نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۵۱-۸۴۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 4, Winter. 2015, p. 841-851

ارزیابی تغییرات مورفوفیزیولوژیکی ارقام گندم در شرایط کاربرد مایکوریزا و آزوسپیریلوم

مجید جیریایی[1*]- اسفندیار فاتح[2]- امیر آینه بند[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۳۱

چکیده

رفع نیاز گیاهان زراعی به عناصر غذایی توسط منابع غیر شیمیایی رویکردی جدید در تولید گیاهان زیستی است. به منظور ارزیابی تغییرات مورفوفیزیولوژیکی ارقام گندم در شرایط کاربرد مایکوریزا و آزوسپیریلوم پژوهشی در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی و در ۳ تکرار بود. عوامل آزمایش شامل باکتری آزوسپیریلوم لیپوفروم در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح)، قارچ مایکوریزا در سه سطح (عدم کاربرد، استفاده از گونه گلوموس اینترارادیسز در ترکیب با کود دامی و گونه گلوموس موسایی در ترکیب با کود دامی) و ارقام گندم در سه سطح (چمران، دنا و بهرنگ) بود. نتایج حکایت از اثر مثبت و معنی‌دار استفاده از ریزموجودات بر ارقام گندم داشت به نحوی که همزیستی مایکوریزایی بین ۷ تا ۳۳ درصد و همیاری آزوسپیریلوم بین ۷ تا ۲۹ درصد صفات برآوردی را بهبود داد. البته، کاربرد توأم، منجر به افزایش اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک بر صفات برآوردی شد، اما بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۳ سانتی‌متر)، محتوای پروتئین خام دانه (۱۲/۵۸ درصد) و تعداد سنبله در واحد سطح (۵۱۹) از تیمار تلقیح بذور رقم دنا با آزوسپیلیوم و استفاده از گونه گلوموس موسایی بدست آمد و بیشترین طول برگ پرچم (۲۹/۳۳ سانتی‌متر)، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (۱۱۸ روز)، عملکرد تک بوته (۶/۹۶ گرم) و طول سنبله (۹/۳۳ سانتی‌متر) از تیمار تلقیح بذور رقم چمران با آزوسپیلیوم و استفاده از گونه گلوموس موسایی بدست آمد. همچنین بیشترین وابستگی (۳۲ درصد) و پاسخ مایکوریزایی (۴۷ درصد) نیز در تیمار استفاده از گونه گلوموس موسایی در گندم رقم دنا دیده شد. بنابراین تغذیه گندم با آزوسپیریلوم و مایکوریزا می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد..

واژه های کلیدی : پروتئین دانه، رسیدگی فیزیولوژیک، طول برگ پرچم، مورفولوژی، وابستگی مایکوریزایی

مقدمه

با توجه به روند افزایش روز افزون جمعیت جهان، که تا سال ۲۰۵۰ به ۹ میلیارد نفر خواهد رسید، نشان می دهد که در آینده امنیت غذایی انسان‌ها مهمترین چالش پیش روی دولت‌ها خواهد بود (۳۴). از این رو گندم بعنوان یک گیاه استراتژیک مطرح است چرا که غذای اصلی نیمی از جمعیت دنیارا تشکیل داده و از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (۸). همچنین در ارتباط با گندم دوروم (*Triticum durum*) نیز افزایش مصرف سرانه ماکارونی در سال های اخیر در کشور سبب گسترش روز افزون تاسیس صنایع ماکارونی سازی شده ولی متاسفانه به علت استفاده این مراکز از آرد نول به جای آرد سمولینای گندم دوروم محصولات تولیدی کیفیت پایین‌تری دارند. بنابراین با رشد و توسعه زراعت گندم دوروم در کشور علاوه بر افزایش سطح تولید گندم در کشور می توان ماده اولیه صنایع ماکارونی سازی را نیز تامین کرد (۱۹). کشاورزان در تولید محصول اغلب جهت کسب حداکثر عملکرد، اقدام به مصرف کودهای شیمیایی بیش از مقدار توصیه شده می کنند (۴۵) و نتیجه این فعالیت‌ها طی سال‌های اخیر بحران آلودگی محیط زیست بوده که زنجیره وار به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرا داده است (۱). فراهم سازی شرایط لازم برای استفاده بیشتر از فرآیندهای طبیعی مانند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و حل کننده‌های فسفات، ازجمله راهکارهای تولید بهینه‌ی محصول است که امروزه در کشورهای مختلف به طور جدی دنبال می شود. یکی از شیوه‌های بیولوژیکی برای افزایش تولید در کشاورزی، استفاده از میکرواگانیسم‌های مفیدی است که از روش‌های مختلف باعث افزایش رشد و عملکرد در گیاه می‌شوند (۱۴). میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌های فتوسنتز کننده، لاکتوباسیل، مخمرها و اکتینومیست‌ها در ترکیب میکروارگانیسم‌های

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: majidupdate@Gmail.com)

موثر[1] وجود دارند که سلامتی محصول و میزان عملکرد را با افـزایش فتوسنتز، تولید ترکیبات فعال زیستی مانند هورمون‌ها و آنزیم‌ها، باعث تسریع در تجزیه مواد فتوسنتزی و کنترل بیمـای‌هـای خـاکزی، مـی شوند (۲۳). وو و همکاران (۴۴) عنوان داشتند باکتری های آزادزی در برخی از فرآیندهای کلیدی بوم نظام مانند فرآیندهای دخیل در کنترل بیولوژیکی پاتوژن‌های گیاهی، چرخه عناصر غذایی و استقرار گیاه‌چـه نقش دارند. آزوسپیریلوم از جمله این باکتری‌هاست (۴۰). آزوسپیریلوم علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و اندام هوایی و متعاقب آن افـزایش سـرعت جـذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد تاثیر گذار می باشد (۴۲). آزوسپیریلوم در محیط ریشه گیاه توانایی ساخت و ترشـح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، ویتامین‌هایB اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و غیـره را دارنـد کـه در افزایش رشد نقش مفید و موثری دارند (۲۴). سـاین و همکـاران (۴۱) طی پژوهشی عنوان داشتند تلقـیح دوگانـه آزوسـپیریلوم و مـایکوریزا منجر به افزایش معنی دار صفات ارتفاع بوتـه، طـول پـدانکل و بـرگ پرچم، طول سنبله، تعداد پنجه و تعداد روز تـا رسـیدگی فیزیولوژیـک می شود قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا جزء اصلی فلور محیط ریشه گیاهان در بوم نظام‌های طبیعی می‌باشند (۳۳) که رابطه همزیستی با بیشتر نهاندانگان از جمله گنـدم (*Triticum aestivum*) دارنـد (۱۰). روابط همزیستی مایکوریزا نقش اصلی در تجزیـه مـواد آلـی خـاک، معدنی شدن عناصر غذایی گیاهان و چرخه عناصر غذایی ایفا می کند (۳۳). مایکوریزا همچنین سبب افزایش تحمل گیاه به خشکی، دمای زیاد، آلودگی قارچ‌های بیماری‌زا و حتی اسیدیته بالای خاک می شـود (۱۶) مایکوریزا در افزایش توانایی گیاه میزبـان بـرای جـذب عناصـر غذایی غیر متحرک، خصوصا فسفر و چندین ریز مغـذی دیگـر تـاثیر مفیدی دارد (۱۵) همچنین در ارتباط بـا گنـدم تحقیقـات نشـان داده قارچ‌های مایکوریزای وزیکولار–آربیسکولار[2] (۱۸) و آزوسـپیریلوم (۸) باعث افزایش رشد و عملکرد این گیاه می‌شوند. محفوظ و شرف الدین (۲۸) در بررسی خود نشان دادند مخلوط کودهـای بیولوژیـک شـامل آزوسپیریلوم لیپوفروم و نیتروژنوباکتر، بـه همـراه کودهـای شـیمیایی پرمصرف موجب افـزایش مشخصـه‌هـای رشـد (ارتفـاع گیـاه، تعـداد شاخه‌ها، وزن تر علوفه و وزن خشک گیاه) در مقایسه با اثر کودهـای شیمیایی می شود. نظارت و غلامی (۳۱) عنوان داشتند تلقیح بـذور بـا آزوسـپیریلوم باعـث افـزایش پارامترهـای رشـدی مختلـف همچـون بیوماس، جذب مواد غذایی، حجم نیتروژن بافت، ارتفاع گیـاه و انـدازه برگ می شود. سادات و همکاران (۴) اظهار داشتند کاربرد توأم قـارچ گلوموس اینترارادیسز و باکتری سودوموناس سطح برگ پـرچم گنـدم چمران را به طور معنی داری نسبت به تلقیح مجزای قارچ افزایش داد. راجا و همکاران (۳۵) در آزمایشی روی گندم دریافتند کاربرد مایکوریزا باعث افـزایش معنـا دار خصوصـیات مورفولوژیـک گنـدم مـی شـود. همچنین برخی محققیق عنوان داشتند شرایط نامساعد باعث افـزایش وابستگی مایکوریزایی می‌شود به این مفهوم که یک افزایش نسبی در تولید ماده خشک گیاه از طریق همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا ایجاد می‌شود (۳۲) درک میزان وابستگی گونه‌های گیاهی به مایکوریزا نکته مهمی در اکولوژی و مدیریت سیستم زراعی است (۱۷) چرا که احتمالاً در آینده کمبود فسفر به عنوان یک عامـل مهـم محدودکننـده رشـد گیاهان در سیستم‌های کشاورزی پایدار مطرح می باشد پس انتخـاب صحیح گیاهان به منظور به حداکثر رسانیدن همزیستی با قـارچ‌هـای سودمند می‌تواند به منظور حفظ ثبات تولید در خاک‌های فقیر از ایـن عنصر دارای اهمیت باشد (۴۴) وجود اطلاعات در زمینه نیاز گونه‌های گیاهی به قارچ‌های مایکوریزای آرباسکولار در سطوح مختلف فسفر در انتخاب گیاه زراعی و تناوب برای سیستم‌های زراعی بسیار ارزشـمند است (۴۱). این نظریه وجود دارد که بین گونـه‌هـای گیـاهی و قـارچ مایکوریزا حالت اختصاصی یا انتخابی وجود دارد کـه مـی‌تـوان ایـن مفهوم را در قالب وابستگی مایکوریزایی بیان کرد (۱۵).

