نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هفتم، شماره اول، بهار ۹۳
۴۵-۶۲
http://ejcp.gau.ac.ir

ارزیابی تأثیر مایکوریزا و آزوسپریلوم بر برخی خصوصیات ارقام گندم در مرحله استقرار

*مجید جیریایی[۱]، اسفندیار فاتح[۲] و امیر آینه‌بند[۲]
[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد اگرو اکولوژی، دانشگاه شهید چمران اهواز
[۲]عضو هیأت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۲۵

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر مایکوریزا و آزوسپریلوم بر برخی خصوصیات ارقام گندم در مرحله استقرار، پژوهشی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. طرح آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با ۳ تکرار بود. عوامل آزمایش شامل قارچ مایکوریزا در سه سطح (عدم کاربرد، استفاده از گونه *Glomus intraradices* و گونه *G. mossaae*)، باکتری *Azospirillum* در دو سطح (عدم تلقیح و تلقیح بذور با گونه *lipoferum*) و ارقام گندم در سه سطح چمران (رقم نان)، و ارقام دوروم دنا و بهرنگ بود. در مرحله استقرار بوته برخی خصوصیات اندام هوایی و ریشه‌ای گندم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تلقیح بذور با آزوسپریلوم ارتفاع بوته را ۸ درصد، حجم ریشه را ۱۱ درصد، قطر ریشه را ۹ و وزن خشک ریشه را ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. کاربرد گونه‌های مایکوریزا نیز کلیه صفات مورد بررسی را بین ۳ تا ۱۳ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشید. در مقایسه ارقام، در اکثر صفات مورد ارزیابی گندم چمران، از ارقام دوروم (در نهایت تا ۲۳ درصد) مقدار عددی بالاتری را بروز داد. به‌طورکلی بیشترین حجم ریشه (۲/۱۸ سانتی‌متر مکعب)، سطح ریشه (۲۰/۹۹ سانتی‌متر مربع) و وزن خشک ریشه (۰/۱۳ گرم) از تیمار تلقیح بذور رقم چمران با آزوسپریلوم و استفاده از گونه *G. mossaae* به‌دست آمد. بنابراین کاربرد توأم *G. mossaae* و *A. lipoferum* بیشترین تأثیر را بر رشد اندام زیرزمینی ارقام گندم داشته‌اند و باعث توسعه مضاعفی در مراحل ابتدایی رشد ریشه شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، تلقیح، دوروم، ریشه، کاربرد توأم

*مسئول مکاتبه: majidupdate@Gmail.com

مقدمه

گندم مهمترین محصول استراتژیک کشور است که ۵۵ درصد از کالری موردنیاز مردم کشورمان را تأمین می‌کند و مصرف سرانه‌ی آن بالغ بر ۱۵۰ کیلوگرم در سال است (نورمحمدی و همکاران، ۲۰۰۲). نهاده‌هایی مانند کودهای شیمیایی منجربه افزایش هزینه‌های تولید به‌ویژه در سیستم‌های کشاورزی فشرده امروزی می‌شود (گواردا و همکاران، ۲۰۰٤). از سوی دیگر، کشاورزان در تولید محصولات زراعی اغلب جهت کسب حداکثر عملکرد، کود نیتروژن را بیش از مقدار توصیه شده به‌کار می‌برند، به‌علاوه آلودگی آب‌ها و محیط‌زیست که در نتیجه کاربرد زیاد نیتروژن ایجاد می‌شود، منجربه بروز نگرانی‌های جدی در بین دانشمندان شده است (زنگ و همکاران، ۲۰۰۷). مدیریت صحیح این عنصر، یکی از عوامل بسیار مهم در موفقیت سیستم‌های تولید گیاه زراعی و نیز سیستم‌های مدیریت خاک می‌باشد (گواردا و همکاران، ۲۰۰٤). میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌های فتوسنتز کننده (*Rhodopseudomonas plastris* و *Rhodobacter sphacrode*)، لاکتوباسیل (*Lactobacillus plantrum*, L. و *Streptococcus lactis*)، مخمرها (*Saccharomyses* spp.) و اکتینومیست‌ها (*Streptomyses* spp.) وجود دارند که سلامتی محصول و میزان عملکرد را با افزایش فتوسنتز و تولید ترکیبات فعال زیستی (مانند هورمون‌ها و آنزیم‌ها) افزایش می‌دهند (هیگا، ۲۰۰۰). تحقیقات نشان داده است که قارچ‌های میکوریزای وزیکولار-آربیسکولار (VAM) (دائی و همکاران، ۲۰۰۹) و آزوسپریلوم (مستأجران و همکاران، ۲۰۰۵) باعث افزایش رشد و عملکرد گندم شدند. تورک و همکاران (۲۰۰٦) اظهار نمودند که نقش اصلی قارچ‌های میکوریزی، تأمین فسفر برای ریشه گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق‌العاده کم تحرک می‌باشد، و حتی در صورتی‌که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به‌صورت غیر متحرک در می‌آید. لذا قارچ‌های میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به‌ویژه فسفر و تجمع زیست توده بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند. تحقیقات نشان داده است که علاوه‌بر فسفر، جذب نیتروژن نیز در گیاهان آلوده شده به میکوریزا افزایش یافت (علیزاده و علیزاده، ۲۰۰۸). همچنین سادات و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که مصرف مایکوریزا و باکتری تثبیت کننده نیتروژن منجربه حصول بیشترین عملکرد دانه و وزن خشک ریشه گندم شد. بعضی محققان بر این اعتقاد هستند که اثرات تحریک کنندگی رشد گیاه توسط آزوسپریلوم عمدتاً به‌علت تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک

