عملکرد و ویژگی‌های رشدی ارقام آفتابگردان تلقیح شده با قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا در شرایط تنش خشکی

نگین نوروزی چقامارانی[۱]، غلامرضا محمدی[۲*] و مختار قبادی[۳]

۱) دانشجوی دکتری گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲ و ۳) دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

*** نویسنده مسئول: Mohammadi114@yahoo.com**

این مقاله مستخرج از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۲ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۶**

چکیده

یکی از روش‌های نوین در زمینه مدیریت بهینه و افزایش بهره‌وری استفاده از منابع آب در مصارف کشاورزی، به‌کارگیری روش‌های کم‌آبیاری است. با توجه به اهمیت این موضوع، این پژوهش به منظور تعیین اثر همزیستی قارچ‌های میکوریزا بر عملکرد رقم‌های آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و به‌صورت آزمایش کرت‌های دوبار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای اعمال شده شامل سطوح تنش خشکی: تنش شدید، متوسط و بدون تنش، سه رقم آفتابگردان فرخ، هایسان و برزگر و دو گونه قارچ میکوریزا *Glomus mossea* و *Glomus intraradices* بودند. برای اعمال تیمارهای مختلف خشکی، سطوح مختلف تخلیه رطوبتی خاک (به‌ترتیب ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد) در نظر گرفته شد. تیمارهای مختلف کم آبیاری پس از ساقه رفتن اعمال شد و سپس ویژگی‌های رشدی و عملکرد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد کاربرد میکوریزا اثر معنی‌داری بر افزایش مقدار عملکرد دانه و روغن ارقام آفتابگردان، وزن خشک ساقه، طول ساقه، تعداد دانه و قطر طبق دارد. بیش‌ترین عملکرد دانه از کاربرد رقم هایسان و قارچ *G.mossea* در شرایط تنش خشکی متوسط (۶۳۹۹/۰۵ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. تنش خشکی شدید و متوسط بدون کاربرد قارچ به‌ترتیب موجب ۴۶ درصد و ۲۰ درصد افت عملکرد ارقام آفتابگردان نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) شدند. تنش خشکی متوسط و کاربرد قارچ آربوسکولار میکوریزا تنها ۱۳ درصد عملکرد دانه آفتابگردان را نسبت به آبیاری کامل کاهش داد که در مقایسه با آبیاری کامل ۳۰ درصد در مصرف آب آبیاری صرفه جویی شد. بنابراین نتیجه‌گیری شد که کاربرد قارچ آربوسکولار میکوریزا افت عملکرد ناشی از تنش خشکی را از طریق صرفه جویی در مصرف آب می‌تواند جبران نماید.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، اجزای عملکرد، کم‌آبیاری و میکوریزا.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

مقدمه

آب یکی از مهم‌ترین عوامل اکولوژیک محدود کننده برای رشد و توسعه گیاه به شمار می‌رود، که این عامل در مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیت بیش‌تری برخوردار است (FAO, 2002). برای افزایش راندمان مصرف آب در بخش کشاورزی، به‌کارگیری روش‌های مختلف آبیاری، رقم‌های متحمل به خشکی و همچنین استفاده از قارچ‌های میکوریزا از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (جمشیدی و همکاران، ۱۳۸۸). یکی از روش‌های نوین در زمینه مدیریت بهینه و افزایش بهره‌وری استفاده از منابع آب در مصارف کشاورزی، به‌کارگیری روش‌های کم آبیاری است که در سال‌های اخیر مطرح شده است (رضایی استخرویيه و همکاران، ۱۳۹۳). تحت روش‌های کم‌آبیاری، آب مصرفی تا حد کم‌تر از حداکثر نیاز آبی گیاه می‌باشد و تنش ملایمی به گیاه داده می‌شود تا جایی که حداقل اثر را بر افت عملکرد گیاه داشته باشد. بنابراین، در شرایط خشکی و کمبود منابع آب، روش‌های کم‌آبیاری می‌تواند عملکرد اقتصادی را در واحد مقدار آب مصرفی افزایش دهد (Dadrasan *et al*, 2015). با توجه به این‌که در روش‌های کم آبیاری، تنش خشکی به گیاه وارد می‌شود، استفاده از قارچ‌های میکوریزا می‌تواند در کاهش تنش‌های وارده به گیاه نقش مهمی را به عهده داشته باشد (Gholamhoseini *et al*, 2013). همچنین ثابت شده است که کاربرد قارچ میکوریزا جذب و تخصیص عناصر غذایی و آب را بین ساقه و ریشه بهبود می‌بخشد و موجب افزایش رشد گیاه می‌شود (سلیمانی، ۱۳۹۶؛ Clark and Zeto, 2000; Giri and Mukerji, 2004؛ Wu and Xia, 2006). در پژوهشی توسط جمشیدی و همکاران (۱۳۸۸) برهم‌کنش قارچ میکوریزا با تنش خشکی بر تمامی صفات آفتابگردان به جز تعداد کل دانه‌ها، وزن هزار دانه، تعداد دانه‌های پر و درصد روغن دانه در سطح یک درصد معنی دار بود. همچنین نتایج نشان داد هر چند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد آفتابگردان شد، ولی قارچ میکوریزا شدت اثر آن‌را کاهش داد. در بررسی اثر تلقیح قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا بر رشد، جذب عناصر غذایی و بهره‌وری آب آبیاری در شرایط تنش خشکی در گیاه آفتابگردان، نتایج نشان داد که تلقیح میکوریزایی باعث افزایش ماده خشک، تولید دانه‌های سنگین‌تر و تعداد دانه بیش‌تر و همچنین عملکرد روغن بیش‌تری شد (حیدری و کرمی، ۱۳۹۲). این محققان گزارش کردند که گیاهان میکوریزایی وزن خشک ساقه و عملکرد بیش‌تری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی داشتند، این افزایش وزن می‌تواند در نتیجه جذب عناصر غذایی مختلف مثل نیتروژن، کلسیم، پتاسیم، مس به ویژه فسفر توسط شبکه هیف‌های قارچ میکوریزا باشد. نتایج پژوهشی نشان داد برهم‌کنش قارچ میکوریزا با تنش کم آبی بر ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی بزرگ معنی‌دار بود و کاربرد قارچ میکوریزا موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد، به طوری که تیمار تلقیح شده با میکوریزای *G. intraradices* بیش‌ترین عملکرد دانه را تولید کرد (سلطانیان و همکاران، ۱۳۹۴). از آن‌جا که آفتابگردان به عنوان یکی از منابع مهم در تأمین روغن در جهان به شمار می‌رود، دانه های آفتابگردان

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

با ۴۰ تا ۵۰ درصد روغن و ۱۵ تا ۲۱ درصد پروتئین، نقش بسزایی در تأمین روغن مورد نیاز بشر در سطح جهان دارند (Pavithra and Yapa, 2018). بنابر گزارش‌های موجود، این گیاه پتانسیل خوبی برای کشت با استفاده از روش‌های کم آبیاری دارد (Demir *et al*, 2006). پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که رقم‌های مختلف آفتابگردان در مقابل تنش خشکی پاسخ‌های فیزیولوژیک و عملکردهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند (طباطبایی و شاکری، ۱۳۹۲؛ کریمی‌کاخکی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Soleimanzadeh, 2010). به نظر می‌رسد که کشت آفتابگردان با استفاده از روش کم‌آبیاری با کاهش مصرف آب در واحد سطح، گام مهمی در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار باشد و از طرفی استفاده از رقم‌های متحمل به تنش خشکی به همراه قارچ‌های میکوریزا می‌تواند تا حدودی تنش خشکی وارد شده به گیاه را در شرایط کم آبی کاهش داده و از کاهش عملکرد جلوگیری نماید. بنابراین، هدف از این آزمایش بررسی اثر همزیستی دو گونه مختلف از قارچ‌های میکوریزایی بر عملکرد دانه و برخی پارامترهای رشدی و فیزیولوژیکی در سه رقم متفاوت آفتابگردان از نظر واکنش به تنش خشکی (حساس، نیمه حساس و متحمل) می‌باشد (رشدی و همکاران، ۱۳۸۵؛ رضایی زاد و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین در این پژوهش سعی شده است که تغییر در میزان عملکرد آفتابگردان در مقابل میزان صرفه جویی در میزان آبیاری در شرایط استفاده از قارچ میکوریزا نیز در شرایط تنش خشکی بررسی شود.

