نشریه زراعت شماره ۱۱۲، پائیز ۱۳۹۵

(پژوهش و سازندگی)

ارزیابی کارایی باکتری های افزاینده رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در شرایط کم آبی و مقادیر کاهش یافته نیتروژن

- یوسف نیک نژاد، استادیار گروه زراعت،دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت اله آملی،آمل،ایران (نویسنده مسئول)
- جهانفر دانشیان، موسسه تحقیقات نهال و بذر
- امیر حسین شیرانی راد، موسسه تحقیقات نهال و بذر
- همت اله پیردشتی، دانشگاه علوم کشاورزی مازندران
- محمد حسین ارزانش، موسسه خاک و آب گرگان

تاریخ دریافت: مهر ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: خرداد ماه ۱۳۹۳

پست الکترونیک نویسنده مسئول: yousofniknejad@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی کارآیی باکتری‌های افزاینده رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در شرایط کم آبی و مقادیر کاهش یافته نیتروژن، پژوهشی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران – آمل به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلو ک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. آبیاری به عنوان عامل اصلی در ۳ سطح آبیاری مرسوم (شاهد) و قطع آبیاری در دو مرحله تشکیل آغازی‌های پانیکول و پر شدن دانه، مقدار مصرف نیتروژن به عنوان عامل فرعی در سه سطح مقدار توصیه شده (۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار) ، ۷۵ و ۵۰ درصد مقدار توصیه شده و باکتری‌های افزاینده رشد به عنوان عامل فرعی در ۴ سطح شاهد، آزوسپیریلوم لیپوفروم، سودوموناس فلورسنس و ترکیب آزوسپیریلوم و سودوموناس بودند. نتایج نشان داد که سطوح مختلف باکتری‌های افزاینده رشد اثر معنی داری بر عملکرد شلتوک داشتند به طوری که تیمار ترکیبی آزوسپیریلوم و سودوموناس با ۷/۴۳ تن در هکتار بیشترین و تیمار شاهد با ۶/۱۳ تن در هکتار کمترین عملکرد شلتوک را دارا بودند. همچنین برهمکنش نیتروژن و باکتری نشان داد که تیمار شاهد (مقدار توصیه شده نیتروژن) و ۷۵ درصد نیتروژن همراه با ترکیب باکتری‌های آزوسپیریلوم و سودوموناس، بیشترین تعداد دانه پر در پانیکول (حدود ۱۸۳ عدد) را داشتند. استفاده از تیمار های مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر صفات تعداد کل دانه، تعداد دانه پر و پوک و عملکرد دانه داشت و در بین تیمار های آبیاری، آبیاری به شیوه مرسوم با ۷/۱۱ تن شلتوک بیشترین عملکرد دانه را دارا بود. در مجموع نتایج این پژوهش بیانگر نقش مؤثر وکارآمد باکتری های افزاینده رشد در بهبود معنی‌دار عملکرد شلتوک برنج در شرایط کم‌آبی و نیتروژن کاهش یافته بود.

کلمات کلیدی: برنج، تنش کم آبی، عملکرد دانه، نیتروژن، باکتری های افزاینده رشد

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:112 pp: 9-19

Evaluation the efficiency of growth promoting bacteria on yield and yield components of rice under deficit irrigation and reduced rates of nitrogen

By:

- *Y. N iknejad, (Corresponding Author), Assistant Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University Ayatollah Amoli, Amol, Iran*
- *J. Daneshian , Seed and Plant Improvement Institute*
- *A. H. Shirani Rad, Seed and Plant Improvement Institute*
- *H. Pirdashti, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University*
- *M. H. Arzanesh, Soil & Water Research Institute*

Received: September 2011 Accepted: May 2014

In order to evaluation the efficiency of growth promoting bacteria on yield and yield components of rice under deficit irrigation and reduced rates of nitrogen, this research was conducted at the Rice Research Institute of Iran – deputy of Mazandaran province (Amol) in 2011- 2012, as split-split plot in a randomized complete block design with three replications. The treatment of low Irrigation were as main factor at three levels (control, no irrigation at either panicle initiation and filling grains) and nitrogen fertilizers (control or recommended dose as the rate of 100 kg.ha^{-1} nitrogen, 50 and 25% of recommended dose) were assigned to the sub-plots, and the four PGPR treatments [control, *Azospirillum lipoferum* (AZP), *Pseudomonas fluorescence* (PSD) and AZP+PSD], were as sub-sub plots. Results showed that different levels of PGPR's had significantly effect on paddy yield in which the maximum grain yield was obtained by the combination of *Azospirillum* + *Pseudomonas* bacterium (7.43 ton.ha^{-1}) and the minimum grain yield was obtained by the control or no bacterium application (6.13 ton.ha^{-1}). Also, Interaction effect between N and Bacterium showed that the maximum filled grain number per panicle was obtained by the treatment of 75% N and control (recommended dose) with combination of *Azospirillum* + *Pseudomonas* bacterium (183 number). Using the different treatments of irrigation had significant effects on total grain number, number of filled and hollow grain and grain yield. Among the irrigation treatments the conventional irrigation had the maximum grain yield by 7.11 ton.ha^{-1}. In total, the result of this research showed the effective and efficient role of PGPR's on significant improvements of rice paddy yield in terms of deficit irrigation and reduced nitrogen.

Keywords: Rice, Water stress, Grain yield, Nitrogen, PGPR

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) پس از گندم مهم‌ترین و قدیمی‌ترین محصول زراعی بوده و عمده‌ترین ماده غذایی کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود (Nasiri and Niknejad, 2011). بر اساس آخرین آمار منتشر شده از سوی سازمان خوار و بار کشاورزی ملل متحد، سطح زیر کشت برنج در دنیا حدود ۱۵۶ میلیون هکتار و در ایران ۵۶۴ هزار هکتار (حدود ۴ درصد از کل اراضی زیر کشت برنج جهان) است. استان‌های مازندران و گیلان جمعاً ۷۰/۳ درصد از سطح زیرکشت و تولید شلتوک را به خود اختصاص داده و مهم‌ترین مناطق کشت برنج در ایران به شمار می‌آیند (Agricultural statistics, 2011).. برنج در مقایسه با سایر محصولات زراعی به آب بیشتری نیاز دارد به طوری که میزان آب مورد نیاز تا رسیدن کامل حدود ۸ تا ۱۱ هزار متر مکعب آب در هر هکتار (حدود ۷۰ لیتر آب) برای تولید یک کیلوگرم ماده خشک است (Rezaei and Nahvi, 2007; Ghorbanli *et al.*, 2007). کاهش بارندگی همراه با بروز خشکسالی در سال‌های اخیر و در نتیجه آن کاهش سطح آب‌های زیرزمینی امکان تداوم کشت به صورت آبیاری غرقابی را به مخاطره انداخته است، لذا توجه به روش عملی که ضمن کاهش میزان آب مورد نیاز گیاه از ایجاد تنش در مراحل رشد و عملکرد برنج جلوگیری کند امری ضروری به نظر می‌رسد. گزارش شده است که تنش آبی در مرحله رشد رویشی برنج موجب کاهش کل بیوماس از طریق کاهش سرعت فتوسنتز و وزن ماده خشک می گردد (Tahmasebi Sarvestani *et al.*, 2008). سایر محققان (Pirdashti *et al.*, 2004) در بررسی اثر تنش کمبود آب در مراحل مختلف رشد برنج، اظهار نمودند که تنش آبی در مرحله رشد رویشی به طور معنی داری باعث کاهش ارتفاع بوته و تعداد پنجه‌ها گردید و در مرحله زایشی و پر شدن دانه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد شلتوک به طور معنی داری کاهش یافت. همچنین گزارشات حاکی از آن است که تنش آبی طی مرحله رویشی باعث کم شدن تعداد پنجه‌ها و تنش در مرحله زایشی و پر شدن دانه باعث کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه گردید (Rahman *et al.*, 2002). آبیاری غرقابی در برنج

