



## استفاده از تلاش باز آوری، عملکرد کمی و کیفی برای شناسایی توده‌های کنجد متحمل به خشکی در همزیستی با میکوریزا

\*اسماعیل قلی نژاد

دانشیار گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۳۱

### چکیده

سابقه و هدف: خشکی یکی از مهمترین فاکتورهای محدود کننده تولید محصول است و یکی از مشکلات مهم و اصلی در بسیاری از مناطق دنیا است. کنجد از جمله گیاهان روغنی می‌باشد که به دلیل محتوای بالا (۵۲-۴۷ درصد) و کیفیت مناسب (میزان کم کلسترول و وجود برخی آنتی‌اکسیدان‌ها) روغن دانه‌های آن، نقش مهمی در سلامت انسان دارد. استفاده از کودهای زیستی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان، یک مسئله مهم در جهت حرکت به سوی کشاورزی پایدار می‌باشد قارچ‌های میکوریزا آریاسکولار، یکی از انواع کودهای زیستی بوده و جزء اصلی فلور محیط ریشه گیاهان در بوم نظام‌های طبیعی می‌باشند یکی از مکانیسم‌های افزایش پایداری گیاهان در مقابل تنش کم آبی، استفاده از رابطه همزیستی میکوریزایی می‌باشد. این آزمایش با هدف شناسایی توده‌های محلی کنجد متحمل به تنش خشکی با استفاده از تلاش باز آوری، عملکرد کمی و کیفی در شرایط وجود و عدم وجود گونه‌های مختلف میکوریزا انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی ارومیه واقع در ۱۲ کیلومتری جاده ارومیه- مهاباد اجرا شد. 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. فاکتور اصلی سطوح مختلف آب شامل آبیاری بهینه: آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر ETC، تنش ملایم: آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر ETC و تنش شدید: آبیاری بعد از ۱۱۰ میلی‌متر ETC. فاکتور فرعی شامل دو گونه قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و عدم تلقیح با قارچ میکوریزا و فاکتور فرعی شامل هشت توده محلی کنجد به نام‌های جیرفت ۱۳، محلی طارم زنجان، محلی مغان، ناز چند شاخه، TC-25، TS-3، داراب ۱۴ و دشتستان ۵ بود. صفات مورد مطالعه در این تحقیق شامل عملکرد دانه،

\*مسئول مکاتبه: [gholinezhad1358@yahoo.com](mailto:gholinezhad1358@yahoo.com)

عملکرد دانه تک بوته، عملکرد بیولوژیک، وزن خشک کل تک بوته، شاخص برداشت، تلاش بازآوری، عملکرد روغن و کلروفیل بودند.

**یافته‌ها:** بر اساس نتایج آزمایش، تأثیر تنش خشکی و میکوریزا بر کلیه صفات مورد مطالعه به جز شاخص برداشت و تلاش بازآوری معنی‌دار بود. برهمکنش آبیاری و ژنوتیپ نیز بر تمامی صفات مورد مطالعه به جز تلاش بازآوری معنی‌دار شد. برهمکنش میکوریزا و ژنوتیپ نیز فقط بر عملکرد زیستی و وزن خشک کل تک بوته معنی‌دار گردید. توده‌های محلی مورد مطالعه در شرایط مختلف تنش خشکی و میکوریزا عکس‌العمل‌های متفاوتی داشتند.

**نتیجه‌گیری:** مقایسه میانگین نشان داد با افزایش شدت تنش خشکی، کلیه صفات مورد بررسی کاهش معنی‌داری یافت. تنش شدید خشکی عملکرد دانه و عملکرد زیستی را به ترتیب به میزان ۶۳ و ۵۲ درصد کاهش داد. استفاده از دو گونه قارچ میکوریزا نسبت به حالت عدم مصرف میکوریزا کلیه صفات مورد مطالعه را افزایش داد. در بین توده‌های محلی کنجد مورد بررسی در این تحقیق، ژنوتیپ‌های محلی مغان و محلی طارم زنجان از نظر صفات مورد بررسی بر سایر توده‌های محلی برتری داشتند. با توجه به نتایج این تحقیق، جهت بهبود عملکرد دانه توده‌های محلی کنجد استفاده از قارچ‌های میکوریزا به خصوص گونه *G.mosseae* پیشنهاد می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** کنجد، تلاش بازآوری، شاخص برداشت، تنش خشکی، میکوریزا

## مقدمه

کنجد گیاهی یکساله، خود گرده افشان و متعلق به خانواده پدالیاسه است (۲۰). هند، سودان، میانمار و چین از مهم‌ترین مراکز تولید کننده کنجد به شمار می‌روند (۳۵). دانه کنجد دارای ۵۰ درصد روغن، ۲۵ درصد پروتئین (۳۵) و غنی از مواد معدنی نظیر کلسیم، فسفر و ویتامین E می‌باشد (۲۶). روغن کنجد به‌خاطر دارا بودن آنتی‌اکسیدانت‌های قابل حل در چربی نظیر سسامول، سامولین و سسامینول نقش بسزایی در تأمین سلامتی بشر ایفا می‌کند (۳۵ و ۳۹). سطح زیر کشت کنجد در جهان حدود ۷۸۹۷۰۴۸ هکتار و تولید آن حدود ۴۰۳۶۲۸۹ تن با متوسط عملکرد ۵۱۱ کیلوگرم در هکتار بوده است. در کشور ما ایران نیز سطح زیر کشت کنجد حدود ۴۰۰۰۰ هکتار و تولید آن حدود ۲۸۰۰۰ تن با متوسط عملکرد کیلوگرم در هکتار ۷۰۰ می‌باشد (۱۴).

خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده غیر زنده رشد و عملکرد گیاهان محسوب می‌شود (۹). اسکندری و همکاران (۲۰۱۰) با ارزیابی کارایی مصرف آب و عملکرد دانه ارقام کنجد در شرایط آبیاری متفاوت، گزارش نمودند که با افزایش شدت کمبود آب ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، عملکرد زیستی و عملکرد دانه کاهش یافت (۱۰). رضوانی مقدم و همکاران (۲۰۱۴) نیز بیان داشتند که تیمارهای مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، زیست‌توده، عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص برداشت کنجد دارد (۳۶). منسا و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که محدودیت آب منجر به کاهش رشد و عملکرد کنجد می‌شود (۳۱). باقری و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که حداکثر ارتفاع بوته، درصد روغن، شاخص برداشت و عملکرد دانه تحت شرایط بهینه به‌دست آمد (۷ و ۸). فنایی و نارویی راد (۲۰۱۴) نشان دادند که میانگین عملکرد زیستی برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی گیاه گلرنگ از ۱۷۰۸۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط عدم تنش به ۱۰۰۶۹ کیلوگرم در هکتار در تنش انتهای فصل کاهش یافت مقدار این کاهش برای شاخص برداشت از ۲۳ به ۲۰ درصد در شرایط تنش رطوبتی بود که نشان‌دهنده تأثیر منفی محدودیت آبی در فاز زایشی بر این صفات می‌باشد (۱۳).

