

اثر همزیستی با گونه‌های میکوریزا و پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) در سطوح تنش خشکی

عبدالحسین عسکری^۱، محمدرضا اردکانی^{۲*}، سعید وزان^۳، فرزاد پاک نژاد^۴ و یعقوب حسینی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۸

عسکری، ع.، اردکانی، م. ر.، وزان، س.، پاک نژاد، ف.، و حسینی، ی. ۱۳۹۷. اثر همزیستی با گونه‌های میکوریزا و پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) در سطوح تنش خشکی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۲۴۴-۱۲۲۹.

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی، پرایمینگ بذر و همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا آربوسکولار بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.) به صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی‌آباد هرمزگان اجرا گردید. فاکتور اصلی تنش خشکی شامل: آبیاری بر اساس تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (آبیاری نرمال)، تأمین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش ملایم) و تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش شدید)، فاکتور فرعی پرایمینگ در سه سطح: بدون پرایمینگ (شاهد)، هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ و فاکتور فرعی دیگر شامل سطوح قارچ میکوریزا: بدون استفاده از قارچ میکوریزا (شاهد)، استفاده از گونه‌های *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده تنش خشکی تأثیری معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بر کلیه صفات مورد بررسی داشت. اثر تلقیح میکوریزا بر تمامی پاسخ‌های گیاهی اندازه‌گیری شده ($P \leq 0.01$) و تیمار پرایمینگ بر صفت تعداد دانه در هر کپسول ($P \leq 0.01$) و همچنین بر صفات وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دارای تأثیری معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود. اثرات برهمکنش آبیاری × میکوریزا فقط بر صفت عملکرد دانه ($P \leq 0.05$)، اثرات برهمکنش میکوریزا × پرایمینگ بر صفت تعداد دانه در هر کپسول ($P \leq 0.01$) و بر صفت وزن هزاردانه ($P \leq 0.05$) معنی‌دار بود. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و تمامی صفات اندازه‌گیری شده، مربوط به آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (آبیاری نرمال) به دست آمد. افزایش مقدار آبیاری از ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به ۱۰۰ درصد نیاز آبی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به میزان‌های ۳۹/۴ و ۲۶/۷ درصد بهبود بخشید. تلقیح با قارچ میکوریزا گونه‌های *G. intraradices* و *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، عملکرد دانه را به میزان‌های ۱۰/۴ و ۴/۷ درصد بهبود داد. پرایمینگ بذر نسبت به عدم پرایم بذر عملکرد دانه را به میزان ۲ درصد افزایش داد. هر چند تنش خشکی باعث کاهش عملکرد کنجد شد، ولی استفاده از قارچ میکوریزا شدت اثر آن را کاهش داد. همچنین، تأثیر دو گونه میکوریزا بر عملکرد کنجد و اثر آنها بر کاهش خسارت تنش متفاوت بود، به طوری که قارچ میکوریزا *G. mosseae* دارای قدرت همزیستی بیشتری در مقایسه با *G. intraradices* بود و از افت شدید عملکرد کنجد در شرایط تنش خشکی جلوگیری نمود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بیولوژیک، نیاز آبی، همزیستی میکوریزایی، هیدروپرایمینگ

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهمترین عامل‌های محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است. پاسخ گیاهان به تنش خشکی بستگی به شدت و مدت تنش و همچنین گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش و همچنین مدیریت مزرعه دارد (Good & Zaplachinski, 1994). تنش خشکی تأثیر زیادی بر عملکرد گیاهان زراعی دارد، این تأثیر به طور عمده با کاهش فتوسنتز

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری زراعت، استاد و دانشیاران دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۵- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: mreza.ardakani@gmail.com)

روزنه‌ای به‌وسیله تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بهبود می‌بخشد. این تغییرات سبب بهبود تغذیه فسفر گیاهان میکوریزایی تحت تنش خشکی می‌شود (Elwan, 2001). روش‌های پیش‌تیمار کردن بذرها می‌تواند در بهبود کیفیت تولید و تحمل گیاه به تنش خشکی مؤثر باشد. بذور پراریم شده زودتر جوانه زده و مراحل مختلف رشد و نمو خود را نیز سریع‌تر طی می‌نمایند که به موجب آن تطابق طبیعی عوامل زنده تنش‌زا با مراحل فنولوژیک گیاه تغییر و خسارتی که به هنگام هجوم عوامل بیماری‌زا به بذرهای پراریم شده و گیاهان حاصل از آنها وارد می‌شود، کاهش خواهد یافت. پرایمینگ قدرت جوانه‌زنی و رویش بذر را در شرایط برخورد با تنش افزایش می‌دهد (Bradford et al., 1990). علی‌رغم تحقیقات گسترده‌ای که در مورد همزیستی قارچ‌های میکوریزایی با گیاهان مختلف زراعی صورت گرفته است هنوز اطلاعات محدودی در رابطه با همزیستی گیاه کنجد با این قارچ‌ها در شرایط تنش خشکی به هنگام استفاده از بذرهای پراریم شده وجود دارد.

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر همزیستی دو گونه مختلف از قارچ‌های میکوریزایی و پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی در هرزگان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به‌منظور بررسی اثرات قارچ‌های میکوریزا و پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد در سطوح مختلف تنش خشکی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک-های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی‌آباد هرزگان در طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴، اجرا گردید. طول جغرافیایی محل آزمایش ۵۵ درجه و ۵۴ دقیقه و عرض جغرافیایی آن ۲۸ درجه و ۱۹ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۹۲۰ متر، میانگین بارندگی سالانه ۲۲۶/۷ و میانگین تبخیر در سال ۳۲۰۰ میلی‌متر (جدول ۲) و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق گرم و خشک به‌شمار می‌رود. نتایج حاصل از تجزیه برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت، در جدول ۱ ارائه شده است. فاکتور اصلی تنش خشکی شامل: آبیاری بر اساس تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (آبیاری نرمال، معادل ۶۳۷۶/۷۷ متر مکعب آب در هکتار)، تأمین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش ملایم، معادل ۴۴۶۳/۷۴ متر مکعب آب در هکتار) و تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش شدید، معادل ۳۱۸۸/۳۸ متر مکعب آب در هکتار) و فاکتور فرعی پرایمینگ در سه سطح: بدون پرایمینگ (شاهد)، هیدروپرایمینگ (۲۴ ساعت در آب مقطر و بعد ۲۴ ساعت در هوای آزاد خشک شد) و اسموپرایمینگ (با استفاده از محلول PEG 6000، ۰/۲ مگا پاسکال و قرار دادن

صورت می‌گیرد. در این شرایط، تنش خشکی با عامل‌های روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای بر شدت فتوسنتز تأثیر می‌گذارد. از آنجا که برای انجام فتوسنتز و تبادل‌های گازی باز بودن روزنه‌ها لازم است، بنابراین در اثر کمبود آب و بسته شدن روزنه‌ها، تبادل‌های گازی کاهش یافته، دی‌اکسیدکربن کمتری توسط گیاه جذب و در نتیجه مقدار فتوسنتز کاهش می‌یابد. کاهش فتوسنتز همراه با کاهش رشد و عملکرد در گیاه خواهد بود (Reddy et al., 2004).

کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی است که در بیشتر مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شود، در ایران کشت کنجد در استان‌های خوزستان، بوشهر، سیستان و بلوچستان، فارس و سمنان متداول است. به دلیل نیاز آبی کم، کنجد به صورت زراعت اصلی یا کشت همراه با پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) در بهار و همچنین به‌عنوان کشت دوم پس از برداشت غلات کشت می‌شود (Bagheri et al., 2012). در بین گیاهان زراعی کنجد به‌دلیل مقاومت به خشکی و گرما اهمیت زیادی در توسعه کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک به‌عنوان کشت تابستانه دارد، اما این گیاه در مرحله استقرار گیاهچه و همچنین در طول دوره گلدهی تا پر شدن دانه به تنش خشکی حساس است (Weiss, 2000). فواصل طولانی دور آبیاری باعث کاهش رشد و کاهش عملکرد دانه کنجد به‌دلیل تأثیر بر مراحل مختلف فتوسنتز می‌شود (Al-Palsan et al., 2001; Mensah et al., 2006). برای غلبه بر تنش خشکی، راهکار زیستی یکی از راهکارهای اساسی است که باید مورد توجه قرار گیرد، در این بین می‌توان به قارچ‌های میکوریزا، اشاره کرد. یکی از مهم‌ترین انواع میکوریزاها، میکوریزای آربوسکولار می‌باشد که از نظر کشاورزی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا اغلب گیاهان زراعی و باغی توانایی همزیستی با این نوع میکوریزا را دارند (Azcon et al., 1997). در بررسی تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط مشهد گزارش گردید که با افزایش مقدار آب آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار، عملکرد دانه و عملکرد زیستی به‌ترتیب برابر با ۵۲ و ۱۱۸ درصد بهبود یافت و تلقیح با *G. mosseae* در مقایسه با *G. intraradices* و شاهد عملکرد دانه را به‌ترتیب برابر با ۷ و ۱۲ درصد بهبود بخشید (Koocheki et al., 2015). نتایج تحقیقات بر روی گیاه میکوریزایی و غیرمیکوریزایی در شرایط تنش رطوبتی نشان داده است که هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه‌های گیاهان میکوریزی بیشتر از گیاهان غیر میکوریزی است که این امر در اثر افزایش سطح ریشه و یا طول ریشه‌های میکوریزی می‌باشد. همچنین هدایت آبی در واحد طول ریشه ۲ تا ۳ برابر افزایش نشان می‌دهد (Troehza loynachan, 2003). قارچ میکوریزا ارتباط آب با گیاه میزبان را به‌وسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت

