Archive of SID

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۱۶۷-۱۵۰

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 1, Spring. 2017, p. 150-167

تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا بر عملکرد کمی و کیفی دانه توده‌های محلی کنجد (*Sesamum indicum* L.) در سطوح مختلف تنش خشکی

اسماعیل قلی‌نژاد[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۹

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات همزیستی با دو گونه قارچ میکوریزا بر درصد و عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین و عملکرد دانه ۸ توده محلی کنجد در سطوح مختلف تنش خشکی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به‌صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی ارومیه اجرا گردید. فاکتور اول شامل سطوح مختلف آبیاری (آبیاری معمولی: آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گیاه، تنش ملایم: آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گیاه و تنش شدید: آبیاری بعد از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گیاه)، فاکتور دوم شامل عدم تلقیح و تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزای *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و فاکتور سوم شامل ۸ توده محلی کنجد (جیرفت ۱۳، محلی طارم زنجان، محلی مغان، ناز چند شاخه، TC-25، TS-3، داراب ۱۴ و دشتستان ۵) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد تاثیر سطوح مختلف آبیاری، میکوریزا و ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد دانه، درصد روغن، درصد پروتئین، عملکرد روغن، عملکرد پروتئین و عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تنش شدید خشکی عملکرد روغن و عملکرد پروتئین را به‌ترتیب به میزان ۶۷ و ۶۶درصد کاهش داد. استفاده از دو گونه قارچ میکوریزا نسبت به حالت عدم استفاده از قارچ باعث افزایش عملکرد دانه و بهبود صفات کیفی دانه شد. رابطه بین صفات کیفی دانه با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود و بالاترین ضریب همبستگی برای عملکرد پروتئین و عملکرد روغن با عملکرد دانه ($r=0/99^{**}$) به‌دست آمد. در بین توده‌های محلی کنجد مورد بررسی، ژنوتیپ‌های محلی مغان و طارم زنجان از نظر عملکرد دانه (به‌ترتیب ۲۰۶/۳۱ و ۱۷۷/۹۶ گرم بر مترمربع)، روغن (به‌ترتیب ۱۴۷/۷۰ و ۱۲۱/۳۴ گرم بر مترمربع) و پروتئین (به‌ترتیب ۷۶/۵۷ و ۶۲/۷۰ گرم بر مترمربع) در هر سه شرایط مختلف آبیاری، برتر از سایر توده‌ها بودند. این توده‌ها به‌عنوان توده‌های محلی برتر معرفی می‌گردند. با توجه به نتایج این تحقیق، جهت بهبود صفات کیفی مانند درصد روغن و پروتئین تلقیح با قارچ‌های میکوریزا به‌خصوص گونه *G.mosseae* توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: دانه روغنی، عملکرد بیولوژیک، *قارچ موسه‌آ*، *قارچ اینترارادیس*، کمبود آب

مقدمه

کمبود منابع آبی یکی از عوامل اصلی محدود کننده تولید در سیستم‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که محدوده تأمین سایر منابع و همچنین کارایی مصرف آنها را متاثر می‌سازند (Kenan *et al*., 2007). تحمل به تنش خشکی در کنجد مهم می‌باشد زیرا زمانی که تحت تنش خشکی ملایم و شدید قرار می‌گیرد کیفیت و عملکرد دانه ممکن است تحت تنش خشکی کاهش یابد در صورتی که از ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی استفاده نشود (Golestani and Pakniyat, 2007). سطح زیر کشت کنجد (*Sesamum indicum* L.) در جهان حدود ۷۸۹۷۰۴۸ هکتار و تولید آن حدود ۴۰۳۶۲۸۹ تن با متوسط عملکرد ۵۱۱ کیلوگرم در هکتار است (FAO, 2012). در ایران سطح زیر کشت کنجد حدود ۴۰۰۰۰ هکتار و تولید آن حدود ۲۸۰۰۰ تن با متوسط عملکرد ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار می باشد (FAO, 2012). در ارزیابی کارآیی مصرف آب و عملکرد دانه ارقام کنجد در شرایط آبیاری متفاوت (آبیاری پس از ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، گزارش نمودند که با افزایش شدت کمبود آب عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کاهش یافت (Eskandari *et al*., 2010). محققان دیگری نیز بیان داشتند که تیمارهای مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر زیست توده، عملکرد دانه و عملکرد روغن کنجد داشت (Rezvani Moghaddam *et al*., 2014). گزارش شده است که با افزایش تنش خشکی، عملکرد دانه کنجد کاهش یافت و بیشترین عملکرد بیولوژیک از دور آبیاری ۵ روز و از ژنوتیپ J113 بدست آمد (Saeidi *et al*., 2012). افزایش فواصل آبیاری باعث کاهش رشد و عملکرد

۱- دانشیار گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: gholinezhad1358@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v15i1.49403

www.SID.ir

Archive of SID

دانه کنجد به دلیل تأثیر تنش خشکی بر مراحل مختلف فتوسنتز، کاهش محتوای روغن و پروتئین شده است (Al-Palsan *et al*., 2001; Mensah *et al*., 2006). نتایج تحقیق در شرایط تنش رطوبتی نشان داده است که بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب (آبیاری بعد از ۷۰ درصد ظرفیت زراعی) حاصل شد (Heidari *et al*., 2011). نتایج مطالعه‌ای (Mensah *et al*., 2006) نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری عملکرد دانه کنجد از ۶/۰۹ گرم در هر بوته به ۵/۹ گرم در هر بوته کاهش یافت. در مطالعه‌ای (Tantawy *et al*., 2007) در بررسی تاثیر کمبود آب بر ارقام مختلف کنجد بیان کردند که با کاهش دور آبیاری (از ۷ دور به ۵ دور) عملکرد دانه کنجد حدود ۶/۴۲ درصد کاهش یافت. دلیل کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن و پروتئین در شرایط کمبود آب، کاهش شاخص سطح برگ، کاهش محتوای نسبی آب برگ و کاهش دوام سطح برگ گزارش شده است کاهش وزن خشک گیاه تحت رطوبت پایین خاک ممکن است به دلیل کاهش سطح برگ و کاهش میزان فتوسنتز باشد (Sinaki *et al*., 2007; Zubarer *et al*., 2007). یکی از فاکتورهایی که به عنوان تعدیل کننده‌های تنش خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد قارچ میکوریزا می‌باشد. قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار[1] (AM)، یکی از انواع کودهای زیستی بوده و جزء اصلی فلور محیط ریشه گیاهان در بوم نظام‌های طبیعی می‌باشند (Panwar and Tarafdar, 2006). مطالعات مختلف نشان داده که همزیستی قارچ‌های میکوریزا با ریشه گیاهان، از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و برخی عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری زا، سبب بهبود رشد و نمو و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌گردند (Sainz *et al*., 1998). محققان طی آزمایشی دریافتند که همزیستی میکوریزا و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) مقاومت به تنش‌های خشکی و شوری را در گیاه میزبان افزایش داد (Cho *et al*., 2006). تحقیقات متعدد حاکی از آن است که میکوریزا قادر است اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل نماید (Barea, 1992). نتایج مطالعات نشان داده است که با استفاده از همزیستی میکوریزایی در گیاه سورگوم می‌توان بخشی از کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی را جبران نمود (Rahimi *et al*., 2009). محققان در مطالعه‌ای (Jamshidi *et al*., 2009) نشان دادند که قارچ میکوریزا *گلوموس موسه* (*Glomus mosseae*) دارای قدرت همزیستی بیشتری در مقایسه با میکوریزا *گلوموس هویی* (*Glomus hoei*) در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*) بود. پژوهش‌ها نشان داده است که همزیستی میکوریزایی به‌طور قابل ملاحظه‌ای رشد رویشی پسته (*Pistachio vera*) را در شرایط تنش خشکی افزایش داد به طوری که *گلوموس موسه* (*Glomus mosseae*) و *گلوموس انتراردیس* (*Glomus intraradices*) به ترتیب ۱۰۰ و ۷۰ درصد ارتفاع بوته را نسبت به شاهد افزایش دادند (Bagheri *et al*., 2013). نتایج برخی از تحقیقات نشان داده که قارچ میکوریزا صفات کمی و کیفی گشنیز (*Coriandrum sativum*) را افزایش داد (Aliabadi *et al*., 2008). در مطالعه‌ای دیگر مشخص شد که در تمام سطوح تنش خشکی، میکوریزا *گلوموس انتراردیس* (*Glomus intraradices*) منجر به افزایش وزن ماده خشک در مقایسه با شاهد شد (Nadian, 2011). در مطالعه دیگری نشان داده شد که کلنی‌سازی میکوریزایی به ویژه توسط گونه *گلوموس موسه* (*Glomus mosseae*) سبب بهبود مقاومت به تنش خشکی و جبران بخشی از کاهش عملکرد در گیاه پایه مرکبات مکزیکن لایم شد (Haghighatnia *et al*., 2012). ساز و کارهای مختلفی برای تخفیف اثر منفی تنش خشکی بر رشد گیاه به واسطه همزیستی با قارچ میکوریزا عنوان گردیده است که از جمله آنها به افزایش پتانسیل آب برگ، آهنگ جذب و ترکیب گاز کربنیک و آهنگ تعرق، (Amerian *et al*., 2001)، اصلاح تغذیه فسفر گیاه میزبان (Bethlenfalvay *et al*., 1988)، افزایش جذب آب بوسیله ریسه‌ها (Faber *et al*., 1991)، افزایش دانسیته طول ریشه (Bryla and Duniway, 1997) و تنظیم اسمزی بوسیله افزایش جذب نمک‌های محلول کلسیم، پتاسیم، منیزیم، و نیز قندها و نشاسته قابل حل در برگ‌ها (Wu and Xia, 2006) می‌توان اشاره نمود. علی رغم تحقیقات گسترده‌ای که در مورد همزیستی قارچ‌های میکوریزایی با گیاهان مختلف زراعی صورت گرفته (Soleimanzadeh, 2010)، هنوز اطلاعات محدودی در رابطه با همزیستی گیاه کنجد با این قارچ‌ها در شرایط بروز تنش خشکی وجود دارد لذا این آزمایش با هدف بررسی تأثیر همزیستی دو گونه مختلف از قارچ‌های میکوریزا بر درصد و عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین و عملکرد دانه توده‌های محلی مختلف کنجد تحت تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی در ارومیه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات دو گونه قارچ میکوریزا بر درصد و عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین و عملکرد دانه ۸ توده محلی کنجد 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 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. براساس 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 اول سطوح مختلف آب شامل