مواد و روش ها

این آزمایش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۵ در مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی شهر کرمانشاه با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶ دقیقه شرقی با میانگین بارندگی سالیانه بلند مدت ۴۴۱ میلی متر و میانگین دمای سالیانه ۱۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

طرح آزمایشی

این آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سطوح تنش خشکی (شامل سه سطح: ۱- آبیاری در زمان تخلیه ۸۰ درصد رطوبت خاک (تنش شدید)، ۲- آبیاری در زمان تخلیه ۶۰ درصد رطوبت خاک (تنش متوسط) و ۳- آبیاری در زمان تخلیه ۴۰ درصد رطوبت خاک (بدون تنش)) به عنوان عامل کرت اصلی، سه رقم آفتابگردان (شامل: ۱- فرخ (متحمل)، هایسان ۲- (نیمه حساس) و ۳- برزگر (حساس)) (طباطبایی و شاکری، ۱۳۹۱) به عنوان عامل کرت فرعی و قارچ‌های میکوریزا (شامل سه سطح: دو گونه قارچ میکوریزا شامل *Glomus mossae* و *Glomus intraradices* و یک سطح بدون استفاده از قارچ به عنوان شاهد) به عنوان عامل کرت فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. کرت‌ها به ابعاد ۳×۳/۷۵ متر، ایجاد شدند. هر کرت شامل پنج ردیف کشت، فاصله ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله کاشت گیاهان در روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود (زارعی سیاه بیدی و همکاران، ۱۳۹۴).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1397.10.40.3.9]

تلقیح بذر

در ابتدای کاشت (اردیبهشت ماه)، سه عدد بذر با ۲۰ گرم مخلوط اسپور و خاک که هر گرم از آن حاوی حدود ۱۲۰ اسپور بود، در هر چاله کشت، قرار گرفت (Dadrasan *et al*, 2015). بعد از سبز شدن، یک گیاهچه باقی ماند و بقیه حذف شدند.

مراحل آبیاری

تا مرحله آغاز رشد طولی ساقه برای همه تیمارها با توجه به نیاز آبی گیاه آفتابگردان از آبیاری کامل استفاده شد. سپس در مراحل مختلف رشد، سطوح مختلف کم آبیاری به روش وزنی (با استفاده از فرمول ۱) اعمال شد و رقم‌های مورد نظر تحت رژیم‌های مختلف آبیاری قرار گرفتند که کرت‌های بدون تنش در طی دوره رشد ده مرحله و کرت های دارای تنش متوسط هفت مرحله و کرت‌هایی که تحت اثر تنش شدید بودند، پنج مرحله آبیاری شدند. شایان ذکر است که آبیاری به صورت جوی و پشته انجام شد. برای اعمال تیمارهای آبیاری رطوبت خاک ابتدا گنجایش زراعی خاک (FC) اندازه‌گیری شد. برای این منظور نمونه‌های خاک از سرتاسر مزرعه با استفاده از آگر برداشت شده و در داخل گلدان‌هایی قرار داده شدند. پس از اشباع کردن این گلدان‌ها از آب، سطح گلدان‌ها با فویل آلومینومی پوشانده شد و به مدت ۴۸ ساعت بر روی سطوح مشبک قرار داده شدند تا آب ثقلی آن‌ها خارج شود. سپس وزن خاک در ظرفیت زراعی[۱] به سرعت اندازه‌گیری شد و وزن خشک نمونه‌های خاک[۲] نیز با استفاده از نگهداری در آون به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد اندازه گیری شد (اردلانی و همکاران، ۱۳۹۴). با اندازه گیری موارد بالا، درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه گنجایش زراعی خاک با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

رابطه ۱: $FC= (FCW-DW)/ DW \times 100$

به منظور ایجاد شرایط تنش خشکی و اعمال دوره‌های آبیاری، تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک به مقدار ۴۰ ، ۶۰ و ۸۰ درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه گنجایش زراعی (FC) به‌ترتیب به عنوان تیمارهای شاهد، تنش متوسط و تنش شدید در نظر گرفته شدند. به طوری که در فاصله زمانی هر دو روز، نمونه هایی از خاک مزرعه برداشت شده و پس از قرار دادن در آون به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، درصد وزنی رطوبت آن‌ها با استفاده از رابطه ۲ اندازه گیری شد:

رابطه ۲: $W= (W2-W3)/ (W3-W1) \times 100$

۱ FCW
۲ DW

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

به‌طوری که W: درصد وزنی رطوبت خاک، W_1: وزن خالی ظرف (گرم)، W_2: وزن ظرف + وزن خاک مرطوب (گرم)، W_3: وزن ظرف + وزن خاک خشک (گرم) می‌باشد (Carter and Gregorich, 2007).

ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری

در مرحله برداشت که دانه‌ها دارای ۱۰ درصد رطوبت بودند در هر کرت، با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، باقی گیاهان از نظر ویژگی‌های رویشی و عملکرد دانه و روغن مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. ویژگی‌های گیاهی شامل: تعداد برگ، طول ساقه، شاخص سطح برگ، قطر طبق، عملکرد، تعداد دانه در هر طبق و وزن خشک اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شدند. به منظور تعیین عملکرد دانه در مرحله رسیدگی نمونه ها با اعمال اثر حاشیه‌ای برداشت شدند و طبق‌ها در هوای آزاد خشک شده و دانه‌ها جدا شدند. پس از خشک شدن دانه‌ها، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن تعیین گردید. روغن دانه با استفاده از روش سوکسله و حلال پتروبلیوم اتر برآورد شد (Heidari and Karami, 2014) .

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری شده ابتدا توسط آزمون‌های شاپیرو-ویلک و لون (حبیبی، کتاب کاربرد SPSS) از نظر توزیع نرمال و همگنی واریانس‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. سپس با استفاده از آنالیز واریانس اثر ساده و برهم‌کنش مربوط به فاکتورهای اعمال شده مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد، مقایسه میانگین انجام شد. آنالیز نرمالیتی و همگنی واریانس‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه IBM 22) و آنالیز واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه۹/۱) انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که اثر میکوریزا بر تعداد برگ، طول ساقه، شاخص سطح برگ، قطر طبق، عملکرد دانه و روغن، تعداد دانه در هر طبق و وزن خشک اندام‌های هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر تنش آب و اثر رقم نیز بر تمام صفات گیاهی اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود، برهم‌کنش میکوریزا و تنش آب و رقم بر تمامی صفات گیاهی معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج پژوهشی دیگر نیز نشان داد که اثر قارچ میکوریزا و تنش‌خشکی و همچنین برهم-کنش آن‌ها بر عملکرد دانه، تعداد کل دانه در متر مربع، تعداد دانه پوک در متر مربع، درصد پوکی، میزان کلونیزاسیون میکوریزا، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و عملکرد روغن معنی‌دار شد (جمشیدی و همکاران، ۱۳۸۸).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