فاصله ردیف ۴۰ سانتی متر و فاصله بوته بر روی ردیف ۱۰ سانتی متر بود. به منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، فاصله تیمارهای فرعی از یکدیگر ۱/۵ متر و تیمارهای اصلی ۲ متر و فاصله بین تکرارها نیز ۳ متر بود. تا مرحله ۲ تا ۳ برگی و استقرار کامل گیاه همه تیمارها به طور یکسان آبیاری شدند و بعد از این مرحله سطوح مختلف تنش خشکی اعمال شد. برای تعیین مقدار آبیاری در سطوح آبیاری مورد نظر، از نتایج پژوهش تعیین نیاز آبی گیاه مرجع چمن (ETO) در منطقه حاجی آباد که به وسیله (Moradi-Dalini, 2012) تعیین شده بود و مقدار ضریب گیاهی (Kc) کنگد در مراحل مختلف رشد (Farshi et al., 1998)، استفاده گردید. در نهایت با در نظر گرفتن باران مؤثر، مقدار آب آبیاری کنگد برای آبیاری کامل (بدون تنش، معادل ۶۳۷۶/۷۷ متر مکعب آب در هکتار) محاسبه و با توجه به آن مقدار، آب مورد استفاده در هر سطح تنش خشکی محاسبه گردید. این مقادیر محاسبه شده با کمک کنتور حجمی آب به فاصله هر پنج روز یکبار و به طور جداگانه برای هر سطح تنش خشکی اعمال گردید. روش آبیاری به صورت قطره ای - نواری (تیپ) بود.

بذرها به مدت ۲۴ ساعت در محلول و بعد ۲۴ ساعت در هوای آزاد خشک شد) و تیمار فرعی دیگر شامل سطوح مختلف استفاده از میکوریزا: بدون کاربرد میکوریزا (شاهد)، استفاده از گونه های *G. intraradices* و *mosseae* بودند. مایه تلقیح مورد استفاده که با روش کشت گلدانی گیاه ذرت توسط کلینیک گیاه پزشکی ارگانیک اسداباد همدان بدست آمده بود، شامل قطعات ریز ریشه ذرت همزیست، حاوی ریشه ها، وریکول ها، آربوسکول ها، اسپوره های قارچ و خاک چسبیده به آنها بود. به هنگام کاشت، مقدار ۱۰ گرم از هر گونه میکوریزا به ازای هر بذر در عمق ۳ تا ۴ سانتی متری خاک قرار داده شد، سپس بذرها کاشته و حدود ۲ سانتی متر خاک بر روی بذرها داده شد. مایه تلقیح میکوریزای مورد استفاده که با روش کشت گلدانی گیاه ذرت بدست آمده بود، شامل قطعات ریز ریشه ذرت همزیست، حاوی ریشه ها، وریکول ها، آربوسکول ها، اسپوره های قارچ و خاک چسبیده به آنها بود. عملیات تهیه بستر کاشت شامل شخم، دیسک و تسطیح در خرداد ماه و عملیات کاشت در نیمه اول تیر ماه برای هر دو سال آزمایش انجام شد. هر کرت شامل ۶ خط به طول ۵ متر و

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physico-chemical soil properties of the experimental site

سال Year	عمق خاک (سانتی متر) Soil depth (cm)	بافت Texture	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	واکنش خاک pH	کربن آلی (درصد) O. C (%)	فسفر در دسترس (میلی گرم در کیلوگرم) Available P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم در دسترس (میلی گرم در کیلوگرم) Available K (mg.kg ⁻¹)
2014	0-30	Sandy-loam لومی شنی	2.43	8.01	0.63	6.3	185
2015	0-30	Sandy-loam لومی شنی	2.22	7.98	0.77	5.9	203

اندازه گیری شد. برای اندازه گیری وزن هزار دانه از ۱۰ نمونه صدتایی که به طور تصادفی از هر تیمار شمارش شدند، استفاده گردید. تجزیه واریانس مرکب داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و برای رسم نمودارها از برنامه کامپیوتری Excel استفاده شد. مقایسه میانگین ها با کمک آزمون LSD ($P \leq 0.05$) انجام گرفت.

در هنگام برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی از خطوط ۳ و ۴ پس از حذف نیم متر از هر دو انتهای خطوط کاشت و به مساحت ۳/۲ متر مربع بدست آمد. برای تعیین اجزای عملکرد از هر کرت ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و متوسط تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد شاخه جانبی در هر بوته و ارتفاع گیاه

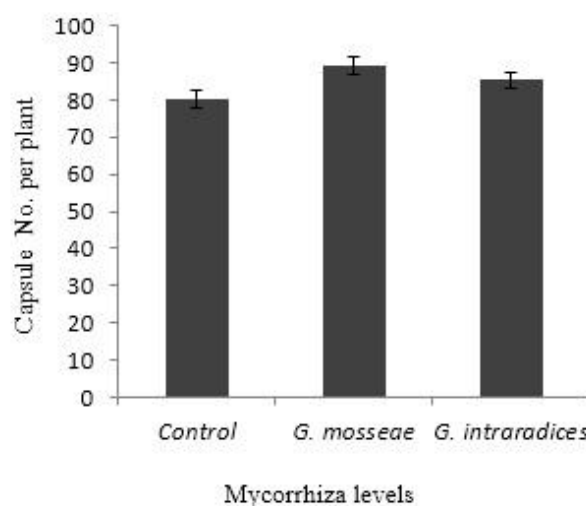
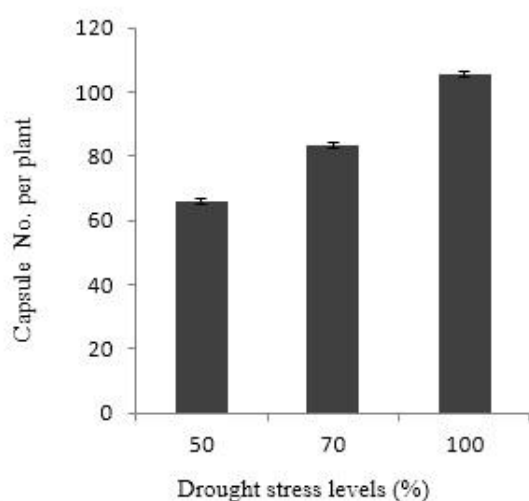
جدول ۲- داده‌های هواشناسی مربوط به ماه‌های رشد کنگد در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۴
Table 2- Meteorological data for sesame-growing seasons in 2014 and 2015

داده‌های هواشناسی Meteorological parameters	Month									
	تیر July		مرداد August		شهریور September		مهر October		آبان November	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
دمای بیشینه (درجه سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	42.2	41.9	42.3	41.7	39.4	43.9	35	35.3	26.4	26.7
دمای کمینه (درجه سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	25.4	25.6	25.5	26.9	22.3	17.7	17.3	18.1	9	12.6
متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	35.1	33.8	35	34.3	30.9	31.1	26.2	26.7	18	19.7
میزان بارندگی (میلی‌متر) Total rainfall (mm)	1.3	9.3	0	0	0	2.7	0	1.5	0.2	11.4
تبخیر کل (میلی‌متر) Total evaporation (mm)	522.3	506.4	490.5	510.1	409.4	424.7	312.7	339.2	202.8	189
متوسط رطوبت نسبی (درصد) Average relative humidity (%)	24	31	29	26	33	31	32	33	32	56

نتایج و بحث

هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی دارای تأثیری معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود. اثرات برهمکنش آبیاری \times میکوریزا فقط بر صفت عملکرد دانه ($P \leq 0.05$)، اثرات برهمکنش میکوریزا \times پرایمینگ بر صفت تعداد دانه در هر کپسول ($P \leq 0.01$) و بر صفت وزن هزاردانه ($P \leq 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد، اثرات ساده تنش خشکی و میکوریزا بر تعداد کپسول در هر بوته، تعداد دانه در هر کپسول، وزن هزاردانه، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود. تیمار پرایمینگ بر صفت تعداد دانه در هر کپسول ($P \leq 0.01$) و همچنین بر صفات وزن



