نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۱۱۹-۱۰۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 1, Spring. 2016, p. 109-119

اثر کاربرد حاصلخیزکننده‌های خاک بر برخی ویژگی‌های رشدی و عملکرد سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor*)

رضا کمائی[۱]- مهدی پارسا[۲*]- محسن جهان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۲۷

چکیده

به منظور بررسی واکنش برخی از ویژگی‌های رشدی، عملکرد، اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor*) با استفاده از کودهای زیستی، شیمیایی و آلی، آزمایشی به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه نوع کود بیولوژیک و تلفیق آن‌ها با یکدیگر و ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی به شرح زیر بود: ۱- قارچ میکوریزا آربسکولار گونه *G.mosseae* + ورمی‌کمپوست، ۲- قارچ میکوریزا + نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azospirillum* sp. و *Azotobacter* sp.)، ۳- قارچ میکوریزا + ریزوبیوم (*Rhizobium* sp.)، ۴- قارچ میکوریزا + کود شیمیایی NPK، ۵- قارچ میکوریزا *G.mosseae* و ۶- شاهد. برخی از صفات مورد مطالعه در این آزمایش عبارت بودند از: کلونیزاسیون طول ریشه و ارتفاع بوته، طول مخصوص ریشه، عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه بود. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر صفات و ویژگی‌های درصد کلونیزاسیون طول ریشه، طول مخصوص ریشه، شاخص سطح برگ، عملکرد، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه دارای اثر معنی‌داری بود. بیشترین درصد کلونیزاسیون طول ریشه (۸۲ درصد)، طول مخصوص ریشه (۵۱/۸۲ متر ریشه در ۲۵ سانتی‌متر مکعب خاک)، شاخص سطح برگ (۵/۴۷)، عملکرد دانه (۴۲۵/۶۲ گرم در متر مربع)، تعداد دانه در خوشه (۶۳۵) در تیمار تلفیقی میکوریزا و نیتروکسین و بیشترین وزن هزار دانه (۲۹/۲۶ گرم) در تیمار استفاده توأم از میکوریزا و ورمی‌کمپوست حاصل شد. کلونیزاسیون و عملکرد بیشتر در اثر تیمار تلقیح دوگانه را می‌توان به برهمکنش مثبت میکوریزا و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن نسبت داد. با توجه به نتایج آزمایش، بهترین تیمار کودی برای سورگوم مخلوط قارچ میکوریزا و زیستی نیتروکسین پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: درصد کلونیزاسیون طول ریشه، طول مخصوص ریشه، میکوریزا، نیتروکسین، ورمی‌کمپوست

مقدمه

جایگزینی بخشی از نهاده‌های شیمیایی با نهاده‌های طبیعی، به‌عنوان دومین گام در مسیر رسیدن به پایداری کشاورزی بیان شده است (۱۳). در بسیاری از موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های محیطی و صدمات اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه تولید را افزایش می‌دهد (۱۰). برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، سبب پایداری سیستم‌های کشاورزی در درازمدت نیز شود (۲۷). بنابراین استفاده از کودهای زیستی و انتخاب بهترین گونه میکروارگانیسم که بیشترین سازگاری و کارایی را نسبت به اقلیم منطقه داشته باشد می‌تواند در پایداری سیستم کشاورزی مفید واقع شود.

میکوریزا به‌عنوان جزیی کلیدی در بوم نظام‌های طبیعی و کشاورزی، اثرات مثبتی بر گیاهان همزیست دارد (۱۶). افزایش سطح فعال سیستم ریشه گیاه برای جذب بهتر مواد غذایی از خاک، خصوصاً در شرایط کمبود فسفر (۱۸)، افزایش فتوسنتز (۶)، افزایش مقاومت به تنش‌های خشکی، شوری و مقاومت به آفات و بیماری‌ها (۱۶)، بهبود ساختمان خاک و تشدید فعالیت باکتری‌های *ریزوبیوم و آزوسپیریلوم* (۳) نمونه‌هایی از نقش این قارچ در بوم نظام‌های زراعی می‌باشد. رابطه همزیستی میکوریزایی تمامی جنبه‌های بیولوژیکی سیستم ریشه گیاه میزبان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. همچنین تمامی گیاهان به نحوی در ارتباط با رابطه همزیستی میکوریزایی می‌باشند. لذا می‌توان گفت که تمامی موجودات زنده و تمامی اکوسیستم‌ها از باکتری‌ها گرفته تا انسان و اراضی مرطوب تا صحراهای خشک به نوعی وابسته به روابطه همزیستی میکوریزایی می‌باشند (۲). مهمترین و اساسی‌ترین رابطه نقش قارچ‌های میکوریزا، افزایش جذب عناصر معدنی به‌ویژه فسفر در گیاه میزبان می‌باشد. این تأثیر به خصوص در

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات و دانشیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: parsa@um.ac.ir)

اراضی که فسفر محلول در خاک کم بوده یا در اثر خشکی ضریب پخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش یافته است مشهودتر می‌باشد (۱۶). گزارش شده است که تلقیح ذرت با قارچ میکوریزا، باکتری‌های آزوسپیریلوم و ازتوباکتر در نظام‌های زراعی کم‌نهاده و اکولوژیک در مقایسه با نظام‌های متوسط و پرنهاده، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد مادهٔ خشک، عملکرد دانه، عدد کلروفیل‌متر و سرعت فتوسنتز برگ شد (۱۶).

کود نیتروکسین حاوی باکتری‌های همیار آزادزی ازجمله *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum* sp.) و *ازتوباکتر* (*Azotobacter* sp.) می‌باشد که علاوه بر تثبیت ازت اتمسفری در محیط ریشه گیاه، توانایی ساخت و ترشح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند ویتامین‌های B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، اکسین‌ها و جبیرلین‌ها را دارند که باعث بهبود رشد ریشه و در نتیجه افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد می‌گردند (۱۷).

