نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 528-520

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 520-528

پیامدهای کاربرد مجزا و توأم ریزموجودات *آزوسپریلوم* و میکوریزا بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم (*Triticum* spp.) نواحی گرمسیری

مجید جیریایی[1*]، اسفندیار فاتح[2] و امیر آینه‌بند[3]

تاریخ دریافت:1392/02/29
تاریخ پذیرش:1392/08/10

چکیده

به منظور ارزیابی پیامدهای کاربرد مجزا و توأم ریزموجودات *آزوسپریلوم* و میکوریزا بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم (*Triticum spp.*) نواحی گرمسیری پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی 92-1391 اجرا شد. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار بود. فاکتورها شامل باکتری *Azospirillum lipoferum* در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح)، قارچ میکوریزا در سه سطح (عدم کاربرد، استفاده از سویه *Glomus intradices* و سویه *G. mossaae*) و ارقام گندم در سه سطح (رقم چمران و دو رقم دوروم (دنا و بهرنگ)) بود. بررسی صفاتی همچون تراکم سنبله، وزن هکتولیتر، عملکرد دانه، شاخص بازآوری و چندین ویژگی دیگر نشاندهنده تأثیر مثبت و معنی‌دار استفاده از ریزموجودات بر ارقام گندم بود، به نحوی‌که همزیستی میکوریزایی بین 7 تا 33 درصد و همیاری *آزوسپریلوم* بین 4 تا 32 درصد صفات برآوردی را بهبود دادند. البته، کاربرد توأم، منجر به افزایش اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک بر صفات برآوردی شد، اما بیشترین وزن هزاردانه (52 گرم)، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب (1246/33 و 3000/9 گرم در متر مربع) و بیشترین تعداد روز تا سنبله دهی (71/33 روز)، سنبلچه در سنبله (22/66) و وزن هکتولیتر (805/37 گرم در لیتر) از تیمار تلقیح بذور رقم چمران با *آزوسپیلیوم* و استفاده از سویه *G. mossaae* بدست آمد بنابراین می‌توان اذعان داشت *آزوسپریلوم* و میکوریزا جهت تغذیه ارگانیک گندم نان و ماکارونی و به عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی هستند.

واژه‌های کلیدی: تراکم سنبله، شاخص بازآوری،کودهای بیولوژیک، وزن هکتولیتر

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) در سراسر جهان به عنوان حیاتی‌ترین محصول کشاورزی مطرح می باشد. اگرچه به دلیل تفاوت-های فرهنگی و اقتصادی میزان استفاده از گندم در کشورهای مختلف متفاوت است، اما به هر حال اصل استفاده از گندم به عنوان یک ماده اصلی غذایی در تمام جهان برقرار است (Azimi et al., 2012). کمبود تولید آرد سمولینا باعث شده واحدهای تولید ماکارونی از آرد نول به جای آرد سمولینای گندم دوروم (*Triticum turjidum var. durum Desf.*) استفاده کنند. بنابراین، با رشد و توسعه زراعت گندم دوروم در کشور علاوه بر افزایش سطح تولید گندم در کشور می-توان ماده اولیه صنایع ماکارونی‌سازی را نیز تأمین کرد (Dehghan et al., 2011). به چالش کشیده شدن امنیت غذایی انسان با توجه به افزایش سریع جمعیت جهان و همچنین مدیریت نامناسب اراضی منجر به کاهش مواد آلی و حاصلخیزی خاک‌ها شده است (Cala et al., 2005) در ایران نیز قلیایی بودن اکثر خاک‌ها و عدم دسترسی کافی گیاهان به عناصر غذایی (Giamati et al., 2009) منجر به بروز مشکلات کاهش عملکرد شده است که نتیجتاً کشاورزان در تولید محصول اغلب، اقدام به مصرف کودهای شیمیایی بیش از مقدار توصیه شده می کنند (Zheng et al., 2007) که نتیجه این دست فعالیت‌ها طی سال‌های اخیر بحران آلودگی محیط زیست بوده که زنجیره‌وار به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرا داده است (Amirabadi et al., 2009)، ولی مشخص شده استفاده از کودهای زیستی هیچگونه آلودگی ایجاد نمی‌کند (Sighn & Purhit, 2008). این امر منجر به افزایش تمایل روزافزون به استفاده از کودهای آلی و زیستی در تولید محصول شده است.

مطالعات متعدد نشان داده است که میکوریزا و *آزوسپریلوم* از جمله مفیدترین ریزموجوداتی هستند که از روش‌های مختلف باعث

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: majidupdate@gmail.com)

بهبود رشد و عملکرد در گیاه، به شیوه‌ای کاملاً ارگانیک می‌شوند. البته بین میکروارگانیسم‌ها در خاک بر همکنش وجود دارد و به علت برخی روابط میکرواکولوژیکی بعضی از آن‌ها بر سایرین غالب هستند (Saini et al., 2004). ولی به طور کلی، ریشه‌های گیاه به دلیل تأمین مقدار زیادی مواد غذایی پرانرژی، قادرند جمعیت میکروارگانیسمی بزرگی را در اطراف خود جمع کنند که می‌تواند تا بیش از 50% محیط اطراف باشد (Kannayan, 2002).

قارچ‌های میکوریزا نقش مهمی در کارکرد پایدار اکوسیستم‌ها، بویژه اکوسیستم‌های کشاورزی، ایفاء می‌کنند (Cardoso & Kuyper, 2006). برخی محققین معتقدند در نظام‌های زراعی تلقیح توأم میکوریزا و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن شامل *ازتوباکتر* و *آزوسپریلوم* می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی و نظام‌های پرنهاده باشد (Jahan et al., 2007). تحقیقات نشان داده است که افزایش رشد و عملکرد گندم با کاربرد قارچ‌های میکوریزایی (VAM) (Daei et al., 2009) و *آزوسپریلوم* (Mostajeran et al., 2005) امکان‌پذیر است. همچنین در بررسی تأثیر تلقیح گندم با *آزوسپریلوم*، افزایش عملکرد بیولوژیک (به میزان 17/8درصد) و عملکرد دانه (به میزان 8/9 درصد) در تیمارهای آزمایش مشاهده گردید (Veresoglous & Menexes, 2010). همچنین بل و همکاران (Behl et al., 2007) در پژوهشی به افزایش عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و جذب عناصر ماکرو در گندم تیمار شده با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن اشاره داشتند.