ریشه‌های گیاهان آغشته و در نتیجه بهبود جذب آب و املاح توسط آن‌هاست (عموآقایی و همکاران، ۲۰۰۳). در بسیاری از مطالعات دیگر نشان داده شده است که اثرات چشمگیر آزوسپریلوم روی رشد و نمو گیاه ضرورتاً از اثر این باکتری بر رشد ریشه در مراحل اولیه جوانه‌زنی منتج می‌گردد (عموآقایی و همکاران، ۲۰۰۳؛ جاکود و همکاران، ۱۹۹۸). فلاحی و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که، ظرفیت پنجه‌زنی بالا همراه با ظرفیت جذب مواد غذایی بالا پس از تلقیح با باکتری *Azospirillum brasilense* در گندم باعث افزایش عملکرد شد. همچنین مستأجران و همکاران (۲۰۰۷) در طی آزمایشی، اعلام کردند که آزوسپریلوم در القا تغییر در تراکم و انشعاب‌دهی تارهای کشنده ریشه گندم نقش مهمی داشت. گنجعلی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که تفاوت در ویژگی‌های رشدی ریشه و اندام هوایی، اغلب در مراحل اولیه رشد آشکار می‌شود. در نتیجه یافتن و اجرای مدیریتی که موجبات تغییر بارز در رشد و توسعه گیاه (خصوصاً اندام زیرزمینی)، در مراحل ابتدایی رشد را فراهم کند، می‌تواند در حصول حداکثری عملکرد اقتصادی نقش به‌سزایی داشته باشد. بنابراین از جمله اهداف اجرای این تحقیق، ارزیابی تأثیر مایکوریزا و آزوسپریلوم بر برخی خصوصیات ریشه و اندام هوایی ارقام گندم در مرحله استقرار بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی شهید چمران اهواز در دو بخش مزرعه‌ای و گلدانی اجرا شد که آزمایش گلدانی به‌صورت آزمایش فاکتوریل سه فاکتوره و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار بود. فاکتور اول شامل کاربرد قارچ مایکوریزا در سه سطح عدم استفاده، استفاده از گونه *Glomus intraradices* و استفاده از گونه *Glomus mossaae*، فاکتور دوم شامل کاربرد باکتری *Azospirillum lipoferum* در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح بذور گندم با گونه آزوسپریلوم لیپوفروم) و فاکتور سوم شامل ارقام گندم (گندم نان چمران و ارقام گندم دوروم دنا و بهرنگ) بود. همچنین همزمان با کاشت مزرعه‌ای کشت گلدانی (در گلدان‌هایی به حجم ۰/۰۱۹ مترمکعب) صورت پذیرفت. در ضمن گلدان‌ها در مجاورت هوای آزاد و در کنار مزرعه قرار گرفتند، لازم به ذکر است که گلدان‌ها با خاک مزرعه آزمایش پر شدند. اما جهت آلوده نمودن بذور با باکتری ابتدا بذرهای ارقام گندم توسط محلول هیپوکلرید ۰/۵ درصد استریل شد. سپس بذرها را به‌مدت دو ساعت در آب مقطر استریل خیسانده و

متعاقب آن جهت تلقیح بذور به محلول حاوی باکتری آزوسپریلوم با غلظت 10^6 سلول باکتری در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح[1]، منتقل گردیدند (عموآقایی و همکاران، ۲۰۰۳). بعد از ٤ ساعت بذرهای گندم آلوده به باکتری جهت کشت آماده بودند (مستأجران و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین جهت تکثیر و رساندن جمعیت فعال باکتری به حد مؤثر 10^6 سلول باکتری در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح (نایمن و همکاران، ۲۰۰۹)، سویه خالص باکتری آزوسپریلوم لیپوفروم تهیه شده از آزمایشگاه بیولوژی خاک ارومیه در محیط کشت نوترینت براث[2] تکثیر شده و به روش Plate count تعداد سلول زنده باکتریایی اندازه‌گیری شد. برای اعمال گونه‌های مایکوریزا در گلدان‌ها نیز از کود مایکوریزای با تراکم اسپور ۱۲۰ عدد در هر گرم ماده حامل (کود دامی کاملاً پوسیده) به‌میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار (٦ گرم برای هر گلدان) استفاده شد، به نحوی که پس از محاسبه مقدار کود موردنیاز هر گلدان، کود با خاک گلدان مخلوط شده و بلافاصله اقدام به کشت بذور (در تاریخ ۱۲ آذر ماه) شد. همچنین پس از سبز شدن بذور، تراکم گیاه در هر گلدان، تنظیم شد، به نحوی که هر گلدان حامل ۱۲ بوته گندم بود. بافت خاک محل آزمایش نیز لومی شنی بود (جدول ۱). اندازه‌گیری صفات ٦٥ روز پس از کشت و در مرحله پنجه‌زنی (۲۵-۲۹ زادوکس) انجام شد (زادوکس، ۱۹۷٤). صفات مورد ارزیابی شامل ارتفاع بوته، طول ریشه، عدد کلروفیل متر، حجم ریشه، سطح ریشه، چگالی سطح ریشه، وزن خشک بوته، وزن خشک ریشه و قطر ریشه بود. هنگام نمونه‌برداری از ریشه‌ها، با رعایت حداقل آسیب‌دیدگی، ریشه‌ها استخراج و سپس با استفاده از آب جاری شسته شدند. همچنین جهت جداسازی ذرات خاک چسبیده به ریشه‌ها از محلول هگزامتافسفات سدیم استفاده شد (اخوان و همکاران، ۲۰۱۲). پس از آن ریشه‌ها روی الک ریز با استفاده از آب شسته شده و بلافاصله وزن تر کل اندام‌های هوایی و وزن تر ریشه با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. حجم ریشه[3] (اخوان و همکاران، ۲۰۱۲) از طریق اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرار دادن ریشه در حجم مشخصی از آب با دقت ۰/۱ میلی‌لیتر محاسبه شد. طول ریشه نیز با استفاده از خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر محاسبه گردید. همچنین محتوای کلروفیل گیاه به‌صورت غیرمستقیم و با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD502, Minolta, Japan) اندازه‌گیری شد. صفات قطر، چگالی سطح و سطح ریشه

1- Cfu/ml
2- Nutrient Broth
3- Root volume

(گنجعلی، ۲۰۰۳) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردیدند. ضمناً در ارتباط با ارتفاع بوته نیز، از سطح خاک گلدان تا انتهای بلندترین برگ، در این مرحله به‌عنوان ارتفاع بوته در نظر گرفته شد.

رابطه ۱: محاسبه سطح ریشه از روش اتکینسون: سطح ریشه[1] = ۲ × (طول × π ×حجم)$^{۰/۵}$

رابطه ۲: قطر ریشه = $\left(\frac{\pi \times \text{طول ریشه}}{٤ \times \text{وزن تر ریشه}}\right)^{۰/۵}$

رابطه ۳: چگالی سطح ریشه[2] = (طول ریشه × قطر ریشه × π)

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک.