قارچ‌های میکوریزا دارای رایج‌ترین و با سابقه‌ترین همزیستی با سلسله گیاهی می‌باشند و از عوامل ضروری در سیستم پایدار خاک- گیاه محسوب می‌شوند (۳۸). قارچ‌های میکوریزا با ریشه بیش از ۹۷ درصد گیاهان همزیستی دارند (۴۰). مهم‌ترین و بارزترین اثر مفید قارچ‌های میکوریزا، افزایش رشد گیاه میزبان است که معمولاً به واسطه افزایش جذب عناصر غیر متحرک از خاک صورت می‌گیرد. این

همزیستی سبب تسریع تبادل عناصر غذایی بین گیاه میزبان و قارچ می‌شود (۲۵، ۲۷ و ۲۹). قارچ‌های میکوریزا در سال‌های اخیر برای مقابله با کم آبی و تنش خشکی در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است (۴۳). مطالعات انجام شده نشان داده است که استفاده از میکوریزا، موجب افزایش رشد رویشی گیاهان در شرایط تنش خشکی نسبت به گیاهان بدون میکوریزا می‌شود (۲۳). رحیمی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که با استفاده از همزیستی میکوریزایی در گیاه سورگوم می‌توان بخش از کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی را جبران نمود (۳۴). حیدری و کرمی (۲۰۱۳) گزارش کردند که در بالاترین سطح تنش خشکی استفاده از گونه میکوریزایی *Glomus mosseae* بیشترین تأثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه آفتابگردان داشت (۲۱). علی‌آبادی و همکاران (۲۰۰۸) اعلام کردند که قارچ میکوریزا صفات کمی و کیفی گشنیز را افزایش داد (۳). سلطانیان و تدین (۲۰۱۵) نشان دادند که با افزایش تنش خشکی، عملکرد روغن در بزرگ کاهش معنی‌داری یافت اما این کاهش در شرایط تلقیح قارچ میکوریزا نسبت به شرایط عدم تلقیح کمتر بود (۴۲). حقیقت نیا و همکاران (۲۰۱۲) اعلام کردند که کلنی‌سازی میکوریزایی به‌ویژه توسط گونه گلوموس موسه سبب بهبود مقاومت به تنش خشکی و جبران بخشی از کاهش عملکرد شد (۱۹). عبداللهی و زارع (۲۰۱۵) بیان داشتند که با اعمال گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا، عملکرد زیستی افزایش یافت و گونه *S. vermifera* کارایی بهتری در مقایسه با گونه‌های *G. intraradices* و *P. indica* داشت (۱). علی‌رغم تحقیقات گسترده‌ای که در مورد همزیستی قارچ‌های میکوریزایی با گیاهان مختلف زراعی صورت گرفته (۴۱)، هنوز اطلاعات محدودی در رابطه با همزیستی گیاه کنگد با این قارچ‌ها در شرایط بروز تنش خشکی وجود دارد لذا هدف از اجرای این آزمایش ارزیابی تأثیر همزیستی دو گونه مختلف از قارچ‌های میکوریزایی بر عملکرد دانه توده‌های محلی مختلف کنگد و شناسایی هیبریدهای برتر از نظر عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص برداشت تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات دو گونه قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت، عملکرد کمی و کیفی هشت توده محلی کنگد در سطوح مختلف تنش خشکی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل - اسپلیت پلات با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی ارومیه واقع در ۱۲ کیلومتری جاده ارومیه - مهاباد اجرا شد. 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، زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی خشک و نیمه خشک

محسوب می‌شود. فاکتور اصلی سطوح مختلف آب شامل آبیاری بهینه: آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر ETC، تنش ملایم: آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر ETC و تنش شدید: آبیاری بعد از ۱۱۰ میلی‌متر ETC، فاکتور فرعی شامل دو گونه قارچ میکوریزا *Glomus intraradices*، *Glomus mosseae* (در تیمارهای مربوطه در هر چاله ۱۰ گرم قارچ ریخته شده سپس روی قارچ با خاک به اندازه دو سانتی‌متر پوشش داده شده و بذرها روی خاک کاشته شدند و مجدداً روی بذرها حدود سه سانتی‌متر با خاک پوشانده شد) و عدم تلقیح با قارچ میکوریزا و فاکتور فرعی شامل هشت توده محلی کنجد به نام‌های جیرفت ۱۳ (بومی جیرفت - چند شاخه - تک گل - بدون کرک)، محلی طارم زنجان (بومی طارم - چند شاخه - تک گل - بدون کرک - مخصوص مناطق شمال)، محلی مغان (کم کرک - ارتفاع زیاد - چند شاخه - تک گل - کپسول بلند - مخصوص مناطق شمال)، ناز چند شاخه (چند شاخه - سه گل - مخصوص مناطق شمال)، TC-25 (تک گل - چند شاخه)، TS-3 (بدون کرک - چند شاخه)، داراب ۱۴ (بومی داراب - تک گل - چند شاخه - بدون کرک) و دشتستان ۵ (بومی دشتستان - تک گل - چند شاخه - بدون کرک) بود. بذر توده‌ها در ۵ و ۶ خرداد ماه سال ۱۳۹۳ با فاصله ردیف ۵۰ و فاصله بوته ۱۵ سانتی‌متر کشت شدند. هر کرت دارای ۶ خط کاشت به طول ۶ متر بود. کاشت به صورت جوی و پشته و آبیاری به روش نشتی انجام گرفت. در موقع کاشت در هر کپه سه عدد بذر قرار داده شد که بعداً در مرحله ۲-۴ برگی بوته‌های اضافی تنک شدند. تا مرحله ۲-۴ برگی و استقرار کامل گیاه همه تیمارها به‌طور یکسان آبیاری شدند و بعد از این مرحله سطوح مختلف تنش خشکی اعمال شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی.

Table 1. Physical and chemical properties of the soil in the experimental field.

پتاسیم قابل استفاده (میلی‌گرم در کیلوگرم) P available (mg kg <sup>-1</sup> )	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم) P available (mg kg <sup>-1</sup> )	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	آهک (درصد) Lime (%)	اشباع رطوبت (درصد) Saturation moisture (%)	درصد مواد خنثی شونده The percentage of neutralizing اسیدیتنه	pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) E.C. (dS.m <sup>-1</sup> )	بافت خاک Soil texture	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)
221	5.21	0.11	1.11	26	36	38	-	30	22.8	7.99	0.77	لومی - لومی رسی Clay loam-loam	0-30

جدول ۲- مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش، تبخیر و رطوبت هوا در طی فصل رشد کنجد در منطقه مورد مطالعه.  
 Table 2. Mean monthly temperature, precipitation, evaporation and humidity during the growing season sesame in the study area.