1- Arbuscular mycorrhizal

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری معمولی: آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گیاه یا ETc، تنش ملایم: آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گیاه یا ETc و تنش شدید: آبیاری بعد از ۱۱۰ میلیمتر تبخیر و تعرق گیاه یا ETc، فاکتور دوم شامل دو گونه قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* (قارچ‌های میکوریزا از شرکت تحقیقاتی زیست فناوری توران شاهرود تهیه شد و در زیر میکروسکوپ اسپورهای موجود بررسی گردید و 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 مجددا روی بذرها حدود سه سانتی‌متر با خاک پوشانده شد) و عدم تلقیح با قارچ میکوریزا و فاکتور سوم شامل ۸ توده محلی کنجد (این توده‌ها از مؤسسه نهال و بذر کرج تهیه شد) به‌نام‌های جیرفت ۱۳ (بومی جیرفت– چند شاخه– تک‌گل– بدون کرک)، محلی طارم زنجان (بومی طارم– چند شاخه – تک گل – بدون کرک – مخصوص مناطق شمال)، محلی مغان (کم کرک – ارتفاع زیاد – چندشاخه – تک‌گل – کپسول بلند– مخصوص مناطق شمال)، ناز چند شاخه (چندشاخه – سه گل– مخصوص مناطق شمال)، TC-25 (تک گل– چند شاخه)، TS-3 (بدون کرک – چند شاخه)، داراب ۱۴ (بومی داراب– تک‌گل– 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 به‌صورت جوی و پشته و آبیاری به روش نشتی انجام گرفت. در موقع کاشت در هر کپه ۳ عدد بذر قرار داده شد که بعدا 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. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of site soil

عمق خاک Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC (dS/m^{-1})	اسیدیته pH	درصد مواد خنثی شونده C.C.E	رطوبت اشباع Saturation moisture (٪)	آهک lime (٪)	رس clay (٪)	سیلت silt (٪)	شن sand (٪)	کربن آلی Organic Carbon (٪)	نیتروژن Nitrogen (٪)	فسفر Posphorus ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم Potassium ($mg\ kg^{-1}$)
0-30	Loam-clay loam	0.77	7.69	22.8	30	–	38	36	26	1.11	0.11	5.21	221

جدول۲- مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش، تبخیر و رطوبت هوا در طی فصل رشد کنجد در منطقه مورد مطالعه

Table 2- The mean monthly temperature, precipitation, evaporation and humidity during the growing season of sesame in the studied area

پارامترهای هواشناسی Meteorological parameters	ماه Month				
	اردیبهشت April	خرداد May	تیر June	مرداد July	شهریور August
حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature maximum (^{0}C)	24.1	27.8	32.7	33.2	31.4
حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature minimum (0C)	9.2	11	15.8	15.7	12.6
میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature mean (0C)	16.6	19.4	24.5	24.4	22
مجموع بارندگی (میلی‌متر) Participation sum (mm)	35.1	24.1	0.0	0.0	0.1
کل تبخیر (میلی‌متر) Total evaporation (mm)	190.3	255.9	238	281.8	236.7
میانگین رطوبت نسبی (٪) Humidity mean (%)	53	51	44	42	43

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار آب سهل‌الوصول در هریک از تیمارهای آزمایشی از طریق فرمول زیر محاسبه شد (Mosavi Moghadam *et al*., 2014).

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

در این فرمول RAW= آب سهل‌الوصول (میلی‌متر)، FC= ظرفیت زراعی، PWP= نقطه پژمردگی دایم، ρ= وزن مخصوص ظاهری D= عمق توسعه ریشه بر حسب میلی‌متر، MAD= ضریب آب سهل الوصول 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 دایم 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 (Mousavi and Akhavan, 2008). با توجه به نوع خاک که لومی رسی بود ظرفیت زراعی خاک ۲۷، نقطه پژمردگی دایم ۱۳ و وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۵ در نظر گرفته شد. عمق توسعه ریشه در کنجد ۶۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. به‌عنوان نمونه مقدار آب سهل‌الوصول (میلی‌متر) در شرایط آبیاری مطلوب برابر بود (Mousavi and Akhavan, 2008). با:

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

در شرایط آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید خشکی آب سهل‌الوصول یا RAW به‌ترتیب برابر ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر بدست آمد که معادل تبخیر و تعرق گیاه یا ETc در نظر گرفته شد (Mousavi and Akhavan, 2008). بر این اساس مقدار آبی که برای هر تیمار داده شد برابر است با (Mousavi and Akhavan, 2008):

$$V\ =\ \frac{70\ mm}{1000\frac{mm}{m}}\times 30\ m^2=2.1\ m^3 \quad (۳)$$

$$V=\frac{90\ mm}{1000\frac{mm}{m}}\times 30\ m^2=2.7\ m^3 \quad (۴)$$

$$V=\frac{110\ mm}{1000\frac{mm}{m}}\times 30\ m^2=3.3\ m^3 \quad (۵)$$

در فرمول‌های بالا، V= حجم آب آبیاری برای هر تیمار در هر نوبت آبیاری، ۷۰= تبخیر و تعرق گیاه برای آبیاری مطلوب، ۹۰= تبخیر و تعرق گیاه برای تنش ملایم خشکی، ۱۱۰= تبخیر و تعرق گیاه برای تنش شدید خشکی و ۳۰= مساحت هر بلوک در هر تیمار می‌باشد. بدین ترتیب حجم آب مورد نیاز در هر مرتبه آبیاری در هر تیمار محاسبه و بر اساس کارآیی توزیع آب ۹۰ درصد با استفاده از هیدروفلوم و کورنومتر به صورت یکنواخت توزیع گردید (Ashrafi *et al*., 1997).

$$ET_O=ET_P\times K_P \quad (۶)$$

$$ET_C=ET_O\times K_C \quad (۷)$$

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.