شکل ۲- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر تعداد کپسول در بوته کنگد

on the number of capsules per plant of sesame Fig. 2- The effect of mycorrhiza inoculation

شکل ۱- اثر سطوح تنش خشکی بر تعداد کپسول در بوته کنگد
Fig. 1- Effect of drought stress levels on the number of capsules per plant of sesame

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه
Table 3- Analysis of variance for the evaluated parameters

میانگین مربعات (MS)								
متابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد کپسول در پوته Capsule No. per plant	تعداد دانه در کپسول Seeds No. per capsul	وزن هزار دانه 1000 - seed weight	تعداد شاخه فرعی Lateral branches	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
سال Year (Y)	1	204.47**	244.45**	0.002**	0.029 ns	45.65 ns	34818.67**	437008.62**
خطای سال R×y	2	2.006	17.48	0.039	0.015	9.67	3093.08	58471.49
آبیاری Irrigation (I)	2	21348.09**	8488.02**	6.132**	5.789**	2823.04**	8661268.56**	46920532.91**
Y×I	2	0.49 ns	75.12**	0.005 ns	0.045 ns	9.37 ns	5162.15 ns	50575.56 ns
R×I	4	32.73	13.34	0.017	0.024	22.16	1435.84	8096.73
پرایمینگ Priming (P)	2	36.72 ns	257.02**	*0.066	0.036 ns	32.15 ns	17226.78*	163463.72*
میکوریزا Mycorrhizal (M)	2	1128.66**	725.17**	0.488**	0.282**	914.71**	434858.97**	4603237.85**
Y×P	2	3.08 ns	1.67 ns	0.001 ns	0.009 ns	1.86 ns	5519.27 ns	4712.34 ns
Y×M	2	27.95 ns	4.19 ns	0.004 ns	0.007 ns	161.48**	599.19 ns	10264.47 ns
Y×I×P	4	5.35 ns	6.45 ns	0.007 ns	0.004 ns	17.08 ns	2319.64 ns	24169.51 ns
Y×I×M	4	2.97 ns	19.8 ns	0.002 ns	0.0008 ns	6.15 ns	1576.65 ns	18037.52 ns
Y×P×M	4	8.14 ns	2.35 ns	0.032 ns	0.011 ns	21.99 ns	268.62 ns	9005.41 ns
I×P	4	32.82 ns	4.81 ns	0.012 ns	0.008 ns	15.82 ns	4416.52 ns	62839.19 ns
I×M	4	8.79 ns	12.41 ns	0.022 ns	0.023 ns	24.09 ns	9947.79*	121463.09 ns
P×M	4	13.91 ns	74.18**	0.046*	0.017 ns	38.68 ns	1905.21 ns	17339.69 ns
I×P×M	8	34.27 ns	4.13 ns	0.010 ns	0.007 ns	48.09 ns	2882.3 ns	42290.31 ns
Y×I×P×M	8	2.75 ns	2.79 ns	0.015 ns	0.003 ns	4.49 ns	1781.58 ns	32599.19 ns
Error	96	17.41	10.78	0.016	0.020	32.72	3997.26	50407.00
C.V (%)		4.84	4.95	3.81	3.51	4.07	3.87	3.72

ns, ** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی دار

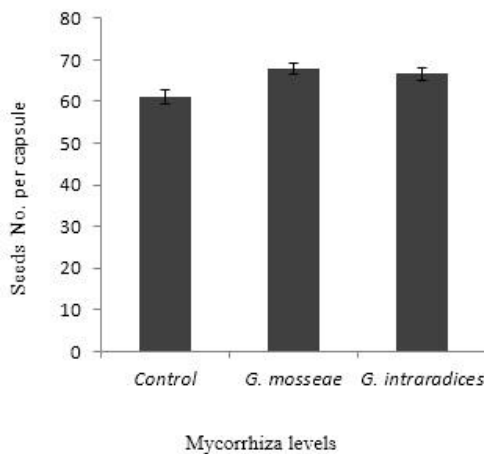
*, ** and ns: Are significant at 5 and 1 percent probability levels, and non-significant, respectively

تعداد کپسول در هر بوته

نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از تعداد کپسول در هر بوته کاسته شد، به طوری که بیشترین و کمترین تعداد کپسول در هر بوته به ترتیب در تیمار آبیاری مطلوب و ۱۰۵/۴۳ و تنش شدید خشکی ۶۵/۳۴ بدست آمد. در واقع سطح آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش شدید) منجر به ۳۷/۶ درصد کاهش در تعداد کپسول در هر بوته نسبت به آبیاری معادل نیاز آبی گیاه (شاهد) گردید (شکل ۱). در تیمار میکوریزا، بیشترین تعداد کپسول در هر بوته ۸۹/۱۸ مربوط به گونه *G. mosseae* و کمترین تعداد کپسول در هر بوته ۸۰/۰۷ مربوط تیمار بدون میکوریزا بود (شکل ۲). کاربرد قارچ *G. mosseae* در واقع باعث افزایش ۱۰/۲

درصد تعداد کپسول در هر بوته نسبت به شاهد (بدون میکوریزا) شد. در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنگد در تیمارهای مختلف رطوبتی خاک بیان شد که در شرایط تنش خشکی، تعداد کپسول در هر بوته به میزان ۴۲ درصد کاهش یافت و همچنین کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش تعداد کپسول در هر بوته شد و بیشترین تعداد کپسول در هر بوته در تلقیح با قارچ *G. mosseae* مشاهده شد (Mehrabi & Ehsanzadeh, 2011). ساینز و همکاران (Sainz et al., 1998) بیان کردند که قارچ های میکوریزا از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و عناصر ریزمغذی، افزایش جذب آب، افزایش مقاومت در برابر تنش های زنده و غیر زنده، سبب بهبود رشد و اجزای عملکرد گیاه میزبان می شوند.

بین داده‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی تعداد دانه در هر کپسول همانند تعداد کپسول در هر بوته کاهش پیدا کرد، به طوری که بیشترین و کمترین تعداد دانه در هر کپسول به ترتیب به میزان‌های ۷۶/۶۷ و ۵۱/۸۱ دانه در هر کپسول در تیمارهای آبیاری مطلوب (شاهد) و تنش شدید خشکی بدست آمد. در واقع سطح آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش شدید) منجر به ۳۲/۴ درصد کاهش در تعداد دانه در هر کپسول نسبت به سطح آبیاری معادل نیاز آبی گیاه (شاهد) گردید (شکل ۳). کاهش در تعداد دانه در هر کپسول در اثر بروز تنش، با یافته‌های (Hassanzadeh et al., 2009) مطابقت داشت. بیشترین تعداد دانه در هر کپسول در شرایط آبیاری مطلوب و تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* به میزان ۶۷/۹۲ مشاهده شد. در شرایط آبیاری مطلوب، تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، تعداد دانه در هر کپسول را به میزان ۷/۶ درصد افزایش داد، در حالی که در شرایط تنش خشکی شدید و ملایم، تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، تعداد دانه در هر کپسول را به ترتیب به میزان‌های ۱۵/۸ و ۸/۴ درصد افزایش داد که نشان می‌دهد در شرایط کمبود آب، استفاده از قارچ میکوریزا تا حدودی اثرات نامطلوب کمبود آب را جبران و از کاهش بیشتر تعداد دانه در هر کپسول جلوگیری می‌نماید (شکل ۴). در یک تحقیق در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) گزارش شد که کاربرد میکوریزا باعث افزایش تعداد دانه در طبق شد (Raei et al., 2016).

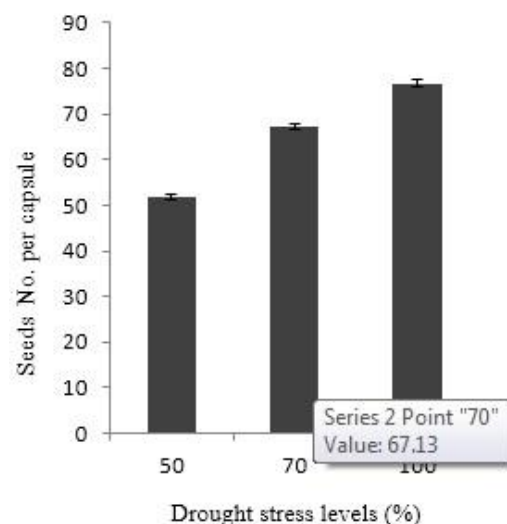


شکل ۴- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر تعداد کپسول در بوته کنگد
 Fig. 4- The effect of mycorrhiza inoculation on the number of seeds per capsule of sesame

تعداد دانه در هر کپسول

اثر متقابل میکوریزا و پرایمینگ بر تعداد دانه در کپسول (P≤0.01) معنی‌دار بود. بیشترین تعداد دانه در کپسول با میانگین ۶۸/۸ دانه مربوط به تیمار هیدرو پرایمینگ و قارچ گونه *G. mosseae* و کمترین آن با میانگین ۵۵/۹۴ دانه در کپسول مربوط به تیمارهای بدون پرایمینگ و بدون قارچ میکوریزا (شاهد) بود (شکل ۶). در نتیجه این تحقیق به وضوح مشاهده می‌شد که در تیمارهای پرایمینگ در اثر بالاتر بودن سرعت و درصد جوانه زنی در مراحل ابتدایی رشد و گسترش بهتر و سریع‌تر تاج پوشش گیاهی اثرات مثبتی بر اجزای عملکرد دانه (تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه) طی مراحل مختلف رشدی داشتند که در انتهای فصل رشد موجب حصول حداکثر عملکرد دانه در این تیمارها گردید. کاربرد تیمارهای اسموپرایمینگ، هاردنینگ و ماتریک پرایمینگ در مورد کلزا (*Brassica napus L.*) سبب افزایش عملکرد از طریق بهبود شاخص‌هایی چون تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه گردید (Afzal et al., 2004).