تعداد و وزن خشک برگ

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد قارچ آربسکولار میکوریزا بر تعداد برگ تحت اثر تنش‌های آبیاری و ارقام متفاوت اثر مثبت داشته است و نسبت به شاهد (عدم کاربرد قارچ) اختلاف معنی‌داری ایجاد کرده است (جدول ۲). بیش-ترین تعداد برگ از تیمار تنش متوسط، رقم هایسان و کاربرد قارچ *G.intraradices* با میانگین ۲۸/۶۶ به‌دست آمد که نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) ۵۳ درصد افزایش داشت. و کم‌ترین تعداد برگ با میانگین ۱۳/۳۳ مربوط به تنش شدید و رقم برزگر بدون کاربرد قارچ بود. که علت این موضوع می‌تواند ناشی از حضور قارچ باشد که ممکن است قارچ آربوسکولار میکوریزا در شرایط کمبود مختصر رطوبت، توسعه بیش‌تری یابد و به جذب آب از لایه‌های پایین‌تر خاک از طریق شبکه گسترده هیف و در نتیجه گسترش سیستم ریشه‌ای کمک کند. قابل ذکر است که اختلاف مربوط به ویژگی تعداد برگ تا مراحل قبل از رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار نبود و معنی‌دار شدن این اختلاف به دلیل تفاوت در زمان ریزش برگ در گیاهان غیرمیکوریزایی نسبت به گیاهان میکوریزایی باشد که برگ گیاهان میکوریزایی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دیرتر دچار ریزش شده بودند. در نتیجه گیاهان غیر میکوریزایی به دلیل از دست دادن برگ-های خود در این مرحله، دارای برگ‌های کم‌تری بودند. در این راستا نتایج پژوهش سلطانیان و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان داد که تعداد برگ گیاه بزرک تلقیح شده با *G.intraradices* در شرایط بدون تنش افزایش یافت که دلیل آن را ریزش دیرهنگام برگ‌های گیاه میکوریزایی نسبت به گیاه غیرمیکوریزایی دانستند. نتایج آزمایشی دیگر نشان داد که قارچ میکوریزا موجب افزایش طول ساقه و اندام‌های رویشی، شاخص سطح برگ و وزن خشک و تازه ساقه می‌شود (Abdallah *et al*, 2013). در پژوهش جاری در تیمار تنش متوسط و کاربرد قارچ *G.mossea* و *G.interaradices* ویژگی تعداد برگ به‌ترتیب برای رقم فرخ ۶ و ۶۵ درصد، برای رقم هایسان ۳ و ۳۸ درصد و برای رقم برزگر به طور مساوی ۳۶درصد نسبت به شاهد مربوط به خودشان بیش‌تر بود. در همین تیمار وزن خشک برگ به ترتیب برای رقم فرخ ۱۲۸ و ۱۷۷ درصد افزایش، برای رقم هایسان ۱۳ و ۲۶۵ درصد افزایش و برای رقم برزگر ۲ درصد افت و ۴ درصد افزایش نسبت به شاهد خودشان نشان داد. در تیمار تنش شدید و کاربرد قارچ *G.mossea* و *G.interaradices* ویژگی تعداد برگ به ترتیب برای رقم فرخ ۲۰ و ۴۰ درصد، برای رقم هایسان ۶۰ و ۱۴۸ درصد و برای رقم برزگر ۳۴ و ۳۹ درصد نسبت به شاهد مربوط به خودشان افزایش نشان داد. در همین تیمار برای ویژگی وزن خشک برگ نیز به ترتیب برای رقم فرخ ۶۰ و ۱۴۸ درصد، برای رقم هایسان ۴۰ و ۶۸ درصد و برای رقم برزگر ۳۸۶ و ۴۷۵ درصد نسبت به شاهد مربوط به خودشان افزایش مشاهده شد (جدول ۲).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9] [Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات گیاهی آفتابگردان در شرایط تنش‌خشکی و تلقیح با میکوریزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد برگ	وزن خشک برگ	شاخص سطح برگ	طول ساقه	وزن خشک ساقه	تعداد دانه در طبق	قطرطبق	عملکرد دانه	عملکرد روغن
بلوک	۲	۰/۷۰ ns	۰/۲۱ ns	۵۷۹/۷۸ *	۰/۳۵ ns	۵/۸۳ ns	۶۳۶/۳۱ ns	۰/۰۸ ns	۳۲۶۹/۰۳ ns	۷۹/۵۰ ns
تنش‌خشکی	۲	۸۸/۹۳ **	۹۴۱/۹۵ **	۶۲۶۶۳/۳۱ **	۱۸۹۴/۸۶ **	۱۷۷۴/۵۷ **	۸۳۶۱۹۶/۴۹ **	۱۳۹/۳۱ **	۹۶۴۲۱۰۷/۳۳ **	۴۱۴۶۶۴۹/۱۰ **
خطای a	۴	۱/۹۶	۲۹/۸۶	۲۷۵/۳۹	۴/۳۵	۸۹/۱۳	۱۱۲۷/۷۹	۱/۴۲	۱۵۱۴/۸۸	۲۱۴/۰۶
رقم	۲	۱۳/۳۷ **	۲۵۶۴/۶۴ **	۶۰۴۵۹/۱۳ **	۶۶۱/۲۰ **	۸۶۴۷۵/۱۵ **	۷۳۷۸۷۸/۷۲ **	۳۴/۷۲ **	۲۲۴۳۸۲۴/۵۶ **	۱۷۴۱۴۲۸/۶۸ **
تنش‌خشکی×رقم	۴	۲۹/۵۷ **	۱۵۳/۱۵ **	۲۷۱۵۰/۹۹ **	۱۰۴۳/۴۲ **	۱۷۹۳۳/۵۴ **	۴۶۶۶۱/۳۱ **	۳۰/۲۷ **	۹۷۵۶۷۶/۷۳ **	۸۳۹۶۷۴/۶۰ **
خطای b	۱۲	۰/۸۴	۱۵/۲۵	۲۳۶/۸۳	۲/۳۱	۳۲/۶۸	۲۶۹/۵۲	۰/۴۶	۵۵۶۶/۴۸	۱۷۰/۷۴
میکوریزا	۲	۳۰/۱۱ **	۱۷۲۳/۲۵ **	۱۰۴۹۷۳/۱۲ **	۹۹۹/۰۵ **	۲۳۶۱۰/۵۹ **	۶۰۰۹۹۷/۹۷ **	۵/۲۷ **	۱۰۸۶۷۵/۷۳ **	۲۵۶۲۵۸/۸۳ ns
تنش‌خشکی× میکوریزا	۴	۴/۷۰ **	۲۸۱۰/۸۰ **	۱۹۱۳۱/۷۰ **	۱۲۵۴/۶۱ **	۲۰۹۴۲/۲۲ **	۱۹۲۲۳۱/۶۸ **	۵۳/۲۷ **	۱۱۷۸۳۱۷۵/۶۵ **	۶۷۷۴۹/۱۳ **
رقم×میکوریزا	۴	۱۳۸/۳۱ **	۱۲۴۰/۴۶ **	۸۸۲۳۱/۵۸ **	۱۰۸۸/۲۷ **	۸۳۴۶۸/۵۰ **	۷۴۰۶۳۹/۴۶ **	۵۰/۹۶ **	۳۵۴۰۸۰۶/۹۵ **	۱۵۷۹/۲۵ **
تنش‌خشکی ×رقم×میکوریزا	۸	۱۵/۹۶ **	۱۰۷۷/۰۸ **	۱۱۸۶۶۷/۴۶ **	۳۴۸/۶۹ **	۳۷۶۴/۳۰ **	۵۶۹۳۴/۲۷ **	۲۰/۶۵ **	۲۷۴۰۸۰۸/۶۸ **	۸۴۵/۳۰ **
خطای c	۳۶	۰/۲۶	۲۱/۱۲	۱۸۸/۶۹	۰/۶۷	۲۲/۸۳	۷۶۸/۹۶	۰/۳۰	۹۴۲۴/۲۵	۱۰۸/۶
درصد ضریب تغییرات	_	۱۰/۷۷	۱۲/۳۳	۱۴/۴۸	۱۱/۶۰	۱۲/۳۲	۱۶/۳۷	۱۲/۷۱	۱۷/۰۳	۱۶/۱۸

*و ** : به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و ns غیر معنی‌دار .

جدول ۲: مقایسه میانگین صفات گیاهی آفتابگردان در شرایط تنش‌خشکی و تلقیح با میکوریزا