در پایان فصل رشد برای تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (۳۰ شهریور)، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، از خطوط وسط به مساحت ۲ مترمربع انتخاب و عملیات برداشت انجام شد، درصد روغن، با دستگاه سوکسله (Association Official Analytical Chemists, 1990; Safari, 2006) و درصد پروتئین با دستگاه کجلدال (Hosseini, 1995) مدل v40 اندازه‌گیری شد (درصد نیتروژن محاسبه و سپس در عدد ۶/۲۵ ضرب شد) (Tkachuk, 1969). عملکرد روغن نیز از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه و عملکرد پروتئین از حاصل ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه محاسبه گردید. برای محاسبه شاخص برداشت پروتئین نیز عملکرد پروتئین را بر عملکرد بیولوژیک تقسیم کرده و حاصل در عدد ۱۰۰ ضرب شد (Mosavi Moghadam *et al*., 2014). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای SAS ۹/۲، MSTATC ۱/۴۲ انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون توکی در سطح پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر اثرات ساده آبیاری، میکوریزا، ژنوتیپ و اثرات برهمکنش آبیاری× ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش معنی‌داری یافت به‌طوری که تنش خشکی شدید و ملایم نسبت به شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه را به میزان ۶۳ و ۳۱ درصد کاهش داد (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 (Gholinezhad *et al*., 2009; Gholinezhad *et al*., 2010). 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. 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. دلیل این امر ممکن است مرتبط با تأثیر میکوریزا بر تثبیت نیتروژن، فسفر، ماندگاری بیشتر برگ‌ها روی گیاه، حفظ و افزایش اندازه برگ و نیز

www.SID.ir

Archive of SID

بهبود میزان فتوسنتز به واسطه کلروفیل بیشتر باشد (Habibzadeh *et al*., 2012; Khalvati *et al*., 2005; Marulanda *et al*., 2003). محققان (Raei *et al*., 2015) دیگری نیز در بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک (عدم تلقیح، قارچ مایکوریزا، باکتری ازتوباکتر، مخلوط باکتری ازتوباکتر و قارچ مایکوریزا) بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به چنین نتایجی دست یافتند. تأثیر میکوریزا در بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی شدید مؤثرتر از شرایط آبیاری مطلوب بود. نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد قارچ‌های میکوریزا در طی دوره تنش خشکی با افزایش پتانسیل آب برگ (Ladjal *et al*., 2005)، افزایش سرعت مصرف دی‌اکسیدکربن (Amerian *et al*., 2001) و افزایش میزان تعرق (Bethlenfalvay *et al*., 1988) و نیز افزایش میزان جذب آب در واحد زمان و در واحد طول ریشه گیاه میزبان (Kothari *et al*., 1990) قادرند اثرات تنش خشکی در گیاه را کاهش دهند. در مطالعه‌ای (Sharma, 2003) گزارش شده است که تلقیح با قارچ میکوریزا باعث بالا رفتن کارآیی جذب نیتروژن و فسفر، افزایش رشد و عملکرد دانه در گیاه می‌شود. 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 (جدول ۷). در تحقیقی روی کنجد، لاین JL-13 را 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 (Ayeen, 2013).

عملکرد بیولوژیک

تأثیر اثرات ساده آبیاری، میکوریزا، ژنوتیپ و آبیاری× ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثرات بر همکنش میکوریزا× ژنوتیپ نیز بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهکنش آبیاری مطلوب× ژنوتیپ، بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در توده محلی مغان در شرایط آبیاری مطلوب (۱۱۸۸/۴۰ گرم بر مترمربع) و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک در ژنوتیپ TS-3 در شرایط تنش خشکی شدید (۱۳۶/۹۱ گرم بر مترمربع) مشاهده شد. در شرایط تنش خشکی شدید، از نظر عملکرد بیولوژیک بین توده‌های جیرفت ۱۳، ناز چند شاخه، داراب ۱۴ و دشتستان ۵ با توده TS-3 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری مطلوب، احتمالاً گسترش بیشتر و دوام بهتر سطح برگ بوده که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک شده است. این نتایج با نتایج Gholinezhad *et al*, 2009 مطابقت داشت. گزارشات دیگری نیز وجود دارند که تنش خشکی عملکرد بیولوژیک را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. در این گزارشات دلیل کاهش عملکرد بیولوژیک، 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 (Ayeen, 2013; Eskandari *et al*., 2010; Mehrabi and Ehsanzadeh, 2011). تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و گونه *G. intraradices* نسبت به عدم تلقیح با قارچ میکوریزا، عملکرد بیولوژیک را به میزان ۴۳ و ۲۰ درصد بهبود بخشید (جدول ۸). تأثیر قارچ میکوریزا بر افزایش رشد گیاه میزبان تحت شرایط تنش خشکی احتمالاً از طریق بهبود دسترسی به فسفر بوده است زیرا دسترسی به فسفر در خاک‌های خشک کاهش می‌یابد (Subramanian *et al*., 2006). کاهش رطوبت خاک باعث کاهش سرعت انتشار مواد مغذی مخصوصا 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 در شرایط بدون تنش می‌شود (Hetrick *et al*., 1996). بیشترین عملکرد بیولوژیک در توده محلی مغان و طارم زنجان در شرایط تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک در ژنوتیپ TS-3 در شرایط عدم مصرف قارچ میکوریزا مشاهده شد (جدول ۸). در تحقیقی روی کنجد، TS-3 را به‌عنوان رقم برتر معرفی کردند (Eskandari *et al*., 2010).

درصد پروتئین

روند مشابهی در تأثیر تیمارها بر درصد پروتئین با درصد نیتروژن مشاهده شد. بیشترین درصد پروتئین در شرایط آبیاری مطلوب و از توده‌های محلی طارم زنجان و مغان به ترتیب به مقدار ۲۳/۹۸ و ۲۴/۰۰ درصد حاصل شد که با شرایط تنش خشکی ملایم این توده‌ها تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۷). کمترین درصد پروتئین از شرایط تنش خشکی شدید و از توده‌های محلی TS-3 و جیرفت ۱۳ بدست آمد. در شرایط تنش ملایم و شدید خشکی نیز بیشترین مقدار درصد پروتئین به توده محلی مغان مربوط بود (جدول ۷). تنش خشکی شدید در مقایسه با آبیاری مطلوب، درصد پروتئین توده‌های محلی را به میزان ۹ درصد کاهش داد. با افزایش تنش خشکی تا حد ملایم درصد پروتئین افزایش پیدا کرد ولی با افزایش تنش خشکی شدید کاهش معنی‌داری یافت همسو با نتایج این تحقیق، سایر محققان نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند (Al-Palsan *et al*., 2001; Mensah *et*., 2006). به‌طور کلی مصرف قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، درصد پروتئین را به میزان ۵ درصد افزایش داد بین کاربرد قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و گونه *G. intraradices* از نظر درصد پروتئین تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). نتایج این تحقیق با یافته‌های Timajchi *et al*, 2010 در خصوص تأثیر همزیستی میکوریزایی در

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه ذرت (*Zea mays* L.) همخوانی داشت.

