دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر شاخص‌های رشدی مورفولوژیکی و عملکرد دو رقم گندم در شرایط دیم و آبی

جبار جعفربای[۱]، مارال اعتصامی[۲]، سمانه جهانی‌فر[۳] و محمد حسین ارزانش[۴]

۱- مربی پژوهش، عضو هیئت علمی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران (نویسنده مسوول: jafarby@gmail.com)
۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه گنبد کاووس
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
۴- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان
تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۱۳

چکیده

استان گلستان یکی از قطب‌های مهم تولید گندم نان در کشور می‌باشد. آزوسپیریلوم برازیلنس جزء ازتوباکترهای حل‌کننده فسفات و از میکرو ارگانیسم‌های تثبیت کننده نیتروژن مولکولی است که در همیاری با ریشه غلات و گرامینه‌های دیگر رشد و نمو آنها را تقویت می‌کند. لذا به‌منظور بررسی اثرات باکتری فوق بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم در منطقه گنبد آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در دو شرایط دیم و آبی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل دو رقم گندم (مروارید و گنبد) و پنج سطح تلقیح باکتری (شامل بدون باکتری (شاهد)، باکتری اول ازتوباکتر و باکتری دوم آزوسپیریلوم و باکتری سوم حل‌کننده فسفات و تیمار چهارم مخلوطی از این سه باکتری) می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل رقم و باکتری در مورد صفات تعداد برگ، وزن خشک برگ، طول سنبله، وزن دانه و عملکرد دانه در شرایط آبی و طول ریشک و وزن دانه در شرایط دیم معنی‌دار شد. رقم گنبد توانست در هر دو شرایط عملکرد دانه بهتری داشته باشد. رقم گنبد با تیمار تلفیق سه باکتری در کشت آبی با میانگین ۲۳۵۸/۳۶ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین عملکرد دانه را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: باکتری، عملکرد، کشت دیم، گندم

مقدمه

غلات یکی از مهمترین منابع غذایی انسان است. در حدود ۵۵ درصد از پروتئین‌ها، ۱۵ درصد از چربی‌ها، ۷۰ درصد از گلوسیدها و بطور کلی ۵۰ درصد از کالری مصرف شده توسط انسان در دنیا را غلات تامین می‌کند (۲۰). میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات به صورت ساپروفیت در منطقه ریشه (ریزوسفر) فعالیت نموده و با مصرف ترشحات ریشه ترکیبات نامحلول فسفات را به صورت قابل جذب گیاه در می‌آورند. این میکروارگانیسم‌ها با تولید و ترشح اسید های آلی اعم از مالیک، سوسکینیک، پیروپیونیک، لاکتیک، سیتریک، کتوگلونیک در حلالیت فسفات های معدنی و کم محلول موثر می‌باشد و به علاوه بسیاری از آنها با تولید آنزیم فسفاتاز آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی فسفررا موجب می‌شوند. آزوسپیریلوم به دلیل توان برقراری همیاری با گیاهان مهم زراعی مانند گندم، ذرت و برنج توجه بیشتری را به خود جلب نموده است. این گونه از باکتری‌ها به دلیل توانایی تثبیت نیتروژن به صورت همیار با ریشه گیاهان گسترش سطح ریشه و در نتیجه افزایش جذب عناصر ضروری برای رشد گیاه تولید هورمون‌های محرک رشد، توانایی انحلال فسفات معدنی و افزایش مقاومت گیاه در مقابل تنش‌ها را ایجاد می‌کند (۶). ارزانش و همکاران (۴) نشان دادند که در ژنوتیپ‌های گندم تنش خشکی باعث کاهش سطح برگ در گیاه می‌شود. باکتری‌های حل‌کننده فسفات دارای طیف گسترده‌ای از صفات محرک رشد گیاهی می‌باشند که باعث افزایش سطح برگ در گیاه و رشد اندام هوایی می‌گردد (۱۱).

افتخاری و همکاران (۷) در طی آزمایشی که روی برنج انجام دادند گزارش کردند که تاثیر باکتری بر وزن خشک ساقه برنج در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و بیشترین وزن خشک ساقه در تیمار حل‌کننده فسفات بدست آمد. در آزمایشی دیگر مشخص شد که آلوده سازی با آزوسپیریلوم وزن خشک ساقه را به‌طور متوسط ۱۲/۳ درصد، در مقایسه با شاهد افزایش داد (۱). ایلیاس و همکاران (۱۲) در اسلام آباد پاکستان سویه هایی از باکتری آزوسپیریلوم را از ریشه گندم تحت اقلیم خشک و نیمه خشک و همچنین مناطق مرطوب جداسازی کردند با تکثیر و تلقیح این سویه ها بر گیاهان گندم، تعداد پنجه‌های بارور، میزان پروتئین دانه، تعداد سنبله به خصوص تحت اقلیم خشک و نیمه خشک که میزان جذب عناصر و رشد ریشه افزایش یافت. تیمار توام هر دو باکتری (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) نسبت به تیمار هر باکتری به تنهایی تاثیر بیشتری در افزایش وزن خشک اندام هوایی داشته است. تیمارهای دارای باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس و ازتوباکتر کروکوم به تنهایی افزایشی به میزان ۳/۸۵ درصد و تیمارهای توام دو باکتری افزایشی به میزان ۹/۷۵ درصد در مقایسه با تیمارهای بدون باکتری در وزن خشک اندام هوایی نشان دادند. نتایج مشابهی نیز توسط رای و گاور (۲۵) در خصوص تاثیر دو باکتری آزوسپیریلوم و ازتوباکتر و تلفیق این دو باکتری در افزایش عملکرد گیاه گندم گزارش شده است.

بر این اساس هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه، با توجه به توان تثبیت نیتروژن آن‌ها بر عملکرد و سایر شاخص‌های رشدی مورفولوژیکی گیاه گندم در شرایط دیم و آبی است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی تاثیر باکتری‌های محرک رشد روی ۲ رقم گندم در شرایط دیم و آبی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد واقع در ۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان گنبد با ارتفاع از سطح دریا ۴۵ متر و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی اجرا شد. متوسط بارندگی سالانه ایستگاه ۳۵۰ میلی‌متر است و اقلیم این منطقه از نوع نیمه خشک معتدل می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی-رسی- لوم با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ بر سانتی‌متر مکعب و ضریب زراعی و نقطه پژمردگی به ترتیب ۳۲/۴ و ۲۱/۸ درصد وزنی می‌باشد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط دیم و آبی اجرا گردید. فاکتور اول آن شامل دو رقم گندم (مروارید و گنبد) و فاکتور دوم در پنج سطح (شامل تلقیح چهار نوع باکتری (آزوسپیریلوم، ازتوباکتر، حل‌کننده فسفات و تلفیق این سه باکتری) به همراه شاهد (بدون تلقیح)) می‌باشد. بذرهای گندم از بخش اصلاح بذر و تهیه نهال مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه گردید ابتدا در آذر ماه نسبت به تهیه بستر اقدام شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۴×۱/۲ متر، فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله کرت‌ها از همدیگر ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. کوددهی بر اساس نتیجه تجزیه خاک انجام گرفت. میزان بذر مصرفی با تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع برای کرت‌ها در نظر گرفته شد. پس از سبز شدن در مرحله ۳-۴ برگی بوته‌های اضافی حذف و در هر کپه دو بوته باقی ماند. در کشت آبی، آبیاری به‌صورتی‌که از نفوذ آب در کرت بعدی جلوگیری شود، صورت گرفت. عملیات زراعی نظیر آبیاری، کودپاشی و وجین در همه تیمارها یکسان انجام گرفت و میزان آبیاری متناسب با نیاز گیاه و میزان بارندگی در طول فصل کشت در کشت آبی انجام گرفت، به‌طوری‌که در کشت دیم هیچ‌گونه آبیاری صورت نگرفت. بذور دو رقم قبل از بذرپاشی با سه باکتری ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و حل‌کننده فسفات به‌طور جداگانه و مخلوط هر سه باکتری تلقیح شدند به این ترتیب که پس ازتعیین مقدار بذور آن‌ها در داخل ظرفی (بشر یک لیتری) ریخته سپس مقدار ۲درصد (وزنی به وزنی) ماده چسباننده CMC[1] جهت تلقیح به بذور اضافه گردید و به خوبی با بذور آغشته ودر ادامه مقدار ۲ درصد (وزنی به وزنی) سوسپانسیون باکتری به بذور اضافه گردید و تمامی محتویات به خوبی تکان داده شده تا باکتری‌ها روی بذور قرار گیرد. جهت مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ از علف‌کش گرانستار به میزان ۳۰ گرم در هکتار و به‌منظور کنترل علف‌های هرز نازک برگ از علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل (تاپیک) به میزان یک لیتر در هکتار استفاده گردید. همچنین جهت مبارزه با آفات مکنده از جمله لما از حشره‌کش دیازینون ۶۰ درصد به میزان یک لیتر در هکتار استفاده گردید. مراحل فنولوژیکی گندم بر اساس معیار رشد زادوکس با مراجعه به مزرعه و در تاریخ‌های مربوطه یادداشت شد. در هر مرحله وضعیت تعداد برگ در هر بوته، سطح برگ، وزن‌تر و خشک برگ و ساقه و خوشه آن محاسبه شد. در مراحل بعدی طول سنبله، طول پدانکل، طول ریشک و عملکرد دانه، بررسی و مقایسه گردید. سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج مدل دلتا تی از محصولات ACCUA PAR در ۴ مرحله پس از ۴۵ روز بعد از کاشت و به فاصله زمانی ۱۵ روز اندازه‌گیری شد. برای محاسبه وزن تر بلافاصله پس از جمع‌آوری نمونه‌ها از مزرعه و اندازه‌گیری صفات، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. برای محاسبه وزن تر نمونه‌ها از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ استفاده گردید. برای تعیین وزن حشک اندام‌های گیاه برای مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۵±۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. از یقه سنبله (ابتدای سنبله) تا نوک آن بدون در نظر گرفتن ریشک‌ها، به‌عنوان طول سنبله محسوب شد که بر حسب سانتی‌متر و با دقت یک دهم سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید. بدین منظور، تعداد سنبله موجود در خطوط عملکرد اصلی (۱/۲ متر مربع) شمارش و سپس به تعداد سنبله در متر مربع تبدیل گردید. عملکرد دانه هر واحد آزمایشی پس از جدا کردن دانه‌ها از کاه با استفاده از یک کمباین آزمایشگاهی کوچک اندازه‌گیری شد و سپس با دقت یک‌دهم گرم توزین گردید.