بنابراین، هدف از اجرای این پژوهش بررسی پیامدهای کاربرد مجزا و توأم ریزموجودات *آزوسپریلوم* و میکوریزا بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم نواحی گرمسیری بود.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی پیامدهای کاربرد مجزا و توأم ریزموجودات *آزوسپریلوم* و میکوریزا بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم نواحی گرمسیری پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی 92-1391 به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل تلقیح با باکتری *Azospirillum lipoferum* در دو سطح به صورت استفاده و عدم استفاده از گونه *آزوسپریلوم لیپوفروم* در تلقیح با بذر گندم، قارچ میکوریزا در سه سطح عدم استفاده، استفاده از سویه *Glomus intradices* و استفاده از سویه *Glomus mossaae*، و فاکتور سوم ارقام گندم، شامل گندم نان (*Triticum aestivum*) رقم چمران و ارقام گندم دوروم دنا و بهرنگ بود. جهت آلوده نمودن بذر با باکتری ابتدا بذرهای گندم توسط محلول هیپوکلریت 0/5 درصد استریل شد. این بذرها را به مدت دو ساعت در آب مقطر استریل خیسانده و متعاقب آن به محلول حاوی باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفروم* با غلظت 10^6 cfu/ml (تعداد سلول زنده در هر میلی‌لیتر) منتقل گردید (Amooaghaie et al., 2003).

جدول ۱ – تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *آزوسپریلوم* و مایکوریزا بر خصوصیات رشد و عملکرد ارقام گندم

Table 1- Analysis of variance (square means) for effects of *Azospirillum* and mycorrhiza on growth criteria and yield of wheat varieties

منابع تغییر S.O.V		تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet in spike	تعداد دانه در گیاه Grains per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000-grain weight	وزن سنبله Spike weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه و کلش Straw yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت HI	شاخص بازآوری Productivity index	روز تا سنبله‌دهی Days to spike	تراکم سنبله Spike density	وزن هکتولیتر Hectoliter weight
تکرار	Replication	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	**	ns
آزوسپیریلوم (A)	*Azospirillum* (A)	ns	ns	*	ns	**	**	**	*	*	ns	**	*
مایکوریزا (M)	Mycorrhiza (M)	**	**	**	**	**	**	**	ns	*	*	**	*
رقم (C)	Cultivar (C)	*	*	***	**	**	**	**	ns	ns	ns	*	*
A×M		***	*	**	*	**	*	**	ns	ns	ns	ns	*
C× A		ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C×B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
C×B ×A		*	ns	ns	ns	**	*	**	ns	*	ns	**	ns
خطا	Error	8.51	114.35	4.50	0.004	1696.4	14978.6	43702.7	0.001	0.001	19.16	0.22	5982.5
ضریب تغییرات (٪)	CV (%)	13.3	11.8	5.8	6.6	8.2	7.8	10.1	16.4	6.6	6.5	16.4	10.42

ns، غیرمعنی‌دار و * و **: معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

پس از چهار ساعت بذرهای گندم آلوده به باکتری جهت کشت آماده شد (Mostajeran et al., 2005). همچنین جهت اعمال تیمار سویه‌های میکوریزایی از کود میکوریزای با تراکم اسپور 120 عدد در هر گرم ماده حامل (کود دامی کاملاً پوسیده) به میزان 80 کیلوگرم در هکتار استفاده شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح زمین و ایجاد فارو در مراحل قبل از کاشت اجرا شد. کشت بذور در آذرماه به صورت دستی انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل پنج خط کشت به طول پنج متر و فاصله 20 سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف 3-2 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین لازم به ذکر است مزرعه آزمایش در سال زراعی قبل تحت کشت گندم و ذرت بوده است و بافت خاک محل آزمایش نیز لومی شنی بود (جدول 1).

صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، وزن سنبله، عملکرد دانه، عملکرد کاه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، شاخص بازآوری، تعداد روز تا ظهور سنبله، تراکم سنبله، وزن هکتولیتر بود. برداشت نهایی به هنگام رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها صورت گرفت. برداشت نهایی به میزان دو متر مربع از بوته‌های واقع در خطوط میانی هر کرت و از سطح خاک صورت گرفت و عملکرد دانه با رطوبت 15/5 درصد تعیین شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک بر حسب درصد برآورد گردید (Mahdavi et al., 2005) و وزن هکتولیتر نیز براساس دستورالعمل شماره 55-10 که توسط انجمن آمریکایی شیمیدانان غلات AACC[1] پیشنهاد شده است، برآورد شد. برای این منظور، وزن یک لیتر بذر گندم برای هر تیمار برآورد شد (Pierre et al., 2008). برای محاسبه شاخص بازآوری نیز از معادله (1) استفاده شد (Jabbari et al., 2011).

معادله (1) عملکرد بیولوژیک / وزن سنبله = شاخص بازآوری

تراکم سنبله نیز با معادله (2) محاسبه گردید (Ma et al., 2000).

معادله (2) طول سنبله /تعداد سنبلچه روی سنبله = تراکم سنبله

برای آنالیز واریانس داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS (2004) و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل و جهت برآورد رگرسیون از نرم‌افزار آماری SPSS 20.0.1(2012) استفاده شد.

نتایج و بحث

بر طبق نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس *آزوسپریلوم* صفات تعداد دانه در بوته، تعداد سنبلچه، عملکرد دانه، عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک را در سطح احتمال 1% و صفات وزن هزار دانه، تراکم سنبله، شاخص برداشت و شاخص بازآوری را در سطح احتمال 5% تحت تأثیر قرار داد اما تأثیر معنی‌داری بر صفات وزن هکتولیتر، تعداد روز تا ظهور سنبله، و وزن سنبله نداشت. در مورد میکوریزا نیز همان طور که در جدول 2 مشاهده می شود، صفات تعداد دانه در بوته، تعداد سنبلچه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد کاه، عملکرد بیولوژیک و وزن سنبله را در سطح احتمال 1% و صفات تراکم سنبله، وزن هکتولیتر، تعداد روز تا ظهور سنبله و شاخص بازآوری را در سطح احتمال 5% تحت تأثیر قرار داد، اما تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت. همچنین بین ارقام نیز برای صفات وزن هزار دانه، وزن سنبله، عملکرد دانه، عملکرد کاه، عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال 1% و برای صفات تعداد دانه در بوته، تعداد سنبلچه و شاخص بازآوری تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% مشاهده شد، اما برای صفات شاخص برداشت، تعداد روز تا ظهور سنبله، تراکم سنبله و وزن هکتولیتر تفاوت معنی‌داری بین ارقام وجود نداشت (جدول 1)، ضمناً بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات متقابل نشان داد که اثرات دوگانه رقم و میکوریزا و همچنین رقم و *آزوسپریلوم* بر اکثر صفات تأثیر معنی‌داری را نداشتند اما اثرات سه‌گانه تیمارهای آزمایشی صفات عملکرد دانه را در سطح احتمال 1% و صفات شاخص بازآوری، عملکرد کاه، عملکرد بیولوژیک و تعداد سنبلچه در سنبله را در سطح احتمال 5% تحت تأثیر قرار داده است، ولی بر صفات تراکم سنبله، وزن هکتولیتر، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و وزن سنبله تأثیر معنی‌داری نداشته است. احتمالاً روند تغییرات یکسان در بین ارقام در اثر تغییر ترکیب کودی نشان از پیروی از یک قاعده خاص دارد چرا که در مورد عمده صفات، اثرات متقابل رقم معنی‌دار نبود.