بافت خاک	منیزیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)	کلسیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن درصد	کربن آلی درصد	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی متر)	عمق نمونه (سانتی متر)	سال
لوم‌ی شنی	۳/۸	۵/٤	۱۵۹	۱۳	۰/۰۳۹	۰/۵۲	۷/۸	۳/۸	۰-۳۰	۱۳۹۰

در نهایت برای تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS (۲۰۰٤) و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که صفات ارتفاع بوته، طول ریشه، حجم و سطح ریشه، وزن خشک ریشه و قطر ریشه در سطح احتمال ۱ درصد و صفات وزن خشک بوته و عدد کلروفیل‌متر در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر آزوسپریلوم قرار گرفتند ولی آزوسپریلوم بر چگالی سطح ریشه تأثیر معنی‌داری

1- Root area
2- Root surface area density

نداشت (جدول ۲). همچنین مایکوریزا صفات ارتفاع بوته، طول ریشه، محتوای کلروفیل، وزن خشک بوته (اندام هوایی) و ریشه، سطح ریشه و چگالی سطح ریشه را در سطح احتمال ۱ درصد و حجم ریشه را در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر قرار داد ولی تأثیر معنی‌داری بر قطر ریشه نشان نداد همچنین تأثیر ارقام بر کلیه صفات مورد ارزیابی به‌جز قطر ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). اما بررسی اثرات متقابل دوگانه تیمارهای آزمایشی نشان داد که اثر متقابل مایکوریزا و آزوسپریلوم، صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه و اندام هوایی و سطح ریشه را در سطح احتمال ۵ درصد و عدد کلروفیل‌متر را در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر قرار داد. اثر متقابل باکتری و رقم نیز بر طول و حجم ریشه و تأثیر مایکوریزا و رقم نیز تنها بر عدد کلروفیل‌متر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. در مورد اثرات سه‌گانه نیز همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود هیچ یک از اثرات سه‌گانه بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود.

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر برخی خصوصیات ریشه و اندام هوایی گندم در مرحله استقرار

منابع تغییر	ارتفاع بوته	محتوای کلروفیل	وزن خشک بوته	طول ریشه	وزن خشک ریشه	چگالی سطح ریشه	حجم ریشه	سطح ریشه	قطر ریشه
آزوسپریلوم	۵۱/۱۷**	۵۲/۰۱*	۰/۰۳*	۲۱/۱۳**	۰/۰۳**	۱/۱۲ns	۰/۵٤**	۲٤/۱۲**	۰/۰۵۰۰**
مایکوریزا	۳۹/۹۷**	۱۱٦/۳۲**	۰/۰۹**	۳۹/۱٦**	۰/۰۲**	۱۵/۲۷**	۰/۰۹*	۹/۲۷**	۰/۰۰۲۰ns
رقم	۱۹۱/۵۲**	٤۹۰/۲۹**	۰/۱۷**	٤۱/۲٤**	۰/۰۹**	۱۹/۲۵**	۰/۳۹**	۲٦/۲۵**	۰/۰۰۱۰ns
قارچ×باکتری	۳۳/۳۷*	٤۱۳/۷۵**	۰/۰۱*	۱٦/۱۱*	۰/۰۰۵*	۰/۱۵ ns	۰/۰۱۱ns	۳/۱۵*	۰/۰۰۰۱ ns
باکتری×رقم	۰/٤۰ ns	۳۲/۵۳ ns	۰/۰۰۰۲ns	۱۱/۸*	۰/۰۰۰۰۵ns	۰/۲۹ ns	۰/۰۷۱*	۰/۲۹ ns	۰/۰۰۱۰ ns
قارچ× رقم	۳/۳۵ ns	٤۳/۵٦*	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۸۰ ns	۰/۰۲۹ns	۰/۸۰ ns	۰/۰۰۰۲ ns
قارچ× باکتری× رقم	۱/۳۹ ns	۱٦/۹۷ ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۲٤ ns	۰/۰۵ ns	۰/۲٤ ns	۰/۰۰۰۷ns
خطا	۲۳/۳۵	٤۳/۸۵	۰/۰۰۲	٤/۸۵	۰/۰۰۰۵	۰/۳۹	۰/۰۵٤	۱/۱۹	۰/۰۰۱۰
ضریب تغییرات (٪)	۵/۵۰	۷/۸۹	۹/۱۰	۷/٤٦	۸/۱۰	۵/۹۰	٦/۹۸	۵/۲۲	٦/۱۲

*، **به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار هستند.

روند تغییرات یکسان در بین ارقام در اثر تغییر ترکیب کودی نشان از پیروی از یک قاعده خاص داشت. از آنجا که در تعدادی از تحقیقات (صفاپور و همکاران، ۲۰۱۲؛ سادات و همکاران، ۲۰۱۰؛ امیری و همکاران، ۲۰۰۹) علی‌رغم عدم معنی‌داری اثرات متقابل، سطوح تیماری در صفات اندازه‌گیری شده در گروه‌های آماری متفاوتی قرار گرفتند، در این پژوهش نیز با صرفه نظر از عدم معنی‌داری برخی اثرات متقابل به بیان مشروح نتایج اثرات متقابل تیمارها پرداخته شد.

ارتفاع بوته: مطابق جدول (۳) تلقیح بذور با آزوسپریلوم، ارتفاع بوته را تا ۸ درصد افزایش داد. همچنین استفاده از گونه‌های مایکوریزا نیز ارتفاع بوته را افزایش داد، اگرچه بین گونه‌های مایکوریزا تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی بیشترین ارتفاع معادل ۲۸/۷۹ سانتی‌متر از کاربرد گونه *G. mossaae* به‌دست آمد. همچنین در مورد ارقام نیز که بیشترین ارتفاع بوته معادل ۳۱/۳۷ سانتی‌متر در رقم چمران مشاهده شد. بر طبق نتایج (شکل ۱) بیشترین ارتفاع بوته معادل ۳۳/۷۹ سانتی‌متر، از تیمار تلقیح آزوسپریلوم و کاربرد گونه *G. intraradices* با رقم چمران به‌دست آمد و کمترین ارتفاع بوته نیز معادل ۲۲/۳٦ سانتی‌متر بود که در شرایط عدم استفاده از کودهای بیولوژیک در رقم دوروم دنا دیده شد. سادات و همکاران (۲۰۱۰) نیز در بررسی خود روی گندم اعلام کردند مایکوریزا و رقم اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت، اما تأثیر باکتری بر ارتفاع بوته از نظر آماری معنی‌دار نشد. ولی در بررسی ذبیحی و همکاران (۲۰۰۹)، تأثیر باکتری بر ارتفاع بوته گندم معنی‌دار بود. به‌نظر می‌رسد این میکروارگانیسم‌ها با توسعه‌ای که در سیستم ریشه‌ای ایجاد کرده‌اند باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی شده‌اند (یانگ و همکاران، ۲۰۰۹ و الکراکی و همکاران، ۲۰۰٤) که این امر خود موجب ازدیاد فتوسنتز شده و در نتیجه زمینه افزایش ارتفاع فراهم شده است.

