نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۷۳۳-۷۲۲

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 722-733

تأثیر همزیستی میکوریزایی وکاربرد *ازتوباکتر* بر خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم منطقه خرم‌آباد

بهروز امرایی[1*]، محمدرضا اردکانی[2]، مسعود رفیعی[3]، فرزاد پاکنژاد[4] و فرهاد رجالی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۲۲

امرایی، ب.، اردکانی، م.ر.، رفیعی، م.، پاکنژاد، ف.، و رجالی، ف. ۱۳۹۶. تأثیر همزیستی میکوریزایی و کاربرد *ازتوباکتر* بر خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم منطقه خرم آباد. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳):

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر همزیستی میکوریزایی و کاربرد *ازتوباکتر* بر خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم منطقه خرم‌آباد، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در منطقه خرم آباد در پاییز سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. تیمارها شامل تلقیح با قارچ میکوریزا (*Glomous* sp.) در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح)، *ازتوباکتر* در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و ارقام مختلف گندم دیم شامل (سرداری، کوهدشت وکریم) بودند. نتایج نشان داد که اثر رقم بر محتوای فسفر، نیتروژن، پتاسیم و پروتئین دانه معنی‌دار شد. اثر ساده *ازتوباکتر* بر محتوای نیتروژن، پروتئین و فسفردانه و اثر ساده میکوریزا بر محتوای فسفر، نیتروژن و پروتئین دانه معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل *ازتوباکتر* و رقم بر محتوای نیتروژن و پروتئین دانه معنی‌دار شد. بالاترین درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی به‌میزان ۱۷/۵۲ و ۲۱/۲۴ درصد مربوط به رقم کریم بود. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای بیولوژیک نقش مفید و مؤثری در بهبود ویژگی‌های رشد و خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط دیم منطقه خرم آباد دارد.

واژه‌های کلیدی: پاسخ، پروتئین دانه، کودهای زیستی، وابستگی میکوریزایی

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی، تأمین‌کننده بیشترین نیاز غذایی انسان‌ها در سراسر جهان است (Smith et al., 2004). به‌منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح، عملیات زراعی متعددی نظیر مصرف کودهای شیمیایی صورت می‌گیرد. نتیجه این فعالیت‌ها طی سال‌های اخیر بحران آلودگی‌های محیطزیست و به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب بوده که زنجیره وار به منابع غذایی انسان راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است (Amirabadi et al., 2009).

کودهای بیولوژیک به‌عنوان یک رهیافت امید بخش در تغذیه گیاهی در کشاورزی پایدار مطرح گردیده است (Faheed & Abad-El Fatha, 2008).

کشاورزی پایدار نظامی است که ضمن برخورداری از پویایی اقتصادی، می‌تواند موجب بهبود وضعیت محیطزیست و استفاده بهینه از منابع موجود شده و همچنین در تأمین نیازهای غذایی انسان و ارتقاء کیفیت زندگی جوامع بشری نقش مؤثری داشته باشد. یکی از

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد،گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی کرج و دانشیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

(*- نویسنده مسئول: Email: hajbehrozamraei@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v9i3.47367

ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه‌ی مصرف نهاده‌های شیمیایی است (Sosana et al., 2006).

کودهای زیستی علاوه بر تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باعث کاهش بیماری‌ها و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک رشد بیشتر گیاه میزبان و افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند (Balemy et al., 2007).

همزیستی میکوریزایی از رایج‌ترین و سابقه‌دارترین روابط همزیستی در سلسله گیاهان است که در اکثر اکوسیستم‌ها وجود دارد؛ به‌طوری‌که اکثر گیاهان (در حدود ۹۵ درصد گونه گیاهان آوندی) حداقل یکی ازتیپ‌های میکوریزا را دارا هستند (Ardakani et al., 2000). چون همزیستی میکوریزایی موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب فسفر به‌خصوص از منابع غیر قابل دسترس آن‌ها می‌شوند، می‌توانند جایگزین خوبی برای بخشی از کودهای شیمیای حاوی فسفر مصرف شده در اکوسیستم‌های زراعی باشند (Mukeriji & Chamola, 2003).

محققین در بررسی تأثیر قارچ *گلوموس* بر رشد گیاه گندم تحت شرایط تنش خشکی نشان دادند که این قارچ سبب افزایش عناصر فسفر، نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در شاخساره و دانه‌های این گیاه می‌شود (Abo-Ghalia & Khalafallah, 2008) دیگر محققین گزارش دادند که پروتئین‌های محلول وکل محتوای نیتروژن درگیاه ذرت (*Zea mysa* L.) تلقیح شده با میکوریزا نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی بالاتر بود. این محققین بیان داشتند که ارتقاء فعالیت‌های آنزیم‌های تثبیت نیتروژن و ترکیبات نیتروژنه در ذرت می‌تواند حاکی از انتقال NO_3 از طریق هیف‌های میکوریزا باشد (Subramnian et al., 1997).

تعداد قابل‌توجهی از گونه های باکتریایی و قارچی خاک دارای روابط کارکردی با گیاهان بوده و اثرات مفیدی بر رشد آن‌ها دارند (vessy, 2003). میکوریزا در افزایش توانایی گیاه میزبان برای جذب عناصر غذایی غیر متحرک، به‌ویژه فسفر و چندین ریزمغذی دیگر تأثیر مفیدی دارد. بنابراین قارچ‌های میکوریزا دارای کارکرد چند منظوره‌ای در بوم‌نظام‌های زراعی هستند به‌طوری‌که سبب بهبود کیفیت فیزیکی خاک (از طریق گسترش ریسه‌های قارچ)، کیفیت شیمیایی خاک (از طریق افزایش جذب عناصر غذایی) و کیفیت بیولوژیکی خاک (از طریق شبکه غذایی خاک) می‌گردند (Cardose et al., 2006).

