مجله علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ششم، شماره ۳(۲۳)، ۱۳۹۱، صفحه ۲۷۸-۲۶۵

اثر قارچ مایکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سورگوم

احمد مهربان[۱]، سید محسن موسوی‌نیک[۲] و ابوالفضل توسلی[۳]

چکیده

این آزمایش در سال ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان واقع در شهر زهک به اجرا در آمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل تلقیح بذور سورگوم با سویه‌های قارچ میکوریزا در سه سطح شامل M_1= بدون تلقیح با میکوریزا (شاهد)، M_2= تلقیح با سویه *Glumus mossea* و M_3= تلقیح با سویه *Glumus etanicatum*، و ارقام سورگوم در سه سطح C_1= رقم محلی سیستان، C_2= رقم اصلاح شده KGS 25 و C_3= رقم اصلاح شده KGS 29 بودند. نتایج نشان داد بیشترین میزان صفات اندازه‌گیری شده در ارقام تلقیح شده با سویه‌های میکوریزا حاصل شد. به‌طوری که بالاترین مقدار این صفات برای ارتفاع گیاه (۱۶۵/۱ سانتی‌متر)، قطر ساقه (۱/۶۱ سانتی‌متر)، طول برگ پرچم (۲۷/۲۲ سانتی‌متر)، عرض برگ پرچم (۳/۶۷ سانتی‌متر) و عرض خوشه (۵/۰۰ سانتی‌متر) از سویه *Glumus etanicatum* حاصل شد، بیشترین مقدار طول خوشه (۱۹/۲۱ سانتی‌متر)، تعداد خوشه (۲/۵۱)، تعداد دانه در خوشه (۱۰۲۵۲/۱۱)، وزن هزار دانه (۱۷/۵۶ گرم) و عملکرد دانه (۱۹۶۷/۳۲ کیلوگرم در هکتار) از سویه *Glumus mossea* به‌دست آمد. در بین تیمارهای ارقام مختلف سورگوم نیز بیشترین طول و عرض برگ از رقم محلی و بالاترین عملکرد گیاه از رقم KGS 29 به‌دست آمد. برای سایر صفات اندازه‌گیری شده بین ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به نتایج آزمایش به منظور حصول بالاترین عملکرد سورگوم استفاده از سویه *Glumus mossea* در رقم KGS 29 می‌تواند در این منطقه از نظر زراعی مطلوب باشد.

واژگان کلیدی: اجزای عملکرد، سورگوم، عملکرد، میکوریزا.

۱- گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان
۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
۳- گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان (نگارنده‌ی مسئول)
tavassoli_abolfazl@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۳۱

مقدمه

کشاورزی پایدار یک فرایند بیولوژیک است که تلاش برای رسیدن به یک اکوسیستم طبیعی را دارد. راهکارهای زیادی جهت پایداری در کشاورزی وجود دارد که یکی از آنها استفاده از کودهای بیولوژیک می‌باشد (Panwar, 1993). قارچ‌های میکوریزا یکی از انواع کودهای بیولوژیک محسوب می‌شوند و از با اهمیت‌ترین میکروارگانیسم‌های موجود در اغلب خاک‌های تخریب نشده می‌باشند. به طوری که در برخی تخمین‌های موجود در ۷۰ درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاک‌ها را ریسه این قارچ‌ها تشکیل می‌دهد (Miller, 2000). تمامی گیاهان به نحوی در ارتباط با رابطه همزیستی میکوریزا می‌باشند (Dodd *et al*., 1995). نظر به این‌که گیاهان، اولین تولید کنندگان در هر اکوسیستمی می‌باشند، لذا می‌توان نتیجه گیری کرد که همه موجودات زنده و تمامی اکوسیستم‌ها از باکتری‌ها گرفته تا انسان و از خاک‌های مرطوب تا صحراهای خشک به نوعی وابسته به روابط همزیستی میکوریزایی می‌باشد. به عبارت دیگر همزیستی میکوریزایی یکی از کاربردی‌ترین و در عین حال گسترده‌ترین و مهم‌ترین رابطه همزیستی موجود در کره زمین است (Dodd *et al*., 1995).