با توجه به جدول 2 تلقیح بذور با *آزوسپریلوم لیپوفروم* توانست تا 13% تعداد سنبلچه و 17% تراکم سنبله را افزایش دهد. احتمالاً کاهش دسترسی گیاه به نیتروژن در شرایط عدم تلقیح سبب کاهش توان رشد رویشی و کوتاه شدن دوره رویشی گیاه (نتایج ارائه شده در همین مقاله) شده است و از این رو گیاه با کاهش تعداد سنبلچه‌های بارور سعی در تولید حداقلی از دانه‌های زایا داشته است. تبعاً کاهش تراکم سنبله نیز وابسته به همین موضوع است که در این خصوص برخی محققین نیز به نتایج مشابهی دست یافتند (Singh et al., 2004). همچنین استفاده از سویه‌های میکوریزا نیز تعداد سنبلچه را (8%) و تراکم سنبله را (18%) افزایش داد. بین سویه‌های میکوریزای مورد کاربرد در این آزمایش برای صفات تعداد سنبلچه و تراکم سنبله تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی بیشترین تعداد سنبلچه (20/05) از کاربرد سویه *G. mossaae* و بیشترین تراکم سنبله (3/14) از کاربرد سویه *G. intradices* بدست آمد. به نظر می‌رسد که تلقیح با قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد از طریق بهبود تغذیه و رشد گیاهان باعث افزایش عملکرد آن‌ها می‌شوند. قاضی و الکراکی (Ghazi & Al-Karaki, 2006) در یک بررسی نشان دادند که اجزای عملکرد در گیاه گندم تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزا افزایش یافته است. همچنین در مورد ارقام نیز شایان ذکر است که بیشترین تعداد سنبلچه (20/55 عدد) از رقم چمران و بیشترین تراکم سنبله (2/95 عدد) از رقم بهرنگ بدست آمد.

1- American Association of Cereal Chemists

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر *آزوسپریلوم* و مایکوریزا بر خصوصیات رشد و عملکرد ارقام گندم

Table 2- Mean comparisons for effects of *Azospirillum* and mycorrhiza on growth criteria and yield of wheat varieties

عملکرد بیولوژیکی (گرم بر متر مربع) Biological yield (g.m^{-2})	وزن هکتولیتر (گرم بر لیتر) Hectoliter weight (g.lit^{-1})	تراکم سنبله Spike density	روز تا سنبله‌دهی Days to spike	شاخص بازآوری (٪) Productivity index (%)	شاخص برداشت (٪) HI (%)	عملکرد کاه و کلش (گرم بر متر مربع) Straw yield (g.m^{-2})	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) Grain yield (g.m^{-2})	وزن سنبله (گرم) Spike weight (g)	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000-grain Weight (g)	تعداد دانه در گیاه Grains per plant	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet in spike	تیمار Treatment
1817.12b	728.24a	2.59b	65.92a	59.21b	34.21b	1390.46b	631.26b	2.72a	42.25b	81.63b	18.47b	با *آزوسپریلوم* With *Azospirillum*
2334.11a	755.72a	3.09a	67.4a	67.11a	39.33a	1724a	925.44a	2.82a	45.77a	98.58a	20.99a	بدون *آزوسپریلوم* Without *Azospirillum*
1783.96c	703.32b	2.58b	64.16b	59.14b	35.14a	1310.94c	641.11c	2.67c	40.05c	79.13b	18.71b	بدون مایکوریزا Without Mycorrhiza
2141.42b	750.00ab	3.14a	66.77ab	66.42a	37.33a	1607.55b	870.83b	2.78b	43.61b	93.12a	19.44a	*G. intradices*
2301.46a	772.62a	2.85a	69.05a	66.73a	37.52a	1754.18a	933.11a	2.86a	48.38a	98.06a	20.05a	*G. mossaae*
2408.44a	764.02a	2.84a	67.83a	61.12a	38.22a	1830.50a	929.22a	2.89a	45.61a	96.70a	20.55a	رقم ultivar
1956.31b	736.42a	2.59a	65.77a	63.25ab	3631a	1471.54b	716.39b	2.73b	43.66b	87.32b	18.77b	چمران Charan
1862.09b	725.49a	2.87a	66.38a	66.41c	36.12a	1370.63c	689.44c	2.69b	42.77b	86.30	19.88a	بهرنگ Behrang
												دنا Dena

برزویی و همکاران (Borzouei et al., 2011) نیز در بررسی خود به تفاوت معنی‌دار در تعداد سنبلچه در ارقام گندم اشاره داشتند. بر طبق نتایج جدول 3 بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله (22/66) از تیمار کاربرد سویه *G. mossaae* و تلقیح آزوسپریلیوم در رقم چمران بدست آمد و بیشترین تراکم سنبله (4/31) از تیمار تلقیح بذور گندم بهرنگ با *آزوسپریلوم* و کاربرد سویه *G. intradices* بدست آمد (شکل 1). همچنین با توجه به جدول 3 کمترین تعداد سنبلچه در سنبله (16/33) در تیمار عدم تلقیح بیولوژیکی رقم بهرنگ و کاربرد سویه *G. intradices* بدست آمد و کمترین تراکم سنبله نیز در تیمار عدم تلقیح رقم بهرنگ و کاربرد میکوریزا سویه *G. intradices* بدست آمد (شکل 1). احتمالاً تلقیح بذرهای گندم زمانی می‌تواند سودمند باشد که بر اساس شرایط منطقه‌ای رقم مناسبی از گندم با نژاد مؤثری از باکتری، تلقیح شود علاوه بر آنکه شرایط خاک نیز بایستی ایده‌آل باشد. کاهش نیتروژن با محدود کردن تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها باعث کندی رشد و تولید گیاهانی ضعیف می‌شود که این مسئله خود باعث می شود گیاه توان کافی جهت حمایت از اندام-های زایشی خود نداشته باشد که نتیجتاً منجر به تشکیل سنبله‌هایی کوتاه‌تر و با دانه‌های پوک بیشتر می‌شود. بحرانی و همکاران (Bahrani et al., 2010) بیان کردند که باکتری *ازتوباکتر* و میکوریزا تعداد سنبلچه گندم را به شکل معنی‌داری افزایش می‌دهد.