یک روش مدیریتی مناسب جهت دسترسی آسان به مواد غذایی و جلوگیری از تنش آبی می‌باشد نه یک ضرورت برای گیاه برنج، ضمن اینکه بکارگیری این روش نیاز به مصرف مقادیر زیاد آب دارد (Arabzade and Tavakoli, 2005). تلاش‌های بسیاری جهت کاهش مصرف آب در اراضی شالیزاری کشور صورت گرفته است و نتایج متعددی درباره تأثیر آبیاری تناوبی در کاهش مصرف آب و افزایش بهره وری مصرف آب برنج منتشر شده است (Salemi and Mosharaf, 2006; Pirmoradian *et al.*, 2004; Gilani and Absalan, 2003). محققان (Taghizadeh *et al.*, 2008) با بررسی تأثیر دور آبیاری بر عملکرد برنج رقم طارم هاشمی گزارش نمودند که با اعمال آبیاری متناوب برنج به صورت ۱۰ روز یکبار می‌توان بدون کاهش معنی‌دار عملکرد، در مصرف آب صرفه‌جویی به عمل آورد. گروه دیگری از پژوهشگران (Miri *et al.*, 2012) بیان داشتند که با تیمار آبیاری غرقابی تا مرحله گلدهی و پس از آن اعمال آبیاری تناوبی، کاهش قابل توجهی در عملکرد بیولوژیک مشاهده نشد و کاهش عملکرد دانه نیز در مقایسه با تیمار آبیاری غرقابی تنها ۴ درصد بود که با پذیرش کاهش درصدی از عملکرد می‌توان بهره‌وری آب را افزایش داد. محققان با بررسی برخی ارقام و لاین‌های برنج به این نتیجه دست یافتند که دوره‌های آبیاری ۴ روزه پس از پنجه‌زنی و همچنین ۴ روزه پس از تشکیل جوانه اولیه خوشه، بدون کاهش عملکرد معنی‌داری می‌تواند به عنوان راه‌کاری برای مقابله با سال‌های کم‌آبی در مورد ارقام شیرودی، خزر و لاین ۸۴۳ مد نظر قرار گرفته شود (Mohammadi *et al.*, 2015). در همین زمینه در پژوهشی نتیجه گرفته شده که روش کم آبیاری تناوب خشکی و رطوبت[1] (AWD) در حدود ۳۸ مصرف آب آبیاری شالیزار را بدون کاهش عملکرد و سود کشاورزان، کاهش داده است (Rejesus *et al.*, 2011). تغییر شیوه آبیاری از غرقابی به تناوبی می‌تواند بدون کاهش عملکرد و یا کاهش حداقل عملکرد، در مصرف آب صرفه‌جویی نموده و بازده کاربرد آب را به مقدار قابل توجهی افزایش دهد (Hafeez *et al.*, 2007; Asadi *et al.*, 2004; Bouman *et al.*, 2005). مصرف بی رویه کود ها، به ویژه کودهای نیتروژنی موجب آلودگی خاک‌ها و آلودگی نیتراتی آب های زیر زمینی شمال کشور شده است (Sokouti *et al.*, 2010). در صورت مصرف بهینه و زمان مناسب مصرف، حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد کل نیتروژن مصرفی توسط گیاه جذب خواهد شد (Kamkar *et al.*, 2011). در این خصوص، استفاده از میکروارگانیسم هایی نظیر آزوسپیریلوم که با ایجاد کلونی در اطراف ریشه ضمن تثبیت نیتروژن وکمک به کاهش آلودگی زیست محیطی، مقاومت به خشکی در برنج را به همراه دارد می‌تواند به عنوان یک راهکار عملی جهت دستیابی به حداکثر میزان جذب مطرح باشد (Ghola-mi *et al.*, 2009). توانایی میکروارگانیسم ها در تولید و رها سازی متابولیت های مختلف مؤثر بر رشد و سلامت گیاه به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در حاصلخیزی خاک در نظر گرفته می شود (Lifshitz *et al.*, 1987). از مزایای تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد می توان به افزایش شاخص‌های متعددی مانند سرعت جوانه زنی، رشد ریشه، میزان تولید در واحد سطح، کنترل عوامل بیماری زا، سطح برگ، محتوای کلروفیل، مقاومت به خشکی، مقاومت به بیماری بلاست (Lucas *et al.*, 2009)، وزن ریشه و اندام هوایی (Lucy *et al.*, 2004) اشاره نمود. محققان با بررسی تأثیر باکتری سودوموناس با توانایی حلالیت فسفات بر خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی دو رقم برنج طارم بیان نمودند که تلقیح بذور برنج با باکتری سودوموناس منجر به افزایش رشد و نمو و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه شده که این امر سبب افزایش تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در بوته، وزن هزار دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه گردید (Abbaszadeh, 2009). مطالعات دیگردر همین زمینه نشان داد که جدایه‌های بومی آزوسپیریلوم ضمن توانایی حل فسفاتهای آلی و معدنی می تواند با تثبیت نیتروژن اثرات بسیار مثبتی در برنج از جمله افزایش سطح برگ پرچم، ارتفاع گیاه، بیوماس کل، تعداد دانه و عملکرد دانه داشته باشد (Hammad, 1994).

با توجه به اهمیت عنصر نیتروژن در زراعت برنج از یک سو و همچنین مواجهه با کمبود آب در سالهای آینده از سویی دیگر، این پژوهش به منظور تعیین کارآیی باکتری‌های افزاینده رشد به عنوان کود بیولوژیک به منظور افزایش عملکرد دانه برنج در شرایط کم‌آبی و مقادیر کاهش یافته نیتروژن اجرا شد.

مواد و روش ها:

این پژوهش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در محل مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران (آمل) با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی با ۲۹/۸ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. آبیاری به عنوان عامل اصلی در ۳ سطح: آبیاری مرسوم تا زمان رسیدن محصول (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی‌های پانیکول و پر شدن دانه، مقدار مصرف نیتروژن به عنوان عامل فرعی در سه سطح: مقدار توصیه شده (۱۰۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار)، ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و باکتری‌های افزاینده رشد به عنوان عامل فرعی در ۴ سطح: شاهد (عدم کاربرد)، آزوسپیریلوم لیپوفروم[2]، سودوموناس فلورسنس[3] و ترکیب آزوسپیریلوم و سودوموناس بودند. باکتری‌های محرک رشد مورد نظر ابتدا در آزمایشگاه بیولوژی مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب گرگان تهیه گردیدند. سایر مواد غذایی شامل سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم هر کدام به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت مصرف گردید. داده‌های هواشناسی از جمله بارش، درجه حرارت، رطوبت نسبی، سرعت باد و تبخیر از نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی جمع آوری و ثبت گردید (جدول ۱).

