نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1326-1309

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1309-1326

اثر *ازتوباکتر کروکوکوم* (*Azotobacter chroococcum*) و *گلوموس اینترارادیسز* (*Glomus intraradices*) بر عملکرد، اجزای عملکرد و جوانه‌زنی بذرهای حاصل تحت شرایط آبیاری تکمیلی در برخی ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.)

عبدالقادر عنایتی[1]، مرتضی برمکی[2*]، رئوف سید شریفی[3] و عبداللطیف قلی‌زاده[4]

تاریخ دریافت: 1396/11/30
تاریخ پذیرش: 1397/06/27

عنـایتی، ع.، برمکـی، م. سـید شـریفی، ر. و قلـی‌زاده، ع. 1398. اثـر *ازتوباکتر کروکوکوم* (*Azotobacter chroococcum*) و *گلومـوس اینترارادیسز* (*Glomus intraradices*) بر عملکرد، اجزای عملکرد و جوانه‌زنی بذرهای حاصل تحت شرایط آبیاری تکمیلی در برخی ارقام گنـدم (*Triticum aestivum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (4): 1326-1309.

چکیده

کمبود آب در مراحل انتهایی رشد گندم (*Triticum aestivum* L.) منجر به تولید بذر بی‌کیفیت می‌شود. کاربرد بـی‌رویـه کودهـای شـیمیایی آسیب‌های جدی به محیط زیست وارد می‌کند. به‌منظور بررسی اثر باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* (*Azotobacter chroococcum*) و قـارچ میکـوریزا *گلوموس اینترارادیسز*(*Glomus intraradices*) بر عملکرد، اجزای عملکرد ارقام گندم و جوانه‌زنی بذرهای حاصل تحـت شـرایط آبیـاری تکمیلـی، آزمایشی با سه تکرار به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (عراقی محله) در سال زراعی 1395-1394 اجرا گردید. عوامل آزمایش شامل دو رقم گندم آبی (N-80-20 و گنبد)، شش سطح تلقیح شامل (1) عدم تلقیح به‌عنوان شاهد، (2) تلقیح بذر با قارچ میکوریزا *گلوموس اینترارادیسز*، (3) تلقیح بذر با باکتری سویه *ازتوباکتر کروکوکوم* (پودری)، (4) تلقیح با فرم مایع *ازتوباکتر کروکوکوم*، (5) تلقیح با سویه *ازتوباکتر کروکوکوم* (پودری) + *گلوموس اینترارادیسز*، (6) تلقیح با فرم مایع *ازتوباکتر کروکوکوم* + *گلوموس اینترارادیسز*) و سـه سـطح آبیاری تکمیلی (عدم آبیاری، آبیاری در مرحله آبستنی و آبیاری در مرحله گل‌دهی کامل) بود. در این بررسی صفات عملکرد، اجزای عملکرد و جوانه‌زنی بذرهای گندم حاصل مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تلقیح بذر ارقام گندم با ترکیب توأم *ازتوباکتر* و میکوریزا اثر معنی‌داری روی عملکرد، اجزای عملکرد و هم‌چنین بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذرهای تولیدی گندم داشت. بیش‌ترین عملکرد دانه (5987/33 کیلوگرم در هکتار) در بوته‌هـای حاصل از بذرهای تلقیح شده با *گلوموس اینترارادیسز* + فرم مایع *ازتوباکتر کروکوکوم* تحت آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی کامل به‌دست آمد. رقـم N-80-20 و تلقیح بذر با *گلوموس اینترارادیسز* + فرم مایع *ازتوباکتر کروکوکوم* با افزایش 10 درصدی نسبت به شاهد، بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور ارقام گندم تحت تأثیر آبیاری تکمیلی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. هم‌چنین تلقیح بذر گندم بـا کودهای بیولوژیک سبب افزایش درصد جوانه‌زنی بذور حاصل شد. به‌طوری‌که بالاترین درصد جوانه‌زنی در تیمار تلقیح بذر با *گلومـوس اینترارادیسـز* + فرم مایع *ازتوباکتر کروکوکوم* (95/75) حاصل شد. رقم N-80-20 در مقایسه با رقم گنبد نسبت به تلقیح بذر و آبیاری تکمیلی از نظـر صـفات مـورد مطالعه پاسخ بهتری را از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: کود بیولوژیک، تلقیح، شاخص برداشت، کیفیت بذر

مقدمه

1، 2، 3 و 4- به‌ترتیب دانشجوی دکتری علوم و تکنولوژی بـذر، دانشـیار و اسـتاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشـگاه محقـق اردبیلی و استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: m_barmaki@uma.ac.ir)

Doi: 10.22067/jag.v11i4.71105

گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین غذاهای اصلی، حدود 20 درصد از کالری و پروتئین مورد نیاز بشر را در سراسر جهان تأمین می‌کند و از نظر اهمیت بعد از ذرت (*Zea mays* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) در رتبه سوم قرار دارد (FAOSTAT, 2016). در سال 2016، میزان تولید غلات در جهان حدود 6947 میلیون تن و میزان تولید گندم 749 میلیون تن بوده است (FAOSTAT, 2016). در ایران، گندم در بیش از هفت میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی کشت می‌شود که مقدار تولید آن حدود 14 میلیون تن می‌باشد (FOSTAT, 2016). بنابراین، با توجه به رشد جمعیت کشور و جهان و کمبود کنونی غذا در سطح دنیا، بررسی تمامی راهکارهایی که سبب افزایش تولید و استفاده بهینه از گندم تولید شده می‌گردد، از موضوعات مهم و قابل توجه می‌باشد (Ghorbani & Pourfarid, 2008). از میان عوامل مهمی که عملکرد گیاهان زراعی از جمله گندم را تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین می‌کند، کیفیت زراعی بذر یا توده‌های بذری است، لذا تولید بذرهای کیفی در مزارع گندم از اهمیت بالایی برخوردار است، چراکه بذر حلقه اصلی تولید در کشاورزی است و سرمایه‌گذاری‌های دیگر در نتیجه استفاده از بذور نامرغوب از بین می‌روند (George, 2009). یکی از مسیرهای ساده و اقتصادی برای نیل به خودکفایی از نظر تولید محصولات و بذور با کیفیت بالا، اضافه کردن عناصر مغذی به خاک، مصرف آن به‌صورت محلول‌پاشی و یا فراهم کردن شرایطی جهت جذب بیش‌تر عناصر غذایی از خاک (Malakouti & Tehrani, 1999) و هم‌چنین انجام آبیاری تکمیلی در مزارع گندم منطقه استان گلستان می‌باشد (Kiani & Nournia, 2015).

امروزه اهمیت کودهای زیستی نه اطر تأمین نیازهای گیاه، بلکه به‌خاطر کمک به بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، سلامتی مصرف‌کنندگان و عدم آسیب به محیط زیست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در این رابطه می‌توان انواع باکتری‌های محرک رشدگیاه را نام برد که ازطریق بهبود رشدگیاه موجب افزایش عملکردگیاهان زراعی می‌شوند (Cakmakci et al., 2007). باکتری‌های جنس *ازتوباکتر* (*Azotobacter*) از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن، با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به‌ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین رشدونمو و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Karimi & Seddique, 1991). کاربرد باکتری *ازتوباکتر کروکروم* باعث افزایش کیفیت بذر گندم (درصد و انرژی جوانه‌زنی) عملکرد و وزن هزاردانه گندم شد (Milosevic et al., 2012). قارچ‌های میکوریز آربسکولار از دیگر کودهای زیستی می‌باشند که نقش مهمی در بهبود تغذیه و رشد گیاهان دارند (Suri et al., 2011). دسترسی بهتر گیاه به آب و مواد معدنی (Chen, 2006)، ایجاد مانع فیزیکی در مقابل عوامل بیماری‌زا (Chitarra et al., 2016)، افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی (Habibzadeh, 2015) و اصلاح ساختمان خاک (Sharma & Johri, 2002) از جمله عواملی هستند که سودمندی رابطه هم‌زیستی میکوریزا را نشان می‌دهند.

آبیاری گندم در استان گلستان به‌صورت آبیاری تکمیلی صورت می‌گیرد (Kiani & Nournia, 2015). آبیاری تکمیلی نقش کلیدی در تولید گیاهان در کشورهای مختلف دنیا بازی می‌کند، به‌طوری‌که این روش هم اکنون 80 درصد مناطق تحت کشت دنیا و 60 درصد تولید جهانی را به خود اختصاص داده است (Harris, 1991). منظور از آبیاری تکمیلی کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی است تا آب کافی جهت رشد بوته‌ها و افزایش و ثبات عملکرد دانه تأمین گردد. بدیهی است که این مقدار آب مصرفی، به تنهایی برای تولید گیاه زراعی کافی نیست، بنابراین، از ویژگی‌های ضروری آبیاری تکمیلی، تکمیل طبیعت باران و آبیاری می‌باشد (Oweis, 1997; Tavakkoli & Owise, 2004).