پتانسیل تولید سیدروفورهای مختلف توسط *ازتوباکتر* وافزایش قابلیت جذب مولیبدن، آهن، روی و همچنین توانایی این باکتری‌ها در افزایش حلالیت فسفر از ترکیبات نامحلول معدنی به اثبات رسیده است که از جمله روش‌های افزایش تحرک و قابلیت جذب عناصر غذایی می‌باشد (Markovacki et al., 2001).

صفات کیفی گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر کاربرد *ازتوباکتر* و همزیستی میکوریزایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اثر اصلی *ازتوباکتر* و قارچ *گلوموس* بر صفات درصد روغن دانه، عملکرد روغن دانه، درصد فسفر دانه، درصد کلونیزاسیون ریشه و وابستگی میکوریزایی در گلرنگ تأثیر معنی‌دار داشت (Omidi et al., 2014).

همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه نعناع (*Mentha piperita* L.) از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، موجب افزایش فتوسنتز و افزایش معنی‌دار در مقدار عملکرد کیفی و نیز میزان جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم به وسیله بافت‌های رویشی گردید. اما بیشترین افزایش مربوط به جذب فسفر بود، بهبود جذب عناصر مذکور به مشارکت هیف‌های بیرونی قارچی میکوریزایی در حجم وسیعی از خاک، جهت جستجویی مواد غذایی نسبت داده شد (Gupta et al., 2002).

قارچ گلوموس سبب بهبود جذب عناصر نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، مس و روی در خاک‌های فقیر از لحاظ مواد غذایی می‌شود. مزیت قارچ میکوریزا، افزایش منطقه تخلیه عناصر غذایی به‌وسیله ریشه‌های میکوریزایی نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی می‌باشد (Smit & Read, 2008). همچنین از مهمترین کودهای بیولوژیک می‌توان به مایه تلقیح حاوی *ازتوباکتر* اشاره نمود (Amirabadi et al., 2009).

کاربرد انفرادی *ازتوباکتر* سبب افزایش غلظت نیتروژن (به‌میزان ۳۵ درصد) در اندام هوایی گیاه گندم نسبت به شاهد شد (Khan et al., 2007). مصرف *ازتوباکتر* علاوه بر اثر مثبت بر رشد ریشه‌ها و افزایش ۱۸ درصدی در عملکرد این گیاه، موجب صرفه جویی در مصرف نیتروژن به میزان ۲۰ درصدی می‌شود (Kader et al., 2002). محققین اثر تلقیح *ازتوباکتر* بر رشد، جذب و انتقال عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گیاه گندم را مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند و بالاتر بودن مقدار جذب و به‌ویژه انتقال پتاسیم در تیمار تلقیح *ازتوباکتر* را به اثر احتمالی ترکیبات آلی تولید شده در ریشه‌ها و

انتقال مجدد پتاسیم به بخش هوایی گیاه نسبت دادند (Hajiboland et al., 2004).

اثر تلقیح باکتری *ازتوباکتر* با گیاه گندم باعث افزایش غلظت و مقدار فسفر بخش هوایی و همچنین بر مقدار فسفر ریشه‌ها معنی‌دار بوده است (Rahimi et al., 2012).

ازتوباکتر باعث جذب و افزایش غلظت عناصری مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، منیزیم، آهن و پروتئین درگیاهان زراعی شده است (Habibi et al., 2007).

افزایش جذب عناصر غذایی را ناشی از فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر و پتاسیم و نیز افزایش تارهای کشنده و یا تشکیل ریشه‌های جانبی به‌دلیل تولید تنظیم کننده‌های رشد در گیاه (اکسین، سیتوکنین و جیبرلین) ارزیابی نمودند (Amiri et al., 2010; Sturs & chiristie, 2003; Saubidet et al., 2002).

میزان وابستگی گیاه میزبان به قارچ میکوریزا و یا به‌عبارتی پاسخ رشد گیاه میکوریزایی به عوامل مختلف محیطی (شدت نور، درجه حرارت و شرایط خاک) و نیز مشخصات افزایش وزن خشک گندم میکوریزایی در مقایسه با افزایش وزن ماده خشک گیاه گندم غیر میکوریزایی در شرایط دیم می‌تواند به‌دلیل افزایش پتاسیم آب و برگ و یا افزایش میزان دی‌اکسیدکربن باشد (Amerian et al., 2001). با توجه به پژوهش‌های انجام شده، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر قارچ میکوریزا و *ازتوباکتر* بر صفات کیفی ارقام گندم در شرایط دیم منطقه خرم‌آباد استان لرستان انجام گردید.

مواد وروش‌ها

این آزمایش در روستای ده باقر از توابع شهرستان خرم آباد دارای طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۹دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۷۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری آن نمونه برداری به عمل آمد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physicochemical characteristics of soil

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	اسیدیته کل اشباع PH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (درصد) O.C (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر P	پتاسیم K	منیزیم Mn	آهن Fe
					(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)			
0-30	7.5	5.60	0.56	0.07	6.2	332	7.9	10
30-60	7.2	0.54	0.57	0.08	5.9	301	7.01	7.6

این آزمایش سه عاملی شامل تلقیح با قارچ میکوریزا M (*Glomous* sp.) در دو سطح (تلقیح =M_1 و عدم تلقیح = M_2)، *ازتوباکتر*(A) در دو سطح (تلقیح = A_1 و عدم تلقیح =A_2) و ارقام مختلف گندم دیم (V) شامل (سرداری = V_1، کوهدشت=V_2 وکریم=V_3) بودند. هر واحد آزمایشی به ابعاد ۱/۲×۱۰ متر و با شش ردیف کاشت و فاصله بین واحدها ۶۰ سانتی‌متر و بین بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. مایه تلقیح قارچ میکوریزا به‌صورت اندام قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) و *ازتوباکتر کروکوکوم*، از مؤسسه تحقیقات خاک وآب تهیه گردید.

