



## بررسی اثرات رژیم آبیاری و کود زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم آبی

شهرام امیدواری<sup>۱\*</sup>، نادر سلامتی<sup>۲</sup>، صمد عبدی<sup>۳</sup>

۱. استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۲. استادیار پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

۳. استادیار پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۰۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۰۴

### چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد در کشت گندم، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک بار خردشده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سراب چنگایی خرم‌آباد اجرا گردید. عامل اصلی شامل آبیاری در دو سطح ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و عامل فرعی، کود زیستی در چهار سطح شامل ازتوباکتر، مایکوریزا، ازتوباکتر + مایکوریزا و شاهد (بدون استفاده از کود زیستی) بودند. نتایج نشان داد اثر آبیاری و کود و هم‌چنین اثر متقابل کود و آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار است. تیمار ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A در تمام صفات برتری معنی‌داری نسبت به تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A داشت. در تیمار ۷۵ میلی‌متر تبخیر صفت طول سنبله ۷ درصد، وزن سنبله ۷/۷ درصد، تعداد دانه در سنبله ۶/۷ درصد، وزن هزاردانه ۷/۳ درصد، عملکرد دانه ۷/۱ درصد، عملکرد بیولوژیک ۷/۴ درصد نسبت به تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر افزایش نشان داد. کود ازتوباکتر + مایکوریزا در بین تیمارهای کودی تیمار برتر بود. به‌طوری‌که در این تیمار نسبت به تیمار شاهد صفت طول سنبله ۲۸/۶ درصد، وزن سنبله ۴۸/۳ درصد، تعداد دانه در سنبله ۵۶/۹ درصد، وزن هزاردانه ۳۹/۸ درصد، عملکرد دانه ۵۴/۴ درصد، عملکرد بیولوژیک ۵۱/۳ درصد و کارایی مصرف آب ۵۵/۷ درصد افزایش نشان داد. توصیه می‌شود سایر منابع کودی هم در منطقه مورد ارزیابی قرار گیرند و کارایی هر کدام از آن‌ها در افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب مورد سنجش قرار گیرد.

**کلیدواژه‌ها:** افزایش عملکرد، تبخیر، کارایی مصرف آب، کود زیستی، عملکرد بیولوژیک.

## Study on the Effects of Irrigation Regime and Biofertilizers on Yield and Yield Components of Irrigated Wheat

Shahram Omidvari<sup>1\*</sup>, Nader salamati<sup>2</sup>, Samad Abdi<sup>3</sup>

1. Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

2. Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

3. Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Lorestan Agricultural Education and Natural Resources. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khoramabad, Iran.

Received: June 25, 2019

Accepted: July 31, 2019

### Abstract

In order to investigate the effect of irrigation regime and biofertilizers on yield and yield components of irrigated wheat, an experiment has been conducted in a split-plot layout, based on randomized complete block design with three replications at Sarab Changai research station, Khoramabad, during 2014-2015 crop year. Irrigation intervals have been in two levels, including 75 and 150 mm evaporation from A-class evaporation pan, which were allocated to main plots. Moreover, biological fertilizers have been in four levels, namely Azotobacter, Micorhiza, Azotobacter + Micorhiza, and control (No fertilizer use), all allocated to the sub plots. Results show that the effect of irrigation intervals, biological fertilizer, and their interaction effects on determined characteristics have been significant. The 75 mm evaporation treatment from A-class evaporation pan has been superior over the 150 mm evaporation in all traits. In 75 mm evaporation spike length (7%), spike weight (7.7%), grain number in spike (6.7%), weight of one thousand grains (7.3%), grain yield (7.1%), and biological yield (7.4%) have surpassed the 150 mm evaporation. Azotobacter + Micorhiza fertilizer treatment has proven better than other fertilizer treatments. This treatment display an increase of 28.6% in the spike length, 48.3% in the spike weight, 56.9% in the number of seeds per spike, 39.8% in the 1000-grain weight, 54.4% in grain yield, 51.3% in biological yield, and 55.7% in water use efficiency, compared to the control. It is recommended that other fertilizer resources has to be evaluated in the region and their effectiveness on water use efficiency and yield increase, measured.

**Keywords:** Biological yield, biofertilizer, evaporation, water use efficiency, yield increase.

## ۱. مقدمه

گندم یکی از محصولات مهم و استراتژیک در جهان و منبع اصلی درآمد کشاورزان است. استفاده از راه‌کارهای متعدد برای افزایش عملکرد گندم و یا جلوگیری از کاهش آن به‌خصوص در شرایط نامساعد محیطی، می‌تواند نقش بسیار مؤثری در کاهش واردات این محصول و خودکفایی آن داشته باشد (Nabati & Sharifi, 2016).

یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی که عامل اصلی کاهش‌دهنده عملکرد گیاهان زراعی در سراسر جهان است تنش خشکی است (Sadras & Milro, 1996). این نوع تنش بسته به فصل و زمانی که واقع می‌شود، می‌تواند به‌صورت جدی به کاهش محصول گیاه منجر شود. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، گیاه در طول رشد خود با دوره‌های کم‌آبی روبه‌رو می‌شود و برای تولید عملکرد مناسب باید بتواند این دوره‌ها را تحمل کند (Emam & Niknejad, 2004). گیاه گندم در مراحل مختلف رشد و نمو نیاز به مقادیر متفاوتی آب دارد. اثر کم‌آبی در گیاه گندم به‌صورت علائم مشخصی نمایان می‌شود. این علائم‌ها به‌صورت کاهش ارتفاع بوته و طول ریشه، تأخیر در رسیدن گیاه، کاهش سطح برگ، تولید دانه و زیست توده مشاهده می‌شوند (Cakir, 2004).