داده‌های بدست آمده توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و بر اساس دستورالعمل آزمایشات فاکتوریل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، رسم نمودار با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد و سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. تاثیر رقم در شرایط آبی بر وزن تر برگ معنی‌دار بود. صفات تعداد برگ و سطح برگ تحت تاثیر رقم قرار نگرفتند. تاثیر نوع باکتری مورد استفاده بر هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل رقم و باکتری به غیر از تعداد برگ در شرایط آبی بر هیچکدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین تعداد برگ نشان داد که در بررسی اثر متقابل رقم و باکتری بر صفت تعداد برگ در شرایط آبی (شکل ۱) رقم مروارید با میانگین ۱۰/۹۰ عدد برگ در تیمار تلفیق سه باکتری (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و حل‌کننده فسفات) بیش‌ترین تعداد برگ را به خود اختصاص داد و همچنین رقم مروارید با میانگین ۷/۳۰ عدد برگ در تیمار باکتری آزوسپیریلوم کم‌ترین تعداد برگ را داشت. از آن‌جایی‌که تنش خشکی می‌تواند باعث کاهش جمعیت میکروبی در خاک یک منطقه شود و آبیاری شرایط مناسبی برای فعالیت باکتریایی ایجاد نموده و باعث جذب بهتر مواد

1- Cel

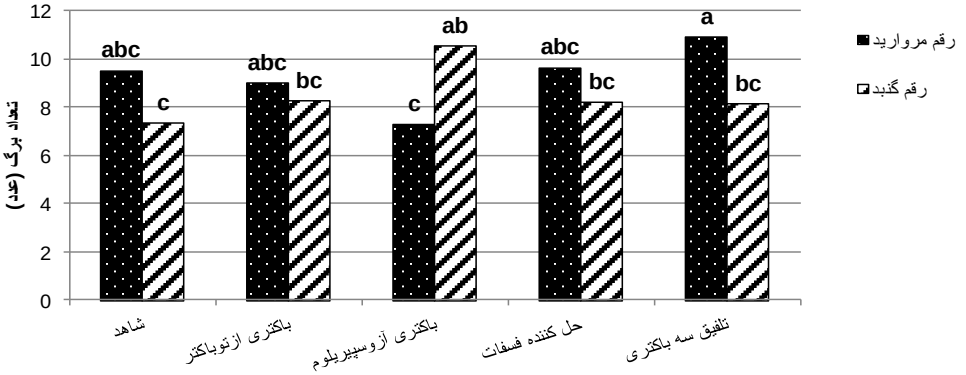
غذایی و توسعه سیستم ریشه‌ای، بهبود جذب آب و در نهایت رشد اندام هوایی گردیده است (۸).

از یقه سنبله (ابتدای سنبله) تا نوک آن بدون در نظر گرفتن ریشک‌ها، به عنوان طول سنبله محسوب شد که بر حسب سانتی‌متر و با دقت یک دهم سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید. بدین منظور، تعداد سنبله موجود در خطوط عملکرد اصلی (۱/۲ متر مربع) شمارش و سپس به تعداد سنبله در متر مربع تبدیل گردید. عملکرد دانه هر واحد آزمایشی پس از جدا کردن دانه ها از کاه با استفاده از یک کمباین آزمایشگاهی کوچک اندازه‌گیری شد و سپس با دقت یک‌دهم گرم توزین گردید.

داده‌های بدست آمده توسط نـرم‌افـزار SAS نسـخه ۹/۱ (۳۰) و بر اساس دستورالعمل آزمایشات فاکتوریل مورد تجزیـه و تحلیل قرار گرفتند، رسم نمودار با نـرم‌افـزار Excel نسـخه ۲۰۱۰ و مقایسه میانگین‌هـا از طریـق آزمـون حـداقل تفـاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج تجزیه واریانس تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. تاثیر رقم در شرایط آبی بر وزن تر برگ معنی‌دار بود. صفات تعداد برگ وسطح برگ تحت تاثیر رقم قرار نگرفتند. تاثیر نوع باکتری مورد استفاده بر هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل رقم و باکتری به غیر از تعداد برگ در شرایط آبی بر هیچکدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین تعداد برگ نشان داد که در بررسی اثر متقابل رقم و باکتری بر صفت تعداد برگ در شرایط آبی (شکل۱) رقم مروارید با میانگین ۱۰/۹۰ عدد برگ در تیمار تلفیق سه باکتری (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و حل‌کننده فسفات) بیشترین تعداد برگ را به خود اختصاص داد و همچنین رقم مروارید با میانگین ۷/۳۰ عدد برگ در تیمار باکتری آزوسپیریلوم کمترین تعداد برگ را داشت. از آن‌جایی‌که تنش خشکی می‌تواند باعث کاهش جمعیت میکروبی در خاک یک منطقه شود و آبیاری شرایط مناسبی برای فعالیت باکتریایی ایجاد نموده و باعث جذب بهتر مواد غذایی و توسعه سیستم ریشه‌ای، بهبود جذب آب و در نهایت رشد اندام هوایی گردیده است (۸).



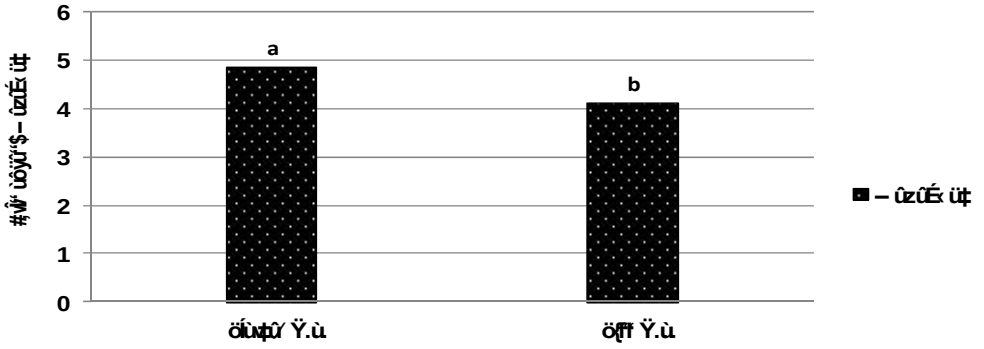
شکل ۱– اثر متقابل رقم و باکتری بر تعداد برگ در شرایط آبی
میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD معنی‌دار نیستند.
Figure1. Intereaction of cultivar by bacteria on number of leave sunder irrigated conditin
Means with common letters are not significantly dfferent at 0.05 probability level using LSD.

