تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۹
۸۷۱-۸۸۷
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2215.1557

مقاله پژوهشی

بررسی اثر برهم‌کنش کودهای زیستی و شیمیایی در رژیم‌های مختلف رطوبتی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه گندم

ابوالقاسم مرادقلی[۱]، حمیدرضا مبصّر[۲*]، حمیدرضا گنجعلی[۲]، حمیدرضا فنایی[۳]، احمد مهربان[۴]
۱. دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، گروه کشاورزی، زاهدان، ایران
۲. استادیار، فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، گروه کشاورزی، زاهدان، ایران
۳. دانشیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، زابل، ایران
۴. استادیار، اگرو اکولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، گروه کشاورزی، زاهدان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۹

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی در رژیم‌های مختلف رطوبتی، بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه گندم رقم ارگ آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار طراحی گردید که در سال زراعی ۹۶-۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک–زابل اجرا شد. رژیم آبیاری در سه سطح شامل: آبیاری پس از ۴۵٪ (شاهد)، ۶۵٪ تخلیه رطوبتی از خاک (تنش متوسط) و ۸۵٪ تخلیه رطوبتی از خاک (تنش شدید)؛ به‌عنوان کرت اصلی و منابع کود زیستی به همراه کود شیمیایی در هفت سطح شامل: کاربرد کود شیمیایی عرف منطقه (شاهد) ، کاربرد کود زیستی ازتوباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه، کود زیستی ازتوباکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی عرف، کود زیستی فسفا باکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه، کود زیستی فسفاباکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی مطابق شاهد، کود زیستی ازتوباکتر و فسفا باکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه، کود زیستی ازتو باکتر و فسفاباکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی عرف منطقه به‌عنوان کرت فرعی بودند. نتایج نشان داد، اثر متقابل تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. به‌طوری‌که در تنش شدید رژیم رطوبتی، کودهای زیستی (با میانگین ۶۲۳۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد ۳۸/۸ درصد افزایش داشته است. همچنین این بهبود و افزایش در وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به ترتیب ۲۷/۶ و ۱۷/۸ و ۲۹/۶ درصد نسبت به شاهد شده است. به‌طورکلی، نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری تحت شرایط کمبود رطوبت در همه مراحل رشد با استفاده از کودهای زیستی ازتوباکتر و فسفاباکتر تأثیر مثبت در بهبود عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و شاخص کلروفیل برگ داشتند و اثرات منفی رژیم رطوبتی را بهبود بخشیدند.

واژه‌های کلیدی: **ازتوباکتر، تخلیه رطوبتی، فسفاباکتر، گندم ارگ، عملکرد.**

مقدمه

گندم به‌تنهایی ۴۶/۲ درصد از انرژی موردنیاز مردم جهان را تأمین می‌کنند و بخش عمده‌ای از غذای روزانه مردم به‌حساب می‌آید. این در حالی است که سازمان جهانی خواروبار و کشاورزی (FAO, 2018) در جدیدترین برآورد خود گزارش کرد در سال جاری ۲۰۱۸ میلادی کل تولید گندم در جهان نسبت به سال ۲۰۱۷ به میزان ۱/۶ درصد کاهش خواهد داشت.

با عنایت به کشت گندم در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی کشور و نقش مهم آن در تأمین غذای غالب مردم، ایجاد شرایط مطلوب به لحاظ فراهمی رطوبت قابل‌دسترس و

* نگارنده پاسخگو: حمیدرضا مبصّر. پست الکترونیک: ha100rz@yahoo.com

تأمین عناصر غذایی مهم، در راستای افزایش کمی و کیفی عملکرد گندم ضروری است (Gerami et al., 2012; Aynehband et al., 2010).

افزایش تولید گندم با استفاده بهینه از منابع مانند کودهای شیمیایی، کودهای آلی و آبیاری کافی، کنترل عوامل کاهش‌دهنده محصول نظیر علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و در کل مدیریت صحیح مزرعه امکان‌پذیر است.

بخش قابل‌توجهی از عملکرد سالانه محصولات کشاورزی تحت تأثیر تنش‌های زنده و غیرزنده دماهای خارج از محدوده رشد گیاهی، خشک‌سالی یا شوری خاک از دست می‌رود (Ahmadi et al., 2009). تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است که ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Reddya et al., 2004). گیاهان از یکسری سازوکارهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برخوردار هستند که به آن‌ها امکان سازگار شدن با خشکی را می‌دهد (Karkanis et al., 2011).

در ارتباط با نحوه تأثیر تنش خشکی روی طول دوره پر شدن دانه و توقف پر شدن دانه نظرات متفاوتی ارائه شده است. ازجمله اینکه افزایش غلظت ABA (Ahmadi and Baker, 1999)، کاهش فعالیت‌های آنزیمی درون دانه‌ها و کاهش سنتز نشاسته، توقف فعالیت‌های متابولیکی مخزن (Ahmadi and Baker, 2001) و یا توقف عرضه مواد فتوسنتزی (Barlow et al., 1983) نقش کلیدی در این مورد دارند.

چالاب‌یانی و رشیدی (Chalab-Yani and Rashidi, 2012) گزارش کردند که در گندم، عملکرد دانه به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تحت تأثیر تنش خشکی انتهای فصل کاهش می‌یابد و بر اساس مطالعات انجام‌شده توسط عبدلی و سعیدی (Abdoli and Saeidi, 2013) تنش خشکی پس از گرده‌افشانی عملکرد دانه را در حدود ۱۸ درصد نسبت به شرایط کنترل‌شده کاهش داد. بروز تنش خشکی پس از گرده‌افشانی، احتمالاً عملکرد دانه را از طریق کاهش ذخیره-سازی مواد پرورده در دانه‌ها (Bukhat, 2005) و یا کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی دانه‌ها کاهش می‌دهد. (Ghanbari and Moosavi, 2016)

مطالعه‌ای که توسط برار و همکاران (Brar et al.,1990) انجام شد، نشان داد که شدت تنش خشکی بر تمام مراحل رشد گندم تأثیرگذار است و پاسخ گیاه به تنش، بستگی به‌شدت تنش و مرحله رشد گیاه دارد (Khalili-Rad and Mirseyed Hosseini, 2016). فیشر و همکاران (Fischer et al., 1998) نیز نشان دادند، که اگر تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی یا کمی قبل از آن اتفاق افتد، تعداد دانه در سنبله کاهش می‌یابد ولی تنش رطوبتی پس از گرده‌افشانی، در اکثر موارد از طریق کاهش وزن هزار دانه موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. در این شرایط ذخایر قبل از مرحله گرده‌افشانی ساقه‌ها نقش مهمی در پر کردن دانه‌ها دارند زیرا در این شرایط فتوسنتز جاری به‌وسیله تنش رطوبتی دچار کاهش می-شود (Blum, 1998).

یونسی و شریف‌زاده (Younesi and Sharif Zadeh, 2010) پژوهشی در مورد رژیم‌های مختلف آبیاری سورگوم انجام دادند. نتایج نشان داد مصرف متعادل آب آبیاری در طول مراحل رشد و نمو گیاه سبب افزایش دوره رسیدگی و مقدار محصول می‌شود. قطع آبیاری در مرحله‌ی ۸ برگی و نیز قطع آب تا پایان فصل رشد موجب کاهش شدید عملکرد و اجزای آن می‌شود.

در مناطق گرم و خشک با میزان بارندگی کم، مصرف کودهای شیمیایی ضمن همراه بودن با محدودیت جذب آن، به دلیل تماس کود احتمال صدمه به بذر یا ریشه جوان گیاه وجود دارد (Malakouti and Nafisi., 2004). اگرچه کودهای شیمیایی، سریع‌ترین راه برای تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه است و در کوتاه‌مدت سبب دستیابی به عملکرد بالا می‌شود، اما در بلندمدت سبب آلودگی منابع آب‌وخاک، از بین رفتن ساختمان خاک، کاهش بازده محصولات کشاورزی می‌شود. کودهای بیولوژیک قادرند طی چندین فرایند زیستی، عناصر غذایی را از شکل غیرقابل‌استفاده به شکل قابل‌استفاده برای گیاه تبدیل کنند و کمبود نیاز غذایی گیاهان برای افزایش عملکرد را جبران نمایند (Aser et al., 2008).

برای بهبود تغذیه و رشد گیاه استفاده از مایه تلقیح‌های میکروبی یا به‌اصطلاح کودهای بیولوژیک علاوه بر اثرات مثبت بر ویژگی‌ها خاک از جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی نیز مفید به‌فایده بوده و می‌تواند به‌عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد (Bostick et al., 2007; Baker, 2006) میکروارگانیسم‌های خاک از طریق بهبود شرایط تغذیه‌ای برای گیاه سبب افزایش مقاومت آن نسبت به عوامل نامساعد محیطی می‌شوند. (Fallah

Qazaani et al., 2012; Kanimozhi and Panneerselvam, 2010)

در نظام‌های کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست، کود حیوانی، کودهای زیستی نیتروژن و فسفردار موردتوجه هستند. نتایج نشان می‌دهند که این کودها باعث اصلاح خصوصیات شیمیایی خاک ازجمله تنظیم اسیدیته خاک و افزایش کربن آلی، پتاسیم، کلسیم، فسفر و منیزیم قابل‌دسترس گیاه، ظرفیت نگه‌داری آب و همچنین، خصوصیات بیولوژیک خاک همانند افزایش وزن میکروبی، تنفس خاک و فعالیت آنزیمی، اسید فسفاتاز، پروتئاز و دهیدروژناز خاک می‌شوند (Zaidi and Mohammadi, 2006; Glick et al., 2007).