قارچ‌های میکوریزا به واسطه شبکه هیف‌های تولیدی باعث دسترسی به حجم بیشتری از خاک و جذب بیشتر آب و مواد غذایی و در نتیجه باعث افزایش مقاومت به خشکی و افزایش عملکرد گیاه می‌شوند. نتایج تحقیقات نشان داد که اصلاح روابط آبی گیاه توسط قارچ‌های میکوریزا می‌تواند به واسطه افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق، اثرات هورمونی و تعادل هورمونی، افزایش سریع جذب آب و رساندن پتانسیل گیاه به حد تعادل باشد (Manafi, 2010). مقایسات میانگین

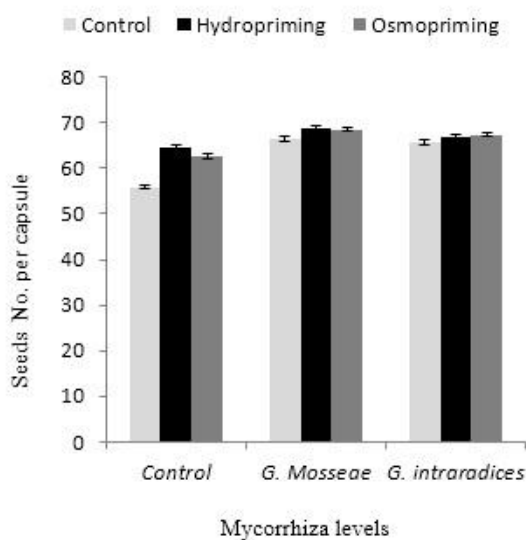


شکل ۳- اثر سطوح تنش خشکی بر تعداد دانه در کپسول کنگد
 Fig. 3- Effect of drought stress levels on the number of seeds per capsule of sesame

خشکی به علت کاهش آب قابل دسترس گیاه، مدت زمان پر شدن دانه کاهش می یابد و دانه ها نمی توانند به طور کامل پر شوند (Fischer et al., 1981). تلقیح با قارچ میکوریزا در شرایط تنش خشکی شدید، سبب گردید تا کاهش وزن هزاردانه تا حدودی جبران گردد، به طوری که همزیستی با قارچ های *G. mosseae* و *G. intraradices* در مقایسه با عدم تلقیح، وزن هزار دانه را به ترتیب ۵/۵ و ۳/۲ درصد بهبود بخشیدند. در شرایط تنش ملایم این قارچ ها به ترتیب ۰/۷ و ۳ درصد وزن دانه را بهبود دادند و در شرایط آبیاری مطلوب تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. Mosseae* نسبت به عدم تلقیح، وزن هزار دانه را حدود ۲/۹ درصد افزایش داد (شکل ۸). به نظر می رسد تلقیح با قارچ میکوریزا هرچند در هر سه شرایط مختلف آبیاری، وزن هزار دانه را افزایش داد ولی در شرایط تنش خشکی شدید تلقیح موثرتر بوده است. در یک تحقیق گزارش شد که کاربرد میکوریزا باعث افزایش وزن هزار دانه شد و از این طریق عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و نرمال افزایش یافت (Jamshidiet al., 2009). در همین راستا محققین دیگر نیز به کاهش وزن هزار دانه با اعمال تنش رطوبتی در گیاه آفتابگردان و گلرنگ اذعان داشته اند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد (Haidari & Karami, 2014; Kargar, 2014).

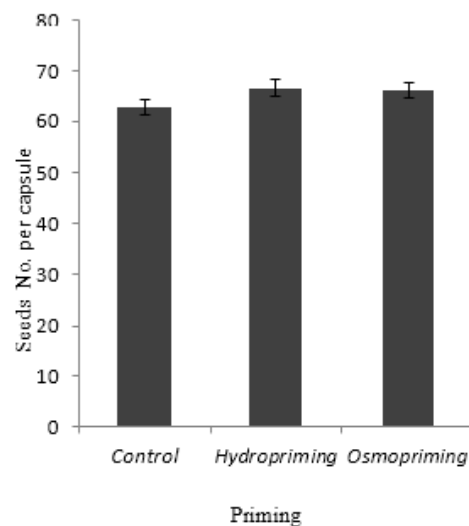
وزن هزار دانه

اثر متقابل میکوریزا و پرایمینگ بر وزن هزار دانه ($P \leq 0.05$) معنی دار بود. بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۳/۴۲ گرم مربوط به هیدرو پرایمینگ و قارچ *G. mosseae* و کمترین آن با میانگین ۳/۱۳ گرم مربوط به تیمارهای بدون پرایمینگ و بدون قارچ میکوریزا (شاهد) بود (شکل ۱۰). به نظر می رسد کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی به علت پیری زودرس و کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه باشد. جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2009) بیان داشتند که کاربرد میکوریزا باعث افزایش وزن هزار دانه شده و از این طریق عملکرد دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش خشکی و نرمال افزایش می یابد. نتایج مقایسه ساده تیمارها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، وزن هزاردانه به طور معنی داری کاهش می یابد. تنش خشکی شدید و ملایم در مقایسه با آبیاری مطلوب، وزن هزار دانه را به ترتیب به میزان های ۱۸/۳ و ۷/۷ درصد کاهش دادند (شکل ۷). به نظر می رسد کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی به علت زودرسی و کوتاه شدن دوره پر شدن دانه باشد. این نتایج با یافته های (Feres & Soriano, 2007) مطابقت داشت. کاهش وزن دانه در تنش کمبود آب بیشتر به دلیل کاهش دوره پر شدن دانه می باشد (Nesmith & Ritchie, 1992). در آزمایش دیگری نیز مشاهده شد که در تنش



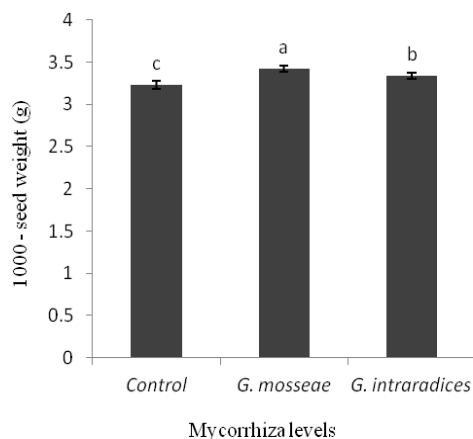
شکل ۶- اثر متقابل همزیستی با قارچ میکوریزا و پرایمینگ بر تعداد دانه در کپسول کنجد

Fig. 6- Interaction of mycorrhiza inoculation and priming treatments on seeds number per capsule of sesame

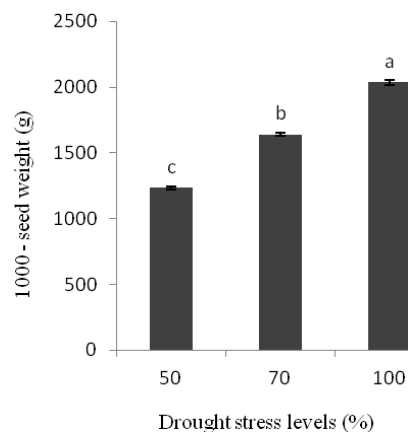


شکل ۵- اثر سطوح پرایمینگ بر تعداد دانه در کپسول کنجد

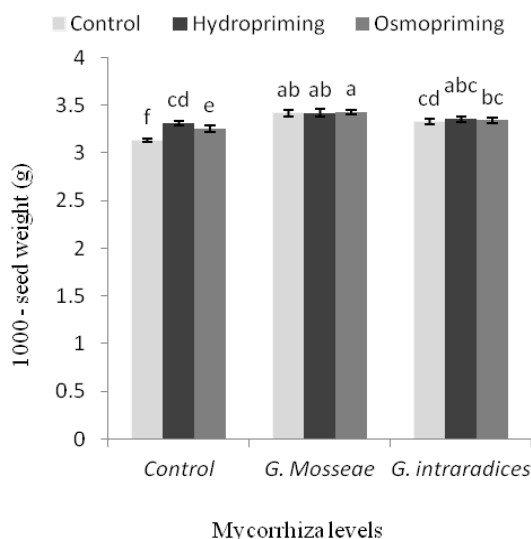
Fig. 5- The effect of priming levels treatments on the seed number per capsule of sesame