بنـابراین هـدف از اجـرای ایـن تحقیـق ارزیـابی تغییـرات مورفوفیزیولـوژیکی ارقـام گنـدم در شـرایط کـاربرد مـایکوریزا و آزوسپیریلوم می‌باشد.

مواد و روش ها

به منظور ارزیابی تغییرات مورفوفیزیولوژیکی ارقام گندم در شرایط کاربرد مایکوریزا و آزوسپیریلوم پژوهشی در سال زراعی ۱۳۹۱–۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز بـه صـورت آزمـایش فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصـادفی بـا سـه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ مایکوریزا در سه سطح عدم استفاده، استفاده از گونه گلوموس اینترارادیسز[3] و استفاده از گونه گلوموس موسایی[4]، فاکتور دوم باکتری آزوسـپیریلوم لیپـوفروم[5] در دو سطح به صورت استفاده و عدم استفاده از گونه آزوسپیریلوم لیپـوفروم در تلقیح با بذر گندم و فاکتور سوم ارقام گندم، شامل گندم نان چمران و ارقام گندم دوروم دنا و بهرنگ بود. جهت آلوده نمودن بذر با باکتری ابتدا بذرهای ارقام گندم توسط محلول هیپوکلرید ۰/۵ درصد استریل شد. این بذرها را بمدت دو ساعت در آب مقطـر اسـتریل خیسـانده و متعاقـب آن بـه محلـول حـاوی بـاکتری آزوسـپیریلوم لیپـوفروم بـا

1- EM: Effective Microorganism
2- VAM
3- *Glomus intraradices*
4- *Glomus mossaae*
5- *Azospirillum lipoferum*

غلظت 10^6 سلول باکتری در هر میلی‌لیتر مایه تلقیح[1] (تعداد سلول زنده در هر میلی لیتر) منتقل گردید (۶) پس از ۴ ساعت بذرهای گندم آلوده به باکتری جهت کشت آماده شد (۸). اما گونه خالص باکتری آزوسپیریلوم لیپوفروم از آزمایشگاه بیولوژی خاک ارومیه تهیه شد و در محیط کشت نوترینت براث۲ تکثیر، و به روش پلیت کانت۳ تعداد سلول زنده باکتریایی اندازه‌گیری شد. اما برای اعمال گونه‌های مایکوریزا در کرت‌های آزمایش نیز از کود مایکوریزای با تراکم اسپور ۱۲۰ عدد در هر گرم ماده حامل (کود دامی کاملاً پوسیده) به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد، به نحوی که پس از محاسبه مقدار کود مورد نیاز هر کرت، کود منظور قبل کاشت با خاک سطحی مخلوط شده و بلافاصله اقدام به کشت بذور (در تاریخ ۱۲ آذر ماه) شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح زمین و ایجاد فارو در مراحل قبل از کاشت اجرا شد. کشت بذور در آذر ماه به صورت دستی انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل ۵ خط کشت به طول ۵ متر و فاصله ۲۰ سانتیمتر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲-۳ 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 ۱). صفات اندازه گیری شده شامل ارتفاع بوته، طول بند دوم، طول برگ پرچم، طول پدانکل، طول ریشک، طول سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد پنجه، تعداد سنبله در متر مربع و عملکرد تک بوته، درصد پروتئین دانه، وابستگی مایکوریزایی و پاسخ مایکوریزایی بود. جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک پانزده بوته به طور تصادفی از داخل هر کرت برداشت شد برداشت نهایی به هنگام رسیدگی کامل دانه‌ها صورت گرفت و عملکرد دانه با رطوبت ۱۵ درصد تعیین شد.

درصد پروتئین دانه: پس از تعیین مقدار ازت خالص هر نمونه در آزمایشگاه به روش کجلدال، با استفاده از ضریب مخصوص پروتئین (ضریب۵/۷) مقدار پروتئین خام دانه برآورد شد (۲) و به منظور برآورد صفات وابستگی مایکوریزایی و پاسخ مایکوریزایی نیز (۲۲) از معادله‌های زیر استفاده شد.

$$\text{پاسخ مایکوریزایی} = \frac{\text{وزن خشک بوته غیر مایکوریزایی} - \text{وزن خشک بوته مایکوریزایی}}{\text{وزن خشک بوته غیر مایکوریزایی}} \times 100$$

$$\text{وابستگی مایکوریزایی} = \frac{\text{وزن خشک بوته غیر مایکوریزایی} - \text{وزن خشک بوته مایکوریزایی}}{\text{وزن خشک بوته مایکوریزایی}} \times 100$$

نهایتاً برای آنالیز واریانس داده‌ها از نرم افزار آماری SAS (۳۸)، و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

بر طبق نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس آزوسپیریلوم صفات طول ریشک، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، پاسخ رشدی مایکوریزایی، وابستگی مایکوریزایی، پروتئین دانه و عملکرد تک بوته را در سطح احتمال ۱ درصد و صفات ارتفاع بوته، طول برگ پرچم، طول پدانکل، طول سنبله، و تعداد سنبله را در سطح احتمال ۵ درصد تحت تاثیر قرار داد اما تاثیر معنی داری بر صفات تعداد پنجه و طول بند دوم نداشت. و در مورد مایکوریزا نیز همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود صفات ارتفاع بوته، طول برگ پرچم، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد پنجه و تعداد سنبله را در سطح احتمال ۵ درصد و طول ریشک، وابستگی مایکوریزایی، پاسخ رشدی مایکوریزایی، پروتئین دانه و عملکرد تک بوته را در سطح احتمال ۱ درصد تحت تاثیر قرار داد اما نتوانست طول بند دوم را به شکل معنی داری تحت تاثیر قرار دهد. همچنین بین ارقام نیز برای صفات ارتفاع بوته، طول بند دوم و طول برگ پرچم در سطح احتمال ۱ درصد و برای صفات طول پدانکل، پروتئین دانه، طول ریشک، تعداد پنجه، تعداد سنبله و عملکرد تک بوته تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد اما برای صفات طول سنبله، پاسخ رشدی مایکوریزایی، وابستگی مایکوریزایی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تفاوت معنی داری بین ارقام وجود نداشت (جدول ۲). اما بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات متقابل نشان داد اثرات سه-گانه تیمارهای آزمایشی (جدول ۳) صفات طول بند دوم، طول برگ پرچم، طول پدانکل و طول ریشک را در سطح احتمال ۱ درصد و صفات ارتفاع بوته، پروتئین دانه، تعداد سنبله و عملکرد تک بوته را در سطح احتمال ۵ درصد تحت تاثیر قرار داده است اما بر صفات طول برگ پرچم، وابستگی مایکوریزایی، پاسخ رشدی مایکوریزایی، طول سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تاثیر معنی داری نداشته است.

