# اثر همزیستی دو گونه قارچ میکوریزا با ژنوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum* L.) بر عملکرد دانه، کارایی اقتصادی و زیستی مصرف آب در سطوح مختلف تنش خشکی

**اسماعیل قلی‌نژاد**

دانشیار گروه علمی علوم کشاورزی- دانشگاه پیام نور، تهران
*پست الکترونیک نویسنده مسئول: gholinezhad1358@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۱۹

**چکیده**

**به‌منظور بررسی اثرات دو گونه قارچ میکوریزا بر عملکرد و کارایی مصرف آب هشت توده محلی کنجد در سطوح مختلف تنش خشکی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی ارومیه در سال زراعی ۱۳۹۳ اجرا گردید. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری (آبیاری نرمال: آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گیاه یا ETc، تنش ملایم: آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر ETc و تنش شدید: آبیاری بعد از ۱۱۰ میلی‌متر ETc)، و سه سطح (عدم تلقیح و تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزای *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices*) و عامل فرعی شامل هشت ژنوتیپ کنجد (جیرفت ۱۳، محلی طارم زنجان، محلی مغان، ناز چند شاخه، TC-25، TS-3، داراب ۱۴ و دشتستان ۵) بود. نتایج نشان داد تأثیر آبیاری، میکوریزا و ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نشان داد تنش شدید خشکی کارایی اقتصادی و زیستی مصرف آب را به ترتیب به میزان ۶۲ و ۴۹ درصد کاهش داد. تلقیح با *G. mosseae* در مقایسه با عدم تلقیح، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و کارایی اقتصادی مصرف آب را به ترتیب به میزان ۳۳، ۴۲ و ۳۳ درصد بهبود بخشید. ژنوتیپ‌های مغان و طارم زنجان از نظر عملکرد و کارایی مصرف آب در هر سه شرایط آبیاری، برتر از سایر توده‌ها بودند. میکوریزا سبب بهبود رشد توده‌های محلی کنجد شد و در مجموع در شرایط تنش خشکی شدید گیاهان وابستگی میکوریزایی بالاتری را نشان دادند.**

**واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، دانه روغنی، راندمان مصرف آب، ژنوتیپ، همزیستی میکوریزا**

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

**مقدمه**

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی مؤثر بر تولیدات کشاورزی در بسیاری از مناطق است. برای کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی بر گیاه راهکارهای گوناگونی از جمله مدیریت مصرف آب (گاله[1] و همکاران، ۲۰۱۰) و افزایش توانایی گیاه در مقابله با کم‌آبی (والنته[2] و همکاران، ۲۰۰۹) پیشنهاد شده است. در ارزیابی کارایی مصرف آب و عملکرد دانه ارقام کنجد در شرایط متفاوت آبیاری گزارش شده است که با افزایش شدت کمبود آب ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کاهش یافت. همچنین نشان داده شده است که بیشترین کارایی مصرف آب در شرایط کمبود شدید آب به دست آمد (اسکندری و همکاران، ۱۳۸۹). محققان بیان داشتند که تیمارهای مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر زیست‌توده و عملکرد دانه کنجد دارد (رضوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳). پژوهشگران گزارش کردند با افزایش تنش خشکی، عملکرد دانه کنجد کاهش می‌یابد بیشترین عملکرد زیستی از دور آبیاری پنج روز و از ژنوتیپ J113 و بیشترین تعداد دانه در کپسول و بیشترین تعداد کپسول در گیاه از ژنوتیپ داراب ۱۴ و سیرجان به دست آمد (سعیدی[3] و همکاران، ۲۰۱۲). بسیاری از گزارش‌ها نشان داده است که تنش خشکی تأثیر نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان می‌گذارد (امانی[4] و همکاران، ۲۰۱۲؛ بهرامی[5] و همکاران، ۲۰۱۲؛ حسن‌زاده[6] و همکاران، ۲۰۰۹). فواصل طولانی آبیاری به دلیل تأثیرات نامطلوب بر مراحل مختلف فتوسنتز، باعث کاهش رشد و کاهش عملکرد دانه کنجد می‌شود (حیدری[7] و همکاران، ۲۰۱۱؛ منساه[8] و همکاران، ۲۰۰۶). محققان در بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر اساس ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی کنجد دریافتند که تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری باعث بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد شد که در نتیجه بالاترین کارایی مصرف آب را نیز به همراه داشت (کاسب[9] و همکاران، ۲۰۰۵).

ایجاد همزیستی گیاه با قارچ‌های آربسکولار-میکوریزا و بهبود روابط آبی آن با گیاه میزبان از جمله راهکارهایی است که طی دهه‌های اخیر به کار گرفته شده است (اسمیت و رید[10]، ۲۰۰۸). کلنی سازی میکوریزایی به‌ویژه توسط گونه *G. mosseae* سبب بهبود مقاومت به تنش خشکی و جبران بخشی از کاهش عملکرد می‌شود (حقیقت‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱). در بررسی تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط مشهد گزارش گردید که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ مترمکعب در هکتار، عملکرد دانه و عملکرد زیستی به ترتیب برابر با ۵۲ و ۱۱۸ درصد بهبود یافت، کارایی مصرف آب نیز ۲۲ درصد افزایش‌یافته و تلقیح با *G. mosseae* در مقایسه با *G. intraradices* و شاهد، عملکرد دانه را به ترتیب برابر با ۷ و ۱۲ درصد بهبود بخشید. میزان این بهبود برای کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه به ترتیب برابر با ۷ و ۲۴ درصد بود. به نظر می‌رسد تلقیح با قارچ میکوریزا علاوه بر بهبود رشد و عملکرد گیاهان، از طریق افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای نیز قادر است کارایی مصرف آب را بهبود بخشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴). تحقیقات زیادی نشان داده است که همزیستی میکوریزی مقاومت گیاه میزبان را به شرایط خشکی افزایش می‌دهد (دیویس[11] و همکاران،۱۹۹۲؛ سیلویا[12] و همکاران، ۱۹۹۳). محققان تأثیر کلنی‌سازی در ریشه گوجه‌فرنگی به‌وسیله قارچ میکوریزای *G. intraradice* در شرایط مزرعه‌ای تحت تنش‌های مختلف را مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند در گیاهان میکوریزایی نیز در همه سطوح تنش خشکی، عملکرد بالاتر از گیاهان غیر میکوریزایی بود (سابرامانیان[13] و همکاران، ۲۰۰۶). یوسفی راد و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیک و

[1] Galle
[2] Valente
[3] Saeidi
[4] Amani
[5] Bahrami
[6] Hassanzadeh
[7] Heidari
[8] Mensah
[9] Kassab
[10] Smith and Read
[11] Davies
[12] Sylvia
[13] Subramanian