شکل ۸- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه کنجد
Fig. 8- The effect of mycorrhiza inoculation on the thousand grain weight of sesame

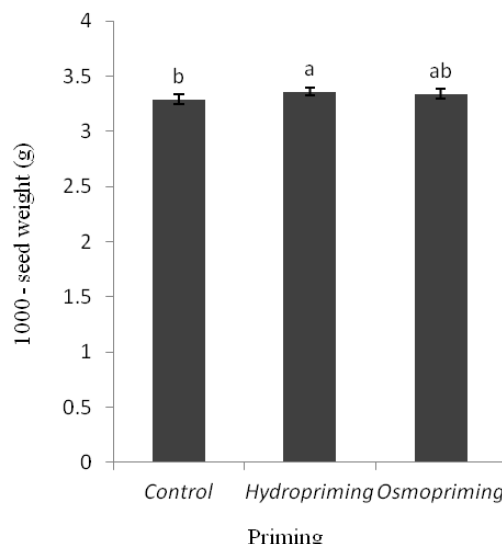


شکل ۷- اثر سطوح تنش خشکی بر وزن هزار دانه کنجد
Fig. 7- The effect of drought stress levels on the thousand grain weight of sesame



شکل ۱۰- اثرات متقابل همزیستی با قارچ میکوریزا و پرایمینگ بر وزن هزار دانه کنجد

Fig. 10- Interaction of mycorrhiza inoculation and priming treatments on the thousand grain weight of sesame

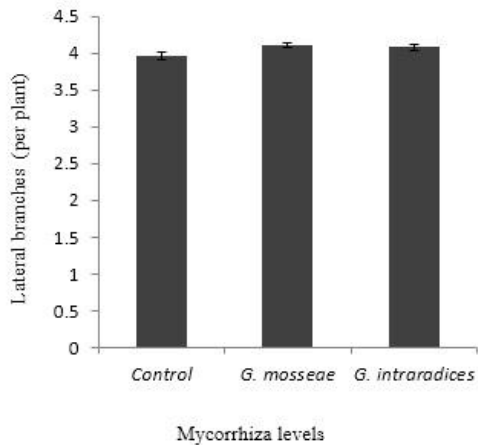


شکل ۹- اثر سطوح پرایمینگ بر وزن هزار دانه کنجد
Fig. 9- The effect of priming levels on the thousand grain weight of sesame

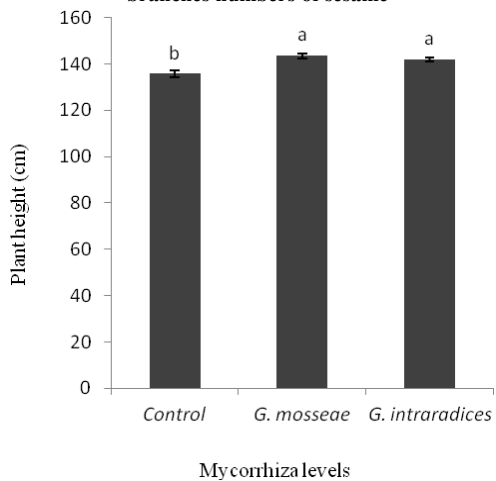
یافت. همچنین شیرانی‌راد و همکاران (Shirani-Rad et al., 2010) گزارش دادند که تنش خشکی بخصوص قطع آبیاری از مرحله گلدهی و خورجین‌دهی به بعد در کلزا توانست تعداد شاخه فرعی را کاهش دهد. در تیمار میکوریزا بیشترین تعداد شاخه فرعی با میانگین ۴/۱۲ شاخه فرعی مربوط به گونه *G. mosseae* و کمترین آن با میانگین ۳/۹۷ شاخه فرعی مربوط به تیمار بدون میکوریزا بود. تیمار میکوریزا باعث افزایش ۳/۴ درصد شاخه فرعی نسبت به تیمار بدون میکوریزا گردید (شکل ۱۲).

تعداد شاخه فرعی

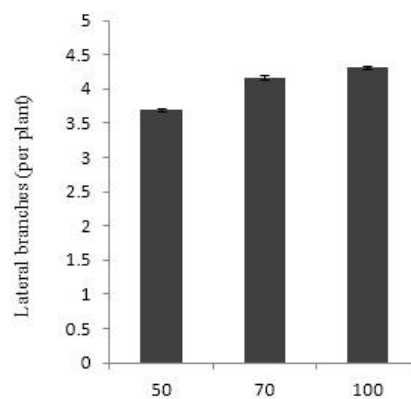
مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی تعداد شاخه فرعی کاهش پیدا کرد به طوری که بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی به ترتیب در تیمار آبیاری مطلوب ۴/۳۱ و تنش شدید خشکی ۳/۶۹ بدست آمد. در واقع، سطح آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش شدید) منجر به ۱۴/۴ درصد کاهش در تعداد شاخه فرعی نسبت به سطح آبیاری معادل نیاز آبی گیاه (شاهد) گردید (شکل ۱۱). بررسی انجام شده توسط رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani-Moghaddam et al., 2005) نیز نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح، تعداد شاخه فرعی کنجد کاهش



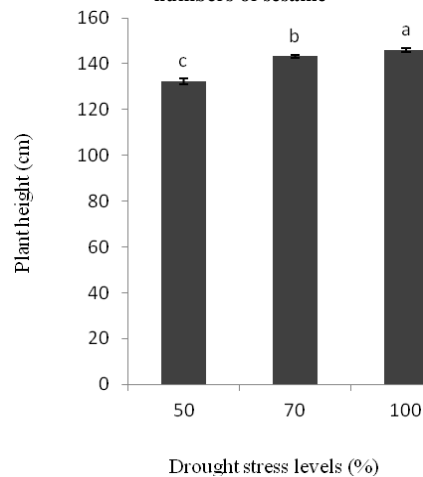
شکل ۱۲- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر تعداد شاخه فرعی کنجد
 Fig. 12- The effect of mycorrhiza inoculation on the lateral branches numbers of sesame



شکل ۱۴- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر ارتفاع گیاه کنجد
 Fig. 14- The effect of mycorrhiza inoculation on the plant height of sesame



شکل ۱۱- اثر سطوح تنش خشکی بر تعداد شاخه فرعی کنجد
 Fig. 11- Effect of drought stress levels on the lateral branches numbers of sesame



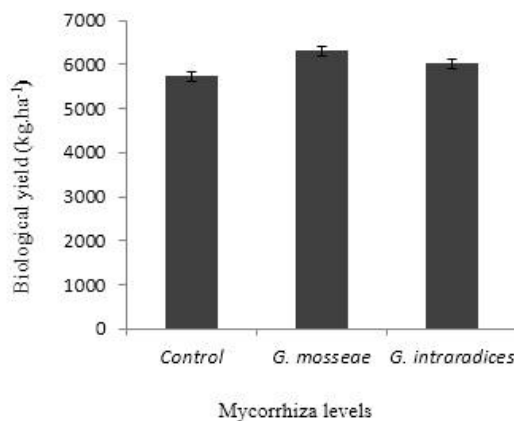
شکل ۱۳- اثر سطوح تنش خشکی بر ارتفاع گیاه کنجد
 Fig. 13- Effect of drought stress levels on the plant height of sesame

2010). در شرایط اعمال تنش خشکی جریان آسیمیلاتاها به اندامهای در حال رشد کاهش یافته و از توسعه سلولی ممانعت به عمل می آید، این امر منجر به کاهش سطح برگ و سپس کاهش ارتفاع گیاه می شود که حتی با کاهش تنش نیز اندامهای تحت تأثیر قرار گرفته دیگر به توسعه کامل سلولی نمی رسند (Banziger et al., 2000). مقایسه میانگین تیمار میکوریزا بر ارتفاع بوته نشان داد که قارچ گونه *G. mosseae* بر ارتفاع بوته نسبت به شاهد (بدون میکوریزا) ۵/۴ درصد برتری داشت ولی بین دو گونه قارچ اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۱۴). در یک تحقیق در گیاه آفتابگردان بر خلاف نتایج این مطالعه گزارش شد که قارچ گونه *G.*

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته در تمامی تیمارهای تنش نسبت به شاهد کاهش نشان داد. بیشترین کاهش به میزان ۹/۴ درصد مربوط به تیمار تنش شدید (۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود (شکل ۱۳). تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه، موجب کاهش ارتفاع می شود (Rostami et al., 2004). تعدادی از محققین گزارش نمودند که با افزایش دور آبیاری و افزایش شدت کمبود آب ارتفاع بوته کنجد کاهش یافت (Rezvani Moghaddam et al., 2005; Eskandari et al., 2010). در یک تحقیق گزارش شد، که تنش خشکی در مرحله گلدهی کنجد باعث کاهش ارتفاع بوته شد (Jain et al.,

که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک می‌شود. این نتایج با نتایج (Gholinezhad et al., 2010) نیز مطابقت داشت. در آزمایشی مشاهده گردید که در ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز، حداکثر عملکرد دانه و بیولوژیک در تیمار آبیاری مطلوب حاصل شد و با اعمال تنش‌های رطوبتی، کاهش این صفات معنی‌دار بود (Mojdam, 2006). تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* و گونه *G. intraradices* نسبت به عدم تلقیح با قارچ میکوریزا، عملکرد بیولوژیکی را به میزان‌های ۹/۲ و ۵ درصد بهبود بخشیدند (شکل ۱۶). 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 (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 بدون تنش می‌شود (Hetrick et al., 1996).