با توجه به جدول ۲، تلقیح بذور با آزوسپیریلوم ارتفاع بوته و طول بند دوم را تا ۷ درصد و طول پدانکل را تا ۱۰ درصد افزایش داد احتمالاً کاهش سنتز آنزیم‌های ضروری فتوسنتز همچون رابیسکو در اثر دسترسی ناکافی به نیتروژن در شرایط عدم تلقیح سبب کاهش رشد رویشی و طول دوره رویشی گیاه (نتایج ارائه شده در همین مقاله) و در نهایت سبب کاهش ارتفاع شده است. کاهش نیتروژن با محدود کردن تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها باعث کندی رشد، تولید گیاهانی کوتاه و ضعیف می‌شود. همچنین استفاده از سویه‌های مایکوریزا نیز ارتفاع بوته را (۸ درصد)، طول بند دوم را (۵ درصد) و طول پدانکل را (۱۷ درصد) افزایش داد.

1- cfu/ml
2- Nutrient Broth
3- Plate count

جدول۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک	منیزیم ($meq\ l^{-1}$)	کلسیم ($meq\ l^{-1}$)	پتاسیم ($meq\ l^{-1}$)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	نیتروژن درصد	کربن الی درصد	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی ($mmoh\ cm^{-1}$)	عمق نمونه (cm)	سال
لومی شنی	۳/۸	۵/٤	۱۵۹	۱۳	۰/۰۳۹	۰/۵۲	۷/۸	۳/۸	۰-۳۰	۱۳۹۰

جدول ۲ : مقایسه میانگین اثرات اصلی و سطوح معنی‌داری تیمارهای آزمایش بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک سه رقم گندم

تیمارها	تعداد پنجه	ارتفاع بوته (cm)	طول بند دوم (cm)	طول برگ پرچم (cm)	طول پدانکل (cm)	طول ریشک (cm)	روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	تعداد سنبله (m^{-2})	طول سنبله (cm)	عملکرد تک بوته (g)	پاسخ مایکوریزایی (٪)	وابستگی مایکوریزایی (٪)	پروتئین دانه (٪)
آزوسپیریلوم													
A1	۳/۳۳a	۸۸/۳۷b	۹/۵۱a	۱۹/۱۴b	۱۲/۷۳b	۹/۹۷b	۹۹/۶۲a	۴۴۷/۳۳b	۷/۱۳b	۴/۱۶b	۲۷/۰۳a	۱۸/۹۶a	۱۰/۱۱b
A2	۳/۵۸a	۹۴/۵۱a	۱۰/۲a	۲۳/۳۷a	۱۴/۰۲a	۱۲/۵۲a	۱۱۰/۷۸b	۴۸۰/۲۹a	۷/۹۷a	۵/۸۳a	۱۶/۳۳b	۱۳/۳۳b	۱۱/۵۲a
	ns	*	ns	*	*	**	**	*	*	**	**	**	**
مایکوریزا													
M1	۳/۲b	۸۴/۷۲b	۹/۴۸b	۱۸/۶۱b	۱۲/۴۶b	۹/۶۸c	۱۰۰/۰۲b	۴۴۷/۳۳b	۷/۱۲a	۳/۸۳b	-	-	۱۰/۴۶c
M2	۳/۳۸b	۸۹/۵۰a	۹/۹۲a	۲۲/۱۶a	۱۲/۷۱b	۱۲/۹۲a	۱۰۴/۹۴a	۴۶۵/۴۴ab	۷/۷۲a	۵/۴۸a	۲۸/۶۶b	۲۱/۹۴b	۱۰/۶۶b
M3	۳/۷۲a	۹۱/۱۱a	۹/۹۰a	۲۳/۰۰a	۱۴/۹۷a	۱۱/۱۳b	۱۰۸/۶۳a	۴۸۰/۶۱a	۷/۸۰b	۵/۶۷a	۳۶/۳۸a	۲۶/۵۰a	۱۱/۳۲a
	*	*	ns	*	*	**	*	*	*	**	**	**	**
رقم													
C1	۳/۶۱a	۸۸/۲۷b	۸/۶۳c	۲۴/۱۹a	۱۲/۵۳c	۱۲/۴۱a	۱۰۹/۲۲a	۴۵۵/۸۹a	۷/۷۸a	۵/۳۵a	۱۹/۹۴a	۱۵/۱۱a	۱۰/۳۸b
C2	۳/۲۷c	۸۴/۵۰c	۱۰/۰۵a	۲۱/۲۲b	۱۳/۲۱b	۱۰/۷۱b	۱۰۳/۲۷b	۴۵۵/۵۶a	۷/۴۵a	۴/۹۱b	۲۳/۳۸a	۱۷/۱۱a	۱۰/۹۹a
C3	۳/۴۹b	۹۲/۵۵a	۹/۹۱b	۱۸/۳۶c	۱۴/۴۰a	۱۰/۶۲b	۱۰۳/۰۵b	۴۶۵/۰۰a	۷/۴۲a	۴/۷۲b	۲۱/۷۲a	۱۶/۲۲a	۱۱/۰۶a
	*	**	**	**	*	*	ns	*	Ns	*	ns	ns	*
CV (درصد)	۱۱/۵۴	۵/۵	۵/۹۱	۱۳/۸۸	۵/۱۵	۸/۴	۱۱/۲۱	۷/۴۳	۱۰/۷۲	۱۲/۴۲	۳۱/۰۲	۲۸/۴۳	۶/۳۲

*، **- به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪ و ns غیر معنی دار هستند.CV = ضریب تغییرات

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار بین میانگین هاست (بر اساس آزمون دانکن) A1: عدم تلقیح با آزوسپریلیوم، A2: تلقیح شده با آزوسپیریلوم، M1: عدم استفاده از مایکوریزا، M2: استفاده از گونه *G. intraradices* ، M3: استفاده از گونه *G. mossaae*، C1: چمران، C2: بهرنگ، C3: دنا.

شریفی و حق نیا (۵) بیان کردند که کود بیولوژیک حاوی آزسپریلیوم و سودوموناس ارتفاع بوته گیاه گندم را به شکل معنی داری افزایش می‌دهد الکومی (۲۰) نیز به افزایش ارتفاع بوته با مصرف کود بیولوژیک اشاره داشت. بین سویه‌های مایکوریزای مورد کاربرد در این آزمایش برای صفات ارتفاع بوته و طول بند دوم تفاوت معنی داری وجود نداشت ولی به طور کلی بیشترین ارتفاع بوته (۹۱/۱۱ سانتی‌متر) از کاربرد گونه گلوموس موسایی و بیشترین طول بند دوم (۹/۹۱ سانتی‌متر) از کاربرد گونه گلوموس اینترارادیسز بدست آمد. اما در مورد طول پدانکل بین دو گونه مایکوریزا تفاوت معنی دار بود و گونه گلوموس موسایی تا ۱۵ درصد طول پدانکل بیشتری را نشان داد. در شرایطی که مایکوریزا فسفر را به عنوان یک عنصر تاثیر گذار در تقسیمات سلولی برای گیاه قابل جذب می‌کند پرواضح است که ارتفاع بوته بالاتر رود. درزی و همکاران (۳) نیز تاثیر معنی دار کود زیستی فسفره را بر ارتفاع بوته اعلام کردند. همچنین در مورد ارقام نیز شایان ذکر است بیشترین ارتفاع بوته (۹۲/۵۵ سانتی‌متر) و طول پدانکل (۱۴/۴۰ سانتی‌متر) از رقم دنا و بیشترین طول بند دوم (۱۰/۰۵ سانتی‌متر) از رقم بهرنگ بدست آمد. به طور کلی اختلاف ارتفاعی که بین ارقام دیده شد بیشتر از اختلاف ارتفاع ایجاد شده در اثر مصرف ریزموجودات مصرفی بود این امر تبیین کننده این است که ارتفاع بوته اگرچه تحت تاثیر عوامل زراعی مثل تغذیه قرار گیرد اما