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

محتوای عناصر غذایی جو در سطوح مختلف شوری گزارش کردند که میکوریزا سبب افزایش شاخص تحمل جو شده و در مجموع گیاهان در محیط شور وابستگی میکوریزایی بالاتری را نشان دادند. محققان در بررسی تأثیر رژیم‌های آبیاری و میکوریزا بر کارایی آب کنجد بیان داشتند بیشترین کارایی زراعی مصرف آب محصول دانه (۰/۷۴ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به رژیم آبیاری ۸۰ درصد و تلقیح شده با قارچ میکوریزا بود (احمدنژاد و همکاران، ۱۳۹۲). میزان وابستگی گیاه میزبان به قارچ‌های میکوریزا به عوامل محیطی مانند شدت نور، دما، شرایط خاک و نیز به مشخصات ریخت‌شناسی ریشه و فیزیولوژی گیاه بستگی دارد (اسمیت و رید، ۲۰۰۸). محققان در بررسی تأثیر همزیستی میکوریزایی در تره‌فرنگی و دو توده تره ایرانی تحت تنش خشکی بیان داشتند که تره شادگان با سیستم ریشه‌ای ضعیف‌تر در تمام سطوح تنش خشکی دارای وابستگی میکوریزایی بیشتری در مقایسه با دو توده دیگر بود (قاسم جوکار و همکاران، ۱۳۹۴). سطح زیر کشت کنجد در جهان و ایران به ترتیب حدود ۱۰/۸۱ میلیون هکتار و ۴۸۰۰۰ هکتار است همچنین تولید آن در جهان و ایران به ترتیب ۶/۲۳ میلیون تن و ۲۸۰۰۰ تن می‌باشد. میانگین عملکرد کنجد در جهان و ایران به ترتیب حدود ۵۷۶ و ۵۸۳ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد (FAO, 2014). لذا این آزمایش با هدف بررسی اثر همزیستی دو گونه قارچ میکوریزا با توده‌های محلی کنجد (*Sesamum indicum* L.) بر عملکرد دانه، کارایی اقتصادی و زیستی مصرف آب در سطوح مختلف تنش خشکی همزیستی در ارومیه انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر دو گونه قارچ میکوریزا بر عملکرد و کارایی مصرف آب هشت ژنوتیپ کنجد در سطوح مختلف تنش خشکی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی ارومیه واقع در ۱۲ کیلومتری جاده ارومیه- مهاباد در سال زراعی ۱۳۹۳ اجرا گردید. طول جغرافیایی محل آزمایش ۴۵ درجه و ۲ دقیقه و عرض جغرافیایی آن ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۳۲ متر می‌باشد. بر اساس آمار هواشناسی، منطقه با داشتن ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز خشک، زمستان های سرد و مرطوب و تابستان های گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری (آبیاری نرمال: آبیاری بعد از ۷۰ میلی متر ETc، تنش ملایم: آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر ETc و تنش شدید: آبیاری بعد از ۱۱۰ میلی‌متر ETc)، و سه سطح (دو گونه قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* (قارچ‌های میکوریزا از شرکت تحقیقاتی زیست‌فناوری توران شاهرود تهیه شد و در زیر میکروسکوپ اسپورهای موجود بررسی گردید در تیمارهای مربوطه در هر چاله ۱۰ گرم قارچ ریخته شده سپس روی قارچ با خاک به‌اندازه دو سانتیمتر پوشش داده شده و بذرها روی خاک کاشته شدند و مجدداً روی بذرها حدود سه سانتیمتر خاک پوشانده شد که قارچ میکوریزا شامل مخلوطی از شن، ماسه استریل، خاک ریشه، هیف قارچ و تعداد ۲۰ اسپور در هر گرم بود) و عدم تلقیح با قارچ میکوریزا) و عامل فرعی شامل هشت ژنوتیپ کنجد به نام‌های جیرفت ۱۳ (بومی جیرفت – چند شاخه- تک‌گل- بدون کرک)، محلی طارم زنجان (بومی طارم – چند شاخه – تک‌گل – بدون کرک – مخصوص مناطق شمال)، محلی مغان (کم کرک – ارتفاع زیاد – چند شاخه – تک‌گل - کپسول بلند- مخصوص مناطق شمال)، ناز چند شاخه (چند شاخه – سه گل – مخصوص مناطق شمال)، TC-25 (تک‌گل – چند شاخه)، TS-3 (بدون کرک – چند شاخه)، داراب ۱۴ (بومی داراب – تک‌گل – چند شاخه – بدون کرک) و دشتستان ۵ (بومی دشتستان – تک‌گل – چند شاخه – بدون کرک) بود. بذر توده‌ها در ۵ و ۶ خردادماه سال ۱۳۹۳ با فاصله ردیف ۵۰ و فاصله بوته ۱۵ سانتیمتر با تراکم حدود ۱۳ بوته در هر مترمربع کشت شدند. هر کرت دارای ۶ خط کاشت به طول ۶ متر به مساحت ۲۱ مترمربع بود. کاشت به‌صورت جوی و پشته و آبیاری به روش نشتی انجام گرفت. در موقع کاشت در هر کپه ۳ عدد بذر قرار داده شد که بعداً در مرحله ۲-۴ برگی بوته های اضافی تنک شدند. تا مرحله ۲-۴ برگی و استقرار کامل گیاه همه تیمارها به‌طور یکسان آبیاری

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

شدند و بعد از این مرحله مقدار آب سهل‌الوصول در هریک از تیمارهای آبیاری از طریق رابطه (۱) زیر محاسبه شد:

رابطه (۱)

$$RAW = \frac{FC-PWP}{100} \times \rho \times D \times MAD$$

که در این رابطه RAW= آب سهل‌الوصول (میلی‌متر)، FC= ظرفیت زراعی، PWP= نقطه پژمردگی دائم، $\rho$= وزن مخصوص ظاهری خاک D= عمق توسعه ریشه بر حسب میلی‌متر، MAD= حداکثر تخلیه مجاز یا ضریب آب سهل‌الوصول می‌باشد. ضریب آب سهل‌الوصول با F یا θ نیز نشان داده می‌شود. MAD = ضریب آب سهل‌الوصول همان آب قابل استفاده است که بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم قرار گرفته است. این ضریب در آبیاری مطلوب ۰/۶۵، در تنش ملایم ۰/۸ و در تنش شدید ۰/۹۵ در نظر گرفته شد. با توجه به نوع خاک که لومی رسی بود ظرفیت زراعی خاک ۲۷ درصد، نقطه پژمردگی دائم ۱۳ درصد و وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۵ گرم بر مترمکعب در نظر گرفته شد. عمق توسعه ریشه در کنجد ۶۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد (علیزاده، ۱۳۸۸). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

به‌عنوان نمونه مقدار آب سهل‌الوصول (میلی‌متر) در شرایط آبیاری نرمال از رابطه ۲ به‌صورت زیر به دست آمد:

رابطه (۲)

$$RAW = \frac{27-13}{100} \times 1.35 \times 600 \times 0.65$$

در شرایط آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید خشکی آب سهل‌الوصول یا RAW به ترتیب برابر ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر به دست آمد که معادل تبخیر و تعرق گیاه یا ETc در نظر گرفته شد (موسوی و اخوان ۱۳۸۶).