درصد روغن

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود تاثیر برهمکنش اثرات سه‌گانه آبیاری× میکوریزا× ژنوتیپ بر درصد روغن دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نشان‌دهنده آن است که با افزایش شدت تنش خشکی درصد روغن کاهش معنی‌داری پیدا کرد. تنش خشکی شدید و ملایم در مقایسه با آبیاری مطلوب، درصد روغن را به ترتیب به میزان ۱۱ و ۱۰ درصد کاهش داد. با تلقیح قارچ میکوریزا در شرایط تنش خشکی شدید، کاهش درصد روغن تا حدودی جبران گردید به‌طوری که مصرف قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و گونه *G. intraradices* نسبت به عدم تلقیح، درصد روغن را ۲ درصد بهبود بخشید (جدول ۹). در شرایط تنش خشکی ملایم نیز مصرف قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و گونه *G. intraradices* نسبت به عدم تلقیح، درصد روغن را به ترتیب ۹ و ۸ درصد بهبود بخشید (جدول ۹). در شرایط آبیاری مطلوب تلقیح قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و گونه *G. intraradices* نسبت به عدم تلقیح، درصد روغن را حدود ۷ و ۴ درصد افزایش داد (جدول ۹). بیشترین مقدار درصد روغن از توده‌های محلی مغان (۵۰/۰۱ درصد) و طارم زنجان (۴۹/۷۰ درصد) در شرایط آبیاری مطلوب و مصرف قارچ میکوریزا از گونه *G. mosseae* بدست آمد و کمترین مقدار درصد روغن دانه از توده محلی TS-3 (۳۸/۳۶ درصد) در شرایط تنش خشکی شدید و عدم مصرف قارچ میکوریزا حاصل شد هرچند تحت شرایط تنش خشکی شدید بین توده‌های محلی جیرفت ۱۳، ناز چند شاخه، TC-25، داراب ۱۴ و دشتستان ۵ با توده محلی TS-3 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۹). به‌نظر می‌رسد که از یک طرف محدودیت در فراهمی آب می‌تواند روند تجمع روغن در دانه‌های در حال رشد را تحت تأثیر قرار دهد و از طرف دیگر شرایط خشکی به‌همراه درجه حرارت آخر فصل نیز می‌تواند در این کاهش مؤثر باشد. مطالعات نشان داده است نیز گزارش کردند که درصد روغن دانه کلزا (*Brassica napus* L.) با افزایش تنش خشکی کاهش یافت و از ۴۵ درصد در شرایط آبیاری مطلوب به ۴۴ درصد در شرایط تنش خشکی کاهش یافت و در بین ژنوتیپ‌ها از نظر درصد روغن اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و ژنوتیپ ۳۱۴۷ با میانگین ۴۶ درصد بیشترین درصد روغن را در شرایط مطلوب و تنش خشکی تولید کرد (Fanaee *et al.*, 2014). سایر محققان نیز اظهار داشتند با افزایش تنش خشکی درصد روغن دانه کاهش معنی‌داری یافت و بالاترین درصد روغن از تیمار شاهد (آبیاری کامل) و کمترین درصد روغن نیز از تیمار تنش خشکی (بدون آبیاری) بدست آمد. رقم داراب ۱ بیشترین درصد روغن (۴۷/۸۸ درصد) و رقم بومی کمترین درصد روغن (۴۵/۷۲ درصد) را به خود اختصاص داد (Najafi and Safari, 2012).

عملکرد پروتئین

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تاثیر اثرات ساده آبیاری، میکوریزا، ژنوتیپ و اثر بر همکنش آبیاری× ژنوتیپ بر عملکرد پروتئین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد بیشترین عملکرد پروتئین در شرایط آبیاری مطلوب و از توده محلی مغان به مقدار ۷۶/۵۷ گرم بر مترمربع حاصل شد (جدول ۷). کمترین عملکرد پروتئین از شرایط تنش خشکی شدید و از توده‌های محلی TS-3 و جیرفت ۱۳ بدست آمد. در شرایط تنش ملایم و شدید خشکی نیز بیشترین مقدار عملکرد پروتئین از توده‌محلی مغان به‌دست آمد (جدول ۷).

تنش خشکی شدید و ملایم در مقایسه با آبیاری مطلوب، عملکرد پروتئین توده‌های محلی را به‌ترتیب به میزان ۶۷ و ۵۲ درصد کاهش داد. کاهش عملکرد پروتئین احتمالاً به دلیل کاهش عملکرد دانه در اثر کمبود آب و اعمال تنش خشکی بوده است. نتایج سایر محققان با یافته‌های این تحقیق مطابقت داشت (Gholinezhad *et al,* 2009). مصرف قارچ میکوریزا گونه G. mosseae نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، عملکرد پروتئین را به میزان ۳۶ درصد افزایش داد بین کاربرد قارچ میکوریزا گونه G. mosseae و گونه G. intraradices از نظر عملکرد پروتئین تفاوت معنی¬داری وجود نداشت (جدول ۵). نتایج جدول ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه نشان داد بین عملکرد پروتئین با عملکرد دانه، درصد روغن، درصد پروتئین، عملکرد روغن و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱۰).

شاخص برداشت پروتئین

طبق جدول تجزیه واریانس تأثیر اثر ساده ژنوتیپ و اثر بر همکنش آبیاری× ژنوتیپ بر شاخص برداشت پروتئین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد بیشترین شاخص برداشت پروتئین در شرایط تنش خشکی ملایم و از توده¬ TS-3 به مقدار ۹/۲۹ حاصل شد (جدول ۷). بین توده¬های محلی طارم زنجان، TS-3، TC-25 و دشتستان ۵ در شرایط آبیاری مطلوب با توده محلی TS-3 در شرایط تنش خشکی ملایم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جداول ۶ و ۷). کمترین شاخص برداشت پروتئین از شرایط تنش خشکی شدید و از توده‌های محلی مغان و طارم زنجان به‌دست آمد. تنش خشکی شدید و ملایم در مقایسه با آبیاری مطلوب، شاخص برداشت پروتئین توده‌های محلی را به میزان ۲۲ درصد کاهش داد.

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد روغن

نتایج جدول تجزیه واریانس مشخص نمود تأثیر اثرات ساده آبیاری، میکوریزا، ژنوتیپ و اثر بر همکنش آبیاری× ژنوتیپ بر عملکرد روغن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیشترین عملکرد روغن در شرایط آبیاری مطلوب و از توده محلی مغان به مقدار ۱۴۷/۷۰ گرم بر مترمربع حاصل شد (جدول ۷). عملکرد روغن بالا در این توده محلی به دلیل عملکرد دانه بیشتر بوده که به‌صورت مستقیمی در افزایش عملکرد روغن مؤثر بود از آنجایی که بین عملکرد روغن با عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۸) افزایش عملکرد روغن این توده توجیه می‌گردد. این یافته‌ها با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (Fanaee *et al*., 2014). در شرایط تنش ملایم و شدید خشکی نیز بیشترین مقدار عملکرد روغن به توده محلی مغان مربوط بود و کمترین عملکرد روغن از شرایط تنش خشکی شدید و از توده‌های محلی TS-3 و جیرفت ۱۳ بدست آمد (جدول ۷). 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. در پژوهشی (Rezvani Moghaddam *et al*., 2005; Rezvani Moghaddam *et al*., 2014) در بررسی تاثیر تنش خشکی بر کنجد نشان دادند که بیشترین عملکرد روغن در فاصله دور یک هفته آبیاری و کمترین مقدار آن در فواصل آبیاری ۴ هفته مشاهده شد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

Table 3-The results of variance analysis of studied traits

منابع تغییرات Source of variations	میانگین مربعات Mean of squares							
	درجه آزادی d.f	درصد پروتئین Protein percentage	درصد روغن Oil percentage	عملکرد پروتئین Protein yield	شاخص برداشت پروتئین Protein harvest index	عملکرد روغن Oil yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
بلوک (Block)	2	10.17^{ns}	0.19^{ns}	76.58^{ns}	20.21^{ns}	597.66^{ns}	2734.14^{ns}	167556.78^{*}
آبیاری (Irrigation)	2	106.97^{**}	546.18^{**}	15008.42^{**}	57.69^{ns}	63329.89^{**}	266686.23^{**}	1908992.48^{**}
میکوریزا (Mycorrhizal)	2	17.33^{**}	126.61^{**}	2914.47^{**}	32.67^{ns}	13040.026^{**}	48109.57^{**}	1316265.33^{**}
آبیاری × میکوریزا (Irrigation × Mycorrhizal)	4	0.77^{ns}	22.28^{**}	135.90^{ns}	2.95^{ns}	769.10^{ns}	1553.77^{ns}	90166.85^{ns}
خطای اصلی (E_{ab}) (Main error)	16	3.26	7.70	307.62	21.81	1384.71	6786.56	33869.81
ژنوتیپ (Genotype)	7	38.11^{**}	27.36^{**}	3339.26^{**}	23.39^{**}	10891.04^{**}	47839.36^{**}	1465993.13^{**}
آبیاری × ژنوتیپ (Irrigation × Genotype)	14	3.21^{**}	0.69^{ns}	406.88^{**}	4.75^{**}	1189.40^{**}	4773.73^{**}	35806.38^{**}
میکوریزا × ژنوتیپ (Mycorrhizal × Genotype)	14	0.99^{ns}	1.46^{**}	20.96^{ns}	1.28^{ns}	74.56^{ns}	130.59^{ns}	34119.25^{**}
آبیاری × میکوریزا × ژنوتیپ (Irrigation × mycorrhizal × genotype)	28	0.42^{ns}	1.53^{**}	9.31^{ns}	0.083^{ns}	46.73^{ns}	119.75^{ns}	4646.09^{ns}
خطای فرعی (E_c)	126	0.76	0.65	43.51	1.48	171.97	754.43	4658.27
ضریب تغییرات (٪)	-	4.07	1.87	22.37	18.36	22.12	20.67	14.33

**، * و ns به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری بر صفات مورد مطالعه

Table 4- Mean comparisons of simple effects of irrigation on studied traits

تیمار Treatment	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) Seed yield (g m^{-2})
آبیاری Irrigation	
آبیاری مطلوب Optimum irrigation	193.43 a
تنش ملایم خشکی Moderate drought stress	133.41 b
تنش شدید خشکی Severe drought stress	71.72 c

اعدادی که در هر ستون حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون توکی ندارند.