مطالعه حاضر به‌منظور ارائه راه حلی جهت بهبود کمّیت و خصوصیات جوانه‌زنی بذر گندم در منطقه استان گلستان تحت شرایط آبیاری تکمیلی و کاربرد انواع کودهای زیستی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در طی سال زراعی 1395-1394 در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (عراقی محله) با مختصات 54 درجه و 25 دقیقه طول شرقی، 36 درجه و 54 دقیقه عرض شمالی و 5/5 متر ارتفاع از سطح دریا به شرح زیر اجرا شد. میزان بارندگی سالانه در این منطقه 400-450 میلی‌متر می‌باشد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایش شامل دو رقم گندم آبی (شامل رقم N-80-20 و گنبد)، شش سطح تلقیح (1) عدم تلقیح به‌عنوان شاهد، (2) تلقیح بذر با قارچ میکوریزا *گلوموس اینترارادیسز*، (3) تلقیح بذر با سویه *ازتوباکتر*

کروکوکوم (پودری)، (4) تلقیح با فرم مایع *ازتوباکتر کروکوکوم*، (5) تلقیح با سویه *ازتوباکتر کروکوکوم* (پودری) + *گلوموس اینترارادیسز*، (6) تلقیح با فرم مایع *ازتوباکتر کروکوکوم* + *گلوموس اینترارادیسز*) و سه سطح آبیاری تکمیلی (عدم آبیاری، آبیاری در مرحله آبستنی و آبیاری در مرحله گل‌دهی کامل) بود. پیش از انجام آزمایش یک نمونه مرکب خاک از مزرعه تهیه و به آزمایشگاه خاک، آب و گیاه گنبد ارسال شد. نوع خاک محل آزمایش سیلتی لومی، با pH= 7/6، EC حدود 1/7 دسی‌زیمنس بر متر بود.

بذر ارقام مورد مطالعه از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شد. برای تلقیح بذر، هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن حاوی 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود، استفاده شد. هم‌چنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده شد.کلیه عملیات در محیط سایه و دور از نور آفتاب انجام گرفت و بذرها پس از خشک شدن کشت شدند. زمین مورد نظر در سال قبل آیش و تهیه زمین شامل شخم عمیق و دیسک‌زنی بعد از گاورو شدن زمین و سپس تسطیح به‌وسیله لولر بود. توصیه کود بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه بخش تحقیقات کشاورزی صورت گرفت. کشت در تاریخ 25 آذر سال 1394 انجام شد. هر کرت شامل شش ردیف کشت با فاصله بین ردیف 20cm با تراکم ثابت 450 بوته در مترمربع بود. هم‌زمان با ساقه‌دهی گندم پس از شروع مجدد رشد سریع گیاه، مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز با استفاده از سموم گرانستار (برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ) و پوما سوپر (برای مبارزه با علف‌های هرز باریک‌برگ) انجام گرفت. در ادامه آبیاری تکمیلی در دو مرحله آبستنی و گل‌دهی کامل صورت گرفت.

برداشت نهایی به هنگام خشک شدن ساقه زیر سنبله و رسیدن دانه‌ها به مرحله سخت شدن و رطوبت حدود 14 درصد انجام گرفت. جهت تعیین عملکرد دانه، از دو خط وسط هر کرت پس از حذف نیم متر از بالا و پایین کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای، مساحت باقی‌مانده برداشت شد. در انتهای دوره رشد اجزای عملکرد (وزن هزار دانه، تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه، ارتفاع بوته و شاخص برداشت)، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس بذرهای برداشت شده به آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر مرکز منتقل شد و کیفیت توده بذری از طریق آزمون جوانه‌زنی استاندارد مورد بررسی قرار گرفت. آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذرهای حاصل مطابق با قوانین انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA)، پس از 10 دقیقه ضدعفونی سطحی با محلول یک درصد هیپوکلریت سدیم، به‌صورت سه تکرار 50 بذری در دمای 20 درجه سانتی‌گراد در هشت روز انجام شد. شمارش روزانه تعداد بذرهای جوانه‌زده (خروج دو میلی‌متری ریشه‌چه) تا پایان روز هشتم از شروع آزمایش ادامه یافت. در هر واحد آزمایشی، درصد جوانه‌زنی استاندارد و طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری شد. سرعت جوانه‌زنی بذر (R) نیز با استفاده از معادله 1 محاسبه گردید (Ellis & Roberts, 1981):

$$R=\Sigma n/\Sigma Dn \qquad \text{معادله (1)}$$

n: تعداد بذور جوانه‌زده در هر روز و D: تعداد روز از آغاز آزمایش

پس از آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها (بر اساس آزمون شاپیرو-ویلک) و بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی (طبق آزمون لون)، تجزیه واریانس (ANOVA) متغیرهای اندازه‌گیری شده توسط نرم‌افزارهای آماری SPSS و STATISTICA و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت و رسم شکل‌ها توسط برنامه EXCEL انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها در مورد صفات عملکرد و اجزای عملکرد، آبیاری تکمیلی از نظر تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ارقام گندم به لحاظ ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری را از خود نشان دادند. تلقیح بذر نیز از نظر تمامی صفات عملکردی و اجزای عملکرد اثر معنی‌داری داشت. اثر متقابل آبیاری تکمیلی×رقم از نظر تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد و از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری تکمیلی× تلقیح بذر به لحاظ وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد و به لحاظ عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم× تلقیح بذر از نظر طول خوشه و عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد و از نظر وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول 1).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم، تلقیح بذر و آبیاری تکمیلی بر عملکرد، اجزای عملکرد و جوانه‌زنی بذر ارقام گندم

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for seed inoculation and supplementary irrigation on yield, yield component and seed germination of wheat cultivars

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	طول خوشه Spike length	تعداد خوشه No. of spike	تعداد دانه در خوشه No. of seeds per spike	وزن هزار دانه 1000-seeds weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد جوانه‌زنی بذر Seed germination percentage	سرعت جوانه‌زنی بذر Seed germination rate	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص قدرت طولی Length vigour index
تکرار Replication	2	230.29**	2.14**	11120.73**	167.62**	495.25**	2.48**	4460613.19**	843.54**	11.73**	0.03**	25.002**	36.733**	27.094**
آبیاری تکمیلی SupplementaryIirrigation	2	0.036	0.03	12433.95**	150.17**	206.32**	5784958.23**	3.21**	5.43**	69.74**	0.26**	149.24**	33.147**	178.841**
رقم Cultivar	1	126.32**	13.30**	195670.45**	320.33**	1862.52**	3913634.08**	2.93**	0.04	36.98**	0.07**	25.42**	9.84**	37.099**
تلقیح بذر Seed inoculation	5	107.1**	5.13**	14179.43**	83.79**	73.16**	887577.85**	3330911.20**	6.11**	8.83**	0.02**	31.07**	10.08**	34.00**
آبیاری تکمیلی× رقم ×Cultivar SupplementaryIrrigation	2	0.20	0.03	4214.17**	9.75**	9.30**	23336.08*	1459211.19**	4.72**	0.64**	0.002**	0.034	0.154**	0.161
آبیاری تکمیلی× تلقیح بذر SupplementaryIrrigation×Seed inoculation	10	0.14	0.01	334.44	2.05**	1.59*	11672.35*	36112.36	0.63	0.05	0.0002*	0.303**	0.303**	0.30**
رقم× تلقیح بذر Cultivar×Seed inoculation	5	0.03	0.05*	204.10	1.11	2.47**	14353.26*	191292.55**	0.69	0.047	0.00009	0.014	0.019	0.032
آبیاری تکمیلی× رقم× تلقیح بذر SupplementaryIrrigation×Cultivar× Seed inoculation	10	0.16	0.005	408.69	0.56	0.83	5090.03	34842.05	0.33	0.03	0.00003	0.037	0.021	0.037
خطا Error	70	0.08	0.01	403.05	0.66	0.74	6036.72	45093.86	0.33	0.03	0.0001	0.058	0.01	0.06
ضریب تغییرات CV (%)	-	0.24	1.25	4.75	3.10	1.83	1.45	1.45	1.59	0.2	2.58	1.14	0.58	1.22

* و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

*, **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول 2- مقایسه میانگین اثر اصلی تلقیح بذر و رقم بر صفات ارتفاع بوته، تعداد خوشه، شاخص برداشت، عملکرد دانه، درصد جوانه‌زنی بذر، طول گیاهچه و شاخص قدرت طولی ارقام گندم

Table 2- Mean comparison of main effect of wheat cultivars and different seed inoculation on Plant height, No. of spike, Harvest index, Seed yield, Seed germination, Seedling length and Length vigour index

تیمارها Treatments		ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد خوشه No. of spike	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	درصد جوانه‌زنی بذر Seed germination percentage	طول گیاهچه Seedling length (cm)	شاخص قدرت طولی Length vigour index
تلقیح بذر Seed inoculation	شاهد Control	80.62^{f*}	385.61^{e}	36.25^{e}	5051.3^{e}	93.79 ^{b}	18.8^{c}	18.65^{c}
	گلوموس اینترارادیسز *G. intraradices*	84.60^{c}	433.89^{b}	36.18^{c}	5360.2^{b}	94.77^{a}	21.72^{ab}	20.61^{a}
	ازتوباکترکروکوکوم پودری Powdery *A. chroococcum*	82.69^{e}	402.66^{d}	37.13^{d}	5172.4d^{e}	94.23^{ab}	21.04^{b}	19.85^{b}
	ازتوباکتر کروکوکوم مایع Liquid *A. chroococcum*	83.61^{d}	419.66^{c}	36.85^{d}	5265.4^{d}	94.55^{a}	21.45^{ab}	20.31^{ab}
	گلوموس اینترارادیسز *+ازتوباکترکروکوکوم* پودری *G. intraradices* + *A. chroococcum* Powdery	85.63^{b}	448.38^{a}	37.22^{b}	5510.3^{b}	95.22^{a}	22.15^{a}	21.12^{a}
	گلوموس اینترارادیسز *+ازتوباکترکروکوکوم* مایع *G. intraradices* + Liquid *A. chroococcum*	87.71^{a}	460.33^{a}	37.29^{a}	5656.6^{a}	95.75^{a}	22.48^{a}	21.55^{a}
ارقام گندم Wheat cultivars	گنبد Gonbad	83.06^{b}	380.4^{b}	36.35^{a}	5244.83^{b}	94.08^{a}	20.79 ^{b}	19.59^{b}
	N -80-20 N-80-20	85.23^{a}	465.5^{a}	36.32^{a}	5564.96^{a}	95.34^{a}	21.76^{a}	20.77^{a}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.