رقم گنبد با سطح برگی معادل ۷۸۰/۷۰ سانتی‌متر مربع و تیمار باکتریایی حل‌کننده فسفات با میانگین سطح برگی معادل ۸۶۵ بیشترین سطح برگ را در شرایط آبی و رقم گنبد با میانگین ۶۷۰/۹۰ و تیمار بدون باکتری با ۸۰۵ در شرایط دیم حاصل نمودند، اگر چه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نداشتند. راسیکو و همکاران (۲۶)، نشان دادند که در ژنوتیپ‌های گندم تنش خشکی باعث کاهش سطح برگ در گیاه می‌شود. باکتری‌های حل‌کننده فسفات دارای طیف گسترده ای از صفات محرک رشد گیاهی می‌باشند که باعث افزایش سطح برگ در گیاه و رشد اندام هوایی می‌گردد (۱۱).

وزن تر برگ

نتایج مقایسه میانگین نشان داد (شکل ۲) که رقم مروارید با میانگین ۴/۸۳ گرم و رقم گنبد با میانگین ۴/۰۹ گرم در گیاه بیشترین و کمترین وزن تر برگ را به خود اختصاص دادند. این مشاهدات با نتایج آزمایشی که پوراسماعیل (۲۳) بر روی دو رقم لوبیا انجام دادند مطابقت داشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار شاهد (عدم تلقیح) و تیمار حل‌کننده فسفات با میانگین ۴/۰۴ و ۴/۷۸ گرم در گیاه به ترتیب کمترین و بیشترین وزن تر برگ را در شرایط آبی بدست آوردند. ملاحظه می‌شود که سطح برگ کمتر با وزن کم‌تر نیز همراه است.عدم دسترسی به منابع آبی، رشد و توسعه برگ را تخت تاثیر قرار داده که به سطح برگ کمتر در گیاه منجر شده است. نتایج تحقیقات لی وین و شان (۱۷) بر روی گیاه یونجه بیان کردند که گیاه در شرایط تنش خشکی وزن تر کمتری نسبت به شرایط آبیاری دارد. وزن خشک برگ تحت تاثیر اثر متقابل رقم و باکتری قرار نگرفت اما باکتری بر روی وزن تر و خشک برگ اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۱). باکتری‌ها با اثر بر سیستم گسترش ریشه و افزایش جذب

مواد غذایی توسط گیاه باعث افزایش بیشتر سطح برگ و در نتیجه وزن خشک برگ می‌گردند. خزایی و برزویی (۱۵) نیز در تحقیقی که روی گندم در شرایط دیم مشاهده کردند که تنش خشکی به طور معنی‌داری محتوی رطوبت برگ را کاهش داد.

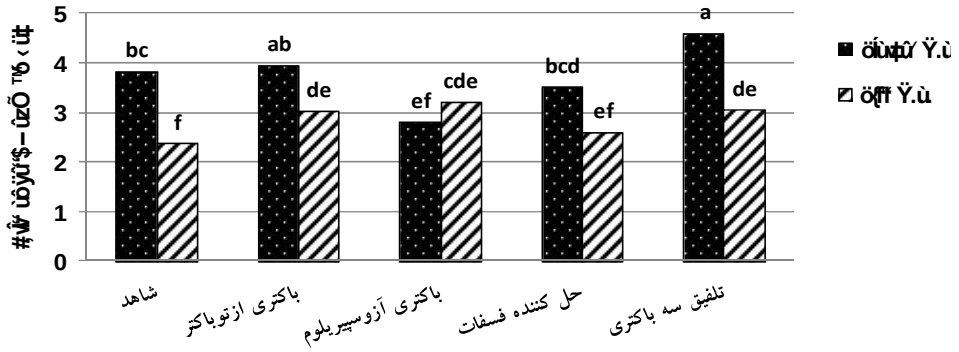


شکل ۲- اثر ساده رقم بر وزن تر برگ در شرایط آبی میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD معنی‌دار نیستند.

Figure 2. Simple effect of cultivar on fresh weight of leaves under irrigated condition
Means with common letters are not significantly dfferent at 0.05 probability level using LSD.

وزن خشک برگ

بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) اثرات ساده رقم در شرایط آبی بر وزن خشک برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. صفات وزن تر و خشک ساقه و طول ریشک تحت تاثیر رقم قرار نگرفتند. تاثیر نوع باکتری مورد استفاده بر وزن خشک برگ در شرایط آبی و وزن تر و خشک ساقه در شرایط دیم معنی‌دار شد. اثر متقابل رقم و باکتری تنها بر وزن خشک برگ در شرایط آبی و طول ریشک در شرایط دیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین (شکل ۳) اثر متقابل رقم مروارید و تیمار باکتریایی تلفیق سه باکتری با میانگین ۴/۵۰ گرم در گیاه بیشترین میزان وزن خشک برگ را در شرایط آبی داشت. همچنین اثر متقابل رقم گنبد و تیمار شاهد (عدم تلقیح) نیز کمترین وزن خشک برگ را با میانگین ۲/۳۰ گرم به خود اختصاص داد. می‌توان گفت جمعیت سه باکتری باهم و در اثر ترشح متابولیت ها همدیگر را تقویت کرده و شرایط آبی نیز محیط را برای فعالیت آن‌ها مهیا کرده و باعث افزایش وزن خشک شده گیاه شده است، نتایج این تحقیق با نتایج محمدی و همکاران (۱۸) که بر روی تاثیر باکتری‌های محرک رشد روی رقم الوند انجام شده است مطابقت دارد.



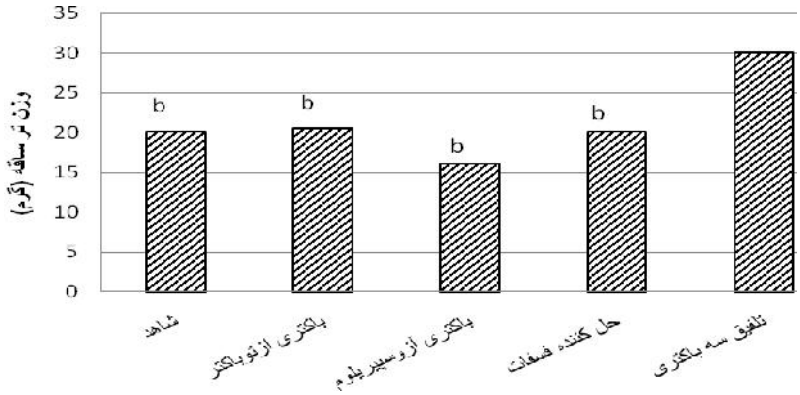
شکل ۳- اثر متقابل رقم و باکتری بر وزن خشک برگ در شرایط آبی

Figure 3. Simple effect of cultivar on fresh weight of leaves under irrigated condition
Means with common letters are not significantly dfferent at 0.05 probability level using LSD.

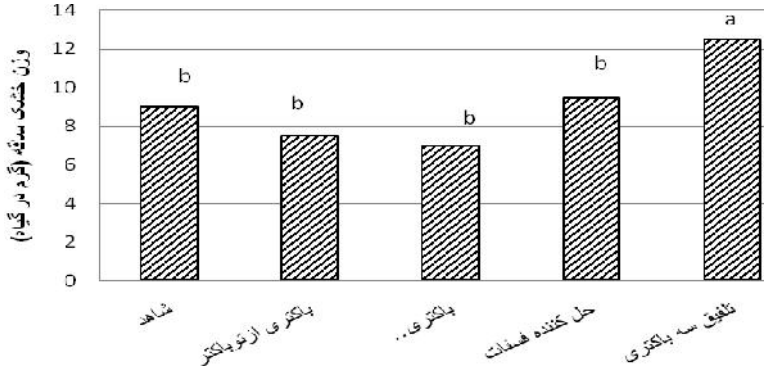
وزن تر و خشک ساقه

اثر رقم و باکتری بر وزن تر ساقه در شرایط آبی معنی‌دار نشده است، در حالیکه اثر ساده تیمار باکتری بر این صفت در شرایط دیم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. در بررسی اثر متقابل رقم و باکتری بر صفت وزن تر ساقه در شرایط دیم (شکل ۴) تیمار تلفیق سه باکتری (ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + حل‌کننده فسفات) با میانگین ۳۰/۱ گرم در گیاه بیشترین وزن تر ساقه را داشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در شرایط دیم، تیمار تلفیق سه باکتری با میانگین ۱۲/۸۶ گرم در گیاه بیشترین وزن خشک ساقه را