رقابت برای جذب مواد و اشغال جایگاه‌های مناسب برای فعالیت پاتوژن‌ها، تولید آنتی‌بیوتیک و سیانید هیدروژن از مهم‌ترین مکانیسم‌های مورداستفاده در روش غیرمستقیم می‌باشند. نیتروژن مهم‌ترین عنصری است که اکثر اراضی تحت کشت غلات با کمبود آن مواجه هستند. اوره تنها کود نیتروژنه است که از آن می‌توان به‌صورت تغذیه برگی استفاده کرد و تغذیه برگی با اوره می‌تواند عملکرد و اجزای عملکرد گندم را افزایش دهد جهت صرفه‌جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از باکتری‌های محرک رشد که تثبیت‌کننده نیتروژن بوده و می‌توانند در طول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند استفاده شوند، به نظر می‌رسد این باکتری‌ها ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی، موجب افزایش رشد گیاهان به‌واسطه افزایش جذب نیتروژن می‌شوند (Fageria and Baligar, 2005; Seyed Sharifi et al., 2016).

مک‌دونالد (Mc Donald, 2002) در بررسی تأثیر نیتروژن بر عملکرد ارقام گندم گزارش کرد که با افزایش مصرف نیتروژن، ماده خشک و میزان کلروفیل برگ و رشد گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. باشان و همکاران (Bashan et al., 2004)، زاید و همکاران (Zaied et al., 2003) بهبود قابل‌توجه ماده خشک، وو و همکاران (Wu et al., 2005) افزایش سرعت رشد محصول را در اثر کاربرد کودهای بیولوژیک در غلات به افزایش در جذب عناصر غذایی و رشد بهتر گیاه به‌واسطه باکتری‌ها نسبت دادند. نتایج یک تحقیق نشان داده است که کاربرد ریزمغذی‌ها، اثرات تنش-های محیطی از قبیل تنش خشکی و تنش شوری را کاهش می‌دهد (Bukhat, 2005; Leylasi and Mohammad, 2017).

بارال و آدهیکاری (Baral and Adhikari, 2013) گزارش کرد که تلقیح بذرهای ذرت با باکتری‌های جنس باسیلوس در شرایط تنش کم‌آبی، با ایجاد برخی واکنش‌های فیزیولوژیک که باعث گسترش ریشه، تنظیم اسمزی از راه افزایش پرولین، قندها، اسیدهای آمینه آزاد و حفظ محتوای نسبی آب برگ و اندام هوایی می‌گردد، موجب کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی شد.

آزمایش‌های مختلف نشان داد که تلقیح بذور گندم با کود زیستی نسبت به عدم تلقیح موجب افزایش عملکرد دانه (Bahari Saravi and Pyrdashti, 2013; Abdoli et al., 2013; Kamaei et al., 2018) افزایش مقاومت گیاهان (Koochaki et al., 2008) در شرایط تنش‌های محیطی شد.

بیش از ۹۰ درصد فسفر کاربردی به شکل کودهای شیمیایی توسط خاک جذب‌شده و برای گیاهان قابل‌دسترس نخواهد بود (Shen et al., 2011). کاربرد بیش‌ازحد کودهای شیمیایی فسفری مغایر با اصول تولید پایدار است (Hooper et al., 2000). با توجه به ویژگی‌های خاص فسفر مدیریت مناسب آن در خاک برای تضمین کشاورزی پایدار ضروری است. یکی از گزینه‌های اصلی موردتوجه در مدیریت فسفر استفاده از راهکارهایی برای به حداکثر رساندن کارایی استفاده از فسفر توسط گیاهان است. مفهوم کارایی در تغذیه معدنی گیاه بر اساس فرایندهای جذب عنصر غذایی توسط گیاه، انتقال، ذخیره و استفاده ازآن‌جهت تولید ماده خشک یا دانه در شرایط فراهمی کم عنصر غذایی تعریف می‌شود (Parentoni and Souza, 2008).

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زهک با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۹۶-۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک–زابل اجرا شد. رژیم آبیاری در سه سطح شامل: آبیاری پس از ۴۵٪ تخلیه رطوبتی خاک (شاهد) (S1)، آبیاری پس از ۶۵٪ تخلیه

رطوبتی خاک (S2) و تنش شدید آبیاری پس از ۸۵٪ تخلیه رطوبتی خاک (S3)؛ به‌عنوان کرت‌های اصلی و منابع کود زیستی در هفت سطح شامل: شاهد (F1) کاربرد کود شیمیایی عرف منطقه، کاربرد کود زیستی ازتوباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه (F2)، کود زیستی ازتوباکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی عرف (F3)، کود زیستی فسفاباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه (F4)، کود زیستی فسفاباکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی عرف (F5)، کود زیستی ازتوباکتر و فسفاباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه (F6)، کود زیستی ازتوباکتر و فسفاباکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی عرف منطقه (F7) به‌عنوان کرت‌های فرعی بودند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش (۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1: Soil physical and chemical analysis (0-30 cm)

بافت خاک Soil texture	عمق نمونه‌برداری Sampling depth	درصد ظرفیت زراعی Field Capacity	درصد نقطه پژمردگی Permanent point	روی قابل‌جذب Zn	پتاسیم قابل‌جذب Kava.	فسفر قابل‌جذب Pava.	نیتروژن قابل‌جذب N	درصد مواد آلی Organic	هدایت الکتریکی $EC\times10^3$
Sandy loam	(cm)	----------(%)----------		---------- ($mg.kg^{-1}$) ----------				(%)	($ds.m^{-1}$)
	0-30	13.1	6.3	0.20	134	8	0.2	0.33	3.8

بذر گندم مورداستفاده در این آزمایش رقم اصلاح‌شده طبقه بذری پرورشی ۳ به نام ارگ، بدون ضدعفونی با سموم شیمیایی و قارچ‌کش بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان تهیه گردید. گندم در نیمه دوم آبان ماه به‌صورت هیرم‌کاری و با خطی کار مخصوص آزمایش‌ها با تراکم ۴۵۰ بوته در مترمربع کشت گردید. هر کرت فرعی شامل ۶ ردیف به طول سه متر با فواصل خطوط ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

زمان آبیاری با توجه به منحنی رطوبتی خاک در عمق ۳۰-۰ در مراحل رشد رویشی و زایشی به روش وزنی مشخص گردیده است. قبل از هر آبیاری نمونه خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در طول رشد رویشی و زایشی برداشت و میزان رطوبت بر اساس درصد وزنی، در هر کرت آزمایشی جهت تعیین زمان رسیدن به هریک از تیمارهای آبیاری فوق محاسبه شد (Alizadeh, 2005).

حجم آب در هر نوبت آبیاری برای هر کرت بر اساس معادله (۱) محاسبه گردید (Alizadeh, 2005).

$$d= ((FC-\theta) \times Pb \times D)/100 \quad [1]$$

که در آن d= عمق آب آبیاری (mm)، FC= درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی، θ = درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری، Pb= وزن مخصوص ظاهری خاک ($gr.cm^{-3}$) و D= حداکثر عمق توسعه ریشه گیاه (mm) می‌باشند (Alizadeh, 2005).

به‌منظور محاسبه عملکرد دانه، کل سنبله‌های برداشت‌شده از سطح یک مترمربع در هر کرت پس از حذف حاشیه از ابتدا و انتهای خطوط کشت موردنظر با دست خرمن‌کوبی و سپس دانه‌های به‌دست‌آمده توزین و عملکرد به‌دست‌آمده در سطح یک مترمربع به هکتار تبدیل شد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک در مرحله رسیدگی گیاه، پس از حذف حاشیه از ابتدا و انتهای خطوط کشت موردنظر در سطح یک مترمربع کل بوته‌ها کف بر و برای هر کرت به‌طور جداگانه وزن گردید. شاخص برداشت از طریق تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک به‌صورت درصد محاسبه گردید. برای تعیین مقدار شاخص کلروفیل برگ (SPAD) از دستگاه کلروفیل متر دستی (SPAD-502 Minolta) استفاده شد. عملیات قرائت کلروفیل در هر مرحله نمونه‌برداری قبل از رفع تنش بر روی قسمت پهنک ۵ برگ که در مرحله رشد رویشی از جوان‌ترین برگ بالغ و در مرحله رشد زایشی برگ پرچم انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین اثرات اصلی به روش LSD در سطح ۵ درصد و در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، برش‌دهی انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون lsmeans صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر متقابل رژیم رطوبتی و کود زیستی بر ارتفاع بوته تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد دارد (جدول ۲).

در برهمکنش تیمار رژیم رطوبتی و کود زیستی، بیشترین سهم در ارتفاع بوته را تیمار تخلیه رطوبتی ۴۵ درصد و کود زیستی ازتوباکتر+کود شیمیایی عرف منطقه به میزان (۹۱ سانتی‌متر) که نسبت به شاهد ۲۰,۸۵ درصد افزایش داشته است (جدول ۴). در تیمار تنش آبی شدید و کود زیستی ازتوباکتر + کود شیمیایی عرف منطقه (S3F2) نقش بسزایی در افزایش ارتفاع بوته (۷۱,۳ سانتی‌متر) به میزان ۵,۳ درصد نسبت به شاهد (S3F1) داشته است. نتایج برش‌دهی نشان داد در هر سه سطح رژیم رطوبتی سطوح کود زیستی اثر معنی‌داری بر ارتفاع دارند، همچنین در هر هفت سطح کود زیستی نیز سطوح رژیم رطوبتی اثری معنی‌دار بر ارتفاع بوته دارند (جدول ۳ و ۴).