ارتفاع بوته حاصل از بذرهای تلقیح شده با *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزا افزایش قابل ملاحظه‌ای نسبت به شاهد (عدم تلقیح بذر) داشت. به‌طوری‌که طویل‌ترین بوته‌ها با میانگین ارتفاع 87/71 سانتی‌متر به تیمار تلقیح بذر با میکوریزا+*ازتوباکتر* مایع تعلق داشت و کوتاه‌ترین بوته‌ها با میانگین ارتفاع 80/62 سانتی‌متر در شرایط عدم تلقیح بذرهای گندم مشاهده شد. از سوی دیگر بوته‌های رقم 20-N-80 حدود دو سانتی‌متر بلندتر از رقم گنبد بودند (جدول 2). به نظر می‌رسد *ازتوباکتر* با افزایش قابلیت دسترسی به آب و عناصر غذایی ضروری گیاه از طریق افزایش طول میان‌گره‌ها، ارتفاع گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. البته برخی محققان معتقدند باکتری‌های محرک رشد می‌توانند از طریق سنتز فیتوهورمون‌ها و افزایش قابلیت دسترسی مواد غذایی، ارتفاع بوته و قابلیت تولید را افزایش دهند (Ahemad & Kibret, 2014). از سوی دیگر، میکوریزا علاوه‌بر افزایش جذب عناصر غذایی، به‌دلیل حضور هیف‌های قارچ و در نتیجه افزایش سطح جذب‌کننده سبب افزایش جذب آب می‌شوند و از این طریق می‌توانند بر رشد و تولید گیاه تأثیرگذار باشند (Millar & Bennett, 2016).

استفاده از کودهای زیستی به‌منظور تلقیح بذور باعث تولید خوشه‌های طویل‌تر در بوته‌های هر دو رقم گندم گردید. در این راستا تلقیح بذرهای گندم با قارچ میکوریزا نسبت به *ازتوباکتر* اثرات

مطلوب‌تری در صفت طول خوشه داشت، امّا استفاده توأم این دو کود زیستی طویل‌ترین خوشه‌ها را در هر دو رقم گندم از خود نشـان داد. به‌طوری که بلندترین خوشه بـه رقـم N-80-20 و تلقـیح بـذور بـا میکوریزا+*ازتوباکتر* مایع و کوتاه‌ترین خوشه بـه رقـم گنبـد و شـاهد (بدون تلقیح بذر) تعلق داشت (جدول 3). همسو با نتایج این پژوهش شاهسواری و همکاران (Shahsavari et al., 2011) اعـلام داشـتند که استفاده از قارچ .*Trichoderma* spp و باکتری‌های محرک رشد (*Psudomunas* spp.) طول خوشه در بوته‌های ارقـام گنـدم بهـاره افزایش می‌یابد. خوشه‌های بلندتر دارای پتانسیل بـیش‌تـری از نظـر ایجاد تعداد سنبلچه و در نتیجه تعداد دانه‌های بیش‌تر می‌باشند و بـا قابلیت انجام فتوسنتز به‌ویژه در مراحل پر شدن دانه و توانایی انجـام توزیع مجدد آسـیمیلات‌هـا بـه دانـه، از اهمیـت بـالایی برخوردارنـد (Maleki et al., 2009).

جدول 3- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و تلقیح بذر بر صفات طول خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم

Table 3- Mean comparison of interaction between wheat cultivars and seed inoculation on Spike length, 1000-seed weight, Seed yield and Biologic yield of wheat

تیمارها Treatments		طول خوشه Spike length (cm)	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (kg.ha^{-1})
گنبد Gonbad	شاهد Control	7.91^{j*}	39.22^{k}	4835.78^{k}	13217.7^{i}
	گلوموس اینترارادیسز *G. intraradices*	8.65^{g}	43.75^{h}	5170.78^{h}	14299.3^{fg}
	ازتوباکترکروکوکوم پودری Powdery *A. chroococcum*	8.20^{i}	41.37^{j}	4953.44^{j}	13879.8^{h}
	ازتوباکترکروکوکوم مایع Liquid *A. chroococcum*	8.40^{h}	42.68^{i}	5067.78^{i}	14165.1^{g}
	گلوموس اینترارادیسز +*ازتوباکتر کروکوکوم* پودری *G. intraradices* + *A. chroococcum* Powdery	9.02^{f}	44.74^{g}	5331.67^{fg}	14487.7^{ef}
	گلوموس اینترارادیسز +*ازتوباکترکروکوکوم* مایع *G. intraradices* + Liquid *A. chroococcum*	9.50^{c}	45.78^{f}	5514.67^{cd}	14725.4^{de}
N-80-20 N-80-20	شاهد Control	8.67^{g}	48.77^{e}	5266.89^{g}	14653.1^{e}
	گلوموس اینترارادیسز *G. intraradices*	9.37^{d}	51.76^{bc}	5549.56^{c}	15270^{b}
	ازتو باکتر پودری Powdery *A. chroococcum*	8.97^{f}	50.12^{d}	5391.33^{ef}	14951.9^{cd}
	ازتوباکتر مایع Liquid *A. chroococcum*	9.14^{e}	50.93^{cd}	5463.11^{de}	15164^{bc}
	گلوموس اینترارادیسز +*ازتوباکتر کروکوکوم* پودری *G. intraradices* + *A. chroococcum* Powdery	9.68^{b}	52.44^{ab}	5689.00^{b}	15416.4^{ab}
	مایکوریز+*ازتوباکتر* مایع *G. intraradices* + Liquid *A. chroococcum*	10.03^{a}	53.36^{a}	5798.56^{a}	15574.9^{a}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letters are not significantly different at p≤ 0.05, based on Duncan's multiple range test.

تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک سبب افزایش تعداد خوشه در بوته‌های گندم شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد خوشه گندم در بوته‌های حاصل از بذرهای تلقیح‌شده با میکوریزا+ *ازتوباکتر* و کم‌ترین تعداد خوشه در بوته‌های شاهد (عدم تلقیح بذر) مشاهده شد. این در حالی است که بین میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع و میکوریزا+ *ازتوباکتر* پودری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول 2). از سوی دیگر آبیاری تکمیلی سبب افزایش تعداد خوشه در واحد سطح در ارقام گندم شد، به این صورت که بیش‌ترین تعداد خوشه در رقم N-80-20 تحت آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی و کم‌ترین تعداد خوشه در رقم گنبد در شرایط بدون آبیاری تکمیلی مشاهده شد. به‌طور کلی تعداد خوشه در واحد سطح رقم N-80-20 در مقایسه با رقم گنبد نسبت به آبیاری تکمیلی پاسخ بهتری نشان داد (جدول 4). مطابق نتایج پژوهش حاضر، جیریایی و همکاران (Jiriaie et al., 2014) اعلام داشتند که با کاربرد قارچ میکوریزا *گلوموس موسایی* (*Glomus mossaae*) و باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفروم* (*Azospirillum lipoferum*)، تعداد خوشه در رقم چمران افزایش می‌یابد. از سویی روستایی (Roustaii, 2015) اعلام داشت که انجام آبیاری تکمیلی در زمان کاشت و تورم سنبله در مقایسه با عدم آبیاری تکمیلی موجب افزایش تعداد خوشه در ارقام مختلف گندم گردید.