عدد کلروفیل‌متر: تلقیح بذور با آزوسپریلوم عدد کلروفیل‌متر را افزایش داد به نحوی که بیشترین مقدار عدد کلروفیل‌متر ٤٤/۵۷ (میکروگرم بر سانتی‌مترمربع) بود که ۵ درصد بیشتر از تیمار عدم تلقیح بود. کاربرد دو گونه مایکوریزا نیز عدد کلروفیل‌متر را افزایش دادند به‌طوری‌که عدد کلروفیل‌متر گونه *G. intraradices* ۱۲ درصد بیشتر از تیمار عدم استفاده از مایکوریزا بود. مقایسه ارقام از نظر عدد کلروفیل‌متر نیز نشان داد که نیز بیشترین عدد کلروفیل‌متر معادل ٤۹/۵۵ میکروگرم بر سانتی‌مترمربع از گندم چمران به‌دست آمد (جدول ۲). اما با توجه به جدول اثرات متقابل، بیشترین قرائت کلروفیل‌متر برگ معادل ٦۰/۹٦ میکروگرم بر سانتی‌مترمربع در تیمار تلقیح

بذور گندم رقم چمران با آزوسپریلوم و کاربرد مایکوریزای گونه *G. intraradices* مشاهده شد و کمترین عدد کلروفیل‌متر (معادل ۳۶/۱۳) در رقم بهرنگ و بدون استفاده از کود بیولوژیک مشاهده شد (شکل ۱). نقوی (۲۰۰۷) بیان داشت کودهای آلی و غیرآلی (شیمیایی) مصرفی، محتوای عناصر تغذیه‌ای خاک را افزایش داده که در نتیجه میزان عناصر در گیاه افزایش می‌یابد که نتیجه آن افزایش محتوای کلروفیل اندازه‌گیری شده خواهد بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی مایکوریزا، آزوسپریلوم و رقم بر برخی خصوصیات ریشه و اندام هوایی گندم در مرحله استقرار

	خصوصیات اندام هوایی			خصوصیات ریشه					
تیمارها	ارتفاع بوته (سانتی متر)	محتوای کلروفیل (میکرو گرم بر سانتی‌متر مربع)	وزن خشک بوته (گرم در بوته)	طول ریشه (سانتی متر)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	چگالی سطح ریشه (سانتی متر مربع بر سانتی متر مکعب)	حجم ریشه (سانتی متر مکعب)	سطح ریشه (سانتی متر مربع)	قطر ریشه (سانتی متر برگرم)
آزوسپریلوم لیپوفروم									
عدم تلقیح	۲۶/۸۲b	۴۲/۶۰b	۰/۳۱b	۱۴/۰۴b	۰/۰۹b	۱۰/۱۶a	۱/۷۷b	۱۷/۵۶b	۰/۲۱b
تلفیح شده	۲۸/۹۰a	۴۴/۵۷a	۰/۳۲a	۱۴/۹۴a	۰/۱۰a	۱۰/۰۲a	۱/۹۸a	۱۹/۱۹a	۰/۲۳a
مایکوریزا									
عدم کاربرد	۲۶/۳۳b	۴۰/۹۳b	۰/۳۰b	۱۳/۸۵b	۰/۹b	۹/۶۵b	۱/۸۱b	۱۷/۵۹b	۰/۲۲a
G.intraradices	۲۸/۴۶a	۴۶/۰۰a	۰/۳۳a	۱۴/۵۳ab	۰/۱۰a	۱۰/۲۱a	۱/۹۰a	۱۸/۵۵a	۰/۲۲a
G. mossaae	۲۸/۷۹a	۴۳/۸۳a	۰/۳۲a	۱۵/۱۰a	۰/۱۰a	۱۰/۴۰a	۱/۹۱a	۱۸/۹۹a	۰/۲۲a
رقم									
چمران	۳۱/۳۷a	۴۹/۵۵a	۰/۳۵a	۱۵/۱۸a	۰/۱۱a	۱۰/۶۴a	۱/۹۸a	۱۹/۳۲a	۰/۲۲a
بهرنگ	۲۷/۳۰b	۳۹/۸۷b	۰/۳۱b	۱۴/۶۴a	۰/۰۹b	۱۰/۰۸b	۱/۸۵b	۱۸/۳۸b	۰/۲۲a
دنا	۲۴/۹۱c	۴۱/۳۳b	۰/۲۸c	۱۳/۶۶b	۰/۰۹b	۹/۵۵c	۱/۷۹b	۱۷/۴۲c	۰/۲۲a

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست (بر اساس آزمون LSD)

طول ریشه: تلقیح بذور با آزوسپریلوم طول ریشه را تا ۷ درصد افزایش داد. نظارت و غلامی (۲۰۰۹) در پژوهش خود اعلام کردند که آزوسپریلوم طول ریشه گندم را به‌طور قابل توجهی افزایش داد. البته کاربرد دو گونه مایکوریزا نیز طول ریشه را افزایش دادند به نحوی که گونه *G. mosseae* بیش از ۸

درصد در افزایش طول ریشه نقش داشت. به‌نظر می‌رسد حضور مایکوریزا باعث تغییراتی در مورفولوژی ریشه شده به نحوی که انتشار میسلیوم‌های مایکوریزایی مرتبط با بافت‌های درونی ریشه باعث افزایش طول ریشه شده است. همچنین دیویس و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان دادند که طول ریشه در فلفل آلوده به مایکوریزا بیشتر از طول ریشه گیاه بدون مایکوریزا بود. در مورد رقم نیز بیشترین طول ریشه معادل ۱۵/۱۸ سانتی‌متراز رقم چمران به‌دست آمد (جدول ۲). نتایج اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بیشترین طول ریشه معادل ۱۶/۳۳ سانتی‌متر از تیمار تلقیح بذور گندم بهرنگ با آزوسپریلوم و کاربرد مایکوریزای گونه *G. mossaae* حاصل شد و کمترین طول ریشه معادل ۱۲/٦٦ سانتی‌متر در رقم دنا بدون استفاده از کود بیولوژیک مشاهده شد (جدول ۳).