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات موردبررسی گندم تحت تأثیر رژیم رطوبتی و کود زیستی

Table 2. Analysis of variance (Mean square) on wheat affect of moisture regime and biofertilizer stress

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	سنبله در مترمربع Ear per S.M	دانه در سنبله Seed per ear	وزن هزار دانه Seed 1000 weight
تکرار Replication	3	13.282	118.429	14.329	1.143
تنش رطوبتی Drought stress (S)	2	2239.369**	190803.321**	616.536**	270.143**
خطای a Error a	6	46.69	68.798	4.234	2.333
کود زیستی Bio-fertilizer (F)	6	3536.619**	1891.972**	8.857**	25.123**
تنش رطوبتی × کود زیستی S×F	12	652.095**	294.835**	3.619n.s	6.379**
خطا Error	54	349.714	29.415	1.979	1.251
ضریب تغییرات (٪) C.V%		*13.59*	*11.65*	*16.71*	*14.77*

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Hi	شاخص کلروفیل index Chlorophyll
تکرار Replication	3	2583.905	46107.4	0.266	1.65
تنش رطوبتی Drought stress (S)	2	23505212**	140800194.4**	169.582**	81.246**
خطای a Error a	6	3298.6	46107.4	0.974	0.383
کود زیستی Bio-fertilizer (F)	6	780388.3**	3321071.6**	30.561**	141.316**
تنش رطوبتی × کود زیستی S×F	12	115100.623**	683570.643**	14.933**	2.428**
خطا Error	54	3658.852	13330.095	0.788	0.563
ضریب تغییرات (٪) C.V%		12.33	11.47	12.73	11.83

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار بودن و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

**, * Statistical significant at 0.01 and 0.05percentage, ns: non- significant

جدول ۳. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برش دهی اثر کود زیستی در سطوح مختلف رژیم رطوبتی

Table 3. The mean squares obtained from analysis of variance of biofertilizer effect at different levels of moisture regime

تنش رطوبتی Stress drought	درجه آزادی Df	ارتفاع بوته Plant height	سنبله در مترمربع Ear per m^2	وزن هزار دانه Seed 1000 weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Hi	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
		(cm)		(gr)	--------- ($kg.ha^{-1}$) ---------		(%)	
S1	6	271.47**	260.65**	14.97**	467294**	3353541**	2.75**	50.73**
S2	6	261.57**	1123.83**	5.90**	110794**	206943**	6.21**	44.17**
S3	6	165.07**	1097.15**	17.00**	432501**	1127729**	51.5**	51.27**

S1: آبیاری پس از ۴۵٪ تخلیه رطوبتی خاک (شاهد)؛ S2: آبیاری پس از ۶۵٪ تخلیه رطوبتی خاک؛ S3: تنش شدید آبیاری پس از ۸۵٪ تخلیه رطوبتی خاک.

S1: Irrigation after 45% soil moisture evacuation (control); S2: Irrigation after 65% soil moisture evacuation; S3: Severe stress irrigation after 85% soil moisture evacuation.

جدول ۴. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برش دهی اثر رژیم رطوبتی در سطوح مختلف کود زیستی

Table 4. The mean squares obtained from analysis of effect the moisture regime on different levels of biofertilizer

کود زیستی Bio-Fertilizer	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	سنبله در مترمربع Ear per m^2	وزن هزار دانه Seed 1000 weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Hi	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
		(cm)		(gr)	--------- ($kg.ha^{-1}$) ---------		(%)	
F1	2	98.58**	32841**	95.08**	4990193**	21070885**	139.56**	18.40**
F2	2	436.08**	24924**	57.25**	3923715**	21308908**	23.52**	31.12**
F3	2	529.08**	24885**	23.25**	1664758**	12507303**	6.73**	16.19**
F4	2	436.58**	33184**	61.58**	3539440**	28244627**	3.61**	8.44**
F5	2	316.75**	25671**	35.58**	2984744**	17693776**	40.95**	4.48**
F6	2	334.08**	24383**	21.58**	3729303**	23572053**	12.10**	8.96**
F7	2	414.25**	26684**	14.08**	3363663**	20504066**	32.69**	8.31**

F1 : (شاهد) کاربرد کود شیمیایی عرف منطقه؛ F2: کاربرد کود زیستی ازتوباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه؛ F3: کود زیستی ازتوباکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی عرف؛ F4: کود زیستی فسفا باکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه؛ F5: کود زیستی فسفا باکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی مطابق شاهد؛ F6: کود زیستی ازتو باکتر و فسفا باکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه؛ F7: کود زیستی ازتو باکتر و فسفا باکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی عرف منطقه.

F1: (control) application of chemical fertilizers local custom; F2: Application of Azotobacter bio-fertilizer with chemical fertilizers local custom; F3: Bio-fertilizer Azotobacter with 50% conventional chemical fertilizers local custom; F4: Bio-fertilizer phospha-bacter with chemical fertilizers local custom; F5: bio-fertilizer phospha-bacter with 50% chemical fertilizers local custom; F6: Bio-fertilizer Azoto-bacter and phospha-bacter along with chemical fertilizers local custom; F7: Bio-fertilizer Azoto-bacter and phospha-bacter along with 50% chemical fertilizers local custom.

در رژیم رطوبتی شدید (S3)، کاربرد کود زیستی ازتوباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه (F2) بیشترین مقدار ارتفاع بوته (۷۱٫۳ سانتی‌متر) را ایجاد کرده است. به‌طوری‌که استفاده از کود زیستی ازتوباکتر در هر سه سطح رژیم رطوبتی با بیشترین ارتفاع بوته همراه بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد برای دست‌یابی به حداکثر ارتفاع بوته در رژیم رطوبتی، کود زیستی (ازتوباکتر) می‌تواند تأثیر بسزایی داشته باشد.

بالا بودن ارتفاع در شرایط عدم تنش مبین اثر مثبت آبیاری بر رشد گیاه و تنظیم وقوع مراحل فنولوژیکی منطبق با شرایط مناسب محیطی و نتیجتاً استفاده بهینه و بیشتر از منابع موجود در مراحل فوق است. در گزارش‌های دیگری نیز تأثیر تنش رطوبت و کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه ارائه گردیده است (Albarrak, 2006; Dogan, 2009; Naserian et al., 2007).

تلقیح بذر با باکتری محرک رشد (آزوسپریلوم) باعث افزایش ۲۴ درصدی ارتفاع بوته در مقایسه با عدم تلقیح برخوردار بود (Seyed Sharifi et al., 2015). بررسی‌های صابیر و همکاران (Sabir et al, 2002) نشان داد که محلول‌پاشی کود نیتروژنه در گندم موجب افزایش ارتفاع بوته می‌شود. باشان و همکاران (Bashan et al., 2004) اظهار داشتند باکتری‌های محرک رشد می‌توانند ارتفاع گیاه و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوکروم‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان، جلوگیری از عوامل بیماری‌زا و القای مقاومت سیستمیک به عوامل بیماری‌زا افزایش دهند (Maghsoudi et al., 2014; Toran et al, 2010).

جدول ۵. مقایسه میانگین صفت‌های موردبررسی گندم در سطوح اثر متقابل رژیم رطوبتی و کود زیستی

Table 5. Comparison of the mean of the studied traits wheat at levels of interaction between moisture regime and biofertilizer