رابطه (۳) $$ETo = ETp \times Kp$$

رابطه (۴) $$ETc = ETo \times Kc$$

که در این فرمول‌ها ETo= تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه، ETp = تبخیر و تعرق تشتک تبخیر، ETc= تبخیر و تعرق گیاه، Kc= ضریب گیاهی کنجد، Kp= ضریب تشتک تبخیر می‌باشند. برداشت در ۱۵ مهرماه انجام شد. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل عملکرد دانه و عملکرد زیستی (از خطوط وسط به مساحت ۲ مترمربع توزین شد)، کارایی اقتصادی مصرف آب (عملکرد دانه بر آب مصرفی هر تیمار برحسب مترمکعب در هکتار). کارایی زیستی مصرف آب (عملکرد زیستی بر آب مصرفی هر تیمار برحسب مترمکعب در هکتار) بود. همچنین شاخص وابستگی میکوریزایی[1] بر اساس عملکرد دانه از طریق رابطه ۴ محاسبه گردید (یوسفی راد و همکاران، ۱۳۸۸):

رابطه (۴) $$MD = \frac{SYIMF - SYNIMF}{SYNIMF} \times 100$$

که در این فرمول MD، شاخص وابستگی میکوریزایی – SYIMF، عملکرد دانه میکوریزایی شده – SYNIMF، عملکرد دانه شاهد (میکوریزایی نشده). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS، MSTATC و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون توکی در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر اثرات ساده آبیاری، میکوریزا و ژنوتیپ بر صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، کارایی اقتصادی مصرف آب، کارایی زیستی مصرف آب، شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه و شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد زیستی معنی‌دار بود (جدول ۲). اثرات برهمکنش آبیاری و میکوریزا فقط بر شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه و شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد زیستی معنی‌دار بود. اثرات برهمکنش آبیاری و ژنوتیپ بر صفات و صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، کارایی اقتصادی مصرف آب، کارایی زیستی مصرف آب و شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه معنی‌دار بود. اثرات برهمکنش میکوریزا و ژنوتیپ بر صفات عملکرد زیستی، کارایی زیستی مصرف آب، شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه و شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد زیستی معنی‌دار بود. اثرات برهمکنش

[1] Mycorrhizal dependency index

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

**جدول ۱**- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

| عمق خاک (cm) | بافت خاک | EC (dS/m) | pH | درصد مواد خنثی شونده | رطوبت اشباع | آهک | رس | سیلت | شن | کربن آلی | نیتروژن | فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) | پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | (٪) | | | | | | | |
| ۳۰-۰ | لومی– لومی رسی | ۰/۷۷ | ۷/۶۹ | ۲۲/۸ | ۳۰ | - | ۳۸ | ۳۶ | ۲۶ | ۱/۱۱ | ۰/۱۱ | ۵/۲۱ | ۲۲۱ |

سه‌گانه آبیاری و میکوریزا و ژنوتیپ بر هیچ کدام از صفات فوق معنی‌دار نشد (جدول ۲).

### عملکرد دانه و عملکرد زیستی

نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش معنی‌داری می‌یابد، به‌طوری که تنش خشکی شدید و ملایم نسبت به شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه را به میزان ۶۳ و ۳۱ درصد کاهش داده است (جدول ۴). کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی می‌تواند به علت بسته شدن روزنه‌ها، افزایش آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین‌ها و کلروفیل باشد که باعث کاهش سرعت و میزان فتوسنتز، مقدار مواد فتوسنتزی و در نهایت عملکرد دانه می‌گردد (فیاض و طالبی، ۱۳۸۸؛ قلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۸؛ قلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۹). بیشتر بودن عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل کاهش رقابت بین گیاهان باشد. تلقیح با قارچ میکوریزا گونه‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، عملکرد دانه را به میزان ۳۳ و ۱۱ درصد بهبود بخشید (جدول ۳). دلیل این امر ممکن است مرتبط با تأثیر میکوریزا بر جذب فسفر، ماندگاری بیشتر برگ‌ها روی گیاه، حفظ و افزایش اندازه برگ و نیز بهبود میزان فتوسنتز به‌واسطه کلروفیل بیشتر باشد (حبیب زاده[1] و همکاران، ۲۰۱۲). سایر محققان نیز در بررسی تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه گلرنگ به چنین نتایجی دست یافتند (راعی و همکاران، ۱۳۹۴). تأثیر میکوریزا در بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی شدید مؤثرتر از شرایط آبیاری مطلوب بوده است. نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد قارچ‌های میکوریزا در طی دوره تنش خشکی با افزایش پتانسیل آب برگ (لادجال[2] و همکاران، ۲۰۰۵) و نیز افزایش میزان جذب آب در واحد زمان و در واحد طول ریشه گیاه میزبان (کوتاری[3] و همکاران، ۱۹۹۰) قادرند اثرات تنش خشکی در گیاه را کاهش دهند. در بین توده‌های مورد بررسی، بیشترین عملکرد دانه در توده‌های محلی مغان (۳۱۷۹/۴ کیلوگرم بر هکتار) و محلی طارم زنجان (۲۶۰۳/۶ کیلوگرم بر مترمکعب) در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان عملکرد دانه در توده‌های محلی جیرفت ۱۳ (۴۳۷/۷ کیلوگرم بر هکتار) و TS-3 (۴۰۶/۵ کیلوگرم بر هکتار) در شرایط تنش خشکی شدید مشاهده شد (جدول ۴). در تحقیقی روی کنجد، لاین JL-13 به‌عنوان ژنوتیپ برتر معرفی شد که توانسته بود هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش خشکی عملکرد دانه بیشتری تولید کند (آیین، ۱۳۹۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری × ژنوتیپ، بیشترین میزان عملکرد زیستی در توده محلی مغان در شرایط آبیاری مطلوب (۱۱۸۸۴ کیلوگرم بر هکتار) و کمترین میزان عملکرد زیستی در ژنوتیپ TS-3 در شرایط تنش خشکی شدید (۱۳۶۹/۱ کیلوگرم بر هکتار) مشاهده شد. در شرایط تنش خشکی شدید، ازنظر عملکرد زیستی بین توده‌های جیرفت ۱۳، ناز چند شاخه، داراب ۱۴ و دشتستان ۵ با توده TS-3 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

دلیل افزایش عملکرد زیستی در شرایط آبیاری مطلوب، گسترش بیشتر و دوام بهتر سطح برگ بوده که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیک کافی جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک می‌شود.