پارامترهای هواشناسی Meteorological parameters	ماه Month				
	شهریور Septempure	مرداد August	تیر July	خرداد Jun	اردیبهشت may
حداکثر دما (سلسیوس) Temperature maximum (C <sup>o</sup> )	31.4	33.2	32.7	27.8	24.1
حداقل دما (سلسیوس) Temperature minimum (C <sup>o</sup> )	12.6	15.7	15.8	11	9.2
میانگین دما (سلسیوس) Temperature mean (C <sup>o</sup> )	22	24.4	24.5	19.4	16.6
مجموع بارندگی (میلی متر) Total rainfall (mm)	0.1	0.0	0.0	24.1	35.1
کل تبخیر (میلی متر) Total evaporation (mm)	236.7	281.8	238	255.9	190.3
میانگین رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity mean	43	42	44	51	53

مقدار آب سهل الوصول در هریک از تیمارهای آزمایشی از طریق فرمول زیر محاسبه شد.  
 به عنوان نمونه مقدار آب سهل الوصول (میلی متر) در شرایط آبیاری نرمال برابر بود با:

$$RAW = \frac{FC-PWP}{100} \times \rho \times D \times MAD \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، RAW آب سهل الوصول (میلی متر)، FC ظرفیت زراعی، PWP نقطه پژمردگی دائم،  $\rho$  وزن مخصوص ظاهری، D عمق توسعه ریشه بر حسب میلی متر و MAD ضریب آب سهل الوصول می باشد.

در خاک لومی رسی ظرفیت زراعی خاک ۲۷ و نقطه پژمردگی دائم ۱۳ است. وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۵ می باشد. عمق توسعه ریشه در کنجد ۶۰۰ میلی متر در نظر گرفته شد. ضریب آب سهل الوصول یا F یا MAD یا  $\theta$  می باشد.

$$RAW = \frac{27-13}{100} \times 1.35 \times 600 \times 0.65 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، MAD: ضریب آب سهل الوصول 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. در شرایط آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید خشکی آب سهل الوصول یا RAW به ترتیب برابر ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی متر به دست آمد که معادل تبخیر و تعرق گیاه یا ETC در نظر گرفته شد.

$$ET_o = ET_p \times K_p \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه، ET<sub>o</sub> تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه، ET<sub>p</sub> تبخیر و تعرق تشتک تبخیر، ET<sub>c</sub> تبخیر و تعرق گیاه، K<sub>c</sub> ضریب گیاهی کنجد و K<sub>p</sub> ضریب تشتک تبخیر می باشد. برای محاسبه عملکرد دانه از خطوط وسط به مساحت دو مترمربع بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای استفاده شد و نمونه‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۵ درجه قرار داده و سپس نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی دقیق با دقت ۰/۰۱ توزین شدند. صفات زیر در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند: عملکرد دانه و عملکرد زیستی (از خطوط وسط به مساحت دو مترمربع توزین شد)، برای محاسبه تلاش بازآوری، وزن خشک کل اندام زایشی (کپسول) به وزن خشک کل گیاه حاصل شد. شاخص برداشت (عملکرد دانه در ۱۰۰ ضرب شده و سپس بر عملکرد زیستی تقسیم گردید). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای SAS ۹/۱ و MSTATC ۱/۴۲ انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون توکی در سطح پنج درصد صورت گرفت.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر اثرات ساده آبیاری و میکوریزا بر صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، عملکرد روغن و کلروفیل معنی‌دار بود اثرات ساده ژنوتیپ نیز بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. اثرات برهمکنش آبیاری × ژنوتیپ بر کلیه صفات مورد مطالعه به جز تلاش بازآوری معنی‌دار گردید. اثرات بر همکنش میکوریزا × ژنوتیپ بر عملکرد زیستی معنی‌دار شد (جدول ۳).

**عملکرد دانه:** نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش معنی‌داری می‌یابد به طوری 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 تجزیه کننده پروتئین‌ها و کلروفیل باشد که باعث کاهش سرعت و میزان فتوسنتز، مقدار مواد فتوسنتزی و در نهایت عملکرد دانه می‌گردد (۸، ۱۶ و ۱۷). بیشتر بودن عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل کاهش رقابت بین گیاهان، افزایش تعداد شاخه‌های فرعی و افزایش تعداد کپسول در بوته باشد. وجود همبستگی مثبت بین تعداد کپسول در هر بوته با عملکرد دانه نشان دهنده این نتیجه است (جدول ۷). تلقیح با قارچ میکوریزا گونه‌های *G. intraradices* و *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، عملکرد دانه را به میزان ۳۳ و ۱۱ درصد بهبود بخشید. 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 به واسطه کلروفیل بیشتر باشد (۱۸). راعی و همکاران (۲۰۱۵) نیز در بررسی تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه گلرنگ به چنین نتایجی دست یافتند. تأثیر میکوریزا در بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی شدید موثرتر از شرایط آبیاری مطلوب بوده است (۳۳). در بین توده‌های مورد بررسی، بیشترین عملکرد دانه در توده‌های محلی مغان و محلی طارم زنجان در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان عملکرد دانه در توده‌های محلی جیرفت ۱۳ و TS-3 مشاهده شد افزایش عملکرد دانه در توده‌های محلی فوق به دلیل افزایش اجزای عملکرد دانه مانند تعداد کپسول در هر بوته، تعداد دانه در هر کپسول و وزن ۱۰۰۰ دانه بوده است (جدول ۶). آیین (۲۰۱۳) در تحقیقی روی کنجد، لاین JL-13 را به عنوان ژنوتیپ برتر معرفی کرد که توانسته بود هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش خشکی عملکرد دانه بیشتری تولید کند (۶). بررسی ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه نیز نشان داد بین عملکرد دانه با صفات عملکرد زیستی، عملکرد روغن و کلروفیل همبستگی مثبت معناداری وجود داشت. بنابراین هرچه شاخص سبزی‌نگی و کلروفیل در گیاه بالا باشد عملکرد دانه افزایش یافته و به دنبال آن، عملکرد روغن نیز افزایش خواهد یافت. همچنین با افزایش مقدار صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در گیاه می‌توان عملکرد دانه را بهبود بخشید (جدول ۷).



جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه.

Table 3. Analysis of variance studied traits.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean of squares)					
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	تلاش بازآوری Productivity effort	عملکرد روغن Oil yield	کلروفیل Chlorophyll
بلوک (Block)	2	2734.14 <sup>ns</sup>	167556.78*	294.71 <sup>ns</sup>	0.05*	597.66 <sup>ns</sup>	291.66**
آبیاری (Irrigation: I.)	2	266686.23**	1908992.48**	563.42 <sup>ns</sup>	0.026 <sup>ns</sup>	63329.89**	1635.12**
میکوریزا (Mycorrhizal: M.)	2	48109.57**	1316265.33**	868.51 <sup>ns</sup>	0.019 <sup>ns</sup>	13040.026**	237.30**
آبیاری × میکوریزا (I × M)	4	1553.77 <sup>ns</sup>	90166.85 <sup>ns</sup>	87.26 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	769.10 <sup>ns</sup>	2.20 <sup>ns</sup>
خطای اصلی (E <sub>ab</sub> ) (Main error)	16	6786.56	33869.81	531.35	0.012	1384.71	11.98
ژنوتیپ (Genotype: G.)	7	47839.36**	1465993.13**	947.45**	0.030**	10891.04**	526.41**
آبیاری × ژنوتیپ (I × G)	14	4773.73**	35806.38**	82.97**	0.005 <sup>ns</sup>	1189.40**	14.75*
میکوریزا × ژنوتیپ (M × G)	14	130.59 <sup>ns</sup>	34119.25**	29.15 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	74.56 <sup>ns</sup>	4.56 <sup>ns</sup>
آبیاری × میکوریزا × ژنوتیپ (I × M × G)	28	119.75 <sup>ns</sup>	4646.09 <sup>ns</sup>	18.01 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	46.73 <sup>ns</sup>	3.91 <sup>ns</sup>
خطای فرعی (E <sub>c</sub> ) (Submain error)	126	754.43	4658.27	31.24	0.0047	171.97	8.06
ضریب تغییرات (درصد) (CV)	-	20.67	14.33	18.01	13.25	22.12	7.09

\*\*\*, \* و ns به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار.