داشت، در حالیکه بین سطوح دیگر تیمار باکتری از لحاظ آماری تفاوتی مشاهده نشد (شکل ۵). افتخاری و همکاران (۷) در طی آزمایشی که روی برنج داشتند گزارش کردند که تاثیر باکتری بر وزن خشک ساقه در سطح برنج در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و بیشترین وزن خشک ساقه در تیمار حل‌کننده فسفات بدست آمد. در آزمایشی دیگر مشخص شد که آلوده سازی با آزوسپیریلوم وزن خشک ساقه را به طور متوسط ۱۲/۳ درصد، در مقایسه با شاهد افزایش داده است (۲). برخی پژوهشگران معتقدند تاثیر هورمونی القا شده در گیاه به وسیله باکتری آزوسپیریلوم به طور مستقیم باعث تغییرات مشخص در مورفولوژی ساقه، نظیر قطر ساقه و افزایش پنجه زنی و شمار خوشه ها در گندم می‌شود (۲۲). برخی دیگر نیز عقیده دارند ازدیاد رشد ریشه زمینه دسترسی به آب و مواد غذایی را بیشتر کرده در نتیجه رشد بخش هوایی را افزایش می‌دهد (۲۹،۲۸،۲۱).



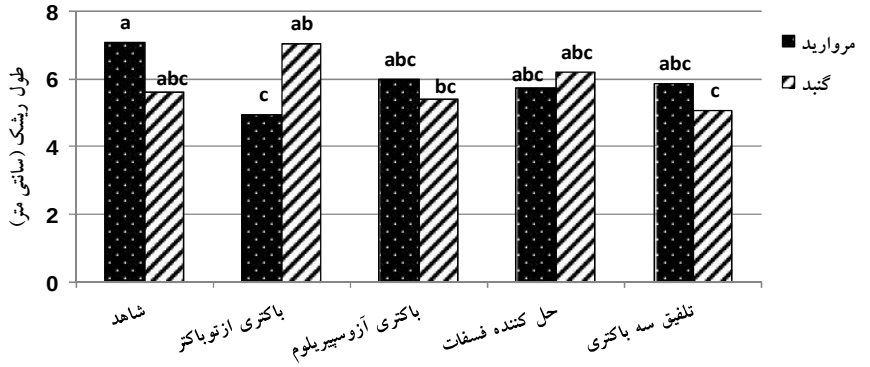
شکل ۴- اثر ساده باکتری بر وزن تر ساقه در شرایط دیم
Figure 4. Simple effect of bacteria on fresh weight of stems under rain-fed condition



شکل ۵- اثر ساده باکتری بر وزن خشک ساقه در شرایط دیم
Figure 5. Simple effect of bacteria on dry weight of stems under rain-fed condition

طول ریشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر رقم و باکتری روی صفت طول ریشک در شرایط آبی معنی‌دار نشده است. اثر متقابل رقم و باکتری بر صفت طول ریشک در شرایط دیم در سطح احتمال ۱ درصد بسیار معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۶) نشان داد که اثر متقابل رقم مروارید و تیمار شاهد (عدم تلقیح) با میانگین ۷/۰۹ سانتی متر بیشترین طول ریشک را داشت اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و تلفیق سه باکتری نداشت. از آن‌جا که ریشک صفتی هست که در شرایط گرم و خشک بیشتر نمود می‌نماید، به نظر می‌رسد که در شرایط دیم اثر متقابل رقم و باکتری بر طول ریشک ارقام مختلف بیشتر نمایان شده است.



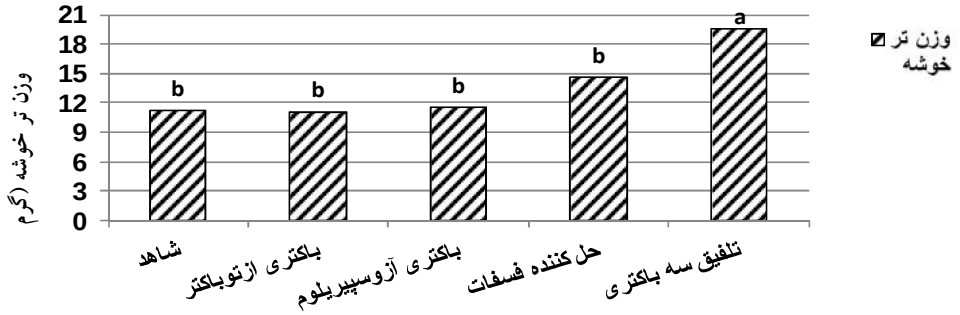
شکل ۶- اثر متقابل رقم و باکتری بر طول ریشک در شرایط دیم
Figure 6. Intereaction of cultivar by bacteria on length of radicles under rain-fed condition

طول خوشه

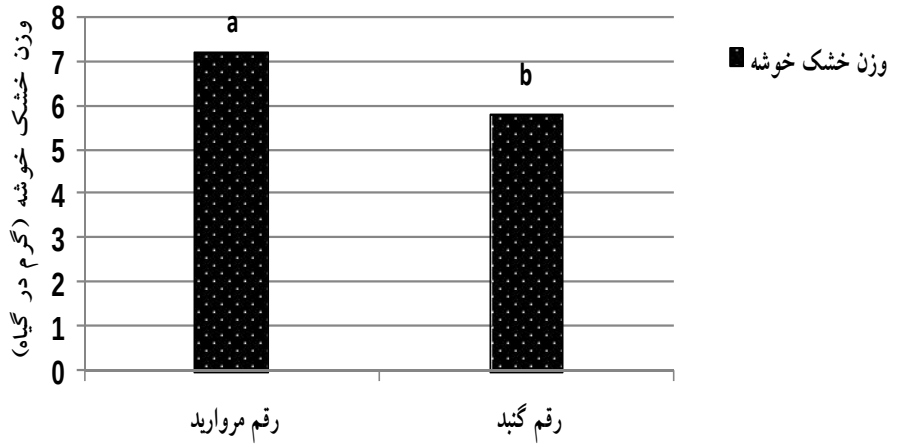
با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر رقم و باکتری در شرایط آبی و دیم تاثیر معنی‌داری روی طول خوشه نداشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که رقم مروارید با میانگین ۴۷/۱۳ سانتی‌متر و تیمار ازتوباکتر با میانگین ۴۹/۰۸ سانتی‌متر بیشترین طول خوشه را در شرایط آبی به خود اختصاص دادند. اگر چه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نداشتند. در شرایط دیم رقم گنبد با میانگین ۴۷/۳۵ سانتی‌متر و تیمار تلفیق سه باکتری با میانگین ۴۹/۱۰ سانتی‌متر نیز بالاترین طول خوشه را بدست آوردند. جعفرزاده (۱۳) طی آزمایشی که روی برنج انجام دادند اظهار داشتند که تاثیر تیمارهای تلقیحی با آزوسپیریلوم روی طول خوشه تاثیر معنی‌داری داشته است و نتیجه گرفتند که از این طریق هم در مصرف کود شیمیایی صرفه جویی می‌شود هم عملکرد افزایش می‌یابد.

طول پدانکل

بررسی نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر رقم و تیمار باکتریایی تاثیر معنی‌داری روی طول پدانکل نداشت. نتایج نشان داد رقم مروارید با میانگین ۳۷/۷۳ سانتی‌متر و تیمار باکتریایی ازتوباکتر با میانگین ۳۸/۱۰ سانتی‌متر بیشترین طول پدانکل در شرایط آبی داشتند. با توجه به نتایج رقم گنبد با میانگین ۳۷/۹۶ سانتی‌متر و تیمار تلفیق سه باکتری با طول پدانکل ۳۹/۱۳ سانتی‌متر بیشترین طول پدانکل را در شرایط دیم داشت، اگرچه از لحاظ آماری هیچ تفاوت معنی‌داری در بین آن‌ها مشاهده نشد.