حجم و وزن خشک ریشه: نتایج حاکی از افزایش ۱۱ و ۱۰ درصدی حجم و وزن خشک ریشه تحت تأثیر تلقیح بذور با آزوسپریلوم بود. کاربرد دو گونه مایکوریزا نیز حجم و وزن خشک ریشه را افزایش دادند به‌طوری که حجم و وزن خشک ریشه گونه *G. mossaae* به‌ترتیب ٦ درصد و ۱۰ درصد بیشتر از شرایط عدم استفاده از مایکوریزا بود. به‌نظر می‌رسد هم زیستی میکوریزایی از طریق تغذیه مناسب می‌تواند موجب افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی شود به‌نحوی‌که گیاه آلوده به قارچ میکوریزا می‌توانند فسفر غیرقابل دسترس گیاهان که با فاصله دورتری نسبت به ریشه‌های آن‌ها قرار دارند را از طریق میسلیوم‌های خود جذب نمایند و در نتیجه باعث جذب بیشتر مواد غذایی توسط ریشه شوند. همچنین وامریال و همکاران (۲۰۰۳) عنوان کردند افزایش وزن ماده خشک ریشه ذرت در تیمارهای میکوریزایی در مقایسه با تیمارهای غیر میکوریزایی به‌دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد بود. در مورد رقم نیز بیشترین حجم و وزن خشک ریشه به‌ترتیب معادل ۱/۹۸ سانتی‌متر مکعب و ۰/۱۱ گرم از رقم چمران به‌دست آمد (جدول ۳). اما با توجه به جدول اثرات متقابل، بیشترین حجم ریشه (۲/۱۸ سانتی‌متر مکعب) و بیشترین وزن خشک ریشه (۰/۱۳ گرم) از تیمار تلقیح بذور گندم، رقم چمران با آزوسپریلوم و کاربرد مایکوریزای گونه *G. mossaae* به‌دست آمد و کمترین حجم ریشه (۱/٤۷ سانتی‌متر مکعب) و کمترین وزن خشک ریشه (۰/۰۸ گرم) از رقم دنا و بدون استفاده از کود بیولوژیک به‌دست آمد (جدول ٤). در بسیاری از تحقیقات نشان داده شده است که آلودگی غلات با آزوسپریلوم (نایمن و همکاران، ۲۰۰۹) و مایکوریزا (برتا و همکاران، ۲۰۰۲) سبب افزایش حجم و بیومس ریشه می‌شود. این توسعه با افزایش هورمون‌های رشد (صفاپور و همکاران، ۲۰۱۲ و کارتیکیان و همکاران ۲۰۰۷) و همچنین تراوش پروتونی (مستاجران و همکاران، ۲۰۰۷) در ارتباط است. تراوش

پروتونی (به‌دلیل همیاری آزوسپریلوم و گندم) سبب بهبود جذب آب و املاح توسط گیاه آلوده به آزوسپریلوم (محفوظ و شریف الدین، ۲۰۰۷) و همچنین مایکوریزا (علیزاده و علیزاده، ۲۰۰۸) می‌شود. در شرایط قلیائی نه فقط محدودیت رشد ریشه و غیرمحلول شدن بسیاری از عناصر ضروری و کاهش جذب آب وجود دارد بلکه فراوانی یون هیدروکسیل در خاک از اثر تراوش پروتونی توسط این سیستم (باکتریایی) می‌کاهد که می‌تواند توسعه ریشه و تغییرات زیاد دیگری را به همراه داشته باشد (مستاجران و همکاران، ۲۰۰۷).

سطح ریشه: در ارتباط با سطح ریشه نیز روند نغییرات تقریباً مشابه بود و تلقیح بذور با آزوسپریلوم سطح ریشه را نیز افزایش داد. بیشترین سطح ریشه معادل ۱/۹۸ سانتی‌متر مربع بود که ۱۱ درصد بیشتر از شرایط عدم تلقیح بود. کاربرد مایکوریزا نیز سطح ریشه را افزایش داد البته سطح ریشه در شرایط کاربرد گونه *G. mossaae* ۸ درصد بیشتر از شرایط عدم استفاده از مایکوریزا بود. در مورد رقم نیز بیشترین سطح ریشه معادل ۱۹/۳۲ سانتی‌متر مربع از رقم چمران به‌دست آمد (جدول ۳). و با توجه به جدول اثرات متقابل بیشترین سطح ریشه معادل ۲۰/۹۹ سانتی‌متر مربع از تیمار تلقیح بذور گندم رقم چمران با آزوسپریلوم و کاربرد مایکوریزای گونه *G. mossaae* به‌دست آمد و کمترین سطح ریشه معادل ۱۵/۲۹ سانتی‌متر مربع در رقم دنا و بدون استفاده از کود بیولوژیک مشاهده شد (جدول ٤). کانت و کافکافی (۲۰۰۵) بیان داشتند که سطح ریشه می‌تواند نشان دهنده سطح تماس گیاه با خاک باشد به‌طوری‌که سطح ریشه بیشتر احتمال دسترسی به آب بیشتر را مهیا می‌سازد. اما نکته قابل توجه این‌که در مقایسه سطح و حجم ریشه مشخص شد که حجم ریشه در شرایط عدم استفاده از کود بیولوژیک کاهش شدیدتری را نشان می‌دهد. شاید بتوان کاهش حجم و تغییرات کمتر سطح ریشه را به تولید بیشتر ریشه‌های جانبی در گندم مربوط دانست تا گیاه بتواند از این طریق سطح جذب آب در ریشه را حفظ کند. اگرچه استفاده از کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری بر چگالی سطح ریشه نداشت ولی استفاده از گونه *G. mossaae* توانست تا ۳ درصد چگالی سطح ریشه را افزایش دهد (جدول ۲).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر برخی خصوصیات ریشه‌ای گندم در مرحله استقرار

تیمارها	خصوصیات ریشه					
	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	طول ریشه (سانتی‌متر)	چگالی سطح ریشه (سانتی‌متر مربع بر سانتی‌مترمکعب)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	سطح ریشه (سانتی‌متر مربع)	قطر ریشه (سانتی‌متر برگرم)
C×M×A						
A1× M1×C1	۰/۱cd	۱٤/۵۰b-f	۱۰/٤۱a-d	۱/۸٦b-f	۱۸/۲٤cde	۰/۲۲cb
A1× M1×C2	۰/۰۹de	۱۳/۹۳c-g	۹/۸۸cde	۱/٦۵fg	۱٦/۸۹e	۰/۲۲bc
A1× M1×C3	۰/۰۸e	۱۲/٦٦g	۹/۲۷e	۱/٤۷g	۱۵/۲۹f	۰/۲۱bc
A1× M2×C1	۰/۱cd	۱٤/۱۷c-g	۱۰/۵۱a-d	۱/۸۷b-d	۱۸/۰٦cde	۰/۲۱bc
A1× M2×C2	۰/۰۹de	۱۳/۹٦c-g	۱۰/۰۲b-e	۱/۸۳c-f	۱۷/۸۲de	۰/۲۱bc
A1× M2×C3	۰/۰۸e	۱۳/۲۵fg	۹/۷۸de	۱/۷٦ef	۱۷/۰۲e	۰/۲۱bc
A1× M3×C1	۰/۱۱bc	۱۵/۳۱a-e	۱۱/۲۰a	۱/۸٦b-f	۱۸/۹۰bc	۰/۲۱c
A1× M3×C2	۰/۰۸de	۱٤/٤٦b-f	۱۰/۰۵b-e	۱/۸۷b-d	۱۸/٤۱cde	۰/۲۱c
A1× M3×C3	۰/۰۹de	۱۳/۷۵d-g	۱۰/۰۰b-e	۱/۷۷def	۱۷/٤۱de	۰/۲۱bc
A2× M1×C1	۰/۱۱bc	۱۵/۳۵a-e	۱۰/۵٤a-d	۲/۰۲abc	۱۹/٦۳abc	۰/۲۳ab
A2× M1×C2	۰/۰۹de	۱۳/٦۳efg	۹/۵۸e	۱/۹٤b-d	۱۸/۱۳cde	۰/۲۳abc
A2× M1×C3	۰/۰۸e	۱۳/۰۵fg	۸/۲٦f	۱/۹۲b-d	۱۷/۳٤de	۰/۲٤a
A2× M2×C1	۰/۱۲ab	۱۵/٦۱abc	۱۰/۵۸a-d	۲/۰۷ab	۲۰/۱۳ab	۰/۲٤a
A2× M2×C2	۰/۱۱bc	۱۵/۵۲a-d	۱۰/۵۲a-d	۱/۹۸a-d	۱۹/٦۳abc	۰/۲۳ab
A2× M2×C3	۰/۱cd	۱٤/٦۵a-f	۹/۸۹cde	۱/۹۱b-d	۱۸/٦۸bcd	۰/۲۳ab
A2×M3 ×C1	۰/۱۳a	۱٦/۱٤abc	۱۰/٦۲abc	۲/۱۸a	۲۰/۹۹a	۰/۲۳ab
A2×M3 ×C2	۰/۱۱bc	۱٦/۳۳a	۱۰/۷٦ab	۱/۸۵b-f	۱۹/٤۳abc	۰/۲۲abc
A2×M3 ×C3	۰/۱۱abc	۱٤/٦۳b-f	۹/۷۸de	۱/۹٤b-d	۱۸/۸۰bcd	۰/۲۳ab