\*\*\*, \* and ns significant at 1%, 5% and non-significant probability levels, respectively.

**عملکرد زیستی:** بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری × ژنوتیپ، بیشترین میزان عملکرد زیستی در توده محلی مغان در شرایط آبیاری مطلوب (۱۱۸۸/۴۰ گرم بر مترمربع) و کمترین میزان عملکرد زیستی در ژنوتیپ TS-3 در شرایط تنش خشکی شدید (۱۳۶/۹۱ گرم بر مترمربع) مشاهده شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری، میکوریزا و ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه.

Table 4. Comparison mean of simple effects of irrigation, mycorrhizal and genotype on studied traits

تیمار Treatment	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) Grain yield (g m <sup>-2</sup> )	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	تلاش بازآوری (درصد) Productivity effort (%)	عملکرد روغن (گرم بر مترمربع) Oil yield (g m <sup>-2</sup> )	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
آبیاری					
آبیاری مطلوب Optimum irrigation	193.43 <sup>a</sup>	33.05 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>	-	-
تنش ملایم خشکی Moderate drought stress	133.41 <sup>b</sup>	32.21 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>	-	-
تنش شدید خشکی Severe drought stress	71.72 <sup>c</sup>	27.84 <sup>a</sup>	0.53 <sup>a</sup>	-	-
میکوریزا					
<i>Glomus mosseae</i>	155.35 <sup>a</sup>	-	-	71.15 <sup>a</sup>	41.63 <sup>a</sup>
<i>Glomus intraradices</i>	138.59 <sup>ab</sup>	-	-	62.02 <sup>a</sup>	40.43 <sup>a</sup>
بدون میکوریزا Non-mycorrhizal (control)	104.62 <sup>b</sup>	-	-	44.66 <sup>b</sup>	38.06 <sup>b</sup>
ژنوتیپ					
جیرفت ۱۳ Jiroft13	93.04 <sup>e</sup>	32.97 <sup>bc</sup>	0.50 <sup>bcd</sup>	-	-
محلی طارم زنجان Zanjan tarom landrace	177.96 <sup>b</sup>	25.83 <sup>de</sup>	0.47 <sup>d</sup>	-	-
محلی مغان Moghan landrace	206.31 <sup>a</sup>	22.35 <sup>e</sup>	0.48 <sup>cd</sup>	-	-
ناز چند شاخه Several branches Naz	105.26 <sup>de</sup>	33.05 <sup>bc</sup>	0.51 <sup>bcd</sup>	-	-
TC-25	147.44 <sup>c</sup>	27.27 <sup>d</sup>	0.51 <sup>bcd</sup>	-	-
TS-3	86.16 <sup>e</sup>	41.02 <sup>a</sup>	0.57 <sup>a</sup>	-	-
داراب ۱۴ Darab 14	128.29 <sup>cd</sup>	30.17 <sup>cd</sup>	0.53 <sup>abc</sup>	-	-
دشتستان ۵ Dashtestan 5	118.33 <sup>d</sup>	35.59 <sup>b</sup>	0.54 <sup>ab</sup>	-	-

اعدادی که در هر ستون حروف مشابه دارند از نظر آماری، اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

Mean in each column followed by the same letter(s) are not significant different at 5% probability level according to Tukey's Test.

در شرایط تنش خشکی شدید، از نظر عملکرد زیستی بین توده‌های جیرفت ۱۳، ناز چند شاخه، داراب ۱۴ و دشتستان ۵ با توده TS-3 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶). دلیل افزایش عملکرد زیستی در شرایط آبیاری مطلوب، گسترش بیشتر و دوام بهتر سطح برگ بوده که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک می‌شود. این نتایج با نتایج قلی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت (۱۶). گزارشات دیگری نیز وجود دارند که تنش خشکی عملکرد زیستی را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. در این گزارشات 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 به تبع آن ماده خشک تولیدی کاهش می‌یابد (۶). 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 بخشید (جدول ۷).

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 (۴۱). کاهش رطوبت خاک باعث کاهش سرعت انتشار مواد مغذی به‌خصوص فسفر از خاک به سطح جذبی ریشه شده لذا کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش جذب فسفر توسط ریشه گیاه هم در شرایط تنش خشکی و هم بدون تنش می‌شود (۲۰). 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 ۷). اسکندری و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی روی ارقام Yellow witte، TN238، TS3، صفی‌آبادی و محلی رامهرمز کنجد، TS3 را به‌عنوان رقم برتر معرفی کردند (۱۰).

**شاخص برداشت:** نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد تأثیر رژیم آبیاری بر شاخص برداشت معنی‌دار نیست (جدول ۴). مهرابی و احسان‌زاده (۲۰۱۱) نیز در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد تحت رژیم‌های رطوبتی خاک نشان دادند تأثیر رژیم‌های رطوبتی خاک بر شاخص برداشت معنی‌دار نیست (۳۰).

سپاس و همکاران (۱۹۸۴) در تحقیقی روی سویا نشان دادند تنش خشکی در سویا تأثیری روی شاخص برداشت ندارد این محققان بر این عقیده هستند که فرآیندهای رویشی و زایشی گیاه به یک اندازه تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند و به همین دلیل، شاخص برداشت در وضعیت‌های مختلف رطوبتی از ثبات زیادی برخوردار است و تغییرات کل ماده خشک گیاه و عملکرد دانه در مقایسه با شاخص برداشت در پاسخ به تنش خشکی بیشتر است (۴۴). نتایج به‌دست آمده از این مطالعه در مورد شاخص برداشت با نتایج مهرابی و احسان‌زاده (۲۰۱۱) و سپاس و همکاران (۱۹۸۴) مطابقت داشت (۳۰ و ۴۴). بین مصرف قارچ و عدم مصرف قارچ میکوریزا از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تأثیر ژنوتیپ بر میزان شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۳). ژنوتیپ TS-3 با ۴۱/۰۲ درصد بیشترین و توده مغان با ۲۲/۳۵ درصد کمترین مقدار شاخص برداشت را نشان دادند (جدول ۴). اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در شاخص برداشت می‌تواند احتمالاً ناشی از اختلاف ژنتیکی بین آن‌ها از نظر ظرفیت اختصاص تولیدات فتوسنتزی به بخش زایشی و دانه باشد (جدول ۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین بر همکنش آبیاری و ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه.

Table 5. Comparison mean of irrigation and genotype interaction on studied traits.