بیشتر از آن، از عوامل ژنتیکی تاثیر می‌پذیرد به این مفهوم که رقم-های دوروم نسبت به رقم چمران ارتفاع ساقه بیشتری داشتند. طبق نتایج جدول ۳ بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۳ سانتی‌متر) از تیمار تلقیح آزوسپیریلوم و کاربرد گونه گلوموس موسایی در رقم دنا و بیشترین طول پدانکل (۲۱/۲ سانتی‌متر) از تیمار تلقیح بذور گندم بهرنگ با آزوسپیریلوم و کاربرد گونه گلوموس موسایی و بیشترین طول بند دوم (۱۴/۷۶ سانتی‌متر) از تیمار تلقیح آزوسپیریلوم و کاربرد گونه گلوموس اینترارادیسز در رقم بهرنگ بدست آمد در شرایطی که نیتروژن و فسفر به میزان کافی در اختیار گیاه بوده‌اند رشد رویشی بیشتری از گیاه انتظار می‌رود. نوین و همکاران (۳۰) اعلام کردند تلقیح دوگانه مایکوریزا و ریزوبیوم سبب رشد بیشتر اندام‌های رویشی گیاه می‌شود و ارتفاع بوته تحت تاثیر نیتروژن و فسفر قرار می‌گیرد. طول میانگره عامل بسیار مهم و تاثیر گذار بر ارتفاع گیاه می‌باشد به طوری که احمدزاده و همکاران (۹) نیز اعلام کردند که بین ارتفاع گندم، طول پدانکل و طول میانگره دوم همبستگی وجود دارد. همچنین با توجه به جدول ۳ کمترین ارتفاع بوته (۸۵ سانتی‌متر) از رقم بهرنگ و کمترین طول بند دوم (۶/۱۰ سانتی‌متر) از تیمار تلقیح آزوسپیریلوم در گندم دوروم دنا بدست آمد. 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 برآنکه شرایط خاک نیز بایستی ایده‌ال باشد.

کمتر بودن ارتفاع کل گیاه در شرایط عدم کاربرد کود بیولوژیک مؤید این مطلب است که گیاه در شرایط کمبود عناصر غذایی با کاهش مشخصه‌های مورفولوژیکی همچون طول میانگره دوم و طول پدانکل زمینه لازم را برای ورود سریع‌تر بوته گندم به فاز زایشی را فراهم می‌کند همچنان که، وارد کردن ریزموجودات به محیط ریشه گیاه (رایزوسفر) با تاثیر مثبتی که بر رشد نشان دادند موجبات افزایش ارتفاع بخش‌های مختلف گیاه را فراهم کردند.

بررسی طول برگ پرچم و طول ریشک نشان داد تلقیح بذور با آزوسپیریلوم توانسته به ترتیب ۱۹ و ۲۱ درصد این صفات را ارتقا دهد نظارت و غلامی (۳۱) نیز بیان داشتند تلقیح بذور با آزوسپیریلوم پارامترهای رشدی مختلف از جمله اندازه برگ را به طور قابل توجهی افزایش می دهد. اما کاربرد مایکوریزا طول برگ پرچم را (۲۰ درصد) و طول ریشک را (۲۶ درصد) افزایش داد. به نحوی که حداکثر طول برگ پرچم (۲۳ سانتی‌متر) از کاربرد گونه گلوموس موسایی و طول ریشک (۱۲/۹۲ سانتی‌متر) از کاربرد گونه گلوموس اینترارادیسز حاصل شد. به نظر می‌رسد هم زیستی مایکوریزا یی از طریق فراهم کردن عناصر تغذیه‌ای و آب قابل دسترس بیشتر می‌تواند موجبات افزایش فتوسنتز و نتیجتاً رشد اندام هوایی را فراهم کرده و بدین طریق باعث افزایش صفاتی همچون طول ریشک و برگ پرچم شود برگ پرچم به علت فاصله اندک منبع به مخزن و ریشک نیز به واسطه تداوم فتوسنتز پس از گرده افشانی و فاصله اندک به مخزن نقش بسیار موثری در پر شدن دانه دارند پس بهبود در صفاتی از این دست در حصول عملکرد حداکثری نقش به سزایی دارد. در مورد رقم نیز بیشترین طول برگ پرچم (۲۴/۱۹ سانتی‌متر) و طول ریشک (۱۲/۴ سانتی‌متر) در رقم چمران دیده شد (جدول ۲). بررسی اثرات متقابل نشان داد بیشترین طول برگ پرچم (۲۹/۳۳ سانتی‌متر) از تیمار تلقیح بذور چمران با آزوسپیریلوم و کاربرد مایکوریزای گونه گلوموس موسایی و بیشترین طول ریشک (۱۶/۵۶ سانتی‌متر) نیز از تیمار تلقیح بذور چمران با آزوسپیریلوم و کاربرد مایکوریزای گونه گلوموس اینترارادیسز بدست آمد مطالعات متعدد نشان داده که باکتری‌های تنظیم کننده رشد هیچ اثر آنتاگونیستی با مایکوریزا در آلوده کردن ریشه گیاه میزبان ندارند (۳۷) همچنان که در این پژوهش نیز دیده می‌شود کاربرد دو ریز موجود بیش از ۳۰ درصد برای هر دو صفت از کاربرد منفرد آن‌ها مفیدتر واقع شده است. همچنین سادات و همکاران (۴) نیز عنوان داشتند که کاربرد توأم قارچ گلوموس اینترارادیسز و باکتری سودوموناس سطح برگ پرچم رقم چمران را به طور معنی داری نسبت به تلقیح مجزای قارچ افزایش می‌دهد. اما کمترین طول برگ پرچم (۱۲/۵۰ سانتی‌متر) از تیمار عدم کاربرد کود بیولوژیک در گندم دنا و کمترین طول ریشک (۷/۱۳ سانتی‌متر) از تیمار کاربرد گونه گلوموس موسایی در رقم بهرنگ بدست آمد. در ارتباط با تعداد پنجه و تعداد سنبله در واحد سطح مشخص شد تلقیح بذور با آزوسپیریلوم تا ۷ درصد این صفات را بهبود می‌بخشد. فلاحی و همکاران (۷)، بیان داشتند ظرفیت پنجه زنی بالا همراه با ظرفیت جذب مواد غذایی بالا پس از تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم در گندم باعث افزایش عملکرد شد. همچنان که ازکان و همکاران (۳۲) نیز گزارش کردند تلقیح بذرهای گندم با آزوسپیریلوم به طور معنی داری منجر به افزایش تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه می‌شود.

کاربرد مایکوریزا نیز تعداد پنجه و تعداد سنبله را افزایش داد به شکلی که گونه گلوموس موسایی ۱۴ درصد تعداد پنجه و ۷ درصد تعداد سنبله بیشتری را نسبت به تیمار عدم کاربرد مایکوریزا نشان داد و در مورد ارقام، بیشترین تعداد پنجه (۳/۶۱) و تعداد سنبله (۴۵۵/۸۹ عدد در متر مربع) در رقم چمران دیده شد (جدول ۲).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل و سطوح معنی‌داری مایکوریزا، آزوسپیریلوم و رقم بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک سه رقم گندم