قبل از کاشت، نمونه‌ای مرکب از خاک تهیه و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مهم آن تعیین گردید (جدول ۲).

رقم مورد استفاده در این آزمایش، رقم پرمحصول کشوری بود که میانگین عملکرد آن حدود ۸ تن شلتوک در هکتار می‌باشد. این رقم دارای راندمان تبدیل بالاتر به برنج سفید همراه با کیفیت مطلوب تر نسبت به سایر ارقام پرمحصول بوده که در سال ۱۳۹۰ توسط مؤسسه تحقیقات برنج کشور معاونت مازندران معرفی گردید. بذر پاشی در خزانه، فروردین ماه ۱۳۹۱ انجام گرفت و انتقال نشاء به محل اجرای طرح اردیبهشت ماه انجام شد. قبل

از نشا کاری بوته‌ها از خزانه جدا، ریشه‌های آن به طور کامل و با دقت توسط آب شستشو گردید و سپس برای تلقیح با توجه به تیمار باکتری‌های آزوسپیریلوم و سودوموناس، در سوسپانسیونی که حاوی ۱۷/۵ میلی‌لیتر باکتری به ازای هر لیتر آب بود (بر اساس تجارب تحقیقاتی محققین آزمایشگاه بیولوژی خاک) به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شدند. نشاکاری با فاصله ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع و به صورت تک بوته در ۱۰۸ کرت با اندازه هر کرت ۳ × ۴ متر و ۱۶ خط کاشت انجام شد. آبیاری بر اساس تیمارهای تعریف شده در پلات‌های اصلی انجام و میزان آب مصرفی توسط کنتور اندازه گیری و ثبت گردید. یک سوم از کود نیتروژن با توجه به تعریف تیمارها از منبع اوره به صورت پایه و مابقی در دو مرحله پنجه‌دهی و ابتدای ساقه‌دهی به صورت سرک مصرف گردید. وجین به صورت دستی در دو مرحله (۲۰ و ۳۸ روز پس از نشاکاری) انجام و مبارزه با آفات برنج بر اساس دستورالعمل فنی مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. به دلیل مقاومت رقم کشوری به بیماری‌های رایج (آلودگی کم) و همچنین به منظور جلوگیری از تأثیر منفی قارچ‌کش بر باکتری، در مراحل رشد برنج از قارچ‌کش استفاده نگردید. پس از رسیدن محصول، با در نظر گرفتن اثرات حاشیه، ۱۰ بوته به طور تصادفی جهت تعیین اجزای عملکرد از قبیل تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر و پوک در خوشه، وزن هزار دانه و وزن شلتوک در خوشه ، انتخاب و برای شاخص برداشت چهار بوته کف‌بر شده به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفت و پس از خشک شدن توزین شدند. سپس دانه‌ها خرمنکوبی و به صورت جداگانه توزین گردیدند. شاخص برداشت با تقسیم عملکرد اقتصادی (دانه) بر عملکرد بیولوژیک (دانه + کاه و کلش) محاسبه شد. جهت تعیین عملکرد دانه نیز دو متر مربع (۳۲ بوته) از داخل هر کرت بعد از حذف حاشیه برداشت و عملکرد آن بر اساس رطوبت ۱۴٪ محاسبه گردید.

داده‌های بدست آمده با نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت. برای مقایسه میانگین از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد کل دانه در پانیکول

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، اعمال تیمار های مختلف آبیاری، نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد و همچنین اثر متقابل دوگانه تمام تیمارها تاثیر معنی‌داری ($p<0.01$) بر تعداد کل دانه در پانیکول نشان داد ولی اثر متقابل سه گانه نیتروژن، آبیاری و باکتری‌های افزاینده رشد بر صفت یاد شده معنی‌دار نگردید.

در بین سطوح مختلف آبیاری، شاهد با ۱۶۹ عدد، بیشترین و قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی‌های پانیکول با ۱۴۵ عدد، کمترین تعداد دانه در پانیکول را دارا بودند (جدول ۴). کاهش تعداد کل دانه در پانیکول با قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد زایشی مشاهده شد که کاهش بیشتر در مرحله آغازی‌های پانیکول به دلیل حساسیت این مرحله به نیاز آبی می‌باشد و در مراحل بعد تنش آبی بیشتر بر وزن دانه تأثیرگذار بود.

با کاهش مقدار نیتروژن نسبت به مقدار توصیه شده (شاهد)، تعداد کل دانه در پانیکول نیز کاهش یافت به طوری که شاهد با ۱۷۳ عدد، بیشترین و تیمار ۵۰ درصد نیتروژن توصیه شده با ۱۴۶ عدد، کمترین تعداد دانه را به همراه داشتند (جدول ۵). محققان (Mousavi *et al.*, 2015) بیان نمودند که با افزایش مصرف کود نیتروژن به ۹۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد دانه در پانیکول به میزان ۱/۷ درصد در مقایسه با شاهد (عدم مصرف نیتروژن) کاهش یافت، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

تلقیح گیاه با باکتری‌های افزاینده رشد موجب افزایش ۲۰ درصدی در تعداد کل دانه در پانیکول نسبت به تیمار عدم کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد گردید (جدول ۶). گزارش شده که با مصرف سویه Dolباکتری آزوسپیریلوم، تعداد دانه در سنبله گندم به میزان ۱۲ درصد نسبت به عدم کاربرد باکتری افزایش یافت (Amo-Aghaei *et al.*, 2003). مطالب فوق با یافته‌های محققان دیگر نیز مطابقت دارد (Arabzade and Tavakoli, 2005; Rahman *et al.*, 2002; Tahmasebi Sarvestani *et al.*, 2008).

بررسی مقایسه اثرات متقابل آبیاری و نیتروژن نشان داد که بیشترین تعداد کل دانه در پانیکول در تیمار آبیاری غرقاب دائم (شاهد) و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با ۱۹۱ عدد و کمترین آن در تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی‌های پانیکول و سطح کودی ۵۰ کیلوگرم با ۱۳۷ عدد بدست آمد (جدول ۷). تنش خشکی در دوره پر شدن دانه می‌تواند تا ۴۰ درصد عملکرد را کاهش دهد که این آسیب شدید ناشی از کاهش اجزای عملکرد می‌باشد (Pirdashti *et al.*, 2004). گروهی از پژوهشگران (Belder *et al.*, 2006) سیستم آبیاری غرقاب دائمی را با سیستم آبیاری متناوب و غیر غرقاب در چین و فیلیپین در سطوح مختلف کود نیتروژن بررسی و میزان عملکرد برنج را بین ۵-۴/۱ تن در هکتار در شرایط عدم مصرف نیتروژن و ۹/۲-۶/۸ تن در هکتار در شرایط مصرف نیتروژن به مقدار ۱۸۰ کیلو گرم در هکتار گزارش نمودند. میزان صرفه‌جویی آب در آبیاری متناوب غرقاب و غیرغرقاب ۱۸ – ۱۵ درصد نسبت به شرایط آبیاری ممتد غرقابی بیشتر بود.

مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و باکتری‌های افزاینده رشد بر صفت تعداد کل دانه در پانیکول نشان داد که تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه و ترکیب باکتری‌های آزوسپیریلوم و سودوموناس با ۱۸۵ عدد، بیشترین و تیمار قطع آبیاری در مرحله آغازی‌های پانیکول و عدم مصرف باکتری با ۱۳۳ عدد، کمترین تعداد دانه در پانیکول را دارا بودند (جدول ۸).