تیمار (آبیاری × ژنوتیپ) Treatment (Irrigation × Genotype)	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) Grain yield (g/m <sup>2</sup> )	عملکرد زیستی (گرم بر مترمربع) Biological yield (g/m <sup>2</sup> )	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد روغن (گرم بر مترمربع) Oil yield (g/m <sup>2</sup> )	شاخص کلروفیل Chlorophyll index		
آبیاری مطلوب × Optimum irrigation ×	جیرفت ۱۳ Jiroft13	132.55 <sup>cdefg</sup>	430.17 <sup>fghi</sup>	30.81 <sup>bcd</sup>	58.92 <sup>efgh</sup>	39.18 <sup>fghij</sup>	
	محلی طارم زنجان Zanjan tarom landrace	260.36 <sup>ab</sup>	904.09 <sup>b</sup>	28.79 <sup>bcde</sup>	121.34 <sup>b</sup>	50.29 <sup>ab</sup>	
	محلی مغان Moghan landrace	317.94 <sup>a</sup>	1188.40 <sup>a</sup>	26.75 <sup>cdef</sup>	147.70 <sup>a</sup>	52.59 <sup>a</sup>	
	ناز چند شاخه Several branches Naz	146.79 <sup>cdefg</sup>	459.73 <sup>fgh</sup>	31.92 <sup>bcd</sup>	65.05 <sup>defg</sup>	40.07 <sup>fghi</sup>	
	TC-25	217.90 <sup>bc</sup>	689.89 <sup>cde</sup>	31.58 <sup>bcd</sup>	101.29 <sup>bc</sup>	45.24 <sup>bcde</sup>	
	TS-3	122.22 <sup>detghij</sup>	278.78 <sup>hijk</sup>	43.84 <sup>a</sup>	54.08 <sup>ghij</sup>	38.85 <sup>ghij</sup>	
	داراب ۱۴ Darab 14	181.56 <sup>bcde</sup>	624.82 <sup>def</sup>	29.05 <sup>bcde</sup>	82.71 <sup>cd</sup>	44.01 <sup>cdef</sup>	
	دشتستان ۵ Dashtestan 5	168.11 <sup>cdef</sup>	519.34 <sup>defg</sup>	32.36 <sup>bcd</sup>	75.89 <sup>def</sup>	41.33 <sup>defgh</sup>	
	تنش ملایم خشکی × Moderate drought stress ×	جیرفت ۱۳ Jiroft13	102.79 <sup>defghij</sup>	281.08 <sup>hijk</sup>	36.56 <sup>ab</sup>	45.13 <sup>ghijkl</sup>	38.17 <sup>hij</sup>
		محلی طارم زنجان Zanjan tarom landrace	175.51 <sup>bcde</sup>	716.15 <sup>bcd</sup>	24.50 <sup>cdef</sup>	80.80 <sup>cde</sup>	46.01 <sup>bcd</sup>
محلی مغان Moghan landrace		187.57 <sup>bcd</sup>	882.26 <sup>bc</sup>	21.26 <sup>ef</sup>	87.90 <sup>cd</sup>	48.66 <sup>abc</sup>	
ناز چند شاخه Several branches Naz		112.81 <sup>defghij</sup>	330.62 <sup>ghijk</sup>	34.12 <sup>abc</sup>	50.06 <sup>ghij</sup>	38.56 <sup>ghij</sup>	
TC-25		140.86 <sup>cdetgh</sup>	601.86 <sup>det</sup>	23.40 <sup>det</sup>	64.28 <sup>detg</sup>	43.46 <sup>detg</sup>	
TS-3		95.60 <sup>etghij</sup>	217.74 <sup>ijk</sup>	43.90 <sup>a</sup>	41.69 <sup>ghijkl</sup>	36.45 <sup>hijkl</sup>	
داراب ۱۴ Darab 14		128.13 <sup>defghi</sup>	457.41 <sup>fgh</sup>	28.01 <sup>bcde</sup>	57.69 <sup>efghi</sup>	40.31 <sup>efghi</sup>	
دشتستان ۵ Dashtestan 5		123.94 <sup>defghij</sup>	353.22 <sup>ghij</sup>	35.08 <sup>ab</sup>	55.44 <sup>fghi</sup>	39.91 <sup>fghi</sup>	
تنش شدید خشکی × Severe drought stress ×		جیرفت ۱۳ Jiroft13	43.77 <sup>ij</sup>	154.09 <sup>jk</sup>	28.40 <sup>bcde</sup>	17.18 <sup>mn</sup>	31.59 <sup>lm</sup>
		محلی طارم زنجان Zanjan tarom landrace	98.03 <sup>efghij</sup>	489.30 <sup>efgh</sup>	20.03 <sup>ef</sup>	40.10 <sup>hijklm</sup>	38.41 <sup>ghijkl</sup>
	محلی مغان Moghan landrace	113.42 <sup>defghij</sup>	632.75 <sup>def</sup>	17.92 <sup>f</sup>	47.44 <sup>ghijk</sup>	39.95 <sup>fghi</sup>	
	ناز چند شاخه Several branches Naz	56.17 <sup>hij</sup>	198.19 <sup>jk</sup>	28.34 <sup>bcde</sup>	22.38 <sup>lmn</sup>	32.72 <sup>kl</sup>	
	TC-25	83.55 <sup>fghij</sup>	364.88 <sup>ghij</sup>	22.89 <sup>cdef</sup>	34.02 <sup>ijklmn</sup>	37.80	
	TS-3	40.65 <sup>l</sup>	136.91 <sup>k</sup>	29.69 <sup>bcde</sup>	15.78 <sup>n</sup>	27.33 <sup>m</sup>	
	داراب ۱۴ Darab 14	75.18 <sup>ghij</sup>	327.51 <sup>ghijk</sup>	22.95 <sup>bcde</sup>	30.59 <sup>klmn</sup>	35.89 <sup>ijkl</sup>	
	دشتستان ۵ Dashtestan 5	62.94 <sup>ghij</sup>	186.89 <sup>jk</sup>	33.67 <sup>abc</sup>	25.21 <sup>klmn</sup>	34.13 <sup>ijkl</sup>	

اعدادی که در هر ستون حروف مشابه دارند از نظر آماری، اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

Mean in each column followed by the same letter(s) are not significant different at 5% probability level according to Tukey's Test.

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش میکوریزا و ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه.

Table 6. Comparison mean of mycorrhizal and genotype interaction on studied traits.

