

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

مجید جیریایی<sup>1\*</sup>، اسفندیار فاتح<sup>2</sup> و امیر آینه‌بند<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 1392/02/29

تاریخ پذیرش: 1392/08/10

### چکیده

به منظور ارزیابی پیامدهای کاربرد مجزا و توأم ریزموجودات آروسپریلوم 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. mossae*) و ارقام گندم در سه سطح (رقم چمران و دو رقم دوروم (دنا و بهرنگ)) بود. بررسی صفاتی همچون تراکم سنبله، وزن هکتولتر، عملکرد دانه، شاخص بازآوری و چندین ویژگی دیگر نشاندهنده تأثیر مثبت و معنی‌دار استفاده از ریزموجودات بر ارقام گندم بود، به نحوی که همزیستی میکوریزایی بین 7 تا 33 درصد و همیاری آروسپریلوم 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)، سنبله در سنبله (22/66) و وزن هکتولتر (805/37 گرم در لیتر) از تیمار تلقیح بذور رقم چمران با آروسپریلوم و استفاده از سویه *G. mossae* بدست آمد بنابراین می‌توان ادعان داشت آروسپریلوم 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 هکتولتر

### مقدمه

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 می‌کنند (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 قرار 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 آروسپریلوم از جمله مفیدترین ریزموجوداتی هستند که از روش‌های مختلف باعث

گندم (*Triticum aestivum* L.) در سراسر جهان به عنوان حیاتی‌ترین محصول کشاورزی مطرح می‌باشد. اگرچه به دلیل تفاوت‌های 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 turgidum* var. durum Desf.) استفاده کنند. بنابراین، با رشد و توسعه زراعت گندم دوروم در کشور علاوه بر افزایش سطح تولید گندم در کشور می‌توان ماده اولیه صنایع ماکارونی‌سازی را نیز تأمین کرد (Dehghan et al., 2011). به چالش کشیده شدن امنیت غذایی انسان با توجه به

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

جدول ۱ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آروسپریلوم و میکوریزا 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

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

ns: غیر معنی‌دار 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.

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 آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن شامل *ازتوباکتر* و آروسپریلوم 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 میکوریزیایی (VAM) (Daei et al., 2009) و آروسپریلوم (Mostajeran et al., 2005) امکان‌پذیر است. همچنین در بررسی تأثیر تلقیح گندم با آروسپریلوم، افزایش عملکرد بیولوژیک (به میزان 17/8 درصد) 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 تثبیت‌کننده نیتروژن اشاره داشتند.

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

### مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی پیامدهای کاربرد مجزا و توأم ریزموجودات آروسپریلوم 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 آروسپریلوم لیپوفروم در تلقیح با بذر گندم، قارچ میکوریزا در سه سطح عدم استفاده، استفاده از سویه *Glomus intradices* و استفاده از سویه *Glomus mossae*، 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 بذر را به مدت دو ساعت در آب مقطر استریل خیسانده و متعاقب آن به محلول حاوی باکتری آروسپریلوم لیپوفروم با غلظت  $10^6$  cfu/ml (تعداد سلول زنده در هر میلی‌لیتر) منتقل گردید (Amooaghaie et al., 2003).

طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود، 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 هکتولیت، 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 هکتولیت 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 آروسپریلوم 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 هکتولیت، 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 آروسپریلوم لیوفروم 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 زیاده 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. mossae* 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 الکرکی (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 بهرننگ بدست آمد.

پس از چهار ساعت بذره‌های گندم آلوده به باکتری جهت کشت آماده شد (Mostajeran et al., 2005). همچنین جهت اعمال تیمار سویه‌های میکوریزایی از کود میکوریزایی 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 2-3 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 هکتولیت 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 هکتولیت نیز براساس دستورالعمل شماره 10-55 که توسط انجمن آمریکایی شیمی‌دانان غلات AACC<sup>1</sup> 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 تجزیه واریانس آروسپریلوم 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 هکتولیت، تعداد روز تا ظهور سنبله، و وزن سنبله نداشت. در مورد میکوریزا نیز همان