بذرها قبل از کاشت با ترکیبات بیولوژیک مذکور تلقیح شدند. عملیات کاشت در تاریخ ۱۵ آبان ماه ۱۳۹۲ پس از انجام عملیات خاک‌ورزی متعارف در منطقه، به روش دستی انجام شد. مبارزه با علف های هرز در دو مرحله در اسفند ماه به‌صورت دستی انجام شد. میانگین بارندگی طبق آمار هواشناسی استان در محل مورد آزمایش درسال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، ۴۲۰ میلی‌متر اعلام گردید. جهت تعیین درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی از روش‌های زیر استفاده گردید .

(۱۰۰×وزن دانه گیاه غیر میکوریزایی) (وزن دانه گیاه غیرمیکوریزایی- وزن دانه گیاه میکوریزایی)= درصد پاسخ رشد میکوریزایی

(۱۰۰×وزن دانه گیاه میکوریزایی) (وزن دانه گیاه غیرمیکوریزایی– وزن دانه گیاه میکوریزایی)= درصد وابستگی میکوریزایی

برای تعیین درصد نیتروژن دانه درآزمایشگاه از روش کجلدال استفاده شد و با ضرب در ضریب ۵/۸۳ برای هر نمونه درصد پروتئین دانه گندم محاسبه گردید. فسفر دانه به روش اسپکتروفتومتری اندازه-گیری شد و برای تعیین درصد پتاسیم دانه از روش نشر شعله‌ای و مطابق استانداردهای AOAC استفاده گردید. داده‌ها توسط نرم افزارهای SAS و MSTATC تجزیه و سپس مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد .

فسفر دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر *ازتوباکتر*، میکوریزا و رقم در سطح احتمال یک درصد ($p\leq$ ۰/۰۱) بر محتوای فسفر دانه معنی‌دار شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده گندم

Table2 –Analysis of variance (mean of squares) for measured traits of wheat

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن دانه Seed nitrogen	پروتئین دانه Seed protein	فسفر دانه Seed phosphorus	پتاسیم دانه Seed potassium
تکرار Replication	3	0.015	0.43	0.001	0.005
ازتوباکتر (a) Azotobacter	1	3.53 **	122.08 **	0.012 **	0.003 ns
میکوریزا (m) mycorrhiza	1	0.42 **	15.1 **	0.020 **	0.004 ns
رقم (V) cultivar	2	0.51 **	18.15 **	0.025 **	0.09 **
ازتوباکتر × میکوریزا a×m	1	0.007 ns	0.33 ns	0.00001 ns	0.017 ns
ازتوباکتر×رقم $a_{\times}v$	2	0.07 **	2.24 **	0.00007 ns	0.001 ns
میکوریزا ×رقم $m_{\times}v$	2	0.007 ns	0.20 ns	0.002 ns	0.0007 ns
ازتوباکتر×میکوریزا×رقم $a_{\times}m_{\times}v$	2	0.02 ns	0.95 ns	0.0007 ns	0.00056 ns
خطا Error	33	0.014	0.45	0.0005	0.0095
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.61	6.45	6.58	17.65

*، ** و ns؛ به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار.

*, ** and ns; Indicate significance at the 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.

بالاترین درصد فسفر دانه در تیمار تلقیح *ازتوباکتر* (۰/۳۶ درصد) بود که در مقایسه با شاهد نه درصد برتری نشان داد. بالاترین درصد فسفر دانه در تیمار تلقیح میکوریزا (۰/۳۶ درصد) بود که در مقایسه با شاهد ۱۲ درصد برتری نشان داد. همچنین بالاترین درصد فسفر دانه مربوط به رقم کریم (۰/۳۸ درصد) بود که در مقایسه با ارقام سرداری وکوهدشت به ترتیب ۲۶ و هشت درصد برتری نشان داد (جدول ۳).

توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه که سطح جذب بیشتری ایجاد می‌نماید، می‌تواند در جذب این عنصر مفید واقع شود و این امر به‌علت تفاوت خاصیت ژنتیکی موجود در بین ارقام می‌باشد که از نظر درصدکلونیزاسیون ریشه متفاوت هستند، در نتیجه می‌توانند به‌طور طبیعی در غلظت عناصر غذایی مختلف از جمله فسفر با هم اختلافاتی داشته باشند. به‌نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی از طریق جذب مناسب فسفر و انتقال آن به گیاه گندم، موجب بهبود میزان فسفر دانه می‌گردد. نتیجه پژوهش برخی محققین نیز مبین همین مطلب است.

جدول۳ - مقایسه میانگین سطوح اثرات اصلی صفات مورد بررسی گندم
Table3- Mean comparisons of main effects of characteristics of wheat

تیمار Treatment	نیتروژن دانه (درصد) Seed nitrogen (٪)	پروتئین دانه (درصد) Seed protein (٪)	فسفر دانه (درصد) Seed phosphorus (٪)	پتاسیم دانه (درصد) Seed potassium (٪)
A_1	2.07 [a*]	12.09 [a]	0.36 [a]	0.56 [a]
A_2	1.53 [b]	8.90 [b]	0.33 [b]	0.54 [a]
M_1	1.89 [a]	11.06 [a]	0.36 [a]	0.56 [a]
M_2	1.71 [b]	9.94 [b]	0.32 [b]	0.56 [a]
V_1	1.61 [c]	9.35 [c]	0.30 [c]	0.63 [c]
V_2	1.83 [b]	10.70 [b]	0.35 [b]	0.53 [b]
V_3	1.96 [a]	11.45 [a]	0.38 [a]	0.49 [a]

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

A_1 , A_2: به ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با *ازتوباکتر*.

M_1 , M_2: به ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با میکوریزا.

V_1, V_2 و V_3: به ترتیب رقم سرداری، کوهدشت و کریم.