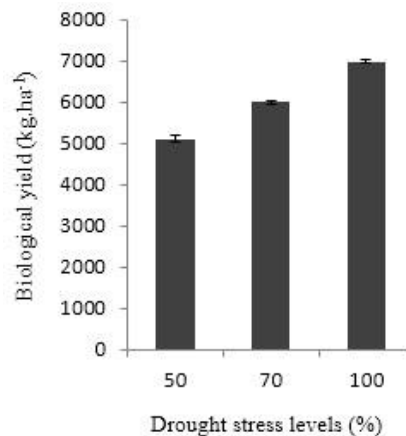
شکل ۱۶- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک کنجد
 Fig 16- The effect of mycorrhiza inoculation on biological yield of sesame

با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، عملکرد دانه را به میزان ۹/۹۷ درصد افزایش داد درحالی‌که در شرایط تنش خشکی شدید و ملایم، تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، عملکرد دانه را به ترتیب به میزان‌های ۱۱/۳۹ و ۹/۷۱ درصد افزایش داد که نشان می‌دهد در شرایط محدودیت آب، تلقیح با قارچ میکوریزا تا حدودی اثرات نامطلوب کمبود آب را جبران و از کاهش بیشتر عملکرد دانه جلوگیری می‌شود (شکل ۲۰). نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد قارچ‌های میکوریزا در طی دوره تنش خشکی با افزایش پتانسیل آب برگ (Ladjal & Ducrey, 2005)، افزایش سرعت مصرف

intraradices نسبت به قارچ گونه *G. mosseae* بر ارتفاع بوته تأثیر بیشتری داشت (Veysi et al., 2017).

عملکرد بیولوژیکی

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی در شرایط آبیاری مطلوب با میانگین ۶۹۷۰/۵۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان عملکرد بیولوژیکی در شرایط تنش خشکی شدید با میانگین ۵۱۰۷/۰۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۱۵). دلیل کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک 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). بیان اشکانی و همکاران (Ashkani et al., 2007) داشتند، صفت عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و باعث کاهش معنی‌دار آن شد. دلیل افزایش عملکرد بیولوژیکی در شرایط آبیاری مطلوب، گسترش بیشتر و دوام بهتر سطح برگ بوده

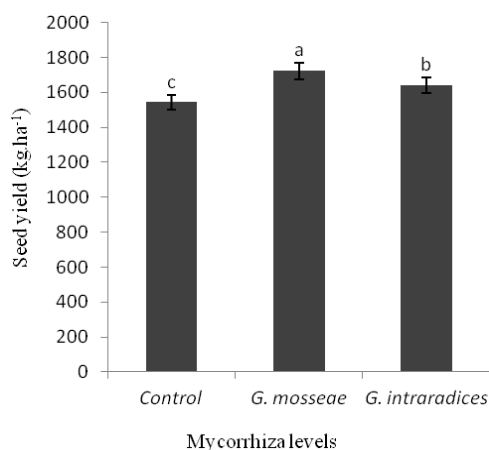


شکل ۱۵- اثر سطوح تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک کنجد
 Fig 15- The effect of drought stress levels on biological yield of sesame

عملکرد دانه

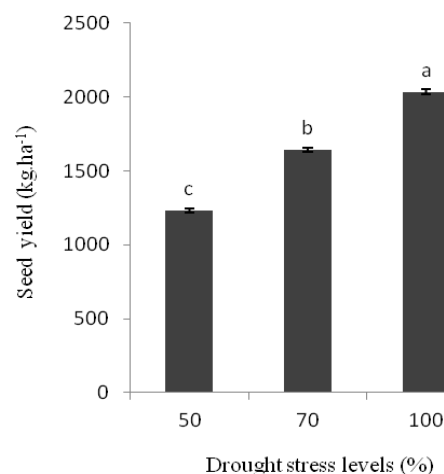
مهم‌ترین عامل در تولید گیاهان زراعی میزان عملکرد دانه محسوب می‌شود. اثر متقابل تنش خشکی و میکوریزا بر عملکرد دانه (P≤0.05) معنی‌دار بود. این موضوع نشان دهنده آن است که اثر قارچ بر عملکرد دانه مستقل از اثر تنش نبوده و تحت تأثیر آن واقع شده است. بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب و تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* به میزان ۲۱۳۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن به میزان ۱۱۷۱ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش شدید خشکی و بدون میکوریزا مشاهده شد. در شرایط آبیاری مطلوب تلقیح

داشت، در انتهای فصل رشد موجب حصول حداکثر عملکرد دانه در این تیمارها گردید. در یک تحقیق ملاحظه گردید که پرایمینگ باعث افزایش سرعت و درصد جوانه زنی و وزن خشک گیاهچه و کاهش گیاهچه های غیرنرمال آفتابگردان در شرایط تنش خشکی گردید (Demir et al., 2006). افزایش عملکرد به وسیله پرایمینگ بذر همچنان که محققان دیگر نیز گزارش کرده اند، می تواند به دلیل جوانه زنی بهتر، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت استفاده مطلوب از مواد غذایی و عوامل محیطی باشد (Hozayn et al., 2007). تلقیح با قارچ های میکوریزا گونه های *G. mosseae* و *G. intraradices* نسبت به عدم مصرف قارچ میکوریزا، عملکرد دانه را به میزان های ۱۰/۴ و ۴/۷ درصد بهبود بخشیدند. علت افزایش عملکرد دانه در اثر استفاده از قارچ را می توان به بهبود اجزای عملکرد دانه، مانند تعداد کپسول در هر بوته، تعداد دانه در هر کپسول و وزن هزار دانه ارتباط داد. به عبارتی مصرف قارچ میکوریزا در مقایسه با حالت عدم مصرف قارچ میکوریزا، باعث افزایش اجزای عملکرد دانه شد. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2016) اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی بر برخی ویژگی های کمی و کیفی کنجد گزارش کردند که میکوریزا چه به تنهایی و چه در ترکیب با کودهای آلی گرانوله ی گوگردی و ورمی کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد (بدون کود) شد. همچنین گزارش شده است میکوریزا به دلیل تولید انواع هورمون ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه ای باعث فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر گردید که در نتیجه بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد را به دنبال داشت (Koocheki et al., 2015).

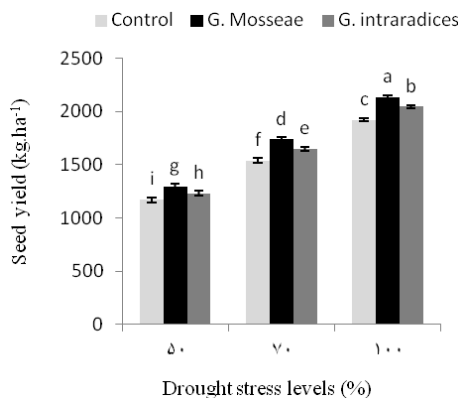


شکل ۱۸- اثر همزیستی با قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه کنجد
 Fig. 18- The effect of mycorrhiza inoculation on grain yield of sesame

دی اکسید کربن (Amerian et al., 2001) و افزایش میزان تعرق (Bathlenfalvay et al., 1998) قادرند اثرات تنش خشکی در گیاه را کاهش دهند. نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش معنی داری می یابد، به طوری که تنش خشکی شدید و ملایم نسبت به شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه را به میزان ۳۹/۴ و ۱۹/۳ درصد کاهش داد (شکل ۱۷). بیشتر بودن عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب می تواند به دلیل افزایش تعداد کپسول در بوته، افزایش تعداد دانه در کپسول و افزایش تعداد شاخه های فرعی باشد. در بسیاری از گزارشات نشان داده شده است که عملکرد کنجد، در تنش های شدید خشکی و کم آبیاری تحت تأثیر قرار می گیرد. در طی یک تحقیق گزارش شده است که با افزایش شدت کمبود آب از ۱۵۰ به ۳۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر، عملکرد دانه در واحد سطح کاهش یافت (Eskandari et al., 2010). در آزمایشی دیگری نیز کاهش قابل ملاحظه عملکرد را در تنش شدید خشکی گزارش شده است (Murty & Bhatia, 1990). تنش کم آبی به طور بسیار مؤثری سبب کاهش مقدار عملکرد دانه در گیاه سویا شد (Jahangiri Nia et al., 2017). در یک پژوهش دیگر، اثر سطوح مختلف آب، رقم و اثر متقابل آنها بر عملکرد کلزا معنی دار بود، همچنین تیمار برتر از نظر سطوح مختلف آب بر عملکرد، تیمارهای تأمین ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه بودند که به صورت مشترک جایگاه برتر را به خود اختصاص دادند (Salamati & Delbari, 2014). پرایمینگ بذر نسبت به عدم پرایم بذر عملکرد دانه را به میزان ۲ درصد افزایش داد (شکل ۱۹). در تیمارهای پرایمینگ در اثر بالاتر بودن سرعت و درصد جوانه زنی در مراحل ابتدایی رشد و گسترش بهتر و سریع تر تاج پوشش گیاهی از طریق اثرات مثبتی که بر اجزای عملکرد دانه طی مراحل مختلف رشدی