بر اساس نتایج حاصل از جدول اثرات متقابل نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد ، بیشترین تعداد کل دانه در پانیکول با ۱۸۳ عدد زمانی بدست آمد که از ۱۰۰ و ۷۵ درصد کود نیتروژن همراه با ترکیب دو باکتری استفاده شد. همچنین تیمار ۵۰ درصد نیتروژن مصرفی در زمانی که هیچ گونه باکتری استفاده نشد، کمترین دانه در پانیکول (۱۳۰ عدد دانه) را به همراه داشت. (جدول ۹). محققان (Maleki *et al.*, 2010) گزارش نمودند که بیشترین تعداد دانه در سنبله گندم زمانی حاصل شد که تیمار کودی مصرف ۲۵ درصد کود نیتروژنه و کود زیستی ازتوباکتر استفاده گردید.

تعداد دانه پوک در پانیکول

نتایج نشان داد که تیمارهای آبیاری، نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد بر صفت تعداد دانه پوک در پانیکول در سطح احتمال ۱ درصد ($p<0.01$) اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳). در بین سطوح مختلف آبیاری، قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی پانیکول با ۴۲ عدد، بیشترین دانه پوک در پانیکول را دارا بود (جدول ۴). گزارشات حاکی از آن است که با افزایش فواصل آبیاری، درصد پوکی دانه افزایش می‌یابد (Mohammadi et al., 2015). در بین مقادیر مختلف کود نیتروژن، تیمار ۵۰ درصد نیتروژن توصیه شده با ۴۴ عدد دانه پوک، بیشترین و شاهد با ۳۰ عدد، کمترین دانه پوک را به همراه داشتند (جدول ۵). کمبود نیتروژن باعث افزایش درصد پوکی دانه می‌شود (Mohaddesi, 2001)، که با نتایج آزمایش پیش روی مطابقت دارد. اعمال تیمار باکتری‌های افزاینده رشد نیز بر تعداد دانه پوک تاثیرگذار بود به طوری که بیشترین و کمترین تعداد دانه پوک را به ترتیب شاهد با ۴۸ و ترکیب دو نوع باکتری با ۲۶ عدد دارا بودند (جدول ۶). اثر متقابل سطوح آبیاری و نیتروژن، آبیاری و باکتری‌های افزاینده رشد و همچنین نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد بر صفت تعداد دانه پوک در پانیکول در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آبیاری و نیتروژن بر تعداد دانه پوک در پانیکول نشان داد که تیمارهای قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه با مصرف ۷۵ درصد نیتروژن و همچنین شاهد (تیمار آبیاری مرسوم و نیتروژن توصیه شده)، کمترین تعداد دانه پوک (۲۵ عدد) را داشتند (جدول ۷). بررسی اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و باکتری‌های افزاینده رشد نشان داد که بیشترین تعداد دانه پوک در پانیکول (۵۴ عدد) با قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی پانیکول و بدون مصرف باکتری (شاهد) حاصل شد و کمترین آن با ۲۲ عدد دانه پوک در تیمارهای قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه و شاهد (آبیاری مرسوم) با مصرف ترکیبی دو باکتری بدست آمد (جدول ۸). بر اساس نتایج حاصل از برهمکنش نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد، بیشترین تعداد دانه پوک در پانیکول (۵۵ عدد) زمانی مشاهده شد که از ۵۰ درصد نیتروژن توصیه شده استفاده گردید و هیچ گونه باکتری مصرف نشد. کمترین میزان صفت یاد شده (۲۲ عدد دانه پوک) نیز از مصرف ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیتروژن توصیه شده همراه با کاربرد ترکیبی دو باکتری بدست آمد (جدول ۹). گزارش شده که با افزایش کاربرد کود نیتروژن از ۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، میزان عقیم‌شدن دانه‌ها از ۲۱ تا ۴۲ درصد افزایش یافت (Mannan *et al.*, 2010).

تعداد دانه پر در پانیکول:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که استفاده از تیمارهای آبیاری، نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد توانسته اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر صفت تعداد دانه پر در پانیکول داشته باشد (جدول ۳). در بین سطوح مختلف آبیاری، قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه با ۱۳۶ عدد، بیشترین و تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی‌های پانیکول با ۱۰۲ عدد، کمترین تعداد دانه پر را داشتند (جدول ۴). نتایج به دست آمده توسط سایر محققان (Taghizadeh *et al.*, 2008) نیز نشان داد که با تیمار دور آبیاری ۵ روز یک بار، تعداد دانه پر در پانیکول بیشتری در مقایسه با آبیاری مرسوم (غرقاب دائم) حاصل شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. بین تیمارهای کود نیتروژن، شاهد (۱۰۰ درصد نیتروژن توصیه شده) با ۱۴۲ عدد، بیشترین تعداد دانه پر و تیمار ۵۰ درصد نیتروژن توصیه شده با ۱۰۱ عدد، کمترین تعداد دانه پر در پانیکول را دارا بود (جدول ۵). گزارش شده که با افزایش نیتروژن مصرفی تعداد دانه‌های پر شده به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Talcukdar *et al.*, 2002). اعمال تیمارهای باکتری‌های افزاینده رشد تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه پر در پانیکول به همراه داشت به طوری که ترکیب دو باکتری با ۱۴۹ عدد، بیشترین و شاهد با ۹۳ دانه، کمترین تعداد دانه پر را داشتند (جدول ۶). استفاده از کودهای زیستی نظیر آزوسپیریلوم به دلیل تثبیت نیتروژن، آزادسازی تدریجی عناصر و بهره‌گیری گیاه از آن در مراحل مختلف رشد سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه پر در پانیکول می‌گردد که با نتایج دیگر محققان نیز مطابقت دارد (Banayo *et al.*, 2012). اثر متقابل سطوح آبیاری و نیتروژن، آبیاری و باکتری‌های افزاینده رشد و همچنین نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد بر صفت تعداد دانه پر در پانیکول در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آبیاری و نیتروژن بر تعداد دانه پر در پانیکول نشان داد که تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی‌های پانیکول با مصرف ۵۰ درصد نیتروژن نسبت به شاهد، ۵۴ درصد و تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه همراه با ۷۵ درصد کود مصرفی نسبت به شاهد، ۷ درصد کاهش داشته است (جدول ۷). اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و باکتری‌های افزاینده رشد نشان داد که بیشترین تعداد دانه پر در پانیکول به ترتیب با میانگین‌های ۱۶۲ و ۱۶۰ عدد در تیمارهای قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه و آبیاری مرسوم با مصرف ترکیبی باکتری‌های آزوسپیریلوم و سودوموناس حاصل شد.کمترین تعداد دانه پر در پانیکول با ۷۹ عدد دانه در تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی پانیکول و شاهد (عدم مصرف باکتری) بدست آمد (جدول ۸). بر اساس نتایج حاصل از جدول اثرات متقابل نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد ، بیشترین تعداد دانه پر در پانیکول به ترتیب با میانگین‌های ۱۶۱ و ۱۶۰ عدد، زمانی مشاهده شد که از ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیتروژن توصیه شده همراه با مصرف دو باکتری استفاده گردید. کمترین میزان دانه پر در پانیکول (۷۴ عدد دانه پر) نیز از مصرف ۵۰ درصد نیتروژن توصیه شده و عدم مصرف باکتری حاصل شد (جدول ۹). آبیاری مناسب تأثیر مثبتی بر درصد دانه‌های پر شده در برنج دارد و تحمیل خشکی از طریق عقیم کردن دانه‌های گرده سبب کاهش درصد دانه‌های پر شده در پانیکول می گردد (Mohammadi *et al.*, 2015). تحقیقات نشان داده که تعداد دانه پر در پانیکول تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژنه (Mostafavi Rad and Sarvestani, 2003) قرار می‌گیرد که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