		ارتفاع بوته Plant height	سنبله در مترمربع Ear per S.M	وزن هزار دانه Seed 1000 weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Hi	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
		(cm)		(gr)	---------- ($kg.ha^{-1}$) ----------		(%)	
	F1‡	75.3$^{df(c)}$	398.8$^{b(b)}$	26.3$^{c(c)}$	3451.3$^{b(b)}$	9706.0$^{c(c)}$	35.6$^{ab(ab)}$	35.1$^{j(e)}$
	F2	91.0$^{a(a)}$	410.3$^{a(b)}$	28.8$^{ab(ab)}$	3858.3$^{a(a)}$	10465.0$^{b(b)}$	36.9$^{a(a)}$	45.6$^{a(a)}$
	F3	88.8$^{ab(ab)}$	395.3$^{b(b)}$	26.0$^{c(c)}$	3222.5$^{c(c)}$	9216.8$^{d(de)}$	35.0$^{bc(b)}$	45.4$^{ab(a)}$
S1†	F4	87.8$^{ab(ab)}$	394.0$^{b(b)}$	30.3$^{a(a)}$	3853.0$^{a(a)}$	11222.3$^{a(a)}$	34.3$^{bc(b)}$	42.1$^{df(cd)}$
	F5	76.0$^{de(c)}$	390.8$^{b(b)}$	26.8$^{bc(bc)}$	3090.8$^{d(d)}$	8941.8$^{e(e)}$	34.6$^{bc(b)}$	41.1$^{fg(d)}$
	F6	86.0$^{ab(b)}$	411.8$^{a(a)}$	26.0$^{c(c)}$	3908.5$^{a(a)}$	11074.5$^{a(a)}$	35.4$^{ab(ab)}$	43$^{cde(bc)}$
	F7	69.8$^{g(d)}$	398.5$^{b(b)}$	24.5$^{cd(c)}$	3302.0$^{c(c)}$	9411.8$^{d(cd)}$	35.1$^{abc(b)}$	43.7$^{c(b)}$
	F1	66.0$^{gh(d)}$	316.0$^{e(c)}$	21.3$^{e(d)}$	2314.0$^{i(f)}$	7654.0$^{i(g)}$	30.2$^{fg(d)}$	34.7$^{j(d)}$
	F2	87.0$^{ab(a)}$	362.3$^{c(a)}$	23.3$^{de(ab)}$	2702.0$^{e(b)}$	8124.0$^{fg(c)}$	33.3$^{cd(a)}$	42.9$^{cde(b)}$
	F3	85.8$^{ab(a)}$	350.0$^{d(b)}$	21.5$^{e(cd)}$	2574.3$^{fg(c)}$	7951.0$^{gh(e)}$	32.4$^{de(b)}$	44.0$^{bc(ab)}$
S2	F4	84.5$^{bc(ab)}$	345.8$^{d(b)}$	24.5$^{cd(a)}$	2677.0$^{ef(b)}$	8246.0$^{f(b)}$	32.5$^{de(b)}$	40.9$^{fgh(c)}$
	F5	77.3$^{d(c)}$	350.3$^{d(b)}$	22.0$^{e(bcd)}$	2412.0$^{hi(e)}$	7843.0$^{hi(f)}$	30.8$^{efg(c)}$	41.3$^{fg(c)}$
	F6	79.8$^{cd(bc)}$	367.8$^{c(a)}$	22.8$^{de(bc)}$	2767.3$^{e(a)}$	8298.0$^{f(a)}$	33.3$^{cd(a)}$	43.3$^{cd(ab)}$
	F7	70.0$^{fg(d)}$	340.5$^{d(b)}$	21.3$^{e(cd)}$	2477.8$^{gh(d)}$	7982.0$^{gh(d)}$	31.0$^{efg(c)}$	44.4$^{abc(a)}$
	F1	67.5$^{g(b)}$	217.8$^{h(c)}$	16.5$^{f(b)}$	1217.5$^{l(e)}$	5124.0 $^{l(e)}$	23.8$^{i(d)}$	31.2$^{k(e)}$
	F2	71.3$^{efg(a)}$	256.0$^{f(a)}$	21.5$^{e(a)}$	1887.3$^{j(b)}$	5849.0$^{k(c)}$	32.3$^{de(ab)}$	40$^{ghi(bc)}$
	F3	67.5$^{g(b)}$	241.8$^{g(b)}$	22.3$^{de(a)}$	1932.3$^{j(ab)}$	5724.0$^{k(d)}$	33.8$^{bcd(a)}$	41.4$^{efg(a)}$
S3	F4	68.3$^{g(b)}$	217.8$^{h(c)}$	22.8$^{de(a)}$	1993.3$^{j(a)}$	5921.0$^{k(b)}$	33.7$^{bcd(a)}$	39.2$^{i(d)}$
	F5	61.3$^{h(c)}$	236.3$^{g(b)}$	21.3$^{e(a)}$	1375.5$^{k(d)}$	4876.0$^{m(g)}$	28.2$^{h(c)}$	39.4$^{hi(cd)}$
	F6	68.0$^{g(b)}$	260.0$^{f(a)}$	21.5$^{e(a)}$	1988.8$^{j(a)}$	6237.0$^{j(a)}$	31.9$^{def(b)}$	40.6$^{fghi(b)}$
	F7	52.3$^{i(d)}$	237.3$^{g(b)}$	21.3$^{e(a)}$	1471.0$^{k(c)}$	4976.0$^{lm(f)}$	29.6$^{gh(c)}$	41.6$^{efg(a)}$

† S1: آبیاری پس از ۴۵٪ تخلیه رطوبتی خاک (شاهد)؛ S2: آبیاری پس از ۶۵٪ تخلیه رطوبتی خاک؛ S3: تنش شدید آبیاری پس از ۸۵٪ تخلیه رطوبتی خاک.

‡ F1 : (شاهد) کاربرد کود شیمیایی عرف منطقه؛ F2: کاربرد کود زیستی ازتوباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه؛ F3: کود زیستی ازتوباکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی عرف؛ F4: کود زیستی فسفا باکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه؛ F5: کود زیستی فسفا باکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی مطابق شاهد؛ F6: کود زیستی ازتو باکتر و فسفا باکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه؛ F7: کود زیستی ازتو باکتر و فسفا باکتر به همراه ۵۰٪ کود شیمیایی عرف منطقه.

†S1: Irrigation after 45% soil moisture evacuation (control); S2: Irrigation after 65% soil moisture evacuation; S3: Severe stress irrigation after 85% soil moisture evacuation.

‡ F1: (control) application of chemical fertilizers local custom; F2: Application of Azotobacter bio-fertilizer with chemical fertilizers local custom; F3: Bio-fertilizer Azotobacter with 50% conventional chemical fertilizers local custom; F4: Bio-fertilizer phospha-bacter with chemical fertilizers local custom; F5: bio-fertilizer phospha-bacter with 50% chemical fertilizers local custom; F6: Bio-fertilizer Azoto-bacter and phospha-bacter along with chemical fertilizers local custom; F7: Bio-fertilizer Azoto-bacter and phospha-bacter along with 50% chemical fertilizers local custom.

نتایج متفاوتی در مورد تأثیر افزایشی یا تأثیر نداشتن باکتری‌های حل‌کننده فسفات در نتایج پژوهش‌های پژوهشگران مشاهده می‌شود، افضل و همکاران (Afzal et al., 2005) و ذبیحی و همکاران (Zabihi et al., 2009) در بررسی‌های جداگانه نتیجه مشابهی از تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک را ارائه نمودند (Ghanbari and Moosavi, 2016).

میراحمدی و همکاران (Mir Ahmadi et al., 2011) در مطالعه روی گیاه ذرت و با دو سویه حل‌کننده فسفات در گلخانه نتایج متفاوتی را گزارش کردند. آن‌ها اعلام نمودند که در تیمار تلفیقی سوپرفسفات تریپل (۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) به همراه باکتری‌های حل‌کننده فسفات در مقایسه با تیمار (۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) و شاهد بیشترین وزن خشک گیاه به دست آمد.

سنبله در مترمربع

تعداد سنبله در مترمربع یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه محسوب می‌گردد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم رطوبتی و اثر کود زیستی و برهمکنش آن‌ها بر تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

در مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم رطوبتی و کود زیستی (جدول ۵) مشاهده شد که بیشترین تعداد سنبله به شرایط ۴۵ درصد تخلیه رطوبتی و تلفیق کود زیستی نیتروژنه و فسفره به همراه کود شیمیایی عرف منطقه (۴۱۱/۸ سنبله) اختصاص یافته بود و کمترین تعداد سنبله در شرایط تنش رطوبتی شدید با ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی و بدون استفاده از کود زیستی (۲۱۷/۸ سنبله) حاصل شد. نتایج برش‌دهی اثرات متقابل مبین معنی‌دار بودن اثرات رژیم رطوبتی در سطوح کود زیستی و برعکس آن است (جدول ۳ و ۴). طبق نتایج به‌دست‌آمده در رژیم رطوبتی شدید (۸۵٪ تخلیه رطوبتی خاک) استفاده توأم کود زیستی ازتوباکتر و فسفاباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه (F6) با افزایش ۱۶ درصدی ارتفاع بوته نسبت به شاهد باعث بهبود اثرات منفی رژیم رطوبتی گردید.

چنین استنباط می‌شود که میزان نیتروژن فراهمی برای گیاه از طریق کودهای شیمیایی و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن دارای اثرات هم‌افزایشی بوده و افزایش تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد بوته در مترمربع و وزن هزار دانه را به دنبال دارد که بیانگر یک نوع ارتباط مستدل فیزیولوژی است (Mohtadi et al., 2015). در این رابطه (Gastal and Nelson, 1994; Mac Adam et al., 1989) گزارش دادند افزایش تعداد پنجه‌های بارور و سنبله در بوته به شاخص جذب نیتروژن گیاه و افزایش سطح برگ و تاج پوشش بستگی دارد که باعث گسترش برگ‌های منفرد و پنجه‌دهی در گندم می‌شود و همچنین میزان ظهور برگ‌ها و عمر برگ‌ها افزایش می‌یابد و با افزایش میزان نیتروژن در گیاه، تجمع کربوهیدرات‌های ساختمانی در برگ‌ها و ساقه‌ها افزایش و نهایتاً پنجه‌دهی و ظهور سنبله‌های بارور در گیاه را موجب می‌شود و نیز برخی پژوهندگان معتقدند اثرات هم‌افزایی به‌وسیله ریزوباکترهای محرک رشد مستقیماً باعث تغییرات مشخص در مورفولوژی ساقه، نظیر افزایش پنجه‌زنی و تعداد پنجه‌های بارور و تعداد دانه در سنبله و نهایتاً عملکرد می‌شوند (Patriquin and Dobereiner, 1978).

امام و ثقه‌الاسلامی (Emam and Seghat-alEslam, 2005) تأثیر سوء تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر تعداد سنبله در مترمربع، پاندی و همکاران (Pandy et al., 2001) عدم تأثیر تنش رطوبتی در مرحله گرده‌افشانی را بر تعداد سنبله در مترمربع را گزارش نمودند (Halim et al., 2018). کاهش شدید سنبله در تیمار تخلیه رطوبتی ۸۵ درصد نشان‌دهنده از بین رفتن تعدادی از پنجه‌ها در طول دوره رشد تحت تأثیر استمرار تنش است. با توجه به نتایج فوق تعداد سنبله در مترمربع بیشتر تحت تأثیر تنش در مراحل رشد رویشی قرار می‌گیرد که با افزایش تنش این کاهش بیشتر می‌گردد. این نتایج با گزارش‌های برخی محققین همسو است (Ali et al., 2001; Ahmadi et al., 2009; Rafiq et al., 2005).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد، اثر رژیم رطوبتی و کود زیستی و اثر متقابل رژیم رطوبتی و کود زیستی بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است.

مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم رطوبتی و کود زیستی نشان می‌دهد (جدول ۵) که بیشترین وزن هزار دانه (۳۰،۳ گرم) در شرایط عدم تنش آبیاری و کود زیستی فسفاباکتر به همراه کود شیمیایی مطابق با عرف منطقه با افزایش ۴۵/۵۴ درصد نسبت به کمترین وزن هزار دانه (۱۶/۵ گرم) در رژیم

رطوبتی شدید و بدون استفاده از کود زیستی و تنها کود شیمیایی عرف منطقه حاصل شد.