شکل ۷- اثر ساده باکتری بر وزن تر خوشه در شرایط دیم
Figure 7. Simple effect of bacteria on fresh weight of spikes under rain-fed condition

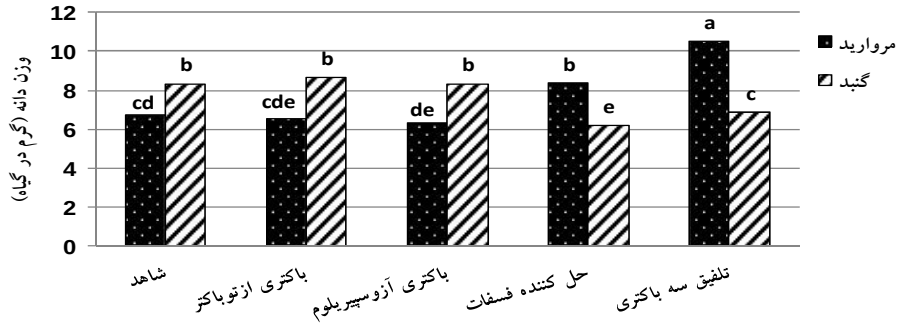


شکل ۸- اثر ساده رقم بر وزن خشک خوشه در شرایط آبی
Figure 8. Simple effect of cultivar on dry weight of spikes under irrigated condition

وزن خشک خوشه

نتایج نشان داد (جدول ۱) که اثر ساده رقم و باکتری در شرایط آبی روی صفت وزن خشک خوشه به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار شد. در شرایط دیم نیز اثر ساده باکتری در سطح احتمال ۱ درصد بسیار معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد (شکل ۸ و ۹) که اثر ساده رقم مروارید با میانگین ۷/۱۹ گرم در گیاه و اثر ساده تیمار باکتری ازتوباکتر با میانگین ۸/۲۲ گرم در گیاه بیشترین وزن خشک خوشه را در شرایط آبی به خود اخصاص داد. در شرایط دیم نیز تیمار باکتریایی تلفیق سه باکتری با میانگین ۱۹/۶۳ گرم در گیاه بیشترین وزن خشک خوشه را داشت (شکل ۱۰) در حالیکه بین تیمارهای دیگر باکتری از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در آزمایش مزرعه ای، تلقیح نخود با باکتری‌های محرک رشد عملکرد دانه را افزایش داد ولی تاثیری بر عملکرد وزن خشک غلاف‌ها نداشت (۲۷).

شکل ۹- اثر ساده باکتری بر وزن خشک خوشه در شرایط آبی
Figure 9. Simple effect of bacteria on dry weight of spikes under irrigated condition



شکل۱۰- اثر ساده باکتری بر وزن خشک خوشه در شرایط دیم
Figure 10. Simple effect of bacteria on dry weight of spikes under rain-fed condition

وزن دانه

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مشاهده شد اثر متقابل رقم و باکتری بر وزن دانه در شرایط آبی و دیم به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد (شکل ۱) اثر متقابل رقم مروارید و تیمار باکتریایی تلفیق سه باکتری با میانگین ۱۰/۵ گرم دانه بیشترین وزن دانه در گیاه را در شرایط آبی به خود اختصاص داد. لازم به ذکر است رقم مروارید در تیمار شاهد (عدم تلقیح) وزن دانه‌ای با میانگین ۶/۷۳ گرم را دارا بود. اثر متقابل رقم مروارید و تیمار باکتریایی حل‌کننده فسفات با میانگین ۸/۱۳ گرم دانه بیشترین وزن دانه را تولید کرد که همین رقم مروارید در تیمار شاهد (عدم تلقیح) با میانگین ۷/۱۳ گرم دانه کمترین وزن دانه را در شرایط دیم به خود اختصاص داد (شکل ۱۱ و شکل ۱۲). در بررسی تلقیح همزمان باکتری‌های رایزوبیوم و حل‌کننده فسفات بر عملکرد لوبیا در شرایط کم آبی (۱۰) گزارش شد گیاهانی که با هیچ گونه کمبود آبی مواجه نبودند و با باکتری تلقیح یافتند، میزان بیشتری از این صفات را نشان دادند. اثر متقابل تنش کم آبیاری و باکتری حل‌کننده فسفات بر وزن خشک ساقه و وزن صد دانه معنی‌دار شد. نتایج این تحقیق نشان داد که گیاهان تلقیح یافته توانایی تحمل تنش بیشتری در مقایسه با گیاهان تلقیح نیافته نشان دادند. تلقیح توام باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات بر وزن خشک کل بوته، ساقه، فاصله اولین غلاف از سطح خاک، تعداد دانه، عملکرد دانه، وزن صد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. نتایج نشان داد مصرف توام این باکتری‌ها تاثیر بیشتری بر این صفات داشتند. اثر متقابل هر سه عامل آزمایش بر هیچ یک از صفات معنی‌دار نشد.

محمدی و همکاران (۱۸) اعلام کردند که تیمارهای دارای باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس و ازتوباکتر کروکوکوم نسبت به تیمارهای بدون باکتری اختلاف معنی‌دار و مثبت در تولید دانه دارند ولی دو باکتری نسبت به همدیگر اختلاف معنی‌داری در تولید دانه نداشتند. در حالی که تیمار تلفیقی دو باکتری تأثیر بهتری نسبت به هر کدام از باکتری‌ها در وزن دانه دارد. این نتایج با مشاهدات خسروی (۱۶) که ترکیب ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باعث افزایش وزن دانه شده بود مطابقت دارد زیرا این باکتری‌ها به غیر از تثبیت نیتروژن باعث سنتز هورمون های رشد نیز می‌شوند.

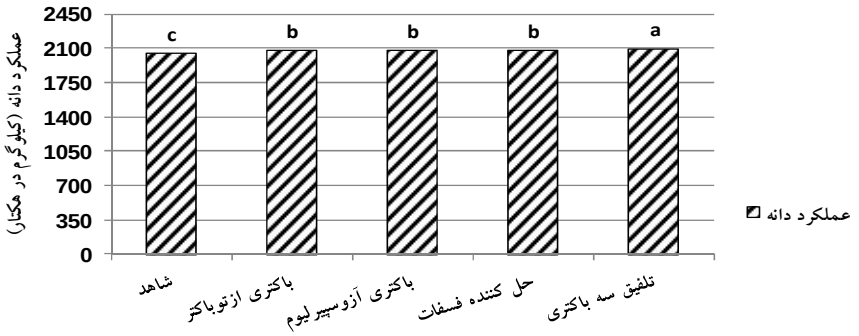
زهیر و همکاران (۳۲) نیز با تلفیق ازتوباکتر و پسودوموناس، بیشترین عملکرد دانه را در ذرت به دست آوردند. به نظر می‌رسد توانایی ازتوباکتر وآزوسپیریلوم در فرایند تثبیت نیتروژن (نیتروکسین) و توانمندی پسودوموناس (بیوفسفر) در کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی و نیز انحلال فسفات‌های نامحلول با کاهش PH خاک، به‌طور موثری باعث افزایش عملکرد دانه شده است.

کاهش عملکرد دانه در نتیجه تنش خشکی توسط فلاحت‌زاده (۹) روی گندم، کاظمی‌نسب و همکاران (۱۴) روی ذرت، صیدی (۳۰) روی گندم، پورتقی (۲۴) در آفتابگردان و بقایی (۵) روی لوبیا گزارش شده است. ترشح مواد تنظیم‌کننده و تحرکی کننده رشد توسط این کودهای بیولوژکی مهم‌ترین عامل افزایش رشد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه گزارش شده است. اردکانی و همکاران (۳) اعلام کردند که تاثیر تلقیح باکتری آزوسپیریلوم روی گندم، بر وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار نبود.