با توجه به اینکه اکثر گیاهان مورد استفاده در تغذیه انسان و تعلیف دام و طیور دارای همزیستی میکوریزایی می‌باشند با انتخاب و به کارگیری بهترین ترکیب گیاه میزبان و قارچ همزیست می‌توان به روش مؤثری از این همزیستی در افزایش تولید گیاهان زراعی استفاده کرد. این موضوع نیز بدین دلیل است که شاید بیشترین اهمیت میکوریزا به دلیل افزایش رشد گیاهان ناشی از افزایش جذب عناصر غذایی باشد که باعث افزایش عملکرد اکثر محصولات زراعی با تشکیل میکوریزای آربوسکولاری می‌گردد (Raju *et al*., 1990). حتی در برخی گونه‌ها، بدون این همزیستی کاهش رشد مشاهده شده است (Shirani-Rad *et al*., 2000). مطالات متعدد نشان داده است افزایش جذب عناصر غذایی ممکن است به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از راه نفوذ مسیلیوم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاهان زراعی به حجم بیشتری از خاک باشد (Hetrich *et al*., 1990; Jindal and Atawal, 1993). در پژوهشی که در اتاقک‌های رشد انجام شده است هیف‌های قارچی میکوریزا وزیکولار آربوسکولار توانستند بالغ بر ۸۰ درصد از فسفر، ۲۵ درصد از نیتروژن، ۱۰ درصد از پتاسیم، ۲۵٪ از روی و ۶۰ ٪ از مس مورد نیاز گیاه را تأمین نمایند (Marulanda *et al*., 2003). در تحقیقی بر روی ذرت و سورگوم مشخص گردید که سطح برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی، سطح برگ اولیه، پتانسیل فشاری سلول‌های آوند چوبی و پتانسیل آب خاک در تیمارهای میکوریزایی و فسفری اختلافی نداشتند ولی هر کدام از گونه‌های آلوده به قارچ VAM[1] در مجموع طول ریشه بیشتری را تولید کردند (Osonubi, 1994). در آزمایش دیگری این نتیجه به‌دست آمد که بوته‌های سورگوم کلونی شده با گونه *G. monosporum* نسبت به بوته‌های غیر میکوریزایی، اندام‌های هوایی و وزن خشک ریشه بیشتر و ریشه‌های طولانی‌تری داشتند. بوته‌های سورگوم کلونی شده با گونه *G. fazciculatum* نسبت به بوته‌های غیر میکوریزایی از وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌های طویل‌تری برخوردار بودند (Raju *et al*., 1990).

هدف از این تحقیق نیز بررسی اثر دو گونه قارچ میکوریزا (*G. mossea* و *G. etanicatum*) بر بهبود عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سورگوم در منطقه سیستان می‌باشد.

۱- Vesicular-arbuscular mycorrhiza

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۸۶ در مزرعه‌ی تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان واقع در شهر زهک، در ۲۴ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل به اجرا در آمد. این منطقه که دارای متوسط بارندگی سالیانه ۵۳ میلی‌متر بوده و بر اساس تقسیم بندی آمبرژه منطقه گرم و خشک می‌باشد، در موقعیت ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا قرار دارد.

بافت خاک مزرعه مورد نظر لوم شنی است. به منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از کاشت اقدام به نمونه برداری خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر از نقاط مختلف مزرعه گردید. نتایج حاصل از تجزیه خاک مزرعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

مزرعه در سال قبل تحت آیش بوده است. قبل از کشت در نیمه اسفند ماه آبیاری صورت گرفت و پس از گاورو شدن زمین عملیات خاک‌ورزی صورت گرفت. عملیات تهیه بستر به ترتیب شامل شخم پاییزه، دیسک زنی و تسطیح زمین و در نهایت کرت بندی بود. برای هر کرت آزمایشی چهار ردیف کاشت به طول ۴ متر و به فاصله ۱۰۰ سانتی‌متری از یکدیگر ایجاد شد. به منظور ممانعت از ورود آب در بین کرت‌های تکرارهای مختلف، بین تکرارها دو جوی آب احداث گردید. فاصله تکرارها از یکدیگر ۲ متر و فاصله کرت‌ها در هر تکرار یک متر در نظر گرفته شد. پس از کرت بندی زمین و قبل از کاشت بر اساس نتایج آزمایش خاک، توصیه کودی به‌صورت ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره به صورت ۵۰ درصد در زمان کاشت، ۲۵ درصد در زمان ۸-۶ برگی و ۲۵ درصد در زمان گلدهی اعمال گردید.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل تلقیح بذور سورگوم با سویه‌های قارچ میکوریزا در سه سطح شامل M_1 = بدون تلقیح با میکوریزا (شاهد)، M_2 = تلقیح با سویه *Glumus mossea* و M_3 = تلقیح با سویه *Glumus etanicatum*، و ارقام سورگوم در سه سطح شامل C_1 = رقم محلی سیستان، C_2 = رقم اصلاح شده KGS 25 و C_3 = رقم اصلاح شده KGS 29 بود. این ارقام جزو ارقام متحمل به خشکی، زودرس و دارای عملکرد دانه نسبتاً بالا می‌باشند.

قبل از کاشت برای هر کدام از تیمارها، بذور به طور یکسان توزین و سپس در ظروف جداگانه قرار داده شد. بعد از آن، سوش‌های میکوریزا مطابق با تیمارهای آزمایشی معادل ۱۵۰۰ اسپور برای هر عدد بذر در خاک پخش و بذرها نیز در خطوط اسپور قرار گرفتند. کاشت محصول مطابق با تقویم زراعی منطقه و با دست در عمق ۲/۵ سانتی‌متری انجام شد. آبیاری به شیوه نشتی و از طریق سیفون و مطابق با عرف منطقه هر ۷ روز یک‌بار صورت پذیرفت. مبارزه با علف‌های هرز در مراحل اولیه رشد به طریقه مکانیکی با دست و نیروی کارگری انجام گرفت. لازم به ذکر است در این آزمایش به منظور جلوگیری از اثرات سوء و نامطلوب مصرف سموم علف کش‌ها بر فعالیت و بقاء میکروارگانیسم‌ها (میکوریزا)، از هیچ گونه علف‌کشی استفاده نشد.