ورمی‌کمپوست حاصل یک فرآیند نیمه هوازی است که طی تجزیه مشترک مواد آلی توسط کرم زباله یا کرم خاکی و میکروارگانیسم‌های خاکزی تولید می‌شود (۱۵). کرم‌های خاکی با تکه تکه کردن مواد زاید، فعالیت میکروبی و تجزیه مواد آلی را افزایش می‌دهند. بنابراین روی آن قسمت از مواد آلی که اکسایش یافته و تثبیت شده، سبب پدیده هوموسی شدن می‌شوند. در نتیجه این عمل مواد آلی دفعی از روده کرم، با مواد اولیه خود بسیار متفاوت است (۲۳). گلن و همکاران (۱۲) بیان داشتند که استفاده از ورمی کمپوست یک راه جدید و مناسب برای تأمین نیاز غذایی گیاه می‌باشد که علاوه بر آن کیفیت خاک را هم بهبود می‌بخشد. از طرفی ورمی‌کمپوست باعث بهبود ساختمان فیزیکی خاک و بهبود رشد ریشه گیاه می‌شود (۷).

سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) یکی از گیاهان علوفه‌ای خانواده گرامینه است که در بسیاری از نقاط جهان به منظور تولید علوفه سبز، سیلویی و خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه با داشتن صفاتی مثل قدرت پنجه‌زنی بالا، رشد سریع و تولید عملکرد مناسب از اهمیت زیادی برخوردار است. قرار گرفتن این گیاه در گروه گیاهان با مسیر فتوسنتزی چهارکربنه باعث شده است که پتانسیل تولید در این گیاه بسیار بالا بوده و از نظر راندمان مصرف آب و نیتروژن بر بسیاری از گیاهان زراعی دیگر ارجحیت داشته باشد (۲۸).

امروزه توجه از روابط متقابل گیاه- موجود به سمت روابط متقابل گیاه- موجود – موجود معطوف شده است (۲۱). تلاش‌هایی به منظور تشخیص فعالیت‌های میکروبی در جوامع دو یا سه عضوی از میکروارگانیسم‌ها و همینطور به منظور شناسایی مکانیسم این روابط صورت پذیرفته است. چنین روابط تغذیه‌ای دارای اهمیت اکولوژیکی‌اند و در کشاورزی نیز کاربردی مهم دارند (۷). لذا هدف از اجرای این آزمایش بررسی عملکرد گیاه سورگوم دانه‌ای تحت تأثیر کودهای زیستی، آلی و شیمیایی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

بذر سورگوم رقم سپیده از مرکز تحقیقات کشاورزی طرق تهیه و استفاده شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۶۰×۱۵۰سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت به‌صورت ردیفی انجام و بذور با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در ۷ مرداد ۱۳۹۲ کاشته شد. کشت مستقیماً در خاک انجام شد و به این منظور یکی از واحدهای گلخانه به‌طور کامل که فاقد کف بتنی بود به این آزمایش اختصاص یافت. تیمارهای مورد مطالعه شامل: ۱- قارچ میکوریزا آربسکولار گونه *G.mosseae* + ورمی‌کمپوست (M+V)، ۲- قارچ میکوریزا + نیتروکسین (دارای باکتری‌های *Azospirillum* sp. و *Azotobacter* sp.) (M+N)، ۳- قارچ میکوریزا + ریزوبیوم (*Rhizobium* sp.) (M+R)، ۴- قارچ میکوریزا + کود شیمیایی NPK (۲۰-۲۰-۲۰) (M+NPK)، ۵- قارچ میکوریزا (M) و ۶- شاهد (C) بود. عملیات مخلوط کردن تیمارهای قارچ میکوریزا، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی با خاک قبل از کاشت انجام و مواد مذکور به‌طور کامل تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شدند. تلقیح بذور نیز با کودهای بیولوژیک مورد استفاده نیز ضمن پرهیز از نور خورشید و سایر نکات لازم در روز کاشت انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Chemical and physical characteristics of soil for experimental site

بافت خاک Soil texture	نیتروژن قابل دسترس Available nitrogen (PPM) (ppm)	فسفر P (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر) ($dS\ m^{-1}$)	OC (%)	OM (%)
شنی لومی Sandy loam	65.4	66.7	356	7.92	7.86	1.32	2.28

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام و به منظور بهبود سبز شدن گیاهچه‌ها، آبیاری بعد به فاصله ۴ روز انجام شد و آبیاری‌های بعدی در فواصل منظم ۱۰ روزه اعمال گردید. پس از استقرار گیاه و رسیدن ارتفاع بوته‌ها به ۱۵ سانتی‌متری گیاهان تنک شدند. عملیات وجین علف‌های هرز ۵ مرتبه در طول دوره رشد (از سبز شدن تا مرحله تنک یک مرحله، تا اوایل مرحله زایشی دو مرتبه، مرحله زایشی یک مرتبه) و در مواقع نیاز انجام شد. در طول دوره رشد، ارتفاع گیاه و سطح برگ و پس از برداشت، عملکرد و اجزاء عملکرد شامل تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. بر این اساس زمانی‌که میزان رطوبت دانه‌ها به ۱۵ درصد رسید توزین گردیدند. به منظور تعیین طول مخصوص ریشه (طول ریشه موجود در حجم مشخصی از خاک)، در اواخر فصل رشد از بوته‌های موجود در هر کرت اقدام به نمونه‌گیری شد، بدین ترتیب که پس از حذف اندام‌های هوایی بوته‌هایی که برای نمونه‌گیری انتخاب شده بودند، خاک اطراف ساقه به‌صورت یک مکعب به ضلع ۲۵ سانتی‌متر برش داده شده و سپس تمام خاک و ریشهٔ موجود در این مکعب، بیرون آورده شستشو شد و به آزمایشگاه حمل گردید. سپس با استفاده از روش تنانت (۳۵) نسبت به تعیین طول مخصوص ریشه در هر نمونه اقدام شد.