*Means in a column followed by the same letter are not significantly different at P≤0.05.

A_1 and A_2, with and without azotobacter, respectively.

M_1 and M_2, with and without *Glomus* sp. respectively.

V_1, V_2 and V_3, Sardari cultivar, Koohdasht cultivar and Karim cultivar, respectively.

آن‌ها در تحقیق خود که با استفاده از دو گونه قارچ میکوریزا (*G. macrocarpum*, *G. fasiculatum*) انجام گرفت، نشان دادند که میزان فسفر در تلقیح گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) با دو گونه میکوریزا مذکور (۶۲/۱ درصد) به‌نحو چشمگیری نسبت به تیمار شاهد (۱۵/۱ درصد) بیشتر گردید این محققین دریافتند که همزیستی میکوریزایی می‌تواند از طریق بهبود گسترش هیف‌های قارچ در منافذ خاک، به‌طور فیزیکی موجب افزایش جذب فسفر دانه این گیاه شد (Ratti et al., 2001; Kapoor et al., 2004).

همچنین توانایی باکتری‌ها به‌ویژه *ازتوباکتر* در افزایش میزان فسفر دانه از ترکیبات نامحلول معدنی به اثبات رسیده است و ازجمله روش‌های افزایش تحریک و قابلیت جذب عناصر غذایی را استفاده از باکتری‌های محرک رشد دانستند (Narula et al., 2000). در گیاه دارویی گشنیز (*Corianderum sativum* L.) همزیستی با قارچ‌های میکوریزا موجب افزایش عناصر غذایی به‌ویژه فسفر می‌گردد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Aliabadi et al., 2008).

کاربرد قارچ میکوریزایی به‌تنهایی و همراه با باکتری *ازتوباکتر*، میزان فسفر را درگونه‌های توت (*Morus* spp.) به‌طور معنی‌دار افزایش داد (Reddy et al., 2003). محققین دلیل آن را افزایش سطح جذب ریشه‌ها، از طریق نفوذ میلسیوم‌های قارچ به لایه‌های زیرین خاک دانسته‌اند. تلقیح قارچ های میکوریزا و کابرد *ازتوباکتر* باعث افزایش طول وسطح ریشه در حجم وسیع‌تری از خاک می‌گردد و باعث افزایش درصد قدرت کلوانیزاسیون بیشتری در محیط اطراف ریشه می‌شود و این شرایط سبب افزایش جذب فسفر غیر قابل حل و در دسترس قرار گرفتن عناصر غذایی از جمله فسفر در گیاه می‌شوند.

پتاسیم دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر رقم بر محتوای پتاسیم دانه در سطح احتمال یک درصد ($p\leq$ ۰/۰۱) معنی‌دار شد. بالاترین پتاسیم دانه مربوط به رقم سرداری (۰/۶۳ درصد) بود که در مقایسه با رقم کوهدشت و کریم که در یک کلاس آماری قرار گرفتند که به ترتیب ۱۸ و ۲۸ درصد برتری نشان داد.کاربرد یا عدم کاربرد کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌دار بر محتوای پتاسیم گیاه ذرت (*Zea mays* L.) نداشت (Amirabadi et al., 2009) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

در آزمایشی اثر رقم درگیاه گندم بر محتوای پتاسیم دانه معنی‌دار گردید (Daei, 2006). رقم سرداری با توجه به توسعه ریشه بیشتر و نفوذ در لایه‌های زیرین خاک، توانایی بیشتری در استفاده جذب عناصر غذایی در خاک داشتند و میزان پتاسیم دانه بیشتری را در

مقایسه با دیگر ارقام دارد. پتاسیم دانه به‌علت توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه که سطح جذب بیشتری را ایجاد می‌کنند می‌توانند در جذب بیشتر این عنصر مفید واقع گردد و به‌طبع هر رقمی که طول ریشه و وزن خشک ریشه بیشتری داشته باشد، سطح جذب عناصر غذایی بیشتری را خواهد داشت.

نیتروژن دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر *ازتوباکتر*، میکوریزا، رقم و *ازتوباکتر* در رقم بر درصد نیتروژن دانه در سطح احتمال یک درصد ($p\leq ۰/۰۱$) معنی‌دار شد. بالاترین درصد نیتروژن در تلقیح *ازتوباکتر* (۲/۰۶ درصد) بود که نسبت به شاهد ۳۵/۲۹ درصد برتری نشان داد. بالاترین درصد نیتروژن دانه در تلقیح میکوریزا (۱/۸۹ درصد) بود که نسبت به شاهد ۱۰/۵۲ درصد برتری نشان داد. بالاترین درصد نیتروژن در رقم کریم (۱/۹۶ درصد) بود که در مقایسه با رقم کوهدشت و سرداری به ترتیب ۷/۱۰ و ۲۱/۷۳ درصد برتری نشان داد (جدول ۳). بالاترین درصد نیتروژن دانه درتیمار a_1v_3 (۲/۲۶ درصد) بود که در مقایسه با شاهد ۳۸/۶۵ درصد برتری نشان داد (جدول ۴).