تیمارآبیاری	رقم	میکوریزا	تعداد برگ در بوته	وزن خشک برگ (گرم)	شاخص سطح برگ	طول ساقه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه (گرم)	قطر طبق (سانتی‌متر)	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
تخلیه ۴۰ درصد رطوبت خاک	فرخ	*G.mossea*	۲۰/۳۳	۴۰/۴۰	۲/۲۹	۱۶۶/۳۳	۱۸۰/۵۷	۲۴/۶۷	۱۳۲۶/۶۷	۵۹۴۷/۷۵	۲۳۷۹/۱۰
		G.intraradices	۲۶/۶۶	۷۰/۶۰	۴/۸۸	۱۳۹/۶۶	۲۰۱/۱۷	۲۰/۶۷	۱۰۷۶/۶۷	۵۱۴۸/۵۵	۲۰۵۹/۴۲
		شاهد	۱۸/۶۶	۱۹/۴۷	۱/۸۷	۱۲۳/۶۶	۱۱۴/۷۳	۱۹/۳۳	۸۰۰/۰۰	۴۷۷۴/۱۵	۱۹۰۸/۹۸
	هایسان	*G.mossea*	۱۸/۶۶	۳۲/۲۳	۳/۶۴	۱۴۳/۴۶	۱۸۲/۲۶	۲۵/۳۳	۱۵۰۰/۰۰	۵۳۴۹/۲۰	۲۳۷۷/۲۸
		G.intraradices	۲۵/۶۶	۴۰/۳۳	۱/۷۸	۱۵۵/۶۶	۳۴۳/۲۷	۲۱/۶۷	۱۴۷۰/۰۰	۵۹۵۷/۶۰	۲۳۸۳/۰۴
		شاهد	۱۷/۶۶	۲۰/۲۶	۱/۳۱	۱۴۶/۶۶	۱۵۶/۷۳	۲۰/۳۳	۷۹۶/۶۷	۵۱۶۴/۶۵	۲۰۶۵/۸۶
	برزگر	*G.mossea*	۱۶/۶۶	۳۶/۵۰	۳/۸۱	۱۶۴/۳۳	۴۴۴/۴۳	۲۲/۶۷	۱۱۴۰/۰۰	۵۲۰۸/۵۵	۲۰۸۳/۴۲
		G.intraradices	۱۵/۶۶	۵۹/۱۷	۲/۶۸	۱۳۵/۶۶	۲۴۴/۵۰	۲۱/۶۷	۷۲۳/۳۳	۴۱۴۴/۰۰	۱۶۵۷/۶۰
		شاهد	۱۶/۶۶	۲۳/۵۷	۲/۸۶	۱۳۶/۶۶	۱۹۶/۳۰	۱۹/۶۷	۷۱۶/۶۷	۳۹۸۶/۵۵	۱۵۹۴/۶۲
تخلیه ۶۰ درصد رطوبت خاک	فرخ	*G.mossea*	۱۶/۳۳	۳۹/۶۰	۲/۵۵	۱۳۳/۰۰	۲۰۰/۵۷	۲۲/۰۰	۷۰۳/۳۳	۵۱۷۶/۱۵	۲۰۷۰/۴۶
		G.intraradices	۲۵/۳۳	۴۸/۰۰	۴/۰۱	۱۶۴/۳۳	۲۸۹/۳۷	۱۹/۳۳	۷۰۰/۰۰	۴۵۲۵/۰۵	۱۸۲۵/۰۳
		شاهد	۱۵/۳۳	۱۷/۳۰	۰/۸۳	۱۱۷/۳۳	۸۹/۳۳	۱۷/۰۰	۶۰۳/۳۳	۳۸۹۲/۸۰	۱۵۴۳/۱۲
	هایسان	*G.mossea*	۲۱/۳۳	۳۲/۲۷	۲/۳۳	۱۴۹/۶۶	۱۷۱/۶۳	۲۱/۶۷	۱۰۵۰/۰۰	۶۳۹۹/۰۵	۲۵۵۹/۶۲
		G.intraradices	۲۸/۶۶	۱۰۳/۸۰	۲/۵۲	۱۴۱/۳۳	۳۸۸/۷۳	۲۴/۶۷	۱۴۹۶/۶۷	۵۷۰۸/۱۵	۲۲۸۱/۲۵
		شاهد	۲۰/۶۶	۲۸/۳۷	۱/۴۴	۱۰۶/۰۰	۱۴۵/۳۷	۲۰/۰۰	۶۰۳/۳۳	۴۴۲۳/۰۵	۱۷۵۶/۲۲
	برزگر	*G.mossea*	۲۲/۳۳	۳۵/۵۷	۳/۷۱	۱۳۵/۳۳	۴۸۱/۸۰	۲۱/۳۳	۷۲۶/۶۷	۴۱۳۰/۸۰	۱۶۴۸/۲۸
		G.intraradices	۲۲/۳۳	۳۷/۶۷	۲/۹۷	۱۳۷/۳۳	۲۶۹/۵۷	۲۰/۳۳	۷۶۰/۰۰	۵۳۰۹/۳۵	۲۱۳۳/۴۵
		شاهد	۱۶/۳۳	۳۶/۰۰	۲/۶۳	۱۳۴/۶۶	۱۸۷/۷۷	۱۶/۳۷	۷۱۰/۰۰	۴۰۹۵/۳۵	۱۶۳۸/۱۴
تخلیه ۸۰ درصد رطوبت خاک	فرخ	*G.mossea*	۱۸/۰۰	۴۸/۶۰	۱/۰۱	۱۳۶/۳۳	۱۲۴/۲۷	۱۲/۶۷	۴۹۳/۳۳	۳۲۲۵/۶۵	۱۳۰۱/۸۶
		G.intraradices	۲۱/۰۰	۷۴/۹۰	۰/۸۹	۱۲۲/۳۳	۱۲۶/۹۷	۱۴/۳۳	۵۷۳/۳۳	۳۳۰۲/۱۵	۱۳۲۰/۸۶
		شاهد	۱۵/۳۳	۳۰/۲۰	۰/۸۱	۱۲۱/۶۶	۷۸/۶۰	۱۱/۳۳	۴۵۰/۰۰	۱۴۱۷/۳۵	۵۶۶/۹۴
	هایسان	*G.mossea*	۱۹/۰۰	۳۹/۵۷	۰/۹۶	۱۰۴/۰۰	۱۴۲/۵۳	۱۴/۶۷	۶۳۶/۶۷	۲۷۶۸/۳۵	۱۱۰۷/۳۴
		G.intraradices	۲۰/۰۰	۴۷/۵۰	۱/۰۱	۱۳۶/۳۳	۱۴۷/۳۳	۱۷/۶۷	۶۵۳/۳۳	۳۷۴۶/۴۰	۱۳۹۸/۵۶
		شاهد	۱۵/۳۳	۲۸/۲۶	۰/۹۱	۹۳/۶۶	۱۰۶/۶۰	۱۴/۳۳	۵۰۴/۶۷	۲۶۹۶/۱۵	۱۰۷۸/۴۶
	برزگر	*G.mossea*	۱۸/۳۳	۶۹/۰۳	۱/۷۰	۱۴۱/۶۶	۲۵۹/۵۰	۱۸/۶۷	۴۰۰/۰۰	۳۳۷۲/۰۰	۱۳۴۸/۸۰
		G.intraradices	۱۹/۰۰	۸۱/۷۰	۱/۹۶	۱۵۸/۳۳	۲۲۳/۹۰	۱۶/۳۳	۶۰۰/۰۰	۳۳۷۲/۰۰	۱۳۴۷/۵۰
		شاهد	۱۳/۶۶	۱۴/۲۰	۰/۶۴	۱۳۴/۶۶	۱۱۷/۷۳	۱۵/۶۷	۳۴۳/۳۳	۳۲۲۱/۸۵	۱۲۷۷/۵۴
LSD	-	-	۱/۱۸	۷/۴۱	۰/۲۳	۱/۸۹	۹/۰۰	۱/۰۶	۴۲/۷۸	۱۳۸	۸۳

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.20084033.1397.10.40.3.9]

براساس جدول ۲ بیش‌ترین وزن خشک برگ با میانگین ۱۰۳/۸۰ گرم، مربوط به تیمار تنش متوسط، رقم هایسان و کاربرد قارچ *G.intraradices* بود که نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) ۳۴۰ درصد افزایش داشت و کم‌ترین وزن خشک برگ با میانگین ۱۴/۲۰ گرم، از تیمار تنش شدید رقم برزگر بدون استفاده از قارچ حاصل شد. احتمالا علت این امر مربوط به گسترش بهتر میکوریزا در شرایط کمبود جزیی عوامل حیاتی مثل آب نسبت به شرایط ایده‌آل باشد. طبق جدول ۲ کاربرد قارچ *G.intraradices* در افزایش تعداد برگ و وزن خشک برگ نسبت به کاربرد قارچ *G.mossea* مؤثرتر بود، پژوهشگران علت این موضوع را به متفاوت بودن رفتارهای دو گونه قارچ میکوریزا حتی در شرایط یکسان نسبت داده‌اند (Gholamhoseini *et al*, 2013). احتمالاً قارچ میکوریزا در شرایط تنش متوسط در مقایسه با شرایط مطلوب رطوبتی، همزیستی بیش‌تری با ریشه گیاهان برقرار می‌کند و در نتیجه به تحمل گیاه و رشد رویشی بهتر آن در این شرایط کمک می‌کند، اما در شرایط تنش شدید و خشکی فعالیت زیستی میکوریزا کاهش می‌یابد و به علت محدودیت فراوان به خوبی با گیاه ارتباط برقرار نمی‌کند و نمی‌تواند به بهبود رشد گیاه کمک کند (Gholamhoseini *et al*, 2013). همچنین جمشیدی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که میزان توسعه میکوریزا با کاهش میزان رطوبت خاک کاهش می‌یابد که نشان دهنده اثر خشکی بر میزان همزیستی میکوریزا می‌باشد.