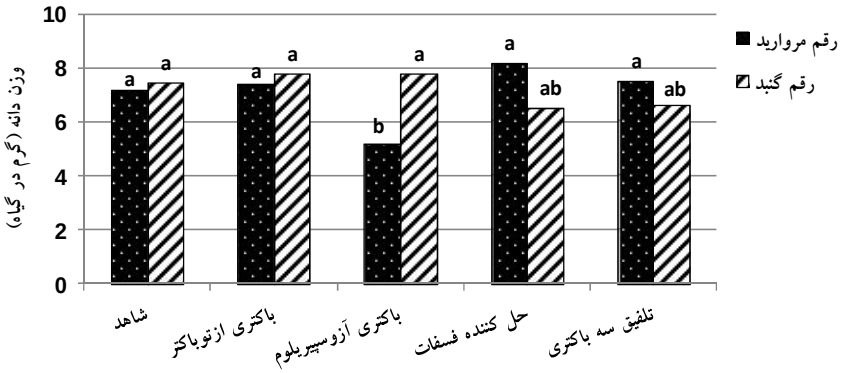
عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۲) که اثر متقابل رقم و باکتری بر عملکرد دانه در شرایط آبی بسیار معنی‌دار است همچنین اثر ساده رقم و باکتری بر عملکرد دانه در شرایط دیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد در حالیکه اثر متقابل آنها معنی‌دار نشد. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱۳) نشان داد که رقم گنبد با تیمار تلفیق سه باکتری با میانگین ۲۳۵۸/۳۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را دارد. رقم گنبد در تیمار شاهد (عدم تلقیح) میانگین عملکرد دانه‌ای معادل ۲۲۵۳ کیلوگرم در هکتار را داشت. بررسی نتایج همچنین نشان داد که تیمار تلفیق سه باکتری با میانگین ۲۰۹۵ کیلوگرم در هکتار و رقم گنبد با میانگین ۲۰۸۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه در هکتار را در شرایط دیم داشتند. تیمار ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، حل‌کننده فسفات و تلفیق سه باکتری نیز نسبت به شاهد افزایش نشان دادند (شکل ۱۳). حسن آبادی و همکاران (۱۱) نیز طی آزمایشی که روی گندم داشتند اعلام کردند اثر تلقیح باکتریایی حل‌کننده فسفات و تثبیت کننده نیتروژن روی عملکرد دانه

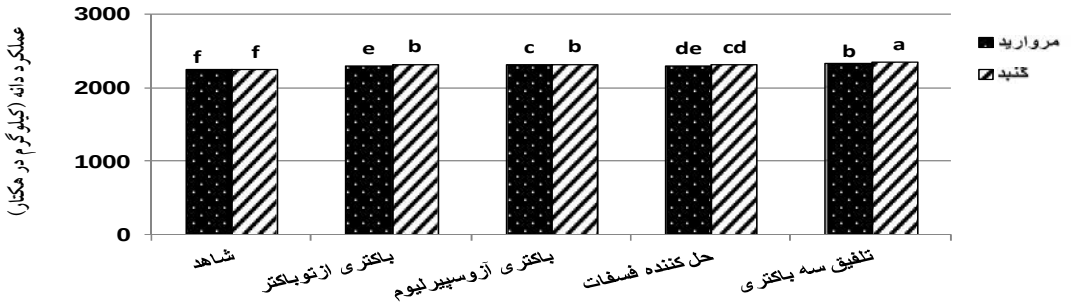
معنی‌دار بود. طی آزمایشی که تاثیر ازتوباکتر و آزوسپیریلوم روی ذرت بررسی شد اعلام شد تاثیر تلفیق این دو باکتری تاثیر زیادی روی افزایش عملکرد دانه داشت (۳۱). این نتیجه با مشاهدات خسروی در سال ۱۳۷۶ که ترکیب ازتو باکتر و آزوسپیرولیوم را با بذر گندم تلقیح کرده مطابقت دارد زیرا این باکتری ها به غیر از تثبیت نیتروژن باعث سنتز هورمون‌های رشد شده‌اند.



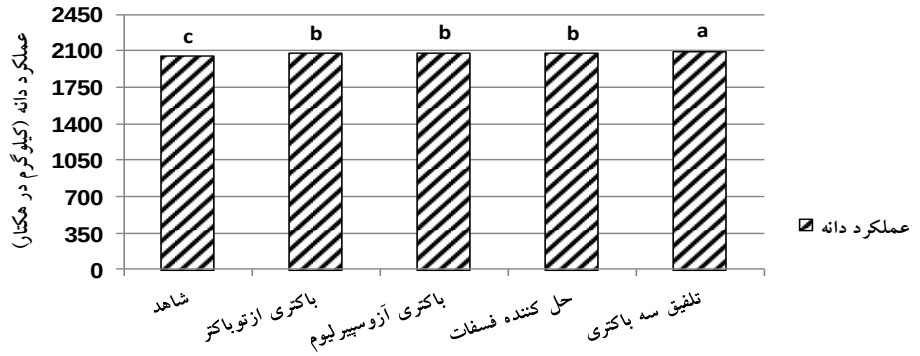
شکل ۱۱- اثر متقابل رقم و باکتری بر وزن دانه در شرایط آبی
Figure 11. Intereaction of cultivar by bacteria seed weight under irrigated condition



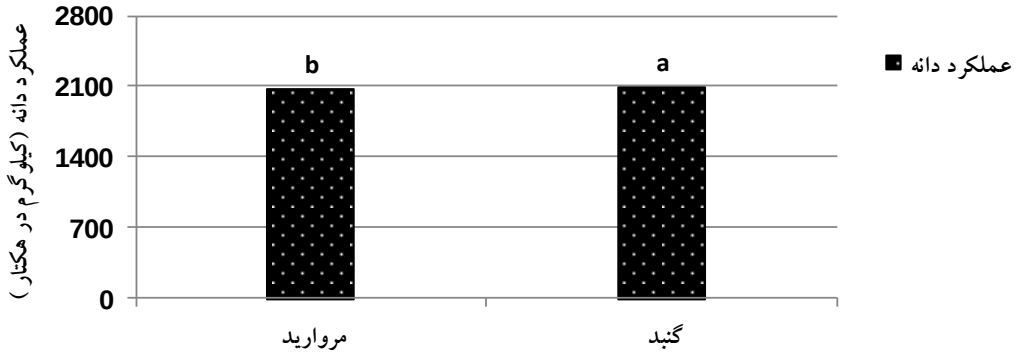
شکل ۱۲- اثر متقابل رقم و باکتری بر وزن دانه در شرایط دیم
Figure 12. Intereaction of cultivar by bacteria on seed weight under rain-fed condition



شکل ۱۳- اثر متقابل رقم و باکتری بر عملکرد دانه در شرایط آبی
Figure13. Intereaction of cultivar by bacteria on seed yield under irrigated condition



شکل ۱۴- اثر ساده باکتری بر عملکرد دانه در شرایط دیم
Figure14. Simple effect of bacteria on seed yield under rain-fed condition



شکل ۱۵- اثر ساده رقم بر عملکرد دانه در شرایط دیم
Figure15. Simple effect of cultivar on seed yield under rain-fed condition

جدول همبستگی (جدول ۳) نشان می‌دهد که هرچند که با افزایش طول سنبله وزن دانه کاهش می‌یابد و لی به دلیل افزایش تعداد دانه در سنبله عملکرد افزایش می‌یابد. ممکن است با افزایش تعداد دانه در سنبله، قابلیت دسترسی به مواد فتوسنتزی برای دانه‌ها کاهش یافته در نتیجه وزن دانه کاهش یابد. همچنین در شرایط دیم (جدول ۴) نیز عملکرد دانه با وزن خشک برگ (r=۰/۳۶*)، وزن تر ساقه (r=۰/۴۲*)، طول ریشک (r=۰/۳۷*) و طول خوشه (r=۰/۴۵*) همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. تلقیح بذور با باکتری‌ها می‌تواند موجب افزایش در میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه و منجر به افزایش تجمع ماده خشک در اندام‌های رویشی گیاه شود. به این ترتیب در طول دوره زایشی، مواد معدنی تجمع یافته می‌توانند به اندام‌های زایشی منتقل و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه شوند (۱۹).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تاثیر باکتری‌های محرک رشد و رقم بر برخی صفات مورد مطالعه گندم در دو شرایط آبی و دیم

Table 1. The analysis ofvariance of the effect of PGP bacteria and cultivar on some studied traits of wheat under irrigated and rain-fed conditions