ارتقای بهره‌وری آب با هدف تولید بیش‌تر با مصرف آب کمتر یکی از راه‌کارهای مؤثر در مدیریت آبیاری تحت شرایط کم‌آبی است و در مناطق کم‌آب لازم است برنامه‌ریزی آبیاری براساس حصول به حداکثر کارایی مصرف آب صورت گیرد و از مقدار آب صرفه‌جویی شده می‌توان برای آبیاری سایر اراضی استفاده نمود (Kiani & Raeisi, 2013). Baghani & Ghodsi (2004) در پژوهشی نشان دادند اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم معنی‌دار است. Kiani et al. (2004) نشان دادند با کاهش میزان آب آبیاری از طریق افزایش فاصله از

خط لوله فرعی آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای مقدار عملکرد، وزن دانه و تعداد غلاف گیاه سویا کاهش می‌یابد.

علاوه بر استفاده از رژیم آبیاری مناسب، یکی از راه‌کارهای مهم در جهت افزایش بهره‌وری آب استفاده از کودها و مواد حاصلخیزکننده خاک است. استفاده از کودهای زیستی نظیر مایکوریزا می‌تواند روابط آبی گیاه را تغییر دهد و مقاومت گیاه در مقابل خشکی را افزایش دهد (Song, 2005). این کودها در خاک‌های معدنی فاقد هوموس و فقیر از عناصر غذایی نقش مهمی در تغذیه گیاه ایفا می‌کنند و می‌توانند تحمل گیاه به تنش خشکی را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش دهند (Cooper & Tinker, 2003).

کودهای زیستی مواد حاصلخیزکننده‌ای هستند که حاوی یک یا چند جاندار خاکی مفید و یا فرآورده‌های این موجودات هستند (Zahir et al., 2004). میکروارگانیسم‌های همیار ریشه مانند: ازتوباکتر، آزوسپریلوم که در ریزوسفر یافت می‌شوند، نقش مهمی در افزایش حلالیت و فراهمی عناصر کم‌مصرف و نامحلول خاک دارند و در سال‌های اخیر در راستای کشاورزی پایدار و حفظ اکوسیستم‌های کشاورزی استفاده از میکروارگانیسم‌های همزیست و همیار برای افزایش رشد و جذب عناصر غذایی از راه‌کارهای مهمی است که در جهت حفظ محیط زیست و صرفه اقتصادی، توصیه می‌شود (Marschner, 1995).

همزیستی گیاهان با میکوریزا، به‌خصوص میکوریز آربوسکولار، پس از همزیستی تیره نخود با ریزوبیوم‌ها، یکی از مهم‌ترین ارتباطاتی است که بین گیاهان و قارچ‌ها وجود داشته و برای افزایش رشد و جذب عناصر مورد توجه می‌باشد. میکوریز آربوسکولار به‌طور عمده رشد گیاهان را با بالابردن جذب عناصر غذایی و آب افزایش می‌دهند (Smith & Read, 1997).

مصرف کودهای زیستی می‌تواند نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش دهد و اثرات زیست‌محیطی این کودها

زیستی موجودات خاک‌زی کاهش یابد و جمعیت موجودات مفید مانند باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت به شدت تقلیل پیدا کند، لذا توسعه استفاده از کودهای زیستی برای تولید گیاهان زراعی که قدرت رقابت گیاه را افزایش می‌دهد و فاقد خطرات آلودگی زیست‌محیطی می‌باشند در حال حاضر ضروری است.

در استان لرستان سالیانه ۹۰ تا ۱۰۰ هزار هکتار گندم آبی (متوسط عملکرد حدود ۳ تن در هکتار) کشت می‌شود. این در حالی است که کیفیت خاک و وضعیت اقلیمی استان به گونه‌ای است که انتظار عملکردهای چند برابر را می‌توان داشت. این موضوع با توجه به عملکرد محصول در طرح‌های تحقیقاتی، کاملاً به اثبات رسیده است. دلیل عملکرد پایین گندم آبی استان به طور عمده به خاطر اجرا نکردن بهینه عملیات به‌زراعی می‌باشد. مصرف کودهای زیستی در استان لرستان هنوز به طور گسترده در بین کشاورزان رایج نیست، لذا این مطالعه به منظور بررسی اثر کودهای زیستی در رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم صورت گرفت.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲.۱. محل انجام تحقیق

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سراب چنگایی خرم‌آباد طی سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ اجرا شد. محل اجرای آزمایش دارای طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی، اقلیم معتدل، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷۱ متر و متوسط بارندگی سالانه ۵۱۶ میلی‌متر است.

### ۲.۲. طرح آزمایشی انجام شده

آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. دور

را تقلیل دهد. این کودها می‌توانند نقش مؤثری در تثبیت نیتروژن هوا و تولید مواد تحریک‌کننده رشد گیاه داشته باشند (Saini *et al.*, 2004). کودهای زیستی مانند ازتوباکتر و میکوریزا در ریزوسفر گیاهان می‌توانند از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، افزایش سلامت ریشه از طریق رقابت با جانداران بیماری‌زا رشد گیاهان را افزایش دهند (Daneshmand *et al.*, 2012). Pandya *et al.* (2017) گزارش کردند که استفاده از کود زیستی همراه اوره علاوه بر افزایش رشد ریشه، اندام هوایی و عملکرد گندم، میزان فسفر، پتاسیم قابل استفاده خاک و کارایی مصرف کودهای نیتروژنی را نیز افزایش می‌دهد. Hassanpour & Zand (2014) در پژوهشی روی نقش تلقیح بذر گندم با کودهای زیستی در کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی نشان دادند که مایکوریزا بیش‌تر از باکتری ازتوباکتر بر عملکرد مؤثر است.

در پژوهش آن‌ها میانگین عملکرد برای قارچ میکوریزا ۶۴۶۳، برای ازتوباکتر ۶۱۲۹ و برای شاهد ۵۴۳۷ کیلوگرم در هکتار بود. نتیجه پژوهش (Namarvari *et al.*, 2014) نشان داد کاربرد کود دامی مخلوط با کود زیستی در شرایط تنش خشکی بیش‌ترین تأثیر را در میزان کلروفیل برگ پرچم گندم دارد و به طور معنی‌دار عملکرد را نسبت به کود شیمیایی و زیستی به تنهایی افزایش می‌دهد. نتیجه پژوهش Namvar & Khandan (2013) نشان داد ترکیب کودهای شیمیایی و زیستی بیش‌ترین اثر را بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای پروتئین دانه گندم دارد. Singh & Parasad (2011) در مطالعه‌ای روی اثر کودهای زیستی بر رشد و قابلیت تولید گندم نشان دادند که استفاده از کود زیستی به طور معنی‌دار ارتفاع گیاه، پنجه‌زنی، عملکرد و وزن هزاردانه را افزایش می‌دهد.