شاخص سطح برگ

مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه نشان داد که بیش‌ترین شاخص سطح برگ از تیمار بدون تنش و رقم فرخ و کاربرد قارچ *G.intraradices* با میانگین ۴/۸۸ گزارش شد که ۱۶۰درصد (بیش از ۱/۵ برابر) باعث افزایش شاخص سطح برگ نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) شد و کم‌ترین مقدار این شاخص با میانگین ۰/۸۱ مربوط به تیمار تنش شدید و رقم فرخ بدون استفاده از قارچ بود (جدول ۲). کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ داشت و با تیمار شاهد (بدون کاربرد قارچ) اختلاف معنی‌داری داشت و بین دو گونه میکوریزا اختلاف معنی‌داری وجود داشت. شاخص سطح برگ در شرایط کم آبیاری، هم در گیاهان تلقیح شده هم در گیاهان بدون تلقیح نسبت به شرایط آبیاری مطلوب کاهش یافت و در شرایط تنش، تلقیح میکوریزایی بر شاخص سطح برگ مؤثرتر بود. البته دلیل اختلاف زیاد مقادیر شاخص سطح برگ در گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی را باید به ریزش دیرهنگام‌تر برگ گیاهان میکوریزایی و بیش‌تر بودن تعداد برگ موجود در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانست. شاخص سطح برگ در تیمار تنش متوسط و کاربرد قارچ *G.mossea* و *G.interaradices* به‌ترتیب برای رقم فرخ ۲۰۷ و ۳۸۳ درصد، برای رقم هایسان ۶۱ و ۷۵ درصد و برای رقم برزگر ۴۱ و ۱۲ درصد نسبت به شاهد مربوط به خودشان افزایش نشان داد (جدول ۲). شاخص سطح برگ در تیمار تنش شدید و کاربرد قارچ *G.mossea* و *G.interaradices*

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

به‌ترتیب برای رقم فرخ ۲۴ و ۹ درصد، برای رقم هایسان ۵ و ۱۰ درصد و برای رقم برزگر ۱۶۵ و ۲۰۰ درصد نسبت به شاهد مربوط به خودشان افزایش نشان داد (جدول ۲). تنش خشکی باعث کاهش شاخص سطح برگ می‌شود که دلیل اصلی آن کاهش هدایت هیدرولیکی سلول‌های برگ است که منجر به کاهش انتقال آب، مانع بزرگ شدن و تقسیم سلولی و در نهایت توسعه برگ می‌شود (Gholamhoseini *et al*, 2013). به نظر می‌رسد که میکوریزا از طریق ایجاد شبکه گسترده هیف‌های خارج ریشه‌ای و افزایش دسترسی به آب، باعث برطرف شدن این مشکلات می‌شود و به رشد و توسعه برگ کمک می‌کند. نتایج پژوهش‌های سلیمانی (۱۳۹۶) و جمشیدی و همکاران (۱۳۸۸) ثابت کردند که شاخص سطح برگ در شرایط تنش و بدون میکوریزا به علت ریزش برگ‌های پایینی در اثر کم آبی کاهش می‌یابد که همزیستی میکوریزا از طریق ایجاد شبکه گسترده هیف، دسترسی به آب و مواد غذایی را افزایش می‌دهد و موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود.

طول و وزن خشک ساقه

از جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) چنین برآورد می‌شود که بیش‌ترین طول ساقه مربوط به تیمار بدون تنش، رقم فرخ و کاربرد قارچ *G.mossea* می‌باشد که با میانگین ۱۶۶/۳۳ سانتی‌متر موجب افزایش ۳۴ درصد طول ساقه نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) شد و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. کم‌ترین طول ساقه از تیمار تنش شدید رقم هایسان بدون کاربرد قارچ با مقدار ۹۳/۶۶ سانتی‌متر گزارش شد. احتمالاً علت این موضوع جذب بیش‌تر آب و مواد غذایی توسط شبکه گسترده هیف‌هایی که میکوریزا به وجود می‌آورد باشد که در نتیجه این افزایش جذب، رشد برگ‌ها، شاخص سطح برگ و طول ساقه افزایش می‌یابد. نتایج آزمایشی نشان داد که بین تیمارهای آبی از نظر طول ساقه اختلاف معنی‌داری وجود دارد و تنش‌خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته می‌شود (جمشیدی و همکاران، ۱۳۸۸). اگرچه تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته شد، ولی کاربرد قارچ میکوریزا این کاهش را به طور نسبی جبران کرد (جدول ۲). نتایج پژوهش پیشین در همین زمینه نیز نشان داد که اثر *G.mossea* بر طول ساقه بیش‌تر از *G.hoi* بود (جمشیدی و همکاران، ۱۳۸۸). میکوریزا به علت افزایش جذب آب و در نتیجه تورم و آماس و گسترش سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته مؤثر است (Ortasa *et al*, 2011). در تیمار تنش متوسط و کاربرد قارچ *G.mossea* و *G.interaradices* ویژگی طول ساقه به ترتیب برای رقم فرخ ۱۳ و ۴۰ درصد، برای رقم هایسان ۴۱ و ۳۳ درصد و برای رقم برزگر ۰/۵ و ۱ درصد نسبت به شاهد مربوط به خودشان افزایش نشان داد (جدول ۲). در همین تیمار، وزن خشک ساقه به ترتیب برای رقم فرخ ۱۲۴ و ۲۲۳ درصد، برای رقم هایسان ۱۸ و ۱۷۶ درصد و برای رقم برزگر ۱۵۶ و ۴۳ درصد نسبت به شاهد مربوط به خودشان افزایش نشان داد (جدول ۲). در تیمار تنش شدید و کاربرد قارچ *G.mossea* و *G.interaradices* ویژگی طول ساقه به

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

ترتیب برای رقم فرخ ۱۲ و ۱ درصد، برای رقم هایسان ۱۱ و ۴۵ درصد و برای رقم برزگر ۵ و ۱۷ درصد نسبت به شاهد خودشان افزایش نشان داد. در همین تیمار برای وزن خشک ساقه به‌ترتیب برای رقم فرخ ۵۸ و ۶۱ درصد، برای رقم هایسان ۳۳ و ۳۸ درصد و برای رقم برزگر ۱۲۰ و ۹۰ درصد نسبت به شاهد مربوط به خودشان افزایش مشاهده شد (جدول ۲). بیش‌ترین مقدار وزن خشک ساقه از تیمار تنش متوسط رطوبتی و رقم برزگر به همراه کاربرد قارچ *G.mossea* گزارش شد با مقدار ۴۸۱/۸۰ گرم که نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) ۱۴۵ درصد افزایش داشت و کم‌ترین مقدار وزن خشک ساقه از تیمار تنش شدید رطوبتی و رقم هایسان بدون کاربرد قارچ با میانگین ۱۰۶/۶۰ گرم به دست آمد. کاربرد قارچ *G.mossea* در افزایش این صفت نسبت به کاربرد قارچ *G.intraradices* مؤثرتر بود که شاید به دلیل متفاوت بودن رفتارهای گونه‌ها حتی در شرایط یکسان باشد. گیاهان میکوریزایی وزن خشک ساقه و عملکرد بیش‌تری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی داشتند (Giri and Mukerji, 2004). برخی از محققان نتیجه گرفتند که وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع بوته بزرک در اثر تلقیح با *G.intraradices* در شرایط رطوبتی نرمال نسبت به تنش خشکی بیش‌تر شد (سلطانیان و همکاران، ۱۳۹۴).