[1] Habibzadeh

[2] Ladjal
[3] Kothari

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

**جدول ۲**- نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی، میکوریزا و ژنوتیپ‌های کنجد روی صفات مورد مطالعه

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد دانه | عملکرد زیستی | کارایی اقتصادی مصرف آب | کارایی زیستی مصرف آب | شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه | شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد زیستی |
| بلوک | ۲ | ۲۷۳۴۱۴/۳۶$^{*}$ | ۱۶۷۵۵۶۷۸$^{*}$ | ۰/۰۰۸۲$^{ns}$ | ۰/۵۴۷$^{*}$ | ۴۴۲/۵۴$^{ns}$ | ۱۲۱۵۱/۴۳$^{ns}$ |
| آبیاری | ۲ | ۲۶۶۶۸۶۲۳/۹۸$^{**}$ | ۱۹۰۸۹۹۲۴۸$^{**}$ | ۰/۷۸$^{**}$ | ۵/۴۳$^{**}$ | ۷۰۹۸/۴۱$^{**}$ | ۷۴۱۲/۳۳$^{ns}$ |
| میکوریزا | ۲ | ۴۸۱۰۹۵۷/۲۸$^{**}$ | ۱۳۱۶۲۶۵۳۴$^{**}$ | ۰/۱۶۱$^{**}$ | ۴/۴۱$^{**}$ | ۷۱۶۰۳/۷۰$^{**}$ | ۱۴۳۳۴۵/۲۹$^{**}$ |
| آبیاری × میکوریزا | ۴ | ۱۵۵۳۷۷/۱۸$^{ns}$ | ۹۰۱۶۶۸۵/۴$^{ns}$ | ۰/۰۰۴۶$^{ns}$ | ۰/۲۸$^{ns}$ | ۲۰۲۶/۹۱$^{ns}$ | ۲۷۵۹/۱۶$^{ns}$ |
| خطای اصلی ($E_{ab}$) | ۱۶ | ۶۷۸۶۵۶/۱۵ | ۳۳۸۶۹۸۱ | ۰/۰۲۲ | ۰/۱۱۴ | ۱۱۸۶/۳۴ | ۸۱۰۰/۰۷ |
| ژنوتیپ | ۷ | ۴۷۸۳۹۳۶/۷۰$^{**}$ | ۱۴۶۵۹۹۳۱۳$^{**}$ | ۰/۱۶$^{**}$ | ۴/۹۴$^{**}$ | ۲۹۳۲/۷۹$^{**}$ | ۱۸۶۷/۵۲$^{**}$ |
| آبیاری × ژنوتیپ | ۱۴ | ۴۷۷۳۷۳/۶۰$^{**}$ | ۳۵۸۰۶۳۸$^{**}$ | ۰/۰۱۴$^{**}$ | ۰/۰۹۸$^{**}$ | ۶۹۱/۵۹$^{**}$ | ۶۰۳/۲۸$^{ns}$ |
| میکوریزا × ژنوتیپ | ۱۴ | ۱۳۰۵۹/۰۳$^{ns}$ | ۳۴۱۱۹۲۵$^{**}$ | ۰/۰۰۰۴۸$^{ns}$ | ۰/۱۱۴$^{**}$ | ۸۲۱/۹۷$^{**}$ | ۱۴۱۱/۴۹$^{**}$ |
| آبیاری × میکوریزا × ژنوتیپ | ۲۸ | ۱۱۹۷۵/۸۸$^{ns}$ | ۴۶۴۶۰۹$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۳۸$^{ns}$ | ۰/۰۱۴۸$^{ns}$ | ۲۶۳/۸۷$^{ns}$ | ۳۲۶/۵۱$^{ns}$ |
| خطای فرعی ($E_c$) | ۱۲۶ | ۷۵۴۴۳/۸ | ۴۶۵۸۲۷ | ۰/۰۰۲۴ | ۰/۰۱۵۸ | ۲۰۳/۵۰ | ۵۶۳/۴۸ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۲۰/۶۷ | ۱۴/۳۳ | ۲۰/۴۹ | ۱۴/۴۴ | ۲۷/۴۴ | ۳۱/۱۷ |

**، * و ns به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

این نتایج با نتایج سایر محققان (قلی نژاد و همکاران، ۱۳۸۸) مطابقت داشت. گزارش‌های دیگری نیز وجود دارند که تنش خشکی عملکرد زیستی را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. در این گزارش‌های دلیل کاهش عملکرد زیستی، کاهش شاخص سطح برگ در تیمارهای تحت تنش خشکی بیان شده است که جذب نور در جامعه گیاهی را کاهش داده و به‌تبع آن ماده خشک تولیدی کاهش می‌یابد (اسکندری و همکاران، ۱۳۸۹؛ آیین، ۱۳۹۲؛ مهرابی و احسان‌زاده، ۱۳۹۰). تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و گونه *G. intraradices* نسبت به عدم تلقیح با قارچ میکوریزا، عملکرد زیستی را به میزان ۴۳ و ۲۰ درصد بهبود بخشیده است (جدول ۵). تأثیر قارچ میکوریزا بر افزایش رشد گیاه میزبان تحت شرایط تنش خشکی از طریق بهبود دسترسی فسفر می‌باشد زیرا دسترسی به فسفر در خاک‌های خشک کاهش می‌یابد (سابرامانیان و همکاران، ۲۰۰۶). بیشترین عملکرد زیستی در توده محلی مغان و طارم زنجان در شرایط تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و کمترین میزان عملکرد زیستی در ژنوتیپ TS-3 در شرایط عدم مصرف قارچ میکوریزا مشاهده شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد همزیستی با قارچ میکوریزا باعث تحریک تولید مواد فتوسنتزی و افزایش راندمان انتقال مواد فتوسنتزی به مخازن زایشی شده که این امر در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه و زیستی شده است (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴). محققان در تحقیقی روی ارقام Yellow witte، $TN_{238}$، $TS_3$، صفی‌آبادی و محلی رامهرمز کنجد، $TS_3$ را به‌عنوان رقم برتر معرفی کردند (اسکندری و همکاران، ۱۳۸۹).

**جدول ۳**- مقایسه میانگین اثرات ساده میکوریزا برای عملکرد دانه و کارایی اقتصادی مصرف آب

| تیمار | عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) | کارایی اقتصادی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) |
|---|---|---|
| میکوریزا | | |
| *Glomus mosseae* | ۱۵۵۴ a | ۰/۲۸ a |
| *Glomus intraradices* | ۱۳۸۶ ab | ۰/۲۵ ab |
| بدون میکوریزا | ۱۰۴۶ b | ۰/۱۹ b |

اعدادی که حروف مشابه دارند ازنظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

قارچ‌های میکوریزا می‌توانند علاوه بر دسترسی آسان به آب موجود در خلل و فرج بسیار ریز خاک که دور از دسترس ریشه‌ها هستند و گسترش شبکه ریشه‌ای گیاه با افزایش رشد ریشه و افزایش سطح جذب گیاه توسط هیف‌های خود (اسمیت و رید، ۲۰۰۸) از یک‌سو باعث افزایش جذب آب موجود در خاک توسط گیاه همزیست خود شوند و از سوی دیگر با بهبود شرایط رشد و جذب بهتر و بیشتر عناصر غذایی مفید و مناسب برای گیاه و کاهش جذب عناصر غیرمفید مانند سدیم، باعث افزایش تولید ماده خشک در گیاه همزیست گردند (گل آراتا و رئیسی[1]، ۲۰۰۷).