جدول ٤ - مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل صفات گندم

Table٤- Mean comparison of interaction effect of wheat characteristics

تیمار Treatment	نیتروژن دانه (درصد) Seed nitrogen (%)	پروتئین دانه (درصد) Seed protein (%)	فسفر دانه (درصد) Seed phosphorus (%)	پتاسیم دانه (درصد) Seed potassium (%)
A_1M_1	2.15 a*	2.57 a	0.38 a	0.65 a
A_1M_2	1.99 b	11.61 b	0.34 d	0.57 a
A_2M_1	1.63 c	9.55 c	0.35 b	0.57 a
A_2M_2	1.42 d	8.26 c	0.30 c	0.51 a
A_1V_1	1.80 c	10.53 c	0.32 c	0.65 a
A_1V_2	2.12 b	12.37 b	0.36 b	0.52 bc
A_1V_3	2.29 a	13.37 a	0.39 a	0.50 c
A_2V_1	1.41 e	8.16 e	0.28 d	0.62 ab
A_2V_2	1.55 d	9.03 d	0.34 bc	0.53 bc
A_2V_3	1.63 d	9.52 d	0.36 b	0.48 c
M_1V_1	1.69 d	9.85 d	0.32 b	0.64 a
M_1V_2	1.92 b	11.19 b	0.37 b	0.54 ab
M_1V_3	2.08 a	12.14 a	0.40 a	0.49 b
M_2V_1	1.53 e	8.84 e	0.28 e	0.63 a
M_2V_2	1.75 cd	10.21 cd	0.34 cd	0.51 b
M_2V_3	1.84 bc	10.75 bc	0.35 bc	0.48 b

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترکی هستند در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

*Means in a column followed by the same letter are not significantly different at P≤0.05.

A_1 ,A_2: به‌ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با *ازتوباکتر*.

M_1 ,M_2: به‌ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با میکوریزا.

V_1 ،V_2 و V_3: به‌ترتیب رقم سرداری، کوهدشت و کریم.

A_1 and A_2, with and without azotobacter, respectively.

M_1 and M_2, with and without *Glomus* sp. respectively.

V_1, V_2 and V_3, Sardari cultivar, Koohdasht cultivar and Karim cultivar, respectively.

کاربرد انفرادی *ازتوباکتر* سبب افزایش غلظت نیتروژن (به میزان ۳۵ درصد) در اندام هوایی گندم نسبت به شاهد شد (Khan et al., 2007). مصرف *ازتوباکتر* علاوه بر تأثیر مثبت بر رشد ریشه ها و افزایش ۱۸ درصدی در عملکرد گندم، موجب صرفه‌جویی در مصرف نیتروژن به میزان ۲۰ درصد می‌شود (Kader et al., 2002).

برخی محققین افزایش جذب نیتروژن را ناشی از فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر و پتاسیم و نیز افزایش تارهای کشنده و یا تشکیل ریشه جانبی

به‌دلیل تولید تنظیم کننده رشد گیاه (اکسین، جیبرلین و سیتوکنین) ارزیابی نمودند (Sturs et al., 2003). تلقیح با *ازتوباکتر* می‌تواند به دلیل تأمین نیتروژن از راه تثبیت بیولوژیک و رهاسازی نیتروژن قابل جذب پیرامون ریشه گیاه توسط این باکتری باعث افزایش محتوای نیتروژن دانه گیاه گندم شود (Rajae, 2007).

جذب نیتروژن در دانه در شرایط کمبود آن با استفاده از ارتباط های میکروارگانیسمی، در کنار و حداقل رساندن راه‌های تلفات آن نقش مؤثری در افزایش کارایی این عنصر در غلات دارد (Dawson et al., 2008). دلیل افزایش میزان نیتروژن دانه در اثر کاربرد *ازتوباکتر* را می‌توان به افزایش سطح جذب ریشه‌ها، از طریق نفوذ مسیلیوم‌های قارچ به لایه‌های زیرین خاک و جذب بیشتر عناصر غذایی در خاک نسبت داد.

پروتئین دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر *ازتوباکتر*، میکوریزا، رقم و *ازتوباکتر* در رقم در سطح احتمال پنج درصد ($p\leq0.05$) بر پروتئین دانه معنی‌دار شد. بیشترین میزان پروتئین دانه در تیمار تلقیح *ازتوباکتر* (۱۲/۰۹ درصد) بود که در مقایسه با شاهد ۳۵/۸۴ درصد برتری داشت. بیشترین درصد پروتئین دانه در تیمار تلقیح میکوریزا (۱۱/۰۶ درصد) بود که در مقایسه با شاهد ۱۱/۲۶ درصد برتری نشان داد. بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط رقم کریم (۱۱/۴۵ درصد) بود که در مقایسه با رقم سرداری و کوهدشت به‌ترتیب ۲۲/۴۵ و هفت درصد برتری نشان داد. (جدول ۳) بیشترین درصد پروتئین دانه در تیمار a_1v_3 (۱۳/۱۷ درصد) بود که در مقایسه با شاهد ۴۰/۴۴ درصد برتری نشان داد (جدول ۴). با استفاده از *ازتوباکتر* درصد پروتئین در محصول افزایش یافت (Carlelli, 2002). کاربرد *ازتوباکتر* درگندم منجر به افزایش معنی‌دار در میزان درصد پروتئین نسبت به سایر تیمارها شد(Amiri et al., 2010).

تلقیح *ازتوباکتر* بر روی گندم باعث افزایش پروتئین دانه گندم گردید (Rajae et al., 2007) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. افزایش پروتئین بایستی به‌دلیل تأمین نیتروژن از راه تثبیت بیولوژیک و رهاسازی نیتروژن قابل جذب پیرامون ریشه گیاه توسط باکتری *ازتوباکتر* باشد و این موضوع بهبود تأمین نیتروژن بوته‌ها و افزایش کارآیی مصرف نیتروژن را به دنبال خواهد داشت (Rajae et al., 2007).

جدول ۵ -درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی در ارقام مختلف گندم دیم

Table 5- Micorrhizal dependent percentage micorrhizal growth response percentage of wheat

تیمار Treatment	پاسخ رشد میکوریزایی (درصد) Mycorrhizal growth response (%)	وابستگی میکوریزایی (درصد) Mycorrhizal Dependence (%)	عملکرد دانه میکوریزایی Mycorrhiza seed yield (%)	عملکرد دانه غیرمیکوریزایی Non-Mycorrhiza seed yield (%)
V_1	8.80	8.07	1551.37	1426.12
V_2	3.37	3.26	2568.37	2484.62
V_3	21.24	17.52	3112.37	2567.00
A_1	17.94	15.21	2488.08	2109.58
A_2	5.63	5.33	2333	2208.91
A_1V_1	17.33	14.77	1580.25	1346.75
A_1V_2	14.88	12.95	2627.50	2287.00
A_1V_3	21.60	17.83	3256.50	2695.00
A_2V_1	1.12	1.11	1522.50	1505.50
A_2V_2	6.4	6.8	2509.25	2682.25
A_2V_3	20.88	17.24	2968.25	2439.00

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

*Means in a column followed by the same letter are not significantly different at $P\leq0.05$.