عملیات برداشت پس از رسیدگی کامل و با استفاده از نیروی کارگری در تاریخ ۱۳۸۶/۴/۱۰ انجام پذیرفت. در نمونه‌برداری به منظور تعیین صفات اندازه‌گیری شده پس از حذف اثر حاشیه از دو ردیف میانی هر کرت آزمایشی برداشت انجام شد. صفاتی که

در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند عبارت بودند از: ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول و عرض برگ پرچم، طول و عرض خوشه، تعداد خوشه و تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه. در محاسبه عملکرد دانه، پس از برداشت ۲۴ گیاه در مرحله رسیدگی کامل، دانه‌ها از خوشه جدا شده و با ترازوی حساس ۰/۰۰۱ گرمی وزن گردیدند. پس از آن عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

در نهایت تجزیه واریانس داده‌ها با نرم افزار SAS 6.12 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر سویه‌های میکوریزایی بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولی بین ارقام سورگوم و همچنین اثر متقابل میکوریزا × سورگوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین صفت ارتفاع برای دو سویه میکوریزایی، به‌کارگیری میکوریزا موجب افزایش ارتفاع گیاه نسب به حالت عدم استفاده میکوریزا شده است (جدول ۴). بیان شده است که ارتفاع گیاه وابسته به شرایط محیطی است (Cakir, 2004). طبق تحقیقات انجام شده، در اثر به‌کارگیری میکوریزا ارتفاع گیاه در تیمارهای قارچی نسبت به شاهد افزایش یافت (Abdel Fattah *et al*., 2002; Ahibor and Hirata, 1994). این محققین گزارش کردند قارچ میکوریزا از طریق افزایش سطح و حجم ریشه‌دهی که سبب جذب آب از حجم بیشتری از خاک می‌شود، باعث افزایش مقاومت گیاهان به شرایط تنش‌زا و گرم و خشک شده است. با توجه به اینکه ارتفاع گیاه تا حدودی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Cakir, 2004) به نظر می‌رسد علت عدم افزایش ارتفاع در تیمارهای عدم کاربرد قارچ میکوریزا وجود شرایط سخت حاکم بر منطقه (سیستان) نظیر خشکی زیاد و گرمای بالا در طول دوره رشد بوده است.

مقایسه میانگین سطوح ارقام سورگوم نشان داد بین ارقام سورگوم تفاوت معنی‌داری از لحاظ ارتفاع وجود ندارد اما با این وجود بیشترین ارتفاع مربوط به ارقام سورگوم محلی و KGS 29 بود (جدول ۴).

قطر ساقه

تأثیر سویه‌های مختلف میکوریزایی بر قطر ساقه تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ نشان داد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد قطر ساقه بیشتر تحت تأثیر به‌کارگیری سویه‌های قارچ میکوریزا قرار گرفته است و بین دو نوع میکوریزا تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، ولی نسبت به شاهد از میانگین قطر ساقه بالاتری برخوردار هستند (جدول ۴). با توجه به این که قارچ میکوریزا از طریق افزایش سطح ریشه، موجب افزایش جذب آب و عناصر غذایی می‌شود، این شرایط می‌تواند سبب فتوسنتز بیشتر و در نهایت رشد بهتر اندام‌های گیاه شود (Osonubi, 1994).

قطر ساقه از نظر تاثیر ارقام سورگوم (محلی، KSG 25 و KSG 29) و همچنین اثر متقابل رقم × میکوریزا اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲).

تعداد پنجه در بوته

بین کاربرد سویه‌های میکوریزا از نظر تأثیر بر تعداد پنجه اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). مطابق با مقایسه میانگین داده‌ها، اثر سویه‌های قارچ میکوریزا همراه با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴) با این وجود در برخی مطالعات مشاهده شد تلقیح گیاه با قارچ میکوریزا آربسکولار و اضافه شدن فسفر به طور معنی‌داری در مقایسه با عدم به‌کارگیری میکوریزا و فسفر بیشتر بود

Khaloq and Sanders, 2000; Shirani-Rad *et al*.,) 2000). ارقام نیز از نظر تعداد پنجه تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۲)، به عبارت دیگر سه رقم مورد مطالعه از نظر تعداد پنجه اختلاف معنی‌داری با هم نشان ندادند. اثر متقابل ارقام سورگوم با سویه‌های میکوریزا نیز اختلاف معنی‌داری از نظر تأثیر بر این صفت نشان نداد (جدول ۲).

طول و عرض برگ پرچم

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد بین ارقام سورگوم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ برای این دو صفت وجود دارد، ولی بین سویه‌های میکوریزا و همچنین اثر متقابل میکوریزا × سورگوم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین ارقام سورگوم نشان داد رقم محلی، دارای بیشترین طول و عرض برگ بود و تفاوت معنی‌داری بین این رقم با ارقام دیگر وجود داشت. در توجیه این موضوع می‌توان بیان کرد ممکن است شاخص‌هایی از برگ نظیر طول و عرض آن جزو خصوصیات ژنتیکی هر رقم بوده و بنابراین اعمال تیمارهای مختلف کمتر قادر است بر این گونه صفات تأثیرگذار باشد (Tavassoli *et al*., 2009).