وزن هزار دانه

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اعمال تیمار های مختلف آبیاری، نیتروژن و باکتری‌های افزاینده

رشد تاثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشته است (جدول ۳). در بین تیمارهای آبیاری، با قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی‌های پانیکول با ۲۴/۱ گرم کمترین وزن هزار دانه و با قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه با ۲۵/۵ گرم بیشترین وزن هزار دانه مشاهده شد که با تیمار شاهد (آبیاری مرسوم) با ۲۵/۲ گرم وزن دانه اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۴). تنش آبی در مرحله تشکیل آغازی‌های پانیکول باعث تسریع در رسیدن گیاه و کاهش وزن دانه و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد. گزارش شده که کلیه تیمارهای آبیاری تناوبی باعث کاهش وزن هزار دانه در مقایسه با آبیاری غرقابی در کل فصل شدند (Miri *et al.*, 2012). همچنین در بین تیمارهای نیتروژن، تیمار ۵۰ درصد نیتروژن توصیه شده با ۲۴ گرم کمترین و شاهد با ۲۵/۶ گرم بیشترین وزن هزار دانه را دارا بودند (جدول ۵). مصرف کود نیتروژن تا یک حد معین باعث افزایش وزن هزار دانه و متعاقب آن عملکرد دانه برنج می گردد (Pramanik and Bera, 2013)، که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. پژوهشگران گزارش نمودند که با مصرف ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، وزن هزار دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت (Mohamadian Roshan *et al.*, 2011). بیشترین و کمترین وزن هزار دانه در بین تیمارهای مختلف باکتری‌های افزاینده رشد به ترتیب به ترکیب دو باکتری با ۲۶/۱ گرم و شاهد (عدم کاربرد باکتری) با ۲۲/۹ گرم تعلق داشت (جدول ۶). به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای زیستی باعث توسعه ریشه شده و شرایط را برای جذب عناصر غذایی فراهم می‌کنند که این به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد. زمانی که گیاه به دوران رسیدگی نزدیک می‌شود مواد حاصل از فتوسنتز را به اندام‌های زایشی (دانه‌ها) منتقل می‌کند. کودهای زیستی از طریق تسریع و تقویت این عمل سبب افزایش وزن هزار دانه می‌گردند. اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نیتروژن بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید ولی صفت یاد شده تحت تأثیر اثرات متقابل دوگانه آبیاری و باکتری‌های افزاینده رشد و همچنین نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد قرار نگرفت. وزن هزار دانه، یکی از اجزای مهم عملکرد می‌باشد و به عنوان یک ویژگی ژنتیکی در ارقام، مقدار آن تا اندازه ای متأثر از شرایط دوره رسیدگی می‌باشد (Teimoorian *et al.*, 2009). نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Taghizadeh *et al.*, 2008). بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و نیتروژن نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه به ترتیب با میانگین‌های ۲۶/۴ و ۲۶/۳ گرم در تیمارهای آبیاری غرقاب دائم (شاهد) و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم د ر هکتار و همچنین قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه و سطح کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد، اگرچه با تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه و مصرف ۱۰۰ درصد نیتروژن توصیه شده (۲۶ گرم) اختلاف آماری معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۷).

عملکرد دانه

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای آبیاری، نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشته است. اثرات متقابل دو و سه گانه تیمارها بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین نشان داد در بین سطوح مختلف آبیاری، تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه با ۷/۱۱ تن، بیشترین و تیمار قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی‌های پانیکول با ۶/۴۸ تن، کمترین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول ۴). وقوع تنش آبی در مرحله تشکیل آغازی‌های پانیکول سبب کاهش اجزای عملکردی نظیر تعداد کل دانه و دانه پر در پانیکول، وزن هزار دانه و نهایتاً افزایش عملکرد نهایی دانه گردید که اهمیت نیاز آبی گیاه برنج در این مرحله رشدی را نشان می‌دهد. گزارش شده که با اعمال تیمار آبیاری غرقاب دائم، عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با تیمارهای آبیاری تناوبی حاصل شد (Usefian *et al.*, 2014). سایر محققان (Mohammadi *et al.*, 2015) نیز تأثیر تنش و دوره‌های مختلف آبیاری در کاهش عملکرد دانه برنج را تأیید می‌کنند. در بین تیمارهای کود نیتروژن، تیمار شاهد (۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده) با ۷/۱۲ تن، بیشترین میزان عملکرد دانه و تیمار ۵۰ درصد کود نیتروژن توصیه شده با ۶/۴۵ تن، کمترین عملکرد را دارا بود که نشان دهنده اهمیت نیتروژن برای این گیاه است (جدول ۵). بررسی‌های انجام شده توسط سایر پژوهشگران (Taghizadeh *et al.*, 2008) نشان داده که با مصرف ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن می‌توان به بالاترین عملکرد دست یافت در حالی که با عدم مصرف نیتروژن، عملکرد دانه به شدت کاهش می‌یابد. گروه دیگری از پژوهشگران (Shokri Vahed *et al.*, 2009) بیان نمودندکه عملکرد دانه در شرایط کود نیتروژنی به میزان ۴۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به همراه کود بیولوژیک (حاوی آزوسپیریلوم) بیشترین مقدار را نسبت به مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بدون آزوسپیریلوم به میزان ۶۵۴ کیلوگرم در هکتار (۲۸ درصد) و نیز نسبت به مصرف ۴۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بدون آزوسپیریلوم به میزان ۸۹۳ کیلوگرم در هکتار(۲۸ درصد) بود. استفاده از تیمارهای مختلف باکتری‌های افزاینده رشد نیز بر عملکرد دانه مؤثر بود به طوری که تیمار ترکیبی دو باکتری با ۷/۴۳ تن، بیشترین عملکرد را دارا بود و تیمارهای کاربرد جداگانه دو باکتری آزوسپیریلوم و سودوموناس در گروه آماری بعدی قرار گرفتند. کمترین عملکرد دانه نیز با میانگین ۶/۱۳ تن در هکتار در تیمار شاهد یا عدم کاربرد باکتری مشاهده شد (جدول ۶). بر اساس گزارشات (Ehteshami *et al.*, 2010)، استفاده از باکتری سویه ۱۳۶ سودوموناس در بین سایر باکتری‌ها بیشترین تأثیر را در رشد برنج داشته و باعث افزایش عملکرد دانه گردیده است. نتایج دیگری در مورد تأثیر باکتری سودوموناس و آزوسپیریلوم بر عملکرد برنج طارم نشان داد که بیشترین عملکرد برنج در تلقیح باکتری سودوموناس همراه با کود نیتروژن در مقایسه با مصرف کود نیتروژن به تنهایی بدست آمد (Rahmati Khor-shidi and Ardakani, 2011). محققان (Cong *et al.*, 2011) در پژوهشی در مورد تأثیر کودهای زیستی بر برنج دریافتند که کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد به تنهایی، باعث افزایش عملکرد دانه برنج شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که باکتری‌های محرک رشد به دلیل تأثیر بر افزایش جذب عناصر غذایی می‌توانند منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد برنج گردند.