تیمار (میکوریزا × ژنوتیپ) Treatment (Mycorrhizal × Genotype)		عملکرد زیستی (گرم بر مترمربع) Biological yield (g m <sup>-2</sup> )
میکوریزا Mycorrhizal	ژنوتیپ Genotype	
<i>Glomus mossea</i> ×	جیرفت ۱۳ Jiroft13	374.59 <sup>fgh</sup>
	محلی طارم زنجان Zanzan tarom landrace	923.81 <sup>b</sup>
	محلی مغان Moghan landrace	1127.93 <sup>a</sup>
	ناز چند شاخه Naz Several branches	416.49 <sup>efg</sup>
	TC-25	745.99 <sup>cd</sup>
	TS-3	264.19 <sup>hijk</sup>
	داراب ۱۴ Darab 14	657.46 <sup>d</sup>
	دشتستان ۵ Dashtestan 5	477.65 <sup>ef</sup>
	<i>Glomus intraradices</i> ×	جیرفت ۱۳ Jiroft13
محلی طارم زنجان Zanzan tarom landrace		663.26 <sup>d</sup>
محلی مغان Moghan landrace		855.04 <sup>bc</sup>
ناز چند شاخه Naz Several branches		336.17 <sup>ghij</sup>
TC-25		504.76 <sup>e</sup>
TS-3		202.20 <sup>k</sup>
داراب ۱۴ Darab 14		407.43 <sup>efg</sup>
دشتستان ۵ Dashtestan 5		328.50 <sup>ghij</sup>
بدون میکوریزا (شاهد) Non – mycorrhizal (control)		جیرفت ۱۳ Jiroft13
	محلی طارم زنجان Zanzan tarom landrace	522.47 <sup>e</sup>
	محلی مغان Moghan landrace	720.42 <sup>d</sup>
	ناز چند شاخه Naz Several branches	235.89 <sup>ijk</sup>
	TC-25	405.88 <sup>efg</sup>
	TS-3	167.03 <sup>k</sup>
	داراب ۱۴ Darab 14	344.85 <sup>ghi</sup>
	دشتستان ۵ Dashtestan 5	253.29 <sup>hijk</sup>

اعدادی که حروف مشابه دارند از نظر آماری، اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

Mean in each column followed by the same letter(s) are not significant different at 5% probability level according to Tukey's Test.

**تلاش بازآوری:** تلاش بازآوری معیاری از کارایی انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به کل اندام زایشی می باشد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بین سطوح مختلف آبیاری و مصرف و عدم مصرف میکوریزا از نظر تلاش بازآوری اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۷). احتمالاً کاهش تلاش بازآوری در شرایط تنش خشکی در این تحقیق، به دلیل کاهش شدیدتر وزن خشک کپسول به وزن خشک کل در راستای تنش خشکی بوده است. بیشترین تلاش بازآوری از توده محلی TS-3 حاصل

شد. توده محلی طارم زنجان کمترین تلاش بازآوری را به خود اختصاص داد کاهش تلاش بازآوری در این توده در مقایسه با TS-3 حدود ۱۸ درصد بوده است. دلیل پایین بودن تلاش بازآوری در این توده‌های محلی، احتمالاً به دلیل تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به ساقه نسبت به کپسول بوده است به عبارت دیگر می‌توان گفت وجود ساقه‌های سنگین وزن نسبت به کپسول‌هایی با وزن نسبتاً کم باعث کاهش تلاش بازآوری در این توده‌های محلی گردیده است (جدول ۴).

جدول ۷- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه.

Table 7. Correlation coefficients of studied traits

صفات (Traits)	عملکرد دانه (Grain ) (yield)	عملکرد زیستی (Biological) (yield)	شاخص برداشت (Harvest ) (index)	عملکرد روغن (Oil yield)	کلروفیل (Chlorophyll)	تلاش بازآوری (Productivity ) (effort)
عملکرد دانه (Grain yield)	1					
عملکرد زیستی (Biological yield)	0.90**	1				
شاخص برداشت (Harvest index)	0.22 <sup>ns</sup>	-0.55**	1			
عملکرد روغن (Oil yield)	0.99**	0.91**	-0.22*	1		
کلروفیل (Chlorophyll)	0.93**	0.91**	-0.32**	0.93**	1	
تلاش بازآوری (Productivity effort)	-0.42**	-0.53**	-0.45**	-0.42**	-0.53**	1

\*\*، \* و <sup>ns</sup> به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار.

\*\*، \* and <sup>ns</sup> significant at 1%, 5% and non-significant probability levels, respectively.

**عملکرد روغن:** نتایج جدول تجزیه واریانس مشخص نمود تأثیر اثرات ساده آبیاری، میکوریزا، ژنوتیپ و اثر برهمکنش آبیاری × ژنوتیپ بر عملکرد روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیشترین عملکرد روغن در شرایط آبیاری مطلوب و از

توده محلی مغان به مقدار ۱۴۷/۷ گرم بر مترمربع حاصل شد (جدول ۵). عملکرد روغن بالا در این توده محلی به دلیل عملکرد دانه بیشتر بوده که به صورت مستقیمی در افزایش عملکرد روغن مؤثر بود از آنجایی که بین عملکرد روغن با عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی داری وجود داشت (جدول ۷) افزایش عملکرد روغن این توده توجیه می‌گردد. این یافته‌ها با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (۱۳). کمترین عملکرد روغن از شرایط تنش خشکی شدید و از توده‌های محلی TS-3 و جیرفت ۱۳ به دست آمد. تنش خشکی شدید و ملایم در مقایسه با آبیاری مطلوب، عملکرد روغن توده‌های محلی را به ترتیب به میزان ۶۸ و ۳۲ درصد کاهش داد. کاهش عملکرد روغن به دلیل کاهش عملکرد دانه در اثر کمبود آب و اعمال تنش خشکی بوده است. رضوانی مقدم و همکاران (۲۰۰۵ و ۲۰۱۴) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر کنجد نشان دادند که بیشترین عملکرد روغن در فاصله دور یک هفته آبیاری و کمترین آن‌ها در فواصل آبیاری ۴ هفته مشاهده شد (۳۶ و ۳۷). فنائی و همکاران (۲۰۱۴) نیز اعلام کردند که تنش خشکی عملکرد روغن را ۱۷ درصد کاهش داد و لاین‌های شماره ۱، ۱۱ و ۷ بیشترین عملکرد روغن را در شرایط آبیاری مطلوب داشتند و بالاترین عملکرد روغن در شرایط تنش خشکی هم از لاین‌های ۲، ۱ و ۱۴ به دست آمد (۱۲). مقنی باشی و رزمجو (۲۰۱۲) بیان داشتند که با افزایش تنش خشکی، عملکرد روغن کاهش معنی داری یافت و حداکثر (۴۹۹/۴۴ کیلوگرم در هکتار) و حداقل (۲۱۲/۹ کیلوگرم در هکتار) عملکرد روغن به ترتیب از آبیاری مطلوب و تنش خشکی شدید به دست آمد (۳۲). نتایج فوق با یافته‌های ما مبنی بر کاهش عملکرد روغن با افزایش تنش خشکی در این تحقیق مطابقت داشت.

به طور کلی مصرف قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، عملکرد روغن را به میزان ۳۸ درصد افزایش داد بین کاربرد قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و گونه *G. intraradices* از نظر عملکرد روغن تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). احمدنژاد و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تأثیر رژیم‌های آبیاری و میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد اظهار داشتند که بیشترین عملکرد روغن کنجد (۱۶۹۸/۹۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد آبیاری موردنیاز و تلقیح شده با قارچ میکوریزا حاصل شد. کمترین عملکرد روغن نیز (۷۷۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری ۶۰ درصد آبیاری موردنیاز و بدون کاربرد قارچ میکوریزا به دست آمد (۲).