در گذشته استفاده زیاد از کودهای نیتروژنی، استفاده از سموم مختلف و سیستم تک‌کشتی باعث شده تنوع

علف‌های هرز و آبیاری براساس عرف منطقه و مصرف کود سرک به نحو مطلوب به‌طور یکنواخت بر تیمارها اعمال شد. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ از علف‌کش تری‌بنورون‌متیل (گرانستار) به میزان ۲۰ گرم درهکتار و برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ از علف‌کش کلودینافوپ پروپازریل (تاپیک) در مرحله پنجه‌دهی به میزان یک لیتر در هکتار با سم‌پاش پشت تراکتوری (Agrotak، ایران) استفاده شد. اعمال تیمارهای آبیاری پس از آبیاری اول و حصول اطمینان از سبزشدن یکنواخت مزرعه انجام شد. بعد از سبزشدن کامل مزرعه میزان تبخیر از طریق استعلام از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک خرم‌آباد یادداشت شده و در میزان‌های مشخص تبخیر از تشت کلاس A با نمونه‌برداری از خاک و تعیین رطوبت موجود، جهت رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه مقدار آب مورد نیاز در تیمارهای مربوطه براساس رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$I_n = \frac{(F_c - a_i) \cdot D \cdot b}{100} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن  $I_n$ : عمق آب آبیاری بر حسب میلی‌متر،  $F_c$ : رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (درصد وزنی)،  $a_i$ : رطوبت خاک قبل از آبیاری (درصد وزنی)،  $D$ : عمق ریشه بر حسب میلی‌متر (برای گندم ۶۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد)،  $b$ : جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) (Choukan, 2015).

برای اندازه‌گیری رطوبت در طول فصل رشد براساس مرحله رشدی گیاه از عمق سطحی (حدود ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری از سطح خاک) در مراحل ابتدای رشد و سپس از اعماق پایین‌تر تا زمان انتهایی رشد از سرتاسر عمق ۶۰-۰ اندازه‌گیری رطوبت انجام شد. در هر بار درصد رطوبت خاک در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر تعیین و میزان آب موردنیاز برای هر کرت محاسبه و به‌وسیله کنتور (کنتور دو اینچی ایران انشعاب،

آبیاری در دو سطح (آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A و آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت کلاس A) در کرت‌های اصلی و کود زیستی در چهار سطح (ازتوباکتر، مایکوریزا، ازتوباکتر+ مایکوریزا و شاهد) به‌صورت بذرمال در کرت‌های فرعی مقایسه گردید. بدین منظوراتدا پس از بارندگی پاییزه در آبان‌ماه اقدام به شخم با گاو آهن (GAK-PF-14-4، ایران) و دیسک (مدل GAK-OTO-R-94، ایران) و تسطیح زمین (ایران دیسک مدل ID-LVR-01، ایران) موردنظر شد. تهیه زمین شامل دو بار شخم عمود بر هم، دو بار دیسک و مال‌بود. قبل از کاشت یک نمونه مرکب از خاک محل آزمایش برداشت شد و براساس آزمون خاک کودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسه و توصیه کارشناس تغذیه بخش خاک و آب، کود سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به مقدار ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار هم‌زمان با آماده‌سازی زمین به کمک کودپاش سانتریفیوژی (GAK-NORDAGRI، ایتالیا) در سطح خاک به‌طور یکنواخت پخش شد و به‌وسیله دیسک سبک با خاک مخلوط گردید. کود نیتروژنه به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره (در دو نوبت نصف مقدار قبل از کاشت و نصف مقدار به‌صورت سرک در مرحله ساقه‌دهی) مصرف شد.

اندازه هر کرت ۱۰۰۰ مترمربع و میزان بذر ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از رقم چمران ۲ بود که به‌کمک دستگاه خطی کار (GAK-LS-3M، ایران) بر روی پشته انجام شد. در این آزمایش کرت اصلی به چهار قطعه مساوی تقسیم و تیمارهای کودی شامل ۱- کودزیستی ازتوباکتر، ۲- کودزیستی میکوریز، ۳- کودترکیبی ازتوباکتر و میکوریز، ۴- شاهد (بدون استفاده از مایه تلقیح کودهای زیستی) به‌صورت بذر مال (یک لیتر کود به‌ازای ۱۰۰ کیلوگرم بذر) اعمال شد. کلیه مراقبت‌های زراعی اعم از مبارزه با

نشان داده شده است. آمار روزانه بارندگی و تبخیر از تشتت کلاس A از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک خرم‌آباد استعمال گردید. تبخیر جمعی ماهانه از تاریخ ۱۴ آبان‌ماه ۱۳۹۲ تا ۲۸ خردادماه ۱۳۹۳ در سال انجام آزمایش، در جدول (۳) و آمار تبخیر و بارندگی روزانه در سال اجرای پژوهش در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است. در شکل‌های (۳) و (۴)، عمق آب آبیاری که در سال انجام آزمایش از رطوبت وزنی خاک محاسبه گردیده و از طریق کنتور به هر کرت فرعی داده شده، نشان داده شده است. در تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتت کلاس A به ترتیب ۵ و ۳ نوبت آبیاری انجام گردید. مجموع عمق‌های آب آبیاری مربوط به تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتت کلاس A به ترتیب ۲۸۶ و ۲۰۲ میلی‌متر که با احتساب بارندگی مؤثر به ترتیب ۶۱۸/۵ و ۵۳۴/۵ میلی‌متر بودند.