تیمارها	تعداد پنجه	طول بند دوم (cm)	طول برگ پرچم (cm)	طول پدانکل (cm)	طول ریشک (cm)	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	تعداد سنبله (عدد در متر مربع)	پاسخ میکوریزایی (٪)	وابستگی میکوریزی (٪)	پروتئین دانه (٪)
آزوسپیرلوم×مایکوریزا×رقم										
C1× M1×A1	۲/۰۳d	۹/۱۳fg	۱۷/۸۳de	۸/۱۰j	۸/۱۶gh	۱۰۴/۰۰b	۴۸۱/۶۷bc	-	-	۹/۵۵ ij
C2× M1×A1	۳/۰۳c	۶/۶۰ij	۱۸/۳۳de	۱۴/۱۳ef	۷/۱۳h	۹۴/۶۶c	۳۷۶/۰۰d	-	-	۱۰/۱۴fgh
C3× M1×A1	۴/۰۶b	۹/۱۳fg	۱۲/۵۰f	۱۵/۱۶de	۱۱/۲۰de	۹۳/۰۰c	۴۳۱/۳۳bcd	-	-	۱۰/۲۰fgh
C1× M2×A1	۳/۰۳c	۸/۱۳h	۲۷/۳۳ab	۱۵/۶۶cd	۹/۲۰fg	۱۰۳/۳۳bc	۴۱۵/۶۷cd	۲۱/۶۶bcd	۲۸/۰۰b-e	۹/۶۱ij
C2× M2×A1	۳/۰۳c	۱۰/۱۶e	۱۶/۳۳ef	۱۲/۱۰gh	۷/۱۳h	۹۷/۶۶bc	۴۶۰/۰۰bc	۳۰/۰۰ab	۴۳/۶۶ab	۱۰/۱۹fgh
C3× M2×A1	۳/۰۳c	۸/۶۳gh	۱۹/۰۰de	۹/۶۰i	۱۱/۲۰de	۹۴/۶۶c	۴۶۹/۶۷bc	۲۸/۶۶ab	۴۰/۶۶abc	۱۰/۲۹fgh
C1× M3×A1	۴/۰۶b	۷/۱۰i	۲۲/۳۳bcd	۱۱/۶۰h	۹/۲۰fg	۱۰۷/۳۳b	۴۷۷/۳۳bc	۲۶/۶۶abc	۳۷/۶۶a-d	۹/۹۴hi
C2× M3×A1	۲/۱۳d	۱۱/۲۰d	۲۱/۳۳cde	۱۴/۱۳ef	۱۴/۳۰b	۱۰۲/۳۳bc	۴۶۸/۶۷bc	۳۱/۶۶a	۴۶/۳۳a	۱۰/۵۱ef
C3× M3×A1	۴/۷۶ab	۱۳/۷۳b	۱۷/۳۳def	۱۴/۱۳ef	۱۲/۲۳cd	۹۹/۶۶bc	۴۴۵/۶۷bc	۳۲/۰۰a	۴۷/۰۰a	۱۰/۵۷ef
C1× M1×A2	۴/۰۶b	۱۱/۲۰d	۲۲/۳۳bcd	۱۶/۱۶cd	۷/۲۳h	۱۱۰/۳۳ab	۴۳۹/۶۷bc	-	-	۱۰/۵۴ef
C2× M1×A2	۴/۰۶b	۱۴/۷۳a	۲۱/۰۰cde	۹/۱۰i	۱۰/۲۰ef	۱۰۴/۳۳b	۴۸۹/۳۳b	-	-	۱۱/۱۴cd
C3× M1×A2	۳/۰۳c	۶/۱۰j	۱۹/۶۶de	۱۳/۱۳fg	۱۴/۰۰b	۱۰۵/۶۶b	۴۶۶/۳۳bc	-	-	۱۱/۲۱cd
C1× M2×A2	۳/۰۳c	۸/۱۳h	۲۶/۰۰abc	۱۸/۲۰b	۱۶/۵۶a	۱۱۲/۳۳ab	۴۷۰/۳۳bc	۱۸/۰۰d	۲۲/۳۳de	۱۰/۸۵de
C2× M2×A2	۴/۴۶b	۱۴/۷۶a	۲۲/۶۶bcd	۹/۶۰i	۱۳/۲۶bc	۱۰۹/۳۳ab	۴۷۹/۰۰bc	۱۶/۶۶d	۱۹/۳۳e	۱۱/۴۸bc
C3× M2×A2	۳/۰۳c	۹/۶۶ef	۲۱/۶۶cde	۱۱/۱۰h	۸/۱۶gh	۱۱۲/۳۳ab	۴۹۸/۰۰b	۱۶/۶۶d	۱۸/۰۰f	۱۱/۵۴bc
C1×M3 ×A2	۴/۹۰a	۸/۱۳h	۲۹/۳۳a	۱۶/۶۶c	۱۲/۲۳cd	۱۱۸/۰۰a	۴۵۰/۶۷bc	۲۴/۳۳a-d	۳۱/۶۶a-e	۱۱/۸۳b
C2×M3 ×A2	۳/۰۳c	۱۲/۲۰c	۲۷/۶۶ab	۲۱/۲۰a	۱۲/۲۳cd	۱۱۱/۳۳ab	۴۶۰/۳۳bc	۲۴/۳۳a-d	۳۱/۰۰a-e	۱۲/۵۱a
C3×M3 ×A2	۳/۰۳c	۷/۱۰i	۲۰/۰۰de	۱۲/۱۰gh	۷/۶۳h	۱۱۳/۰۰ab	۵۱۹/۰۰a	۲۰/۰۰cd	۲۴/۶۶cde	۱۲/۵۸a
	**	**	ns	**	**	ns	*	ns	ns	*

*، **- به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪ و ns غیر معنی دار هستند.

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار بین میانگین‌هاست (بر اساس آزمون دانکن)

اما نتایج جدول اثرات متقابل نشان داد بیشترین تعداد پنجه (۴/۹۰) از تیمار تلقیح بذور گندم چمران با آزوسپیریلوم و کاربرد مایکوریزای گونه گلوموس موسایی و بیشترین تعداد سنبله (۵۱۹ عدد در متر مربع) از تیمار تلقیح بذور گندم بهرنگ با آزوسپیریلوم و کاربرد گونه گلوموس موسایی مایکوریزا بدست آمد کندی و همکاران (۲۷) در آزمایشی به تاثیر قابل توجه تلقیح برنج با آزوسپیریلوم در افزایش تعداد پنجه‌های این گیاه اشاره داشتند.

از جمله فواید تلقیح غلات با آزوسپیریلوم (۲۹) و مایکوریزا (۱۳) افزایش رشد ریشه است این توسعه با افزایش هورمون‌های رشد (۳۷ و ۲۶) و همچنین تراوش پروتونی (۸) در ارتباط است به نظر می‌رسد فراهمی آب و عناصر غذایی در دسترس بیشتر شرایط را به نحوی که حداقل فضای گپ در مزرعه وجود داشته باشد، تغییر داده است که نتیجتاً بیشترین تعداد سنبله و پنجه در این آزمایش را در تیمار تلقیح آزوسپیریلوم و کاربرد مایکوریزا مشاهده می‌کنیم. اما کمترین تعداد پنجه (۲/۰۳) نیز در رقم چمران و بدون استفاده از کود بیولوژیک و کمترین تعداد سنبله (۳۷۶ عدد در متر مربع) نیز در شرایط عدم کاربرد کود بیولوژیک در گندم بهرنگ مشاهده شد (جدول ۳). در بررسی روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی مشخص شد تلقیح بذور با آزوسپیریلوم توانسته این صفت را نیز افزایش دهد بیشترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی معادل ۱۱۰/۷۸ روز بود که تا ۱۱ درصد 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 (۲۱) نیز در پژوهشی اعلام داشتند تغذیه نیتروژنی گیاه منجر به افزایش تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و نهایتاً عملکرد شد.