قطر طبق و تعداد دانه در طبق

بر اساس جدول مقایسه میانگین برهم‌کنش بیش‌ترین قطر طبق با میانگین ۲۵/۳۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار آبیاری کامل و رقم هایسان با استفاده از قارچ *G.mossea* گزارش شد و ۲۴ درصد قطر طبق را نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) افزایش داد که با تیمار تنش متوسط و رقم هایسان به همراه قارچ *G.intraradices* با میانگین ۲۴/۶۷ سانتی‌متر و تیمار بدون تنش و رقم فرخ و کاربرد قارچ *G.mossea* با میانگین ۲۴/۶۷ سانتی‌متر اختلاف معنی‌دار نداشت، اما با سایر تیمارها با بیش از ۲ سانتی‌متر اختلاف معنی‌دار داشت. کم‌ترین مقدار قطر طبق با میانگین ۱۱/۳۳ سانتی‌متر از تیمار تنش شدید و رقم فرخ بدون استفاده از قارچ به دست آمد. داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهند که بیش‌ترین تعداد دانه در هر طبق از تیمار بدون تنش و رقم هایسان به همراه قارچ *G.mossea* با میانگین ۱۵۰۰ گزارش شد و باعث ۸۸ درصد افزایش نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) شد و با تیمار بدون تنش و رقم هایسان به همراه قارچ *G.mossea* با میانگین ۱۴۴۰ و تیمار تنش متوسط و رقم هایسان و کاربرد قارچ *G.intraradices* با میانگین ۱۴۹۶/۶۷ اختلاف معنی‌دار نداشت. در تیمار تنش متوسط و کاربرد قارچ *G.mossea* و *G.interaradices* ویژگی قطر طبق به‌ترتیب برای رقم فرخ ۲۹ و ۱۳ درصد، برای رقم هایسان ۸ و ۲۳ درصد و برای رقم برزگر ۳۰ و ۲۴ درصد نسبت به شاهد مربوط به خودشان افزایش نشان داد. در همین تیمار، تعداد دانه در طبق به ترتیب برای رقم فرخ هر دو قارچ به طور مساوی ۱۶ درصد، برای رقم هایسان ۷۴ و ۱۴۸ درصد و برای رقم برزگر ۲ و ۷ درصد نسبت به شاهد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20084403.1397.10.40.3.9]

مربوط به خودشان افزایش نشان داد (جدول ۲). در تیمار تنش شدید و کاربرد قارچ *G.mossea* و *G.interaradices* ویژگی قطر طبق به‌ترتیب برای رقم فرخ ۱۱ و ۲۶ درصد، برای رقم هایسان ۲ و ۲۳ درصد و برای رقم برزگر ۱۹ و ۴ درصد نسبت به شاهد خودشان افزایش نشان داد. در همین تیمار برای تعداد دانه در طبق به‌ترتیب برای رقم فرخ ۹ و ۲۷ درصد، برای رقم هایسان ۲۶ و ۲۹ درصد و برای رقم برزگر ۱۶ و ۷۴ درصد نسبت به شاهد مربوط به خودشان افزایش مشاهده شد (جدول ۲). با اعمال تنش خشکی، تعداد دانه در طبق کاهش یافت، به‌گونه‌ای که کم‌ترین تعداد دانه در طبق با میانگین ۳۴۳/۳۳ از تیمار تنش شدید و رقم برزگر بدون استفاده از قارچ به دست آمد. به نظر می‌رسد همزیستی میکوریزا علاوه بر افزایش جذب آب و مواد غذایی که موجب افزایش رشد بوته و شاخص سطح برگ و در نتیجه بهبود فتوسنتز و رشد بیش‌تر گیاه و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد می شود با تولید آنزیم فسفاتاز و افزایش میزان جذب فسفر به افزایش تعداد دانه و وزن دانه‌ها کمک می‌کند. در راستای اثبات این موضوع نتایج آزمایشی نشان داد که افزایش حلالیت فسفر توسط میکوریزا و در نتیجه افزایش دسترسی ریشه به فسفر می‌تواند در افزایش تعداد دانه و سایر اجزای عملکرد گیاه سویا مؤثر باشد (توحیدی مقدم و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج پژوهشی نیز نشان داد که با اعمال تنش خشکی تعداد دانه در طبق کاهش می‌یابد که این کاهش تعداد دانه در طبق آفتابگردان را ناشی از کاهش مساحت طبق به دلیل کاهش جذب دانست، اما گزارش شد که کاربرد میکوریزا اثر مثبتی بر قطر طبق و وزن دانه‌ها در شرایط تنش رطوبتی داشت و موجب افزایش آن‌ها و ایجاد اختلاف معنی‌دار با شاهد شد (حسینی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳).

عملکرد دانه و روغن

جدول شماره ۲ نشان می دهد که کاربرد قارچ *G.mossea* در شرایط رطوبتی متوسط و رقم هایسان با میانگین ۶۳۹۹/۰۵ کیلوگرم در هکتار موجب تولید بیش‌ترین عملکرد دانه در هکتار شد که نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) ۲۳ درصد افزایش داشت. همچنین کم‌ترین عملکرد دانه با مقدار ۱۴۱۷/۳۵ کیلوگرم در هکتار از تیمار تنش شدید و رقم فرخ بدون کاربرد قارچ به دست آمد. نتایج پژوهشی نشان داد که در شرایط نرمال رطوبتی، رقم رکورد و هایسان ۳۳، بیش‌ترین عملکرد دانه را دارا می‌باشند که این موضوع در عملکرد روغن نیز نمایان می شود و با اعمال تنش خشکی از عملکرد روغن ارقام کاسته می شود (رشدی و همکاران، ۱۳۸۵) . برخی از محققان نتیجه گرفتند که تنش خشکی عملکرد آفتابگردان را کاهش می‌دهد، اما کاربرد قارچ میکوریزا از طریق افزایش جذب فسفر و نیتروژن این افت عملکرد را جبران می‌کند (حیدری و کرمی، ۱۳۹۲). این محققان گزارش کردند در این زمینه قارچ *G. etanicatum* مؤثرتر از قارچ *G.mossea* بود. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که قارچ آربوسکولار میکوریزا بر ویژگی‌های رشدی آفتابگردان تحت تنش خشکی و آبیاری نرمال اثر مثبت داشت (حیدری و کرمی، ۱۳۹۲) . نتایج جدول شماره ۲ نشان داد که بیش-

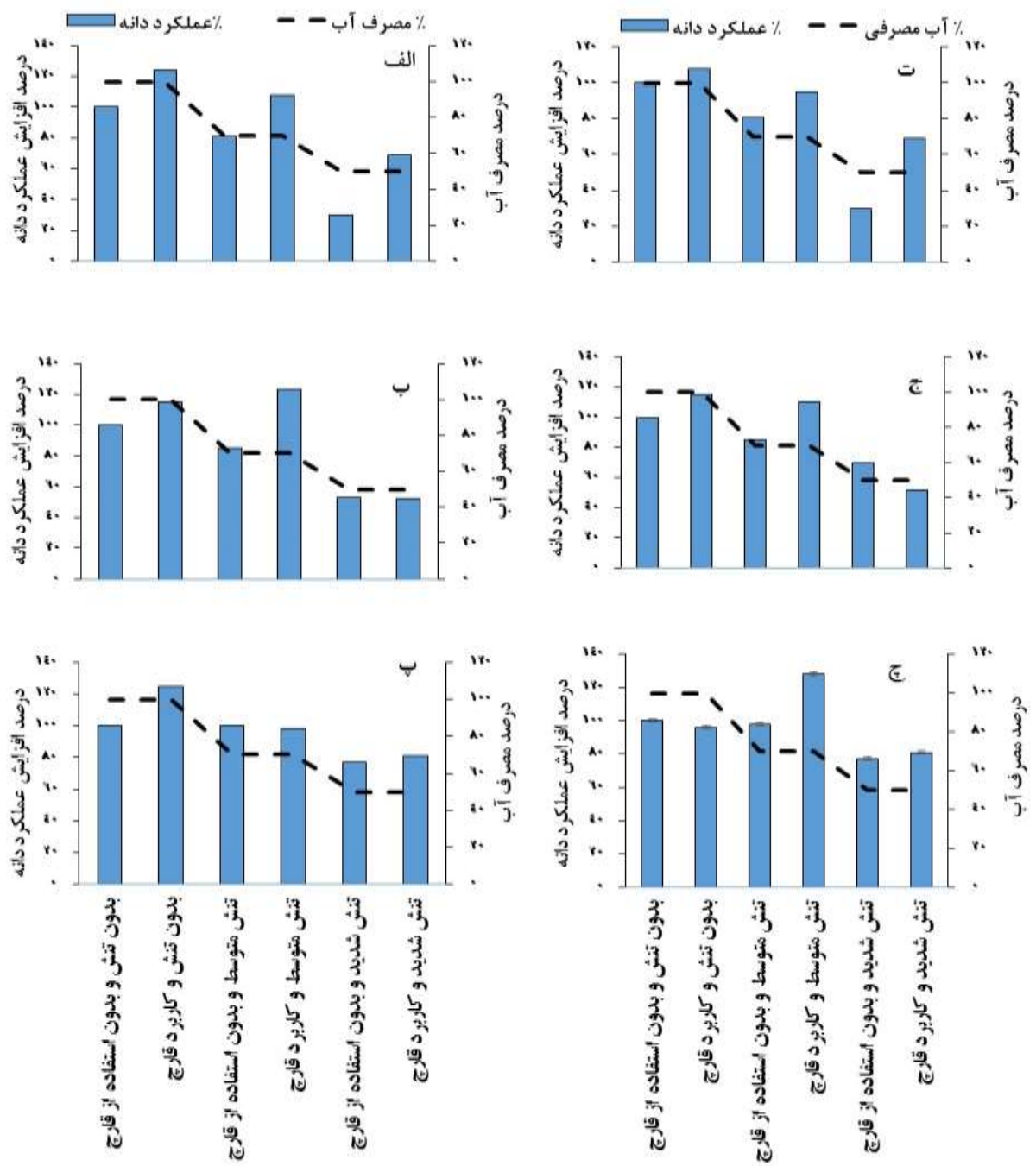
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