نتایج برش‌دهی اثرات متقابل (جدول ۳) نشان می‌دهد در هر سه سطح رژیم رطوبتی، سطوح کود زیستی و همچنین در هر هفت سطح کود زیستی (جدول ۴)، همه سطوح رژیم رطوبتی اثرات معنی‌داری داشته‌اند. بدین ترتیب که در هر سه سطح رژیم رطوبتی، سطوح استفاده از کودهای زیستی وزن هزار دانه به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش نشان می‌دهد (جدول ۵). بیشترین وزن هزار دانه در سطح استفاده از کود زیستی فسفاباکتر (F4) با مقدار ۲۲/۸ گرم و سپس کود زیستی ازتوباکتر (F3) با مقدار ۲۲/۳ گرم در تنش رژیم رطوبتی شدید (S3) بود.

به نظر می‌رسد بخشی از افزایش وزن هزار دانه از افزایش شاخص سطح برگی در این ترکیب تیماری در مقایسه با عدم تلقیح و عدم محلول‌پاشی کود نیتروژنه ناشی شده باشد. همچنین ایندول استیک اسید در کنار سیتوکنین که توسط ازتوباکتر تولید می‌شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به‌نوبه‌ی خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام-های زایشی ازجمله تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و نهایتاً عملکرد دانه می‌گردد (Pakdel et al., 2011) و در این راستا درستکار و همکاران (Dorostkar et al., 2015) و سید شریفی و همکاران (Seyed Sharifi et al., 2016) علت افزایش وزن دانه گندم به‌واسطه محلول‌پاشی با کود نیتروژنه در مرحله بولتینگ را به افزایش تولید ماده خشک و کاهش محدودیت مبدأ در طول مرحله مریستمی آندوسپرم، افزایش دوام سطح برگ و طولانی‌تر شدن دوره پر شدن دانه نسبت دادند (Emam et al., 2009). بخشی از این افزایش را نیز می‌توان به نقش مثبت باکتری‌ها در افزایش وزن ریشه نسبت داد که منجر به افزایش جذب آب و عناصر غذایی و افزایش فتوسنتز گیاه شده است (Gooding et al., 2003). بیاری و همکاران (Biary et al., 2011) گزارش دادند که بوته‌های تلقیح یافته با ازتوباکتر به میزان ۲۳ درصد وزن هزار دانه افزایش داشت، همچنین زمرانی و همکاران (Zemrany et al., 2007) نیز اظهار داشتند که وزن هزار دانه به‌واسطه تلقیح با ازتوباکتر افزایش یافت.

کمائی و همکاران (Kamaei et al., 2018)، سینگ و همکاران (Singh et al., 2004)، مهتدی و همکاران (Mohtadi et al., 2015)، خسروی و محمدی (Khosravi and mohammadi., 2013) و عبید و همکاران (Abid et al., 2016) در مطالعات جداگانه، حداکثر تولید را در بذور گندم و ذرت تلقیح شده با ازتوباکتر گزارش کردند. به‌طورکلی، ازتوباکتر در کنار کود نیتروژنه می‌تواند با اثرگذاری مثبت خود بر جذب عناصر، بهبود توزیع آب در گیاه، افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز و تولید هورمون‌های گیاهی مؤثر بر رشد گیاه باعث افزایش عملکرد دانه در گندم شود (Maghsoudi et al., 2014).

عملکرد دانه

تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد، اثر رژیم رطوبتی و کود زیستی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

در مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم رطوبتی و کود زیستی (جدول ۵)، بیشترین عملکرد دانه (۳۹۰۸/۵ کیلوگرم) در سطح استفاده تلفیقی کود زیستی ازتوباکتر و فسفاباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه و بدون رژیم رطوبتی با افزایش ۶۸/۸۵ درصد افزایش نسبت به کمترین عملکرد دانه (۱۲۱۷/۵ کیلوگرم) تیمار شاهد کود زیستی و رژیم رطوبتی شدید مشاهده شد. تأثیر افزایشی کود زیستی در رژیم رطوبتی شدید، تیمار کود زیستی فسفاباکتر + کودشیمیایی عرف منطقه (S3F4) و تلفیق کود زیستی ازتوباکتر و فسفاباکتر + کود شیمیایی عرف منطقه (S3F6) بیشترین خودنمایی (به ترتیب ۳۸/۹۲ و ۳۸/۷۸ درصد) را نسبت به شاهد (S3F1) دارند. نتایج برش‌دهی اثرات متقابل نشان می-دهد (جدول ۳) در هر سه سطح رژیم رطوبتی، سطوح کود زیستی و هم‌چنین در هر هفت سطح کود زیستی (جدول ۴)، همه سطوح رژیم رطوبتی اثرات معنی‌داری داشته‌اند. به‌طوری‌که در هر سه سطح رژیم رطوبتی استفاده باهم از کود زیستی ازتوباکتر و فسفاباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه (F6) بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه داشت.

پژوهشگران دلیل افزایش عملکرد در سطوح کودی تلفیقی را ناشی از مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل‌دسترس خاک با نیازهای گیاه در سیستم‌های تلفیقی می‌دانند. به‌طوری‌که در اوایل رشد که نیاز غذایی کم است میزان نیتروژن معدنی آن‌ها کمتر از کود شیمیایی است، ولی در مراحل رشد زایشی به علت تداوم فرآیند معدنی شدن، جذب تا مدت‌زمان طولانی‌تری ادامه پیدا می‌کند. همچنین افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی

و آزادسازی عناصر غذایی موجود در کلوئیدهای خاک از دلایل افزایش عملکرد در سطوح کودی تلفیقی است (Basu et al., 2008; Mooleki et al., 2004; Abid et al., 2016). بیاری و همکاران (Biary et al., 2011) بیش‌ترین عملکرد دانه را در بوته‌های تلقیح یافته با ازتوباکتر گزارش نمودند.

به‌طورکلی رژیم رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. این کاهش عملکرد براثر کاهش تعداد سنبله در مترمربع و کاهش دانه در سنبله و در مرحله بعدی رشد رویشی و زایشی براثر کاهش وزن دانه و یا کاهش تعداد دانه در سنبله است (Mohtadi et al., 2015; Maghsoudi et al., 2014).

عملکرد بیولوژیک

در تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر رژیم رطوبتی و کود زیستی و اثر متقابل رژیم رطوبتی و کود زیستی بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است.

مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم رطوبتی و کودهای زیستی بر عملکرد بیولوژیک نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۱۲۲۲/۳ کیلوگرم) در سطح بدون رژیم رطوبتی و مصرف کود زیستی فسفاباکتر به همراه کودشیمیایی عرف منطقه و کمترین عملکرد بیولوژیک (۴۸۷۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به سطح تنش شدید رژیم رطوبتی و مصرف کود زیستی فسفاباکتر به همراه ۵۰ درصد عرف منطقه بود.

نتایج برش‌دهی اثرات متقابل نشان می‌دهد (جدول ۳) در هر سه سطح رژیم رطوبتی، سطوح کود زیستی و هم‌چنین در هر هفت سطح کود زیستی (جدول ۴)، همه سطوح رژیم رطوبتی اثرات معنی‌داری داشته‌اند، به‌طوری‌که در تنش شدید (تخلیه رطوبتی ۸۵ درصد) کود زیستی به همراه کود شیمیایی عرف منطقه بیشترین عملکرد بیولوژیک را داشت که در تلفیق کودهای زیستی، کود زیستی فسفاباکتر و کود زیستی ازتوباکتر به ترتیب ۶۲۳۷ و ۵۹۲۱ و ۵۸۴۹ کیلوگرم در هکتار بوده‌اند و نسبت به عدم استفاده از کود زیستی به ترتیب ۱۷ و ۱۳ و ۱۲ درصد افزایش داشته است (جدول ۵).

به‌طورکلی کود زیستی در کنار کود نیتروژنه می‌تواند با اثرگذاری مثبت خود بر جذب عناصر میکرو و ماکرو، بهبود توزیع آب در گیاه، افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز و تولید هورمون‌های گیاهی مؤثر در رشد گیاه باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گندم شود (Pakdel et al., 2011). همچنین در سطوح کودی تلفیقی، وجود کود نیتروژنی در مراحل اولیه رشد باعث افزایش رشد رویشی شده است و در مراحل بعدی آزادسازی نیتروژن و دیگر عناصر غذایی از کودهای آلی (ازتوباکتر و فسفاباکتر) نیز موجب بهبود رشد زایشی گیاه گردید، درنتیجه در تیماری که عناصر غذایی موردنیاز در طی طول رشد به‌صورت مطلوبی تأمین‌شده میزان عملکرد بیولوژیک آن نیز بالاتر بوده است. محققان نیز با کاربرد سطوح کودی تلفیقی به نتایج مشابهی دست یافتند (Sadeghi et al., 2015). زهیر و همکاران (Zahir et al., 2004) افزایش ۱۸ درصدی و مقصودی و همکاران (Maghsoudi et al., 2014) افزایش ۱۱ درصدی وزن خشک بوته‌های ذرت تلقیح یافته با کودهای زیستی را گزارش دادند (Nanda et al., 1995). مک‌دونالد (Mc Donald., 2002) و توران و همکاران (Turan et al., 2010) افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم را به‌واسطه تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات گزارش کردند.

