراعی ایران ۱۰(۳): ۴۸۴-۴۷۶.
۹. نصرآبادی، ف.، ن. عنایتی ضمیر، م. شمیلی و م. مهربانی کوشکی. ۱۳۹۴. اثر تلقیح قارچ تریکودرما ویرنس بر کاهش تنش شوری گیاه نیشکر. اولین همایش بین‌المللی و چهارمین همایش ملی پژوهش‌های محیط‌زیست و کشاورزی، ۵ آذر، دبیرخانه دائمی کنفرانس، همدان.
10. Altintas, S. and U. Bal. 2008. Effects of the commercial product based on *Trichoderma harzianum* on plant, bulb and yield characteristics of onion. *Sci. Hort.* 116: 219-222.
11. Ansari, H., H. Sharifian and K. Davari. 2010. Principles of General Irrigation. Academic Jahad.
12. Bahrehmand, S., J. Razmjoo and H. Farahmand. 2014. Effects of nano-silver and sucrose applications on cut flower longevity and quality of tuberose. *Int. J. Hort. Sci. Technol.* 1(1): 67-77.

13. Bal, U. and S. Altintas. 2008. Effect of *Trichoderma harzianum* on lettuce in protected cultivation. J. Cent. Eur. Agric. 9: 63–70.
14. Bates, L.S., R.P. Walden and I.D. Teave. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39: 205–207.
15. Beltrano, J. and M. Ronco. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. Braz. J. Plant Physiol. 20: 29–31.
16. Blanchard, L.M. and T. Bjorkman. 1996. The role of auxin in enhanced root growth of *Trichoderma*-colonized. Eur. J. Plant Pathol. 102: 719–732.
17. Buyer, J.S., D.P. Roberts and E. Ruussek-Cohen. 2002. Soil and plant effects on microbial community structure. Can. J. Microbiol. 48: 955–964.
18. Chang, Y.C., R. Chang, Y.C. Baker, O. Kleifeld and I. Chet. 1986. Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *T. harzianum*. Plant Dis. 70: 145–148.
19. Cornic, G. 1994. Drought stress and high light effects on leaf photosynthesis. PP. 297–313. In: Baker, N.R. and J. R. Bowyer (Eds.), Photo Inhibition of Photosynthesis: From Molecular Mechanisms to the Field.
20. Cuevas, C. 2006. Soil inoculation with *Trichoderma pseudo koningiirifai* enhances yield of rice. Philippine J. Sci. 135(1): 31–37.
21. Culter, H.G., R.H. Cox, F.G. Crumley and P.D. Cole. 1986. 6-pentyl- α -pyrone from *Trichoderma harzianum*: Its plant growth inhibitory and antimicrobial properties. Agric. Biol. Chem. 50: 2943–2945.
22. Eidyan, B., E. Hadavi and N. Moalemi. 2014. Pre-harvest foliar application of iron sulfate and citric acid combined with urea fertigation affects growth and vase life of tuberose (*Polianthes tuberosa*) “Por-Par”. Hort. Environ. Biotech. 55: 9–13.
23. Gravel, V., H. Antoun and R.J. Tweddell. 2007. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible role of indole acetic acid (IAA). Soil Biol. Biochem. 39: 1968–1977.
24. Gupta, N.K., S. Gupta and A. Kumar. 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. J. Agron. Crop Sci. 186: 55–62.
25. Harman, G.E., C.R. Howell, A. Viterbo, I. Chet and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species- opportunistic, a virulent plant symbionts. Nat. Rev. Microbiol. 2(1): 43–56.
26. Hirayama, M., Y. Wada and H. Nemoto. 2006. Estimation of drought tolerance based on leaf temperature in upland rice breeding. Breed. Sci. 56: 47–54.
27. Kaewchai, S., K. Soyong and K.D. Hyde. 2010. Mycofungicides and fungal biofertilizers. Fungal Divers. 38: 25–50.
28. Khan, N.A., S. Shabian, A. Masood, A. Nazar and N. Iqbal. 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. Int. J. Plant Biol. 1: 1–8.
29. Kumar, R., S.S. Solankey and M. Singh. 2012. Breeding for drought tolerance in vegetables. Veg. Sci. 39(1): 1–15.
30. Marcum, K. B. 1998. Cell membrane thermostability and whole-plant heat tolerance of kentucky bluegrass. Crop Sci. 38(5): 1214–1218.
31. Mazhabi, M., H. Nemati, H. Rouhani, A. Tehranifar, E.M. Moghadam, H. Kaveh and A. Rezaee. 2011. The effect of trichoderma on polianthes qualitative and quantitative properties. J. Anim. Plant Sci. 21(3): 617–621.
32. Peng, Y.L., Z.W. Gao, Y. Gao, G.F. Liu, L.X. Sheng and D.L. Wang. 2008. Eco physiological characteristics of alfalfa seedlings in response to various mixed salt-alkaline stresses. J. Plant Biol. 50(1): 29–39.
33. Putra, P.A. and H. Yuliando. 2015. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: A review. Agric. Agric. Sci. Proc. 3: 283–288.
34. Sabet Teimouri, M., M. Kafī, Z. Avarseji and K. Orooji. 2010. Effect of drought stress, corm size and corm tunicon morphoecophysiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) in greenhouse conditions. Agroecol. 2: 323–334.
35. Sajjadinia A., A. Ershadi, H. Hokmabadi, M. Khayyat and M. Gholami. 2010. Gas exchange activities and relative water content at different fruit growth and developmental stages of on and off cultivated pistachio trees. Aust. J. Agric. Eng. 1: 1–6.
36. Taiz, L. and E. Zaiger. 2008. Drought adaptation of plants and role of ABA in water deficit tolerance. Hort 301, Chapter 26: 671–682.
37. Vannozi, G. and F. Lerner. 2007. Proline accumulation during drought rhizogenic in maize. J. Plant Physiol. 85: 441–467.
38. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil 255: 571–586.