طول خوشه

اثر سویه‌های مختلف میکوریزایی در سطح احتمال ۱٪ بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین طول خوشه برای سویه‌های میکوریزایی نشان داد به‌کارگیری میکوریزا موجب افزایش طول خوشه در سورگوم نسب به حالتی که از میکوریزا استفاده نشده است گردید و هر دو سویه میکوریزا نسبت به شاهد از میانگین معنی دار بالاتری برخوردار بودند، ولی بین دو سویه قارچ میکوریزا تفـــاوتی مشاهده نشد (جدول ۵). علت این موضوع به‌دلیل انتشار میسلیوم قارچ‌های میکوریزا مرتبط با بافت‌های درونی ریشه در خاک اطراف ریشه و تشکیل یک سیستم جذب اضافی به صورت مکمل بر سیستم ریشه‌ای گیاه است که بهره‌گیری از حجم بیشتری از خاک را که ریشه‌های تغذیه کننده به آن دسترسی ندارند، ممکن می‌سازد. در نهایت این امر سبب افزایش رشد در قسمت‌های مختلف گیاه از جمله افزایش طول بسیاری از خوشه‌ها می‌گردد (Cakir, 2004). در تحقیقی دیگر مشخص شد که استفاده از گونه میکوریزایی *G. mossea* و *G. etanicatum* موجب افزایش معنی‌دار در طول سنبله جو نسبت به شاهد شده است (Khaloq and Sanders, 2000).

مقایسه میانگین سطوح ارقام سورگوم نشان داد بین ارقام سورگوم تفاوت معنی‌داری از لحاظ طول خوشه مشاهده نشد (جدول ۳) و ارقام مختلف سورگوم در یک گروه آماری قرار گرفتند که البته میانگین طول خوشه رقم KGS29 از بقیه ارقام بیشتر بود ولی از لحاظ آماری این تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۵). تفاوت معنی‌داری بین اثر متقابل کاربرد توأم میکوریزا × سورگوم مشاهده نشد (جدول ۳).

عرض خوشه

اثر ارقام سورگوم، سویه‌های میکوریزایی و اثرات متقابل میکوریزا × رقم بر عرض خوشه مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج بر اساس نتایج تجزیه وایانس نشان داد اثر سویه‌های مختلف میکوریزایی بر این صفت تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ دارد، ولی بین ارقام سورگوم و اثر متقابل میکوریزا × سورگوم برای صفت عرض خوشه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). در رابطه با اثر سویه‌های میکوریزایی بر عرض خوشه نتایج نشان داد عرض خوشه بیشتر تحت تأثیر به‌کارگیری میکوریزا قرار گرفت و دو نوع میکوریزا نسبت به هم متفاوت و نسبت به شاهد از میانگین عرض خوشه بالاتری برخوردار بودند (جدول ۵). مطابق با افزایش طول خوشه سورگوم می‌توان گفت میسلیوم قارچ‌های

میکوریزا یک سیستم جذب اضافی به صورت مکمل بر سیستم ریشه‌ای گیاه را تشکیل می‌دهند که سبب بهره‌گیری از حجم بیشتری از خاک شده که در نهایت این امر سبب بهبود رشد در قسمت‌های مختلف گیاه از جمله افزایش رشد عرضی خوشه‌ها می‌شود (Cakir, 2004).

تعداد خوشه

سویه‌های میکوریزا تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ بر روی این صفت نشان دادند، اما اثر رقم بر تعداد خوشه گیاه سورگوم معنی‌دار نبود (جدول ۳). بین اثر متقابل میکوریزا × سورگوم از نظر تأثیر بر تعداد خوشه اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۵٪ مشاهده شد (جدول ۳).

مطابق با جدول ۶، بیشترین تعداد خوشه از تیمار تلقیح سویه *M. etanicatum* با رقم KGS25 (M_2C_2) به‌دست آمد و بین این تیمار با تیمارهای تلقیح سویه *M. mossae* با رقم KGS 29 (M_3C_3) و تلقیح سویه *M. etanicatum* با رقم محلی (M_2C_1) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کمترین تعداد خوشه نیز از تیمار رقم KGS29 بدون تلقیح با سویه‌های میکوریزا (M_1C_3) حاصل شد. این نتایج نشان داد همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه سورگوم در خصوص تاثیر بر تعداد خوشه سودمند واقع شد به طوری‌که بیشترین تعداد خوشه از کاربرد سویه‌های قارچ میکوریزا حاصل شد و کمترین تعداد آن نیز از عدم کاربرد قارچ میکوریزا به‌دست آمد (جدول ۵)، بنابراین این گونه می‌توان بیان نمود که کاربرد میکوریزا به طور غیرمستقیم از طریق بهبود سطح جذب مواد غذایی به ویژه فسفر باعث افزایش تعداد خوشه گردید. این نتیجه با تحقیقات برخی پژوهشگران همخوانی دارد (Daniell *et al*., 2001; Miller, 2000).

تعداد دانه در خوشه

کاربرد سویه‌های میکوریزا اختلاف معنی‌داری را برای این صفت در بین ارقام مورد مطالعه در سطح احتمال ۱٪ نشان دادند (جدول ۳). با انجام مقایسه میانگین مشخص شد بیشترین تعداد دانه در خوشه از کاربرد سویه قارچ میکوریزا *M. mossae* حاصل شده است و تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با سویه میکوریزا *M. etanicatum* و همچنین شاهد وجود دارد (جدول ۵). به نظر می‌رسد افزایش طول خوشه در شرایط کاربرد سویه‌های میکوریزا یکی از دلایل افزایش تعداد دانه در خوشه باشد (Cakir, 2004).