## کارایی اقتصادی و زیستی مصرف آب

بررسی جدول ۴ نشان داد که استفاده از قارچ میکوریزا در مقایسه با عدم مصرف، کارایی اقتصادی مصرف آب را افزایش داد به‌طوری که تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* نسبت به شاهد (عدم مصرف میکوریزا) کارایی اقتصادی مصرف آب را به ترتیب حدود ۳۳ و ۲۴ درصد بهبود بخشید. افزایش کارایی اقتصادی مصرف می‌تواند سبب افزایش میزان عملکرد دانه در شرایط خشک و نیمه‌خشک گردد. این نتایج بیانگر آن است که حضور قارچ‌های میکوریزی در خاک و همزیستی آن‌ها با ریشه توده‌های محلی گیاه کنجد، نه‌تنها سبب افزایش جذب آب توسط ریشه گیاه می‌شود (اسمیت و رید، ۲۰۰۸) بلکه با کاهش تبخیر و تعرق گیاه، از هدر رفت آب جلوگیری به عمل می‌آورد. هنگام برقراری ارتباط همزیستی گیاه با قارچ‌های میکوریزا، گیاه می‌تواند استفاده بهتری از آب جذب‌شده داشته باشد (گل آراتا و رئیسی، ۲۰۰۷). افزایش راندمان مصرف آب بر اثر همزیستی قارچ‌های میکوریزا در سایر گیاهان مانند کنجد و بادام نیز گزارش شده است (آقابابایی و رئیسی، ۱۳۹۰؛ کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴). با افزایش شدت تنش خشکی، کارایی اقتصادی مصرف آب به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تنش شدید و ملایم خشکی کارایی اقتصادی مصرف آب را به ترتیب به میزان ۶۲ و ۳۰ درصد کاهش داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که در شرایط آبیاری مطلوب، به دلیل بهبود فراهمی آب در دسترس گیاه، جذب مواد غذایی افزایش‌یافته که این امر افزایش کارایی اقتصادی مصرف آب را به دنبال داشته است. این نتایج با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (احمدنژاد و همکاران، ۱۳۹۲). تنش شدید و ملایم خشکی کارایی زیستی مصرف آب را به ترتیب به میزان ۴۹ و ۲۲ درصد کاهش داد (جدول ۴). بیشترین میزان کارایی زیستی مصرف آب از شرایط مطلوب آبیاری و توده محلی مغان (۲/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب) به دست آمد کمترین میزان کارایی زیستی مصرف آب نیز به تیمار تنش شدید خشکی و توده TS-3 (۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد عملیات زراعی مانند انتخاب گونه‌ها و ارقام مناسب (علیزاده و علیزاده[2]، ۲۰۰۷) با جلوگیری از هدر رفت آب می‌تواند کارایی مصرف آب را به میزان زیادی بهبود بخشد (ریتچی و باسو[3]، ۲۰۰۷). استفاده از قارچ میکوریزا در مقایسه با عدم مصرف، کارایی زیستی مصرف آب را افزایش داد به‌طوری که تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* نسبت به شاهد (عدم مصرف میکوریزا) کارایی زیستی مصرف آب را به ترتیب حدود ۲۲ و ۲۹ درصد بهبود بخشید (جدول ۵). بیشترین میزان کارایی زیستی مصرف آب از تلقیح قارچ میکوریزای گونه *G. intraradices* و توده محلی مغان (۲/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب) به دست آمد که با گونه *G. mosseae* تفاوت معنی‌داری نداشت کمترین میزان کارایی زیستی مصرف آب نیز به تیمار بدون مصرف قارچ میکوریزا و توده TS-3 (۰/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط بود (جدول ۵). علت بالا بودن کارایی زیستی مصرف آب در شرایط تلقیح با قارچ‌های میکوریزا به دلیل نقش آن‌ها در کاهش میزان تبخیر و تعرق از سطح برگ‌ها می‌باشد.

[1] Gholarata and Raiesi

[2] Alizadeh and Alizadeh

[3] Ritchie and Basso

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

**جدول ۴**- مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و ژنوتیپ برای صفات مورد مطالعه

| | تیمار (آبیاری × ژنوتیپ) | عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) | عملکرد زیستی (کیلوگرم بر هکتار) | کارایی اقتصادی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) | کارایی زیستی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) | شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری مطلوب | جیرفت ۱۳ | ۱۳۲۵/۵ c-g | ۴۳۰۱/۷ f-i | ۰/۲۳ efg | ۰/۷۶ efg | ۱۸/۱۳ ef |
| | محلی طارم زنجان | ۲۶۰۳/۶ ab | ۹۰۴۰/۹ b | ۰/۴۶ b | ۱/۶۱ b | ۲۷/۸۰ c-f |
| | محلی مغان | ۳۱۷۹/۴ a | ۱۱۸۸۴/۰ a | ۰/۵۶ a | ۲/۱۲ a | ۳۰/۴۸ c-f |
| | ناز چند شاخه | ۱۴۶۷/۹ c-g | ۴۵۹۷/۳ fgh | ۰/۲۶ def | ۰/۸۲ efg | ۲۵/۷۰ c-f |
| | TC-25 | ۲۱۷۹/۰ bc | ۶۸۹۸/۹ cde | ۰/۳۹ bc | ۱/۲۳ c | ۲۳/۹۱ c-f |
| | TS-3 | ۱۲۲۲/۲ d-j | ۲۷۸۷/۸ h-k | ۰/۲۱ fgh | ۰/۴۹ h-k | ۲۱/۲۱ def |
| | داراب ۱۴ | ۱۸۱۵/۶ b-e | ۶۲۴۸/۲ def | ۰/۳۲ cd | ۱/۱۱ cd | ۲۳/۷۷ c-f |
| | دشتستان ۵ | ۱۶۸۱/۱ c-f | ۵۱۹۳/۴ d-g | ۰/۳۰ de | ۰/۹۲ de | ۲۷/۸۹ c-f |
| تنش ملایم خشکی | جیرفت ۱۳ | ۱۰۲۷/۹ d-j | ۲۸۱۰/۸ h-k | ۰/۱۹ f-i | ۰/۵۲ hij | ۱۵/۹۳ f |
| | محلی طارم زنجان | ۱۷۵۵/۱ b-e | ۷۱۶۱/۵ bcd | ۰/۳۲ cd | ۱/۳۲ c | ۴۲/۰۱ b-e |
| | محلی مغان | ۱۸۷۵/۷ bcd | ۸۸۲۲/۶ bc | ۰/۳۴ cd | ۱/۶۳ b | ۴۴/۴۳ bcd |
| | ناز چند شاخه | ۱۱۲۸/۱ d-j | ۳۳۰۶/۲ g-k | ۰/۲۰ fgh | ۰/۶۱ ghi | ۱۷/۸۳ ef |
| | TC-25 | ۱۴۰۸/۶ c-h | ۶۰۱۸/۶ def | ۰/۲۶ def | ۱/۱۱ cd | ۳۳/۷۸ e-f |
| | TS-3 | ۹۵۶/۰ e-j | ۲۱۷۷/۴ ijk | ۰/۱۷ g-j | ۰/۴۰ i-l | ۴۱/۸۴ b-e |
| | داراب ۱۴ | ۱۲۸۱/۳ d-i | ۴۵۷۴/۱ fgh | ۰/۲۳ efg | ۰/۸۴ ef | ۳۷/۸۱ c-f |
| | دشتستان ۵ | ۱۲۳۹/۴ d-j | ۳۵۳۲/۲ ghij | ۰/۲۲ e-h | ۰/۶۵ fgh | ۴۱/۲۴ b-f |
| تنش شدید خشکی | جیرفت ۱۳ | ۴۳۷/۷ ij | ۱۵۴۰/۹ jk | ۰/۰۸ k | ۰/۲۹ kl | ۲۸/۲۰ c-f |
| | محلی طارم زنجان | ۹۸۰/۳ e-j | ۴۸۹۳/۰ e-h | ۰/۱۸ f-j | ۰/۹۲ de | ۶۶/۱۱ ab |
| | محلی مغان | ۱۱۳۴/۲ d-j | ۶۳۲۷/۵ def | ۰/۲۱ fgh | ۱/۱۹ c | ۷۶/۴۶ a |
| | ناز چند شاخه | ۵۶۱/۷ hij | ۱۹۸۱/۹ jk | ۰/۱۰ jk | ۰/۳۷ jkl | ۴۷/۳۴ bc |
| | TC-25 | ۸۳۵/۵ f-j | ۳۶۴۸/۸ g-j | ۰/۱۵ g-k | ۰/۶۸ fgh | ۲۹/۶۱ c-f |
| | TS-3 | ۴۰۶/۵ j | ۱۳۶۹/۱ k | ۰/۰۷ k | ۰/۲۵ l | ۲۵/۴۳ c-f |
| | داراب ۱۴ | ۷۵۱/۸ g-j | ۳۲۷۵/۱ g-k | ۰/۱۴ h-k | ۰/۶۱ ghi | ۴۲/۷۱ b-e |
| | دشتستان ۵ | ۶۲۹/۴ g-j | ۱۸۶۸/۹ jk | ۰/۱۱ ijk | ۰/۳۵ jkl | ۴۱/۸۵ b-e |

اعدادی که حروف مشابه دارند از نظر آماری، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

بیشترین میزان کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد دانه ذرت در شرایط استفاده از تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی برابر با ۱/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب بدون تلقیح با میکوریزا گزارش گردید (ساجدی و ساجدی، ۱۳۸۸) نامبردگان اظهار داشتند که به‌منظور دستیابی به عملکرد قابل قبول معادل با عملکرد دانه و زیستی در شرایط آبیاری مطلوب، می‌توان با آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف کودهای بیولوژیک به‌ویژه میکوریزا به نتایج قابل قبولی دست یافت.