A_1 و A_2: به‌ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با *ازتوباکتر*.

M_1 و M_2: به‌ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با میکوریزا.

V_1، V_2 و V_3: به‌ترتیب رقم سرداری، کوهدشت و کریم.

A_1 and A_2, with and without azotobacter, respectively.

M_1 and M_2, with and without *Glomus* sp. respectively.

V_1, V_2 and V_3, Sardari cultivar, Koohdasht cultivar and Karim cultivar, respectively.

در تفسیر این نتیجه حاصله می‌توان این‌چنین اظهار داشت که افزایش پروتئین دانه و تحریک رشد اندام‌های هوایی گیاه با افزایش تغذیه فسفری همراه است. از این رو تأثیر کودهای زیستی بر میزان پروتئین، احتمالا به‌طور غیرمستقیم از طریق بهبود وضعیت فسفر گیاه ناشی از کاربرد کودهای زیستی می‌باشد.

درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی

براساس نتایج به‌دست آمده (جدول ۵) بیشترین درصد وابستگی میکوریزایی در رقم کریم (۱۷/۵۲ درصد) به‌دست آمد.

حداکثر درصد پاسخ میکوریزایی مربوط به رقم کریم (۲۱/۲۴ درصد) بود. بیشترین درصد وابستگی میکوریزایی درتیمار تلقیح *ازتوباکتر* (۱۵/۲۱ درصد) و حداکثر درصد پاسخ میکوریزایی در تیمار تلقیح *ازتوباکتر* (۱۷/۹۴ درصد) به‌دست آمد. بیشترین درصد وابستگی میکوریزایی در تیمار A_1V_3 به میزان ۱۷/۸۳ درصد بود که با تیمار A_1V_3 (۱۷/۲۴ درصد) اختلاف چندانی نداشت و حداکثر درصد پاسخ میکوریزایی در تیمار A_2V_2 (۲۱/۶۳ درصد) به‌دست آمد. میزان وابستگی گیاه میزبان، به قارچ میکوریزا و یا به‌عبارتی پاسخ رشد گیاه میکوریزایی به عوامل مختلف محیطی (شدت نور، درجه حرارت و شرایط خاک) و نیز مشخصات افزایش وزن خشک گندم میکوریزایی در مقایسه با افزایش وزن ماده خشک گندم غیر میکوریزایی در شرایط دیم می‌تواند به‌دلیل افزایش پتاسیم آب و برگ و یا افزایش میزان دی‌اکسیدکربن باشد (Amerian et al., 2001). در واقع وجود شبکه گسترده هیف‌های خارجی قارچ میکوریزا به‌عنوان ادامه سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان قادر است آب را از منافذ بسیار ریز و دور از دسترس گیاه جذب و به گیاه منتقل نماید (Nadiyan, 2011; Subramaninan et al., 2008; Ortas et al., 2002; Ghorchiyani et al., 2013). کاهش وابستگی میکوریزایی با مصرف کودهای فسفره شیمیایی در نتایج برخی محققین گزارش شده است (Ghorchiyani et al., 2013; Subramaninan et al., 2008; Ortas et al., 2002).

نتیجه‌گیری

در اکثر صفات ذکر شده تأثیر مثبت کودهای زیستی مشاهده شد. به این صورت که با کاربرد کودهای زیستی صفات کیفی از قبیل فسفر، نیتروژن، پروتئین، درصد وابستگی و پاسخ رشد میکوریزایی دانه افزایش یافت. با توجه به‌اینکه بررسی‌های محققین در این رابطه، تولید هورمون‌های محرک رشد و افزایش جذب عناصر غذایی را توسط کودهای بیولوژیک به اثبات رسانده است در این پژوهش نیزکاربرد کودهای زیستی میکوریزا و *ازتوباکتر* باعث تجمع مواد آلی در خاک، افزایش توسعه ریشه و دسترسی بیشتر به عناصر غذایی شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان داشت که کاربرد کودهای زیستی *ازتوباکتر* و میکوریزا به‌طور کلی اثر مثبت و معنی‌داری بر جذب عناصر غذایی داشته‌اند. بنابراین با توجه به قیمت مناسب و نیز سهولت استفاده از آن‌ها و از سوی دیگر نظر به تأثیر مثبت آن‌ها بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی به‌ویژه گیاه گندم، می‌توان استفاده از این نوع کودها را توصیه نمود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری جناب آقای مهندس هادی خاوری جهت ویراستاری ادبی این مجموعه قدردانی می‌گردد.

منابع

Abo-Ghalia, H., and Khalafallah, A. 2008. Responses of wheat plants associated whith arbuscalar mycorrihizal fungi to short term water stress followed by recover at three growth stages. Journal of Applied Sciences Research 4: 57-58.

Aliabadi Farhani, H., Lebaschi, M.H., Shiranirad, A.H., Valadabadi, A.R., and Daneshian, J. 2008. Effect of arbuscular mycorrhial fungi. different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency. relative water content and proline accumulation rate of coriander (*Coriandrum sativa* L.). Journal of Medicinal Plants Research 2(6): 125-131.

Amerian, M.R., and Stewart, W.S., and Griffiths, H. 2001. Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, assimilation and leaf water relations in maize (*Zea mays*). Aspects of Applied Biology 63: 71-76.