بیاری و همکاران (Biary et al., 2011) در مطالعه‌ای که بر روی ذرت نشان دادند که کاربرد کود زیستی باعث افزایش وزن خشک ساقه و برگ به‌طور معنی‌دار نسبت به عدم استفاده از کود زیستی گردید که با تحقیقات محققین دیگر مطابقت داشت. ازتوباکتر به‌عنوان یک تحریک‌کننده رشد گیاهی غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی سبب تولید اکسین ها می‌شود که موجب افزایش تولید تارهای کشنده ریشه می‌شود و لذا جذب عناصر غذایی از خاک و رشد گیاه بهبود می‌یابد. توران و همکاران (Turan et al., 2010) در بوته‌های تلقیح یافته با ازتوباکتر همراه با مصرف کود نیتروژن، افزایش معنی‌دار وزن ساقه را در مقایسه با عدم تلقیح گزارش نمودند.

شاخص برداشت

تجزیه واریانس (جدول ۲) شاخص برداشت مبین تأثیر معنی-دار رژیم رطوبتی، کود زیستی و اثر متقابل رژیم رطوبتی و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت است.

مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم رطوبتی و کود زیستی بر شاخص برداشت (جدول ۵) بیانگر بالاترین شاخص برداشت در سطح عدم رژیم رطوبتی و کود زیستی ازتوباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه بود همچنین پایین‌ترین شاخص

برداشت در سطح تنش شدید و عدم به‌کارگیری کود زیستی بود.

نتایج برش‌دهی اثرات متقابل نشان می‌دهد (جدول ۳) در هر سه سطح رژیم رطوبتی، سطوح کود زیستی و هم‌چنین در هر هفت سطح کود زیستی (جدول ۴)، همه سطوح رژیم رطوبتی اثرات معنی‌داری داشته‌اند. به‌صورت که در هر سه سطح تنش کم‌آبیاری استفاده از کودهای زیستی باعث افزایش شاخص برداشت در گیاه گندم مورد آزمایش شده است. در تنش شدید سطوح استفاده از کود زیستی ازتوباکتر (F3) و کود زیستی فسفاباکتر (F4) نسبت به شاهد (F1) به ترتیب ۲۹/۵ و ۲۹ درصد افزایش در شاخص برداشت داشته است.

در سطح کودی مواد غذایی مورد نیاز گیاه در اثر معدنی شدن کود فراهم می‌گردد که احتمالاً به علت عدم توسعه ریشه‌ها و سرعت کم معدنی شدن در مراحل اولیه رشد دسترسی به عناصر غذایی محدود بوده و با پیشرفت رشد این محدودیت کاهش یافته است. بااین‌حال در سطوح تلفیقی کود زیستی و کود شیمیایی مصرف‌شده علاوه بر بهبود رشد اولیه گیاه، معدنی شدن کود آلی را نیز تسریع می‌کند. همچنین کود آلی تا مراحل پایانی رشد عناصر غذایی را برای گیاه فراهم نموده و درنتیجه عملکرد و شاخص برداشت را به بالاترین سطح ارتقاء می‌دهد (Maghsoudi et al., 2014; Mirahmadi et al., 2011).

کندی و همکاران (Kandi et al., 2004) طی بررسی‌های مختلفی اظهار داشتند که ازتوباکتر به‌عنوان تحریک‌کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی با تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین منجر به افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک و درنهایت سبب بهبود کارایی مصرف کود می‌شوند. مانسک و همکاران (Manske et al., 2000) و زهیر و همکاران (Zahir et al., 2004) دریافتند که استفاده از مایه تلقیح ازتوباکتر با افزایش طول و تراکم ریشه‌ها سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد می‌گردد. همچنین، تغییر در اندازه و مرفولوژی خارجی و داخلی ریشه‌ها به دلیل تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد، بر توانایی ریشه در دسترسی به حجم وسیع‌تر خاک اثر گذاشته و قابلیت استفاده و جذب عناصر غذایی و آب را افزایش داده که درنهایت منجر به افزایش کارایی مصرف کود و عملکرد بیش‌تر خواهد شد (Baral and Adhikari., 2013).

افزایش شاخص برداشت تحت تأثیر کاربرد کود زیستی با توجه به اثر افزاینده آن‌ها بر رشد رویشی و زایشی توجیه‌پذیر است؛ بنابراین می‌توان بیان داشت که باکتری‌ها با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر به دانه سبب افزایش شاخص برداشت شده‌اند. ثانی و همکاران (Sani et al., 2007) گزارش دادندکه با کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم شاخص برداشت به میزان ۵/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافته است.

شاخص کلروفیل

تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد (جدول ۲) رژیم رطوبتی و کود زیستی و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص کلروفیل برگ دارد.

مقایسه میانگین اثرمتقابل رژیم رطوبتی و کود زیستی (جدول ۵) نشان می‌دهد، کودهای زیستی باعث بهبود اثرات منفی رژیم رطوبتی بر شاخص کلروفیل شده است، به‌طوری‌که استفاده تلفیقی از کودهای زیستی ازتوباکتر و فسفاباکتر باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ در رژیم رطوبتی نسبت به شاهد (بدون استفاده کود زیستی) به میزان ۲۴/۹ درصد گردیده است. نتایج برش‌دهی اثرات متقابل نشان می‌دهد (جدول ۳) در هر سه سطح رژیم رطوبتی، سطوح کود زیستی و هم‌چنین در همه هفت سطح کود زیستی (جدول ۴)، سطوح رژیم رطوبتی اثرات معنی‌داری داشته‌اند. به صورتی که در تیمار رژیم رطوبتی شدید (S3) تأثیر استفاده از کود زیستی (F6) و عدم استفاده آن (F1) کاملاً آشکار است (جدول ۵). این نتایج با پژوهش‌های گذشته مطابقت دارد. حسن‌زاده و همکاران (Hassanzadeh et al., 2008) افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی جو به‌وسیله گونه‌ای از باکتری که قادر به انحلال فسفات و تولید هورمون اکسین بود را گزارش کردند (Kauseri et al., 2006). همچنین افزایش میزان کلروفیل برگ کنجد (Nikmehr and Akhgar., 2015) گندم درنتیجه تلقیح باکتری‌های محرک رشد گزارش شده است (Sadat, 2007; Shaharroona et al., 2006). کاهش کلروفیل برگ تحت تأثیر تنش خشکی توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (Fanaei et al., 2009; Seyed Sharifi et al., 2016; Bredemeier et al., 2005; Naderikharaji et al., 2008). میهالوویچ و همکاران (Mihalovic et al., 1977) و اشرف و همکاران (Ashraf et al., 1998) تأثیر پراکسیدازها و ترکیبات فنلی

را علاوه بر تأثیر کلروفیلاز در تجزیه کلروفیل در شرایط تنش خشکی دخیل دانسته‌اند. با توجه به اینکه غلظت کلروفیل برگ شاخص مستقیم سلامتی گیاه و وضعیت رشد آن است (Afzal et al., 2005) این نتایج نشان می‌دهد که مصرف کودهای زیستی سبب افزایش تحمل گیاه در برابر تنش خشکی (Markarian et al., 2015) می‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش ازتوباکتر و فسفا باکتر چه به‌تنهایی و یا تلفیق با هم موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه گندم رقم ارگ شدند. کود زیستی ازتوباکتر و فسفاباکتر به همراه کود شیمیایی عرف منطقه، می‌تواند قسمت اعظم عناصر غذایی گیاه گندم را تأمین نماید. همچنین اگر کود زیستی ازتوباکتر و فسفاباکتر به‌طور تلفیقی در حالت رژیم رطوبتی شدید (۸۵ درصد تخلیه رطوبتی) استفاده شوند، موجب افزایش ۳۸/۷۸ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم استفاده از کود زیستی در همین سطح رژیم رطوبتی می‌شود. همچنین در صورت استفاده از کود زیستی ازتوباکتر به همراه ۵۰ درصد کود شیمیایی عرف منطقه در رژیم رطوبتی شدید (۸۵ درصد تخلیه رطوبتی)، باعث افزایش ۲۹/۵۸ و ۲۴/۶۳ درصد (به ترتیب) شاخص برداشت و شاخص کلروفیل نسبت به عدم استفاده از کود زیستی در همین سطح رژیم رطوبتی می‌شود. این نتایج حاکی از آن است که تنش خشکی باعث کاهش در عملکرد و اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک در گیاه گندم می‌شود و برای جبران اثرات منفی تنش‌ها (رژیم رطوبتی) یکی از مناسب‌ترین و پایدارترین روش‌ها، استفاده از کودهای زیستی (ازتوباکتر و فسفاباکتر) در زراعت‌ها بخصوص غلات است.

منابع

Abdoli, M., Saeidi, M., 2013. Evaluation of water deficiency at the post anthesis and source limitation during grain filling on grain yield, yield formation, some morphological and phonological traits and gas exchange of bread wheat cultivar. Albanian Journal of Agricultural Sciences. 12, 255-265.

Abid, M., Tian, Z., Ata-Ul-Karim, S.T., Liu, Y., Cui, Y., Zahoor, R., Dai, T., 2016. Improved tolerance to post-anthesis drought stress by pre-drought priming at vegetative stages in drought-tolerant and-sensitive wheat cultivars. Plant Physiology and Biochemistry. 106, 218-227.

Afzal, A., Ashraf, M., Asad, S.A., Farooq, M., 2005. Effect of phosphate solubilizing microorganisms on phosphorus uptake, yield and yield traits of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in rainfed area. International Journal of Agriculture and Biology. 7(2), 207-209.

Ahmadi, A., Jodi, M., Tavakoli, A., Ranjbar, M., 2009. Investigation of Yield and Its Related Morphological Traits Responses in Wheat Genotypes under Drought Stress and Irrigation Conditions. Journal of Water and Soil Science. 12, 155-165

Ahmadi, A., Baker, D.A., 1999. Effects of abscisic acid (ABA) on grain filling processes in wheat. Jornal of Plant Growth Regulation. 28, 187-197.