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

**جدول ۵**- مقایسه میانگین برهمکنش میکوریزا و ژنوتیپ برای صفات مورد مطالعه

| میکوریزا | تیمار (ژنوتیپ) | عملکرد زیستی (کیلوگرم بر هکتار) | کارایی زیستی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) | شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه (درصد) | شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد زیستی (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|
| *Glomus mosseae* | جیرفت ۱۳ | ۳۷۴۵/۹ f-j | ۰/۷۴ h-k | ۳۷/۰۷ de | ۸۴/۲۳ bc |
| | محلی طارم زنجان | ۹۲۳۸/۱ ab | ۱/۴۵ d | ۶۸/۹۹ ab | ۷۷/۱۹ bcd |
| | محلی مغان | ۱۱۲۷۹/۳ a | ۱/۹ ab | ۸۰/۳۷ a | ۵۸/۶۳ cde |
| | ناز چند شاخه | ۴۱۶۴/۹ fgh | ۰/۸۵ ghi | ۳۸/۵۱ de | ۸۷/۰۱ abc |
| | TC-25 | ۷۴۵۹/۹ bc | ۰/۹۸ fg | ۵۳/۹۷ bcd | ۸۶/۸۴ abc |
| | TS-3 | ۲۶۴۱/۹ g-j | ۰/۶۹ i-l | ۸۰/۶۲ a | ۷۷/۰۰ bcd |
| | داراب ۱۴ | ۶۵۷۴/۶ cde | ۰/۹۶ gh | ۶۵/۰۷ abc | ۱۲۸/۸۶ a |
| | دشتستان ۵ | ۴۷۷۶/۵ efg | ۰/۸۲ g-j | ۶۸/۷۵ ab | ۱۰۴/۹۳ ab |
| *Glomus intraradices* | جیرفت ۱۳ | ۲۷۷۶/۳ g-j | ۰/۶۸ i-l | ۵۵/۵۶ a-d | ۳۸/۵۰ def |
| | محلی طارم زنجان | ۶۶۳۲/۶ cde | ۱/۶۹ bc | ۲۶/۸۴ e | ۲۷/۵۴ ef |
| | محلی مغان | ۸۵۵۰/۴ bc | ۲/۰۶ a | ۲۴/۳۲ ef | ۱۹/۴۴ ef |
| | ناز چند شاخه | ۳۳۶۱/۷ f-j | ۰/۷۶ g-k | ۴۸/۴۸ b-e | ۴۸/۶۴ cde |
| | TC-25 | ۵۰۴۷/۶ ef | ۱/۳۶ de | ۳۳/۳۴ de | ۲۳/۴۳ ef |
| | TS-3 | ۲۰۲۲/۰ ij | ۰/۴۸ lm | ۶۸/۱۶ ab | ۳۱/۸۲ ef |
| | داراب ۱۴ | ۴۰۷۴/۳ f-i | ۱/۲۰ ef | ۳۹/۲۱ de | ۳۰/۴۷ ef |
| | دشتستان ۵ | ۳۲۸۵/۰ f-j | ۰/۸۷ ghi | ۴۲/۲۴ cde | ۳۳/۷۱ ef |
| بدون میکوریزا | جیرفت ۱۳ | ۲۱۳۱/۲ hij | ۰/۵۰ km | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ f |
| | محلی طارم زنجان | ۵۲۲۴/۷ def | ۱/۲۱ e | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ f |
| | محلی مغان | ۷۲۰۴/۲ bcd | ۱/۵۶ cd | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ f |
| | ناز چند شاخه | ۲۳۵۸/۹ hij | ۰/۶۱ jkl | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ f |
| | TC-25 | ۴۰۵۸/۸ f-i | ۰/۹۲ gh | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ f |
| | TS-3 | ۱۶۷۰/۳ j | ۰/۳۶ m | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ f |
| | داراب ۱۴ | ۳۴۴۸/۵ f-j | ۰/۷۴ h-k | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ f |
| | دشتستان ۵ | ۲۵۳۲/۹ hij | ۰/۵۹ kl | ۰/۰۰ f | ۰/۰۰ f |

در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون توکی از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست.

### شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه و عملکرد زیستی

بررسی جدول ۴ نشان داد که بیشترین شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه در شرایط تنش شدید خشکی و از توده محلی مغان حدود ۷۶/۴۶ درصد حاصل شد که با توده محلی طارم زنجان در همین شرایط رطوبتی تفاوت معنی‌داری نداشت. طول ریشه‌های مویین می‌تواند شاخصی از درجه وابستگی میکوریزایی باشد. یعنی ریشه‌های مویین کوتاه درجه وابستگی بالاتری در مقایسه با ریشه‌های مویین بلند نشان می‌دهند. با توجه به اینکه تنش خشکی طول ریشه‌های مویین را کاهش می‌دهد لذا می‌توان تا حدی افزایش وابستگی میکوریزایی را با افزایش تنش خشکی توجیه نمود (بایلیس[1]، ۱۹۷۴). در شرایط تنش شدید و ملایم خشکی در مقایسه با شرایط مطلوب آبیاری، شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه به ترتیب حدود ۴۵ و ۲۸ درصد بیشتر بوده است

[1] Baylis

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

**جدول ۶**- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه

| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱- عملکرد دانه | ۱ | | | | | |
| ۲- عملکرد زیستی | ۰/۹۰$^{**}$ | ۱ | | | | |
| ۳- کارایی اقتصادی مصرف آب | ۰/۹۹$^{**}$ | ۰/۹۱$^{**}$ | ۱ | | | |
| ۴- کارایی زیستی مصرف آب | ۰/۸۹$^{**}$ | ۰/۹۹$^{**}$ | ۰/۹۰$^{**}$ | ۱ | | |
| ۵- شاخص میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه | ۰/۴۵$^{**}$ | ۰/۳۰$^{**}$ | ۰/۲۸$^{**}$ | ۰/۲۷$^{**}$ | ۱ | |
| ۶- شاخص میکوریزایی نسبت به عملکرد زیستی | ۰/۲۴$^{*}$ | ۰/۲۹$^{**}$ | ۰/۲۵$^{*}$ | ۰/۳۰$^{**}$ | ۰/۷۲$^{**}$ | ۱ |

$^{**}$، $^{*}$ و $^{ns}$ به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