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد برگ		سطح برگ		وزن تر برگ (گرم در گیاه)		وزن خشک برگ (گرم در گیاه)		وزن تر ساقه (گرم در گیاه)		وزن خشک ساقه (گرم در گیاه)		طول ریشک (سانتی‌متر)	
		آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم
تکرار	۲	۲/۰۲^{ns}	۴/۳۷^{ns}	۲۲۸۱۶۷/۰۹*	۸۹۵۳۳/۱۰^{ns}	۱/۴۴^{ns}	۰/۱۶۵^{ns}	۰/۵۰^{ns}	۱/۰۳^{ns}	۲۸۰/۷۵^{ns}	۲۳/۲۷^{ns}	۳/۳۷^{ns}	۶/۳۰^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۱/۳۹^{ns}
رقم (A)	۱	۴/۶۴^{ns}	۱/۱۲^{ns}	۱۴۱۳/۳۲^{ns}	۱۰۹۷۳/۷۵^{ns}	۴/۰۷*	۰/۱۷۶^{ns}	۵/۸۹**	۰/۲۶^{ns}	۱۹۸/۶۶^{ns}	۷/۴۰^{ns}	۱۰/۹۲^{ns}	۰/۸۰^{ns}	۰/۳۰^{ns}	۰/۰۲^{ns}
باکتری (B)	۴	۱/۰۰^{ns}	۵/۲۲^{ns}	۲۲۴۱۷/۳۵^{ns}	۴۵۱۸۸/۴۸^{ns}	۰/۴۴^{ns}	۲/۱۴^{ns}	۰/۷۵**	۰/۹۸^{ns}	۲۵/۵۰^{ns}	۱۶۴/۲۴**	۱ /۲۵^{ns}	۳۰/۵۰**	۰/۷۵^{ns}	۰/۶۷^{ns}
A×B	۴	۸/۴۵*	۹/۶۲^{ns}	۶۶۸۶۵/۹۷^{ns}	۳۵۲۶۹/۲۰^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۱/۸۲^{ns}	۰/۹۱**	۰/۷۸^{ns}	۹۴/۶۵^{ns}	۶۵/۱۵^{ns}	۶/۸۵^{ns}	۱۵/۵۸^{ns}	۰/۸۰^{ns}	۲/۹۲**
خطا	۱۸	۲/۱۴	۵/۰۰	۶۰۳۴۳/۶۷	۳۹۸۵۱/۸۸	۰/۵۹	۱/۰۹	۰/۱۵	۰/۴۱	۶۲/۱۳۰	۳۵/۲۸	۱۲/۵۵	۵/۴۲	۰/۲۹	۰/۹۶
ضریب تغییرات		۱۶/۴۹	۲۳/۱۲	۲۱/۷۴	۲۰/۶۷	۱۷/۳۰	۱۵/۹۹	۱۱/۸۱	۱۹/۹۲	۲۱/۱۵	۱۷/۵۲	۱۵/۷۳	۱۵/۱۹	۹/۴۰	۱۶/۶۱

*، ** وns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد، و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر برخی از صفات مورد آزمایش در هر دو شرایط آبی و دیم

Table 2. The analysis of variance of the effect of PGP bacteria on some studied traits of wheat under irrigated and rain-fed conditions

منابع تغییر	درجه آزادی	طول خوشه (سانتی‌متر)		طول پدانکل (سانتی‌متر)		وزن تر خوشه (گرم در گیاه)		وزن خشک خوشه (گرم در گیاه)		وزن دانه (گرم در گیاه)		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	
		آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم
تکرار	۲	۱۸/۹۲^{ns}	۲۲/۷۲^{ns}	۴۰/۹۱^{ns}	۲/۸۹^{ns}	۵۵/۰۸^{ns}	۱۶/۲۱^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۳/۳۴^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۱/۱۰^{ns}	۳/۷۶^{ns}	۰/۸۸^{ns}
رقم (A)	۱	۴۹/۸۷^{ns}	۸/۲۳^{ns}	۲۷/۰۱^{ns}	۴/۱۰^{ns}	۴۱/۰۶^{ns}	۳/۴۶^{ns}	۱۴/۸۴**	۱/۴۵^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۱۴۴۴/۹۰**	۲۴۵۵/۲۶**
باکتری (B)	۴	۲۶/۶۰^{ns}	۱۵/۰۸^{ns}	۸/۲۱^{ns}	۸/۵۸^{ns}	۱۵/۹۵^{ns}	۸۰/۷۸**	۷/۵۱*	۱۴/۸۷**	۱/۹۴**	۱/۰۴^{ns}	۶۰۹۴/۷۹**	۱۸۲۶/۰۷**
A×B	۴	۱۰/۸۸^{ns}	۵۳/۸۶^{ns}	۲۵/۲۸^{ns}	۲۳/۸۳^{ns}	۲۳/۳۱^{ns}	۳/۷۳^{ns}	۳/۳۱^{ns}	۱/۰۲^{ns}	۱۰/۸۴**	۳/۸۳*	۸۵۴/۷۷**	۱۰۴/۶۶^{ns}
خطا	۱۸	۱۴/۶۳	۲۴/۶۵	۲۴/۷۶	۳۶/۹۷	۲۲/۴۸	۱۱/۵۵	۱/۷۷	۳/۲۴	۰/۰۶	۱/۱۰	۳۰/۰۸	۷۷/۸۹
ضریب تغییرات		۸/۳۴	۱۰/۶۰	۱۳/۵۲	۱۶/۱۷	۲۱/۷۷	۱۵/۰۱	۱۳/۵۲	۱۸/۸۰	۳/۲۶	۱۴/۷۹	۱۲/۴۲	۱۱/۹۷

*، ** وns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد، و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در شرایط آبی

Table 3. Correlation coefficient between studied traits under irrigated condition

	تعداد برگ	سطح برگ	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	طول ریشک	طول خوشه	طول پدانکل	وزن خشک خوشه	وزن دانه	عملکرد دانه
تعداد برگ	۱											
سطح برگ	-۰/۱۱	۱										
وزن تر برگ	۰/۲۷	-۰/۳۶*	۱									
وزن خشک برگ	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۵۲*	۱								
وزن تر ساقه	-۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۶۰*	۰/۸۷**	۱							
وزن خشک ساقه	۰/۱۹	-۰/۰۵	۰/۴۶*	۰/۵۹*	۰/۵۲*	۱						
طول ریشک	۰/۱۱	-۰/۱۰	۰/۴۵*	۰/۲۹	۰/۴۲*	۰/۴۰*	۱					
طول خوشه	-۰/۳۷*	۰/۰۷	-۰/۱۰	-۰/۰۳	۰/۱۳	-۰/۰۱	-۰/۰۹	۱				
طول پدانکل	۰/۱۸	۰/۰۸	-۰/۳۴	-۰/۳۰	-۰/۴۱*	-۰/۱۳	۰/۱۹	-۰/۴۲*	۱			
وزن خشک خوشه خوشه	۰/۱۷	-۰/۱۹	-۰/۰۳	-۰/۱۰	-۰/۰۷	۰/۰۳	-۰/۲۶	۰/۱۱	-۰/۳۲	۱		
وزن دانه	-۰/۰۳	۰/۳۶*	-۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۰۵	-۰/۰۳	-۰/۲۶	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۳۰	۱	
عملکرد دانه	۰/۲۷	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۲۰	۰/۰۱	۰/۵۲*	۰/۰۱	۰/۲۳	۰/۵۳	۱

*، ** وns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد، و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در شرایط دیم

Table 4. Correlation coefficient between studied traits under rain-fed condition

	تعداد برگ	سطح برگ	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	طول ریشک	طول خوشه	طول پدانکل	وزن خشک خوشه	وزن دانه	عملکرد دانه
تعداد برگ	۱											
سطح برگ	-۰/۴۳	۱										
وزن تر برگ	۰/۲۲	-۰/۳۸*	۱									
وزن خشک برگ	-۰/۱۷	۰/۴۰*	۰/۳۳	۱								
وزن تر ساقه	-۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۴۸*	۰/۶۹*	۱							
وزن خشک ساقه	-۰/۱۲	۰/۷۲*	۰/۰۴	۰/۶۹*	۰/۵۶*	۱						
طول ریشک	-۰/۱۲	۰/۳۵	۰/۴*	۰/۷۲**	۰/۹۴**	۰/۶۱*	۱					
طول خوشه	-۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۶	-۰/۰۵	-۰/۰۹	-۰/۰۳	۱				
طول پدانکل	۰/۰۱	۰/۳۵	-۰/۱۴	۰/۱۳	-۰/۰۱	۰/۳۱	۰/۰۳	۰/۳۵	۱			
وزن خشک خوشه خوشه	-۰/۲۴	-۰/۰۲	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۰۰۵	-۰/۰۲	-۰/۰۶	-۰/۲۰	-۰/۲۹	۱		
وزن دانه	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۵	-۰/۰۵	۰/۰۶	-۰/۱۹	-۰/۰۳	۰/۰۲	۱	
عملکرد دانه	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۳۶*	۰/۴۲*	۰/۲۵	۰/۴۵*	۰/۰۳	۰/۱۶	-۰/۷۱**	۱

*، ** وns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد، و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