ترین عملکرد روغن از تیمار کاربرد قارچ *G.mossea* تحت تنش متوسط خشکی و رقم هایسان با میانگین ۲۵۵۹/۶۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) ۲۲ درصد افزایش داشت. همچنین کم‌ترین عملکرد روغن با مقدار ۵۶۶/۹۴ کیلوگرم در هکتار از تیمار تنش شدید و رقم فرخ بدون کاربرد قارچ به دست آمد. در پژوهشی دیگر گزارش شد که عملکرد روغن دانه آفتابگردان تحت تنش خشکی در حضور قارچ *G.mossea* نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد و عملکرد دانه و در نتیجه عملکرد روغن آفتابگردان با شاخص سطح برگ رابطه مستقیم دارد و با افزایش شاخص سطح برگ عملکرد هم افزایش می‌یابد، در آفتابگردان حداکثر تابش خورشیدی جذب شده در شاخص سطح برگ بالا اتفاق می‌افتد و در این زمان حداکثر عملکرد نیز به دست می‌آید (Merrien, 1992). به نظر می‌رسد که تنش خشکی با کاهش شاخص سطح برگ، منجر به کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش تولید ماده خشک، عملکرد دانه و میزان روغن می شود که کاربرد قارچ میکوریزا با افزایش جذب آب و مواد غذایی به رشد بهتر برگ‌ها و در نتیجه فتوسنتز بیش‌تر و تولید دانه‌های سنگین‌تر که اجزای اصلی عملکرد می باشد، کمک می‌کند و در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه و پیرو آن افزایش میزان روغن می‌شود. عملکرد دانه رقم فرخ در حضور قارچ *G.mossea* تحت تنش شدید خشکی و تنش متوسط به ترتیب ۳۱ درصد کاهش و هشت درصد افزایش نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) داشت. در حالی‌که عملکرد دانه بدون همزیستی با قارچ ۷۰ درصد در شرایط تنش شدید خشکی و ۱۹ درصد در تنش متوسط نسبت به شاهد افت داشت (شکل ۱-الف). عملکرد دانه رقم هایسان در اثر همزیستی با *G.mossea* تحت تنش شدید و متوسط به‌ترتیب ۴۷ درصد افت و ۲۳ درصد افزایش نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) داشت و عملکرد دانه این رقم بدون همزیستی با قارچ در تنش شدید ۴۸ درصد و تحت تنش متوسط ۱۵ درصد نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) افت داشت (شکل ۱-ب). رقم برزگر در حضور قارچ *G.mossea* در شرایط تنش شدید ۱۹ درصد افت عملکرد دانه نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) داشت و تحت تنش متوسط عملکرد برابر با شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) شد و عملکرد این رقم بدون کاربرد قارچ در تنش شدید ۲۳ درصد و در تنش متوسط چهار درصد نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) افت داشت (شکل ۱-پ). عملکرد دانه رقم فرخ در حضور قارچ *G.intraradices* تحت تنش شدید خشکی و تنش متوسط به ترتیب ۳۱ و پنج درصد افت نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) داشت، در حالی‌که عملکرد دانه بدون همزیستی با قارچ به میزان ۷۰ درصد در شرایط تنش شدید خشکی و ۱۸ درصد در تنش متوسط نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) افت داشت (شکل ۱-ت).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]



شکل ۱: میزان درصد افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد در ازای میزان درصد آب مصرفی نسبت به شاهد

الف) قارچ موسه آ + رقم فرخ ب) قارچ موسه آ + رقم هایسان پ) قارچ موسه آ + رقم برزگر
ج) قارچ اینترارادیسس + رقم فرخ ج) قارچ اینترارادیسس + رقم هایسان چ) قارچ اینترارادیسس + رقم برزگر

عملکرد دانه رقم هایسان در اثر همزیستی با *G.intraradices* تحت تنش شدید و متوسط به‌ترتیب ۲۸ درصد افت و ده درصد افزایش نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) داشت و عملکرد دانه این رقم بدون همزیستی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

با قارچ در تنش شدید ۴۸ درصد و تحت تنش متوسط ۱۵ درصد نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) افت داشت (شکل ۱-ج). رقم برزگر در حضور قارچ *G.intraradices* در شرایط تنش شدید ۱۹ درصد افت عملکرد دانه نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) داشت و تحت تنش متوسط عملکرد دانه ۲۸ درصد نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) افزایش پیدا کرد و عملکرد دانه این رقم بدون کاربرد قارچ در تنش شدید ۲۴ درصد و در تنش متوسط سه درصد نسبت به شاهد (شرایط بدون تنش و بدون استفاده از قارچ) افت داشت (شکل ۱-چ). تنش شدید خشکی در حضور قارچ آربوسکولار میکوریزا به طور میانگین عملکرد دانه را ۳۰ درصد نسبت به تنش متوسط و ۴۵ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش داد، همچنین تنش متوسط و کاربرد این قارچها تنها ۱۳ درصد عملکرد دانه آفتابگردان را نسبت به آبیاری کامل کاهش داد. در حالی که در شرایط تنش متوسط سه مرحله آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل (ده مرحله) کم‌تر انجام شد و در مقایسه با آبیاری کامل ۳۰ درصد در مصرف آب آبیاری صرفه جویی شد در نتیجه کاربرد قارچ آربوسکولار میکوریزا افت عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی را از طریق صرفه‌جویی در مصرف آب جبران کرد. برخی محققان مشابه نتایج تحقیق حاضر نتیجه گرفتند که هر چند تنش خشکی باعث کاهش عملکرد آفتابگردان شد، ولی میکوریزا شدت اثر آن را کاهش داد. همچنین نتایج آنان نشان داد *G.mossea* دارای قدرت همزیستی بیش‌تری در مقایسه با *G. hoi* بود و از افت شدید عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی جلوگیری نمود (جمشیدی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج پژوهش‌های مشابه‌ای افزایش رشد گیاه را ناشی از بهبود جذب عناصر غذایی، جذب بیش‌تر آب توسط هیف‌های میکوریزا و در نتیجه افزایش میزان آب برگ، کاهش هدایت روزنه‌ای و افزایش میزان فتوسنتز خالص در اثر تلقیح با میکوریزا دانستند (سلطانیان و همکاران، ۱۳۹۴؛ سلیمانی، ۱۳۹۶ ;Wu and Xia, 2006).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که عملکرد و ویژگی‌های رشدی آفتابگردان از طریق همزیستی با قارچ میکوریزا در شرایط تنش خشکی، افت کم‌تری دارد. اگر چه تنش خشکی موجب افت عملکرد شد، اما همزیستی قارچ میکوریزا تا حدودی این افت را جبران کرد. کاربرد هر دو گونه قارچ در افزایش عملکرد و ویژگی‌های رویشی آفتابگردان تحت شرایط خشکی نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی اختلاف معنی‌دار ایجاد کرد. البته پژوهش‌های پیشین نیز اثر کاربرد قارچ آربوسکولار میکوریزا را در شرایط خشکی بر بهبود عملکرد آفتابگردان نشان دادند، ولی در این پژوهش برای اولین بار به این نکته توجه شده است که در ازای تغییر در میزان عملکرد در شرایط تنش خشکی، چه مقدار می توان در مصرف آب صرفه جویی نمود. به طوری که یافته‌های این پژوهش نشان دادند که در شرایط تنش خشکی، متوسط عملکرد رقم هایسان بدون کاربرد قارچ میکوریزا به میزان ۱۵ درصد نسبت به شاهد (بدون تنش و بدون کاربرد قارچ میکوریزا) افت داشت، در حالی که همین رقم در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