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و آبیاری تکمیلی بر صفات تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد جوانه‌زنی بذر، سرعت جوانه‌زنی بذر، وزن خشک گیاهچه ارقام گندم

Table 4- Mean comparison of interaction between wheat cultivars and supplementary irrigation on No. of spike, No. seed per spike, 1000-seed weight, Seed yield, Biologic yield, Harvest index, Seed germination percentage, Seed germination rate and Seedling dry weight of wheat cultivars

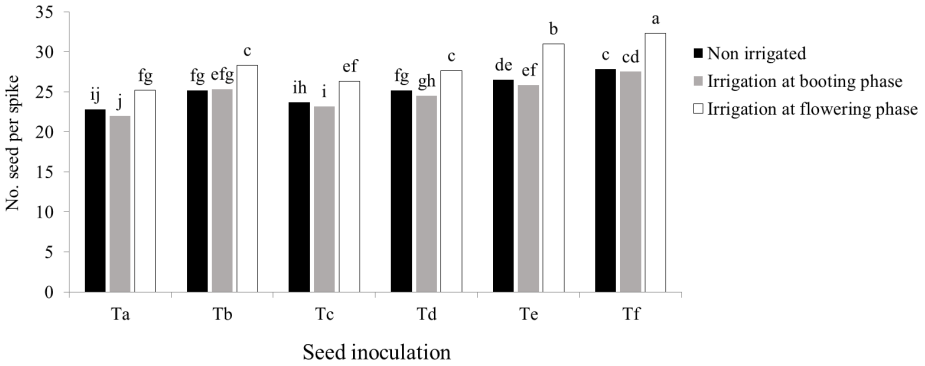
تیمارها Treatments		تعداد خوشه No. of spikes	تعداد دانه در خوشه No. of seeds per spike	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biologic yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	درصد جوانه‌زنی بذر Seed germination percentage	سرعت جوانه‌زنی بذر Seed germination rate ($1.day^{-1}$)	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (mg)
بدون آبیاری تکمیلی Non irrigated	گنبد Gonbad	360.72^{e*}	27.33^{b}	41.36^{f}	4735.67^{d}	13026.06^{e}	36.33^{b}	92.84^{f}	0.28^{f}	16.74^{e}
	N-80-20 N-80-20	412.12^{c}	23.05^{c}	48.50^{c}	5117.11^{c}	14298.94^{c}	35.66^{c}	93.85^{e}	0.32^{e}	17.21^{d}
آبیاری در مرحله آبستنی Irrigation at booting phase	گنبد Gonbad	406.72^{c}	27.21^{b}	42.26^{e}	5138.61^{c}	14106.89^{d}	36.35^{b}	94.19^{d}	0.35^{d}	17.25^{d}
	N-80-20 N-80-20	481.50^{a}	22.83^{c}	51.04^{b}	5569.89^{b}	15384.06^{b}	36.15^{b}	95.21^{c}	0.39^{c}	17.98^{c}
آبیاری در مرحله گل‌دهی Irrigation at flowering phase	گنبد Gonbad	373.83^{d}	29.61^{a}	45.16^{d}	5562.78^{b}	15254.56^{b}	36.38^{b}	95.39^{b}	0.43^{b}	18.55^{b}
	N-80-20 N-80-20	444.44^{b}	27.33^{b}	54.16^{a}	5892.22^{a}	15832.17^{a}	37.14^{a}	96.87^{a}	0.50^{a}	19.17^{a}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.

آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی سبب افزایش تعداد دانه در خوشه در هر دو رقم گندم شد، امّا آبیاری تکمیلی در این دوره موجب افزایش بیش‌تری در تعداد دانه در خوشه‌های رقم گنبد نسبت به رقم N-80-20 گردید. آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی تأثیری بر تعداد دانه در خوشه ارقام گندم نداشت و از لحاظ آماری با تیمار بدون آبیاری تکمیلی در یک گروه قرار گرفت (جدول 4). از سوی دیگر،

انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی در بوته‌های حاصل از بذرهای تلقیح شده با قارچ میکوریزا و باکتری *ازتوباکتر* موجب افزایش تعداد دانه در خوشه نسبت به شاهد (عدم آبیاری تکمیلی) شد. به‌طوری‌که بوته‌های حاصل از بذرهای تلقیح شده با میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع نسبت به شاهد (عدم تلقیح بذر و عدم آبیاری تکمیلی) بیش‌ترین تعداد دانه در خوشه (32/33) را از خود نشان داد. به‌طور کلی *ازتوباکتر* مایع نسبت به *ازتوباکتر* پودری اثرات مثبت بیش‌تری بر تعداد دانه در خوشه گندم داشت (شکل 1).



شکل 1- برهم‌کنش اثر آبیاری تکمیلی و تلقیح بذرها روی تعداد بذر در خوشه گندم

Fig. 1- Interaction of supplementary irrigation and seed inoculation on number of seed per spike of wheat

Ta: شاهد، Tb: *گلوموس اینترارادیسز*، Tc: *ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Td: *ازتوباکتر کروکوکوم* مایع، Te: *گلوموس اینترارادیسز* +*ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Tf: *گلوموس اینترارادیسز* +*ازتوباکتر کروکوکوم* مایع

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

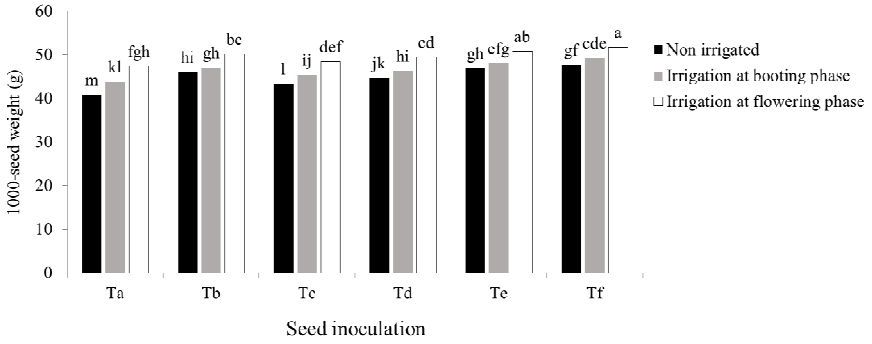
Ta: Control, Tb: *G. intraradices*, Tc: Powdery *A. chroococcum*, Td: Liquid *A. chroococcum*, Te: *G. intraradices* + Powdery *A. chroococcum*, Tf: *G. intraradices*+Liquid *A. chroococcum*

Means with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.

تاتاری و همکاران (Tatari et al., 2012) در مطالعات خود در ایستگاه تحقیقات دیم شیروان عنوان داشتند که انجام آبیاری تکمیلی در مراحل زایشی گندم موجب افزایش تعداد دانه در خوشه ارقام گندم می‌گردد. از سوی دیگر مطالعه هونگ‌بو و همکاران (HongBo et al., 2005) نیز نشان داد که مقدار فتوسنتز در مرحله ساقه‌دهی و گل‌دهی به‌طور قابل ملاحظه‌ای به مقدار آب خاک بستگی دارد. بنابراین، آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی بر حفظ گلچه‌های آغازش یافته و به تبع آن افزایش تعداد دانه در گیاه منجر می‌شود. لذا بیش‌تر بودن دانه در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی دور از انتظار نیست.

در آزمایش حاضر آبیاری تکمیلی موجب افزایش وزن هزار دانه در ارقام مورد آزمایش شد. به‌طوری‌که در هر دو مرحله آبیاری تکمیلی نسبت به شاهد افزایش وزن هزار دانه در ارقام گندم مشاهده گردید. بیش‌ترین وزن هزار دانه در رقم N-80-20 و تحت شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی با میانگین 54/16 گرم به‌دست آمد. رقم N-80-20 در همه شرایط آبیاری نسبت به رقم گنبد دارای وزن هزار دانه بیش‌تری بود (جدول 4). آبیاری تکمیلی در هر دو مرحله آبستنی و گل‌دهی در بوته‌های حاصل از بذرهای تلقیح شده با قارچ میکوریزا و باکتری *ازتوباکتر* موجب افزایش وزن هزار دانه نسبت به شاهد (عدم آبیاری تکمیلی و عدم تلقیح بذرها) شد. به‌طوری‌که بالاترین وزن هزار دانه در بوته‌های حاصل از بذرهای تلقیح شده با میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع و آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی به‌دست آمد (شکل 2). وزن هزار دانه در بوته‌های حاصل از بذرهای تلقیح شده با میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع در رقم N-80-20 نسبت به شاهد افزایش بیش‌تری داشت. هم‌چنین وزن هزار دانه متاثر از تلقیح بذر با میکوریزا و *ازتوباکتر* در رقم N-80-20 نسبت به رقم گنبد افزایش چشم‌گیرتری از خود نشان داد (جدول 3). جیریایی و همکاران (Jiriaie et al., 2014) اعلام داشتند که کاربرد کودهای زیستی *آزوسپیریلوم لیپوفروم* به مقدار 10^6 سلول باکتری در هر میلی‌لیتر در مایه تلقیح و *گلوموس اینترارادیسز* و *گلوموس موسایی* با تراکم اسپور 120 عدد در هر گرم ماده حامل به‌میزان 80 کیلوگرم در هکتار باعث توسعه ریشه شده و شرایط را برای جذب عناصر غذایی فراهم می‌کنند که این به

نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد. زمانی که گیاه به دوران رسیدگی نزدیک می‌گردد مواد حاصل از فتوسنتز را به اندام‌های زایشی (دانه) منتقل می‌کند. کودهای زیستی از طریق تسریع و تقویت این عمل سبب افزایش وزن هزار دانه می‌گردد. سایر محققین نیز اثر مثبت باکتری *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزا را بر وزن هزار دانه گندم تأیید کرده اند (Idris, 2003; Singh et al., 2004). از سوی دیگر پژوهشگران اثرات مثبت انجام آبیاری تکمیلی در مرحله زایشی و گل‌دهی گندم را بر وزن هزار دانه گزارش نموده‌اند (Pradhan et al., 2014; Tari, 2016). به نظر می‌رسد انجام آبیاری تکمیلی در این مرحله رشد باعث طولانی شدن مرحله پر شدن دانه و در نتیجه افزایش وزن هزار دانه ارقام گندم می‌گردد.