منابع

1. Amooaghaii, R., A. Mostajeran and G. Emtazi. 2002. The effect of Azospirillum strains and concentrations on root growth and development of wheat varieties. Iranian Agriculture Science Journal, 2: 213-222 (In Persian).
2. Arab, M., G.H. Akbari, G.H. Alikhani, M.Arzanesh and A. Dadi. 2008. The ability of auxin production by isolated bacteria Azospirillum genus native and superior strains of sweet corn growth stimulus impact assessment. Iranian Journal of Crop, 6: 217-225 (In Persian).
3. Ardakani, M.R., D. Mazaheri, M. Majd and G.H. Noormohhamadi. 2000. Role of Azesperrrillum in macro and micro elements uptake in wheat. 6th congress of Iranian Agronomy and Plant Breeding, 13 pp (In Persian).
4. Arzanesh, M.H., H.A. Alikhani, K. Khavazi, H.A. Rahimian and M. Miransari. 2010. Wheat (*Triticum aestivum* L.) growth enhancement by Azospirillum sp. under drought stress. World Journal. Biotechnol, 26: 101-109.
5. Baghaii, N. 2004. Study of water deficiency stress on different development stage, yiels and yield components of three bean cultivar. Msc thesis. Islamic Azad University of Karaj.112 pp (In Persian).
6. Bashan, Y. and G. Holguin 1997. Azospirillum – plant relationship: environment and physiologhycal advances (1990-1996).Canadian ournal Microbiology, 43: 103-121.
7. Eftekhari, G.H., A. Fallahat Nasrabad, G.A. Akbari, A. Mohadesi and I. Allahdadi, 2009. The effect of phosphate solubilizing bacteria and phosphate fertilizers on the rice. Soil Science Journal, 23: 229-238 (In Persian).
8. Elmerich, C. and WE. Newton. 2007. Associative and endophyticnitrogen-fixing bacteria and cyanobacterial associations. Springer, Dordrecht, 321 pp.
9. Fallahatzadeh, A. 2007. Selenium study on the promotion of drought resistant wheat cultivars. Msc thesis. Islamic Azad University of Karaj, 112 pp (In Persian).
10. Gholipour, M. 2010. Simultaneous inoculation with Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria review on bean yield in drought conditionsMs Thesis. Shahrood University, 87 pp.
11. Hassanabadi, T., M. Ardakani, F. Rejali, F. Paknejad and A. Eftekhari. 2010. The effect of organic fertilizers on growth and yield under different levels of nitrogen atmosphere. The fifth conference of new ideas in agriculture, Khorasgan University, 116 pp (In Persian).
12. Ilyas, N. and A. Baho. 2010. *Azospirillum* strains isolated from roots and rhizosphere soil of wheat (*Triticum aestivum* L.*)* grown under different soil moisture conditions. Biology of Fertilizer and Soils, 46: 393-406.
13. Jafarzade, H. 2009. Effect of Pseudomonas isolates on nutrient uptake and yield of rice in greenhouses. . Islamic Azad University of Karaj, 97 pp (In Persian).
14. Kazaminasab, A., N. khodabandeh, D. Habibi, M. Ilkaii and A. Bankesaz. 2005. The effect of different plant densities on other Ykvsl and cell membrane stability and pigment content in corn. Iran Abstract Life Sciences Conference, 346 pp (In Persian).
15. Khazaie, H.R. and A. Borzooei. 2006. Effects of water stress on antioxidant activity and physiological characteristics of wheat. The first international conference on the theory and practices in Biological Water Saving(ICTPB), Beijing China,138 pp.
16. Khosravi, M. 2007. Review and publication of A. chroococcum in agricultural soils in Tehran and study its physiological characteristics. Msc Thesis. Tehran University, 109 pp (In Persian) .
17. Levanony, H. and Y. Basham. 1989. Enhancement of cell division in wheat root tips and growth pf root elongation zone induced by azospirillum brasilence cd. Can.j bot, 67: 2213-2216.
18. Mohammadi, R., M. Olamaii, R. Ghorbani Nasrabadi and A. Chakeralhosseini. 2010. Effect of nitrogen, organic matter and bacteria stimulating plant growth on nitrogen and Alvand performance. Journal of Plant Production, 17: 77-81 (In Persian).
19. Nezarat, S. and A. Gholami. 2009. Azospirillum inoculation of bacteria and Pseudomonas double role in improving the absorption of nutrients in the corn. Journal of Ecology Agriculture, 1: 25 pp (In Persian).
20. Nourmohammadi, G., E. Siadat and E. Kashani. 2001. Cereal agronomy. Ahvaz Shahid Chamran University, 456 pp (In Persian).
21. Pacovsky, R.S. 1990. Development and growth effects in the sorghum-Azospirillium association. Journal of. Applied Bacteriol, 68: 555-563.
22. Patriquin, D.G., J. Dobereiner and D.K. Jain. 1983. Sites and processes of association between diazotrophs and grasses. Canadian Journal of Microbiology, 29: 900-915.
23. Pouresmaiil, P. 2006. The effects of super absorbent polymer on water use efficiency and yield of red beans. Msc thesis. Islamic Azad University of Karaj, 101 pp (In Persian).
24. Pourtaghi, A. 2010. Sunflower physiological response to drought stress. Phd thesis. Islamic Azad University, Science and Research, 96 pp (In Persian).
25. Rai, S.N. and A.C. Gaur. 1998. Characterization of Azotobacter spp. and effect of Azotobacter and Azospirillum as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. Plant and Soil, 109: 131-134.
26. Rascio, A., M. Russo, C. Platani and N. Difonzo. 1998. Drought intensity effects on genotypic differences in tissue affinity for strongly bound water. Plant Science, 132: 121-126.
27. Roosta, M., J. Vakili and M. Eftekhar. 2009. The effect of Rhizobium bacteria on growth and yield of plants grasses. Conference and Exhibition of Environmental Engineering, 151pp (In Persian).
28. Sarig, S., Y. Okon, A. Blue. 1992. Effect of Azospirillum brazilense inoculation on growth dynamics and hydrolic conductivity of sorghumbicolor roots. J. Plant Nutric, 15:805-819.
29. Sarige, S., A. Blum and Y. Okon. 1988. Improvement of water atatus and yield of field-grown grain sorghum by inoculation with azospirillum brasilense. J. Agric. Sci, 110: 271-277.
30. Seidi, F. 2008. Cycocel effect and some micronutrients on drought resistance in wheat. Msc Thesis.Arak University, 103 pp (In Persian).
31. Soleimanzadeh, H. 2010. Evaluation of Azospirillum at different levels of nitrogen and its impact on the yield of sunflower. The fifth conference of new ideas in agriculture. Khorasgan University, 549 pp (In Persian).
32. Zahir, A.Z., S.A. Abbas, A. Khalid and M. Arshad. 1998. Substrate depended microbially derived plant hormons for improving growth of maize seeding.Pakistan jornal of Biological Science, 3: 289-291.

Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Yield and Quantative of Wheat Cultivars under Dry and Irrigated Conditions

Jabbar Jafarbay[1], Maral Etesami[2], Samaneh Jahanifar[3] and Mohammad Hossien Arzanesh[4]

1- Academic member Seed and Plant Improvement Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education (Corresponding author: jafarby@gmail.com)
2- Phd Student Gonbad Kavous University
3- M.Sc. Student Islamic Azad University of Arak
4- Assistant Professor, Research Center for Agricultural Research and Education, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center
Received: October 13, 2015 Accepted: September 3, 2016

Abstract

Golestan province is one of the major regions of wheat production in the country. *Azospirillum brasilense*، an *Azotobacter*، acted as resolvent of phosphate and a microorganisms for fixing molecular nitrogen for cooperating with other root crops and grasses in enhancing their growth and development. To investigate the effects of rhizobacteria on yield and yield components of wheat a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications was conducted in Gonbad Kavous region. The treatments included of two wheat cultivars (Morvarid and Gonbad) and five levels of Bactria: control (no bacteria), Azotobacter, Azospirillum, resolvent phosphate and mixe of these three bacteria. Analysis of variance showed that the interaction of cultivar and bacterial characteristics of leaves, leaf dry weight, spike length, grain weight and grain yield in irrigated conditions and length of awn and grain yield in rainfed conditions was significant. Gonbad cultivar had the highest grain yield (2358.36 kg ha^{-1}) in treatment of mixed three bacteria.

Keyword: Bacteria, Rainfed Cultivation, Yield, Wheat