تعیین درصد کلونیزاسیون طول ریشه مستلزم رنگ‌آمیزی ریشه‌های فیکس شده و سپس مشاهده و اندازه‌گیری آن قسمت از طول ریشه‌ها که توسط اندام‌های قارچی آلوده شده‌اند، می‌باشد که به این منظور به‌ترتیب از روش رنگ آمیزی کورمانیک و مک‌گرا (۲۰) و روش جی یووانتی و موسه (۱۱) موسوم به روش گریدلاین اینترسکت (۳۱) استفاده شد. تجزیه واریانس و تحلیل داده‌های آزمایشی و رسم شکل‌های مربوط به آنها، توسط نرم‌افزار MS-Excel Ver.11 و SAS Ver. 9.1 صورت گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها نیز از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر درصد کلونیزاسیون طول ریشه، طول مخصوص ریشه، شاخص سطح برگ، عملکرد، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات رشدی، عملکرد، اجزای عملکرد گیاه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف

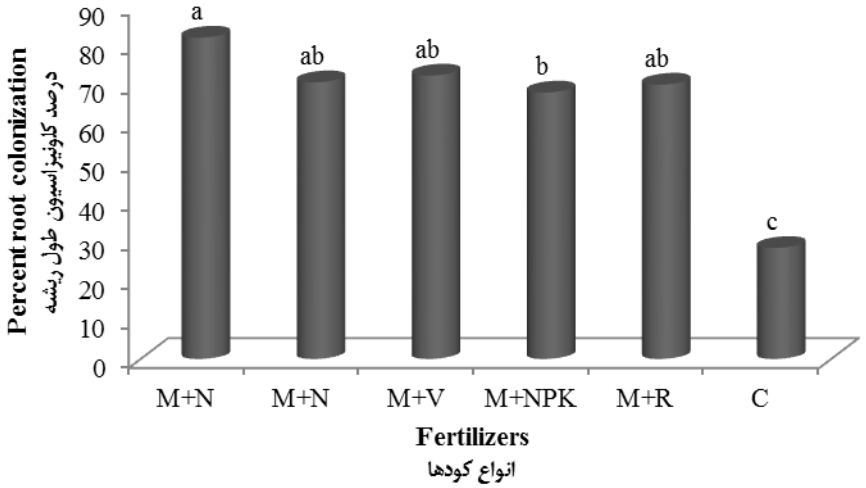
Table 2- Analysis of variance (mean squares) growth characteristics, yield, yield components of sorghum under the influence of various fertilizers

منابع تغییر Source of (variation	درجه آزادی (df)	درصد کلونیزاسیون طول ریشه Percent of root length colonization	طول مخصوص ریشه Specific root length	شاخص سطح برگ LAI	ارتفاع بوته Height	عملکرد Yield	تعداد دانه در خوشه Number of seed in panicle	وزن هزار دانه Thousands seeds weight
بلوک Replication	2	62. 055 ns	56. 155 ns	0. 01 ns	1.92 ns	845.369 ns	9.055 ns	1.192*
تیمار Treatment	5	1051.822**	204.218*	0.303**	47.586 ns	023.8287*	4623.155**	3.426**
Error خطا	10	188.47	54.229	0.005	40.59	2488.89	7721.255	0.338
CV (%)		10.53	17.02	2.61	5.26	13.82	17.59	1.87

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، ** و * به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪

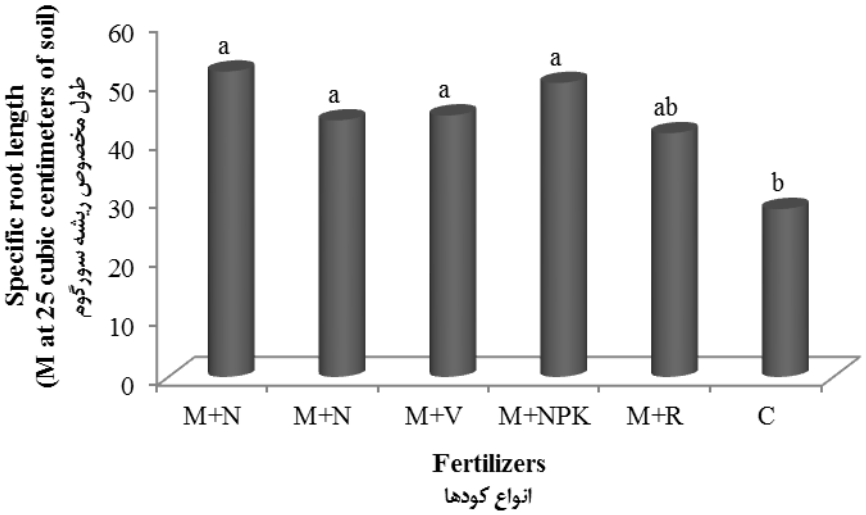
ns, *, **: non-significant, significant at $p = 0.05$ and $p = 0.01$, respectively

درصد کلونیزاسیون طول ریشه: اثر تیمارهای آزمایشی بر درصد کلونیزاسیون طول ریشه را معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین، میزان کلونیزاسیون ریشه در تیمار تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۶۵/۴۵ درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۵۹/۹ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی‌کمپوست به نسبت ۶۰/۸۳ درصد، مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۵۸/۳۳ درصد و تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۵۹/۵۲ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر است (شکل ۱). همچنین، کلیه تیمارها با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند. کلونیزاسیون بیشتر در اثر تیمار تلقیح دوگانه را می‌توان به برهمکنش مثبت میکوریزا و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروزن نسبت داد.



شکل ۱- تغییرات درصد کلونیزاسیون طول ریشه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف
(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است)

Figure 1- Changes percent root colonization of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)



شکل ۲- تغییرات طول مخصوص ریشه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف
(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است)

Figure 2- Changes specific root length of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)

تیلاک و سینگ (۳۶) گزارش کردند که باکتری *Azospirillum brasilense* کلونیزاسیون ریشه‌ها توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار را تحریک کرده و رشد را در ارزن مرواریدی *Pennisetum glaucum* افزایش داد. آنها پیشنهاد کردند که وجود باکتری *Azospirillum brasilense* در پوست ریشهٔ ارزن‌مرواریدی میکوریزایی شده، احتمال وجود اثر متقابل مستقیم بین قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و باکتری *آزوسپیریلوم* در داخل گیاه را تأیید می‌کند. پاکوفسکی (۳۰) گزارش کرد که تلقیح سورگوم با باکتری *آزوسپیریلوم* سبب افزایش کلونیزاسیون میکوریزا، زیست توده و تعداد وزیکول‌های قارچ شد.