شکل 2- برهم‌کنش اثر آبیاری تکمیلی و تلقیح بذرها روی وزن هزار دانه گندم

Fig. 2- Interaction of supplementary irrigation and seed inoculation on number of seed per spike of wheat

Ta: شاهد، Tb: *گلوموس اینترارادیسز*، Tc: *ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Td: *ازتوباکتر کروکوکوم* مایع، Te: *گلوموس اینترارادیسز* +*ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Tf: *گلوموس اینترارادیسز* +*ازتوباکتر کروکوکوم* مایع

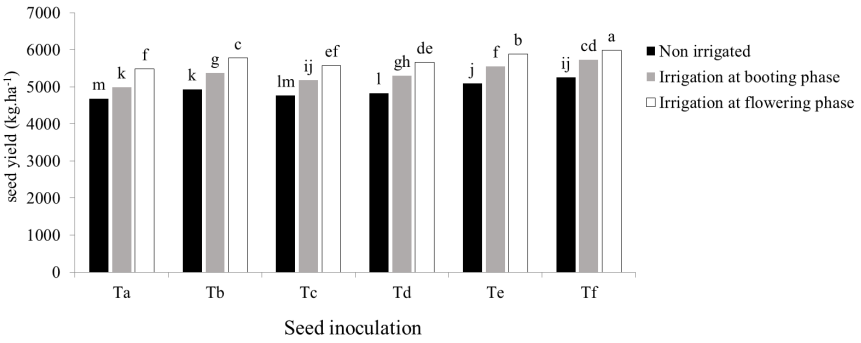
میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Ta: Control, Tb: *G. intraradices*, Tc: Powdery *A. chroococcum*, Td: Liquid *A. chroococcum*, Te: *G. intraradices* + Powdery *A. chroococcum* and Tf: *G. intraradices*+Liquid *A. chroococcum*

Means with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.

عملکرد دانه گندم در هر دو مرحله آبیاری تکمیلی تحت تأثیر تلقیح بذور با میکوریزا و *ازتوباکتر* افزایش معنی‌داری نسبت به شرایط بدون آبیاری تکمیلی داشت. میزان افزایش عملکرد گندم تحت شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی بیش‌تر از مرحله آبستنی بود. بیش‌ترین عملکرد دانه (5987/33 کیلوگرم در هکتار) در بوته‌های حاصل از بذرهای تلقیح شده با میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع تحت آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی کامل به‌دست آمد (شکل 3). تلقیح بذرهای ارقام گندم موجب تولید بوته‌هایی با عملکرد دانه بالا نسبت به شاهد (عدم تلقیح بذر) شد. رقم N-80-20 و تلقیح بذر با میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع با افزایش 10 درصدی نسبت به شاهد بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. از سوی دیگر تلقیح بذر ارقام گندم با *ازتوباکتر* پودری در مقایسه با سایر تیمارهای تلقیح بذر، عملکرد دانه پایین‌تری را از خود نشان داد (جدول 3). ارقام گندم تحت تأثیر آبیاری تکمیلی نتایج متفاوتی را به لحاظ عملکرد دانه از خود نشان دادند. رقم N-80-20 تحت شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی نسبت به شاهد (بدون آبیاری تکمیلی) بالاترین عملکرد دانه را داشت. آبیاری تکمیلی بوته‌های رقم N-80-20 در این مرحله رشدی موجب افزایش حدود 13 درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید (جدول 4). قارچ‌های میکوریزا و باکتری *ازتوباکتر* از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و تولید هورمون‌های محرک رشد، موجب تولید آسیمیلات بیش‌تر و بهبود رشد گیاه و تولید ویتامین و در نتیجه افزایش عملکرد را به دنبال دارد. محققان گزارش کردند کاربرد هم‌زمان باکتری و قارچ میکوریزا اثرات مثبت و هم‌افزایی روی گیاه گندم داشته و دلایل آن را تأثیر متقابل کودهای بیولوژیک در رشد ریشه‌های مویین دانسته‌اند. وجود ریشه‌های مویین فراوان، زمینه مناسبی را برای نفوذ قارچ به درون سلول‌های ریشه فراهم می‌آورد و افزایش رشد طولی میسیلیوم‌های قارچ به درون سلول‌های زیرین خاک را ممکن می‌سازد. این امر امکان دسترسی گیاه به عناصر غذایی را افزایش می‌دهد و باعث افزایش عملکرد دانه ارقام گندم می‌گردد (Behl et al., 2006). تأثیر مثبت کاربرد کودهای زیستی

ازتوباکترکروکوکوم و *سودوموناس پوتیدا* (*Pseudomonas putida*) روی عملکرد گندم (SeyedSharifi & Heidari, 2016) و کاربرد *ازتوباکتر کروکوکوم*، *آزوسپریلوم لیپوفروم* و *سودوموناس پوتیدا* بر روی عملکرد تریتیکاله (SeyedSharifi et al., 2017) گزارش شده است. روستایی (Ruostaii, 2015) ابراز داشت که انجام آبیاری تکمیلی در مرحله زایشی و گل‌دهی موجب افزایش عملکرد دانه ارقام گندم گردید، که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. در این راستا می‌توان گفت که محدودیت آب در طی فاز گل‌دهی، از بزرگ شدن سلول پیش از تقسیم سلولی جلوگیری نموده و تعداد دانه‌های لقاح یافته و در نهایت، تعداد لقاح‌های موفق را کاهش می‌دهد. این عامل رشد را از طریق بازداری مراحل مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند فتوسنتز، تنفس، انتقال، جذب یونی، متابولیسم عناصر غذایی و هورمون‌ها محدود می‌سازد (Blum, 2005).



شکل 3- برهم‌کنش اثر آبیاری تکمیلی و تلقیح بذرها روی عملکرد بذر گندم

Fig. 3- Interaction of supplementary irrigation and seed inoculation on number of seed per spike of wheat

Ta: شاهد، Tb: *گلوموس اینترارادیسز*، Tc: *ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Td: *ازتوباکتر کروکوکوم* مایع، Te: *گلوموس اینترارادیسز* +*ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Tf: *گلوموس اینترارادیسز* +*ازتوباکتر کروکوکوم* مایع

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Ta: Control, Tb: *G. intraradices*, Tc: Powdery *A. chroococcum*, Td: Liquid *A. chroococcum*, Te: *G. intraradices* + Powdery *A. chroococcum*, Tf: *G. intraradices*+Liquid *A. chroococcum*

Means with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.

عملکرد بیولوژیک ارقام گندم تحت آبیاری تکمیلی افزایش یافت. آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی تأثیر بیش‌تری در افزایش عملکرد بیولوژیک ارقام گندم داشت. آبیاری تکمیلی بوته‌های رقم N-80-20 در این مرحله رشدی عملکرد بیولوژیک بالاتری نسبت به رقم گنبد داشت و کم‌ترین مقدار این صفت مربوط به رقم گنبد در شرایط عدم آبیاری تکمیلی مشاهده شد (جدول 4). استفاده از کودهای زیستی به‌عنوان مایه تلقیح بذر موجب افزایش عملکرد بیولوژیک ارقام گندم شد. در این بین استفاده از میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع به‌عنوان مایع تلقیح بذرها موجب تولید بوته‌هایی با عملکرد بیولوژیک بالاتر نسبت به سایر سطوح کودهای زیستی گردید. امّا بالاترین عملکرد بیولوژیکی به تلقیح بذر رقم N-80-20 با میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به بوته‌های حاصل از بذرهای رقم گنبد در شرایط بدون تلقیح تعلق داشت (جدول 3). توکلی (Tavakkoli, 2004) در مطالعات خود اعلام داشت که انجام آبیاری تکمیلی اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک گندم داشت، که این نتایج همسو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. از سوی دیگر امرایی و همکاران (Amraei et al. 2016) در پژوهش خود گزارش نمودند که کاربرد توأم *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزا موجب افزایش عملکرد بیولوژیک در ارقام گندم شد. دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک در اثر استفاده از کود بیولوژیک، بهبود کیفیت خاک و افزایش قابلیت دسترسی ریشه گیاه به عناصر غذایی توسط میکروارگانیسم‌های خاک بیان شده است (Tinca et al., 2007). به‌طوری‌که *ازتوباکتر* و میکوریزا با اثرگذاری مثبت خود بر جذب عناصر ماکرو و ضروری نظیر N,P,K و عناصر میکرو نظیر Zn و Fe و نیز تأثیر روی بهبود توزیع آب در گیاه و افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز و تأثیر عمده در تولید هورمون‌های گیاهی و نقش مؤثر این هورمون‌ها در رشد گیاه باعث افزایش

عملکرد بیولوژیک گندم می‌شود (Rajaee et al., 2007; Beltrano & Ronoco, 2008).