برزیوی 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. mossae* و تلقیح آزوسپریلوم 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 بذرهاى 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 می‌شود 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. mossae* 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. mossae* بدست آمد. فرآیند فتوسنتز با مقدار نیتروژن برگ ارتباط زیادی دارد، زیرا فتوسنتز با رایبیسکو 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، فسفولپیدها، 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 2- مقایسه میانگین اثر آزوسپریلوم و میکوریزا 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 (مربع بر متر) (گرم بر متر)	وزن هکتولتر (گرم بر لیتر)	تراکم سنبله	روز تا سنبله‌دهی	شاخص باروری (%)	شاخص برداشت (%)	عملکرد کاه و کلش (مربع بر متر)	عملکرد دانه (مربع بر متر)	وزن سنبله (گرم)	وزن دانه 1000- (گرم)	تعداد دانه در گیاه	تعداد سنبلچه در سنبله	Treatment
Biological yield (g.m <sup>-2</sup> )	Hectoliter weight (g.lit <sup>-1</sup> )	Spike density	Days to spike	Productivity index (%)	HI (%)	Straw yield (g.m <sup>-2</sup> )	Grain yield (g.m <sup>-2</sup> )	Spike weight (g)	1000-grain weight (g)	Grains per plant	Spikelet in spike	
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 <i>Azospirillum</i>
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 <i>Azospirillum</i>
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 میکوریزا 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	<i>G. intradices</i>
2301.46a	772.62a	2.85a	69.05a	66.73a	37.52a	1754.18a	933.11a	2.86a	48.38a	98.06a	20.05a	<i>G. mossae</i> ultivar
2408.44a	764.02a	2.84a	67.83a	61.12a	38.22a	1830.50a	929.22a	2.89a	45.61a	96.70a	20.55a	چمران Charan
1956.31b	736.42a	2.59a	65.77a	63.25ab	36.31a	1471.54b	716.39b	2.73b	43.66b	87.32b	18.77b	به‌رنگ Behrang
1862.09b	725.49a	2.87a	66.38a	66.41c	36.12a	1370.63c	689.44c	2.69b	42.77b	86.30	19.88a	Dena ls

جدول 3- مقایسه میانگین اثر متقابل آزوسپریلیوم و میکوریزا 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

وزن هکتولیترا (گرم بر لیتر) Hectoliter weight (g.lit <sup>-1</sup> )	روز تا سنبله- دهی Days to spike	شاخص بازآوری (%) Productivity index (%)	عملکرد کاه و کلش (گرم بر متر مربع) Straw yield (g.m <sup>-2</sup> )	وزن سنبله (گرم) Spike weight (g)	وزن 1000 دانه (گرم) 1000-grain Weight (g)	وزن دانه در گیاه (گرم) Grains per plant (g)	تعداد سنبله در سنبله spikelet in spike	تیمار Treatment
711.39a	64.33a	53.61g	1360.67f	2.72e	40.00fgh	70.61ef	18.33d	A <sub>1</sub> × M <sub>1</sub> × C <sub>1</sub>
691.18a	62.66a	55.52fg	998.42g	2.57f	38.33h	66.51f	16.33e	A <sub>1</sub> × M <sub>1</sub> × C <sub>2</sub>
685.12a	63.33a	56.21efg	975.27g	2.47f	38.66h	67.54f	18.00d	A <sub>1</sub> × M <sub>1</sub> × C <sub>3</sub>
750.89a	66.66a	63.42cde	1674.67cde	2.81cde	44.00def	91.07cd	18.66cd	A <sub>1</sub> × M <sub>2</sub> × C <sub>1</sub>
734.54a	64.66a	60.12d-g	1470.17ef	2.69e	42.44e-h	80.84def	16.66e	A <sub>1</sub> × M <sub>2</sub> × C <sub>2</sub>
724.31a	65.66a	64.02cde	1364.92f	2.69e	39.33gh	84.93c-f	18.33d	A <sub>1</sub> × M <sub>2</sub> × C <sub>3</sub>
759.06a	69.33a	60.24f-g	1892.67bc	2.93abc	47.33bcd	94.14bcd	18.33d	A <sub>1</sub> × M <sub>3</sub> × C <sub>1</sub>
754.98a	67.66a	61.58d-g	1407.17f	2.79de	45.33cde	90.05cde	20.66bc	A <sub>1</sub> × M <sub>3</sub> × C <sub>2</sub>
742.71a	68.33a	63.49c-f	1370.17f	2.79de	45.33cde	89.03cde	20.33bc	A <sub>1</sub> × M <sub>3</sub> × C <sub>3</sub>
754.09a	65.66a	60.25d-g	1770.02cd	2.89bcd	42.33e-h	93.12cd	20.00c	A <sub>2</sub> × M <sub>1</sub> × C <sub>1</sub>
693.12a	63.66a	63.82c-f	1418.17f	2.70e	40.66fgh	88.00cde	18de	A <sub>2</sub> × M <sub>1</sub> × C <sub>2</sub>
684.99a	64.66a	65.75cd	1343.12f	2.70e	40.33fgh	89.03cde	20.66bc	A <sub>2</sub> × M <sub>1</sub> × C <sub>3</sub>
803.31a	69.33a	65.12cd	2041.47ab	2.97ab	48.00bc	113.59ab	22.66a	A <sub>2</sub> × M <sub>2</sub> × C <sub>1</sub>
749.66a	67.66a	71.31abc	1639.42de	2.81cde	45.33cde	96.19bcd	20.33bc	A <sub>2</sub> × M <sub>2</sub> × C <sub>2</sub>
737.28a	66.33a	73.42ab	1454.67ef	2.71e	43.00efg	92.10cd	20.00c	A <sub>2</sub> × M <sub>2</sub> × C <sub>3</sub>
805.37a	71.33a	66.33bcd	2243.52a	3.01a	52.00a	117.68a	22.66a	A <sub>2</sub> × M <sub>3</sub> × C <sub>1</sub>
795.06a	68.33a	70.29abc	1895.92bc	2.81cde	50.33ab	102.33abc	22.33a	A <sub>2</sub> × M <sub>3</sub> × C <sub>2</sub>
778.55a	69.33a	74.19a	1715.67cd	2.81cde	50.00ab	95.17bcd	22.00ab	C <sub>3</sub> × M <sub>3</sub> × A <sub>2</sub>