کارایی مصرف آب از تقسیم عملکرد بر مجموع آب مصرف‌شده توسط آبیاری و بارندگی مؤثر محاسبه شد (رابطه ۲). بارندگی مؤثر از معادله SCS (رابطه ۳) تعیین شد (Sepahvand, 2009).

$$\text{WUE} = Y / (\text{Pe} + \text{Ir}) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\text{Pe} = P \times (125 - (0.2 \times P)) / 125 \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در این روابط، WUE کارایی مصرف آب ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )، Y عملکرد دانه ( $\text{kg}$ )، Pe بارندگی مؤثر ( $\text{mm}$ )، Ir عمق آبیاری ( $\text{mm}$ ) و P بارندگی ماهیانه ( $\text{mm}$ ) می‌باشد. در رابطه (۲) مقدار Pe محاسبه شده برحسب میلی‌متر، در عدد ۱۰ ضرب شده تا واحد آن به مترمکعب بر هکتار تبدیل شود.

ساخت ایران) در هر کرت اعمال شد. بعد از سبز شدن کامل مزرعه در روزهایی که مجموع تبخیر از تشتت کلاس A به ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌متر می‌رسید، با نمونه‌برداری از خاک و تعیین رطوبت موجود، جهت رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه مقدار آب مورد نیاز با توجه به مساحت هر کرت فرعی حجم آب آبیاری محاسبه و به‌وسیله کنتور به هر کرت فرعی داده شد.

پس از رسیدگی اقتصادی، پس از حذف حاشیه، به کمک کادر یک مترمربعی از تیمارهای مختلف به مساحت ۱۰ مترمربع از نقاط مختلف به‌طور تصادفی برداشت و عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، سایر اجزای عملکرد شامل وزن سنبله، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد دانه اندازه‌گیری و به‌کمک نرم‌افزار آماری (MSTATC (ver. 2.1 و SAS (ver. 9.3) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

در پایان آزمایش، تجزیه واریانس براساس موازین طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی صفات موردنظر انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. پارامترهای مختلف اندازه‌گیری و محاسبه شده با ضریب همبستگی پیرسون مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در مدت اجرای آزمایش، حجم آب آبیاری با در نظر گرفتن کنتور حجمی در ابتدای هر تیمار آبیاری ثبت و تعیین گردید.

از آب آبیاری در طول فصل نمونه آب تهیه شد و جهت اندازه‌گیری‌های کیفی به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج آزمایش‌های آب و خاک در جدول‌های (۱) و (۲)

جدول ۱. نتایج تجزیه نمونه آب

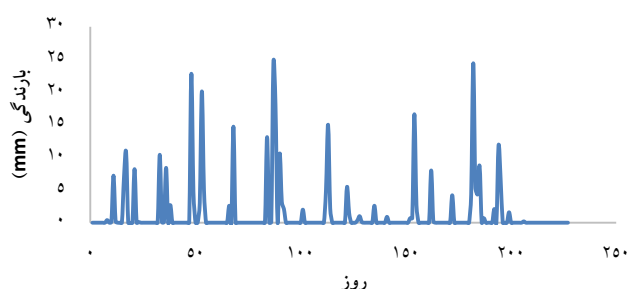
ردیف	EC ( $\mu\text{S}/\text{m}$ )	pH	SAR	کاتیون‌ها (meq/l)			آنیون‌ها (meq/l)		
				Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>
۱	۵۴۰	۷/۷	۰/۱۴	۴	۱/۱	۰/۲۳	۳/۴	۰/۵	۰/۶۵

جدول ۲. نتایج تجزیه نمونه خاک آزمایش قبل از کاشت

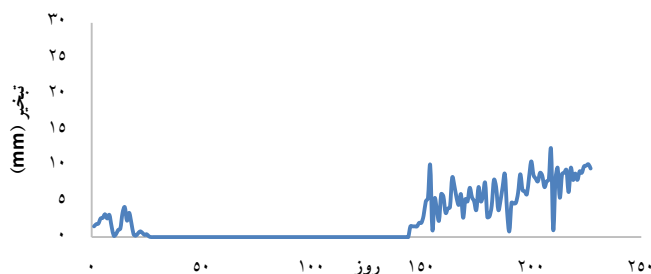
سال	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش گل اشباع	درصد کربن آلی	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	رطوبت ظرفیت زراعی (%)	بافت خاک
۱۳۹۳	۰/۴۳	۷/۸	۰/۴۶	۱۰	۴۲۰	۲۵	رسی سیلتی

جدول ۳. تبخیر تجمعی از تشت کلاس A در ماه‌های انجام آزمایش (میلی‌متر) (از ۱۴ آبان‌ماه ۱۳۹۲ تا ۲۸ خردادماه ۱۳۹۳)

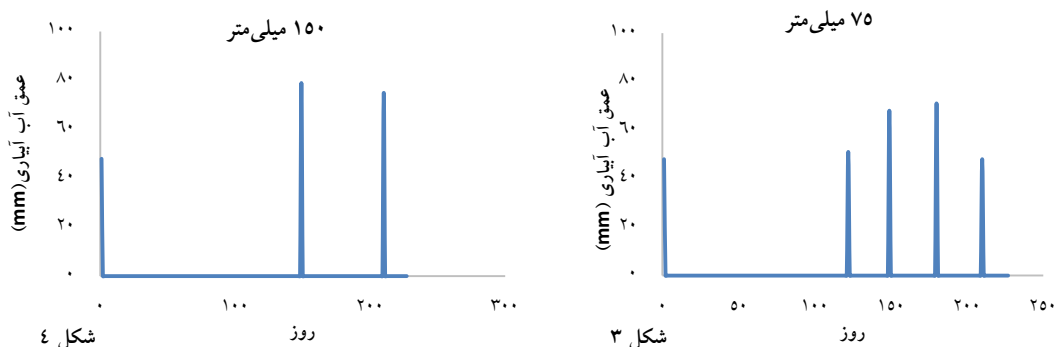
آبان ۹۲	آذر ۹۲	دی ۹۲	بهمن ۹۲	اسفند ۹۳	فروردین ۹۳	اردیبهشت ۹۳	خرداد ۹۳	مجموع
۳۷/۰	۵/۳	-	-	-	۱۰۱/۰	۱۷۰/۶	۲۳۸/۳	۵۵۲/۲