بین ارقام مختلف سورگوم از نظر تعداد دانه در خوشه اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳) هر چند که رقم KGS29 دارای میانگین تعداد دانه بیشتری بود ولی ارقام مختلف در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). اثر متقابل سویه‌های میکوریزا با سورگوم نیز اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ نشان دادند (جدول ۳). همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بیشترین تعداد دانه در خوشه از تیمار تلقیح سویه *M. mossae* با رقم KGS29 (M_3C_3) و کمترین تعداد دانه در خوشه نیز از تیمار رقم KGS29 بدون تلقیح با سویه‌های میکوریزا (M_1C_3) حاصل شد.

به‌طور کلی، علاوه بر خصوصیات ژنتیکی، برخی عوامل محیطی می‌توانند بر روی این صفت از طریق تأثیر بر روی اندازه سنبله و تعداد دانه در سنبله مؤثر باشند. این اثرات ممکن است به صورت مدت زمان تشکیل سنبلچه، از بین رفتن سنبلچه‌ها و یا گلچه‌ها و یا حتی به علت ناتوانی در گرده افشانی در مراحل باروری نمایان شود. تعداد دانه در سنبله پس از انتقال از مرحله رویشی به زایشی مشخص می‌گردد که شامل تغییرات کیفی بین سلول‌ها و بافت‌ها و اندام‌های گیاه است. تعداد نهایی دانه در سنبله

معمولاً به شرایط قبل از گلدهی بستگی دارد (Paygozar *et al*., 2009). بنابراین، برقراری رابطه همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه می‌تواند از طریق افزایش جذب مواد غذایی و آب بر روی سنبلچه‌ها یا گلچه‌ها و یا تعداد دانه‌های تشکیل شده مؤثر باشد. در این رابطه فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه می‌باشد و در تشکیل گل و دانه بندی اهمیت زیادی دارد (Ardakani *et al*., 2006). به همین دلیل تأمین فسفر برای گیاه سبب افزایش تعداد دانه شده است. همزیستی گیاه گندم با گونه‌های قارچ میکوریزا سبب استفاده بهتر گیاه از فسفر غیر قابل جذب خاک توسط هیف‌های قارچ شد که این می‌تواند در تعداد دانه در سنبله مؤثر باشد (Ardakani *et al*., 2006). بنابراین این موضوع می‌تواند در گیاهانی مثل سورگوم نیز مؤثر باشد که در این تحقیق نیز مشهود بود. علاوه بر این محققان دیگری نیز در گیاه ذرت این تأثیر را تأیید کرده‌اند (Miller, 2000).

وزن هزار دانه

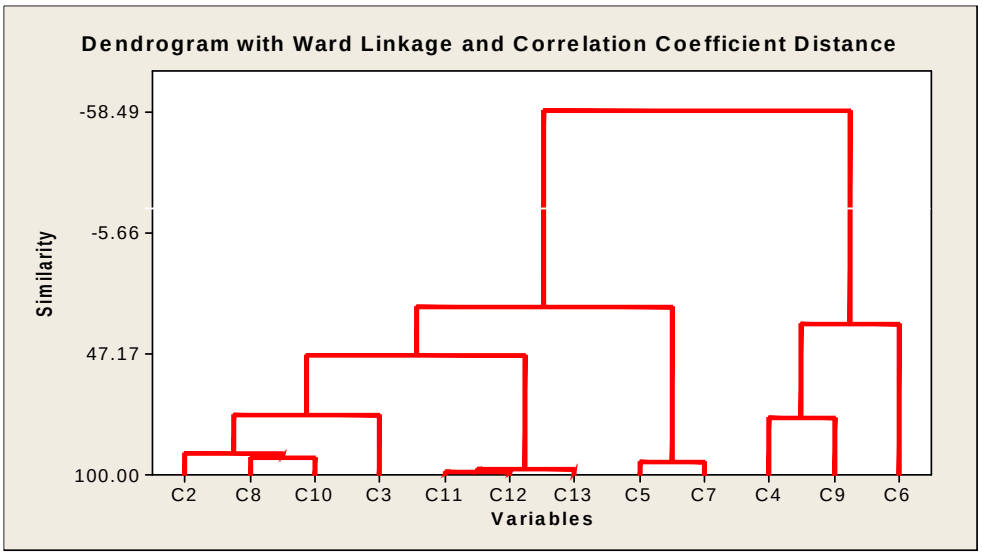
تاثیر سویه‌های میکوریزا بر وزن هزار دانه سورگوم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ ایجاد کرد. ولی تاثیر ارقام سورگوم و همچنین اثر متقابل میکوریزا × سورگوم بر این صفت موجب بروز تفاوت معنی داری نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد حداکثر وزن هزار دانه مربوط به تیمار سویه میکوریزا *M. mossae* و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۵). در توجیه این موضوع می‌توان گفت شرایط حاکم بر منطقه به ویژه تنش خشکی که در اثر وزش بادهای گرم و خشک به هنگام رشد زایشی می‌وزد باعث شد که جذب آب و به دنبال آن مواد غذایی کاهش یابد. به طوری که این شرایط باعث کاهش اختصاص شیره پرورده به دانه‌ها شده و به دنبال آن دانه‌ها کوچک تر و احیاناً سبک‌تر می‌گردند. لذا نظر به اینکه این تحقیق در منطقه‌ای که شدت تبخیر از خاک شدید و زمان پر شدن دانه مصادف با وزش بادهای معروف منطقه است موجبات کمبود رطوبت برای ارقام تحت مطالعه را فراهم ساخته است. در آزمایشی بر روی ارزن نشان داده شده که با افزایش خشکی وزن هزار دانه کاهش می‌یابد (Paygozar *et al*., 2009). افزایش وزن هزار دانه در گیاهان مختلف به ویژه غلات در همزیستی میکوریزا توسط اردکانی و همکاران (2006) ,.Ardakani *et al* و پنوار Panvar (1993) گزارش شده است.