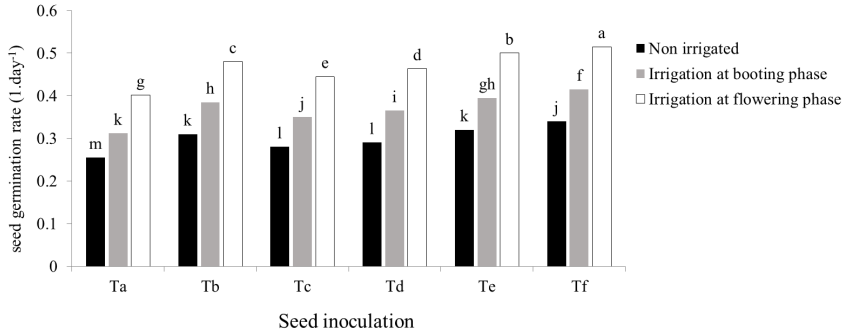
شاخص برداشت

آبیاری تکمیلی از نظر شاخص برداشت در ارقام گندم نتایج متفاوتی داشت بدین صورت که رقم N-80-20 تحت آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی باعث افزایش حدود چهار درصدی شاخص برداشت شد. از سوی دیگر آبیاری تکمیلی از نظر شاخص برداشت تأثیر معنی-داری روی رقم گنبد نداشت و از لحاظ آماری هر سه مرحله آبیاری تکمیلی این رقم در مورد صفت مذکور در یک گروه قرار گرفتند (جدول 4). از طرفی تلقیح بذرهای گندم سبب افزایش شاخص برداشت شد. به‌طوری‌که بوته‌های حاصل از تلقیح بذر با میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع و پودری بالاترین میزان شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول 2). همسو با نتایج این تحقیق پژوهشگران متعددی افزایش شاخص برداشت را تحت تأثیر انجام آبیاری تکمیلی در مرحله زایشی گزارش نموده‌اند (Tatari et al., 2012; Roustaii, 2015). از سوی دیگر تینگلو و همکاران (Tinglu et al., 2005) گزارش کردند که مناسب بودن شرایط رطوبتی در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه، موجب سبز ماندن برگ‌های بالایی (به‌ویژه برگ پرچم) شده و فتوسنتز و انتقال مواد به دانه را افزایش می‌دهد، که این امر در نهایت، می‌تواند منجر به افزایش شاخص برداشت در ارقام گندم گردد.

بررسی مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر

درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور ارقام گندم تحت تأثیر آبیاری تکمیلی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی کامل موجب تولید بذرهایی شد که درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشتند. اثرات مثبت آبیاری تکمیلی از نظر این شاخص‌ها در رقم N-80-20 بیش‌تر مشهود بود. به‌طوری‌که بذرهای حاصل از بوته‌های رقم N-80-20 که در مرحله گل‌دهی تحت آبیاری تکمیلی قرار گرفتند بالاترین درصد جوانه‌زنی را از خود نشان دادند و این بذرها با سرعت بالاتری نسبت به شاهد شروع به جوانه-زنی نمودند. (جدول 4). تلقیح بذر گندم با کودهای بیولوژیک سبب افزایش درصد جوانه‌زنی بذور حاصل شد. به‌طوری‌که بالاترین درصد جوانه‌زنی در تیمار تلقیح بذر با میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی بذر در شاهد حاصل شد (جدول 2). آبیاری تکمیلی در بوته‌های حاصل از بذرهای تلقیح شده با میکوریزا و *ازتوباکتر* باعث تولید بذرهایی با سرعت جوانه‌زنی بالا گردید. وقتی که بوته‌های حاصل از بذرهای تلقیح شده با میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع در مرحله گل‌دهی کامل مورد آبیاری تکمیلی قرار گرفتند، بذرهای تولید شده با سرعت بالاتری نسبت به شاهد شروع به جوانه‌زنی نمودند (شکل 4). طول گیاهچه و شاخص قدرت طولی گیاهچه به‌شدت تحت تأثیر تلقیح بذر و آبیاری تکمیلی قرار گرفتند. به‌طوری‌که آبیاری تکمیلی بوته‌های حاصل از بذرهای تلقیح شده با کودهای زیستی در مرحله گل‌دهی کامل موجب تولید گیاهچه‌های با طول بیش‌تر و هم‌چنین افزایش شاخص قدرت طولی گیاهچه‌ها گردید. به‌طوری‌که طویل‌ترین گیاهچه در تیمار تلقیح بذر با میکوریزا+*ازتوباکتر* مایع و پودری تحت آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و کوتاه‌ترین گیاهچه در شاهد (عدم تلقیح بذر و آبیاری تکمیلی) به‌دست آمد. بالاترین شاخص قدرت طولی با 35 درصد افزایش نسبت به شاهد به تیمار تلقیح بذر با میکوریزا+*ازتوباکتر* مایع و آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی تعلق داشت (شکل‌های 5 و 6). از سوی دیگر طول گیاهچه‌های حاصل و هم‌چنین شاخص قدرت طولی گیاهچه در رقم N-80-20 نسبت به رقم گنبد بالاتر بود (جدول 3). آبیاری تکمیلی ارقام گندم موجب تولید بذرهایی شد که در آزمون کیفیت بذر، وزن خشک گیاهچه بالاتری را از خود نشان دادند. رقم N-80-20 در مقایسه با رقم گنبد از نظر وزن خشک گیاهچه پاسخ مثبت‌تری به آبیاری تکمیلی داد. به‌طوری‌که بالاترین وزن خشک گیاهچه در رقم N-80-20 تحت آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی مشاهده شد (جدول 4). وزن خشک گیاهچه به‌شدت تحت تأثیر تلقیح بذر و آبیاری تکمیلی قرار گرفتند. به‌طوری‌که آبیاری تکمیلی بوته‌های حاصل از بذرهای تلقیح شده با کودهای زیستی در مرحله گل‌دهی کامل موجب تولید گیاهچه‌های سنگین‌تری گردید. به‌طوری‌که سنگین‌ترین گیاهچه در تیمار تلقیح بذر با میکوریزا+ *ازتوباکتر* مایع تحت آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی کامل و کم وزن‌ترین گیاهچه در شاهد (عدم تلقیح بذر و عدم آبیاری تکمیلی) به‌دست آمد (شکل 7). قرینه و همکاران (Gharine et al., 2005) اعلام داشتند که کمبود آب در مراحل تشکیل و رسیدگی بذر موجب کاهش کیفیت بذرهای تولید شده ارقام گندم می‌گردد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. چراکه محدودیت آب در زمان تشکیل بذر موجب کاهش ذخایر غذایی بذر و اختلال در رشد جنین می‌شود که در نهایت، کاهش شاخص‌های

سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر و هم‌چنین طول و وزن خشک گیاهچه را به دنبال خواهد داشت (Elias et al., 2006). تاکنون نتـایجی در مورد اثر *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزا بر کیفیـت جوانـه‌زنـی بـذر گنـدم صورت نگرفته است. امّا از آن‌جایی‌که بین قارچ میکوریزا و *ازتوبـاکتر* یک رابطه هم‌افزایی و تشدیدکنندگی وجود دارد که موجب مشارکت و افزایش فعالیت هر دو میکروارگانیسم در خاک مـی‌گـردد و سـپس از طریق جذب عناصر معدنی و به‌ویژه فسفر و نیتروژن میزان فتوسـنتز در ارقام گندم افزایش می‌یابد (Behl et al., 2006)، بنابراین، افزایش کیفیت جوانه‌زنی بذور تولیدی ارقام گندم را می‌توان به بهبـود جـذب این عناصر و عملکرد بهتر سیستم فتوسنتزی و انتقال مواد ذخیـره‌ای به‌سمت بذرها دانست.



شکل 4- برهم‌کنش اثر آبیاری تکمیلی و تلقیح بذرها روی سرعت جوانه‌زنی بذر گندم

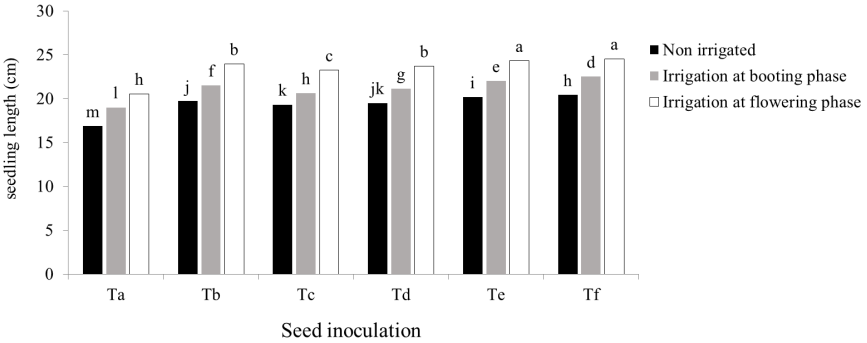
Fig. 4- Interaction of supplementary irrigation and seed inoculation on number of seed per spike of wheat

Ta: شاهد، Tb: *گلوموس اینترارادیسز*، Tc: *ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Td: *ازتوباکتر کروکوکوم* مایع، Te: *گلوموس اینترارادیسز* + *ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Tf: *گلوموس اینترارادیسز* + *ازتوباکتر کروکوکوم* مایع

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Ta: Control, Tb: *G. intraradices*, Tc: Powdery *A. chroococcum*, Td: Liquid *A. chroococcum*, Te: *G. intraradices* + Powdery *A. chroococcum*, Tf: *G. intraradices*+Liquid *A. chroococcum*

Means with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.