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست (بر اساس آزمون LSD)

A1: عدم تلقیح با آزوسپریلوم، A2: تلقیح شده با آزوسپریلوم، M1: عدم استفاده از مایکوریزا، M2: استفاده از سویه *G.intraradices*، M3: استفاده از سویه *G. mossaae*، C1: چمران، C2: بهرنگ، C3: دنا.

قطر ریشه و چگالی سطح ریشه: بررسی نتایج جدول (۳) نشان داد که قطر ریشه تنها تحت تأثیر آزوسپریلوم قرار گرفته و تلقیح باکتریایی ۹ درصد قطر ریشه را در ارقام گندم افزایش داده است به‌نحوی‌که بیشترین قطر ریشه معادل ۰/۲۳ سانتی‌متر بر گرم از تیمار کاربرد آزوسپریلوم به‌دست آمد. اما

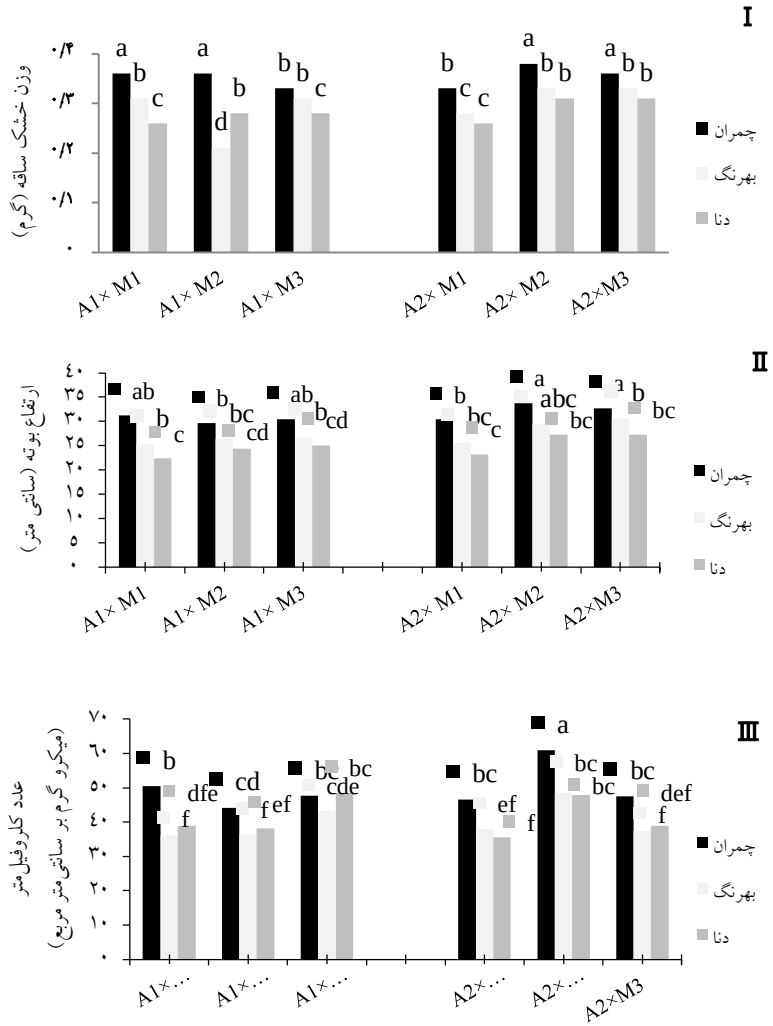
چگالی سطح ریشه در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر مایکوریزا و رقم قرار گرفته است. جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تحت کاربرد مایکوریزا بیشترین چگالی سطح ریشه معادل ۱۰/٤۰ سانتی‌متر مربع بر سانتی‌متر مکعب از تیمار کاربرد مایکوریزای گونه *G. mossaae* به‌دست آمد و کمترین چگالی سطح ریشه معادل ۹/٦٥ سانتی‌متر مربع بر سانتی‌متر مکعب در تیمار عدم استفاده از مایکوریزا حاصل شد. همچنین بین ارقام نیز بیشترین و کمترین چگالی سطح ریشه به‌ترتیب معادل ۱۰/٦٤ و ۹/٥٥ سانتی‌متر مربع بر سانتی‌متر مکعب در ارقام چمران و دنا مشاهده شد (جدول ٤). نتایج نشان داد که بین قطر ریشه و طول ریشه همبستگی منفی بالایی دیده شد (جدول ٤). نتایج این پژوهش و تحقیقات دیگر نشان داد که تلقیح بذور با آزوسپریلوم (نظارت و غلامی، ۲۰۰۹) و مایکوریزا (دیویس و همکاران، ۲۰۰۲) طول ریشه را افزایش داد، به‌نظر می‌رسد می‌توان دلیل کاهش قطر ریشه با مصرف کود بیولوژیک را مربوط به افزایش طول ریشه در اثر مصرف کود بیولوژیک دانست.