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on tukey test.

جدول ٥- مقایسه میانگین اثرات ساده میکوریزا بر صفات مورد مطالعه

Table 5- Mean comparisons of simple effects of mycorrhizal on studied traits

تیمار Treatment	عملکرد روغن Oil yield (g m^{-2})	درصد پروتئین Protein percentage (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (g m^{-2})	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) Seed yield (g m^{-2})
میکوریزا Mycorrhizal				
Glomus mosseae	71.15 a	21.95 a	35.13 a	155.35 a
Glomus intraradices	62.02 a	21.50 ab	30.71 a	138.59 ab
بدون میکوریزا Without mycorrhizal	44.66 b	20.97 b	22.58 b	104.62 b

اعدادی که در هر ستون حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون توکی ندارند.

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on tukey test.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات ساده ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه

Table 6- Mean comparisons of simple effects of genotype on studied traits

تیمار Treatment	شاخص برداشت پروتئین Protein harvest index	عملکرد دانه Seed yield (g m^{-2})
ژنوتیپ Genotype		
جیرفت ۱۳ Jiroft 13	6.68 bc	93.04 e
محلی طارم زنجان Zanjan Tarom landrace	5.95 cd	177.96 b
محلی مغان Moghan landrace	5.18 d	206.31 a
ناز چند شاخه Naz of several branches	6.92 bc	105.26 de
TC-25	5.97 cd	147.44 c
TS-3	8.06 a	86.15 e
داراب ۱۴ Darab 14	6.61 bc	128.29 cd
دشتستان ۵ Dashtestan 5	7.59 ab	118.33 d

اعدادی که در هر ستون حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون توکی ندارند.

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on tukey test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه

Table 7- Mean comparisons of interaction effects of irrigation and genotype on studied traits

تیمار Treatment (آبیاری × ژنوتیپ) (Irrigation × Genotype)	عملکرد روغن Oil yield ($g\ m^{-2}$)	درصد پروتئین Protein percentage (%)	عملکرد پروتئین Protein yield ($g\ m^{-2}$)	شاخص برداشت پروتئین Protein harvest index
آبیاری مطلوب × جیرفت ۱۳ Optimum irrigation × Jiroft 13	58.92 efgh	20.31 efgh	26.80 ghijk	6.69 bcdefg
آبیاری مطلوب × محلی طارم زنجان Optimum irrigation × Zanjan tarom landrace	121.34 b	23.98 a	62.70 b	7.22 abcdefg
آبیاری مطلوب × محلی مغان Optimum irrigation × Moghan landrace	147.70 a	24 a	76.57 a	6.44 bcdefgh
آبیاری مطلوب × ناز چند شاخه Optimum irrigation × Naz of several branches	65.05 defg	20.89 defg	30.45 efghi	6.89 bcdefg
آبیاری مطلوب × TC-25 Optimum irrigation × TC-25	101.29 bc	23.20 ab	50.58 c	7.46 abcdef
آبیاری مطلوب × TS-3 Optimum irrigation × TS-3	54.08 fghij	19.41 gh	23.70 hijkl	8.57 ab
آبیاری مطلوب × داراب ۱۴ Optimum irrigation × Darab 14	82.71 cd	22.54 abc	40.91 cdef	6.86 bcdefg
آبیاری مطلوب × دشتستان ۵ Optimum irrigation × Dashtestan 5	75.89 def	21.70 bcde	36.34 defg	7.29 abcdefg
تنش ملایم خشکی × جیرفت ۱۳ Moderate drought stress × Jiroft 13	45.13 ghijkl	20.92 defg	21.55 hijklm	7.81 abcd
تنش ملایم خشکی × محلی طارم زنجان Moderate drought stress × Zanjan tarom landrace	80.80 cde	23.88 a	41.95 cde	6.17 cdefgh
تنش ملایم خشکی × محلی مغان Moderate drought stress × Moghan landrace	87.90 cd	24.02 a	45.11 cd	5.24 ghi
تنش ملایم خشکی × ناز چند شاخه Moderate drought stress × Naz of several branches	50.06 ghij	21.77 bcde	24.70 ghijkl	7.63 abcde
تنش ملایم خشکی × TC-25 Moderate drought stress × TC-25	64.28 defg	22.53 abc	31.97 efgh	5.37 fghi
تنش ملایم خشکی × TS-3 Moderate drought stress × TS-3	41.69 ghijkl	20.73 defg	19.76 ijklmn	9.29 a
تنش ملایم خشکی × داراب ۱۴ Moderate drought stress × Darab 14	57.69 efghi	22.66 abc	29.26 fghi	6.93 bcdefgh
تنش ملایم خشکی × دشتستان ۵ Moderate drought stress × Dashtestan 5	55.44 fghi	22.18 bcd	27.69 ghij	8.35 abc
تنش شدید خشکی × جیرفت ۱۳ Severe drought stress × Jiroft 13	17.18 mn	19.41 gh	8.52 no	5.54 efghi
تنش شدید خشکی × محلی طارم زنجان Severe drought stress × Zanjan Tarom landrace	40.10 hijklm	20.75 defg	20.60 hijklm	4.45 hi
تنش شدید خشکی × محلی مغان Severe drought stress × Moghan landrace	47.44 ghijk	21.15 cdef	24.20 hijkl	3.86 i
تنش شدید خشکی × ناز چند شاخه Severe drought stress × Naz of several branches	22.38 lmn	20.03 fgh	11.18 mno	6.25 cdefgh
تنش شدید خشکی × TC-25 Severe drought stress × TC-25	34.02 ijklmn	19.64 fgh	16.70 jklmno	5.10 ghi
تنش شدید خشکی × TS-3 Severe drought stress × TS-3	15.78 n	18.94 h	7.64 o	6.33 cdefgh
تنش شدید خشکی × داراب ۱۴ Severe drought stress × Darab 14	30.59 jklmn	20.59 efg	15.63 klmno	6.03 defghi
تنش شدید خشکی × دشتستان ۵ Severe drought stress × Dashtestan 5	25.21 klmn	20.10 fgh	12.82 lmno	7.13 abcdefg

اعدادی که در هر ستون حروف مشابه دارند از نظر آماری، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون توکی ندارند.

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on tukey test.

www.SID.ir

Archive of SID

۷- ادامه جدول

7- Continous Table

تیمار Treatment (آبیاری × ژنوتیپ) (Irrigation × Genotype)	عملکرد دانه Seed yield ($g\ m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($g\ m^{-2}$)
آبیاری مطلوب × جیرفت ۱۳ Optimum irrigation × Jiroft 13	132.55 cdefg	430.17 fghi
آبیاری مطلوب × محلی طارم زنجان Optimum irrigation × Zanjan tarom landrace	260.36 ab	904.09 b
آبیاری مطلوب × محلی مغان Optimum irrigation × Moghan landrace	317.94 a	1188.40 a
آبیاری مطلوب × ناز چند شاخه Optimum irrigation × Naz of several branches	146.79 cdefg	459.73 fgh
آبیاری مطلوب × TC-25 Optimum irrigation × TC-25	217.90 bc	689.89 cde
آبیاری مطلوب × TS-3 Optimum irrigation × TS-3	122.22 defghij	278.78 hijk
آبیاری مطلوب × داراب ۱۴ Optimum irrigation × Darab 14	181.56 bcde	624.82 def
آبیاری مطلوب × دشتستان ۵ Optimum irrigation × Dashtestan 5	186.11 cdef	519.24 defg
تنش ملایم خشکی × جیرفت ۱۳ Moderate drought stress × Jiroft 13	102.79 defghij	281.08 hijk
تنش ملایم خشکی × محلی طارم زنجان Moderate drought stress × Zanjan tarom landrace	175.51 bcde	716.15 bcd
تنش ملایم خشکی × محلی مغان Moderate drought stress × Moghan landrace	187.57 bcd	882.26 bc
تنش ملایم خشکی × ناز چند شاخه Moderate drought stress × Naz of several branches	112.81 defghij	330.62 ghijk
تنش ملایم خشکی × TC-25 Moderate drought stress × TC-25	140.86 cdefgh	601.86 def
تنش ملایم خشکی × TS-3 Moderate drought stress × TS-3	95.60 efghij	217.74 ijk
تنش ملایم خشکی × داراب ۱۴ Moderate drought stress × Darab 14	128.13defghi	457.41 fgh
تنش ملایم خشکی × دشتستان ۵ Moderate drought stress × Dashtestan 5	123.94 defghij	353.22 ghij
تنش شدید خشکی × جیرفت ۱۳ Severe drought stress × Jiroft 13	43.77 ij	154.09 jk
تنش شدید خشکی × محلی طارم زنجان Severe drought stress × Zanjan tarom landrace	98.03 efghij	489.30 efgh
تنش شدید خشکی × محلی مغان Severe drought stress × Moghan landrace	113.42 defghij	632.75 def
تنش شدید خشکی × ناز چند شاخه Severe drought stress × Naz of several branches	56.17 hij	198.19 jk
تنش شدید خشکی × TC-25 Severe drought stress × TC-25	83.55 fghij	364.88 ghij
تنش شدید خشکی × TS-3 Severe drought stress × TS-3	40.65 j	136.91 k
تنش شدید خشکی × داراب ۱۴ Severe drought stress × Darab 14	75.18 ghij	327.51 ghijk
تنش شدید خشکی × دشتستان ۵ Severe drought stress × Dashtestan 5	62.94 ghij	186.89 jk