شکل ۱. بارندگی از تشت کلاس A روزانه (از ۱۴ آبان‌ماه ۱۳۹۲ تا ۲۸ خردادماه ۱۳۹۳)



شکل ۲. تبخیر از تشت کلاس A روزانه (از ۱۴ آبان‌ماه ۱۳۹۲ تا ۲۸ خردادماه ۱۳۹۳)



شکل‌های ۳ و ۴. عمق آب در تیمارهای آبیاری و نوبت‌های آبیاری (از ۱۴ آبان‌ماه ۱۳۹۲ تا ۲۸ خردادماه ۱۳۹۳)

### ۳. نتایج و بحث

با ازتوباکتر و مایکوریزا به صورت منفرد و توأم سبب افزایش معنی دار تعداد سنبله بارور گندم در واحد سطح می شود هم چنین حداکثر وزن هزاردانه از تیمار تلقیح با ازتوباکتر و تلقیح توأم هر دو ریزجاندار حاصل می شود.

مقایسه میانگین تیمارهای سطوح آبیاری نشان داد که تیمار ۷۵ میلی متر تبخیر از تشت کلاس A در تمام صفات برتری معنی داری نسبت به تیمار ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشت کلاس A دارد، به طوری که در شاخص های طول سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب تیمار ۷۵ میلی متر تبخیر از تشت کلاس A به ترتیب با مقادیر ۷/۶ سانتی متر، ۱/۹۷ گرم، ۳۰/۱ دانه، ۴۳/۸ گرم، ۵۵۰۴/۲ کیلوگرم در هکتار، ۱۲۸۲۷/۵ کیلوگرم در هکتار و ۰/۸۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب تیمار برتر بود (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری و کود بر صفات طول سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب در سطح ۱ درصد معنی دار است. اثر متقابل آبیاری و کود بر صفات طول سنبله، وزن سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در سطح ۱ درصد و بر صفات تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۴).

Ghods et al. (1998) نشان دادند تیمارهای مختلف آبیاری اثر معنی داری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم شامل وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی دارد. نتایج پژوهش Bahrani et al. (2010) نشان دادند تلقیح بذر گندم

جدول ۴. نتایج میانگین مربعات تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب گندم در تیمارهای آزمایشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول سنبله	وزن سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	کارایی مصرف آب
تکرار	۲	۹/۶۵۷ns	۸/۲۲۳ns	۲۲/۱۱ns	۲۱/۸۲ns	۶۸۳۴۶۲/۲ns	۱۰۱۸۴۳۰/۹ns	۰/۰۲۱ns
آبیاری	۱	۱/۷۹۹**	۰/۱۰۸**	۲۴/۱۰**	۵۵/۰۲**	۸۰۱۳۵۸/۷**	۴۶۴۴۶۴۰/۲**	۰/۰۳۱**
خطای الف	۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	۰/۱۳	۳۳۶۱/۴	۱۲۸۰/۳	۰/۰۰۰
کود	۳	۳/۴۵۸**	۰/۵۳۹**	۱۷۳/۲۰**	۲۱۲/۱۶**	۵۱۲۱۲۵۶/۴**	۲۳۸۰۱۰۹/۱**	۰/۱۶۱**
آبیاری × کود	۳	۰/۶۹۷**	۰/۰۳۸**	۸/۱۶*	۲۰/۰۰**	۲۶۹۸۴۱/۱**	۱۶۷۱۹۰۸/۲*	۰/۰۱۴**
خطای ب	۳۶	۰/۰۸۰	۰/۰۰۵	۱/۷۹	۳/۱۶	۴۵۱۵۱/۶	۴۴۴۴۶۳/۶	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات	-	۳/۸۴	۳/۸۲	۴/۵۸	۴/۲۰	۴/۰۰	۵/۳۷	۳/۹۲

ns: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنی دار. \*, \*\*, \*\*\*: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱، ۵ و ۱۰ درصد.

جدول ۵. مقایسه میانگین برخی صفات کمی و کارایی مصرف آب در تیمارهای آزمایشی دور آبیاری

دور آبیاری	طول سنبله (cm)	وزن سنبله (gr)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (gr)	عملکرد دانه (Kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (Kg/ha)	کارایی مصرف آب (Kg/m <sup>3</sup> )
۷۵ میلی متر تبخیر	۷/۶a	۱/۹۷a	۳۰/۱a	۴۳/۸a	۵۵۰۴/۲a	۱۲۸۲۷/۵ a	۰/۸۹۰b
۱۵۰ میلی متر تبخیر	۷/۱b	۱/۸۳b	۲۸/۲b	۴۰/۸b	۵۱۳۸/۸b	۱۱۹۴۷/۷b	۰/۹۶۱a

درصد، عملکرد بیولوژیک ۵۱/۳ درصد و کارایی مصرف آب ۵۵/۷ درصد افزایش نشان می‌دهد. در پژوهش Amraei (2018) عملکرد و خصوصیات زراعی گندم تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر قرار گرفت و افزایش معنی‌داری را نشان داد.

در واقع کودهای زیستی توانایی تبدیل عناصر غذایی از فرم غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس را دارند. این موجودات از طریق مکانیسم‌های مختلفی مانند تثبیت نیتروژن، تبدیل فسفات معدنی به آلی، آزاد کردن متابولیت‌ها و انواع هورمون‌های رشد گیاهی باعث افزایش تحریک رشد گیاهان و توسعه سیستم ریشه‌ای آن‌ها می‌شوند و جذب آب و عناصر غذایی در گیاه را بهبود می‌بخشند (Yadegari et al., 2010).