عملکرد دانه

بر اساس نتایج جدول ۳ عامل سویه‌های میکوریزا، ارقام سورگوم و اثر متقابل این دو عامل اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ از نظر تأثیر بر این صفت داشتند. در بین تیمارهای اثر متقابل بیشترین وکمترین عملکرد دانه به ترتیب از تیمارهای تلقیح سویه *M. mossae* با رقم KGS29 (M_3C_3) و رقم شاهد بدون تلقیح با سویه‌های میکوریزا (M_1C_1) حاصل شد (جدول ۶). از آنجا که عملکرد دانه برآیندی از صفات مختلف مانند تعداد دانه و وزن هزار دانه است، بنابراین برقراری همزیستی گیاه سورگوم با قارچ میکوریزا از طریق بهبود در این صفات موجب افزایش عملکرد نسبت به شاهد شده است. نتایج بررسی‌های مختلف نشان داد قارچ میکوریزا اثرات مثبتی را بر رشد گیاه و عملکرد گیاهان داشته است (Vyas *et al*., 2003; Ardakani *et al*., 2006). مطالعات محمد و همکاران (Mohammad *et al*., 1998) نشان داد در گیاه گندم استفاده از قارچ میکوریزا باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شده است.

گروه‌بندی صفات و یا تجزیه کلاستر بر اساس داده‌های کمی یا کیفی می‌باشد. در شکل ۱ فاصله بین صفات بر اساس تجزیه کلاستر و شباهت صفات مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه خوشه‌ای نه تنها در

پیدا کردن گروه‌های واقعی کمک می‌کند، بلکه برای کاهش داده‌ها نیز مفید است. در این شکل، داده‌ها ابتدا استاندارد شدند تا بدون واحد شوند و سپس صفات بر اساس تشابه گروه بندی شده‌اند. بدین ترتیب که گروه‌ها بر اساس دوری یا نزدیکی صفات از هم تشکیل شده‌اند و برش دندوگرام از ناحیه‌ای بوده است که بیشترین فاصله از نظر شباهت وجود داشته است. نتایج نشان داد که صفات در دو دسته متمایز قرار گرفتند بدین گونه که صفات تعداد پنجه، طول برگ و تعداد خوشه و در یک گروه از نظر تشابه قرار گرفتند. صفات طول خوشه، عرض برگ، قطر ساقه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه و عملکرد نیز از نظر تشابه بین صفات در یک گروه قرار گرفته‌اند.



شکل ۱- دندوگرام تشابه صفات مورد بررسی در سورگوم

Figure 1- Similarity dendrogram of measured traits in sorghum

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Chemical and physical characteristics of experimental site soil

شن Sand %	سیلت Silt %	رس Clay %	پتاسیم Potasium (p.p.m)	فسفر Phosphorous (p.p.m)	نیتروژن کل Total Nitrogen%	کربن آلی Organic carbon %	pH	هدایت الکتریکی EC (ds/m)
55	31	14	110	3.5	0.03	0.2	8.2	2.8

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات مورفولوژیکی ارقام سورگوم

Table 2- Variance analysis of some morphological traits of sorghum cultivars

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square				
		تعداد پنجه No. tillering	قطر ساقه Stem Diameter	ارتفاع Height	طول برگ Leaf Length	عرض برگ Leaf width
تکرار Replication	2	0.002 $^{n.s}$	0.001 $^{n.s}$	50.778 $^{n.s}$	10.481 $^{n.s}$	0.111 $^{n.s}$
میکوریزا mycorrhiza	2	0.007 $^{n.s}$	0.30 **	2875.11 **	55.593*	0.444 $^{n.s}$
رقم Cultivar	2	0.002 $^{n.s}$	0.048 $^{n.s}$	8.44 $^{n.s}$	26.704 $^{n.s}$	0.111 $^{n.s}$
میکوریزا × رقم Mycorrhiza× Cultivar	4	0.003 $^{n.s}$	0.027 $^{n.s}$	79.22 $^{n.s}$	8.648 $^{n.s}$	0.222 $^{n.s}$
اشتباه آزمایشی Eror	16	0.004	0.035	63.82	12.856	0.278
ضریب تغییرات CV (٪)		12.36	12.71	6.20	12.84	15.30

** و * به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و ns غیرمعنی‌دار

*, ** significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively and n.s non significant