شاخص برداشت

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس، تیمارهای اعمال شده نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد تأثیر معنی‌داری (در سطح احتمال ۱٪) بر روی صفت شاخص برداشت داشته است ولی شیوه‌های مختلف آبیاری بر شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری نشان نداد. همچنین، صفت شاخص برداشت تحت تأثیر هیچ یک از اثرات متقابل دو گانه تیمارها قرار نگرفت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد سطوح مختلف تیمار نیتروژن می تواند تأثیر متفاوتی بر روی شاخص برداشت داشته باشد. بر این اساس تیمار ۵۰ درصد نیتروژن توصیه شده، بیشترین درصد شاخص برداشت (۴۶/۷۷ درصد) و تیمار شاهد با ۴۲/۲۴ درصد، کمترین شاخص برداشت را به همراه داشته است (جدول ۵). به نظر می‌رسد با مصرف بیشتر کود نیتروژن به دلیل افزایش عملکرد بیولوژیکی از شاخص برداشت تا حدودی کاسته گردید. محققان (Arfani and Nasiri, 2000) در بررسی اثر کود نیتروژنه و تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد برنج گزارش دادند که اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های شاخص برداشت در سطوح مختلف نیتروژن مشاهده شد. جدول مقایسه میانگین نیز نشان داد مصرف ترکیبی باکتری‌های آزوسپیریلوم و سودوموناس با ۴۰/۱۵ درصد کمترین شاخص برداشت را به همراه داشت و عدم مصرف باکتری (شاهد) با ۴۹/۹۲ درصد بیشترین شاخص برداشت را به خود اختصاص داد (جدول ۶). اگرچه مصرف کودهای زیستی سبب افزایش عملکرد دانه گردید ولی احتمالاً به دلیل افزایش بیشتر عملکرد کاه و به تبع آن افزایش عملکرد بیولوژیکی، نهایتاً شاخص برداشت کاهش یافت.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این پژوهش، قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی پانیکول منجر به کاهش اجزای عملکرد و متعاقب آن عملکرد در مقایسه با شرایط غرقاب دائم گردید. قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه، اثر منفی بر عملکرد برنج نداشت. با کاهش مصرف نیتروژن خالص به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه در مقایسه با مقادیر نیتروژن ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. نتایج نشان داد که تنها با کاربرد ترکیبی دو باکتری آزوسپیریلوم و سودوموناس می‌توان به حداکثر عملکرد دانه دست یافت و با مصرف تنهایی هر یک از باکتری‌ها و عدم مصرف آن‌ها، عملکرد به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج اثرات متقابل تیمارها می‌توان بیان داشت که با کاربرد ترکیبی باکتری‌های آزوسپیریلوم و سودوموناس همراه با مصرف ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیتروژن توصیه شده و در شرایط قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه یا غرقاب دائم، عملکرد دانه بیشترین مقدار بود که نشان دهنده نقش مثبت و مؤثر باکتری‌های افزاینده رشد در شرایط کم آبی یا مقادیر کاهش یافته نیتروژن می‌باشد.

پاورقی ها

1. Alternate Wet and Drying
2. Azospirillum lipoferum
3. Pseudomonas fluorescens

منابع مورد استفاده

1. Abbaszadeh, M. (2009). Effects of pseudomonas bacteria with ability of phosphate solubility on physiological characteristics of rice (*Oryza sativa* L.) var. Tarom. M.Sc. thesis of plant physiology. Islamic Azad University of Gorgan. P: 166. (In Persian).
2. Agricultural statistics.۲۰۱۱)). Publications Office of Statistics & Information Technology Ministry of Agricultural Jihad. 137 p.
3. Amo-Aghaei, R., Mostajeran, A. and Emtiazi, G. (2003). Effect of azospirilum bacteria on some of growth indexes and yield of three cultivar of wheat. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 7(2): 127-138. (In Persian).
4. Arabzadeh, B. and Tavakoli, A. (2005). Optimal management of deficit irrigation for rice in transplanted (TP) farming. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*. 12(3): 11-20. (In Persian).
5. Arfani, A. and Nasiri, M. (2000). Evaluation of of some of effective morphological and physiological characteristics on yield of rice varieties. Publications of Rice Research Institute of Iran, Deputy of Mazandaran. 43p. (In Persian).
6. Asadi. R., Rezaei, M. and Truste. A. (2004). Simple way to cope with droughts in Mazandaran paddy fields. *Journal of Drought and Agricultural Drought*. 14: 87-90. (In Persian).
7. Banayo, N.P.M., Cruz, P.C.S., Aguilar, E.A., Badayos, R.B. and Haefele, S.M. (2012). Evaluation of biofertilizers in irrigated rice: Effects on grain yield at different fertilizer rates. Agriculture, 2: 73-86.
8. Belder, P., Bouman, B.A.M., and Spiertz, J. H.J. (2007). Exploring options for water saving in lowland rice using a modelling approach. *Agricultural Systems*. 92(1-3): 91-114.
9. Bouman, B.A.M., Peng, S., Castaneda, A.R. and Visperas, R.M. (2005). Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. *Agriculture Water Management*. 74: 87–105.
10. Cong, P.T., Dung, T.D., Hien, N.T., Choudhury, A., Rose, M.T., Kecsskes, M.L., Deaker, R. and Ennedy, I.R. (2011). Effects of a multistrain biofertilizer and phosphorus rates on nutrition and grain yield of paddy rice on a sandy soil in southern Vietnam. Journal of Plant Nutrient. 34: 1058–1069.