طول مخصوص ریشه: شکل ۲ تغییرات طول مخصوص ریشه (متر ریشه در ۲۵ سانتی‌متر مکعب خاک) سورگوم دانه‌ای در اثر کاربرد انواع کود و تلقیح با میکروارگانیسم‌ها را نشان می‌دهد. این شکل به نحو مطلوبی، اثر استفاده از میکروارگانیسم‌ها را بر یکی از ویژگی‌های مهم گیاهی که طول مخصوص ریشه می‌باشد، نشان می‌دهد. اثر تلقیح انواع میکروارگانیسم بر طول مخصوص ریشه سورگوم دانه‌ای معنی‌دار بود. میزان طول مخصوص ریشه در تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۴۵/۰۲ درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۳۴/۵۶ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی‌کمپوست به نسبت ۳۵/۷۸ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۴۲/۸۹ درصد و تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۳۱/۱۱ درصد به شاهد بیشتر است (شکل ۲).

گزارشات متعدد (۵) حاکی از آن است که میکوریزا رشد ریشه را افزایش داده و به دنبال آن یک نظام گسترده از ریشه را برای جذب آب ایجاد می‌کند. مارولاندا و همکاران (۲۲) گزارش کردند که تلقیح دوگانه گیاه *Retama sphaerocarpa* با باکتری *Bacillus turengiensis* و قارچ *Glomus intraradices*، نسبت به تلقیح جداگانه، سبب حداکثر توسعه ریشه شد. آنها همچنین بیان کردند که تلقیح با سویه مقاوم به‌خشکی باکتری *Bacillus turengiensis*، رشد ریشه را ۲۱ درصد افزایش داد و جذب نسبی آب در گیاهان تلقیح شده بیشتر از شاهد بود. تیلاک و سینگ (۳۶) گزارش کردند که باکتری *Azospirillum brasilense* رشد ریشه را در ارزن مرواریدی (Pennisetum glaucum) افزایش داد. برخی محققین پیشنهاد کردند که این باکتری‌ها، هورمون‌های گیاهی تولید می‌کنند که سبب افزایش رشد گیاه شده یا رشد ریشه را افزایش داده و بنابراین ظرفیت جذب عناصر غذایی را بالا برده و شانس گیاه را در اجتناب از خشکی افزایش می‌دهند (۱۴).

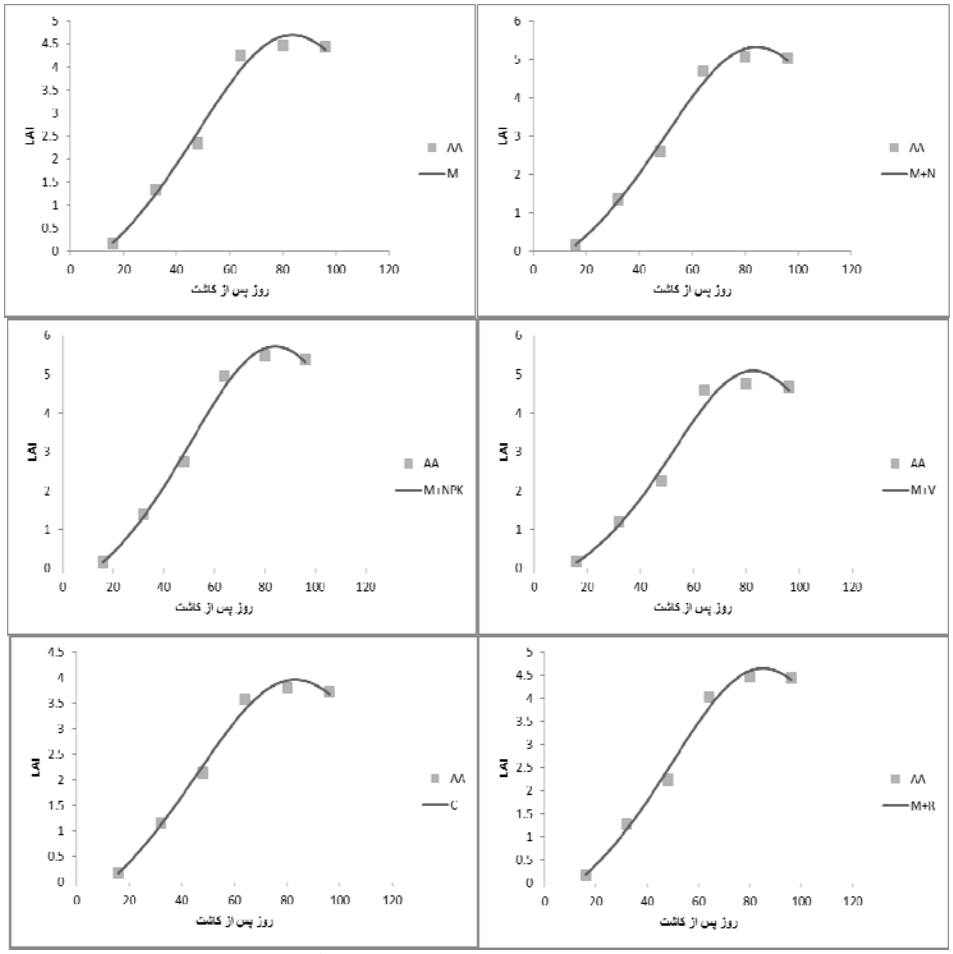
شاخص سطح برگ: شاخص سطح برگ یکی از شاخص‌های تعیین‌کننده رشد می‌باشد و همبستگی قوی بین سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی با عملکرد زیستی و دانه گزارش شده است (۳۱). تغییرات شاخص سطح برگ در پاسخ به تیمارهای مختلف در طول فصل رشد (شکل ۳) برای تمامی تیمارها روند نسبتاً مشابهی داشته، در ابتدای فصل رشد میزان شاخص سطح برگ کم بوده و با ادامه فصل رشد افزایش یافته تا اینکه در ۸۰ روز بعد از کاشت به حداکثر میزان خود رسید و سپس در انتهای فصل رشد شاخص سطح برگ به علت پیر شدن و ریزش آن‌ها روند نزولی داشت. یافته‌های این آزمایش نشان داد که در تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۲۲/۶۱ درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۱۴/۳۳ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی‌کمپوست به نسبت ۱۷/۳۴ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۲۷/۲۴ درصد و تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۱۱/۳۱ درصد به شاهد بیشتر است (شکل ۳).