Ahmadi, A., Baker, D.A., 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. Journal of Agriculture Siences. 136, 257-269. [In Persian with English Summary]

Ali, M., Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Anderson, M.N., 2001. Root Signaling and osmotic adjustment during intetrmittient soil drying sustain grain yield of field grown wheat. Field Crop Research. 62,3 5-52.

Ashraf, M.Y., 1998. Yield and yield components response of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes tinder different soil water deficit conditions. Acta Agronomy Hungary. 46, 45-51

Aynehband, A., Tehrani, M., Nabati, DA., 2010. Residue management and N-splitting methods effects on yield, biological and chemical characters of canola ecosystem. Journal of Food, Agriculture and Environment. 8, 317-324.

Baker. N., 2006. Nitrogen uptake characteristics of corn roots at low N concentration as influenced by plant age. Agronomy Journal. 132, 17-19.

Baral, B.R., Adhikari, P., 2013. Effect of Azotobacter on growth and yield of maize. SAARC Journal of Agriculture. 11, 141-147.

Barlow, E.W.R., Donovan, G.R., Lee, J.W., 1983. Water relation and composition of wheat ears grown in liquid culture effect of carbon and nitrogen. Australian Journal of Plant Physiology. 10, 99-108.

Bashan, Y., Holguin, G., de-Bashan, L., 2004. Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances. Canadian Journal of Microbiology. 50, 521-577.

Basu, M., Bhadoria, P.B.S., Mahapatra, S.C., 2008. Growth, nitrogen fixation yield and kernel quality of peanut in response to lime, organic and inorganic fertilizer levels. Bioresource Technology. 99, 4675-4683.

Biary, A., Golami, A., Asadi Rahmani, H., 2011. Study of the effects of plant growth promoting rhizobacteria of Azotobacter and Azosprillium on growth traits and yield of corn (*Zea maize* L.). Iranian Journal of Plant and Soil. 25, 1. 1-10. [In Persian with English Summary]

Blum, A., 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. Euphytica. 100, 77-83.

Blum, A., Ebercon, A., 1976. Genotypic responses in sorghum to drought stress. III. Free proline accumulation and drought resistance. Crop Science. 16, 428-431.

Bostick, W.M.N., Bado, V.B., Bationo, A., Solar, C.T., Hoogenboom, G., Jones, J.W., 2007. Soil carbon dynamics and crop residue yields of cropping systems in the Northern Guinea Savanna of Burkina Faso. Soil and Tillage Research. 93, 138–151.

Brar, G.S., Kar, S., Singh, N.T., 1990. Photosynthetic response of wheat to soil water deficits in the tropics. Journal of Agronomy and Crop Sciences 164, 343-34.

Bredemeier, C., 2005. Laser-induced chlorophyII fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field condition in wheat and maize. Ph. D. Thesis. Technical University of Munich Germany. pp219.

Bukhat, N.M., 2005. Studies in yield and yield associated traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under drought conditions. M.Sc Thesis Department of Agronomy. Sindh Agriculture University, Tandojam, Pakistan.

Chalab-Yani, S., Rashidi, V., 2012. Selection indices in the improvement of wheat grain yield on drought stress conditions. African Journal of Agriculture Research. 7, 1177-1183.

Dogan, R., 2009. The correlation and path coefficient analysis for yield and some yield components of durum wheat (*Triticum turgidum* L.var. durum) in West Anatolia conditions. Pakistan Journal of Botany. 41, 1081-1089.

Dorostkar, S., Dadkhodaie, A., Heidari, B., 2015. Evaluation of grain yield indices in hexaploid wheat genotypes in response to droughtstress. Archives of Agronomy and Soil Science. 61, 397-413.

Emam, Y., Seghataleslam, M.J., 2005. Crop Yield, Physiology and Processes. Shiraz University Publication. 593. [In Persian]

Emam, Y., Salami, S., Shokofa, A., 2009. Effects of nitrogen levels on yield and yield components of wheat under irrigation and dry land conditions. Iranian Journal of Crop Sciences.7, 321-332. [In Persian with English Summary]

Fageria, N.K., Baligar, V.C., 2005. Enharcing nitrogen use efficincy in cropplants. Advances in Agronomy. 88, 97-185.

Fallah Qazaani, M., Habibi, D., Pazoki, A.R., Khavazi, K., 2012. Effect of some Azotobacter spices and humic acid on auxin hormone production, yield and yield components of wheat under different nitrogen levels. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding. 8, 97-109. [In Persian with English Summary]

Fanaei, H.R., Galavi, M., Kafi, M., Ghanbari Bonjar, A., Shirani-rad, A.H., 2009. Effect of potassium fertilizer and irrigation on yield and water use efficiency of canola and Indian mustard species (*B.napus* L. and *B. juncea* L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 11, 273-291 [In Persian with English Summary]

Fischer, R.A., Rees, D., Sayre, K.D., Lu, Z.M., Condon, A.G., Larque-Saavedra, A., 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate and cooler canopies. Crop Science. 38, 1467-1475.

Gastal, F., Nelson, C.J., 1994. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. Plant Physiology. 105-119.

Gerami, F., Aynehband, A., Fateh, E.,, 2012. Effect of Green manures and Nitrogen Fertilizer Levels on Early Growth, Yield and Yield Components of Wheat (Triticum aestivum L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 23, 1-17. [In Persian with English Summary]

Gerhardt, K.E., Greenberg, B.M., Glick B.R., 2006. The role of ACC deaminase in facilitating the phytoremediation of organic, metals and salt. Current Trends in Microbiology. 2, 61-73.

Ghanbari, S., Moosavi, S.Gh., 2016. Grain Yield of Maize Influenced by Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Zinc under Water Deficit Stress. 62(3), 21-41.

Glick, B.R., Todorovic, B., Czarny, J., Cheng, Z., Duan, J., McConkey, B., 2007. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. Critical Reviews in Plant Sciences. 26 227–242.

Gooding, M.J., Ellis, R.H., Shewry, P.R., Schofield, J.D., 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, 925 drying and quality of winter wheat. Cereal Science. 37, 295–309.

Halim, G.H., Emam, Y., Shakeri, E., 2018. Evaluation of Yield, Yield Components and Stress Tolerance Indices in Bread Wheat Cultivars at Post-anthesis Irrigation Cut-Off. Journal of Crop Production and Processing. 7(4), 121-134. [In Persian with English Summary].

Hassanzadeh, E., Mazaheri, D., Chaichi, M.R., Khavazi, K., 2008. Efficiency of phosphorus solubilizing bacteria and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of barley cultivar (Karoon Dar Kavir). Pajouhesh and Sazandegi. 77, 111-118 [In Persian with English Summary].

Hooper, S., Heaney, A., Gordon, S., 2000. Phosphorus nutrition in Australian agriculture. Australian Commodities. 72, 341-347.

Kamaei, H.H.R., Eisvand, F., Nazarian, K., 2018. Effects of Planting Date, Bio-fertilizer Containing P Solubilizing Bacteria and Elements Foliar Application of Zinc and Boron on Physiological and Agronomic Traits of Bread Wheat (Aflakcultivar). Iranian Journal of Field Crops Research. 16(1), 165-179. [In Persian with English Summary]

Kandi, A.A., Badawi, M.A., EL-Moursy, S.A., Abdou, M.A., 2004. Effect of planting dates, nitrogen levels and bio-fertilization treatments on 1: Growth attributes of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.). Basic Applied Science. 5, 227-237.

Kanimozhi, K., Panneerselvam, A., 2010. Studies on isolation and nitrogen fixation ability of Azospirillum spp. isolated from Thanjavur district. Der Chemica Sinica. 1, 138-145.

Kauseri, R.H., Athar, U.R., Ashraf, M., 2006. Chlorophyll fluoresce: A Potential indicator for rapid assessment of water stress tolerance in Canola. Pakistan Journal of Botany. 38, 1501-1509.

Khalili-Rad, R., Mirseyed Hosseini, H., 2016. Assessing some root morphological properties and efficiency indexes in several phosphorus efficient and inefficient cultivars of wheat. Journal of Soil Management and Sustainable Production. 6(3), 65-82 [In Persian with English Summary].

Khosravi, H., Mahmoudi, H., 2013. Evaluation of effects of Azotobacter inoculation and manure on growth of rainfed wheat. Journal of Soil Management and Sustainable Production. 3, 205-219 [In Persian with English Summary].

Leylasi Marand, M., Sarikhani, M., 2018. Investigation of Nitrogen Fixation Efficiency of Some Azotobacter Isolates by Maize Inoculation. Journal Agricultural Science and Sustainable Production. 27, 51-64. [In Persian with English Summary].

Mac Adam, J.W., Volenec, J.J., Nelson, C.J., 1989. Effects of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation intall fescue leaf blades. Plant Physiology. 89, 549-556.

Maghsoudi, E., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., 2014. Effect Management Strategies Fertilizer Nitrogen and Biological on Morphological Traits, Yield and Quality Traits Corn (S.C. 704). Iranian Journal of Field Crops Research. 12(2), 273-282. [In Persian with English Summary].

Malakouti, M.J., Nafisi, M., 2004. Fertilization of Dryland and Irrigated Soil. Tarbiat Modares University. 342p. [In Persian].

Manske, G.B., Luttger, A., Behl, R.K., VleK, P.G., Cimmit, M., 2000. Enhancement of mycorrhiza (VAM) infection, Nutrient efficiency and plant growh by Azotobacter

chroococcum in wheat. In: Narula, N. (ed.), Azotobacter in Sustainable Agriculture. CBS Publishers & Distributors, New Dehli, India.