11. Ehteshami, S.M., Amin deldar, Z. and Khavazy, K. (2010). Bacteria of the genus Pseudomonas on germination and seedling growth characteristics of rice varieties. General Congress of Agronomy. School Shahid Beheshti second to fourth of July, pp. 2517-2515. (In Persian).
12. Gholami, A., Shahsavani, S., Nezarat, S. (2009). The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *International Journal of Biological and Life Sciences*. 1(1): 35-40.
13. Ghorbanli, M., Hashemi-Moghaddam, Sh. and Fallah, A. (2007). Study of intraction effects of irrigation and nitrogen on some morphological and physiological characteristic of rice plant (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agricultural Sciences*. 12(2): 416-427. (In Persian).
14. Gilani. A. and Absalan. Sh. (2003). Effects of different irrigation regimes on yield and growth indexes of three rice cultivars in Khuzestan. *Agricultural Research and Education Organization*. Final Report of Research Project. (In Persian).
15. Hafeez, M.M., Bouman, B.A.M., Van de Giesen, N. and Vlek, P. (2007). Scale effects on water use and water productivity in a rice-based irrigation system (UPRIIS) in the Philippines. *Agricultural Water Management*. 92: 81-89.
16. Hammad, A.A. (1994). Evaluation of azolla and ammonium sulfate as a source of nitrogen of rice production. *Journal of Agriculture Mansoura University*. 19: 375-385.
17. Kamkar, B., Safahani Langroudi, A. and Mohammadi, R. (2011). The use of nutrients in crop plants. *Publication of Jihad University of Mashhad*. P 500. (In Persian).
18. Lucas, J.A., Solano, B.R., Montes, F., Ojeda, J., Megias, M. and Manero, F.J.G. (2009). Use of two PGPR strains in the integrated management of blast disease in rice (*Oryza sativa*) in Southern Spain. *Field Crops Research*. 114(3): 404–410.
19. Lucy, M., Reed, E. and Glick, B.R. (2004). Applications of free living plant growth promoting rhizobacteria. Antonie van Leeuwenhoek, 86: 1-25.
20. Maleki, A., Bazdar, A.R., Lotfi, Y. and Tahmasebi, A. (2010). Effect of azetobacter fertilizer and different levels of nitrogen fertilizer on yield and yield components of three cultivar of wheat. *Journal of Crop Ecophysiology*. 4(16): 121-132. (In Persian).
21. Mannan, M.A., Bhuiya, M.S.U., Hossain, H.M.A. and Akhand, M.I.M. (2010). Optimization of nitrogen rate for aromatic basmati rice (*Oriza sativa* L.). *Bangladesh Journal of Agril. Research*. 35(1): 157-165.
22. Miri, H.R., Niakan, V. and Bagheri, A.R. (2012). Effect of alternating irrigation on yield, yield components and water productivity in direct sedding of rice in Kazerun Region. *Journal of Crop Production and Processing*. 2(5): 13-27. (In Persian).
23. Mohaddesi, E. (2001). Effects of date of planting, nitrogen fertilizer and bushes density on yield components. Mazandaran Rice Research Institute. Pp: 15-31. (In Persian).
24. Mohammadi, S., Nahvi, M. and Mohaddesi, A. (2015). The effect of irrigation interval on vegetative different stage on yield and yield component in rice line and varieties. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*. 107: 108-114. (In Persian).
25. Mohamadian-Roshan, N., Tarang, A., Moradi, M., Azarpour, E. and Bozorgi, H.R. (2011). Determine of the best planting space of seedling and levels of nitrogen fertilizer for increase of quantitative yield and some of qualitative traits in promising line of rice (216 B). *Journal of Biology Science*. 5(3): 135-147. (In Persian).
26. Mostafavi Rad, M. and Sarvestani, Z.T. (2003). Evaluation of nitrogen fertilizer effects on yield, yield components and dry matter remobilization of three-rice genotype. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 10(2): 21-31. (In Persian).
27. Mousavi, S.Gh., Mohammadi, A.L., Baradaran, R., Seghatol eslami, M.G. and Amiri. A. (2015). Effect of nitrogen fertilizer rates on morphological traits, yield and yield components of three cultivar of rice. *Journal of Iranian Agricultural Research*. 13(1): 146-152. (In Persian).
28. Nasiri, M. and Niknejad, Y. (2011). Factors of of damage in rice fields. Publications of Warsh Wa. 83p. (In Persian).
29. Pirdashti, H., Sarvestani, Z.T., Nematzadeh, G. and Ismail, A. (2004). Study of water stress effects in different growth stage on yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. New directions for a diverse planet: Proceeding of 4th International Crop Science Congress Brisbane, Australia, 26 Sep. 1 Oct. 2004.
30. Pirmoradian, N., Sepaskhah, A.R. and Maftoun, M. (2004). Effects of water-saving irrigation and nitrogen

fertilization on yield and yield components of rice (*Oriza sativa* L.). *Plant Pro. Sci*. 7:337-346. (In Persian).

31. Pramanik, K. and Bera, A.K. (2013). Effect of seedling age and nitrogen fertilizer on growth, chlorophyll content, yield and economics of hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 4(s): 3489-3499.
32. Rahman, M.T., Islam, M.T. and Islam, M.O. (2002). Effect of water stress at different growth stages on yield and yield contributing characters of transplanted aman rice. *Pakistan Journal Biology Science*. 5(2):169-172.
33. Rahmati Khorshidi, Y. and Ardakani, M.R. (2011). Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa*) to *Pseudomonas flouresence* and *Azospirilum lipoferum* under different nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science.* 10 (3): 387-395.
34. Rezaei, M. Nahvi, M. (2007). Effect of irrigation on clay soils on water use efficiency and yield of two varieties of rice in Guilan. *Journal of Agricultural Sciences*. 9: 16-24. (In Persian).
35. Rejesus, R.M., Palis, F.G., Rodriguez, D.G.P., Lampayan, R.M. and Bouman, B.A.M. (2011). Impact of the alternate wetting and drying (AWD) water-saving irrigation technique: Evidence from rice producers in the Philippines. *Food Policy*. 36(2): 280-288.
36. Salemi, H.R. and Mosharaf, L. (2006). Effects of deficit irrigation on quality characteristics and yield of grain maize in Isfahan region. *Journal of Agricultural Engineering Research.* 7(26): 71-84. (In Persian).
37. Sarwar, M.J. and khanif, M. (2005). Techniques of Water Saving in Rice Prouduction in Malaysia. *Asian Journal of Plant Sciences*. 4(1):83-84.
38. Shokri Vahed, H., Rahimi-Moghaddam, M., Mohammadian, M. Shahin rokhsar, P. (2009). Proceedings of the Eleventh Congress of the soil, soil management and food security, Gorgan. 586 p. (In Persian).
39. Sokouti, R., Mahdian, M.H. and Masih-Abadi, M.H. (2010). Spatial variability of macro-nutrients of N. P. K in order to soil fertilization management. *Watershed Management Researches Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*. 87: 8-14. (In Persian).
40. Taghizadeh, M., Esfahani, M., Davatgar, N. and Madani. H. (2008). Effect of irrigation and different rates of nitrogen on yield and yield components of rice (var. Tarom Hashemi) in Rasht. *Science-Research Quarterly Journal*. 2(4): 353-364. (In Persian).
41. Tahmaesbi Sarvestani, Z., Pirdashti, H., Modarres Sanavy, S.A. and Blouchi, H. (2008). Study of water stress effect in different growth stages on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Pakistan Journal of Biological Sciences*.11(10): 1303-1309.
42. Talcukdar, A.S.M.H.M., Sufian, M.A., Meisner, C.A., Duxbury, J.M., Lauren, J.G. and Hossain, A.B.S. (2002). Rice, wheat and mungbean yield in response ton levels and management under a bed planting system. WCSS, Thailand, 1256-1267.
43. Teimoorian, M., Galavi, M., Pirdashti, H. and Nasiri, M. (2009). Yield and yield components of three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in response to source- sink limitations and different nitrogen fertilizer. *Journal of Plant Production*. 16(3): 49-66. (In Persian).
44. Lifshitz, R., Kloepper, J.W., Kozlowski, M., Simonson, C., Carlson, J.,Tipping, E.M. and Zaleska, I. (1987). Growth promotion of canola (rapeseed) seedlings by a strain of pseudomonas putida under gnotobiotic conditions. *Canadian Journal of Microbiology*. 33(5):390-395.
45. Usefian, M., Arabzade, B., Soodaee Mashaee, S. and Mohammadi Nesheli, Y. (2014). Evaluation of different levels of irrigation on yield and qualitative properties of two rice varieties (Tarom and Shiroodi). *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi).* 104: 69-75. (In Persian).