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

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on tukey test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- مقایسه میانگین برهمکنش میکوریزا و ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیک

Table 8- Mean comparisons of interaction effects of mycorrhizal and genotype on Biological yield

تیمار Treatment (میکوریزا × ژنوتیپ) (Mycorrhizal × Genotype)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g m^{-2})
جیرفت ۱۳ × *Glomus mosseae* Jiroft 13 × *Glomus mosseae*	374.59 fghij
محلی طارم زنجان × *Glomus mosseae* Zanjan tarom landrace × *Glomus mosseae*	923.81 ab
محلی مغان × *Glomus mosseae* Moghan landrace × *Glomus mosseae*	1127.93 a
ناز چند شاخه × *Glomus mosseae* Naz of several branches × *Glomus mosseae*	416.49 fgh
TC-25× *Glomus mosseae*	745.99 bc
TS-3× *Glomus mosseae*	264.19 ghij
داراب ۱۴ × *Glomus mosseae* Darab 14 × *Glomus mosseae*	657.46 cde
دشتستان ۵ × *Glomus mosseae* Dashtestan 5 × *Glomus mosseae*	477.65 efg
جیرفت ۱۳ × *Glomus intraradices* Jiroft 13 × *Glomus intraradices*	277.63 ghij
محلی طارم زنجان× *Glomus intraradices* Zanjan tarom landrace × *Glomus intraradices*	663.26 cde
محلی مغان× *Glomus intraradices* Moghan landrace × *Glomus intraradices*	855.04 bc
ناز چند شاخه × *Glomus intraradices* Naz of several branches × *Glomus intraradices*	336.17 fghij
TC-25 × *Glomus intraradices*	504.76 ef
TS-3 × *Glomus intraradices*	202.20 ij
داراب ۱۴ × *Glomus intraradices* Darab 14 × *Glomus intraradices*	407.43 fghi
دشتستان ۵ × *Glomus intraradices* Dashtestan 5 × *Glomus intraradices*	328.50 fghij
بدون میکوریزا × جیرفت ۱۳ Jiroft 13 × Without mycorrhizal	213.12 hij
بدون میکوریزا × محلی طارم زنجان Zanjan tarom landrace × Without mycorrhizal	522.47 def
بدون میکوریزا × محلی مغان Moghan landrace × Without mycorrhizal	720.42 bcd
بدون میکوریزا × ناز چند شاخه Naz of several branches × Without mycorrhizal	235.89 hij
بدون میکوریزا × TC-25 TC-25 × Without mycorrhizal	405.88 fghi
بدون میکوریزا × TS-3 TS-3 × Without mycorrhizal	167.03 j
بدون میکوریزا × داراب ۱۴ Darab 14 × Without mycorrhizal	344.85 fghij
بدون میکوریزا × دشتستان ۵ Dashtestan 5 × Without mycorrhizal	253.29 hij

اعدادی که در هر ستون حروف مشابه دارند بر اساس آزمون توکی، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on tukey test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹- مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری× میکوریزا× ژنوتیپ بر درصد روغن دانه

Table 9- Mean comparisons of interaction effects of irrigation, mycorrhizal and genotype on seed oil percentage

تیمار Treatment (میکوریزا × ژنوتیپ) (Mycorrhizal × Genotype)	درصد روغن Oil percentage (%)		
	آبیاری مطلوب Optimum irrigation	تنش ملایم Moderate drought stress	تنش شدید Severe drought stress
جیرفت ۱۳ × *Glomus mosseae* Jiroft 13 × *Glomus mosseae*	44.96 d-n	44.92 d-n	39.63 z
محلی طارم زنجان × *Glomus mosseae* Zanjan tarom landrace × *Glomus mosseae*	49.70 ab	47.10 a-e	41.22 r-z
محلی مغان × *Glomus mosseae* Moghan landrace × *Glomus mosseae*	50.01 a	47.82 a-d	42.05 n-z
ناز چند شاخه × *Glomus mosseae* Naz of several branches × *Glomus mosseae*	45.35 c-m	45.48 c-m	40.03 yz
TC-25× *Glomus mosseae*	47.03 b-f	46.31 c-i	41.05 s-z
TS-3× *Glomus mosseae*	44.86 d-o	44.64 e-p	39.13 z
داراب ۱۴ × *Glomus mosseae* Darab 14 × *Glomus mosseae*	46.16 c-j	46.56 c-h	40.83 t-z
دشتستان ۵ × *Glomus mosseae* Dashtestan 5 × *Glomus mosseae*	45.75 c-m	46.06 c-k	40.28 x-z
جیرفت ۱۳ × *Glomus intraradices* Jiroft 13 × *Glomus intraradices*	44.62 e-p	44.31 c-q	39.13 z
محلی طارم زنجان× *Glomus intraradices* Zanjan tarom landrace × *Glomus intraradices*	46.02 c-l	47.22 a-e	41.06 s-z
محلی مغان× *Glomus intraradices* Moghan landrace × *Glomus intraradices*	44.97 d-n	48.21 abc	41.84 p-z
ناز چند شاخه × *Glomus intraradices* Naz of several branches × *Glomus intraradices*	43.74 h-t	44.71 e-p	39.81 z
TC-25 × *Glomus intraradices*	46.43 c-h	46.90 b-g	40.75 u-z
TS-3 × *Glomus intraradices*	44.35 e-q	43.98 g-s	38.83 z
داراب ۱۴ × *Glomus intraradices* Darab 14 × *Glomus intraradices*	46.02 c-l	45.72 c-m	40.60 u-z
دشتستان ۵ × *Glomus intraradices* Dashtestan 5 × *Glomus intraradices*	45.39 c-m	45.48 c-m	40.06 yz
بدون میکوریزا × جیرفت ۱۳ Jiroft 13 × Without mycorrhizal	43.39 i-u	41.50 q-z	38.80 z
بدون میکوریزا × محلی طارم زنجان Zanjan tarom landrace × Without mycorrhizal	43.30 j-w	43.38 i-u	40.38 w-z
بدون میکوریزا × محلی مغان Moghan landrace × Without mycorrhizal	43.70 h-u	44.11 f-r	41.04 s-z
بدون میکوریزا × ناز چند شاخه Naz of several branches × Without mycorrhizal	43.66 h-u	41.90 o-z	39.54 z
بدون میکوریزا × TC-25 TC-25 × Without mycorrhizal	44.65 e-p	43.00 m-y	40.24 x-z
بدون میکوریزا × TS-3 TS-3 × Without mycorrhizal	43.08 l-x	40.96 t-z	38.36 z
بدون میکوریزا × داراب ۱۴ Darab 14 × Without mycorrhizal	43.66 h-u	41.86 p-z	40.29 x-z
بدون میکوریزا × دشتستان ۵ Dashtestan 5 × Without mycorrhizal	43.16 k-x	41.62 p-z	39.76 z

اعدادی که در هر ستون حروف مشابه دارند بر اساس آزمون توکی، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on tukey test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۰- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه

Table 10- Corrolation coefficients of studied traits

	1	2	3	4	5	6	7
عملکرد دانه 1- Seed yield	1						
۲- عملکرد بیولوژیک 2- Biological yield	0.90**	1					
۳- درصد روغن 3- Oil percentage	0.83**	0.75**	1				
۴- درصد پروتئین 4- Protein percentage	0.83**	0.84**	0.80**	1			
۵- عملکرد روغن 5- Oil yield	0.99**	0.91**	0.85**	0.84**	1		
۶- عملکرد پروتئین 6- Protein yield	0.99**	0.92**	0.82**	0.86**	0.99**	1	
۷- شاخص برداشت پروتئین 7- Protein harvest index	0.02ns	- 0.34**	0.11ns	- 0.05ns	0.01ns	- 0.003ns	1

**، * و ns به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

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

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تنش خشکی و کمبود آب، صفات کیفی مانند درصد روغن، درصد پروتئین، عملکرد روغن، عملکرد پروتئین و عملکرد دانه توده‌های محلی کنجد را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. کاربرد قارچ میکوریزا در هر سه شرایط مختلف آبیاری عملکرد دانه و صفات کیفی کلیه توده‌های محلی را افزایش داد. با توجه به نتایج بدست آمده، استفاده از قارچ میکوریزا نه تنها در شرایط تنش خشکی باعث افزایش عملکرد دانه و بهبود صفات کیفی دانه شد و اثرات کمبود آب را کاهش داد بلکه در شرایط مطلوب آبیاری نیز مصرف قارچ میکوریزا مخصوصاً گونه *G. mosseae* عملکرد دانه و سایر صفات کیفی دانه را بهبود بخشید. توده‌های محلی نسبت به تنش خشکی عکس العمل‌های متفاوتی داشتند. توده‌های محلی مغان و طارم زنجان بر سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشته و می‌توان آنها را به‌عنوان ژنوتیپ‌های مناسب برای کاشت در شرایط آبیاری مطلوب و در صورت کمبود آب در شرایط تنش خشکی شدید (دور آبیاری حدود ۳۰ روز) معرفی کرد. بررسی جدول ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه (جدول ۱۰) نشان داد رابطه عملکرد بیولوژیک (r= ۰/۹۰**)، درصد روغن (r= ۰/۸۳**)، درصد پروتئین (r= ۰/۸۳**)، عملکرد روغن (r= ۰/۹۹**) و عملکرد پروتئین (r= ۰/۹۹**) با عملکرد دانه کنجد مثبت و معنی‌دار بود. با مقایسه این ضرایب، مشخص شد که بالاترین ضریب همبستگی برای عملکرد پروتئین و عملکرد روغن با عملکرد دانه (r=۰/۹۹**) به دست آمد. بنابراین هر عملیات مدیریتی که بتواند تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه داشته باشد در نتیجه به طور مستقیم عملکرد روغن و عملکرد پروتئین را بهبود می‌دهد.

Refrences

1. Rai, A., and Takabe, T. 2006. Abiotic Stress Tolerance in Plants. Toward the Improvement of Global Environment and Food. Published by Springer, P.O.
2. 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. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24 (1): 18-30. (in Persian with English abstract).
3. Al-Palsan, M., Boydak, E., Hayta, M., Gercek, S., and Simsek, M. 2001. Effect of row space and irrigation on seed composition of Turkish sesame. Journal of Crop Science 78: 933-935.
4. Amerian, M. R., Stewart, W. S., and Griffiths, H. 2001. Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, assimilation and leaf water relations in maize (*Zea mays*). Aspects of Applied Biology 63: 71-76.
5. Ashrafi, Sh., Heidari, N., and Abbasi, F. 1997. Build design and calibration flume WSC. Proceedings of the 2th National Congress of the soil and water issues. 27-30 Feb. Tehran, Iran.
6. Association Official Analytical Chemists. 1990. Official Method of Analysis. Washington, DC, USA.
7. Ayeen, A. 2013. Effect of eliminating of irrigation at different growth stages on seed yield and some agronomic

www.SID.ir

Archive of SID

traits of two sesame genotypes. Seed and Plant 29 (1): 67-79. (in Persian with English abstract).
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 Journal of Plant Physiology 3 (4): 809-816.
9. Barea, M. 1992. YAM as modifier of soil fertility Adv. Soil Science 15: 1-40.
10. Bethlenfalvay, G. J., Brown, M. S., Ames, R. N., and Thomas, R. S. 1988. Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water use and phosphate uptake. Physiologia Plantarum 72: 565-571.
11. Bryla, D. R., and Duniway, J. M. 1997. Growth, phosphorus uptake, and water relations of safflower and wheat infected with an arbuscular mycorrhizal fungus. New Phytology 136: 581-590.
12. Cho, K., Toler, H., Lee, J., Ownely, B., Stutz, J. C., Moore, J. L., and Auge, R. M. 2006. Mycorrhizal symbiosis and response of sorghum plants to combined drought and salinity stresses. Journal of plant Physiology 163: 517-528.
13. Eskandari, H., Zehtab Salmasi, S., and Ghasemi-Golezani, K. 2010. Evaluation of water use efficiency and seed yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. Journal of Agricultural Science and Suitable Production 20 (1): 39-51. (in Persian with English abstract).
14. Faber, B. A., Zasoske, R. J., Munns, D. N., and Shackel, K. 1991. A method for measuring hyphal nutrition and water uptake in mycorrhizal plants. Canadian Journal of Botany 69: 87-94.
15. Fanaee, H., Naroee 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).
16. FAO. 2012. Yearbook production. FAO Pub. Rome, Itlay.
17. Gholinezhad, E., Aeenehband, A., Hasanzade Ghorttappe, A., Barnoosi, I., and Rezaei, H. 2009. Evaluation of Effective Drought Stress on Yield, Yield components and harvest index of Sunflower Hybrid Iroflor at Different Levels of Nitrogen and Plant Population in Urmieh Climate Conditions. Journal of Researches of Plant Production 16 (3): 1-28. (in Persian with English abstract).
18. Gholinezhad, E., Aeenehband, A., Hasanzade Ghorttappe, A., Noormohammadi, G., and Barnoosi, I. 2010. The effect of irrigation regimen on water and nitrogen use efficiency of Sunflower Hybrid Iroflor at Different Levels of Nitrogen and Plant Population in Urmieh Climate Conditions. Water and Soil Science 20 (1): 27-45. (in Persian with English abstract).
19. Golestani, M., and Pakniyat, H. 2007. Evaluation of drought tolerance indices in sesame lines. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11 (41/A): 141-150.
20. 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. Agronomy Journal 105 (1): 79-84.
21. Haghighatnia, H., Nadian, H., Rejali, F., and Tavakoli, F. 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 with English abstract).
22. 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 Biotechnology 10 (44): 816-8822.
23. Hetrick, B. A. D., Wilson, G. W. T., and Todd, T. C. 1996. Mycorrhizal response in wheat cultivars: Relationship to phosphorus. Canadian Journal of Botany 74: 19-25.
24. Hosseini, Z. 1995. Conventional methods in food analysis. Shiraz University Press. Pp. 210. (in Persian).
25. Jamshidi, A., Ghalavand, A., Salehi, A., Zare, M. J., and Jamshidi, A. 2009. The effect of mycorrhizal on yield, yield components and plant traits of sunflower in drought stress conditions. Iranian Journal of Agronomy Sciences 11 (2): 136-150. (in Persian with English abstract).
26. Kenan, U., Kill, F., Gencoglan, C., and Merdan, H. 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame under field condition. Field Crops Research 101: 249-254.
27. 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 Biology 7: 706-712.
28. 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 Physiologist, 116: 303-311.
29. 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: 1109-1117.
30. 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. Physiology Plant 119: 526-533.
31. Mehrabi, Z., and Ehsanzadeh, P. 2011. A study on physiological attributes and seed yield of sesame (*Sesamum*