همین شرایط تنش با کاربرد قارچ میکوریزا *G.mossea* نه تنها نسبت به شاهد مربوطه (بدون تنش و بدون کاربرد قارچ میکوریزا) افت نشان نداد بلکه ۲۳ درصد نیز افزایش عملکرد نشان داد. عملکرد رقم های فرخ و برزگر در شرایط تنش متوسط خشکی در حضور هر دو گونه قارچ میکوریزا نسبت به شاهد (بدون تنش و بدون کاربرد قارچ میکوریزا) به‌طور میانگین ۱۳ درصد افت داشتند. به طور کلی در شرایط تنش متوسط خشکی ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه جویی شد. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، در شرایط تنش خشکی شدید گرچه ۵۰ درصد در مصرف آب صرفه جویی شد ولی به دلیل افت شدید عملکرد حتی با کاربرد قارچ های میکوریزا (تا ۴۵ درصد) استفاده از این شرایط پیشنهاد نمی‌شود.

منابع

اردلانی، ش.، سعیدی، م.، جلالی هنرمند، س.، قبادی، م.ا. و عبدلی، م. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی پس از گرده افشانی بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک مرتبط با قدرت منبع در چهار ژنوتیپ گندم نان. نشریه تحقیقات غلات، ۱(۵) :۶۵- ۴۵.

توحیدی مقدم، ح.، نصیری، م.، زاهدی، ح.، پاک‌نژاد، ف. و رنجبرزاده، ر. ۱۳۸۶. کاربرد کودهای بیولوژیک راهکاری به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی در زراعت سویا. همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، ۲ :۱۴۲۳- ۱۴۳۴.

جمشیدی، ا.، قلاوند، ا.، صالحی، ا.، جواد زارع، م. و جمشیدی، ع. ر. ۱۳۸۸. اثر میکوریزا آربوسکولار بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات گیاهی آفتابگردان (*Helianthusan annuus* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله علوم زراعی ایران، ۱ (۱۱) :۱۵۰-۱۳۶.

حبیبی، آ. ۱۳۸۶. آموزش کامل SPSS و راهنمای تصویری نرم‌افزار SPSS. ویرایش پنجم. پایگاه علمی-پژوهشی پارس مدیر. ۲۰۰ صفحه.

حسینی نژاد، س. م.، سینکی، ج. م.، بیابانی، ع. و عابدینی اسفهلانی، م. ۱۳۹۳. بررسی اثرات تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر عملکرد و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک ارقام آفتابگردان. نشریه زراعت (پژوهش سازندگی)، ۱(۱۱۰) :۹۵-۱۰۲.

حیدری، م. و کرمی، و. ۱۳۹۲. بررسی اثر تنش خشکی و گونه های میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، میزان کلروفیل و ترکیبات بیوشیمیایی آفتابگردان. مجله تنش های محیطی در علوم زراعی، ۱ (۶) :۲۶-۱۷.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

رشدی، م.، حیدری شریف آباد، ح.، کریمی، م.، نورمحمدی، ق. و درویش، ف. ۱۳۸۵. بررسی اثرات تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام آفتابگردان. ویژه نامه پژوهشی علوم کشاورزی، ۱ (۱۲) :۱۰۹-۱۲۲.

رضایی استخرویبه، ع.، خوش قدم، س.، ابراهیمی سیریزی، م. و بادیه نشین، ع. ۱۳۹۳. ارزیابی عملکرد گیاه آفتابگردان (رقم فرخ) تحت تاثیر کم آبیاری سنتی و خشکی موضعی ریشه. نشریه آب و خاک، ۵ (۲۸) :۸۶۷-۸۷۵.

رضایی‌زاد، ع.، بهمنی، ی، اطمینان، ع. ر. ۱۳۹۵. ارزیابی عملکرد و خصوصیات زراعی دو رگ‌های جدید آفتابگردان در شرایط نرمال و تنش خشکی. پژوهشنامه گیاهان دانه روغنی ایران، ۱ (۵) :۵۳-۶۴.

زارعی سیاه بیدی، ا. ا.، رضایی زاد، ع.، الیاسپور، س. ۱۳۹۴. نشریه زراعت آفتابگردان. چاپ اول. ۲۹ صفحه.

سلطانیان، م.، تدین، ع. و فلاح، س. ا. ۱۳۹۴. اثر قارچ میکوریزای آربوسکولار بر برخی صفات رویشی و عملکرد بزرک (*Linum ussitatissimum* L.) تحت تنش کم آبی. مجله به زراعی کشاورزی، ۳ (۱۷) :۶۳۴-۶۲۱.

سلیمانی، ع. ۱۳۹۶. بررسی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک مؤثر بر رشد ارقام آفتابگردان تحت تأثیر تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۴ (۱۰) :۵۱۹-۵۰۵.

طباطبایی، س. ع. و شاکری، ا. ۱۳۹۲. مقایسه صفات کمی و کیفی و شاخص‌های تحمل ارقام آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و بدون تنش. مجله دانش زراعت، ۴ (۸) :۲۶-۱۵.

کریمی کاخکی، م.، سپهری، ع.، ابوطالبیان، م. ع. ۱۳۸۸. اثر کم آبیاری در دوران رشد زایشی بر رشد و عملکرد چهار رقم جدید آفتابگردان. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۳ (۴۱) :۶۲۱-۵۹۹ ۶۲۱

Abdallah, M. M., El-Monem, A. A. Abd., Hassanein, R. A. and El-Bassiouny, H. M. S. 2013. Response of sunflower plant to the application of certain vitamins and arbuscular mycorrhiza under different water regimes. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7 (2): 915-932.

Carter, M. R. and Gregorich E.G. 2007. Soil Sampling and Methods of Analysis. Boca Raton: CRC Press, https://doi.org/10.1201/9781420005271.

Clark, R. B. and Zeto, S. K. 2000. Mineral acquisition by arbescular mycorrhizal plants. Journal of Plant Nutrition, 23: 876-902.

Dadrasan, M., Chaichi, M. R., Pourbabaee, A. A., Yazdani, D. and Keshavarz-Afshar, R. 2015. Deficit irrigation and Biological fertilizer influence on yield and trigonelline production of Fenugreek. Industrial Crops and Products, 77: 156-162.

Demir, A. O., Goksoy, A. T., Buyukcangaz, H., Turan, Z. M. and Koksal, E. S. 2006. Deficit irrigation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a sub-humid climate. Irrigation Science, 24: 729-289.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]

FAO. 2002. Deficit irrigation practices. Water Reports no, 22. Rome.

Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Dolatabadian, A., Jamshidi, E. and Khodaei-Joghan, A. 2013. Effects of Arbuscular Mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of Sunflowers grown under drought stress. Agricultural Water Management, 117: 106-114.

Giri, B. and Mukerji, K.G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in Sesbania aegyptiaca and Sesbania grandiflora under field conditions evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza Journal, 14: 307-312. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 13: 9-13.

Merrien, A. 1992. Some aspects of Sunflower crop physiology. In Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Italy, 7–11, Sept, 1:481–498.

Ortasa, I., Sari, N., Akpinara, C. and Yetisir, H. 2011. Screening Mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. Scientia Horticulture, 128(2): 92-98.

Pavithra, D. and Yapa, N. 2018. Arbuscular Mycorrhizal Fungi inoculation enhances drought stress tolerance of plants**.** Groundwater for Sustainable Development, 7:490-494.

Soleimanzadeh, H. 2010. Effect of VA-Mycorrhiza on growth and yield of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) at different phosphorus levels. Journal of Agricultural and Biosystems Engineering, 4 (11): 820-823.

Wu, Q.S. and. Xia, R. X. 2006. Arbuscular Mycorrhiza Fungi influence on growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well watered and water stress conditions, Journal of Plant Physiology, 4:417-425.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1397.10.40.3.9]