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در قطعه آزمایشی (۰ تا ۳۰ سانتی‌متری)

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	واکنش خاک (pH)	مواد خنثی شونده	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت خاک
۲/۰۳	۶/۷۴	۲۶	۳/۱	۰/۱۹	۶/۱	۱۴۸	۲۶	۵۳	۲۱	سیلتی لومی

جدول ۳- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت تیمارهای کم آبیاری، نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد کل دانه در پانیکول	تعداد دانه پوک در پانیکول	تعداد دانه پر در پانیکول	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	عملکرد شلتوک (تن در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
بلوک	۲	۹۱/۱۱	۰/۱۱	۱۹/۵۴	۰/۰۱۷	۰/۰۲	۶/۲۸
آبیاری(I)	۲	۶۴۰۴/۲۱**	۱۳۴۰/۱۱**	۱۳۴۳۸/۶۰**	۰/۲۲**	۴/۳۴**	۹۳/۰۴ ns
خطای a	۴	۸۴/۹۶	۰/۵۶	۹۷/۸۹	۰/۰۱	۰/۰۹	۱۰/۶۶
نیتروژن (N)	۲	۶۷۸۶/۸۲**	۲۰۰۰/۸۹**	۱۵۸۴۳/۵۴**	۰/۲۵**	۴/۹۷**	۱۹۲/۴۲**
نیتروژن×آبیاری	۴	۱۰۷۳/۵۵**	۱۴۲/۶۹**	۱۹۲۷/۷۸**	۰/۰۸**	۰/۲۵ns	۲۴/۵۱ ns
خطای b	۱۲	۲۶/۳۲	۱/۷۴	۲۲/۸۱	۰/۰۱	۰/۱۴	۲۵/۶۸
باکتری‌های افزاینده رشد(BF)	۳	۵۱۵۷/۰۷**	۲۳۶۰/۱۳**	۱۴۴۵۹/۵۴**	۰/۵۳**	۷/۹۶**	۴۴۲/۰۷**
آبیاری× باکتری‌های افزاینده رشد	۶	۲۷۰/۰۴**	۲۵/۳۱**	۴۱۰/۲۵**	۰/۰۱ns	۰/۰۹ns	۱۵/۷۲ ns
نیتروژن× باکتری‌های افزاینده رشد	۶	۲۲۱/۹۵**	۱۴/۵۲**	۲۷۷/۷۵**	۰/۰۱ns	۰/۰۴ns	۱۱/۴۲ ns
نیتروژن×آبیاری× باکتری‌های افزاینده رشد	۱۲	۸۴/۵۵ns	۴۷/۹۳**	۱۶۸/۶۴**	۰/۰۳**	۰/۱۳ns	۳۰/۸۴ ns
خطای کل	۵۴	۵۲/۶۱	۱/۹۳	۵۲/۵۹	۰/۰۱	۰/۱۴	۲۳/۷۸
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۵۱	۳/۸۸	۵/۸۰	۴/۲۰	۵/۳۸	۱۱/۰۳

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت تیمارهای کم آبیاری

آبیاری	تعداد کل دانه در پانیکول	تعداد دانه پوک در پانیکول	تعداد دانه پر در پانیکول	وزن ۱۰۰۰ داانه (گرم)	عملکرد شلتوک (تن در هکتار)
شاهد	۱۶۹a	۳۳b	۱۳۵a	۲۵/۲a	۷/۰۵a
قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی پانیکول	۱۴۵b	۴۲a	۱۰۲b	۲۴/۱b	۶/۴۸b
قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه	۱۶۷a	۳۱c	۱۳۶a	۲۵/۵a	۷/۱۱a
LSD (۵ درصد)	۶/۰۳	۰/۴۹	۶/۴۷	۰/۰۶	۰/۲۱

در هر ستون و هر تیمار میانگین‌های دارای حرف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت تیمارهای نیتروژن

نیتروژن	تعداد کل دانه در پانیکول	تعداد دانه پوک در پانیکول	تعداد دانه پر در پانیکول	وزن ۱۰۰۰ داانه (گرم)	عملکرد شلتوک (تن در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
شاهد	۱۷۳a	۳۰c	۱۴۲a	۲۵/۶a	۷/۱۲a	۴۲/۲۴b
۵۰ درصد توصیه شده	۱۴۶c	۴۴a	۱۰۱c	۲۴/۰c	۶/۴۵b	۴۶/۷۷a
۷۵ درصد توصیه شده	۱۶۲b	۳۲b	۱۳۰b	۲۵/۲b	۷/۰۷a	۴۳/۶۷b
LSD (۵ درصد)	۲/۶۳	۰/۶۸	۲/۴۵	۰/۰۳	۰/۱۹	۲/۶۰

در هر ستون و هر تیمار میانگین‌های دارای حرف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت تیمارهای باکتری‌های افزاینده رشد

باکتری‌های افزاینده رشد	تعداد کل دانه در پانیکول	تعداد دانه پوک در پانیکول	تعداد دانه پر در پانیکول	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	عملکرد شلتوک (تن در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
شاهد	۱۴۲c	۴۸a	۹۳c	۲۲/۹b	۶/۱۳c	۴۹/۹۲a
آزوسپریلوم	۱۶۱b	۳۳b	۱۲۷b	۲۵/۲a	۶/۹۷b	۴۳/۹۳b
سودوموناس	۱۶۲b	۳۴b	۱۲۸b	۲۵/۵a	۶/۹۹b	۴۲/۵۵bc
آزوسپریلوم و سودوموناس	۱۷۶a	۲۶c	۱۴۹a	۲۶/۱a	۷/۴۳a	۴۰/۱۵c
LSD (۵ درصد)	۳/۹۶	۰/۷۶	۳/۹۶	۰/۰۵	۰/۲۰	۲/۶۷

در هر ستون و هر تیمار میانگین‌های دارای حرف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

جدول ۷- اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت تیمارهای کم آبیاری، نیتروژن و باکتری‌های افزاینده رشد

آبیاری	نیتروژن	تعدادکل دانه در پانیکول	تعداد دانه پوک در پانیکول	تعداد دانه پر در پانیکول	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)
قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی پانیکول	۵۰ درصد توصیه شده	۱۳۷f	۴۷a	۸۹h	۰/۲۴c
	۷۵ درصد توصیه شده	۱۴۴e	۴۰c	۱۰۴a	۲۳/۷c
	شاهد	۱۵۳d	۳۹d	۱۱۴f	۲۴/۳c
قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه	۵۰ درصد توصیه شده	۱۴۸de	۴۱c	۱۰۷g	۲۴/۱c
	۷۵ درصد توصیه شده	۱۷۹b	۲۵g	۱۵۴c	۲۶/۳a
	شاهد	۱۷۵b	۲۷f	۱۴۷d	۲۶/۰ab
شاهد	۵۰ درصد توصیه شده	۱۵۲d	۴۴b	۱۰۷g	۲۳/۷c
	۷۵ درصد توصیه شده	۱۶۳c	۳۰e	۱۳۲e	۲۵/۴b
	شاهد	۱۹۱a	۲۵g	۱۶۶b	۲۶/۴a

در هر ستون و هر تیمار میانگین‌های دارای حرف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.