

اثر تلقیح پیش کاشتی بذر با کودهای زیستی بر صفات مورفولوژیک و عملکرد کمی ارقام برنج

Effect of Grain Pre-Planting Inoculation With Biofertilizers on Morphological Traits and Quantitative Yield of Rice Varieties

عباس شهدی کومله^{۱*}، سید رضا سیدی^۲ و مریم فروغی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۰
(مقاله پژوهشی)

چکیده

اهمیت تولید محصولات سالم در سال‌های اخیر سبب شده است تا روش‌های تولید و نهاده‌های به کار رفته مورد توجه قرار گیرند. در این راستا، آزمایشی دوساله به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت در سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ با هدف کاهش معضلات ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی آن‌ها با منابع زیستی طراحی و اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل هشت سطح تلقیح: شاهد (بدون کاربرد کود)، سودوموناس، آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم و سودوموناس، ازتوباکتر و سودوموناس، ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس و دو رقم برنج هاشمی و گیلانه در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثر تلقیح و رقم بر اجزای عملکرد و عملکرد ارقام برنج در سطوح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود؛ به طوری که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۱۹/۶ سانتی‌متر)، تعداد پنجه (۱۲/۳)، تعداد خوشه در مترمربع (۱۶۵/۱)، تعداد دانه پر (۱۲۶/۳) و کم‌ترین تعداد دانه پوک (۷) از تیمار ترکیبی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس حاصل شد. هم‌چنین، کاربرد تیمار ترکیبی ازتوباکتر و سودوموناس و آزوسپیریلیوم موجب افزایش ۷۹/۳ و ۳۰/۶ درصدی عملکرد شلتوک و زیست‌توده رقم هاشمی و افزایش ۹۰/۲ و ۵۵/۹ درصدی عملکرد شلتوک و زیست‌توده رقم گیلانه نسبت به تیمار شاهد شد. با توجه به نتایج، کاربرد تیمار ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس به دلیل حفظ و بهبود برخی خصوصیات شیمیایی خاک شالیزار و جبران ۴۷/۴ و ۵۶/۷ درصدی عملکرد ارقام برنج هاشمی و گیلانه نسبت به تیمار مصرف کودهای شیمیایی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر، تلقیح، سودوموناس

۱ و ۲. به ترتیب استادیار و کارشناس، بخش تحقیقات خاک و آب، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۳. کارشناس، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

* نویسنده مسئول
Email: Shahdiabbas8@gmail.com

مقدمه

برنج منبع اصلی تغذیه بیش از نیمی از جمعیت جهان با حجم تولید بیش از ۷۰۰ میلیون تن در سال است (آدو^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). با توجه به نرخ روزافزون جوامع بشری، تقاضا برای تولید بیش تر مواد غذایی طی سال‌های آتی بیش از پیش افزایش پیدا خواهد کرد (جهانی و همکاران، ۱۳۹۵)؛ افزایش تولید غلات نظیر برنج به منظور برآوردن نیاز غذایی جمعیت در حال رشد مستلزم اتخاذ استراتژی‌های لازم جهت افزایش عملکرد دانه در واحد سطح و افزایش تعداد دفعات برداشت محصول در سال است (ژائو^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). در چند دهه اخیر، تلاش برای افزایش تولید در واحد سطح با مصرف زیاد و نامتعادل کودهای شیمیایی، پیامدهای منفی زیست‌محیطی و افزایش هزینه تولید را به همراه داشته است (بهرورز و همکاران، ۱۳۹۵) که این امر همگام با ارتقای نگرش نسبت به مسائل محیط زیست و افزایش میزان حساسیت مردم نسبت به کیفیت محصولات مصرفی منجر به استفاده از فناوری نوین در کشت و تولید محصولات زراعی شده است (نعیمی و همکاران، ۱۳۹۴). آنچه که از دیدگاه کشاورزی پایدار مهم است، اعمال روش‌هایی است که با کاهش اثرات نامطلوب ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به توسعه پایدار کشت محصولات استراتژیک کمک نماید. یکی از روش‌هایی که طی سال‌های اخیر به‌عنوان جایگزینی مناسب در تولید محصولات کشاورزی در جهان پذیرفته شده است، زراعت ارگانیک می‌باشد. در این نوع کشاورزی برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه زراعی، از انواع کودهای آلی زیستی و برای مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز از مبارزه مکانیکی و بیولوژیکی استفاده می‌شود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲). استفاده از کودهای زیستی در کشاورزی قدمت زیادی داشته ولی بهره‌برداری علمی از این‌گونه منابع در ایران دارای سابقه چندانی نمی‌باشد (اسدی‌رحمانی و همکاران، ۱۳۹۱). بروز معضلات زیست‌محیطی جدی ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های مصنوعی طی سال‌های اخیر موجب شده است که کاربرد کودهای زیستی به روش‌های مختلفی نظیر تلقیح خاک، بذر یا گیاه‌چه (شهدی‌کومه‌الف، ۱۳۹۹) مورد توجه پژوهشگران بسیاری قرار گیرد. کودهای زیستی به ریزجاندارانی مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها به‌ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها اطلاق می‌شود که دارای نقش مهمی در مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های زراعی، افزایش حاصلخیزی خاک و تأمین نیاز غذایی گیاهان بوده و می‌توانند با سازوکارهایی نظیر تثبیت زیستی نیتروژن، تولید و