مدینا و همکاران (۲۴) در تحقیقات خود بر روی ماشک، دو گونه قارچ میکوریزایی (*G. etunicatum* و *G. intraradices*) را به‌کار بردند و نتایج این آزمایش نشان داد که میکوریزا سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول شد. همچنین جهان (۱۶) در آزمایشی که بر روی گیاه ذرت (*Zea mays*)، نشان داد که با تلقیح باکتریایی، شاخص سطح برگ بیشتر از تیمار شاهد بود.

ارتفاع نهایی: بررسی ارتفاع بوته در پاسخ به تیمارهای مختلف در انتهای فصل رشد نشان داد که ارتفاع بوته سورگوم دانه‌ای در هیچ‌کدام از تیمارها معنی‌دار نیست. نتایج آزمایش نشان داد که در تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۹/۳۱ درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۵/۰۸ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی‌کمپوست به نسبت ۷/۲۴ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۷/۰۹ درصد و تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۵/۴۷ درصد به شاهد بیشتر است (شکل ۴). عیدی زاده و همکاران (۸) بیان داشتند که حضورکودهای زیستی باعث بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی می‌شود و در حضور مقادیر مناسبی از کودهای شیمیایی این اثرات تشدید می‌شود. همچنین مشاهده شده است که تلقیح با میکوریزا باعث تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه به‌ویژه افزایش ریشه‌های جانبی می‌شود (۴)، در نتیجه با افزایش رشد ریشه آب و مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و این امر موجب بهبود رشد و ارتفاع بوته می‌گردد. محمد و همکاران (۲۵) گزارش کردند که کاربرد توأم کود فسفر و میکوریزا (*Glomus intraradices*) سبب افزایش ارتفاع بوته و ماده خشک در مقایسه با شاهد در جو (*Hordeum vulgare*) شد. ویدادا و همکاران (۳۷) نیز بیان داشتند که گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) تلقیح شده با میکوریزا

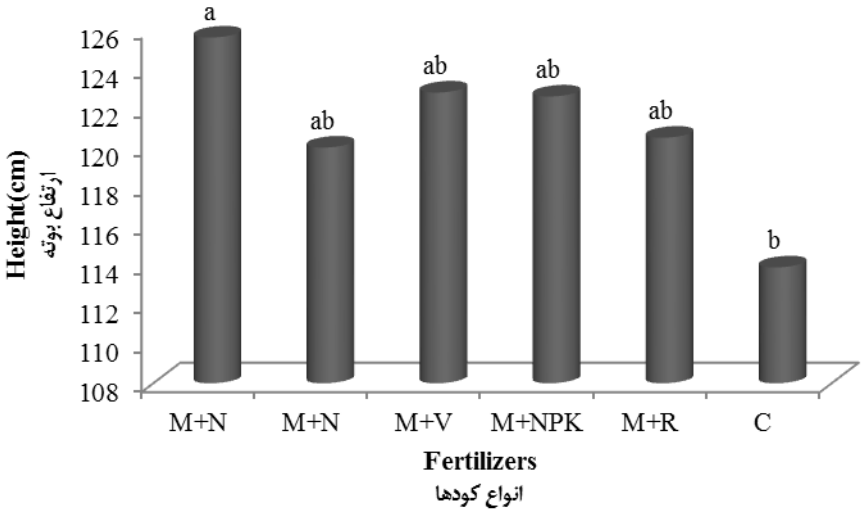
نسبت به شاهد دارای ارتفاع بیشتری بود. مرادی و همکاران (۲۶) افزایش ارتفاع بوته نخود (*Cicer arietinum*) را در اثر تلقیح با میکوریزا گزارش کردند.

عملکرد دانه: شکل ۵ عملکرد سورگوم دانه‌ای در اثر کاربرد انواع میکروارگانیسم و کود را نشان می‌دهد. اثر کاربرد انواع میکروارگانیسم و کود بر عملکرد دانه سورگوم معنی‌دار بود. در این آزمایش، تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۳۷/۴ درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۲۶/۱۶ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی‌کمپوست به نسبت ۳۰/۴۶ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۲۸/۷۷ درصد و تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۲۴/۸۷ درصد به شاهد بیشتر است گزارش شده است که همزیستی میکوریزایی یک استراتژی برتر رقابتی برای گیاه میزبان فراهم می‌آورد. همچنین بیان داشت در نتیجه تلقیح گندم با باکتری *Azospirillum brasilense* عملکرد دانه و محتوی نیتروژن افزایش یافت (۱۶). با وجود این، در برخی موارد، میکوریزا باعث افزایش عملکرد گیاه میزبان نیز شده است، سوبرامانیان و همکاران (۳۴) گزارش کردند که در گیاه ذرت تلقیح شده با میکوریزا (*Glomus intraradices*) عملکرد دانه افزایش یافته و محتوای NPK، Mg، Mn و Zn در دانه این گیاهان نسبت به شاهد بیشتر بود.