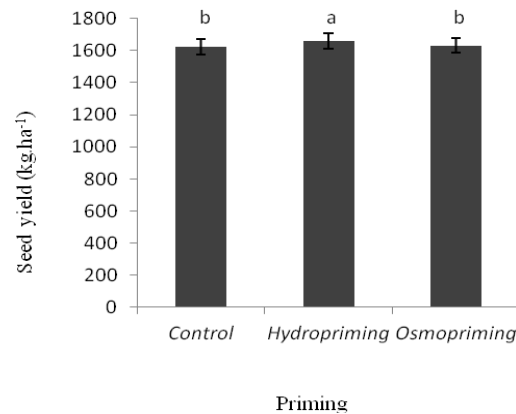
شکل ۱۷- اثر سطوح تنش خشکی بر عملکرد دانه کنجد
 Fig.17-Effect of drought stress levels on grain yield of sesame



شکل ۲۰- اثر متقابل تنش خشکی و همزیستی با قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه کنجد

Fig.20- Interaction of drought stress and mycorrhiza inoculation on grain yield of sesame

شود و اثرات کمبود آب را کاهش می‌دهد بلکه در شرایط مطلوب آبیاری نیز می‌توان با مصرف قارچ میکوریزا مخصوصاً گونه *G. mosseae* عملکرد و صفات وابسته به عملکرد را بهبود بخشید. بدین ترتیب، چنین به نظر می‌رسد که میکوریزا علاوه بر بهبود عملکرد تحت تأثیر افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای و در نتیجه افزایش فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی، می‌تواند در کاهش اثرات کمبود آبیاری در گیاه کنجد تأثیرات مثبتی داشته باشد. پرایمینگ بذریه به دلیل جوانه زنی بهتر، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت استفاده مطلوب از مواد غذایی و عوامل محیطی، در نهایت باعث افزایش عملکرد شد. بنابراین، به منظور استفاده بهینه از منابع آب و مواد غذایی، می‌توان با آبیاری کمتر و مصرف قارچ گونه *G. mosseae* نیاز آبی گیاه کنجد را فراهم و به نتایج قابل قبولی دست یافت.



شکل ۱۹- اثر سطوح پرایمینگ بر عملکرد دانه کنجد
Fig.19- Effect of priming levels on grain yield of sesame

نتیجه گیری

از آنجا که توجه بیشتر به مدیریت خاک و به کارگیری عملیاتی که تنوع زیستی و جمعیت میکروبی خاک را بهبود می‌بخشد، موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک خواهد شد، لذا استفاده از هر عملیاتی که به نوعی بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای را به دنبال داشته باشد، موجب افزایش کارایی مصرف آب و بهبود جذب عناصر غذایی می‌گردد. به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که با کاهش میزان آب عملکرد دانه و بیولوژیک، ارتفاع بوته و اجزای عملکرد کاهش یافت. تلقیح با گونه‌های میکوریزا باعث بهبود عملکرد دانه و بیولوژیک و اجزای عملکرد گردید که در این میان تلقیح با گونه *G. mosseae* تأثیر بیشتری بر کلیه صفات مورد بررسی نسبت به گونه *G. intraradices* به همراه داشت. استفاده از قارچ میکوریزا نه تنها در شرایط تنش خشکی باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه می‌

منابع

- Afzal, I., Aslam, N., Mabood, F., Hussain, A., and Irfan, S. 2004. Enhancement of canola seed by different priming techniques. *Caderno de Pesquisa Ser. Bio., Santa Cruz do Sul* 16: 19-34.
- 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.
- Amerian M.R., Stewart W.S., and Griffiths H. 2001. Effect of two species of *arbuscular mycorrhiza* fungi on growth, assimilation and leaf water relations in maize (*Zea mays*). *Aspects of Applied Biology* 63: 71-76.
- Ashkani, J., Pakniyat, H., Emam, Y., Assad, M.T., and Bahrani, M.J. 2007. The evaluation and relationships of some physiological traits in spring safflower under stress and non-stress water regimes. *Journal of Agricultural Science and Technology* 9: 267-277.
- Azcon, R., and El-Atrash, F. 1997. Influence of *arbuscular mycorrhizae* and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N₂ fixation in *Medicago sativa* at four salinity levels. *Biology and Fertility of Soils* 24: 81-86.
- Bagheri, V., Shamshiri, M.H., Shirani, H., and Roosta, H.R. 2012. Nutrient Uptake and Distribution in Mycorrhizal Pistachio Seedlings under Drought Stress. *Journal of Agricultural Science and Technology* 14: 1591-1604.
- Banzigar, M., Edmeades, G.O., Beck, D., and Bellon, M. 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize from theory to practice. *Plant Genetics and Breeding* 633-1553.

- Bathlenfalvay G.J., Brown M.S., Ames R.N., and Thomas R.S. 1998. Effect of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybean in relation to water use and phosphate uptake. *Physiologia Plantarum* 72: 565-571.
- Bradford, K.J., Steiner, J.J., and Trawatha, S.E. 1990. Seed priming influence on germination and emergence of pepper seed lots. *Crop Science* 30: 718-721.
- Demir, K.M., Gamze, O., Atak, M., Cikili, Y., and Kolsarici, O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy* 24: 291-295.
- Elwan, L.M. 2001. Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants. *Zagazig Journal Agriculture Research* 28: 163-172.
- Eskandari, H., ZehtabSalmasi, 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. *Journal of Sustainable Agriculture Science* 20(1): 39-51. (In Persian)
- Farshi A., Shariati, M., Jarollahi, R., Ghaemi, M., Shahabifar, M., and Tallaei, M.M. 1998. An estimate of water requirement of main field crops and orchards in Iran (Vol. 1: field crops). Soil and Water Research Institute, Agricultural Education Publication 918p.
- Fereres, E., and Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany* 58: 147-159.
- Fischer, K.S., Johnson, E.C., and Edmeades, G.O. 1981. Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. Mexico, D.F. CIMMYT.
- Gholinezhad, E., Aynband, A., Hassanzadeh Ghrthapeh, E., Bernousi, A., and Rezaee, H. 2010. 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 Urmia Climate Conditions. *Journal of Plant Production Research* 16(3): 1-28. (In Persian with English Summary)
- Good, A., and Zaplachinski, S. 1994. The effects of drought on free aminoacid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. *Physiologia Plantarum* 90: 9-14.
- Haidari, M., and Karami, A. 2014. Effects of water stress and different mycorrhiza species on yield and yield components, Chlorophyll and biochemical components of sunflower. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences* 6(1): 17-26. (In Persian)
- Hassanzadeh, M., Asghari, A., Jamaati-e-Somarin, S.H., Saeidi, M., Zabihi- Mahmoodabad, R., and Hokmalipour, S. 2009. Effects of water deficit on drought tolerance indices of sesame genotypes in Moghan Region. *Research Journal of Environmental Sciences* 3: 116-121.
- Hetrick, B.A.D., Wilson, G.W.T., and Todd, T.C. 1996. Mycorrhiza response in wheat cultivars: Relationship to phosphorus. *Canadian Journal of Botany* 74: 19-25.
- Hozayn, M., Zeidan S.M., Abd El-Lateef E.M., and Abd El-Salam M.S. 2007. Performance of Some Mungbean (*Vigna radiate* L. Wilczek) Genotypes under Late Sowing Condition in Egypt. *Research Journal Agriculture Biotechnology Science* 3: 972-978.
- Jahangiri Nia, E., Syyadat, A., Koochakzadeh, A., Sayyahfar, M., and Moradi Telavat, M.R. 2017. The Effect of Vermicompost and mycorrhizal inoculation on grain yield and some physiological characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under water stress condition. *Journal of Agroecology* 8(4): 583-597. (In Persian with English Summary)
- Jain, S., Yue-Lioang, R., Mei-wang, L.E., Ting-Xian, Y., Xiao-Wen, Y., and Hong-Ving, Z. 2010. Effect of drought stress on sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. *Chinese Journal of Oil Crops Sciences* 4: 42-48.
- Jamshidi, E., Ghalavnd, A., Salahi, A., Zare, M.G., and Jamshidi, A.R. 2009. Effect of arbuscular mycorrhizal on yield, yield components and plant characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Crop Sciences* 11(1):136- 150. (In Persian)
- Kargar, F. 2014. Effects of drought stress and methanol spray on quantitative and qualitative characteristics of safflower. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Zabol University, Iran. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Bakhshaie, S., Khorramdel, S., Mokhtari, V., and Taher Abadi, Sh. 2015. Effect of mycorrhiza symbiosis on yield, yield components and water use efficiency of Sesame (*Sesamum indicum* L.) affected by different irrigation regimes in Mashhad condition. *Iranian Journal of Field Crops Research* 13(3): 448-460. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A.R., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Najafi, F. 2015. Effect of inoculation with mycorrhiza and irrigation water volumes on yield, yield components and essential oils of two species Fennel (*Trachyspermum ammi* L.) and *Carum copticum* (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Agroecology* 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)
- 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.
- Manafi, H. 2010. Influence of mycorrhizosphere on soil hydraulic properties and tomato tolerance to water deficit stress. MS Thesis, University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)
- 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. *Journal of Crops Improvement* 1 3(2): 75-88.