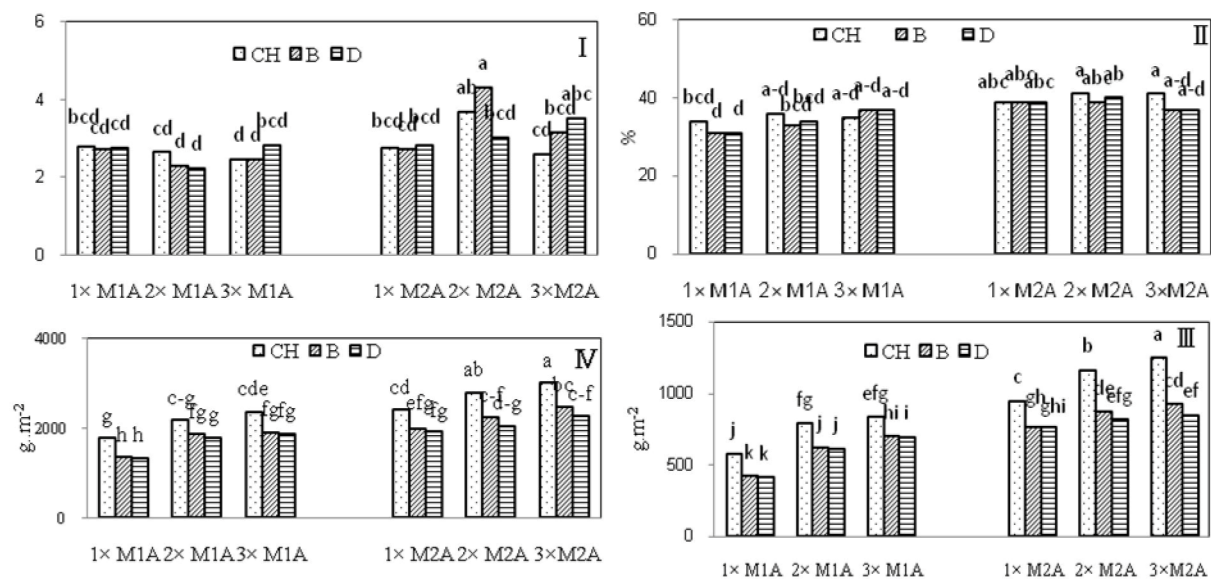
A<sub>1</sub>: بدون آزوسپریلیوم، A<sub>2</sub>: با آزوسپریلیوم، M<sub>1</sub>: بدون میکوریزا، M<sub>2</sub>: تلقیح با *G. intradices* و M<sub>3</sub>: تلقیح با *G. mossaeae*

A<sub>1</sub>: without *Azospirillum*, A<sub>2</sub>: with *Azospirillum*, M<sub>1</sub>: without Mycorrhiza, M<sub>2</sub>: with *G. intradices* and M<sub>3</sub>: with *G. mossaeae*

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. mossaeae* 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 آزوسپریلیوم و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossaeae* مشاهده شد و کوتاه‌ترین دوره رشد رویشی (62/66) (روز) در تیمار عدم کاربرد کود بیولوژیکی در رقم بهرنگ وجود داشت (شکل 1).