جدول ٥- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده

	قطر ریشه	حجم ریشه	وزن خشک ریشه	وزن خشک بوته	عدد کلروفیل متر	طول ریشه	طول بوته
طول بوته	۰/٥٥*	۰/۹۰**	۰/۳۲*	۰/۷٤**	۰/۷۳**	-۰/۳۲*	۱
طول ریشه	-۰/۸٤**	-۰/۲۸	۰/٦۳**	-۰/۲٦	-۰/۱۷	۱	
عدد کلروفیل‌متر	۰/٤۱*	۰/٦۹**	۰/۳۳*	۰/٦۰**	۱		
وزن خشک بوته	۰/۳۳*	۰/٦۷**	۰/٥۷**	۱			
وزن خشک ریشه	۰/٤۰**	۰/۲۹*	۱				
حجم ریشه	۰/٥۱**	۱					
قطر ریشه	۱						

*، **به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد

وزن خشک بوته: نتایج مشخص کرد که تلقیح بذور با آزوسپریلوم وزن خشک بوته را نیز افزایش داد به‌نحوی‌که بیشترین وزن خشک بوته معادل ۰/۳۲ گرم بود که ٤ درصد بیشتر از تیمار عدم تلقیح بود. کاربرد دو گونه مایکوریزا نیز وزن خشک بوته را افزایش دادند به شکلی که وزن خشک بوته گونه *G. intraradices* ۱۰ درصد بیشتر از تیمار عدم استفاده از مایکوریزا بود. در مورد رقم نیز بیشترین وزن خشک بوته معادل ۰/۳٥ گرم از رقم چمران به‌دست آمد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد هم‌زیستی میکوریزایی و همیاری آزوسپریلوم از طریق تغذیه مناسب موجب افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی می‌شود.



شکل ۱- اثر متقابل آزوسپریلوم و مایکوریزا بر خصوصیات اندام هوایی ارقام گندم.

A1: عدم تلقیح با آزوسپریلوم، A2: تلقیح شده با آزوسپریلوم، M1: عدم استفاده از مایکوریزا، M2: استفاده از سویه *G. Intradices*، M3: استفاده از سویه *G.mossaae*

میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

اما بیشترین وزن خشک بوته معادل ۰/۳۸ گرم از تیمار تلقیح بذور گندم رقم چمران با آزوسپریلوم و کاربرد مایکوریزای گونه *G. intraradices* به‌دست آمد و کمترین وزن خشک بوته معادل ۰/۲۶ گرم در رقم دنا و بدون استفاده از کود بیولوژیک مشاهده شد (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد آزوسپریلوم و قارچ مایکوریزا به‌صورت مکمل سیستم ریشه‌ای گیاه عمل می‌نماید. در این حالت ریشه گیاه انتشار و گسترش بیشتری پیدا کرده و آب و مواد غذایی لازم را جذب می‌کند. به واسطه جذب بهتر، اندام‌های فتوسنتز کننده بیشتری به‌وجود آمده که در نتیجه وزن خشک اندام هوایی افزایش یافته است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول همبستگی (جدول ۵) میان ارتفاع بوته و حجم ریشه همبستگی بالا و معنی‌داری وجود داشت ($r=۰/۹۰۲^{**}$) همچنین بین عدد کلروفیل متر و صفات ریشه‌ای نیز همبستگی معنی‌داری دیده شد. برزویی و همکاران (۲۰۱۲) نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار میان ارتفاع بوته و صفات ریشه‌ای را گزارش دادند، همبستگی بالای بین صفات ریشه‌ای با ارتفاع بوته و عدد کلروفیل متر را می‌توان به فراهمی آب و مواد غذایی بیشتر و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی بیشتر در طول دوره رشد نسبت داد، اما بین طول ریشه و قطر ریشه همبستگی منفی شدید و معنی‌داری مشاهده شد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد مایکوریزا و آزوسپریلوم هر یک به تنهایی نقش به سزایی در رشد و توسعه ریشه و اندام هوایی در مراحل ابتدایی رشد داشته‌اند اما نکته قابل توجه آن بود که کاربرد توام آن‌ها بین ۹ تا ۲۵ درصد از کاربرد جداگانه آن‌ها مؤثرتر بوده است. البته برای دو صفت قطر ریشه و چگالی سطح ریشه کاربرد گونه‌های مایکوریزا به تنهایی بیشترین تأثیر مثبت را داشت و اما بین دو گونه مایکوریزای به‌کار برده شده در این آزمایش، برای هیچ یک از صفات برآورد شده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ولی استفاده از گونه *G. mossaae* در مورد اکثر صفات اندازه‌گیری شده نسبت به گونه *G. intraradices* موفق‌تر عمل کرد، بنابراین به‌طور کلی می‌توان اعلام کرد مایکوریزا و آزوسپریلوم قادرند از همین مراحل ابتدایی رشد، موجبات بهبود جذب آب و مواد معدنی را فراهم کرده و باعث بهبود رشد گیاه در ادامه فصل رشد شوند. در مورد ارقام گندم نیز مشاهدات نشان داد که رقم چمران، در شرایط عدم کاربرد کودهای بیولوژیک، در صفات اندازه‌گیری شده تا ۲۳ درصد از ارقام دوروم مقدار عددی بالاتری بروز داد اما تأثیر کاربرد کودهای بیولوژیک در ارقام دوروم

بیشتر بود به‌طوری‌که تلقیح بذور رقم چمران با آزوسپریلوم از ۲ تا ۱۲ درصد و تلقیح بذور ارقام دوروم با آزوسپریلوم از ۳ تا ۱۵ درصد صفات برآورد شده را ارتقاء داد. این موضوع همچنین برای کاربرد مایکوریزا نیز صدق می‌کرد به‌نحوی‌که تأثیر مایکوریزا در افزایش مقدار صفات برای ارقام دوروم ۲ تا ٤ درصد بیشتر از رقم چمران بود.

منابع

1.Akhavan, S., Shabanpour, M., and Esfahani, M. 2012. Soil compaction and texture effects on the growth of roots and shoots of wheat. J. Water. Soil., 26: 727-735.

2.Alizadeh. O., and Alizadeh, A. 2008. Mycorrhiza effects on nutrient absorption in maize under different soil moisture. J. Agri. Sci., 3: 101-108.

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

4.Amooaghaie, R., Mostajeran, A., and Emtiazi, G. 2003. The effect of Azospirillum strains bacteria concentration on the growth of wheat roots. J. Agri. Sci., 33: 213-222.

5.Amirabadi, M., Ardekani, M., Rejali, F., Bourji, M., and Khaghani, Sh. 2009. Efficiency of Mycorrhiza and Azotobacter under different levels of phosphorus on yield and yield components of maize SC704 in Arak. J. Crop Sci., 2: 45-51.