شکل ۳- تغییرات شاخص سطح برگ سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف

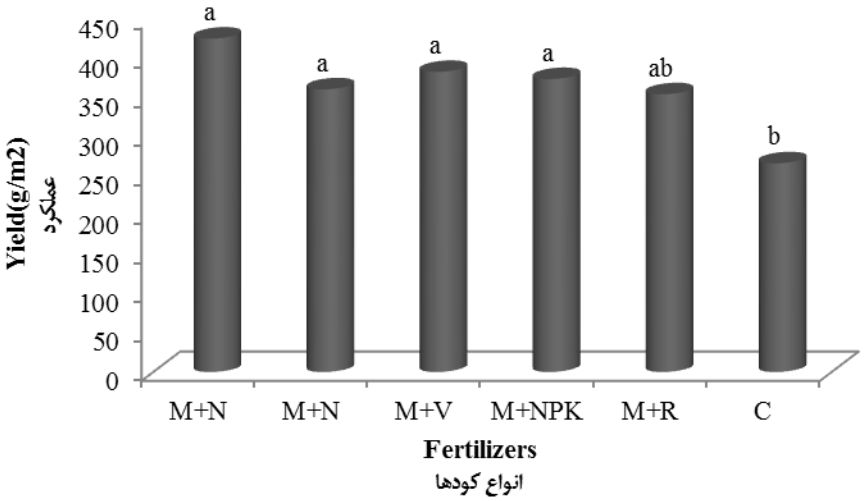
Figure 3- Changes LAI of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers



شکل ٤- تغییرات ارتفاع نهایی سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است)

Figure 4- Changes Hight of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)



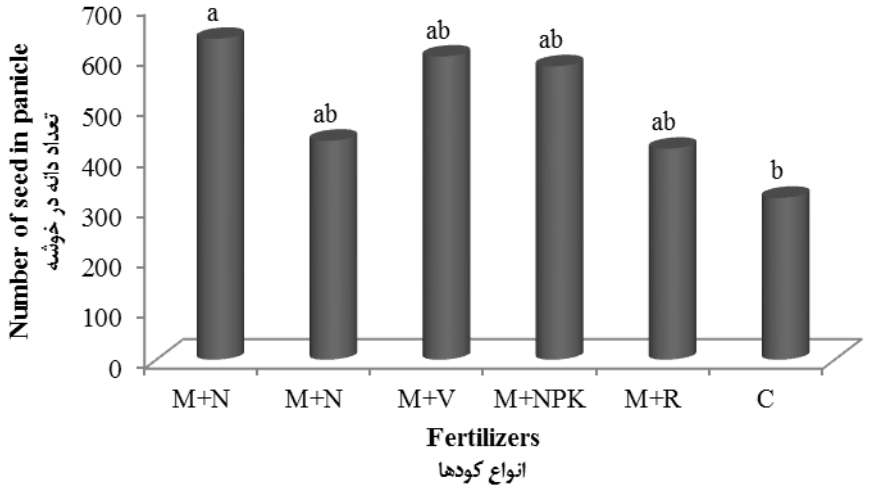
شکل ٥- تغییرات عملکرد دانه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است)

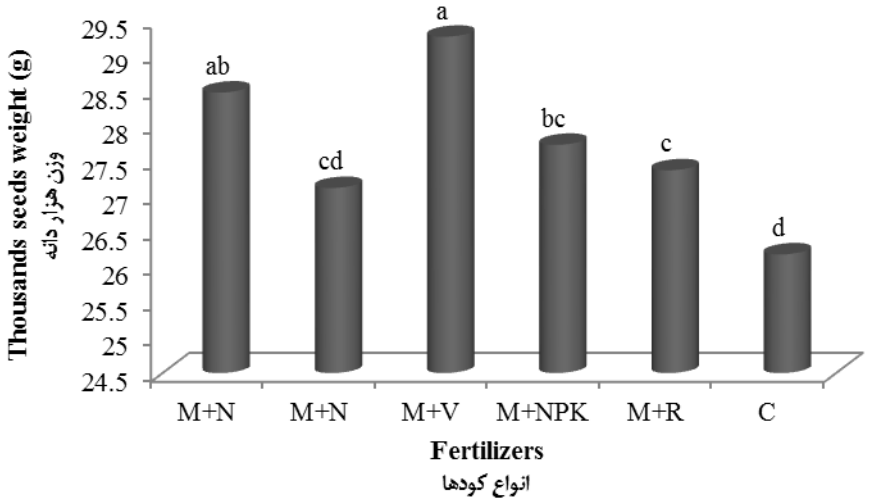
Figure 5- Changes yield of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)

تعداد دانه در خوشه: از دیگر صفات مهم که به‌عنوان اجزای عملکرد از آن یاد می‌گردد، تعداد دانه در خوشه می‌باشد که همانند وزن هزار دانه نقش مؤثری بر شکل‌گیری عملکرد دانه دارد. نتایج حاصل از اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در خوشه در (شکل ۵) نشان داد که اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای مورد مطالعه در سطح یک درصد وجود دارد. یافته‌های این آزمایش نشان داد که در تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۴۹/۵۵ درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۲۶/۰۷ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی کمپوست به نسبت ۴۶/۶۱ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۴۴/۸۳ درصد و تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۲۳/۲۴ درصد به شاهد بیشتر است. نتایج تحقیق علیزاده و همکاران (۱) که با هدف بررسی اثر همزیستی قارچ میکوریزا و باکتری‌های *آزسپیریلوم* بر گیاه ذرت انجام دادند نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تأثیر تیمارهای کودی قرارگرفتند، به‌طوری‌که *آزوسپیریلوم* بر عملکرد دانه و تعداد دانه‌های

بلال به‌طور معنی‌داری اثر گذاشت اما بر وزن هزار دانه تـأثیر نداشـت. داشت.
میکوریزا بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه در سطح ۱ درصد تأثیر مثبت



شکل ٦- تغییرات تعداد دانه در خوشه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف
(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است)
Figure 6- Changes number of seed in panicle of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)



شکل ۷- تغییرات وزن هزار دانه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف
(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است)
Figure 7- Changes thousands seeds weight of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)

وزن هـزار دانـه: در شـکل ۷ اثـر کـاربرد کودهـای زیسـتی، شیمیایی و آلی بر وزن هزار دانـه را نشـان مـی‌دهـد کـه در سـطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است. نتایج این آزمایش نشـان داد کـه در تلقـیح دوگانه کود زیستی نیتروکسـین و میکـوریزا بـه نسـبت ۸/۰۴ درصـد،

تیمار میکوریزا به نسبت ۳/۴۶ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی کمپوست به نسبت ۱۰/۵۲ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۵/۵۸ درصد و تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۴/۳۴ درصد به شاهد بیشتر است. کاربرد میکوریزا سبب به تعویق افتادن پیری برگ‌ها، کاهش ریزش برگ‌ها و افزایش میزان آب قابل دسترس گیاه و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه می‌شود. بنابراین مواد غذایی و شیره پرورده بیشتری در اختیار دانه‌ها قرار گرفته و سبب افزایش اندازه و حجم دانه‌ها می‌گردد. لذا، دانه‌ها سنگین‌تر شده و وزن هزار دانه افزایش می‌یابد (۱۹ و ۲۹).