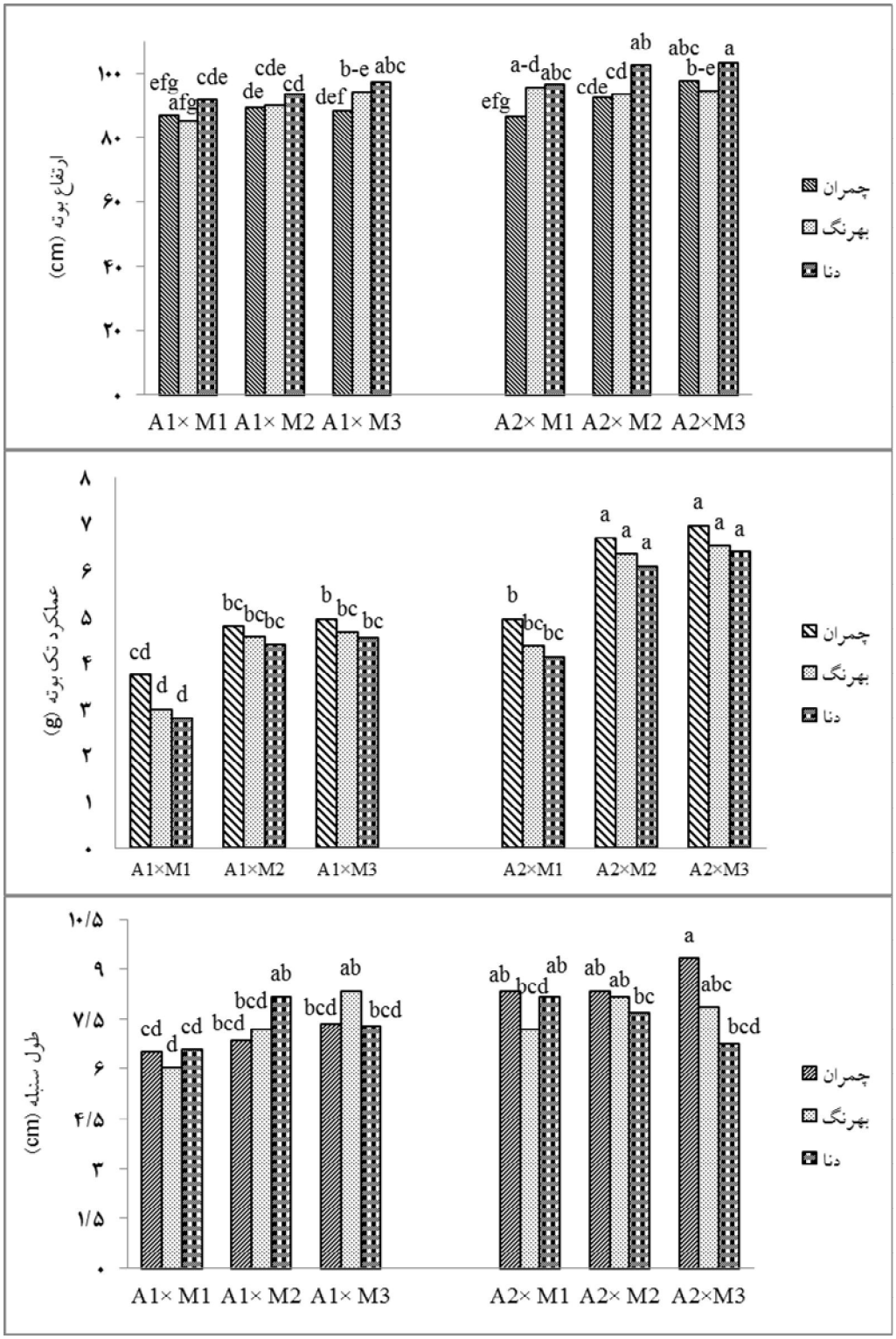
کاربرد مایکوریزا نیز طول دوره رشد گندم را افزایش داد به نحوی که تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی گونه گلوموس موسایی ۸ درصد بیشتر از تیمار عدم استفاده از مایکوریزا بود. در مورد ارقام نیز بیشترین طول دوره رشد (۱۰۹/۲۲) مربوط به رقم چمران بود (جدول ۲). اما نتایج جدول اثرات متقابل نشان داد بیشترین روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی (۱۱۸ روز) در تیمار تلقیح بذور گندم چمران با

آزوسپیریلوم و کاربرد مایکوریزای گونه گلوموس موسایی مشاهده شد و کوتاه ترین دوره رشدی (۹۳ روز) در تیمار عدم کاربرد کود بیولوژیک در رقم دنا وجود داشت (شکل ۱).

مطابق جدول ۲ تلقیح بذور با آزوسپیریلوم طول سنبله (۱۱ درصد) و عملکرد تک بوته (۲۹ درصد) را افزایش داد تاثیر مثبت تلقیح بذور گندم با آزوسپیریلوم بر طول سنبله (۱۲) و عملکرد بوته (۴۳) در آزمایشات زیادی به اثبات رسیده است در پژوهش حاضر نیز بیشترین طول سنبله (۷/۹۷ سانتی‌متر) و عملکرد تک بوته (۵/۸۳ گرم) از تیمار تلقیح بذور با آزوسپیریلوم لیپوفروم بدست آمد. همچنین کاربرد مایکوریزا نیز طول سنبله (۷/۸ گرم) و عملکرد تک بوته (۵/۶۷ گرم) را افزایش داد. ولی به طور کلی بیشترین طول سنبله و عملکرد تک بوته از کاربرد گونه گلوموس موسایی بدست آمد. کاپور و همکاران (۲۳) عنوان داشتند ریسه‌های میکوریزا به دو دسته تقسیم می‌شوند، تعدادی که وارد سیستم ریشه گیاه شده و غلظت آبسزیک اسید را کاهش داده و سیتوکنین را افزایش می دهند (این عمل سبب افزایش جذب آب و گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه می گردد) دسته دوم از ریسه‌ها خارج از سیستم ریشه بوده، که با ترشح اسیدهای آلی محلول کننده فسفر جذب فسفر را افزایش می‌دهند نهایتاً مجموع این عوامل سبب افزایش رشد و نمو گیاه، و در نتیجه عملکرد اقتصادی محصول می‌شود همچنان که الکراکی و همکاران (۲) نیز در بررسی خود نشان دادند تلقیح مایکوریزا (از طریق بهبود رشد و جذب عناصر غذایی) عملکرد گندم را ارتقا می‌دهد و در مورد ارقام نیز بیشترین طول سنبله (۷/۸۷ سانتی‌متر) و عملکرد تک بوته (۵/۳۵ گرم) در رقم چمران مشاهده شد (جدول ۲). اما جدول اثرات متقابل نشان داد بیشترین طول سنبله (۹/۳۳ سانتی‌متر) و عملکرد تک بوته (۶/۹۶ گرم) از تیمار تلقیح باکتریایی بذور گندم رقم چمران و کاربرد مایکوریزای گونه گلوموس موسایی بدست آمد و کمترین طول سنبله (۶/۰۳ سانتی‌متر) در تیمار عدم تلقیح باکتریایی بذور رقم بهرنگ و کمترین عملکرد تک بوته (۲/۸۰ گرم) نیز در تیمار عدم تلقیح باکتریایی بذور رقم دنا بدست آمد (جدول ۳).

در بررسی وابستگی مایکوریزایی و پاسخ رشدی به مایکوریزا مشخص شد تلقیح آزوسپیریلوم به ترتیب ۴۰ و ۳۰ درصد از وابستگی و پاسخ رشدی مایکوریزایی کاسته است. کاربرد آزوسپیریلوم با افزایش وزن خشک گیاه از وابستگی وپاسخ مایکوریزایی کم کرده است از جایی که تلقیح بذور با آزوسپیریلوم پارامترهای رشدی مختلف را به طور قابل توجهی افزایش می دهد (نتایج ارائه شده در همین مقاله) این نتیجه دور از انتظار نبود. کاردوسو و همکاران (۱۵) نیز در بررسی وابستگی مایکوریزایی نشان دادند تلقیح بذور با آزوسپیریلوم باعث کاهش وابستگی مایکوریزایی به میزان ۴۵ درصد شده است. اما وابستگی مایکوریزایی برای گونه گلوموس اینترارادیسز ۲۱/۹۴ درصد و برای مایکوریزای گونه گلوموس موسایی ۲۶/۵۰ درصد بود. و پاسخ مایکوریزایی برای گونه‌های مذکور به ترتیب ۲۸/۶۶ درصد و ۳۶/۳۸ درصد بود. در تحقیقات اوزکان و همکاران (۳۲) نیز پاسخ و وابستگی مایکوریزایی قوی تر برای ارقام گندم در گونه گلوموس موسایی دیده شد. در مورد رقم نیز بیشترین وابستگی مایکوریزایی (۱۷/۱۱ درصد) و بیشترین پاسخ مایکوریزایی (۲۳/۳۸ درصد) در رقم بهرنگ دیده شد (جدول ۲). ساورز و همکاران (۳۹) اظهار داشتند جهت افزایش جذب عناصر ماکرو و میکرو استفاده از ارقام مدرنی از گندم که وابستگی مایکوریزایی بالایی دارند می‌تواند در نیل به کسب حداکثر درآمد اقتصادی مفید باشد.