شکل 5- برهم‌کنش اثر آبیاری تکمیلی و تلقیح بذرها روی طول گیاهچه گندم

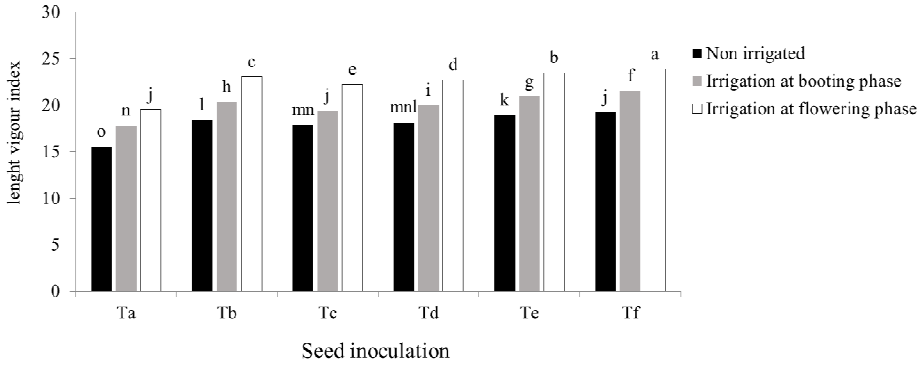
Fig. 5- Interaction of supplementary irrigation and seed inoculation on number of seed per spike of wheat

Ta: شاهد، Tb: *گلوموس اینترارادیسز*، Tc: *ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Td: *ازتوباکتر کروکوکوم* مایع، Te: *گلوموس اینترارادیسز* + *ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Tf: *گلوموس اینترارادیسز* + *ازتوباکتر کروکوکوم* مایع

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Ta: Control, Tb: *G. intraradices*, Tc: Powdery *A. chroococcum*, Td: Liquid *A. chroococcum*, Te: *G. intraradices* + Powdery *A. chroococcum*, Tf: *G. intraradices*+Liquid *A. chroococcum*

Means with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.



شکل 6- برهم‌کنش اثر آبیاری تکمیلی و تلقیح بذرها روی شاخص طولی قدرت گندم

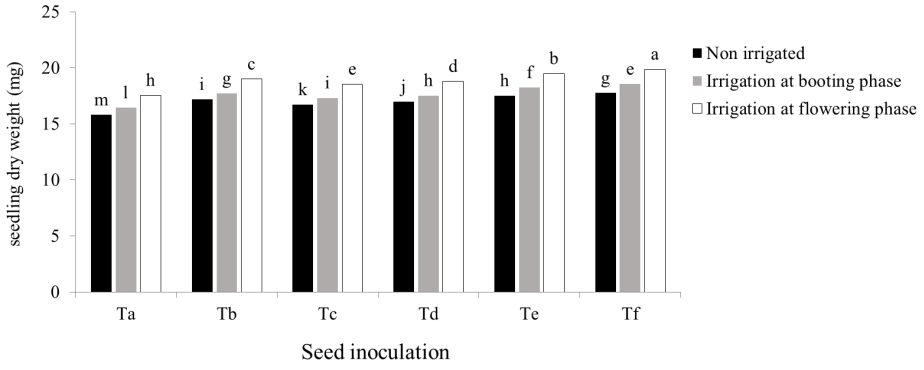
Fig. 6- Interaction of supplementary irrigation and seed inoculation on number of seed per spike of wheat

Ta: شاهد، Tb: *گلوموس اینترارادیسز*، Tc: *ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Td: *ازتوباکتر کروکوکوم* مایع، Te: *گلوموس اینترارادیسز* +*ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Tf: *گلوموس اینترارادیسز* +*ازتوباکتر کروکوکوم* مایع

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Ta: Control, Tb: *G. intraradices*, Tc: Powdery *A. chroococcum*, Td: Liquid *A. chroococcum*, Te: *G. intraradices* + Powdery *A. chroococcum*, Tf: *G. intraradices*+Liquid *A. chroococcum*

Means with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.



شکل 7- برهم‌کنش اثر آبیاری تکمیلی و تلقیح بذرها روی وزن خشک گیاهچه گندم

Fig. 7- Interaction of supplementary irrigation and seed inoculation on number of seed per spike of wheat

Ta: شاهد، Tb: *گلوموس اینترارادیسز*، Tc: *ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Td: *ازتوباکتر کروکوکوم* مایع، Te: *گلوموس اینترارادیسز* +*ازتوباکتر کروکوکوم* پودری، Tf: *گلوموس اینترارادیسز* +*ازتوباکتر کروکوکوم* مایع

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Ta: Control, Tb: *G. intraradices*, Tc: Powdery *A. chroococcum*, Td: Liquid *A. chroococcum*, Te: *G. intraradices* + Powdery *A. chroococcum*, Tf: *G. intraradices*+Liquid *A. chroococcum*

Means with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$, based on Duncan's multiple range test.

نتیجه‌گیری

تلقیح بذرهای گندم با *ازتوباکتر* و میکوریزا و انجام آبیاری تکمیلی در مرحله زایشی ارقام گندم اثر قابل توجهی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت جوانه‌زنی بذرهای گندم تولیدی داشت. انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و آبستنی موجب بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت جوانه‌زنی بذرهای تولیدی ارقام گندم شد. ترکیب توأم قارچ میکوریزا *گلوموس اینترارادیسز* و باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* اثر بهبود بیش‌تری بر عملکرد و اجزای عملکرد و هم‌چنین کیفیت بذرهای تولیدی داشت. رقم N-80-20 در مقایسه با رقم گنبد نسبت به تلقیح بذر و آبیاری تکمیلی به لحاظ صفات مورد مطالعه پاسخ بهتری را از خود نشان داد.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی و مالی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اعلام می‌دارند.

References

Ahemad, M., and Kibret, M., 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. Journal of King Saud University-Science 26: 1-20.

Amraei, B., Ardakani, M.R., Rafei, M., Paknejad, F., and Rejali, F., 2016. Effect of bio fertilizers (*Mycorrhiza* and *Azotobacter*) on yield and agronomic characteristics of different varieties of wheat. Journal of Agronomy and Plant Breeding 12: 1-16. (In Persian with English Summary)

Behl, R.K., Narula, N., Vasudeva, M., Sato, A., Shinano, T., and Osaki, M., 2006. Harnessing wheat genotype x *Azotobacter* strain interactions for sustainable wheat production in semi-arid tropics. Tropics 15: 121-133.

Beltrano, J., and Ronco, M.G., 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and re-watering by the arbuscular mycorrhiza fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Journal of Plant Physiology 20:29-37.

Blum, A., 2005. Drought resistance, water use efficiency, and yield potential are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. Australian Journal of Agricultural Research 56: 1159-1168.

Cakmakci, R.I., Donmez, M.F., and Erdogan, U., 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. Turkish Journal of Agriculture 31: 189-199.

Chen, J., 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or bio fertilizer for crop growth and soilfertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. Bangkok, Thailand. 16-20 October 2006, p. 1-11.

Chitarra, W., Pagliarani, C., Maserti, B., Lumini, E., Siciliano, I., Cascone, P., Schubert, A., Gambino, G., Balestrini, R., and Guerrieri, E., 2016. Insights on the impact of arbuscular mycorrhizal symbiosis on tomato tolerance to water stress. Plant Physiology 171: 1009-1023.

Elias, S.G., Garary, A., Schweitzer, L., and Hanning, S., 2006. Seed quality testing of native species. Native Plant Journal 7: 15-19.

Ellis, R.H., and Roberts, E.H., 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Science Technology 9: 373-409.

Food and Agriculture Organization (FAO)., 2016. The FAOSTAT Database. Available at Web site http://faostat.fao.org/default.aspx

George, R.A.T., 2009. Vegetable seed production. CABI Publishing, Cambridge.

Gharine, M.H., Bakhshande, A., and Ghassemi-Golezani, K., 2005. Study of drought stress and different harvest times on seed vigor and germination of wheat seeds under Ahvaz climate. Scientific Journal of Agriculture 27: 65-76. (In Persian with English Summary)

Ghorbani, M.H., and Porfarid A., 2008. The effect of salinity and sowing depth on wheat seed emergence. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 14: 1-8. (In Persian with English Summary)

Habibzadeh, Y., 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of drought stress on grain yield and yield components of mung bean (*Vigna radiata* L.) plants. International Journal of Sciences 4: 34-40.

Harris, H.C., 1991. Implications of climate variability. In: Harris, H.C., Cooper, P.J.M., and Pala, M. (Eds.) Soil and crop management for improved water use efficiency in rain-fed areas. Proceedings of an International Workshop, Ankara, Turkey, 1989, ICARDA, Alepo, Syria. 352 p.