در ارتباط با تعداد دانه در بوته و میانگین وزن سنبله مشخص گردید که تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* به ترتیب 18% و 4% این صفات را بهبود می‌بخشد. دیاز و فرناندز (Diaz & Fernandez, 2008) بیان داشتند پس از تلقیح گندم با باکتری *Azospirillum brasilense* تعداد دانه در بوته افزایش یافت. کاربرد میکوریزا نیز تعداد دانه در بوته و وزن سنبله را افزایش داد به شکلی که سویه *G. mossaae* 20% تعداد دانه در بوته و 7% وزن سنبله بیشتری را نسبت به تیمار عدم کاربرد میکوریزا نشان داد و در مورد ارقام نیز بیشترین تعداد دانه در بوته (96/7) و وزن سنبله (2/89 گرم) در رقم چمران دیده شد (جدول 2)، اما نتایج جدول اثرات متقابل نشان داد بیشترین تعداد دانه در بوته (117/68) و وزن سنبله (3/01 گرم) از تیمار تلقیح بذور گندم چمران با *آزوسپریلوم* و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* بدست آمد. فرآیند فتوسنتز با مقدار نیتروژن برگ ارتباط زیادی دارد، زیرا فتوسنتز با رابیسکو و سایر پروتئین‌های موجود در مزوفیل مرتبط است و این پروتئین‌ها حدود 75 درصد از کل نیتروژن سلولی را شامل می‌شوند، همزمان با کاهش میزان نیتروژن برگ، مقدار اکثر پروتئین‌های برگ نیز کاهش می‌یابد (Ebrahimi et al., 2008). همچنین پس از نیتروژن، فسفر مهمترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است و گیاهان برای ساختن بسیاری از ترکیبات آلی مانند اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها، فسفوپروتئین‌ها و کوآنزیم‌ها، همچنین برای جذب و انتقال انرژی شیمیایی و سوخت و ساز حیاتی به عنصر فوق نیاز دارد (Arefi et al., 2012).

جدول 3- مقایسه میانگین اثر متقابل *آزوسپریلوم* و مایکوریزا بر خصوصیات رشد و عملکرد ارقام گندم

Table 3- Mean comparisons for interaction effects of *Azospirillum* and mycorrhiza on growth criteria and yield of wheat varieties

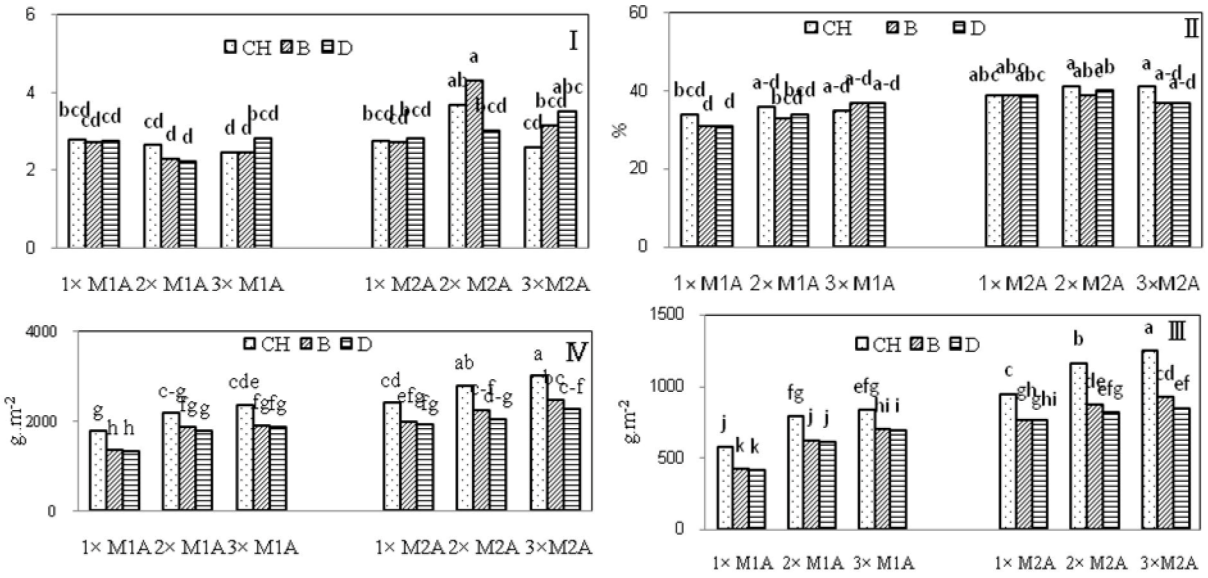
تیمار Treatment	تعداد سنبلچه در سنبله spikelet in spike	وزن دانه در گیاه (گرم) Grains per plant (g)	وزن 1000 دانه (گرم) 1000-grain Weight (g)	وزن سنبله (گرم) Spike weight (g)	عملکرد کاه و کلش (گرم بر متر مربع) Straw yield ($g.m^{-2}$)	شاخص بازآوری (%) Productivity index (%)	روز تا سنبله-دهی Days to spike	وزن هکتولیتر (گرم بر لیتر) Hectoliter weight ($g.lit^{-1}$)
$A_1 \times M_1 \times C_1$	18.33d	70.61ef	40.00fgh	2.72e	1360.67f	53.61g	64.33a	711.39a
$A_1 \times M_1 \times C_2$	16.33e	66.51f	38.33h	2.57f	998.42g	55.52fg	62.66a	691.18a
$A_1 \times M_1 \times C_3$	18.00d	67.54f	38.66h	2.47f	975.27g	56.21efg	63.33a	685.12a
$A_1 \times M_2 \times C_1$	18.66cd	91.07cd	44.00def	2.81cde	1674.67cde	63.42cde	66.66a	750.89a
$A_1 \times M_2 \times C_2$	16.66e	80.84def	42.44e-h	2.69e	1470.17ef	60.12d-g	64.66a	734.54a
$A_1 \times M_2 \times C_3$	18.33d	84.93c-f	39.33gh	2.69e	1364.92f	64.02cde	65.66a	724.31a
$A_1 \times M_3 \times C_1$	18.33d	94.14bcd	47.33bcd	2.93abc	1892.67bc	60.24f-g	69.33a	759.06a
$A_1 \times M_3 \times C_2$	20.66bc	90.05cde	45.33cde	2.79de	1407.17f	61.58d-g	67.66a	754.98a
$A_1 \times M_3 \times C_3$	20.33bc	89.03cde	45.33cde	2.79de	1370.17f	63.49c-f	68.33a	742.71a
$A_2 \times M_1 \times C_1$	20.00c	93.12cd	42.33e-h	2.89bcd	1770.02cd	60.25d-g	65.66a	754.09a
$A_2 \times M_1 \times C_2$	18de	88.00cde	40.66fgh	2.70e	1418.17f	63.82c-f	63.66a	693.12a
$A_2 \times M_1 \times C_3$	20.66bc	89.03cde	40.33fgh	2.70e	1343.12f	65.75cd	64.66a	684.99a
$A_2 \times M_2 \times C_1$	22.66a	113.59ab	48.00bc	2.97ab	2041.47ab	65.12cd	69.33a	803.31a
$A_2 \times M_2 \times C_2$	20.33bc	96.19bcd	45.33cde	2.81cde	1639.42de	71.31abc	67.66a	749.66a
$A_2 \times M_2 \times C_3$	20.00c	92.10cd	43.00efg	2.71e	1454.67ef	73.42ab	66.33a	737.28a
$A_2 \times M_3 \times C_1$	22.66a	117.68a	52.00a	3.01a	2243.52a	66.33bcd	71.33a	805.37a
$A_2 \times M_3 \times C_2$	22.33a	102.33abc	50.33ab	2.81cde	1895.92bc	70.29abc	68.33a	795.06a
$C_3 \times M_3 \times A_2$	22.00ab	95.17bcd	50.00ab	2.81cde	1715.67cd	74.19a	69.33a	778.55a