Amirabadi, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Borji, M., and Khaghani, S.H. 2009. Determination of Azotobacter and mycorrizal efficiency under different level of phosphorus on yield and yield component of forage maize (KSC 704) in Arak. Iranian Journal of Field Crop Science 40(2): 45-51. (In Persian with English Summary)

Amiri, A., Tohidi, A., Johari, M., and MohammadiNejad, G. 2010. Study of cropping date, cultivar and azotobacter on wheat yield on pardis region. Journal of Crops Improvement 12(1): 11-19. (In Persian with English Summary)

Ardakani, M.R., Mazaheri, D., Majd, F., and Nour-mohammadi, G.H. 2000. The study of Mycorrhiza and Streptomyces' efficiency and different levels of phosphorus on grain yield and some characters of wheat. Iranian Journal of Crop Sciences 2(2): 17- 28. (In Persian with English Summary)

Balemy, T., Pal, N., and Saxena, A.K. 2007. Response of onion (*Allium cepal*) to combined application of biological and chemical nitrogenous fertilizers. Acta Agricultural Slovenica 89: 107-114.

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

Carletti, S. 2002. Use of plant growth–prompting rhizobacteria in plant microprogation (Online). Available at www.ag.adu. (modified 13Mar. 2002; accessed 8 July 2002; Vertified 22 May 2002) Auburn university Alabama Agricalttural Experiment Station, Alabama. USA.

Daei, G. 2006. Study of different strains symbiotic efficiency of mushroom with wheat genotypes under salinity using nuclear assay method. Master Thesis. Azad University. Branch Karaj. (In Persian with English Summary)

Dawson, J.C., Huggins, D.R., and Jones, S.S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. Field Crops Research 107: 89-101.

Faheed, F.A., and Abad–El Fattah, Z. 2008. Effect of chlorella vulgaris as bio- fertizer on growth parameters and metabolic aspects of lettuce plant. Journal of Socal Sciences 4: 165-175.

Ghorchiyani, M., Akbari, G., Alikhani, H., Zarei, M., and Alahdadi, A. 2011. Arboscular mycririzae mushroom and sodomonas-flourceens bacteria on phosphor fertilizers utilization efficiency, mycrorizae association and corn yield under drought. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 63: 123-135.

Gupta, M.L, Prasad, A., Rama, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Golomus fasicclatum* on the essential oil yield related charaters and nutrient acquisition in the crop of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresourcue Technology 81: 77-79.

Habibi, H., Mazaheri, D., MajnonHoseyni, N., Chaechi, M.R., Tabatabaee, M., and Bigdeli, M. 2007. Assessment of biological and mineral resources effect on yield and secondary metabolite value in two agronomic and wild species of *Thymus vulgaris*. PhD Thesis. Agriculture Science College. Agriculture and Natural Resources Pardis. Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Hajiboland, R.N., Asgharzadeh, A., and Mehrfar, Z. 2004. Study of *Azotobacter* ecological on two Azarbayejan pasture region and inoculation effect on growth and wheat mineral nutrition. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 8(2): 75-90.

ILbas, A.I., and Sahin, S. 2005. *Glomus fasiculatum* inoculation improves soybean production. Acta Agriculture Scandinavica Section B-soil and Plant Science 55(4): 287-292.

Jutur, P.P., and Reddy, A.R. 2007. Isolation, purification and properties of new restrication endonucleas from Bacillus and Bacillus lentus. Microbiological Research 162: 378-383.

Kader, M.A., Mian, M.H., and Hoyue, M.S. 2002. Effects of *Azotbacter* inculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Jounal of Biological Sciences 2(4): 250-261.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerjik, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality infoeniculum vulgare Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with p-fertiliser. Biresourc Technology 93: 307-3110.

Khan, M.S., and Zaidi, A. 2007. Synergistic effects of the inoculation with plant growth promoting rhizobacteria and an arbuscular mycorrhizal fungus on the performance of wheat. Agriculture and Forestry 31(16): 355-362.

Markovacki, N., and Milic, V. 2001. Use of Azotobacter chroocucum as potential useful in agricultural application. Microbial Biotechnology 51: 145-158.

Mukeriji, K.G., and Chomola, B.P. 2003. Compendium of Mycorrhizal Research A.P.H. Publisher. New Dehli. India.

Nadiyan, H. 2011. Drought stress and mycrorizae symbiotic effect on phosphor suction and growth by two different sorghum cultivar on root morphological. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (Water and Soil Science) 57: 127-140. (In Persian with English Summary)

Narula, N., Kumar, V., Behl, R.K., Deubel, A., Gransee, A., and Merbech, W. 2000. Effect of p-solubilizing Azotobacter chrococoumon, N.P.K uptake in p-responsie wheat genotypes grown under greenhouse conditions. Journal of Plant Nuttrittion and soil Science 163: 393-398.

Omidi, A., Mirzakhani, M., and Ardakani, M.R. 2014. Evaluation of the qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by *Azotobacter* and mycorrhizal symbiosis. Journal of Agroecology 6(2): 324-338. (In Persian with English Summary)

Ortas, I., Ortakci, D., Kaya, Z., Cinar, A., and Onelge, N. 2002. Mycorrhizal dependency of sour in relation to-phosphours and zinc nutrition. Journal of Plant Nutrition 25(6): 1263-1279.

Rahimi, L., AliAsgharzadeh, N., Avestan, S., and Farajzadeh, D. 2012. Effects of microbial siderophores produced by native *Azotobacter chroococcum* strains on micronutrients uptake by wheat plant. Water and Soil Science 22(2): 27-40. (In Persian with English Summary)

Rajaee, S., AliKhani, H.A., and Raiesi, F. 2007. Effect of Plant growth promoting potentials of *Azotobacter chroococcum* native strains on growth, yield and uptake of nutrients in wheat. Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources) 11(41): 285-297. (In Persian with English Summary)

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and A*zospirillum* inoculation. Microbiological Research 156: 145-149.