39. Vinale, F., G. D'Ambrosio, K. Abadi, F. Scala, R. Marra, D. Turra, S.L. Woo and M. Lorito. 2004. Application of *Trichoderma harzianum* (T22) and *Trichoderma atroviride* (P1) as plant growth promoters and their compatibility with copper oxychloride. *J. Zhejiang Univ. Sci.* 30: 2–8.
40. Waithaka, K., M.S. Reid, and L.L. Dodge. 2001. Cold storage and flower keeping quality of cut tuberose. *Hort. Sci. Biotech.* 76: 271–275.
41. Yedidia, I., A.K. Srivastva, Y. Kapulnik and I. Chet. 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant Soil* 235(2): 235–242.
42. Zou, G.H., H.Y. Liu, H.W. Mei, G.L. Liu, X.Q. Yu, M.S. Li, J.H. Wu, L. Chen and L.J. Luo. 2007. Screening for drought resistance of rice recombinant inbred pulsations in the field. *J. Integr. Plant Biol.* 49: 1508–1516.

Effect of *Trichoderma* Isolates on Morphophysiological Changes of *Polianthes Tuberosa* under Drought Stress

H. R. Zekavati¹, M. Shoor^{1*}, H. Rohani², F. Fazeli Kakhki³ and E. Ganji Moghadam³

(Received: 6 May 2018 ; Accepted : 9 January 2019)

Abstract

In order to evaluate the effect of different *Trichoderma* isolates on reducing the effects of drought stress on *Polianthes tuberosa*, two factorial experiments were carried out based on completely randomized design with three replications. The first factor in the first experiment was bi isolate, and in the second experiment was isolate 65 of *Trichoderma harzianum*, each at three levels (0, 10, 20% v/v) and the second factor was three levels of drought stress (25, 50, 100% of pot capacity). Results showed that both isolates increased fresh and dry weight of the biomass and root dry weight of *Polianthes tuberosa* plant under stress conditions. The fresh weight of the biomass was increased by 20% in 25% stress by bi isolate and 29.5% by isolate 65, indicating that the growth of *Polianthes tuberosa* in the presence of *Trichoderma* fungus increased. Proline content was increased by 40 and 32% by isolates bi and 65 in 25% stress compared to 100% pot capacity. The relative water content and leaf area were increased by applying different levels of the two fungi with increasing stress levels. The leaf area in the 25% stress and 20% fungus treatment were increased by 26 and 24%, respectively, in isolates bi and 65, compared to fungus-free pots. It seems that the isolates bi and 65 of *Trichoderma harzianum* have different effects under drought stress conditions. In terms of stress, 100% pot capacity and bi-isolate treatment, the root dry weight, fresh and dry weight of biomass, relative water content and leaf green area were more than the same traits in isolate 65 treatment.

Keywords: Proline, Leaf relative water content, Photosynthesis, Root dry weight.

1. Dept. of Hort. Sci. and Landscape, Ferdowsi Univ. of Mashhad, Mashhad, Iran.

2. Dept. of Plant Protec., Ferdowsi Univ. of Mashhad, Mashhad, Iran.

3. Khorasan Razavi Agric. and Nat. Resour. Res. and Edu. Center, AREEO, Mashhad, Iran.

* Corresponding Author, Email: shoor@ferdowsi.um.ac.ir