A_1: بدون *آزوسپریلوم* ، A_2: با *آزوسپریلوم*، M_1: بدون مایکوریزا، M_2: تلقیح با *G. intradices* و M_3: تلقیح با *G. mossaae*

A_1: without *Azosprillium*, A_2: with *Azosprillium*, M_1: without Mycorrhiza, M_2: with *G. intraradices* and M_3: with *G. mossaae*

در نتیجه در این پژوهش نیز می توان اصلی‌ترین دلیل ارتقاء صفات مربوط به عملکرد را افزایش دسترسی به این عناصر در حین افزایش رشد و توسعه ریشه (سایر نتایج حاصله از این پژوهش ارائه نشده) که منجر به افزایش دسترسی به آب می‌شود دانست، اما کمترین تعداد دانه در بوته (66/51 دانه) در رقم بهرنگ بدون استفاده از کود بیولوژیک و وزن سنبله (2/47 گرم) در رقم دنا و بدون استفاده از کود بیولوژیک مشاهده شد (جدول 3). در بررسی تعداد روز تا ظهور سنبله مشخص شد تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* توانسته این صفت را نیز افزایش دهد. بیشترین تعداد روز تا ظهور سنبله معادل 67/4 روز بود که تا 3% بیشتر از تیمار عدم تلقیح بود. طولانی‌تر شدن دوره رشدی گیاه در صورت عدم برخورد با شرایط نامساعد جوی در آخر فصل رشد می‌تواند زمینه افزایش عملکرد را فراهم کند، چرا که گیاه از طریق افزایش تولید اندام‌های فتوسنتز کننده، افزایش تولید و ذخیره اسمیلات‌ها و تداوم بیشتر فعالیت اندام‌های فتوسنتزی توان بیشتری در تولید دانه‌هایی با ذخیره آندوسپرمی بیشتر دارد. همچنان که فرجی و همکاران (Faraji et al., 2009) نیز در پژوهشی اعلام داشتند تغذیه نیتروژنی گیاه منجر به افزایش تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و نهایتاً عملکرد شد. کاربرد میکوریزا نیز طول دوره رشد گندم را افزایش داد به نحوی که تعداد روز تا ظهور سنبله (69/05 روز) سویه *G. mossaae* 8% بیشتر از تیمار عدم استفاده از میکوریزا بود. در مورد ارقام نیز بیشترین طول دوره رشد (67/83 روز) مربوط به رقم چمران بود (جدول 2)، اما نتایج جدول اثرات متقابل نشان داد بیشترین تعداد روز تا ظهور سنبله (71/33 روز) در تیمار تلقیح بذور گندم چمران با *آزوسپریلوم* و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae*مشاهده شد و کوتاه‌ترین دوره رشد رویشی (62/66 روز) در تیمار عدم کاربرد کود بیولوژیک در رقم بهرنگ وجود داشت (شکل 1).

مطابق جدول 2 تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* وزن هزاردانه (8%) و وزن هکتولیتر (4%) را افزایش داد تأثیر مثبت تلقیح بذور گندم با *آزوسپریلوم* بر وزن هزار دانه (Soleymanifard & Sidat, 2011) و وزن هکتولیتر (Veresoglou & Menexes, 2010) در آزمایشات زیادی به اثبات رسیده است.



شکل 1- اثر متقابل *آزوسپریلوم* و مایکوریزا بر برخی خصوصیات ارقام گندم (CH: چمران، B: بهرنگ و D: دنا) I) تراکم سنبله، II) شاخص برداشت، III) عملکرد دانه و IV) عملکرد بیولوژیکی

A_1: بدون *آزوسپریلوم* ، A_2: با *آزوسپریلوم*، M_1: بدون مایکوریزا، M_2: تلقیح با *G. intradices* و M_3: تلقیح با *G. mossaae*

Fig. 1- Effect of *Azosprillium* and Mycorrhiza on some characteristics for wheat cultivars (CH: Chamran,B: Behrang and D: Dena) I) spike density, II) HI, III) grain yield and IV) biological yield

A_1: without *Azosprillium*, A_2: with *Azosprillium*, M_1: without Mycorrhiza, M_2: with *G. intraradices* and M_3: with *G. mossaae*

در پژوهش حاضر نیز بیشترین وزن هزار دانه (45/77 گرم) و وزن هکتولیتر (755/72 گرم در لیتر) از تیمار تلقیح بذور با *آزوسپریلوم لیپوفروم* بدست آمد.

همچنین کاربرد میکوریزا نیز وزن هزاردانه (48/38 گرم) و وزن هکتولیتر (772/62 گرم در لیتر) را افزایش داد. به طور کلی، در ارتباط با میکوریزا بیشترین وزن هزاردانه و عملکرد بوته از کاربرد سویه *G. mossaae* بدست آمد. شایان ذکر است که کاربرد سویه مذکور به ترتیب 18 و 9 درصد نسبت به عدم کاربرد میکوریزا صفات وزن هزاردانه و وزن هکتولیتر را ارتقاء بخشید. به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای زیستی باعث توسعه ریشه شده و شرایط را برای جذب عناصر غذایی فراهم می کنند که این به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می-گردد. زمانی که گیاه به دوران رسیدگی نزدیک می‌گردد مواد حاصل از فتوسنتز را به اندام‌های زایشی (دانه‌ها) منتقل می‌کند. کودهای زیستی از طریق تسریع و تقویت این عمل سبب افزایش وزن هزار دانه می-گردد. سایر محققین (Idris, 2003) نیز اثر مثبت باکتری ازتوباکتر را بر وزن هزار دانه گندم تأیید کرده‌اند. در ارتباط با ارقام مورد آزمایش نیز بیشترین وزن هزار دانه (45/61 گرم) و وزن هکتولیتر (764/02 گرم در لیتر) در رقم چمران مشاهده شد (جدول 2). مطابق با جدول اثرات متقابل بیشترین وزن هزار دانه (52/00 گرم) و وزن هکتولیتر (805/37 گرم در لیتر) از تیمار تلقیح بذور گندم رقم چمران با باکتری *Azospirillum lipoferum* و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* بدست آمد. سینک و همکاران (Singh et al., 2004) در پژوهشی افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه در ارقام گندم را تحت کاربرد میکوریزا اعلام داشتند. همچنین آنان عنوان داشتند تلقیح دوگانه ارقام گندم با میکوریزا و *ازتوباکتر* منجر به افزایش وزن هزار دانه بیش از کاربرد منفرد میکوریزا می‌گردد و اما کمترین وزن هزار دانه (38/33 گرم) در تیمار عدم تلقیح باکتریایی و عدم کاربرد میکوریزا در بذور رقم بهرنگ و کمترین وزن هکتولیتر (685/12 گرم در لیتر) نیز در تیمار عدم کاربرد کودهای بیولوژیک در بذور رقم دنا بدست آمد (جدول 3).