(جدول ۴). به نظر می‌رسد وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد دانه در گونه *G. mosseae* در مقایسه با گونه *G. intraradices* حدود ۳۲ درصد بیشتر بوده است (جدول ۵). این نتایج با نتایج سایر محققان (حقیقت‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱) هماهنگی داشت. به نظر می‌رسد وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد زیستی در گونه *G. mosseae* در مقایسه با گونه *G. intraradices* حدود ۶۵ درصد بیشتر بوده است (جدول ۵). محققان در بررسی همزیستی میکوریزایی در تره‌فرنگی و دو توده تره ایرانی تحت خشکی بیان داشتند که وابستگی میکوریزایی در تمام سطوح خشکی بیشتر از شرایط نرمال بود (قاسم جوکار و همکاران، ۱۳۹۴). جدول ۶ نشان می‌دهد که بین صفات عملکرد زیستی، کارایی مصرف آب و شاخص وابستگی میکوریزایی نسبت به عملکرد زیستی با عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. بنابراین با افزایش عملکرد دانه کنجد می‌توان کارایی مصرف آب را بهبود بخشید. گزارش شده است بین عملکرد دانه با عملکرد زیستی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (اسکندری و همکاران، ۱۳۸۹). در این آزمایش تنش خشکی عملکرد دانه و زیستی را کاهش داد. کاربرد قارچ میکوریزا مخصوصاً در شرایط تنش خشکی باعث جبران کاهش عملکرد دانه گردید. همچنین همزیستی میکوریزی کلیه صفات مورد مطالعه را افزایش داد.

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و کارایی اقتصادی و زیستی مصرف آب توده‌های محلی کنجد افزایش پیدا کرد. تلقیح با گونه‌های میکوریزا علاوه بر افزایش عملکرد دانه و زیستی باعث افزایش کارایی اقتصادی و زیستی مصرف آب گردید و گونه *G. mosseae* در مقایسه با گونه *G. intraradices* تأثیر بیشتری داشت. توده‌های محلی مغان و طارم زنجان بر سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشته و می‌توان آن‌ها را به‌عنوان ژنوتیپ‌های مناسب برای کاشت در شرایط ارومیه معرفی کرد. به عبارتی این توده‌ها وابستگی و همزیستی بهتری با قارچ‌های میکوریزا نشان دادند و همزیستی بهتر باعث شد تا قارچ‌های میکوریزا در این توده‌ها در مقایسه با سایرین، عملکرد دانه و وزن خشک بیشتری تولید کنند. با توجه به نتایج این تحقیق در سال‌هایی که با کمبود آب مواجه هستیم کاربرد قارچ میکوریزا می‌تواند تا حدی خسارات ناشی از تنش خشکی را کاهش داده و با کاهش مصرف کودهای شیمیایی در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار گامی برداشت.

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

**منابع**

احمدنژاد، ع.، عابدی کوپایی، ج. و موسوی، س. ف. ۱۳۹۲. تأثیر رژیم‌های آبیاری و کاربرد قارچ میکوریزا بر کارایی زراعی مصرف آب محصول کنجد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۶۶(۱۷): ۵۹-۴۹.

اسکندری، ح.، زهتاب سلماسی، ز. و قاسمی گلعذانی، ک. ۱۳۸۹. ارزیابی کارایی مصرف آب و عملکرد دانه ارقام کنجد در شرایط آبیاری متفاوت به‌عنوان کشت دوم. مجله دانش کشاورزی پایدار، ۲۰(۱): ۵۱-۳۹.

آقابابایی، ف. و رئیسی، ف. ۱۳۹۰. اثر هم‌زیستی میکوریزایی بر میزان کلروفیل، فتوسنتز و راندمان مصرف آب در چهار ژنوتیپ بادام در استان چهار و محال بختیاری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۵۶(۱۵): ۱۰۱-۹۱.

آیین، ا. ۱۳۹۲. اثر حذف آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی دو ژنوتیپ کنجد. مجله به زراعی نهال و بذر، ۲۹(۱): ۷۹-۶۷.

حقیقت‌نیا، ح.، نادیان، ح.، رجالی، ف. و توکلی، ا. ر. ۱۳۹۱. اثر دو گونه قارچ میکوریزا آربسکولار بر رشد رویشی و جذب فسفر پایه مکزیکن لایم تحت شرایط تنش خشکی (*Citrus aurantifolia*). مجله به زراعی نهال و بذر، ۲(۲۸): ۴۱۷-۴۰۳.

راعی، ی.، شریعتی، ج. و ویسانی، و. ۱۳۹۴. تأثیر کودهای زیستی بر درصد روغن، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ در سطوح مختلف آبیاری. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۵(۱): ۸۴-۶۵.

رضوانی‌مقدم، پ.، امیری، م. ب. و سیدی، س. م. ۱۳۹۳. اثر مصرف کودهای آلی و زیستی بر عملکرد، میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب روغن کنجد (*Sesamum indicum* L.). مجله علوم زراعی ایران، ۱۶(۳): ۲۲۱-۲۰۹.

ساجدی، ن. و ساجدی، ع. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی، میکوریزا و مقادیر روی بر خصوصیات آگروفیزیولوژیک ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران، ۱۱(۳): ۲۲۲-۲۰۲.

علیزاده، ا. ۱۳۸۸. روابط آب و خاک و گیاه. چاپ نهم. انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۸۴ صفحه.

فیاض، ف. و طالبی، ر. ۱۳۸۸. تعیین روابط میان عملکرد و برخی از اجزای عملکرد نخود زراعی با استفاده از تجزیه علیت. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۷(۱): ۱۴۱-۱۳۵.

قاسم جوکار، ن.، نادیان، ح.، خلیل مقدم، ب.، حیدری، م. و قرینه، م. ح. ۱۳۹۴. تأثیر همزیستی میکوریزایی بر رشد و میزان پرولین در تره‌فرنگی (*Allium porrum* L.) و دو توده تره ایرانی (*Allium ampeloprasum ssp. Persicum* L.) تحت تنش خشکی. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، ۳۸(۱): ۲۶-۱۵.

قلی‌نژاد، ا.، آینه‌بند، ا.، حسن‌زاده قورت‌تپه، ع.، نورمحمدی، ق. و برنوسی، ا. ۱۳۸۹. تأثیر رژیم آبیاری بر کارایی مصرف آب و نیتروژن آفتابگردان رقم ایروفلور در مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته در شرایط آب و هوایی ارومیه. مجله علمی پژوهشی دانش آب و خاک، ۲۰(۱): ۴۵-۲۷.

قلی‌نژاد، ا.، آینه‌بند، ا.، حسن‌زاده قورت تپه، ع.، برنوسی، ا. و رضایی، ح. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر تنش خشکی با سطوح نیتروژن و تراکم بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت رقم ایروفلور آفتابگردان در ارومیه. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، ۱۶(۳): ۲۸-۱.

کوچکی، ع.، بخشایی، س.، خرم دل، س.، مختاری، و. و طاهرآبادی، ش. ۱۳۹۴. تأثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط مشهد. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۳(۳): ۴۶۰-۴۴۸.

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

مهرابی، ز. و احسان‌زاده، پ. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد تحت رژیم‌های رطوبتی خاک. مجله به زراعی کشاورزی، ۱۳(۲): ۸۸-۷۵.

موسوی، س.ف. و اخوان، س. ۱۳۸۶. اصول آبیاری. انتشارات کنکاش. ۴۱۰ صفحه.