HongBo, S., ZongSon, L., Ming-An S., Shi-Meng, S., and Zan-Min S., 2005. Investigation on dynamic changes of photosynthetic characteristics of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes during two vegetative-growth stages at water deficits. Colloids and Surface B: Biointerfaces 43: 221-227.

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

Jiriaie, M., Fateh, E., and Aynehband, A., 2014. Evaluation the morph physiological changes in wheat cultivars from the use of *Mycorrhiza* and *Azospirillum*. Iranian Journal of Field Crops Research 12: 841-851. (In Persian with English Summary)

Karimi, M.M., and Siddique, K.H.M., 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research 42: 13-20.

Kiani, A., and Nournia, A.A., 2015. An investigation of rainfall and supplementary irrigation productivity in some wheat cultivars. Journal of Water and Soil Conservation 21: 155-173. (In Persian with English Summary)

Malakouti, M.J., and Tehrani, M.M., 1999. Role of micronutrient in yield increasing and improvement quality of crops. Tarbiat Modarres University Publication, Tehran, Iran. (In Persian)

Maleki, A., Majidi-Heravan, M., Heidari Sharif Abad, H., and Nourmohamadi, G., 2009. Drought resistance of different bread wheat genotypes under irrigated and non-irrigated conditions. Agroecology Journal 5: 1-114. (In Persian with English Summary)

Millar, N.S., and Bennett, A.E., 2016. Stressed out symbioses: hypotheses for the influence of abiotic stress on arbuscular mycorrhizal fungi. Oecologia 182: 625-641.

Milosevic, N., Tintor1, B., Protic, R., Cvijanovic, G., and Dimitrijevic, T., 2012. Effect of inoculation with *Azotobacter chroococcum* on wheat yield and seed quality. Romanian Biotechnological Letters 17: 7352- 7357.

Oweis, T., 1997. Supplemental irrigation: a highly efficient water- use practice. ICARDA, Aleppo, Syria.

Pradhan, G.P., Xue, Q., Liu, S., Rudd, J.C., and Jessup, K.E., 2014. Effective use of soil water contributed to high yield in wheat in the US southern high plains. Journal of Arid Land Studies 24: 153-156.

Rajaee, S., Alikhani, H., and Urisi, F., 2007. Growth simulator effects of *Azotobacter* strains on growth, yield and nutrient uptake in wheat. Agricultural Science and Methods 41:285-296. (In Persian with English Summary)

Roustaii, M., 2015. Effect of supplementary irrigation on grain yield and some agronomic traits of bread wheat genotypes in Maragheh conditions of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 1: 1-31. (In Persian with English Summary)

SeyedSharifi, R., and Heidari, M.S., 2016. Effects of biofertilizers on growth indices and contribution of dry matter remobilization in wheat grain yield. Journal of Plant Research 28: 326-343. (In Persian with English Summary)

SeyedSharifi, R., Lotfollah, F., and Kamari, H., 2017. Evaluation of effects of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Psedomunas* inoculation and spraying of nitrogen on fertilizer use efficiency and growth of triticale. Journal of Soil Management and Sustainable 5: 115-132. (In Persian with English Summary)

Shahsavari, A., Pirdashti, H., Mottaghian, A., and TajickGhanbary, M., 2011. Response of growth characters and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) to co-inoculation of farmyard manure, *Trichoderma* spp. and *Psudomunas* spp. Journal of Agroecology 2: 448-458. (In Persian with English Summary)

Sharma, A.K., and Johri, B.N., 2002. Arbuscular mycorrhiza, interaction in plants, rhizosphere and soils. Oxford and IBH publishing, New Delhi.

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

Suri, V.K., Choudhary, A.K., Chander, G., and Verma, T.S., 2011. Influence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and applied phosphorus on root colonization in wheat and plant nutrient dynamics in a phosphorus-deficient acid alfisol of western Himalayas. Communications in Soil Science and Plant Analysis 42: 1177-1186.

Tari, A.F., 2016. The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-arid conditions. Agricultural Water Management 167: 1-10.

Tatari, M., Ahmadi, M.M., and Abbasi Ali Kamar, R., 2012. Effect of supplementary irrigation on growth and yield of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 10: 448-455 (In Persian with English Summary)

Tavakkoli, A., 2004. Effects of supplemental irrigation and nitrogen rates on yield and yield components of rainfed wheat cultivar Sabalan. Plant and Seed 19: 367-381. (In Persian with English Summary)

Tavakkoli, A.R., and Owise, T.Y., 2004. The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. Agricultural Water Management 65: 225-236.

Tinca, G., Munteanu, N., Paduraru, A., Podaru, M., and Teliban, G., 2009. Optimization of certain technological measure for hyssop (*Hysspus officinalis*) crops in the ecological condition. Revista Lucrări Ştiinţifice, Seria Agronomie 52: 86-89.

Tinglu, F., Stewart, B.A., William, A.P., Yong, W., Shangyou, S., Junjie, L., and Clay, A.R., 2005. Supplemental

irrigation and water-yield relationships for plasticulture crops in the LoessPlateau of China. Agronomy Journal 97: 177-188.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1309-1326

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1326-1309

Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Glomus intraradices* on Yield, Yield Components and Germination of Derived Seeds under Supplementary Irrigation in some of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties

A. Enayati[1], M. Barmaki[2*], R. Seyed Sharifi[3] and A. Gholizadeh[4]

Submitted: 19-02-2018
Accepted: 18-09-2018

Enayati, A., Barmaki, M., Seyed Sharifi, R. and Gholizadeh, A. 2020. Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Glomus intraradices* on yield, yield components and germination of derived seeds under supplementary irrigation in some of wheat varieties. Journal of Agroecology. 11 (4):1309-1326.

Introduction
Water shortage in terminal phases of wheat growth causes low-quality seeds in wheat. Extra use of chemical fertilizer has an adverse effect on the environment. Wheat (*Triticum aestivum* L.) is very important in Iran grown on 7 million ha of the total national cultivated; irrigated wheat farms accounting for 35% of the total wheat lands. It grows mainly during dry seasons, where irrigation is necessary because precipitation in the growing season is far less than the crop water requirement. Within the arid and semi-arid regions, water available is a major limitation for crop production. Wheat needs sufficient available water and nutrient to achieve optimum yields, quality, and adequate grain-protein content. In recent years, the water shortage has gradually increased in most of the countries mainly due to the annual increasing irrigation and dry climate. Therefore, the present study was undertaken to evaluate the effects of azotobacter and mycorrhiza fungus on yield and yield components of wheat varieties and quality of derived seeds under supplementary irrigation. The present study experiment was conducted as a factorial arranged in a randomized complete block design with three replications in the Research station of Gorgan (Iraqi Mahalle).

Materials and Methods
To evaluate the effect of azotobacter and mycorrihza application on yield, yield components and seed quality of wheat cultivars an experiment was carried out in the Research Station of Gorgan (Iraqi Mahalle). Experimental factors including two irrigated wheat varieties namely N-80-20 and Gonbad Cv., six levels of inoculations (1) non inoculated as control, (2) application of mycorrihza (*G. intraradices*), (3) inoculation with powdery *A.chroococcum*, (4) inoculation with liquid *A.chroococcum*, (5) inoculation with powdery *A.chroococcum+G. intraradices*, (6) inoculation with liquid *A.chroococcum+G. intraradices*, and three levels of supplementary irrigation (non-irrigated, irrigation at booting and irrigation at the full flowering stage). The studied traits were plant height, spike length, number of spikes, number of seed per spike, 1000-seed weight, seed yield, biologic yield, harvest index, seed germination percentage, seed germination rate, seedling length, seedling dry weight and length vigor index. For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were performed using SPSS and STATISTICA software. The graphs were drawn by excel software.

Results and Discussion
Results revealed that inoculation of wheat varieties with a combination of azotobacter and mycorrihza induced seed yield and yield components increment as well as quality improvement of derived seeds. Supplementary irrigation at full flowering phase had more positive effects on traits of wheat varieties. Considering the investigated characteristics, N-80-20 had a better response to seed inoculation and supplementary irrigation comparing to Gonbad cultivar. The maximum seed yield (5987.33 kg.ha^{-1}) was achieved with the application of mycorrihza + liquid azotobacter under supplementary irrigation at full flowering phase of wheat growth.
It seems that application of biological fertilizers and supplementary irrigation is an appropriate and low-cost method for increasing of yield and improvement of seed quality of wheat. Seed inoculation of N-80-20 cultivar with mycorrihza +

1, 2, 3 and 4- Ph.D. student of Seed Science and Technology, Associated Professor, Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil and Assistant Professor Department of Plant Production, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: m_barmaki@uma.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.71105

liquied azotobacter was increased the seed yield 10 percentage compared to control condition. Seed germination percentage and rate of wheat cultivars under supplementary irrigation was significantly increased. The maximum seed germination percentage (95.7%) was observed with the application of mycorrihza + liquied azotobacter. N-80-20 in compared to Gonbad cultivar was demonstrated better response regarding studied traits.

Conclusion
According to the results, in order to increase seed yield and improving seed quality, inoculation of seeds with a joint combination of azotobacter and mycorrihza along with supplementary irrigation at the full flowering stage of wheat could be recommended.

Keywords: Biologic fertilizer, Seed quality, Seed yield, Supplementary irrigation, Wheat cultivars