Reddy, P.S., Rao. T.V.S., Venkataramana, P., and Suryanrayana, N. 2003. Response of mulberry varieties toVesicularar buscul mycorrhizal and Azotobacter biforetirizers inoculation. Indian Journal of Soil and Water Sciences 20(2): 273-283.

Saubidet, M.I., Fatta, N., and Barreix, A.J. 2002. The effect of inoculation with *Azospirillum brasilens* on growth and nitrogen utilization by wheat plants. Plant and Soil 254: 215-222.

Smit, S.E. and Read, D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis third edition, Academic press.

Smith, C.M., Halickova, H., Starkey, S., Gill, B.S. and Holubec, V. 2004. Identification of *Aegilops germplasm* with multiple aphid resistance. Euphytica 135: 265-273.

Sturs. A.V., and Chiristie, B.R. 2003. Beneficalmicrobial allelopathies in the root zone the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil Tillage Research 72: 107-1230.

Subramanian, K.S., Charest, C., Dwyer, L.M., and Hamilton, R.I. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential, sugar content, and P content during drought and recovery of maize. Canadian Journal of Botany 75(9): 1582-1591.

Susana, B., Rosas, J.A., Andre, M.R., and Nestor, S.C. 2006. Phosphate- solubilizing *Pseudomonas putida* can influence the rhizobia-legume symbiosis. Soil Biology and Biochemistry 38: 3502-3505.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertimizers. Plant and Soil 255(2): 571-586.

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 722-733

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۷۳۳-۷۲۲

Effect of Mycorrhizal Symbiosis and *Azotobacter* Application on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Qualitative Traits under Dry Condition of Khorramabad

B. Amraei[1], M.R. Ardakani[2], M. Rafiei[3], F. Paknejad[4] and F. Rejali[5]

Submitted: 07-06-2015
Accepted: 13-07-2015

Amraei, B., Ardakani, M.R., Rafiei, M., Paknejad, F., and Rejali, F. 2017. Effect of mycorrhizal symbiosis and *Azotobacter* application on wheat (*Triticum aestivum* L.) qualitative traits under dry condition of Khorramabad. Journal of Agroecology 9(3): 722-733.

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the most important agricultural product which provides the biggest fraction of food to meet human needs. Human aims to increase agricultural productions via increasing of the yield per area and application different agronomic practices like fertilizers. As a result of these activities, some issues like environmental pollution and particularly pollution of water and soil resources with some pollutants which can enter in the human food chain and threaten their health became a global concern.. Sustainable agriculture is a system that is able to improve the environmental situation with optimum use of available resources and has a great role in supplying human food demands and promoting life quality of human societies. One of the most important principles of sustainable agriculture is the application of bio- fertilizers in agroecosystems to decrease the amount of chemical compounds. Mycorrhizal symbiosis is one of the ecological practices represents the ancient history of the symbiotic relation of the Mycorrhiza fungus with plants in most of the ecosystems. Most of the plants (about 95 percent of vascular plant species) at least can have a symbiotic relation with one of the mycorrhizal species. Reviewing the influence of *glumous* spp. fungus on the growth of Wheat shows the role of fungus in increasing the contents of phosphorus, nitrogen, potassium and calcium in plant seeds and shoot. Also Azotobacter as a bacterial biofertilizer leads to more absorption and increasing the concentration of some necessary elements such as nitrogen, phosphorus, potassium, zinc, mg, Fe, and the protein content of crops.

Material and Methods

The experiment was conducted in 2013-2014 agronomical year with a factorial arrangement based on randomized complete block design with four replications. In this experiment the effects of two biological fertilizers (1. *Mycorrhiza* in two levels of M1= inoculation and M2= no inoculation, 2. *Azotobacter* in tow levels of A_1= inoculation and A_2= no inoculation)were studied on three different Cultivars of Rain-fed wheat (V_1: Sardari, V_2: Kouhdasht, V_3: Karim). In order to determine the N content of the seeds, the Kjeldahl methodology was used, and by multiplication of the N content of each sample in 5.83, the protein content of each sample was measured. Also P and K content of seeds were measured with spectrophotometry and flame spread (with AOAC standards) respectively.

Results and Discussion

As a result, Azotobacter and Mycorrhiza had a significant effect on P content of three studied varieties of wheat in this research. The highest seed P content was measured in Azotobacter inoculated treatments (36%) that showed a 9% superiority in compare to control. Also the treatment of seed with mycorrhiza caused a 36%increasement in P content which showes 12% superiority in compare to control.In three different varieties studied in this research, the highest seed P content was related to Karim variety. The effect of Variety on seed K content was significant and the highest amount was related to Sardari variety (63%). The effects of Azotobacter, Mycorrhiza and Variety on seed N content was significant, and the highest amount of seed N was related to a_1v_3

1, 2, 3, 4 and 5- PhD Student, Professor, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Karaj Branch, Research Assistant Professor, Seed and Plant improvement research department, Lorestan agricultural and natural resources research and education center, AREEO, Khorramabad, Iran, Associate Professor, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Karaj Branch, Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: hajbehrizamraei@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v9i3.47367

(Azotobacter inoculation on Karim variety) treatment that showed 38.65% superiority in compare to the control. Also, *Azotobacter**mycorrhiza*variety and *Azotobacter**variety interactions on seed protein content was significant and the highest amount of seed protein percentage was related to a_1v_3 treatment (*Azotobacter**Kraim variety) that showed 40.44% superiority in compare to control.

Conclusion

Positive impacts of biofertilizers was observed in most of the studied traits of wheat in this study. The biggest amount of association of Azotobacter and and symbiosis of mycorrhiza with wheat was related to Karim variety. Also application of biofertilizers increased the accumulation of organic matter in soil, increasing root development and more availability of nutrients.

Keywords: Biological fertilizers, Mycorrhizal dependency, Seed protein