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سورگوم

Table 3– Variance analysis of yield and yield components of sorghum cultivars

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		تعداد دانه در خوشه No. seed per ear	تعداد خوشه No. ear	عرض خوشه Ear width	طول خوشه Ear length	وزن هزار دانه 1000 seed-weigt	عملکرد Yield
تکرار Replication	2	1839737.4 n.s	0.316 n.s	0.011 n.s	2.48 n.s	7.000 n.s	5053.1 n.s
میکوریزا mycorrhiza	2	63334791.2 **	0.734 *	3.440 *	626.37 **	9.333 **	3912138.3 **
رقم Cultivar	2	1948980.9 n.s	0.250 n.s	0.778 n.s	2.48 n.s	1.333 n.s	233928.7 **
میکوریزا × رقم Mycorrhiza× Cultivar	4	2423328.8 *	0.473 *	0.056 n.s	2.43 n.s	0.500 n.s	104467.4 *
اشتباه آزمایشی Eror	16	740893.1	0.125	0.097	3.23	1.292	32751.1
ضریب تغییرات CV (٪)		11.74	15.08	17.41	9.37	6.28	13.66

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

*, ** significant at the 5% and 1% levels of probability respectively, and n.s non significant

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات مورفولوژیکی ارقام سورگوم

Table 4 – Mean comparison of some morphological traits in sorghum cultivars

تیمار Treatment	ارتفاع Height) cm(	تعداد پنجه No. tillering	قطر ساقه Stem Diameter (cm)	طول برگ Leaf length (cm)	عرض برگ Leaf width (cm)
سویه‌های میکوریزا Mycorrhiza phyla					
شاهد (Control)	149.20 b	1.10 a	1.27 b	29.33 a	3.22 a
M. etanicatum	165.10 a	1.20 a	1.61 a	27.22 a	3.67 a
M. mossae	161.10 a	1.20 a	1.56 a	27.20 a	3.44 a
ارقام سورگوم Sorghum cultivars					
محلی (Local)	129.20 a	1.10 a	1.40 a	31.56 a	3.98 a
KGS 25	127.70 a	1.40 a	1.54 a	25.67 b	3.44 b
KGS 29	129.40 a	1.00 a	1.49 a	26.78 b	3.56 b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری توسط آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

Means fallowed by similar letters in each column, are not significant statistically using Duncan's test.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سورگوم

Table 5- Mean comparison of yield and yield components of sorghum cultivars

تیمار Treatment	تعداد خوشه No. ear	تعداد دانه در خوشه No. seed per ear	طول خوشه Ear length (cm)	عرض خوشه Ear width (cm)	وزن هزار دانه 1000 seed-weight (g)	عملکرد Yield (kg/ha)
سویه‌های میکوریزا Mycorrhiza phyla						
شاهد (Control)	2.01 b	5071.67 c	17.94 b	3.78 b	15.56 b	640.85 c
M. etanicatum	2.50 a	6670.00 b	19.08 a	5.00 a	16.89 ab	1356.00 b
M. mossae	2.51 a	10252.11 a	19.21 a	4.22 a	17.56 a	1967.32 a
ارقام سورگوم Sorghum cultivars						
محلی (Local)	2.24 a	7021.00 a	19.00 a	4.44 a	16.44 a	1142.19 b
KGS 25	2.24 a	7106.44 a	18.78 a	4.56 a	17.11 a	1382.38 ab
KGS 29	2.53 a	7866.33 a	19.78 a	4.00 a	16.44 a	1448.58 a

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری توسط آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

Means fallowed by similar letters in each column, are not significant statistically using Duncan's test.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل سویه‌های قارچ میکوریزا×ارقام سورگوم

Table 6- Mean comparison of interaction effects of Mycorrhiza× sorghum cultivars

تیمار Treatment	تعداد دانه در خوشه No. seed per ear	تعداد خوشه No. ear	عملکرد Yield (kg/ha)
M_1C_1	5102.67 ef	2.00 bc	587.26 e
M_1C_2	5492.33 ef	1.97 bc	769.02 de
M_1C_3	4620.00 f	1.63 c	593.25 e
M_2C_1	5666.00 ef	2.73 a	988.26 d
M_2C_2	6577.67 de	2.77 a	1509.05 c
M_2C_3	7766.67 cd	2.43 ab	1570.68 bc
M_3C_1	10294.33 ab	2.40 ab	1851.05 b
M_3C_2	9249.33 bc	2.37 ab	1869.09 b
M_3C_3	11212.67 a	2.77 a	2181.81 a

C_1: رقم محلی (Local cultivar) C_2: KGS 25 C_3: KGS 29

M_1: شاهد (Control) M_2: *M. etanicatum* M_3: *M. mossae*

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری توسط آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

Means fallowed by similar letters in each column, are not significant statistically using Duncan's test.