همچنین اوزکان و همکاران (۳۲) در بررسی پاسخ و وابستگی مایکوریزایی در لاین‌های گندم اظهار داشتند در ارقام مدرن از میزان وابستگی و پاسخ مایکوریزایی کاسته شده است و واریته‌های تتراپلوئید مقادیر بالاتری از وابستگی و پاسخ مایکوریزایی را نشان دادند در نتایج این پژوهش نیز ارقام دوروم نسبت به گندم نان وابستگی و پاسخ مایکوریزایی قوی‌تری را نشان دادند بررسی اثرات متقابل نشان داد بیشترین وابستگی (۳۲ درصد) و پاسخ مایکوریزایی (۴۷ درصد) از تیمار عدم تلقیح آزوسپیریلوم و کاربرد گونه گلوموس موسایی برای بذور گندم رقم دنا بدست آمد که البته تفاوت بسیار اندکی با وابستگی و پاسخ مایکوریزایی تیمار کاربرد مایکوریزا گونه گلوموس موسایی در رقم بهرنگ داشته و در یگ گروه آماری قرار گرفتند ساین و همکاران (۴۱) نیز به عدم تفاوت معنی دار بین ارقام گندم دوروم از نظر وابستگی مایکوریزا یی اشاره داشتند. اما کمترین وابستگی مایکوریزایی معادل (۱۶/۶۶ درصد) از تیمارهای تلقیح آزوسپیریلوم و کاربرد گونه گلوموس اینترارادیسز برای ارقام دوروم و کمترین پاسخ مایکوریزایی معادل (۱۸ درصد) از تیمار تلقیح آزوسپیریلوم و کاربرد مایکوریزا گونه گلوموس اینترارادیسز برای بذور رقم دنا بدست آمد. مطابق جدول ۲ تلقیح بذور با آزوسپیریلوم محتوای پروتئین خام دانه (۱۳ درصد) را افزایش داد تاثیر مثبت تلقیح بذور گندم با آزوسپیریلوم بر محتوای پروتئین خام دانه در آزمایش مستاجران و همکاران (۸) نیز به اثبات رسیده است در پژوهش حاضر بیشترین محتوای پروتئین خام دانه (۱۱/۵۲ درصد) از تیمار تلقیح بذور با آزوسپیریلوم بدست آمد. مستاجران و همکاران (۸) در پژوهشی عنوان داشتند تلقیح گندم با آزوسپیریلوم منجر به افزایش عملکرد و محتوای پروتئین دانه می‌شود. همچنین کاربرد مایکوریزا نیز منجر به افزایش ۶ و ۸ درصدی محتوای پروتئین خام دانه به ترتیب برای گونه‌های گلوموس اینترارادیسز و گلوموس موسایی شد. رویز لوزانو و همکاران (۳۶) عنوان داشتند تلقیح بذور گیاهان زراعی با سویه‌های مایکوریزا باعث افزایش میزان پروتئین دانه الخاصه در شرایط نامساعد محیطی می‌شود.



شکل۱- اثر متقابل آزوسپریلیوم و مایکوریزا بر برخی خصوصیات ارقام گندم

A1: عدم تلقیح با آزوسپریلیوم ، A2: تلقیح شده با آزوسپریلیوم، M1: عدم استفاده از مایکوریزا، M2: استفاده از گونه *G. intradices*، M3: استفاده از گونه *G. mossaae*

همچنین ایشان در مورد تلقیح چندین گیاهان زراعی با سویه‌های مایکوریزایی گلوموس اینترارادیسز و گلوموس موسایی اظهار داشتند مایکوریزا موجبات کد کردن ژن‌هایی در اندام‌های مختلف گیاه از جمله دانه را فراهم کرده که این ژن‌ها منجر به سنتز و تجمع برخی پروتئین‌های مقاومتی در گیاه می‌شوند نتیجتاً می‌توان عنوان داشت کاربرد مایکوریزا از این طریق نیز می‌توانند منجر به افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی (در این آزمایش کمبود عناصر غذایی) شود. در مورد ارقام نیز بیشترین محتوای پروتئین خام دانه (۱۱/۰۶ درصد) در رقم دنا مشاهده شد البته بین ارقام دوروم از نظر محتوای پروتئین خام دانه تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۲) اسلامی و همکاران (۲) نیز به بالاتر بودن درصد پروتئین دانه در ارقام دوروم اشاره داشتند. اما جدول اثرات متقابل نشان داد بیشترین محتوای پروتئین خام دانه (۱۲/۵۸ درصد) از تیمار تلقیح باکتریایی بذور گندم رقم دنا و کاربرد مایکوریزای گونه گلوموس موسایی بدست آمد. افزایش محتوای پروتئین دانه تحت تاثیر تلقیح دوگانه مایکوریزا و آزوسپیریلوم در گندم در تحقیقات الناحید و گماه (۱۱) نیز به اثبات رسیده است و کمترین محتوای پروتئین خام دانه (۹/۵۵ گرم) نیز در تیمار عدم تغذیه بیولوژیکی بذور گندم رقم چمران بدست آمد (جدول ۳). بر طبق نتایج احتمالاً افزایش دسترسی به عناصر معدنی خصوصاً نیتروژن تحت تاثیر کاربرد هر دو نوع کود بیولوژیک، علاوه بر آنکه از طریق افزایش عملکرد مقدار کل پروتئین را افزایش داده منجر به افزایش نسبت پروتئین به کربوهیدات دانه نیز شده است بنابراین با جایگزینی منابع بیولوژیک کودی به جای منابع شیمیایی می‌توان به غنی سازی پروتئینی گندم نیز اندیشید.

نتیجه گیری

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد تغذیه ارقام گندم با کودهای بیولوژیکی منجر به افزایش رشد و توسعه اندام‌های فتوسنتز کننده شده و نیز با افزایش طول دوره رشدی که نشان دهنده تداوم فعالیت اندام‌های فتوسنتزی است موجبات افزایش عملکرد اقتصادی را فراهم می‌آورند همچنین کاربرد مایکوریزا و آزوسپیریلوم در ارقام گندم موجب افزایش محتوای پروتئین خام دانه نیز شد. در مجموع می‌توان اظهار داشت ریزموجوداتی همچون مایکوریزا و آزوسپیریلوم در صورت وجود و بقا در خاک قادر به تامین نیاز کودی گندم در حد قابل قبول جهت نیل به عملکرد حداکثری هستند. همچنین مصرف توأم این میکروارگانیسم‌ها نه تنها منجر به بروز اثرات آنتاگونیستی نشد بلکه بین ۸ تا ۳۰ درصد بیشتر از کاربرد جداگانه‌شان، صفات مورفولوژیکی، عملکرد دانه و محتوای پروتئین دانه را در ارقام گندم ارتقا دادند. همچنین مصرف گونه گلوموس موسایی نسبت به گونه گلوموس اینترارادیسز موثرتر (به استثنای صفت طول ریشک) واقع شد. و اما نتایج نشان داد آزوسپیریلوم از وابستگی و پاسخ مایکوریزایی در ارقام گندم تلقیح شده می‌کاهد بدین معنی که آزوسپیریلوم با تغذیه گیاه باعث افزایش وزن خشک بوته گندم شده که نتیجتاً در تیمارهای مذکور وابستگی و پاسخ مایکوریزایی کمتری دیده می‌شود.

منابع

۱- امیرآبادی، م.، ف. رجالی، م. ر. اردکانی و م. برجی. ۱۳۸۸. تأثیر کاربرد مایه تلقیح ازتو باکتر و قارچ میکوریزی بر جذب برخی عناصر معدنی توسط ذرت علوفه‌ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در سطوح مختلف فسفرمجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۳(۱): ۱۰۷-۱۱۵.

۲- اسلامی، م.، ع. میرمحمدی میبدی، و ا. ارزانی. ۱۳۸۴.ارزیابی خصوصیات کیفی دانه و قابلیت توارث آنها در ژنوتیپ های گندم دوروم. مجله علوم و فنون کشاورزی و طبیعی، ۹: (۱). ۱۲۱-۱۲۸ .

۳- درزی، م. ت.، ا. قلاوند، ف. رجالی و ف. سفیدکن. ۱۳۸۵. بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزا عملکرد گیاه دارویی رازیانه. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۲ (۴): ۲۷۶-۲۹۲ .