یوسفی‌راد، م.، نورمحمدی، ق.، اردکانی، م.، مجیدی هروان، ا. و میرهادی، س. ج. ۱۳۸۸. تأثیر قارچ میکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیک و محتوای عناصر غذایی جو در سطوح مختلف شوری. مجله دانش نوین کشاورزی،۱۶(۵): ۱۴۱-۱۰۵.

Alizadeh, A., and Alizadeh, A. 2007. Effects of mycorrhiza in different conditions of soil humidity on nutrient absorption in corn. Research in Agricultural Sciences, 3(1): 101-108.

Amani, M., Golkar, P., and Mohammadi-Nejad, G. 2012. Evaluation of drought tolerance in different genotypes of Seseame. International Journal of Recent Scientific Research, 3(4): 226-230.

Bahrami, H., Razmjoo, J., and Ostadi Jafari, A. 2012. Effect of drought stress on germination and seedling growth of sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.). International Journal of Agriculture Science, 2(5): 423-428.

Baylis, G.T.S. 1974. The magnoloid mycorrhiza and mycotrophy in root system drived from it. Pp. 373-389. In: Sanders, F.E., Mosse, B., and Tanker, P.B. (eds.). Endomycorrhizae.

Davies, F.T., Potter, J.R., and Linderman, R.G. 1992. Drought resistance of mycorrhizal pepper plants independent of leaf P-concentration response in gas exchange and water relations. Physiologia Plantarum, 87(1): 45-53.

FAO. 2014. Yearbook production. FAO Pub. Rome, Italy. Available at http://faostat.fao.org

Galle, A., Florez-Sarasal, I., Thameur, A., Paepe, R.D., Flexas, J., and Ribas-Carb, M. 2010. Effects of drought stress and subsequent rewatering on photosynthetic and respiratory pathways inicotiana sylvestris wild type and the mitochondrial complex I-deficient CMSII mutant. Journal of Experimental Botany, 61(3): 765-775.

Ghollarata, M., and Raiesi, F. 2007. The adverse effects of soil salinization on the growth of Trifolium alexandrinum L. and associated microbial and biochemical properties. Soil Biology and Biochemistry, 39:1699–1702.

Habibzadeh, Y., Pirzad, A., Zardashtai, M.R., Jalilian, J., and Eini, O. 2013. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on seed and protein yield under water–deficit stress in Mung Bean. Agronomy Journal, 105(1): 79-84.

Hassanzadeh, M., Asghari, A., Jamaati-e-Somarin, S.H., Saeidi, M., Zabihi-e-Mahmoodabad, R., and Hokmalipour, S. 2009. Effects of water deficit on drought tolerance indices of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes in Moghan Region. Research Journal Environmental Sciences, 3(1): 116-121.

Heidari, M., Galavi, M., and Hassani, M. 2011. Effect of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (*Sesamum indicum* L.) under water stress. African Journal of Biotechnology, 10(44): 816-8822.

Kassab, O., Noernani, E., and El-Zeiny, A.H. 2005. Influence of some irrigation system and water regimes on growth and yield of sesame plants. Journal of Agronomy, 4(3): 220- 224.

Kothari, S.K., Marschner, H., and George, E. 1990. Effect of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on root and shoot morphology, growth, and water relations of maize. New Phytologist, 116(2): 303-311.

Ladjal, M., Huc, R., and Ducrey, M. 2005. Drought effects on hydraulic conductivity and xylem vulnerability to embolism in diverse species and provenances of Mediterranean cedars. Tree Physiology, 25(9): 1109 –1117.

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

Mensah, J.K., Obadoni, B.O., Eroutor, P.G., and Onorne-Irieguna, F. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesame indicum* L.). African Journal of Biotechnology, 13(5): 1249-1253.

Ritchie, J.T., and Basso, B. 2007. Water use efficiency is not constant when crop water supply is adequate or fixed: The role of agronomic management. European Journal of Agronomy, 28(3): 273-281.

Saeidi, A., Tohidi-Nezhad, E., Ebrahimi, F., Mohammadi-Nejad, G., and Shirzadi, M.H. 2012. Investigation of water stress on yield and some yield components of sesame genotypes in Jiroft region. Journal of Applied Sciences Research, 8(1): 243-246.

Smith, S.E., and Read, O.J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, New York. 587p.

Subramanian, K.S., Santhanakrishnan, P., and Balasubramanian, P. 2006. Responses of field grown tomato plants Arbuscular Mycorrhizal Fungal Arbuscular Mycorrhizal Fung colonization under varying intensities of drought stress. Scientia Hoticulturae, 107(3): 245-253.

Sylvia, D.M., Hammond, L.C., Bennett, J.M., Haas, J.H., and Linda, S.B. 1993. Field response of maize to a VAM fungus and water management. Agronomy Journal, 85(2): 193-198.

Valente, M.A.S., Faria, J.A., Soares-Ramos, J.R.L., Reis, P.A.B., Pinheiro, G.L., Piovesan, D., Morais, A.L.T., Menezes, C.C., Cano, M.A.O., Fietto, L.G., Loureiro, M.E., Araga, F.J.L., and Fontes, E.B. 2009. The ER luminal binding protein (BiP) mediates an increase in drought tolerance in soybean and delays drought- induced leaf senescence in soybean and tobacco. Journal of Experimental Botany, 60(2): 533-546.

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]

**Journal of Oil Plants Production, Vol: 3(1), 2016**

# Effect of symbiosis of two species mycorrhiza fungi with Sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes on seed yield, economic and biotic water use efficiency in different levels of drought stress

**Esmaeil Gholinezhad**

*Associate Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran*
Corresponding author E-mail address: gholinezhad1358@yahoo.com

Received: 17.06.2016 Accepted: 09.09.2016

## Abstract

In order to investigate the effects of mycorrhizal fungi on yield and water use efficiency of eight sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes in different levels of drought stress, an experiment was conducted using a factorial split plot with three replications in the research field of the Urmia agricultural high school in 2014. The main factor was consisted of different levels of irrigation as: normal irrigation (irrigation after 70 mm evaporation of the crop (ETc), moderate drought stress (irrigation after 90 mm ETc) and severe drought stress (irrigation after 110 mm ETc), and two species of mycorrhiza fungi (*Glomus mosseae*, *Glomus intraradices*) and non-inoculated (control). Sub plots consisted of eight landraces of sesame names Jiroft13, Zanjan Tarom Landrace, Moghan Landrace, several branches Naz, TC-25, TS-3, Darab 14 and Dashtestan 5. Results showed that the effect of irrigation, mycorrhiza fungi and genotypes on studying traits was significant. Mean comparisons showed that with increasing severity of drought stress, grain yield, biological yield, water use economic and biotic efficiencies decreased significantly. Severe drought stress reduced water use economic and biotic efficiencies about 62 and 49 percent, respectively. Using two species of mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae*, *Glomus intraradices*) in comparison with non-inoculated (control) had significant effect on all studied traits. Inoculation with *G. mosseae* improved seed yield, biological yield and water use economic efficiency compared to control with 33, 42 and 33 percent, respectively. Moghan landrace and Zanjan Tarom landrace based on yield and water use efficiency, had superiority on other landraces. Mycorrhiza led to improve yield of landraces and in severe drought stress conditions, sesame plants showed a higher mycorrhizal dependency.

***Keywords: Drought stress, Genotype, Mycorrhizal symbiosis, Oilseed, Water use efficiency***

[ Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-08-30 ]