مقایسه میانگین صفات در اثرات متقابل آبیاری و کود نشان داد که تیمار ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تحت کلاس A و کود ازتوباکتر+ میکوریزا در شاخص‌های طول سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب به ترتیب با مقادیر ۸/۲ سانتی‌متر، ۲/۲۷ گرم، ۳۵/۳ دانه، ۴۸/۶ گرم، ۶۳۱۶/۷ کیلوگرم در هکتار، ۱۴۶۰۶/۷ کیلوگرم در هکتار و ۱/۰۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب تیمار برتر بود (جدول ۷).

همان‌طورکه مشاهده می‌شود در تیمار ۷۵ میلی‌متر تبخیر صفت طول سنبله ۷ درصد، وزن سنبله ۷/۷ درصد، تعداد دانه در سنبله ۶/۷ درصد، وزن هزاردانه ۷/۳ درصد، عملکرد دانه ۷/۱ درصد، عملکرد بیولوژیک ۷/۴ درصد نسبت به تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر افزایش نشان داده است (جدول ۵). به‌طورکلی عواملی مانند کندی رشد ساقه و ریشه، افزایش تنفس نوری و یا کاهش مواد فتوسنتزی ساخته‌شده در واحد سطح برگ در شرایط تنش خشکی از دلایل افت عملکرد می‌باشد (Moemeni et al., 2008).

مقایسه میانگین صفات تیمارهای کودی نشان داد که کود ازتوباکتر+ میکوریزا در شاخص‌های طول سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب به ترتیب با مقادیر ۸/۱ سانتی‌متر، ۲/۲۴ گرم، ۳۵/۰ دانه، ۴۸/۱ گرم، ۶۲۵۳/۵ کیلوگرم در هکتار، ۱۴۴۶۰/۶ کیلوگرم در هکتار و ۱/۰۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب تیمار برتر بود (جدول ۶). همان‌طورکه مشاهده می‌شود در تیمار ازتوباکتر+ میکوریزا نسبت به تیمار شاهد صفت طول سنبله ۲۸/۶ درصد، وزن سنبله ۴۸/۳ درصد، تعداد دانه در سنبله ۵۶/۹ درصد، وزن هزاردانه ۳۹/۸ درصد، عملکرد دانه ۵۴/۴

جدول ۶. مقایسه میانگین برخی صفات کمی و کارایی مصرف آب در تیمارهای آزمایشی کود زیستی در گندم

کود	طول سنبله (cm)	وزن سنبله (gr)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (gr)	عملکرد دانه (Kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (Kg/ha)	کارایی مصرف آب (Kg/m <sup>3</sup> )
ازتوباکتر	۷/۳ b	۱/۹۰ b	۲۸/۲ c	۴۱/۴ b	۵۴۰۱/۱ b	۱۱۶۵۹/۱ b	۰/۹۴۱ b
میکوریزا	۷/۷ ab	۱/۹۴ ab	۳۱/۲ b	۴۵/۳ a	۵۵۸۱/۷ b	۱۳۴۷۱/۵ a	۰/۹۷۲ b
ازتوباکتر+ میکوریزا	۸/۱ a	۲/۲۴ a	۳۵/۰ a	۴۸/۱ a	۶۲۵۳/۵ a	۱۴۴۶۰/۶ a	۱/۰۹۰ a
شاهد	۶/۳ c	۱/۵۱ c	۲۲/۳ d	۳۴/۴ c	۴۰۴۹/۵ c	۹۹۵۹/۱ c	۰/۷۰۰ c

اعداد با حروف مشابه در هر ستون باهم اختلاف آماری معنی‌دار ندارند.



جدول ۷. مقایسه میانگین برخی صفات کمی و کارایی مصرف آب (مقایسه اثرات متقابل دور آبیاری و کود زیستی)

اثر متقابل تیمارها		طول سنبله وزن سنبله تعداد دانه وزن هزاردانه عملکرد دانه عملکرد بیولوژیک کارایی مصرف آب					
دور آبیاری	کود	(cm)	(gr)	در سنبله	(gr)	(Kg/ha)	(Kg/ha)
ازتوباکتر	۷/۴ab	۷/۹۳b	۲۸/۷cd	۴۲/۱cd	۵۴۸۳/۳b	۱۱۸۳۶/۷c	۰/۸۸۷c
۷۵ میلی متر	مایکوریزا	۷/۸ abc	۱/۹۷b	۳۱/۷b	۴۶/۰ab	۵۶۶۶/۷b	۰/۹۱۶c
تبخیر	ازتوباکتر+ مایکوریزا	۸/۲a	۲/۲۷a	۳۵/۳a	۴۸/۶a	۶۳۱۶/۷a	۱/۰۲۱b
شاهد		۷/۱d	۱/۷۰c	۲۵/۰e	۳۸/۶e	۴۵۵۰/۰c	۰/۷۳۶d
ازتوباکتر	۷/۲d	۱/۸۸b	۲۷/۸d	۴۰/۸de	۵۳۱۸/۸b	۱۱۴۸۱/۶ c	۰/۹۹۵b
۱۵۰ میلی متر	مایکوریزا	۷/۶bcd	۱/۹۱b	۳۰/۷bc	۴۴/۶bc	۵۴۹۶/۷b	۱/۰۲۸b
تبخیر	ازتوباکتر+ مایکوریزا	۸/۰ab	۲/۲۲a	۳۴/۶a	۴۷/۶ab	۶۱۹۰/۳a	۱/۱۵۸a
شاهد		۵/۶e	۱/۳۳d	۱۹/۵f	۳۰/۱f	۳۵۴۹/۰d	۰/۶۶۴d

اعداد با حروف مشابه در هر ستون با هم اختلاف آماری معنی دار ندارند.

بیش تری دارند و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید می کنند. در واقع قارچ میکوریزا باعث تنظیم اسمزی گیاه میزبان و بهبود تماس ریشه با ذرات خاک می گردد و گیاه قادر می شود آب را از منافذ ریز خاک خارج کند (Ortas et al., 2011). از طرف دیگر باکتری های ازتوباکتر در تأمین نیتروژن گیاه نقش به سزایی دارند و باعث توسعه ریشه گیاه و جذب بهتر آب و عناصر غذایی می شوند. نتایج پژوهش Abotalebian & Khalili (2014) نشان داد در شرایط تنش شدید خشکی کاربرد توأم میکوریزا و باکتری تثبیت کننده نیتروژن ریزوبیوم در مقایسه با عدم تلقیح باعث افزایش معنی دار عملکرد گیاه سویا شد.