6.Berta, G., Fusconi, A., and Hooker, J.E. 2002. Arbuscular mycorrhizal modification to plant root systems: scale, mechanisms and consequences. In Gianinazzi, S., Schüepp, H. Barea J.M. and Haselwandter K. (Eds.), Mycorrhiza Technology in Agriculture, from Genes to Bioproducts (pp. 71-85). Basel, Switzerland: Birkhäuser Verlag.

7.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.

8.Davies, J.R., Olalde-Portugal, V., Agvilera-Gomez, L., Alvarao, M.J., Ferrera-cerrato, R.C., and Boutton, T.W. 2002. Alle viation of drought stress of chile ancho pepper (*capsicum annuum* L. CV. Sanluis) with Arbuscular mycorrhiza indi gennnus to Mexico. Sci. Horti., 92: 342-359.

9.Fallahi, J., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effect of bio-fertilizers on yield, quality and quantity of herbs German chamomile (*Matricaria chamomilla*), J. Agri. Res., 7: 127-135.

10.Ganjali A., Kafi, M., Bagheri, A.R., and Shahriari, F. 2003. Allometric relationship for root and shoot characteristics of chickpea seedlings (*Cicer arietinum*). J. Agri. Sci. Tech., 18: 67-80.

11.Ganjali, A., Palta, V., and Turner, N. 2007. Spatial and temporal patterns of root growth of chickpea genotypes under water logging stress. J. Agri. Res., 2: 343-357.
12.Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European J. Agron., 21:181-192.
13.Higa, T. 2000. What is EM technology? EM World Journal. 1: 1-6
14.Jacoud, C., Faure, D., Wadoux, P., and Bally, R. 1998. Development of a strain-specific probe to follow inoculated *Azospirillum lipoferum* CRT_1 under field conditions and enhancement of maize root development by inoculation. FEMS. Microbiol. Ecol., 27: 43-51.
15.Kant, S., and Kafkafi, U. 2005. Impact of Mineral Deficiency Stress. Rehovot, Israel.
16.Karthikeyan, B., Jaleel, C.A., Gopi, R., and Delveekasundarm, M. 2007. Alterations in seedling vigor and antioxidant enzyme activities in *Catharanthus roseus* under seed priming with native diazotrophs. J. Zhe. Uni. Sci., 8:453-457.
17.Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, M.A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulhare* Mill). Inter. Agroph., 21: 361-366.
18.Mostajeran, A., Amooaghaie, B., and Emtiazi, G. 2007. The effect Azospirillum and pH irrigation water on yield and protein content of wheat cultivars. J. Biol., 18:248-260.
19.Naghavi Marramati, H. 2007. The influence of amounts and types of different organic and chemical fertilizers on yield and yield components of different rice cultivars. MSc. Thesis of Agronomy, Sari Agri. Sci. Nat. Res Uni. 156p.
20.Naiman, A.D., Latro´nico, A., and Garcı´a de Salamone, I.E. 2009. Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. Europ. J. Soil. Biol., 45: 44-51.
21.Nezarat, S., and Gholami, G. 2009. Screening plant growth promoting Rhizobacteria for improving grain germination, graining growth and yield of maize. Pak. J. Biol. Sci., 12: 26-32.
22.Noormohammadi, G., Siadat, A., and Kashan, A. 2002. Cereal Crops. Publication, Chamran University. Pp: 45-48.
23.Sadat, A., Savaghebi, Gh., Rejali, F., Farahbakhsh. M., Khavazi, K., and Shirmardi, M. 2010. Effects of some Arbuscular Mycorrhizal fungi and plant growth promoting Rhizobacteria on the growth and yield indices of two wheat varieties in a saline soil. J. Water. Soil., 24:53-62.
24.Safapour, M., Ardakani, M.R., Khaghani, S., Teymoori, M., Hezaveh, H., and Mafakheri, S. 2012. Phytohormonal and polyamines changes of three red bean

(*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes as affected by tripartite symbiosis with Mycorrhiza and Rhizobium. Arch. Des. Sci., 4:214-229.
25. Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., and Tawaha, A.M. 2006. Significance of Mycorrhizae. Worl. J. Agri. Sci., 2:16-20.
26. Vamerial, T.M., Saccomani, S., Bona, G., Mosca, guarise, M., and Ganis, A. 2003. A Comparison of root characteristics in relation to nuteient and water stress in two maize hybrids. Plant. Soil., 255:157-167.
27. Yang, J., Kloepper, J.W., and Ryu, C.M. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Tren. Plant Sci., 14: 1-4.
28. Zabihi, H.R., Savagebi, G.R., Khavazi, K., and Ganjali, A. 2009. Effect of Application of *Pseudomonas fluorescents* on yield and yield components of wheat. J. water and Soil., 23:199-208.
29. 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. Agri. Sci. China., 6: 842-848.
30. Zadoks, J.C, Chaug, T.T., and Kouzak, L. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weeds Res., 14: 415-421.

EJCP., Vol. 7 (1): 45-62
http://ejcp.gau.ac.ir

Evaluation of Mycorrhiza and Azospirillum effect on some characteristics of wheat cultivars in stablishment stage

***M. Jiriaie[1], E. Fateh[2] and A. Aynehband[2]**
[1]Student of Agroecology in Sahid Chamran University of Ahvaz, Iran
[2]Department of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture Faculty, Shahid Chamran Ahwaz
Accepted: 2013/03/16 ; Received: 2013/09/16

Abstract

In order to evaluation the effect of Mycorrhiza and Azospirillum on some characteristics of wheat cultivars in stablishment stage, an experiment was conducted in the research station of Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran in 2012-13. The experiment carried out in factorial arrangement based on randomized complete blocks design with three replications. The treatments including of Mycorrhiza fungi in three levels (non application and application *Glomus intraradices* and *Glomus mossaae* strain), *Azospirillum lipoferum* in two-levels (non-inoculated seeds and inoculated seed and two wheat cultivars in three levels, (Chamran (bread wheat), Dena and Behrang (durum wheat) varieties). The root and shoots characteristics were measured in stablishment stage. Results showed that inculation of seeds with Azospirillum increased plant height, root volume, root dimeter, and root dry weight around 8, 11, 9 and 10 percent, repectivly. Mycorrhiza fungi compared with control improved all parameters 3% to 13%. Also in cultivar comparison, in most of the measurements Chamran was superior to durum cultivars (up to 23%). In general, the maximum root volume (2.18 cm^3), root surface (20.99 cm^2) and root dry weight (0.13 g) were obtained from inoculation of C.V Chamran seeds with *Azospirillum lipoferum* and *G. mossaae* strain. Thus concurrent application of *G. mossaae* and *A. lipoferum* have had the greatest impact on growth of wheat root cultivars and caused to additional root growth development in the early growth stages.

***Keywords*:** Plant height, Inoculation, Durum, Root, Concurrent use

*Corresponding author; majidupdate@gmail.com