نتیجه‌گیری

این تحقیق تأثیر مثبت استفاده از کودهای زیستی و آلی را روی ویژگی‌های رشدی، عملکرد گیاه سورگوم دانه‌ای نشان داد و در این بین استفاده تلفیقی از میکوریزا و نیتروکسین بیشترین تأثیر را در افزایش ویژگی‌های فوق داشت. می‌توان گفت هر وقت همراه کود میکوریزا منبعی از نیتروژن وجود داشت این کود عملکرد بهتری از خود نشان داد. بدون تردید کاربرد کودهای بیولوژیک و آلی به‌خصوص در خاک‌های فقیر از عناصر غذایی، علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک و حفظ کیفیت خاک و افزایش مواد آلی خاک نسبت به کاربرد کودهای معدنی دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی نیز مفید بوده و می‌تواند جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی در بلندمدت باشد. از آنجا که عدم مصرف نهاده‌های شیمیایی در تولید گیاهان زراعی، شرط اصلی سالم و طبیعی بودن آنها است، لذا پاسخ مثبت گیاه سورگوم دانه‌ای نسبت به کودهای بیولوژیک می‌تواند نوید بخش امکان تولید پایدار این گیاهان زراعی ارزشمند باشد.

References

1. Alizadeh, A., Alizadeh, A., and Khast Khodei, A. 2009. Application of mycorrhiza and Azospirillum study aimed at optimizing the use of nitrogen and phosphorus in corn Sustainable Agriculture. The findings of modern agriculture Issue 1. (in Persian).
2. Allen, M. F. (ed). 1992. Mycorrhizal Functioning, an Integrative Plant - Fungal Process. Chapman & Hall Press. New York, 534 pp.
3. Antunes, P. M., Deaville, D., and Goss, M. J. 2005. Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis with Bradyrhizobium japonicum and soybean. Mycorrhiza 16 (3): 167-173.
4. Berta, G., Fusconi. A., and Hooker, J. E. 2002. In: S. Gianinazzi, H. Schuepp, J. M. Barea and K. Haselwandter (Eds). Arbuscular mycorrhizal modifications to plant root systems: scale, mechanisms and consequences. Mycorrhiza Technology in Agriculture, from Genes to Bioproducts. Basel, Switzerland, Birkhauser Verlag p. 71-85.
5. Cardoso, I., and Kuyper, M. T. W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.
6. Copetta, A., Lingua. G., and Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in Ocimum basilicum L. var. Genovese. Mycorrhiza 16: 485-494.
7. Dash, M. C., and Petra, U. C. 1979. Wormcast production and nitrogen contribution to soil by a tropical earthworm population from a grassland site in Orissa India Revue d'écologie et de biologie du sol, 16: 79–83.
8. Eaidizadeh, Kh., Mahdavi Dameghani, A., Sabahi, H., and Soofizadeh, S. 2011. The application of bio-fertilizers in combination with chemical fertilizer to grow corn (*Zea mays* L.) in the valley. Journal of Ecology Agriculture 2 (2): 293-301. (in Persian).
9. El-Mougy, N. S., and Abdel-Kader, M. 2007. Antifungal effect of powdered spices and their extracts on growth and activity of some fungi in relation to damping-off disease control. Journal of Plant Protection Research 47 (3): 267-278.
10. Ghost, B. C., and, Bhat, R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environ. Pollut 102: 123-126.
11. Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.
12. Glenn, R. D., Mallesh, B. C., Kubra, B., and Bagyaraj, D. J. 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. Soil Biology and Biochemistry 24: 1317-1320.
13. Gliessman, S. R. 1998. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. CRC Press, ISBN: 1-57504-043-3.
14. Gryndler, M. 2000. Interaction of arbuscular mycorrhizal fungi with other soil organisms. In: Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. Kapulnik Y., and. Douds, D.D. (Eds.). pp. 239-262. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, ISBN 0-7923-6444-9.
15. Haghparast tanha, M. 1993. Terricolous and agricultural soils. Islamic Azad University Publications of Rasht, No 83-98. (in Persian).