بررسی و تحلیل نتایج مقایسه میانگین صفات عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک نشان داد تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* توانسته است صفات فوق را نیز افزایش دهد به نحوی که بیشترین عملکرد کاه (1724/33 گرم در متر مربع) و عملکرد بیولوژیک (2334/11 گرم در متر مربع) بود که به ترتیب 20 و 23 درصد نسبت به تیمار عدم تلقیح باکتریایی رشد داشتند. در این آزمایش به نظر می‌رسد که آزوسپریلیوم از طریق توسعه مکانیسم‌هایی همچون توسعه رشد و بیوماس ریشه (Naiman et al., 2009) موجب افزایش جذب برخی از عناصر و توسعه سطوح فتوسنتزکننده شده و گیاه مواد پروردهٔ تولید شده را جهت توسعه اندام‌های خود اختصاص داده و در نهایت بیوماس گیاه افزایش پیدا کرده است. همچنین نتایج جدول 2 نشان داد که کاربرد سویه‌های میکوریزایی عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک را نیز افزایش داده است، البته بین دو سویه کاربردی تفاوت معنی‌داری وجود داشت و بیشترین مقدار عملکرد کاه (1754/18 گرم در متر مربع) و عملکرد

بیولوژیک (2301/46 گرم در متر مربع) از کاربرد سویه *G. mossaae* بدست آمد. بر طبق نتایج عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک در تیمارهای کاربرد سویه *G. mossaae* به ترتیب 26 و 23 درصد بیشتر از تیمار عدم استفاده از میکوریزا بود. به نظر می‌رسد کاربرد میکوریزا در گندم باعث افزایش غلظت فسفر معدنی در برگ شده باشد و از این طریق بر روی فتوسنتز (از طریق انتقال فعال غیر هم-جهت[1] که خروج تریوز فسفات را از استروما به سیتوسول آسان می-کند) اثر کرده باشد، چرا که غلظت کمتر فسفات معدنی سیتوسول ممکن است اثر منفی روی چرخه کالوین و یا آنزیم‌های مورد نیاز و سطح فعالیت آنها داشته باشد همچنان که در آزمایشات مختلف مشخص شده است که کمبود فسفر کارائی فتوسنتز را در محصولات زراعی کاهش می‌دهد (Wissuwa et al., 2005). در مورد ارقام نیز بیشترین عملکرد کاه (1830/50 گرم در متر مربع) و عملکرد بیولوژیک (2408/44 گرم در متر مربع) از رقم چمران بدست آمد (جدول 2). به نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی، *آزوسپریلومی* از طریق تغذیه مناسب موجب افزایش وزن اندام هوایی می‌شود اما بر طبق نتایج جدول اثرات متقابل بیشترین عملکرد کاه (2243/52 گرم در متر مربع) و عملکرد بیولوژیک (3000/9 گرم در متر مربع) مشترکاً هر دو از تیمار تلقیح بذور گندم رقم چمران با *آزوسپریلوم* و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* بدست آمد. ساین و همکاران (Sighn et al., 2004) نیز در پژوهشی اعلام داشتند تلقیح دوگانه میکوریزا و *ازتوباکتر* منجر به ارتقاء عملکرد بیولوژیک در ارقام گندم می‌شود. میکوریزا با افزایش سطح جذب فسفر و *آزوسپریلوم* با در اختیار گذاشتن نیتروژن، دو عنصر ضروری برای رشد گیاه را تأمین می‌کنند (Ortaş, 2003). همچنان که نتایج پژوهش حاضر نیز در تأیید این نتایج است و به علاوه تلقیح باکتریایی نیز منجر به افزایش اثرات مثبت کاربرد میکوریزا شده است. به نظر می‌رسد استفاده از این ریزموجودات راه مناسبی برای تولید گیاهان در خاک‌هایی با فقر عناصر غذایی باشد و کمترین عملکرد کاه (975/27 گرم در متر مربع) و عملکرد بیولوژیک (1321/1 گرم در متر مربع) در رقم دنا و بدون استفاده از کودهای بیولوژیک مشاهده شد (شکل 1).

مطابق جدول 2 تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* عملکرد بوته (32%) را افزایش داد. تأثیر مثبت تلقیح بذور گندم با *آزوسپریلوم* بر عملکرد بوته (Veresoglou & Menexes, 2010) در آزمایشات زیادی به اثبات رسیده است. در پژوهش حاضر نیز بیشترین عملکرد بوته (925/44 گرم در متر مربع) از تیمار تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* لیپوفروم بدست آمد. همچنین کاربرد میکوریزا نیز عملکرد بوته (933/11 گرم در متر مربع) را افزایش داد. به طور کلی، در ارتباط با میکوریزا بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد بوته از کاربرد سویه *G. mossaae* بدست آمد. الکراکی و همکاران (Al-Karaki et al., 2004) در بررسی خود نشان دادند تلقیح میکوریزا (از طریق بهبود رشد و جذب عناصر غذایی) عملکرد گندم را ارتقا می‌دهد و در مورد ارقام نیز بیشترین عملکرد بوته (929/22 گرم) در رقم چمران مشاهده شد (جدول 2)، اما جدول اثرات متقابل نشان داد بیشترین عملکرد بوته (1246/33 گرم در متر مربع) از تیمار تلقیح باکتریایی بذور گندم رقم چمران و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* بدست آمد احتمالاً افزایش فسفر در بافت‌های گیاهی و عدم کمبود نیتروژن دو عامل مهم در افزایش عملکرد گیاه بوده‌اند. حضور میکوریزا به عنوان تأمین کننده فسفر و یک فاکتور مهم در جذب مواد غذایی و آب از خاک در کنار *آزوسپریلوم* موجبات حصول حداکثر عملکرد دانه را در بین تیمارها فراهم آورده است. همچنان که (Zaidi & Khan, 2005) نیز به افزایش معنی‌دار عملکرد گندم تحت تأثیر ریزموجودات رایزوسفر ریشه به سبب افزایش جذب عناصر غذایی اشاره داشتند. کمترین عملکرد بوته (412/00 گرم در متر مربع) نیز در تیمار عدم تلقیح باکتریایی بذور رقم دنا بدست آمد (شکل 1).