www.SID.ir

Archive of SID

indicum L.) cultivars under different soil moisture regimes. Journal of Crops Improvement 13 (2): 75-88. (in Persian with English abstract).
32. Mensah, J. K., Obadoni, B. O., Eruotor, P., and Onome-Trieguna, F. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame. African Journal Biotechnology 13: 1249-1253.
33. Mirzakhani, M., Ardakani, M. R., Rejali, F., Shirani Rad, A. H., and Ayneband, A. 2010. Evaluation of seed twofold inoculation by fungi Glomus Intraradices Mycorrhiza and Azotobacter chorococum with various nitrogen and phosphorus levels use on oil yield and some of traits in safflower. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 6 (1): 75-87. (in Persian with English abstract).
34. 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. Iranian Journal of Field Crops Research 10 (1): 91-99. (in Persian with English abstract).
35. Mosavi Moghadam, S. L., Tajbakhsh, M., and Eivazi, A. R. 2014. Evaluation of harvesting dates effects on related traits with quality seeds of safflower genotypes under Urmia conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (3): 454-459. (In Persian with English abstract)
36. Mousavi, S. F., and Akhavan, S. 2008. Irrigation Principles. Kankash Press. Pp: 414. (in Persian).
37. Nadian, H. 2011. The effect of drought stress and mycorrhizal symbiosis on growth and phosphorous absorption by two varieties sorghum of different root morphology. Journal of Sciences and Agriculture Technology and Natural Resources 15 (57): 127-140. (in Persian with English abstract).
38. Najafi, H., and Safari, M. 2012. Evaluation of effect of drought stress on yield and yield components and oil percentage in sesame cultivars. Proceedings of the 11th national Seminar of irrigation and evaporation reduction. Bahonar Kerman University. Kerman. Iran. .
39. Panwar, J., and Tarafdar, J. C. 2006. Distribution of three endangered medicinal plant species and their colonization with arbuscular mycorrhizal fungi. Journal Arid Environment 65: 337-350.
40. 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. Journal of Agricultural Science and Suitable Production 25 (1): 65-84. (in Persian with English abstract).
41. Rahimi, L., Ardakani, M. R., Paknejad, F., and Rejali, F. 2009. Effect of mycorrhizal symbiosis on increasing of drought resistance of two seed sorghum. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 5 (1): 43-57. (in Persian with English abstract).
42. 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.). Iranian Journal of Crop Sciences 16 (3): 209-221. (in Persian with English abstract).
43. Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, Gh., Nabati, J., and Mohammad Abadi, A. A. 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, seed and oil yields of sesame (*Sesamum indicum*). Iranian Journal of Field Crops Research 3 (1): 57-68. (in Persian with English abstract).
44. 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.
45. Safari, H. 2006. Evaluation of effect of methodand and optimal range of micronutrient fertilizer containing iron and zinc on qualitative and quantitative of rapeseed oil. Proceedings of the 1th scientific, practical and industrial seminar of vegetable oils in Iran. P: 183-186. (in Persian with English abstract).
46. Sainz, M. J., Taboada-Castro, M. T., and Vilarino, A. 1998. Growth, mineral and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil 205: 85-92.
47. Sharma, A. K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agronomy Bioscience India 70-79.
48. Sinaki, J. M., Heravan, E. M., Rad, A. H. S., Noormohammadi, Gh., and Ghasem Zarei, Gh. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian. Journal of Agricultural and Environmental Science, Biotechnology 17 (2): 113-122. 2 (4): 417-422.
49. Soleimanzadeh, H. 2010. Effect of VA-Mycorrhiza on Growth and Yield of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) at Different Phosphorus Levels. World Academy of Science, Engineering Technology 71: 414-417.
50. 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: 245-253.
51. Tantawy, M. M., Ouda, S. A., and Khalil, F. A. 2007. Irrigation optimization for different sesame varieties grown under water stress conditions. Journal of Applied Science and Research 3: 7-12.
52. Timajchi, M., Kashani, A., Ardakani, M. R., Rejali, F., Abbasian, M., and Seyfi, M. 2010. Comparison of the nano, biological and chemical fungicides effect on the protein seed quantity and leaf nitrogen of corn (CV. Sc-704) with mycorrhiza symbiosis. 5th National Conference New Ideas in Agriculture, 17-18 Feb. 2010. Azad University of Khorasghan, Isfahan, Iran.
53. Tkachuk, R. 1969. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Cereals and Oilseed Meals. 46: 419-423.

www.SID.ir

Archive of SID

54. Wu, Q. S., and Xia, R. X. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. Journal of Plant Physiology 163 (4): 417-425.
55. Zubarer, M. A., Chowdhury, A. K. M. M. B., Islam, M. Z., Ahmed, T., and Hasan, M. A. 2007. Effects of water stress on growth and yield attributes of Aman rice genotypes. International Journal of Sustainable Crop Production 2 (6): 25-30.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 1, Spring. 2017, p. 150-167

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۱۶۷-۱۵۰

Effect of Two Species Mycorrhizal Fungi on Quantitative and Qualitative Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Landraces in Different Levels of Drought Stress

E. Gholinezhad[1*]

Received: 27-08-2015
Accepted: 08-02-2016

Introduction

Drought stress is considered to be one of the most adverse abiotic stresses that influence plant growth and their physiological and biochemical aspects. In addition, drought stress influences the social and economic life of humans. Sesame (*Sesamum indicum* L.) is a drought tolerant plant. *Sesamum indicum* L. is one of the oldest and very important oil seed crops. It is usually cultivated in arid and semi - arid regions of the world for its quality edible oil and is very responsive to changing environmental conditions. Mycorrhizal symbiosis plays an important role in nutrient cycling in agricultural and natural ecosystems and reduces the effects of drought stress in plants by helping water absorption. AM fungi colonize the root cortex of plants and develop an extrametrical hyphal network that can absorb nutrients and water from the soil. So the objective of this study was evaluation of the influence of different levels of drought stress and two kinds of mycorrhizal fungi on oil percentage and yield, protein percentage and yield and seed yield of eight landraces sesame (*Sesamum indicum* L.).

Materials and Methods

This experiment was conducted by using factorial split plot based on randomized complete block design with three replications in research field of Urmia agricultural high school in 2014-2015. The main factor consisted of different levels of irrigation, normal irrigation (irrigation after 70 mm evaporation of crop (ETC)), moderate drought stress (irrigation after 90 mm evaporation of crop (ETC)) and severe drought stress (irrigation after 110 mm evaporation of crop (ETC)), sub plots including two kinds of mycorrhizal fungi *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices* and non-inoculated (control). Sub-sub plots consisted of eight landraces of sesame names Jiroft13, Zanjan Tarom landrace, Moghan landrace, Naz of several branches, TC-25 ،TS-3, Darab 14 and Dashtestan 5.

Results and Discussion

The results of analysis showed that the effect of different levels of irrigation, mycorrhizal fungi and genotypes on studied traits were significant. Means comparison showed that with increasing severity of drought stress, seed yield, oil percentage, protein percentage, oil yield, protein yield and biological yield decreased significantly. Severe drought stress reduced oil yield and protein yield about 67 and 66 percent, respectively. Oil and Protein yield loss are due to seed yield loss because of water scarcity and applying water stress. Inoculation with mycorrhizal fungi species (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) in comparison with non-inoculated (control), seed yield improved about 33 and 11 percent, respectively. The reason for that may be related to the effect of mycorrhizal on absorption phosphorus and sulfur, lasting more leaves the plant, maintaining and increasing the leaves size and improving the photosynthesis by more chlorophyll. Reason of increasing biological yield in normal irrigation conditions was also due to the development of more and better durability of the leaf surface which causes physiological source sufficient to make greater use of light and dry matter production.

With using two kinds of mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae*, *Glomus intraradices*) in compared to non-inoculated (control), seed yield and seed qualitative traits increased. Among sesame landraces under studied in this research, Moghan landrace and Zanjan Tarom landrace based on traits such as seed yield, oil yield and protein yield had superiority on other landraces. Based on results of this study, for improvement oil and protein percentage using mycorrhizal fungi especially, *G.mosseae* species would be recommended.

1- Associate Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: gholinezhad1358@yahoo.com)

www.SID.ir

Archive of SID

Conclusions

The results of this study showed that drought stress and water deficit substantially reduced the quality traits such as oil content, protein content, oil yield, protein yield and seed yield of landraces of sesame. Application of mycorrhizal fungi in three different conditions increased seed yield and quality of all landraces. According to the results, not only the use of mycorrhizal fungi increased seed yield under drought stress but also in optimum irrigation conditions using mycorrhizal fungi, especially the species *G. mosseae* can be improved quantitative and qualitative yield. Landraces had different reactions to drought stress. Landraces Moghan and Tarom Zanjan had superiority on other genotypes and can recommend as suitable genotypes for planting.

Keywords: Biological yield, *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices*, Oilseed, Water deficit

www.SID.ir