16. Jahan, M. 2008. Agroecological aspects of coexistence corn mycorrhizal fungi and bacteria free-living nitrogen-fixing crops in conventional and ecological systems. PhD thesis of Agriculture (Ecology), Faculty of Agriculture. Mashhad Ferdowsi University. (in Persian).
17. Kader, M. A., Mian, M. H., and Hoque, M. S. 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2 (4): 259-261.
18. Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A. K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza 17: 581-587.
19. Kocheki, A., and Sarmadneya, Gh. H. 2010. Crop physiology. (Translation). Publications University of Mashhad. 400 p. (In Persian).
20. Kormanik, P. P., and McGraw, A. C. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. Available Online at: http://md1.csa.com/partners/viewrecords.php?requester=gs&collection=ENV&recid=596492.
21. Lakzeyan, A. 2011. Microbial activity in the rhizosphere. (Translation). University of Mashhad, 380 p. (In Persian).
22. Marulanda, A., Barea, J. M., and Azcon, R. 2006. An indigenous drought-tolerant strain of *Glomus intraradices* associated with a native bacterium improves water transport and root development in *Retama spaerocarpa*. FEMS Microbiology Ecology 52: 670-678.
23. Martin J. P., Black J. H., and Hawthorne, R. M. 1997. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of green house tomatoes. Bioresource Technology 75: 175-180.
24. Medina, O. A., Kretschmer, A. E., and Sylvia, D. M. 1990. Growth response of field-grown Siratro (*Macroptilium atropurpureum* Urb.) and *Aeschynomene americana* L. to inoculation with selected vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Biology and Fertility of Soils 9 (1): 54-60.
25. Mohammad, M. J., Malkawi, H. I., and Shibi, R. 2002. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley grown on soil with different levels of salts. Journal of Plant nutrition 26: 125-137.
26. Moradi, S., Basharati, H., Nadeyan, H., Karimi, A., and Golchin, A. 2010. The effects of humidity, mycorrhiza and Rhizobium on germination, flowering and morphological traits in pea. Soil Science Congress in Gorgan, 243-244. (in Persian).
27. Murty, M. G., and Ladha, J. K. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil 108: 281-285.
28. Nurmohammadi, Gh., Seyadat, A. A., and Kashani, A. 2010. The cultivation of crops. Chamran University Press, 446 p. (in Persian).
29. Panwar, J. D. S. 1991. Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. Indian Journal of Plant Physiology 34: 357-361.
30. Pacovsky, R. S. 1990. Development and growth effects in the sorghum-Azospirillum association. Journal of Applied Microbiology 68: 555-563.
31. Rajapakse, S., and Miller, C. 1992. Methods for studying vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. In: Methods in microbiology, Volume 24. Norris J. R., Read D. J. and Varma A. K. (Eds.). Academic Press Ltd., USA, pp. 302-316.
32. Shirani, A., Alizadeh, A., and Hashemi Dezfuli, A. 2001. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi, phosphorus and drought stress on the efficiency of nutrient uptake in wheat. Publications Seed and Plant 16: 327-349. (in Persian).
33. Singh, S. P. 1997. Chickpea (*Cicer arietinume* L.). Field Crops Research 53: 161-170.
34. Subramanian, K. S., and Charest, C. 1997. Nutritional, growth, and reproductive responses of maize (*Zea mays L.*) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. Myorrhiza 7 (1): 25-32.
35. Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. Journal of Ecology, 63: 995-1001.
36. Tilak, K. V. B. R., and Singh, C. S. 1988. Response of pearl millet (*Pennisetum americanum*) to inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizae and *Azospirillum brasilense* with different source of phosphorus. Current Science 57: 43-44.
37. Widada, J., Damarjaya D. I., and Kabirun S. 2007. In: Velazquez, E., and Rodriguez-Barrueco, C. (eds). The interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacteria on the growth and nutrients uptake of sorghum in acid soil. First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Springer, p. 173-177.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 1, Spring. 2016, p. 109-119

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۵، ص. ۱۱۹-۱۰۹

The Effect of Soil Fertilizers on Yield and Growth Traits of Sorghum (*Sorghum bicolor*)

R. Kamaei[1]- M. Parsa[2*]- M. Jahan[2]

Received: 21-04-2014
Accepted: 18-11-2014

Introduction

Since the use of chemical fertilizers causes environmental pollution and ecological damage, so application of biological fertilizers and selection the effective and compatible species in an special area, could be beneficial for sustainability of agroecosystems there. Nowadays, attention to the interrelation of plant-organism tended to interrelations between plant-organism-organism. Such nutritional relations, have ecological importance and important application in agriculture. The aim of this experiment was to evaluate the effect of chemical, organic and bio fertilizers on sorghum performance.

Materials and Methods

A field experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. The experimental treatments include three kinds of biofertilizers and their integrations and vermicompost and chemical fertilizer as follow: 1- mycorhhiza arbuscular (*G.mosseae*) + vermicompost 2- mycorhhiza+ Nitroxine® (included bacteria *Azospirillum* sp. and *Azotobacter* sp.) 3- mycorhhiza arbuscular+ Rhizobium (*Rhizobium* sp.) 4-mycorhhiza arbuscular + Chemical fertilizer NPK 5- mycorhhiza arbuscular 6-control. Mycorhhiza and chemical fertilizer were mixed with soil at the depth of 30 cm before planting. Seeds were inoculated with bio fertilizers and dried at shadow. First irrigation applied immediately after planting. In order to improve seedling emergence second irrigation was performed after 4 days and other irrigation was applied at regular intervals of 10 days. Studied traits were: height and percentage of root colonization, specific root length, seed yield, number of seeds in panicle, thousands seeds weight. To determine the specific root length (root length in a certain volume of soil) at the end of the growing season, plants in each plot were sampled. Then the length of root of each sample was determined.

Results and Discussion

The results showed that although the treatments did not affect the height of stem significantly, but they had significant effects on characteristics of root length colonization, specific root length, leaf area index, crop yield, number of seeds per panicle and thousand grains weight. The results demonstrated that the highest percent of root length colonization (82), specific root length (51.82 m root in 25 cm^3 soil), leaf area index (5.47), seed yield (425.62 $g.m^{-2}$), number of seeds in panicle (635) were obtained in mycorhhiza with Nitroxine® treatment. The highest weight of thousands seeds (29.26 g) was gained in simultaneous use of mycrhhoriza and vermicampost. On the basis of our results, the integration of mycrhhoriza with Nitroxine® is suggested as the best fertilizer treatment for sorghum.

Conclusions

The results showed that the application of mycorrhiza with nitroxin had the greatest effect on growth characteristics and yield of sorghum. It seems that whenever there was a source of nitrogen beside the mycorrhiza, the performance of sorghum was higher. Undoubtedly, application of bio and organic fertilizers specially in poor soils, have positive effects on soil physical and nutritional characteristics. On the other hand according to economical, environmental and social aspects, they are benefits and could be appropriate alternative for chemical fertilizers in future.

Keywords: Mycorhhiza arbuscular, Nitroxine, Percent of root length colonization, Specific root length, Vermicompost

1, 2- Former M.Sc. Student and Associate Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: parsa@um.ac.ir)