۴- سادات، ع.، غ. ر. ثواقبی، ف. رجالی، م. فرحبخش، ک. خاوازی، و م. شیرمردی. ۱۳۸۹. تأثیر چند نوع قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور. مجله آب و خاک. ۲۴(۱). ۵۳-۶۲.

۵- شریفی، ز.، و غ. حق نیا. ۱۳۸۶. تاثیر کود بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم سبلان. همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، گرگان. ۲۳۴-۲۳۹.

۶- فلاحی، ج.، ع. کوچکی، و پ. مقدم. ۱۳۸۷. بررسی اثرات کودهای شاخص آلی، بر شاخص های کمی، اسانس و کامازولین در گیاه دارویی بابونه آلمانی. مجله پژوهش های‌کشاورزی ایران. ۷: (۱). ۱۲۷-۱۳۵ .

۷- مستأجران، ا.، ر. عموآقائی، و گ. امتیازی. ۱۳۸۴. اثر آزوسپیریلوم و اسیدیته قلیائی آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی

گندم. مجله زیست شناسی ایران. ۱۸:(۳). ۲۴۸-۲۶۰ .

8- Ahmadizadeh, M., M. Habibpour, and H. Shahbazi. 2011. Assessment relationship between agro-morphological traits and grain yield in bread wheat genotypes under drought stress condition. Afr. J. Biotechnol. Vol. 11(35), pp. 8698-8704.
9- Al-karaki, G., B. Mcmichael and J. Zak. 2004. Field response of wheat to Arbuscular Mycorrhizal Fungi and drought stress. Mycorrhiza.14:263-296.
10- Al-Nahidh, S. and A. Gomah. 2009. Response of wheat to dual inoculation with VA- mycorrhiza and azospirillum fertilized with NPK and irrigated with sewage effluent. J. Arid Soil Research and Rehabilitation. 5:(2). 83-96.
11- Barik, A. K., and A. Goswami. 2003. Efficacy of biofertilizers with nitrogen levels on growth, productivity and economics in wheat (Triticum aestivum). Indian Journal of Agronomy 48(2): 100-102.
12- Berta, G., A. J. Fusconi, and E. Hooker. 2002. Arbuscular mycorrhizal modification to plant root systems: scale, mechanisms and consequences. In Gianinazzi, S., H. Schüepp, J. M. Barea and K. Haselwandter (Eds.), Mycorrhiza Technology in Agriculture, from Genes to Bioproducts (pp. 71-85). Basel, Switzerland: Birkhäuser Verlag.
13- Cakmakci, R., M. F. Donmez, and U. Erdogan. 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, Nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. Turk J. agric. 31: 189-199.
14- Cardoso, I. M., and T. W. Kuyper. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment. 116: 72–84.
15- Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October, 16 – 20. Thailand. 11 pp.
16- Costa, C., U. Cavalcante, B. Goto, V. Santos, and L. Mala. 2005. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p.225-232.
17- Daei, G., M. R. Ardakani, F. Rejali, S. Teimuri and M. Miransari. 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.
18- Dehghan, A., M. Khodarahmi, A. Majidi Harvan, and F. Paknejad. 2011. Genetic Variation of Morphological and Physiological traits in Durum Wheat Lines. Seed and Plant Journal. 27 (1): 103-120.
19- El-Komy, H. M. A. 2005. Co immobilization of Azospirillum lipoferum and Bacillus megaterium for successful phosphorus and nitrogen of wheat plants. Food Technology Biotechnology. 43(1): 19-27.
20- Faraji, A., N. Latifi, A. Soltani and A. H. Shirani Rad. 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.
21- Hetrick, B. A. D., G. W. T. Wilson, T. S. Cox. 1995. Chromosome location of mycorrhizal responsive genes in wheat. Canadaian Journal Botany. 72: 1002-1008.
22- Higa, T. 2000. What is EM technology? EM World Journal. 1: 1-6.
23- Kader, M. A. 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences. 2: 259-261.
24- Kapoor, R., B. Giri, and G. Mukerji. 2001. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Foot and Agriculture, 82(4): 339-342
25- Karthikeyan, B., C. Jaleel, A. R. Gopi, and M. Delveekasundarm. 2007. Alterations in seedling vigour and antioxidant enzyme activities in Catharanthus roseus under seed priming with native diazotrophs. Journal of Zhejiang University Science b, 8(7): 453-457.
26- Kennedy, R. I., M. A. Choudhury, and M. L. Kecskes. 2004. Non symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited?. Soil Biology and Biochemistry. P: 1229-1244.
27- Mahfouz, S. A. and M. A. Sharaf-Eldin. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). International Agrophysics. 21. P: 361-366.
28- Naiman, A. D., A. Latro´nico, I. E. Garcı´a de Salamone. 2009. Inoculation of wheat with Azospirillum brasilense and Pseudomonas fluorescens: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. European Journal of Soil Boilogy. 45: 44 – 51.
29- Neveen, B. and M. Abdallah. 2008. Response of faba bean (*Vicia faba* L.) to Dual Inoculation with Rhizobium and VA Mycorrhiza under Different Levels of N and P fertilization. Journal of Applied Sciences Research. 4(9): 1092-1102.
30- Nezarat, S. and M. Gholami. 2009. Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving grain germination, grainling growth and yield of maize. Pakistan Journal of Biological Sciences. 12(1): 26-32.
31- Ozkan, H., C. Yucel, I. Ortas, and T. Yagbasanlar. 2009. Screening of wild emmer wheat accessions (*Triticum*

turgidum subsp. dicoccoides) for mycorrhizal dependency. Turk Journal Agriculture. 33: 513-523.
32- Panwar, J. and J. C. Tarafdar. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungal dynamics under Mitragyna parvifolia (Roxb.) Korth. in Thar Desert. Applied Soil Ecology. 34: 200–208.
33- Pimentel, D., and M. Pimentel. 2006. Global environmental resources versus world population growth. Journal of Ecology. 59: 195-198.
34- Raja, A. R., K. H. Shah, M. Aslam, and M. Y. Memon. 2002. Response of phosphobacterial and mycorrhiza inoculation in wheat. Asian Journal of Plant Science. 4: 322-323.
35- Ruiz-Lozano, M., R. Porcel, and R. Aroca. 2008. Evaluation of the possible participation of drought-induced genes in the enhanced tolerance of Arbuscular Mycorrhizal plants to water deficit. Mycorrhiza, Springer- Verlag Berlin Heidelberg.185-205.
36- Safapour, M., M. R. Ardakani, S. Khaghani, M. Teymoori, H. Hezaveh, and S. Mafakheri. 2012. Phytohormonal and Polyamines Changes of three Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes as Affected by Tripartite Symbiosis with Mycorrhiza and Rhizobium. Archives Des Sciences.4(65): 398-405.
37- SAS 9.01.3 Copyright (c) 2004. By SAS Institute Inc., cary, nc, USA. SAS (r) Proprietary Software Version 9.00 (TS M0).
38- Sawers, R. J. H., C. Gutjahr, and U. Paszkowski. 2008. Cereal mycorrhiza: an ancient symbiosis in modern agriculture. Trends in Plant Science 13: 93- 97.
39- Selosse, M. A., E. Baudoin, and P. Vandenkoornhyse. 2004. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. Comptes Rendus Biologies. 327: 639–648.
40- Singh, A. K., C. Hamel, R. M. DePauw, and R. E. Knox. 2012. Genetic variability in Arbuscular Mycorrhizal fungi compatibility supports the selection of durum wheat genotypes for enhancing soil ecological services and cropping systems in Canada. Canadian Journal Microbiology. 58: 293-302.
41- Tilak, K. V. B. R., N. Ranganayaki, K. K. Pal, R. De, A. K. Saxena, C. Shekhar Nautiyal, Shilpi Mittal, A. K. Tripathi and B. N. Johri. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science. 89: 136-150.
42- Veresoglou, S. D. and G. Menexes. 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 soil. DOI 10.1007/s1104-010-0543-7.
43- Wu, S. C., Z. H. Caob, Z. G. Lib, K. C. Cheunga, and M. H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125: 155–166.
44- Zheng, Y. M., Y. F. Ding, Q. S., Wang, G. H. Li, H. Wu, Q. Yuan, H. Z. Wang, and S. H. Wang. 2007. Effect of nitrogen applied before transplanting on NUE in rice. Agricultural Sciences in China. 6(7): 842-848.