مطابق جدول 2 تلقیح بذور با *آزوسپریلوم* منجر به افزایش 13 و 12 درصدی به ترتیب برای صفات شاخص برداشت و شاخص بازآوری شد. به نحوی‌که بیشترین شاخص برداشت (39%) و شاخص بازآوری (67%) از تلقیح بذور گندم با *آزوسپریلوم لیپوفروم* بدست آمد. افزایش شاخص برداشت در گندم تلقیح شده با باکتری‌های آزادزی توسط سایر محققین نیز اثبات شده است (Singh et al., 2004). همچنین کاربرد میکوریزا نیز شاخص برداشت (6%) و شاخص بازآوری (11%) را افزایش داد. به طور کلی، در ارتباط با میکوریزا بیشترین شاخص برداشت (38%) از کاربرد سویه *G. mossaae* بدست آمد و بیشترین شاخص بازآوری (66%) به طور مشترک از کاربرد هر دو سویه *G. mossaae* و *G. intradices* بدست آمد، البته افزایش شاخص بازآوری در گندم تیمار شده با میکوریزا در تحقیقات سایرین نیز به اثبات رسیده است (Pir Dashti et al., 2012). برخی محققین معتقدند که احتمالاً تنوع زیستی قارچ‌های میکوریزا مهمترین عامل حفظ تنوع زیستی گیاهی و کارکرد اکوسیستمی است، چرا که نابودی تنوع زیستی قارچ‌های میکوریزا که در سیستم‌های کشاورزی اتفاق می‌افتد، می‌تواند باعث کاهش تنوع زیستی گیاهان و تولید اکوسیستم شده و ناپایداری اکوسیستم را افزایش دهد (Diepeningen et al., 2005)، اما در ارتباط با ارقام مورد کشت بیشترین شاخص برداشت (38%) در رقم چمران و بیشترین شاخص بازآوری (66%) در رقم دنا مشاهده شد (جدول 2)، اما تجزیه جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیشترین شاخص برداشت (41%) از تلقیح باکتریایی بذور گندم رقم چمران و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* و نیز در تیمار کاربرد *G. intradices* و تلقیح *آزوسپریلوم* در رقم چمران بدست آمد و بیشترین شاخص بازآوری (74%) نیز از تیمار کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaae* و تلقیح *Azospirillum lipoferum* با بذور گندم رقم دنا بدست آمد. نوع برهمکنش قارچ میکوریزا آربسکولار و باکتری، بستگی به محیط خاک، نوع باکتری، قارچ و گیاه دارد. باکتری‌های PGPR می‌توانند با تأثیر بر میزان تمایل و پذیرش

1- Anti port

ریشه برای قارچ و رشد و جوانه‌زنی اسپورها و همچنین تغییر ترشحات ریشه‌ای و محیط ریزوسفر، تشکیل و عملکرد قارچ‌های میکوریزایی را تحت تأثیر قرار دهند (Raja et al., 2002). همچنان که در این پژوهش نیز حضور همزمان قارچ و باکتری منجر به افزایش اثرات مثبت کاربرد گردیده است. همچنین کمترین شاخص برداشت (31%) در تیمارهای عدم کاربرد کود بیولوژیک در ارقام دوروم رقم چمران دیده شد (شکل 1) و کمترین شاخص بازآوری (53%) نیز در تیمار عدم کاربرد کود بیولوژیک در رقم چمران بدست آمد (جدول 3).

نتیجه‌گیری

در مجموع، کاربرد میکوریزا (بین 7 تا 33 درصد) و تلقیح *آزوسپریلوم* (بین 4 تا 32 درصد) عملکرد و اجزای عملکرد را در ارقام گندم نسبت به تیمار کنترل بهبود خواهد داد. مصرف ریزموجودات احتمالاً از طریق بهبود خصوصیاتی همچون افزایش حجم اندام‌های فتوسنتز کننده و همچنین افزایش طول دوره رشدی، باعث افزایش مقدار و ظرفیت تولید اسیمیلات در منابع شده که در نهایت، منجر به بهبود عملکرد گردیده است. این امر بیان کننده مطلوبیت مصرف میکوریزا و *آزوسپریلوم*، در ایجاد شرایط مناسب جهت نیل به رشد حداکثری و نزدیک شدن به عملکرد پتانسیل در گندم را دارد. همچنین مصرف توأم این میکروارگانیسم‌ها نه تنها منجر به بروز هیچگونه اثرات آنتاگونیستی و نتیجتاً کاهش در میزان عملکرد نشد، بلکه از کاربرد جداگانه‌شان در حد چشم‌گیری موثرتر واقع شد (بین 4 تا 20%)، اما بین دو سویه میکوریزای به کار برده شده مصرف سویه *G. mossaae* جهت دستیابی به مقادیر حداکثری صفات برآوردی (به استثنای تراکم سنبله) لازم بود. همچنین ارزیابی صفات اندازه گیری شده حکایت از مفیدتر واقع شدن میکوریزا نسبت به آزوسپریلیوم داشت، اما احتمالاً واقعیت امر در آن باشد که مزرعه‌ای که این پژوهش در آن انجام شد، تحت تأثیر عواملی همچون عملیات نادرست خاکورزی، مصرف بی رویه کود شیمیایی و فقر ماده آلی در خاک (نتایج آزمون خاک)، بقا و فعالیت باکتری *آزوسپریلوم* دچار اختلال شده باشد. در مجموع، به نظر می‌رسد که استفاده مستمر از کودهای بیولوژیک و اعمال مدیریت خاک‌ورزی مناسب برای سال-های متمادی در یک مزرعه شرایط را برای بروز فعالیت حداکثری ریزموجودات فراهم آورد.

منابع

Al-karaki, G., Mcmichael B., and Zak, J. 2004. Field response of wheat to *Arbuscular Mycorrhizal* Fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263-296.

Amirabadi, M., Ardekani, M., Rejali, F., Bourji, M., and Khaghani, S. 2009. Efficiency of mycorrhiza and Azotobacter under different levels of phosphorus on yield and yield components of maize SC704 in Arak. Journal of Crop Science 2: 45-51. (In Persian with English Summary)

Amooaghaie, R., Mostajeran, A., and Emtiazi, G. 2003. The effect of *Azospirillum* strains bacteria concentration on the growth of wheat roots. Journal of Agricultural Science 33 (2): 222-213. (In Persian with English Summary)

Arefi, E., Kafi, M., Khazaie, H.R., and Banayan Aval, M. 2012. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on yield, photosynthesis and Pygmanthay) photosynthesis, chlorophyll and nitrogen in components of industrial and medicine shallots (*Allium altissimum* Regel.). Journal of Agroecology 4(3): 207-214. (In Persian with English Summary)

Azimi, M., Khoda Rahmi, M., Jalal Kamali, M.R. 2012. Evaluation of some important agronomic characteristics in spring bread wheat genotypes under terminal drought stress and non-stress conditions. Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(1): 175-193. (In Persian with English Summary)

Bahrani, A., Pourreza, J., and Haghjoo, M. 2010. Response of Winter Wheat to Co-Inoculation with *Azotobacter* and Arbescular Mycorrhizal Fungi (AMF) under Different Sources of Nitrogen Fertilizer. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science 8(1): 95-103.

Behl, R.K., Ruppel, S., Kothe, E., and Narula, N. 2007. Wheat x *Azotobacter* x VA Mycorrhiza interactions towards plant nutrition and growth. Journal of Applied Botany and Food Quality 81: 95-109.