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

در نتیجه در این پژوهش نیز می‌توان 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 بیولوژیکی و وزن سنبله (2/47) (گرم) در رقم دنا و بدون استفاده از کود بیولوژیکی مشاهده شد (جدول 3). در بررسی تعداد روز تا ظهور سنبله مشخص شد تلقیح بذور با آزوسپریلیوم 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



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

A<sub>1</sub>: بدون آزوسپریلیوم، A<sub>2</sub>: با آزوسپریلیوم، M<sub>1</sub>: بدون میکوریزا، M<sub>2</sub>: تلقیح با *G. intradices* و M<sub>3</sub>: تلقیح با *G. mossae*

Fig. 1- Effect of *Azospirillum* 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<sub>1</sub>: without *Azospirillum*, A<sub>2</sub>: with *Azospirillum*, M<sub>1</sub>: without Mycorrhiza, M<sub>2</sub>: with *G. intradices* and M<sub>3</sub>: with *G. mossae*

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 هکتولتر (685/12 گرم در لیتر) نیز در تیمار عدم کاربرد کودهای بیولوژیکی در بذور رقم دنا بدست آمد (جدول 3).

بررسی و تحلیل نتایج مقایسه میانگین صفات عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیکی نشان داد تلقیح بذور با آزوسپریلیوم توانسته است صفات فوق را نیز افزایش دهد به نحوی که بیشترین عملکرد کاه (1724/33 گرم در متر مربع) و عملکرد بیولوژیکی (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 فتوسنتز کننده شده و گیاه مواد پرورده 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 بیولوژیکی 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

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

همچنین کاربرد میکوریزا نیز وزن هزار دانه (48/38 گرم) و وزن هکتولتر (772/62 گرم در لیتر) را افزایش داد. به طور کلی، در ارتباط با میکوریزا بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد بوته از کاربرد سویه *G. mossae* بدست آمد. شایان ذکر است که کاربرد سویه مذکور به ترتیب 18 و 9 درصد نسبت به عدم کاربرد میکوریزا صفات وزن هزار دانه و وزن هکتولتر را ارتقاء بخشید. به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای زیستی باعث توسعه ریشه شده و شرایط را برای جذب عناصر غذایی فراهم می‌کنند که این به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد. 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 می‌گردد. 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 هکتولتر (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 هکتولتر (805/37 گرم در لیتر) از تیمار تلقیح بذور گندم رقم چمران با باکتری *Azospirillum lipoferum* و کاربرد میکوریزای سویه *G. mossae* بدست آمد. سینک و همکاران (Singh et al., 2004) در

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. mossae* 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 ریزوموجودات ریزوسفر 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 نحوی که 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. mossae* بدست آمد و بیشترین شاخص بازآوری (66%) به طور مشترک از کاربرد هر دو سویه *G. intradices* و *G. mossae* 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. mossae* 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. mossae* و تلقیح *Azospirillum lipoferum* با بذور گندم رقم دنا بدست آمد. نوع برهمکنش قارچ میکوریزا آریسکولار و باکتری، بستگی به محیط خاک، نوع باکتری، قارچ و گیاه دارد. باکتری‌های PGPR می‌توانند با تأثیر بر میزان تمایل و پذیرش

بیولوژیک (2301/46 گرم در متر مربع) از کاربرد سویه *G. mossae* بدست آمد. بر طبق نتایج عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک در تیمارهای کاربرد سویه *G. mossae* 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<sup>1</sup> که خروج تریوز فسفات را از استروما به سیتوسول آسان می‌کند) 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 کارایی 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. mossae* بدست آمد. ساین و همکاران (Sighn et al., 2004) نیز در پژوهشی اعلام داشتند تلقیح دوگانه میکوریزا و آرتوباکتر 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 ریزوموجودات 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. mossae* بدست آمد. الکرکی و همکاران (Al-Karaki et al., 2004) در بررسی خود نشان دادند تلقیح میکوریزا (از طریق بهبود رشد و جذب عناصر

1- Anti port

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. mossae* جهت دستیابی به مقادیر حداکثری صفات برآوردی (به استثنای تراکم سنبله) لازم بود. همچنین ارزیابی صفات اندازه‌گیری شده حکایت از مفیدتر واقع شدن میکوریزا نسبت به آزوسپریلوم 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 بی‌رویه 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.

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 خصوصیات همچون افزایش حجم اندام‌های فتوسنتز کننده و همچنین افزایش طول دوره رشدی، باعث افزایش مقدار و ظرفیت تولید آسیمیلات در منابع شده که در نهایت، منجر به بهبود عملکرد گردیده است. این امر بیان‌کننده مطلوبیت مصرف

### 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., Khazaei, 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 *Arbuscular 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., Latrónico, 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.
- Ortaç, 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., Peterson, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoerena, M., Larson, 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.