- 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* 5: 1249-1253.
- Mojdam, M. 2006. Effects of water deficit stress and nitrogen use management on agrophysiological characteristic and grain yield SC704 in Khuzestan. Ph.D Thesis Islamic Azad University. Research and Science Unit. Ahvaz. Iran. (In Persian with English abstract)
- Moradi-Dalini, A. 2012. Determination of reference crop evapotranspiration using lysimeter measurements and comparison with calculating by climate methods in Haji Abad Climate. Final Report of Research Project, No. 1807, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran.
- Murty, G.S.A., and Bhatia, C.R. 1990. Effect of recurring water stress on growth, yield and other agronomic characters in sesame. *Sesame and Safflower Newsletter* 5: 4-10.
- Nesmith, D.S., and Ritchie, J.T. 1992. Short and long term responses of corn to pre-anthesis soil water deficit. *Agronomy Journal* 84: 106-113.
- Raei, Y., Shariati, J., and Weisany, W. 2016. 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 Sustainable Production* 25(1): 65-84. (In Persian with English Summary)
- Reddy, A., Chaitanya, K., and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology* 161: 1189-1202.
- Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., and Ehyae, H.R. 2016. Effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfur geranole on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a low input cropping system. *Journal of Agroecology* 8(4): 583-597. (In Persian with English Summary)
- Rezvani-Moghaddam, P., Norozpoor, Gh., 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*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 3(1): 57-68. (In Persian)
- Rostami, M., Mirzaee, R., and Kafi, M. 2004. Evaluation of drought tolerance in four cultivars saffron at germination stage. 7th International Conference on the development of arid regions. Tehran, Iran, Pp 125-128. (In Persian)
- 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.
- Salamati, N., and Delbari, M. 2014. Effects of the amount of water in tape drip irrigation on quality and quantity of yield of two canola varieties in Behbahan region. *Journal of Water Research in Agriculture* 28(3): 329-340. (In Persian)
- Shirani-Rad, A.H., Naemi, M., and Nasr-Esfahani, S.H. 2010. Evaluation of terminal drought stress tolerance in spring and winter rapeseed genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences* 12(2): 112-126. (In Persian)
- 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.
- Subramanian, K.S., Santhanakrishnan, P., and Balasubramanian, P. 2006. Response of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. *Scientia Horticulturae* 107: 245-253.
- Tohidi-Moghaddam, H., Sani, B., and Ghooshchi, F. 2004. The effect of nitrogen fixing and phosphate solubilizing microorganism on some quantitative parameters on soybean from sustainable agricultural point of views. *Proceeding of 8th Agronomy and Plant Breeding Congress of Iran*, Guilan University, Iran.
- Troehza Loynachan T.E. 2003. Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn, soybean and fallow. *Agronomy Journal* 95(1): 224-230.
- Veysi, H., Heidari, G.R., and Sohrabi, Y. 2017. The effect of mycorrhizal fungi and humic acid on yield and yield components of sunflower. *Journal of Agroecology* 8(4): 567-582. (In Persian with English Summary)
- Weissn, E.A. 2000. Oilseed crops. 2nd edition. Oxford, Blackwell Science. Oxford, U.K. 42: 1-13. 5: 4-10. 594.
- 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.

Effect on Mycorrhizal Fungi Symbiosis and Priming on Yield and Yield Components of Sesame Seeds at Levels of Drought Stress

A. H. Askari¹, M. R. Ardekani^{2*}, S. Vazan³, F. Paknejad⁴, and Y. Hosseini⁵

Submitted: 26-03-2017

Accepted: 09-07-2017

Askari, A. H., Ardekani, M. R., Vazan, S., Paknejad, F., and Hosseini, Y. 2019. Effect on Mycorrhizal fungi symbiosis and priming on yield and yield components of sesame seeds at levels of drought stress. Journal of Agroecology. 10(4):1229-1244.

Introduction

Drought stress is one of the most important factors limiting growth and crop production in the arid and semi-arid world. Plant response to drought stress depends on the type, severity, and duration of stress, plant species, and stress occurrence stage and farm management.

The sesame, among crop plants, is resistant to drought and heat stress and has great importance in the agriculture development of arid and semi-arid region for summer planting. But this plant is sensitive to drought stress at seedling stage and during flowering to grain filling. To overcome the drought stress, the biological solution is one of the basic strategies that should be considered and can be noted the mycorrhizal fungi. One of the most important types of mycorrhizal is arbuscular mycorrhizal Fungi, which is important in terms of agriculture; because most crops and horticultural ability to coexist with this type of mycorrhiza.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of irrigation levels and arbuscular mycorrhizal fungi symbiosis on yield and yield components of sesame, an experiment was carried out as split-factorial based on a randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Station of Haji Abad, Hormozgan province, Iran during growing season 2014-2015. Experimental factors included: drought stress as main factor in 3 levels: 100% water requirement (normal irrigation), 70% water requirement (moderate stress) and 50% water requirement (Severe stress), the priming as sub factor in 3 levels: without priming (control treatment), hydropriming and osmopriming and the mycorrhizal fungi application as other sub-factor in 3 levels: [without mycorrhizal fungi application (control), mycorrhizal fungi application (*Glomus mosseae*) and mycorrhizal fungi application (*G. intraradices*).

Results and Discussion

Analysis of variance data showed that the effect of drought stress had significant effect ($P \leq 0.01$) on all traits were studied. The effect of mycorrhizal inoculation was significant on measured plant responses ($P \leq 0.01$). Priming treatments were significant on seed number per capsule ($P \leq 0.01$) and thousand grain weight and grain yield, biological ($P \leq 0.05$). Interaction effects of mycorrhiza \times irrigation was only significant on grain yield ($P \leq 0.05$), the effects of the interaction of mycorrhiza \times priming on seed number per capsule ($P \leq 0.01$) and the thousand grain weight ($P \leq 0.05$) were significant. The results also showed that the highest grain yield and all measured traits obtained when using irrigation water requirement by 100 percent (normal irrigation). Inoculation with mycorrhizal fungi species *G. mosseae* and *G. intraradices* compared to lack of mycorrhizal fungi (control treatment) improved yield by 10.4 and 4.7 percent. Priming treatments compared to non-primed (control treatment) increased seed yield by as much as 2 percent. Drought stress decreased sesame yield, however, the using mycorrhizal fungus can be reduced that effect. The effect of two species of mycorrhizal on sesame yield and their effect on reducing stress damage was different; So that mycorrhizal symbiosis *G. mosseae* has more than the *G. intraradices* and avoided the sharp drop in sesame yield in drought stress treatments.

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Student of Agronomy Science, Professor and Associate Professors, Agricultural Faculty, Islamic Azad University of Karaj, Iran, respectively.

5- Soil and Water Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran

(*- Corresponding Author Email: mreza.ardakani@gmail.com)

DOI:10.22067/jag.v10i4.63405

Conclusion

The results of this study showed that drought stress and water shortage decreased significantly yield and yield components of sesame. Mycorrhizal fungi improved the absorption of moisture and nutrients under water stress and increased plant resistance to water stress, therefore increased yield and yield components of sesame. The species of *G. intraradices* fungi compared to *G. mosseae* was more efficient in terms of resistance to water stress. Thus, it seems that mycorrhizal, in addition to improving the yield due to increased root system development and consequently increasing the availability of moisture and access to nutrients, can have a positive effect on reducing the effects of irrigation deficiency on sesame plants. Seed priming, due to better germination, rapid seedling growth, proper establishment and, finally, the optimal use of nutrients and environmental factors, ultimately increased yield.

Keywords: Biological yield, Hydropriming, Mycorrhizal symbiosis, Water requirements