Borzouei, A., Kafi, M., and Khazaei, H.R., and Mousavi Shalman, M.A. 2011. The effect of salinity on root traits of both susceptible cultivar and resistant wheat cultivars relationship with grain yield under greenhouse conditions. Journal Science and Technology of Greenhouse Culture 8(2): 95-106.

Cala, V., Cases, M.A., and Walter, I. 2005. Biomass production and heavy metal content of *Rosmarinus officinalis* growth on organic waste-amended soil. Journal of Arid Environments 62: 401-412.

Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.

Daei. G., Ardakani, M.R., Rejali, F., Teimuri, S., and miransari, M. 2009. Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components, and nutrient uptake using *Arbuscular mycorrhizal* fungi under field conditions. Journal of plant physiology 166: 617-625.

Dehghan, A., Khodarahmi, M., Majidi Harvan, A., and Paknejad, F. 2011. Genetic Variation of Morphological and Physiological traits in Durum Wheat Lines. Seed and Plant Journal 27 (1): 103-120. (In Persian with English Summary)

Diaz-Zoritaa, M., and Fernandez-Canigia, M.V. 2008. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. European Journal of Soil Biology 45(1): 3–11.

Diepeningen, A.D.V., De Vos, O.J. Korthals, G.W., and Bruggen, A.H.C.V. 2005. Effects of organic versus conventional management on chemical and biological parameters in agricultural soils. Applied Soil Ecology 31: 120-135.

Ebrahimi, N., Afyooni, M., Karami, M., and Rezaie Nejad, Y. 2008. Residual and cumulative effects of organic matters on nitrogen, phosphorous and potassium concentration of soil. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources 46: 103-113.

Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A., and Shirani Rad, A.H. 2009. Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agricultural Water Management 96: 132-140.

Ghazi, N., and Al-Karaki, G.N. 2006. Nursery inoculation of tomato with *arbuscular mycorrhizal* fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. Science Horticulture 109: 1–7.

Giamati, G., Astarraie, A.R., and Zamani, G.R. 2009. Effects of municipal compost and sulfur on sugar beet yield and soil chemical properties. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 153-160. (In Persian with English Summary)

Higa, T. 2000. What is EM technology? EM World Journal 1: 1-6.

Idris, M. 2003. Effect of integrated use of mineral, organic N and *Azotobacter* on the yield, yield components and N-nutrition of wheat (*Triticum aestivum*). Pakistan Journal Biological Science 6(6): 539-543.

Jabbari, H., Daneshian, J., and Aliabadi, H. 2011. Use refreshed effort, yield and quality to identify hybrids drought tolerant sunflower. Crop Ecophysiology Journal 3(1): 9-23.

Jahan, M., Koocheki, A., and Nassiri, M. 2007. The effects of *arbuscular mycorrhizal* fungus and free living nitrogen fixing bacteria on growth, Photosynthesis and yield of corn (*Zea mays* L.) in conventional and conventional and ecological cropping systems. Iranian Journal Field Crops Research 5(1): 53-67. (In Persian with English Summary)

Kannayan, S. 2002. Biofertilizers for sustainable crop production. In: Biotechnology of Biofertilizers. Ed., Kannayan, Narosa Publishing House, New Delhi, India. 9-49.

Ma, Z., Steffenson, B.J., Prom, L.K., and Lapitan, N.L. 2000. Mapping of quantitative trait Loci for *Fusarium* head blight resistance in barley. Phytopathology 90: 1079-88.

Mahdavi, F., Esmaili, M.A., Fallah, E., Pirdashti, H. 2005. Study of morphological characteristics, physiological indices, grain yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) landraces and improved cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 2(4): 280-297. (In Persian with English Summary)

Mostajeran, A., Amooaghaie, B., and Emtiazi, G. 2005. The effect of *Azospirillum* and pH irrigation water on yield and protein content of wheat cultivars. Journal of Biology 18(3): 248-260. (In Persian with English Summary)

Naiman, A.D., Latro´nico, A., García de Salamone, I.E. 2009. Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. European Journal of Soil Biology 45: 44 – 51.

Ortaş, I. 2003. Effect of selected mycorrhizal inoculation on phosphorus sustainability in sterile and non-sterile soils in the Harran Plain in South Anatolia. Journal Plant Nutrient 26: 1-17.

Pierre, C.S., Petersona, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoerena, M., Larsona, M., and Hoefera, B. 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization and water stress. Agronomy Journal 100: 414-420.

Pir Dashty, H., Yaghobian, Y., Mohammedi, E., Feizi Asl, V., and Esfandiari, E. 2012. Evaluation the reaction of dry wheat (C.V Azar II) to symbiosis of Arbuscular mycorrhizal fungi and mycorrhiza-like to levels of water deficit stress. Journal of Agroecology 4 (1): 63-73. (In Persian with English Summary)

Raja A.R., Shah K.H., Aslam M., and Memon M.Y. 2002. Response of phosphor bacterial and Mycorrhiza inoculation in wheat. Asian Journal of Plant Science 4: 322-323.

Saini, V.K., S.C., Bhandari, and Tarafdar, J.C. 2004. Comparison of crop yield, soil microbial C, N and P, N-fixation, nodulation and Mycorrhizal infection and non inoculated sorghum and chickpea crops. Field Crops Research 89: 39-47.

SAS 9.01.3 Copyright (c) 2004. By SAS Institute Inc., CARY, NC, USA. SAS (r) Proprietary Software Version 9.00 (TS M0).

Sighn, and Purhit, S. 2008. Biofertilizer Technology. Published by AGROBIOS (INDIA).

Singh, R., Behl, R.K., Singh, K.P., Jain, P., and Narula, N. 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of *arbuscular mycorrhiza* fungi and *Azotobacter chroococcum*. Haryana Agricultural University. Hisar, India. Plant Soil Environment 50(9): 409-415.

Soleymanifard, A., and Sidat, S.A. 2011. Effect of inoculation with bio-fertilizer in different nitrogen levels on yield and yields components of safflower under dry land conditions. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science 11(4): 473-477.

SPSS 20.0.1 Copyright (c) 2012. IBM Corporation., USA. Proprietary Software.

Veresoglou, S.D., and Menexes, G. 2010. Impact of inoculation with *Azospirillum* spp. On growth properties and seed yield of wheat: a meta-analysis in ISI web of science from 1981 to 2008. Plant and soil 337: 469-480.

Wissuwa, M., Gamat, G., and Ismail, A.M. 2005. Is root growth under phosphorus deficiency affected by source or sink limitation. Journal of Experimental Botany 56: 1943-1950.

Zaidi, A., and Khan, S. 2005. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on growth, yield, and nutrient uptake of wheat. Journal Plant Nutrient 28: 2079- 2092.

Zheng, Y.M., Ding, Y.F., Wang, Q-S., Li, G.H., Wu, H., Yuan, Q., Wang, H.Z., and Wang, S.H. 2007. Effect of nitrogen applied before transplanting on NUE in rice. Agricultural Sciences in China 6(7): 842-848.