Markarian, Sh., Najafi, N., Aliasgharzad, N., Oustan, Sh., 2015. Effects of *Sinorhizobium meliloti* bacterium and phosphorus on leaf chlorophyll index, nitrogen and phosphorus concentrations in alfalfa shoot and root under drought stress conditions. Water and Soil Science. 25, 27-45. [In Persian with English Summary].

Mc Donald, G.K., 2002. Effects of nitrogen fertilizer on the growth grain yield and grain protein concentration of wheat. Australian Journal of Agricultural Research. 43, 949-967.

Mihalovic, N., Lazarevic, M., 1977. Chlorophyllaz activity in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves during drought and its dependence on the nitrogen on applied. Field Crops Research. 9, 46-58.

Mirahmadi, M., Malakuti, M.J., Khavazi, K., 2011. Effect of PSB on P uptake by corn in alkaline soils. 12th Iranian Soil Science Congress. University of Tabriz. Tabriz, Iran. [In Persian].

Mohtadi, M., Mirhadi, M.J., Chraty, A., Bahadori, M., 2015. Effects of biofertilizer containing of free living nitrogen fixing bacteria and phosphate solubilizing bacteria (PSB) on quantitative and qualitative traits of wheat. Soil Management and Sustainablen Production. 5, 229-242. [In Persian with English Summary].

Mooleki, S.P., Schoenau, J.J., Charles, J.L., Gwen, G., 2004. Effect of rat, frequency and incorporation of feedlot cattele manure on soil nitrogen availability crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskachwan. Canadian Journal of Soil Science. 84, 199-210.

Naderikharaji, R., pakniyat, H., Biabani, A.R., 2008. Effect of Drought strees on photosynthetic Rate of Four Rapeseed (Brassica napus) Cultivars. Journal of Applied Sciences. 23, 4460-4463.

Nanda, S.S., Swain, K.C., Panda, S.C., Mohanty, A.K., Alim, M.A., 1995. Effect of nitrogen and biofertilizers in fodder rainfed upland conditions of Orisa. Current Agriculture Research. 8, 45-47.

Naserian, B., Asadi, A.A., Rahimi, M., Ardakani, M.R., 2007. Evaluation of wheat cultivars and mutants for morphological and yield traits and comparing of yield components under irrigated and rain fed conditions. Asian Journal of Plant Science. 6, 214-224.

Nikmehr, S., Akhgar, A., 2015. Effect of combined application of phosphate solubilizing bacteria and phosphrous fertilizer on growth and yield of sesame. Journal of Water and Soil. 29 (4), 991-1003. [In Persian with English Summary].

Pakdel, M., Maleki, A., Noormohammadi, GH., Fazel, SH., 2011. The effect of azotobacter and pseudomonas growth stimulating bacteria on yield and yield components of bread wheat under normal conditions and Drought Stress. Journal of Agronomy Research. 3, 107-121 [In Persian with English Summary].

Pandy, P.K., Maranville, J.W., Admou, A., 2001. Tropical wheat response to irrigation and nitrogen in a Sahelian environment. I. Grain yield, yield components and water use efficiency. European Journal of Agronomy. 15, 93-105.

Parentoni, S.N., de Souza Júnior, C.L., 2008. Phosphorus acquisition and internal utilization efficiency in tropical maize genotypes. Pesquisa. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 43, 893-901.

Patriquin, D.G., Dobereiner, J., 1978. Light microscopy observation of tetrazolium reducing in the endorhizosphere of maize and other grasses in Brazil. Canadian Journal of Microbioly. 24, 734-742.

Rafiq, M., Hussain, A., Ahmad, A., Basra, M.A., Wajid, A., Anwar, J., Ibrahim, M., Goheer, M.A., 2005. Effect of irrigation on agronomic traits of wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Biology and Biotechnology. 2, 751-759.

Sabir, S., Bakht, J., Shafi, M., Alishah, M., 2002. Effect of foliar application of different does nitrogen on wheat. Asian Journal of Plant Science and Research. 4, 300-303.

Sadat, A., 2007. Effects of vesicular arbuscular mycorhiza and plant growth promoting bacteria on nutrient uptake and yield of wheat under salinity condition. M.Sc. thesis. University of Tehran. [In Persian].

Sadeghi, S., Heidari, Gh., Sohrabi, Y., 2015. Effect of Biological Fertilizer and Fertilization Management on Some Growth Indices of Two Maize Varieties. Journal of Agricultural

Science and Sustainable Production. 25, 43-60. [In Persian with English Summary].

Sani, B., Faezeh, R.Z., yaghati, H.L., ghoshchi, F., Karver, M., 2007. The role of biological fertilizers on the qualitative and quantitative indicators in corn crop ecosystem. Proceedings of the National Conference of Ecological Agriculture in Iran. 885-899. [In Persian].

Seyed Sharifi, R., Lotfollah, F., Kamari, H., 2016. 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 Production. 5, 115-132. [In Persian with English Summary].

Shaharroona, B., Arshad, M., Zahir, Z.A., Khalid, A., 2006. Performance of Pseudomonas spp. Containing ACC-Deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry. 38, 2971-2975.

Shen, J., Yuan, L., Zhang, J., Li, H., Bai, Zh., Chen, X., Zhang, W., Zhang, F., 2011. Phosphorus dynamics: From soil to plant. Plant Physiology. 156, 997-1005.

Singh, R., Behl, R.K., Singh, K.P., Jain, P., Narula, N., 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi and Azotobacter chroococcum. Haryana Agricultural University. Hisar, India. Plant, Soil and Enviroment. 50, 409-415.

Turan, M., Gullucea, M., Cakmakcie, R., Oztasa, T., 2010. The effect of PGPR strain on wheat, yield and quality parameters. In Proceedings of the World Congress of Soil Science, Soil19 Solutions for a Changing World 1 – 6 August Brisbane, Australia. 140-143.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Chenng, K.C., Wong, M.H., 2005. Effect of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125, 155-166.

Zabihi, H.R., Savagebi, G., Khavazi, K., Ganjali, A., 2009. Response of wheat growth and yield to application of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of phosphorus fertilization. Journal of Agronomy Research. 7, 41-51. [In Persian with English Summary].

Zahir, A.Z., Arshad, M., Frankenberger, W.F., 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Journal Agronomy Research. 81, 97-168.

Zaidi, A., Mohammad, S., 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing microorganisms and glomus fasciculatum on green gram-bradyrhizobium symbiosis. Agriculture Science. 30, 223-230.

Zaied, K.A., Abd El-Hady, A.H., Afify Aida, H., and Nassef, M.A. 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. Pakistan Journal of Biological Sciences. 6, 344-358.

Zemrany, H.El., Cortet, J., Lutz, M.P., Chabert, A., Baudoin, E.K., Haurat, J., Maughan, N., Fe´ Lixf, D., De´ fago, G., Bally, R., Moe¨ Nne-Loccoz, Y., 2006. Field survival of the phytostimulator Azospirillum lipoferum CRT1 and functional impact on maize crop, biodegradation of crop residues, and soil faunal indicators in a context of decreasing nitrogen fertilization. Soil Biology and Biochemistry. 38, 1712–1726.

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 3, p. 871-887
Fall 2020
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2215.1557

Original article

The effect of interaction of chemical and biological fertilizers in different moisture regimes on the morphophysiological and grain yield of wheat

A. Moradgholi[1], H.R. Mobasser[2*], H.R. Ganjali[2], H.R. Fanaei[3], A. Mehraban[4]

1. Ph.D. in Agriculture, Department of Agriculture, Zahedan Branch, Islamic Azad University, Zahedan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Agriculture, Zahedan Branch, Islamic Azad University, Zahedan, Iran
3. Research Associate Professor, Horticultural crops sciences of department Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol. Iran
4. Assistant Professor, Agro-ecology, Department of Agriculture, Zahedan Branch, Islamic Azad University, Zahedan, Iran

Received 15 January 2018; Accepted 10 March 2019

Abstract

In order to study the effect of biofertilizers and moisture regime on different moisture regimes on the morphophysiological and grain yield of Arg wheat cultivar, an experiment in the form of a split-plot based on randomized complete block design with four replications was conducted at Zahak-Zabol Agricultural and Natural Resources Research Station during 2016-2017 crop year. Irrigation regimes were carried out on three levels as the main plots: irrigation after 45% (control), 65% moisture evacuation from soil (Medium stress) and 85% moisture evacuation from soil (Severe stress); biofertilizer sources were applied in seven levels: control, application of the locally common fertilizer, application of Azotobacter fertilizer along with the locally common fertilizer, Azotobacter fertilizer with 50% of the locally common fertilizer, Phosphabacter fertilizer with the locally common fertilizer, phosphabacter fertilizer with 50% of the corresponding chemical control fertilizer, Azotobacter phospha-bacter fertilizer along with the locally common fertilizer, and Azotobacter and phosphabacter along with 50% of the locally common fertilizer, with all these seven serving as the subplots. The results showed the interactive effect of moisture regime and biofertilizer on the grain yield was significant at 1% level. This was such that in severe drought stress, biofertilizers with a mean of (6237 $kg.ha^{-1}$) led to the grain yield increase of 38.8%, as compared to the control. Also, the improvement and increase in the 1000-seed weight, and biologic yield and harvest index were 27.6, 17.8, and 29.6 percent, respectively. Overall, the results of this study showed that in the irrigation under drought stress conditions at all stages of development, the use of Azotobacter and phosphabacter biofertilizers could have a positive effect on the grain yield, biologic yield, harvest index, and leaf chlorophyll index, thereby improving the negative effects of drought stress.

***Keywords*:** Azotobacter, Moisture regime, Phosphabacter, Wheat, Yield

[*]Correspondent author: Hamid Reza Mobasser; E-Mail: ha100rz@yahoo.com.