References منابع مورد استفاده

- Abdel. Fattah. C.M., F. Migahed, and A.H. Ibrahim 2002. Interactive effects of endomycorrhizal fungus (*Glomus etanicatum*) and phosphorus fertilization on growth and metabolic activates of broad bean plant under drought stress condition. *Pakistan Journal of Biological Science*. 5 (8). 835-841.
- Ahiabor, D.B. and H. Hirata. 1994. Characteristic response of three tropical Legumes to the inoculation of two species of VAM Fungi in andosol soils with different fertilizers mycorrhizae functioning. Chapman and Hill Press. Pp: 435-449.
- Ardakani, M.R., F. Majd and G. Noormohammadi. 2006. Evaluating the efficiency of mycorrhiza and esterpetomysis in phosphorous different levels and effect of their utilize on wheat yield. *Iranian Journal of Agronomy Sciences*. 2 (2): 17-27. (In Persian)
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. 89 (91): 1-16.
- Daniell. T.J., R. Husband., A.H. Fitter and J.P.W. Young. 2001. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonizing arable crops. FEM. S. *Microbiology Ecology*. 36: 203-209.
- Dodd, J.C., I. Ariad, I. Koomen, and D.S. Hyman. 1995. The management of populations of vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi in acid – infertile soils of a Savanna ecosystem. *Plant and Soil*. 122: 241-297.
- Hetrich, B.A., D.G. Kitt, and G.T. Wilson. 1990. The influence of phosphorus fertilization, drought, fungal species and non sterile soil on mycorrhizal growth response in tallgrass prairie plants. *Canadian Journal of Botanic*. 69: 1999-1203.
- Jindal, V. and A. Atawal. 1993. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizae on metabolism of among plant under NaCl salinity. *Plant Physiology and Biochemistry*. 31: 475-481.
- Khaloq, A. and F. Sanders. 2000. Effects of vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation on growth phosphours nutrition of barley in natural or methyl bromide- treated. 32: 1961-1996.
- Marulanda, A., R. Azcon Rviz. and J. M. Lazano. 2003. Contribution of six mycorrhizal fungal isolates to water uptake by (*Lactuca Sativa*) under drought stress. *Physiologia Plantarum* 119: 1-8.
- Miller, M.H. 2000. Arbuscular mycorrhizae and the phosphorus nutrition of maize. A. Review of Guleph studies. *Canadian Journal of Plant Science*. 80: 47-52.
- Mohammad, M.J., W.L. Pan, and A.C. Kennedy. 1998. Seasonal mycorrhizal colonization of winter wheat and its effect on wheat growth under dryland field conditions. *Mycorrhiza*. 8: 139-144.
- Osonubi, O. 1994. Comparative effects of vesicular arbuscular mycorrhizal. Inoculation and phosphorus Fertilization on growth and phosphorus uptake of maize (*Zea mays*) and (*sorghum bicolor*) plants under drought stressed conditions. *Biological Fertilizer Soil*. 18(1): 55-59.

- Panwar, J.D.S. 1993. Response of VAM and *Azospirillum* inoculation to water status and grain yield in wheat under water stress condition. *Indian Journal of Physiology*. 36: 37-43.
- Paygozar, Y., A. Ghanbari, M. Heydari, and A. Tavassoli. 2009. Effect of foliar application of certain micronutrients on qualitative and quantitative characteristics of pearl millet (*Pennisetum glacum*) under drought stress. *Journal of Agriculture Sciences*. 3(10): 67-79. (In Persian).
- Raju, P.S., R.B. Clark, J.R. Ellis, and J.W. Maranville. 1990. Effect of species of VA mycorrhizal fungi on growth and mineral uptake of sorghum at different temperatures. *Plant and Soil*. 121: 165-170.
- Shirani-Rad, A.H., A. Alizadeh and A. Hashemi-Dezfuli. 2000. The study of vesicular-arbuscular mycorrhizae fungi, phosphorus, and drought stress effects on nutrient uptake efficiency in wheat. *Seed and Plant*. 16(3): 327-349.
- Tavassoli, A., A. Ghanbari, M.M. Ahmadi and M. Heydari. 2009. The effect of fertilizer and manure on forage and grain yield of millet (*Panicum miliaceum*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) in intercropping. *Iranian Journal of Agronomy Research*. 8 (2): 96-114. (In Persian).
- Vyas, M.D., A.K. Jain, and R.J. Tiwari. 2003. Long - term effect of micronutrients and FYM on yield and nutrient uptake by soybean on atypical chromuster. *Indian Journal of Society Soil Science*. 51: 45-97.

The Effect of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal (VAM) on Yield and Yield Components of Three Sorghum (*Sorghum bicolor*) Cultivars

Mehraban, A.[1], S.M. Moussavi Nik[2], and A. Tavassoli[*3]

Received: December 2011, Accepted: 21 May 2013

Abstract

To evaluate the influence of vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) on yield and yield components of three sorghum cultivars, a factorial experiment based randomized complete block design with four replications was carried out in 2007, at the Agricultural Research Center of Zahak, Iran. The treatments were different mycorrhiza species in three levels: without mycorrhiza (M_1), *Glomus etanicatum* (M_2) and *G. mosseae* (M_3) and three cultivars of sorghum: local cultivars (C_1), KGS25 (C_2) and KGS29 (C_3). The results showed that all of the traits measured were increased by inoculation of cultivars with mycorrhiza. The highest plant height (165.1 cm), stem diameter (1.61 cm), flag leaf length (27.22 cm), flag leaf width (3.67 cm) and ear width (5.00 cm) was obtained by inoculation of seed with *Glumus etanicatum*, and highest ear length (19.21 cm), ear number (2.51), seed number per ear (10252.11), 1000-seed weight (17.56 g) and grain yield (1967.32 kg/ha) by using *Glumus mossea.* The highest leaf width and length belonged to local cultivar, and the highest seed yield to KGS 29 cultivar. However, differences of other traits among sorghum cultivars were not significant. Based on the experimental results it can be concluded that highest grain yield may be obtained by inoculating seeds of KGS 29 with *Glumus mossea*.

Key words: Mycorrhiza, Sorghum, Yield, Yield components.

[1] - Department of Agriculture, Zahedan Branch, Islamic Azad University, Zahedan, Iran.
2-Assistant Prof., Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
**** Corresponding Author:*** *tavassoli_abolfazl@yahoo.com*