شاخص کلروفیل: مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار نسبی کلروفیل در شرایط آبیاری مطلوب و از توده محلی مغان به مقدار ۵۲/۵۹ حاصل شد (جدول ۶). کمترین مقدار نسبی کلروفیل نیز از شرایط تنش خشکی شدید و از توده‌های محلی TS-3 و جیرفت ۱۳ به دست آمد. تنش خشکی شدید و ملایم در مقایسه با آبیاری مطلوب، مقدار نسبی کلروفیل توده‌های محلی را به ترتیب به میزان ۲۱ و ۶ درصد کاهش داد (جدول ۶). بیشتر بودن کلروفیل در ژنوتیپ‌ها به دلیل بیشتر بودن محتوای نسبی آب برگ در این توده‌های محلی بوده است. عطایی کجویی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که با افزایش محدودیت آبیاری از میزان کلروفیل کل و همچنین عملکرد دانه و روغن کاسته شد ولی بر میزان آمینو اسید پرولین افزوده شد (۵). دلیل کاهش غلظت کلروفیل در شرایط کمبود آب به دلیل افزایش تخریب و کاهش ساخت آن می‌باشد. همچنین کمبود آب از طریق تأثیر آنزیم‌های کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنولی باعث تجزیه و کاهش غلظت کلروفیل می‌شود. کدخدایی و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند واکنش ژنوتیپ‌ها از نظر محتوای کلروفیل به سطح تنش خشکی وابسته بود این محققان بیشترین مقدار کلروفیل را از ژنوتیپ اولتان در سطوح پایین تنش خشکی و کمترین مقدار کلروفیل را از ژنوتیپ رشخوار سطوح بالای تنش خشکی به دست آوردند (۲۴). کلروفیل یکی از اجزای مهم کلروپلاست برای فتوسنتز بوده و به تنش خشکی حساس بوده و ممکن است هر دوی عملکرد دانه و کیفیت دانه را تحت تأثیر قرار دهد لذا انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس کلروفیل بالاتر ممکن است از کاهش بیشتر عملکرد دانه جلوگیری کند (۲۴). کاهش کلروفیل در برگ ممکن است به دلیل اکسیداسیون نوری رنگدانه یا کاهش غشای کلروپلاست یا زیادی آماس باشد (۴). علاوه بر این کاهش کلروفیل ممکن است به دلیل ساخت کندتر مولکول‌های کلروفیل یا تجزیه و شکستن سریع‌تر مولکول‌های کلروفیل اتفاق بیفتد (۱۵ و ۲۸). به طور کلی مصرف قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و گونه *G. intraradices* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، مقدار نسبی کلروفیل را به ترتیب به میزان ۹ و ۶ درصد افزایش داد بین کاربرد قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و گونه *G. intraradices* از نظر مقدار نسبی کلروفیل تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). اسماعیل‌پور و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند که قارچ میکوریزا باعث افزایش مقدار کلروفیل در شرایط تنش خشکی شد (۱۱).



### نتیجه گیری کلی

با توجه به نتایج آزمایش، در هر سه شرایط مختلف رطوبتی، در بین توده‌های محلی کنجد مورد بررسی در این تحقیق، ژنوتیپ‌های محلی مغان و محلی طارم زنجان از نظر صفات مورد بررسی بر سایر توده‌های محلی برتری داشتند و بالاترین عملکرد دانه، عملکرد زیستی و عملکرد روغن را به خود اختصاص دادند. بیشتر بودن شاخص سبزی‌نگی و کلروفیل در این دو توده سبب شد مواد فتوسنتزی بیشتری در دانه‌های این دو توده ذخیره شده در نتیجه عملکرد دانه بیشتری حاصل گردد. با افزایش شدت تنش خشکی، کلیه صفات مورد بررسی کاهش معنی‌داری یافت. تنش شدید خشکی عملکرد دانه و عملکرد زیستی را به ترتیب به میزان ۶۳ و ۵۲ درصد کاهش داد. استفاده از قارچ گونه *G. mosseae* نسبت به حالت عدم مصرف میکوریزا عملکرد دانه و عملکرد روغن را حدود ۳۳ و ۳۸ درصد افزایش داد همچنین استفاده از قارچ گونه *G. intraradices* نسبت به حالت عدم مصرف میکوریزا عملکرد دانه و عملکرد روغن را حدود ۲۵ و ۲۸ درصد افزایش داد. با توجه به نتایج این تحقیق، جهت بهبود عملکرد دانه توده‌های محلی کنجد استفاده از قارچ‌های میکوریزا به‌خصوص گونه *G. mosseae* پیشنهاد می‌گردد.

### منابع

1. Abdolahi, A.A., and Zarea, M.J. 2015. Effect of mycorrhiza and root endophytic fungi under flooded and semi-flooded conditions on grain yield and yield components of rice. EJCP., 8: 1. 223-230. (In Persian with English abstract)
2. Ahmadnezhad, A. 2011. Effect of irrigation regimens and mycorrhiza on yield and yield components of sesame. Thesis of M.Sc. Industrial Isfahan University.
3. Aliabadi Farahani, H., Arbab, A., and Abbaszadeh, B. 2008. The effects of super phosphate triple, water deficit stress and *Glomus hoi* biological fertilizer on some quantity and quality characteristics of *Coriandrum sativum* L. Iran. J. Medic. Arom. Plants., 24: 1. 18-30. (In Persian)
4. Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C., and Lei, W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afr. J. Agric. Res., 6: 9. 2026-2032.
5. Atayee Kechoye, M., Karimi, M., Majd Nasiri, B., Mottaghi, S., and Lotfifar, A. 2008. Effect of different irrigation period on chlorophyll, leaf proline and grain yield of sunflower in Isfahan region. National conference of oilseeds, University of Isfahan Sanati., 110p.

6. Ayeen, A. 2013. Effect of Eliminating of Irrigation at Different Growth Stages on Seed Yield and Some Agronomic Traits of Two Sesame Genotypes. *Seed and Plant.*, 29: 1. 67-79. (In Persian)
7. Bagheri, A.R., Nezami, A., and Soltani, M. 2000. Breeding cool bean for tolerance to stresses. *The Res. Edu. Agric. Extension.*, 151-180. (In Persian)
8. Bagheri, E., Sinaki, J.M., Baradaran Firoozabadi, M., and Abedini Esfahani, M. 2013. Evaluation of salicylic acid foliar application and drought stress on the physiological traits of sesame cultivars. *Iranian J. Plant Physiol.*, 3: 4. 809-816.
9. Cheong, Y.H., Kim, K., Pandey, G.K., Gupta, R., Grant, J.J., and Luan, S. 2003. CLB 1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. *Plant Cell.*, 15: 1833-1845.
10. Eskandari, H., Zehtab Salmasi, S., and Ghasemi-Golozani, K. 2010. Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. *J. Sustain. Agric. Sci.*, 2: 20. 39- 51. (In Persian)
11. Esmaeilpour, B., Jalilvand, P., and Hadian, J. 2013. Effect of drought stress and mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of (*Satureja hortensis* L.). *J. Agroeco.*, 5: 29. 169-177. (In Persian)
12. Fanaee, H., Narooe Rad, M., and Mohammad Ghasemi, M. 2014. Evaluation of seed yield, yield components and tolerance to drought stress of spring canola genotypes. *Seed and Plant.*, 30: 2. 269-287. (In Persian with English abstract)
13. Fanaei, H.R., and Narouirad, M.R. 2014. Study of yield, yield components and tolerance to drought stress in safflower genotypes., *EJCP.*, 7: 3. 33-51. (In Persian with English abstract)
14. FAO. 2012. Yearbook production. FAO Pub. Rome, Italy.
15. Galavi, M., Por Mousavi, M., Danshiyan, J., Ghanbari, A., and Basirani, N. 2007. Effects of drought stress and manure on leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content in soybean (*Glycine max*). *J. Agric. Sci. Natur.*, 14: 4. 1-10. (In Persian)
16. Gholinezhad, E., Ayneband, A., Hassanzadeh Ghorttapeh, A., Bernousi, I., and Rezaei, H. 2009. Evaluation of effect of drought stress with nitrogen levels and plant density on grain yield and yield components and harvest index of Var. Iroflor sunflower in Urmia. *J. Plant Prod. Res.* 16: 3. 1-28. (In Persian)
17. Gholinezhad, E., Ayneband, A., Hassanzadeh Ghorttapeh, A., Noormohammadi, Gh., and Bernousi, I. 2010. Effect of irrigation regemen on water and nitrogen use efficiency of Var. Iroflor sunflower in different amounts of nitrogen and plant density in Urmia. *J. Agric. Sci.*, 20: 1. 27-45. (In Persian)
18. Habibzadeh, Y., Pirzad, A., Zardashtai, M.R., Jalilian, J., and Eini, O. 2012. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on seed and protein yield under water-deficit stress in Mung Bean. *Agron. J.* 105: 1. 79-84.
19. Haghghatnia, H., Nadian, H., Rejali, F., and Tavakoli, A.R. 2012. Effect of Two Species of Arbuscular-Mycorrhizal Fungi on Vegetative Growth and