نتایج جدول ضریب همبستگی پیرسون نشان می دهد عملکرد و اجزای عملکرد روندی هم راستا و معنی دار در سطح ۱ درصد را نشان می دهند. به عبارت دیگر، هرچه اجزای عملکرد از جمله طول سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، افزایش یابند، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب نیز افزایش پیدا می کنند و برعکس (جدول ۸). این نتایج با نتیجه پژوهش (2014) Mohamadi و (2019) Samsami et al. مطابقت دارد.

همان طور که مشاهده می شود در تیمار ۷۵ میلی متر تبخیر از تحت کلاس A و کود ازتوباکتر+مایکوریزا نسبت به تیمار شاهد صفت طول سنبله ۱۵/۵ درصد، وزن سنبله ۳۳/۵ درصد، تعداد دانه در سنبله ۴۱/۲ درصد، وزن هزاردانه ۲۵/۹ درصد، عملکرد دانه ۳۸/۸ درصد، عملکرد بیولوژیک ۳۰/۵ درصد و کارایی مصرف آب ۳۸/۷ درصد افزایش نشان می دهد. در هر دو وضعیت رطوبتی تیمارهای کود زیستی نسبت به شاهد اختلاف معنی دار دارد. عملکرد دانه در هر دو رژیم آبیاری در تیمار ازتوباکتر+مایکوریزا بیشترین مقدار را دارد و بین این دو اختلاف معنی دار وجود ندارد. مطالعه اثر کم آبی که از یک سو باعث صرفه جویی در مصرف آب و از سوی دیگر بر کاهش عملکرد اثر معنی دار نداشته باشد توسط عده ای زیادی از پژوهشگران صورت گرفته است (Welong et al., 2004). کودهای زیستی با تولید ماده آلی می توانند فعالیت سایر ریزجانداران خاک را نیز افزایش دهند و به طور قابل ملاحظه ای ساختمان خاک را بهبود بخشند. در خاک های با ساختمان خوب آب بیش تری ذخیره می شود و در نتیجه کارایی مصرف آب گیاه بالا می رود (Biyari et al., 2008). به طور کلی، گیاهان همزیست با میکوریزا نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی پتانسیل آب برگ و هدایت روزنه ای

جدول ۸. ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای شاخص‌های اندازه‌گیری شده

کارایی مصرف آب	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	تعداد دانه	وزن سنبله	طول سنبله
(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/ha)	(kg/ha)	(gr)	در سنبله	(gr)	(cm)
۰/۷۶۱۲**	۰/۸۱۷۶**	۰/۸۹۶۸*	۰/۹۰۸۲**	۰/۹۰۹۵**	۰/۹۱۲۶**	۱
۰/۸۵۲۸**	۰/۷۶۸۷**	۰/۹۴۹۸**	۰/۹۰۳۱**	۰/۸۹۰۹**	۱	۱
۰/۸۴۳۲**	۰/۸۵۶۵**	۰/۹۳۱۳**	۰/۹۵۵۸**	۱	۱	۱
۰/۸۵۷۰**	۰/۹۰۹۰**	۰/۹۶۹۳**	۱	۱	۱	۱
۰/۹۰۵۵**	۰/۸۶۹۳**	۱	۱	۱	۱	۱
۰/۷۶۷۰**	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

\*\* و \* : معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

### ۶. منابع

- Abotalebian, M. A. & Khalili, M. (2014). Effect of arbuscular mycorrhiza and Bradyrhizobium japonicum on soybean yield and yield components under water stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 45(2), 169-181. DOI: 10.22059/IJFCS.2014.51896. (in Persian)
- Amraei, B., Ardakani, M.R., Rafei, M., Paknejad, F. & Rejali, F. (2018). Effect of biofertilizer (Mycorrhizal and Azotobacter) application on yield and some agronomic characters of wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) under dry land conditions of Khorramabad, Lorestan province. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 12(2), 1-17.
- Baghani, J. & Ghodsi, M. (2004). Effect of irrigation intervals on yield of wheat cultivars. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 5(19), 1-14. (in Persian)
- Bahrani, A., Pourreza, J. & Hagh Joo, M. (2010). Response of Winter Wheat to co-inoculation with Azotobacter and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) under different sources of nitrogen fertilizer. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 8(1), 95-103. <http://www.idosi.org/.../14.pdf>
- Biyari, A., Gholami, A. & Asadi Rahmani, H. (2008). Sustainable production and improvement of nutrient absorption by maize in reaction to seed inoculation by PGPR. *Proceeding of the 2<sup>nd</sup> National Iranian Agroecology Conference*, Gorgan, Iran p. 8. (in Persian)
- Cakir, R. (2004). Effect of Water Stress at Different Development Stages on Vegetative and Reproductive Growth of Corn. *Field Crops Research*, 89, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.005>.

Leilah & Al-Khateeb (2005) گزارش کردند که روش‌های مختلف آماری نشان می‌دهد تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزاردانه، وزن دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیکی مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه هستند.

### ۴. نتیجه‌گیری

بروز تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گندم به‌طور معنی‌دار باعث کاهش عملکرد گندم می‌شود، لذا بررسی راه‌کارهای مناسب چه از طریق یافتن ارقام متحمل و چه با یافتن ترکیبات کودی مناسب مانند کودهای زیستی که جذب عناصر را برای گیاه تسهیل می‌کنند از ضروریات است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد آبیاری بعد از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تست کلاس A و استفاده از ترکیب کودهای زیستی از توباکتر و مایکوریزا می‌تواند عملکرد گندم را به‌طور معنی‌دار افزایش دهد و کارایی مصرف آب مناسبی داشته باشد. توصیه می‌شود سایر منابع کودی هم در منطقه مورد ارزیابی قرار گیرند و کارایی هرکدام از آن‌ها مورد در افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب مورد سنجش قرار گیرد.

### ۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

- Choukan, R. (2015). Final report of Yield trial of promising late and medium maturing maize hybrids (final stage). Ministry OF Jihad-e-Agriculture. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Seed and Plant Improvement Institute, 16. (in Persian)
- Cooper, K. M. & Tinker, P. B. (2003). Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhiza. Uptake and translocation of phosphorus, zinc and sulphur. *New Phytologist*, 81, 43-52. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1978.tb01602.x>
- Daneshmand, N. G., Bakhshandeh, A. & Rostami, M.R. (2012). Biofertilizer affects yield and yield components of wheat. *International Journal of Agriculture*, 2(6), 699-704. <http://ecisi.com/.../699-704.doc.pdf>
- Emam, Y. & Niknejad, M. (2004). *An Introduction to the Physiology of Crop Yield*. 2<sup>nd</sup> Ed., Shiraz University Press, 571 p. Iran.
- Ghodsi, M., Nazeri, S. M. & Zare' Feyzabadi, A. (1998). Response of new cultivars and spring wheat elite lines to drought stress. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> Iranian Congress of Crop Sciences*, Karaj. pp.252.
- Hassanpour, J. & Zand, B. (2014). Effect of wheat (*Triticum aestivum* L.) seed inoculation with bio-fertilizers on reduction of drought stress damage. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 1(2), 1-12. (in Persian)
- Kiani, A. R. & Raeisi, S. (2013). Assessment of water use efficiency in some soybean cultivars under different amount of irrigation. *Journal of Water and Soil Conservation*, 20(5). (in Persian)
- Kiani, A.R., Mirlatif, M., Homaei, M. & Gheraghi, A. (2004). Effect of different irrigation regimes and salinity on wheat yield in Gorgan region. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11, 79-90. (in Persian)
- Leilah, A. A. & Al-Khateeb, S. (2005). Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *Journal of Arid Environments*, 61, 483-496. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.10.011>
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second edition. 889pp. London: Academic Press, England.
- Moemeni, A., Afuni, D. & Zarei, G. (2008). Comparison of yield and genetic features of some advanced lines of wheat under late season drought. *Journal of Crop Science and Plant*, 5, 63-71. (in Persian)
- Mohamadi, S. (2014). Evolution of Grain Yield and its Components Relationships in Bread Wheat Genotypes under Full Irrigation and Terminal Water Stress Conditions Using Multivariate Statistical Analysis. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(1), 99-109. (in Persian)
- Nabati, I. & Sharifi, P. (2016). The Effect of Irrigation Regimes on Yield and Yield Components of Three Wheat Cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology*, 10 (1), 183-200. (in Persian)
- Namarvari, M., Fathi, G., Bakhshandeh, A., Gharineh, M. H. & Jafari, S. (2013). Effect of Drought Stress and Biological and Chemical Fertilizer on Wheat Flag Leaf Chlorophyll and Correlation with the Grain Yield. *Journal of Crop Production and Processing*, 3(10), 79-87. (in Persian). <http://jcpr.iut.ac.ir/article-1-2005-fa.html>
- Namvar, A. & Khandan, T. (2013). Response of wheat to mineral nitrogen fertilizer and biofertilizer (*Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp.) inoculation under different levels of weed interference. *EKOLOGIJA*. 59(2), 85-94. DOI: 10.6001/ekologija.v59i2.2711
- Ortas, I., Sari, N., Akpınar, C. & Yetisir, H. (2011). Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*, 128(2), 92-98. DOI: 10.1016/j.scienta.2010.12.014
- pandya, A., Naik, N. & Markande, A.R. (2017). Effects of enhancers with biofertilizer on the better Wheat (*Triticum aestivum*) growth. *Journal of Pharmacy and Applied Sciences*, 3(2), 14-18.
- Sadras, V. O. & Milro, S. P. (1996). Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: A review. *Field Crops Research*, 47, 253-266. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(96\)00014-7](https://doi.org/10.1016/0378-4290(96)00014-7)
- Saini, V. K., Bhandari, S. C. & Tarafdar, J. C. (2004). Comparison of crop yield, soil microbial C, N and P, N-fixation, nodulation and mycorrhizal infection in inoculated and non-inoculated sorghum and chickpea crops. *Field Crops Research*, 89, 39-47. DOI: 10.1016/j.fcr.2004.01.013
- Samsami, N., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A. & Gholinezhad, E. (2019). Effect of mycorrhizal fungi and rhizobium bacterial on qualitative and quantitative traits of soybean in response to drought stress. *Crops Improvement (Journal of Agricultural Crops Production)*, 2(1), 13-26. (in Persian)
- Sepahvand, M. (2009). Comparison of Water Requirement, Water Productivity and Its Economic Productivity in Wheat and Canola in the West of Iran during Rainy Years. *Iranian Journal of Water Research*, 3(4), 63-68. (in Persian)
- Singh, R. R. & Parasad, K. (2011). Effect of bio-

- fertilizers on growth and productivity of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Farm Sciences*, 1(1), 1-8.
- Smith, S. E. & Read, D. J. (1997). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, San Diego, United States.
- Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanism. *Electronic Journal of Biology*, 1, 44-48.
- Welong, L., Zizhen, L. & Weid, L. (2004). Effect of the niche-fitness at different water supplyment fertilization on yield of spring wheat in farmland of semi-arid area, *Agricultural Water Management*, 67, 1-13. DOI:10.1016/j.agwat.2003.12.007
- Yadegari, M., Asadirahmani, H., Noormohammadi, G. & Ayneband, A. (2010). Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Plant Nutrition*, 33(12), 1733-743, 1733-1743. DOI: 10.1080/01904167.2010.503776
- Zahir, A. Z., Arshad, M. & Frankenberger, W. F. (2004). Plant growth promoting hizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81, 97-168. DOI: 10.1016/S0065-2113(03)81003-9