- Phosphorous Uptake of Mexican Lime Rootstock (*Citrus aurantifolia*) Under Drought Stress Conditions. Seed and Plant., 2: 28. 403-417. (In Persian)
20. Hahm, T.S., Park, S.J., and Martin, Lo, Y. 2009. Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. Bioresour. Technol., 100: 1643-1647.
21. Haydari, M., and Karami, V. 2013. Evaluation of drought stress effect and mycorrhizal species on yield and yield component of grain, chlorophyll and biochemical combinations of sunflower. Birjand, J. Environ. Stresses. Crop. Sci., 6: 1. 17-26. (In Persian)
22. Hetrick, B.A.D., Wilson, G.W.T., and Todd, T.C. 1996. Mycorrhizal response in wheat cultivars: Relationship to phosphorus. Can. J. Bot., 74: 19-25.
23. James, B., Rodcl, D., Lorctru, U., Rcynaldo, E., and Tariq, I.I. 2008. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Speetabilis. Pakistan J. Bot., 40: 5. 2217-2224.
24. Kadkhodaie, A., Razmjoo, J., Zahedi, M., and Pessarakli, M. 2014. Selecting sesame genotypes for drought tolerance based on some physiochemical traits. Agron. J., 106: 1. 111-118.
25. Khalvati, M.A., Hu, Y., Mozafar, A., and Schmidhalter, U. 2005. Quantification of water uptake by Arbuscular Mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations and gas exchange of barely subjected to drought stress. Plant Biol., 7: 706-712.
26. Khazaei, J., and Moharnmadi, N. 2009. Effect of temperature on hydration kinetics of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). J. Food Engin., 91: 542-552.
27. Li, X., George, E., and Marschner, H. 1991. Extension of the phosphorus depletion zone in VA-mycorrhizal white clover in a calcareous soil, (a). Plant Soil., 136: 41-48.
28. Majumdar, S., Ghosh, S., Glick, B.R., and Dum Broff, E.B. 1991. Activities of chlorophyllase, phosphoenol pyruvat carboxylase and ribulose -I, S-bis phosphatase carboxylase in the primary leaves of soybean daring senescence and drought. J. Plant. Physiol., 81: 473-480.
29. Marulanda, A., Azcon, R., and Luizi-Lozano, J.M. 2003. Contribution of six Arbuscular Mycorrhizal Fungal isolates to water uptake by *Lactuca sativa* plants drought stress. Plant Physiol. 119: 526-533.
30. Mehrabi, Z., and Ehsanzadeh, P. 2011. A study on physiological attributes and grain yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under different soil moisture regimes. J. Crops Improv., 13: 2. 75-88. (In Persian)
31. 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.). Afr. J. Biotechnol., 5: 1249-1253.
32. Moghanaibashi, M., and Rajmjoo, J. 2012. The effect of priming seed by poly ethylene glycol and irrigation regimens on yield, yield components and seed oil of sesame. Iran. J. Field Crops Res., 10: 1. 91-99. (In Persian with English abstract)

33. Raei, Y., Shariati, J., and Weisany, W. 2015. Effect of Biological Fertilizers on Seed Oil, Yield and Yield Components of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) at Different Irrigation Levels. *J. Agric. Sci. Sustain. Prod.*, 25: 1. 65-84. (In Persian)
34. Rahimi, L., Ardakani, M.R., Paknezhad, F., and Rejali, F. 2009. Effect of mycorrhizal symbiosis on increasing of drought resistance of two grain sorghum. *Iran. J. Agron. Plant Breed.*, 5: 1. 43-57. (In Persian)
35. Rajeswari, S., Thiruvengadarn, V., and Ramaswamy, N.M. 2010. Production of interspecific hybrids between *Sesamum a/alum Thonn* and *Sesamuin indicum* L. through ovule culture and screening for phyllody disease resistance. *South Afr. J. Bot.*, 76: 252-258.
36. Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., and Seyyedi, M. 2014. Effect of organic and bio-fertilizers application on yield, oil content and fatty acids composition of sesame (*Sesame indicum* L.). *Iran. J. Crop Sci.*, 16: 3. 209-221. (In Persian with English abstract)
37. Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, G.H., Nabati, J., and Mohammad Abadi, A.A. 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum*). *Iran. J. Field Crops Res.*, 3(1): 57-68. (In Persian with English abstract)
38. Schreiner, R.P., Mihara, K.L., McDaniel, K.L., and Benthlenfalvay, G.I. 2008. Mycorrhizal fungi influence plant and soil functions and interactions. *Plant Soil.*, 188: 199-209.
39. Shenoy, V.V., and Kalagudi, G.M. 2011. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. *Biotechnol. Adv.*, 23: 501-513.
40. Smith, S.E., and Read, O.J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, New York, 587.
41. Soleimanzadeh, H. 2010. Effect of VA-Mycorrhiza on Growth and Yield of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) at Different Phosphorus Levels. *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, 71: 414-417.
42. Soltanian, M., and Tadayon, A. 2015. Effect of symbios of mycorrhizal fungi on some agronomic traits of *Linum ussitatissimum* L. under drought stress conditions in Shahrkord region. *J. Plant Prod. Res.*, 22: 2. 1-24. (In Persian)
43. Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its Mechanisms. *Electron. J. Biol.*, 1: 3. 44-48.
44. Spaeth, S.C., Randall, H.C., Sinclair, D.R., and Vendeland, J.S. 1984. Stability of soybean harvest index. *Agron. J.*, 76: 462-486.
45. Subramanian, K.S., Santhanakrishnan, P., and Balasubramanian, P. 2006. Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. *Sci. Hortic.*, 107: 245-253.