ترشح سیدروفور و اسیدهای آلی، تولید هورمون نظیر اکسین‌ها و جیبرلین‌ها و ویتامین‌های ب، افزایش فعالیت آنزیمی گیاه، کمک به فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک و افزایش رشد و توسعه ریشه به بهبود فراهمی و جذب عناصر غذایی کمک کرده (شهدی‌کومه، ۱۳۹۸؛ گروور^۳ و همکاران، ۲۰۲۰؛ سومبول^۴ و همکاران، ۲۰۲۰؛ باسو^۵ و همکاران، ۲۰۲۱) و یا از طریق افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماری‌زا موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند (نگالیمات^۶ و همکاران، ۲۰۲۱؛ کانجاناسوپا^۷ و همکاران، ۲۰۲۱). مروری جامع بر منابع مختلف نشان می‌دهد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد به‌تنهایی و یا ترکیبی دارای نتایج اثربخش بسیاری بر رشد و عملکرد گیاه برنج است؛ به‌طوری‌که می‌توان به کمک آن‌ها وابستگی به کودهای شیمیایی را کاهش داد (کویت^۸ و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج یک بررسی به‌منظور بررسی اثرات کاربرد باکتری محرک رشد *آزوسپیریلیوم لیپوفروم* بر رشد و عملکرد برنج نشان داد که کاربرد باکتری سبب افزایش عملکرد شلتوک در مقایسه با تیمار شاهد شد (جوادی و امین‌پناه، ۱۳۹۵). نتایج پژوهش دیگری در این زمینه نشان داد که بوته‌های برنج تلقیح شده با سویه‌های باکتریایی (*Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum lipoferum*)، به‌دلیل محتوای کلروفیل بیش تر دارای ظرفیت فتوسنتزی، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، محتوای آهن و روی بالاتر و رشد بیش تری بودند (شارما^۹ و همکاران، ۲۰۱۴). سیامون^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۰) طی یک بررسی بیان داشتند که کاربرد ترکیبی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن/ازتوباکتر و *آزوسپیریلیوم* از طریق افزایش تعداد پنجه‌های بارور و وزن دانه موجب افزایش قابلیت تولید برنج می‌شود. یافته‌های دسالامون^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که تلقیح ترکیبی *سودوموناس* و *آزوسپیریلیوم* دارای پتانسیل قابل‌توجهی در کشت ارقام مختلف برنج است. در نتایجی مشابه گزارش شد که می‌توان با تلقیح ترکیبی بذور برنج با مخلوطی از باکتری‌های *سودوموناس* و *آزوسپیریلیوم*، میزان مصرف کود نیتروژن را به‌میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار کاهش داد (دسانتوس و همکاران^{۱۲}، ۲۰۱۹؛ ژانگ^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۱). از این رو با توجه به پایین بودن راندمان مصرف

3. Grover
4. Sumbul
5. Basu
6. Ngalimat
7. Kanjanasopa
8. Cavite
9. Sharma
10. Syam'un
11. de Salamone
12. dos Santos
13. Zhang

1. Addo
2. Zhao

جمعیت آن‌ها در حدود 10^8 cfu^۳ در هر میلی‌لیتر تنظیم شد. اعمال تیمارهای آزمایشی قبل از بذریاشی در خزانه و از طریق تلقیح بذور جوانه‌دار شده برنج با سوسپانسیون باکتری انجام شد. ابتدا بذور برنج شستشو شده و در پارچه مرطوب مناسب جوانه‌دار شدند. سپس، متناسب با مقدار بذورهای جوانه‌دار برنج، مقدار معینی از سوسپانسیون باکتری در داخل ظرف مناسب تمیزی ریخته (۳۰۰ میلی‌لیتر سوسپانسیون باکتری به ازای ۳۰۰ گرم بذور جوانه‌دار شده برنج) و به مدت یک ساعت شیکر انجام شد تا از آغشته شدن کامل بذور به کود اطمینان حاصل شود. در تیمارهای تلقیح مشترک، ابتدا سوبه‌های باکتری‌های غیرهمزیست به نسبت مساوی مخلوط و سپس، نسبت به تلقیح اقدام شد. پس از اعمال تیمارها، بذور جوانه‌دار برای انتقال به خزانه آماده شد. عملیات شخم اولیه به وسیله ادوات کشاورزی مناسب (روتواتور) انجام شد و پس از آن نسبت به مرزبندی، کرت‌بندی و حفر ورودی و خروجی‌های آب اقدام شد. مزرعه آزمایشی به ۵۴ کرت ۱۲ مترمربعی تقسیم شد. تقریباً یک هفته قبل از نشاکاری عملیات آماده‌سازی نهایی زمین از جمله پادلینگ (گل‌خراش کردن) و تسطیح انجام شد. به منظور جلوگیری از اختلاط و نفوذ آب و گل از کرتی به کرت دیگر و هم‌چنین، رشد علف‌های هرز، حداقل فاصله پنجاه سانتی‌متر بین کرت‌ها در نظر گرفته شد و تمام مرزها با پلاستیک ضخیم غیرقابل نفوذ پوشانده شد. کشت نشاهای برنج به فواصل ۲۰×۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر انجام گرفت. نشاهای مورد استفاده برای کشت برنج در مرحله ۳ تا ۵ برگی از خزانه مورد نظر پروژه تهیه شد. در طول دوره کشت و زرع برنج از هیچ‌گونه نهاده شیمیایی استفاده نشد و برای مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج از تریکوکارتهای زنبور تریکوگراما و برای از بین بردن علف‌های هرز از مبارزه مکانیکی استفاده شد. به منظور تعیین روند تغییرات میزان نیتروژن خاک شالیزار، پس از هر دوره کشت برنج، نمونه خاک از کرت‌های آزمایشی از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری سطح خاک تهیه شده و پس از خشک شدن در معرض هوا و کوبیدن خاک، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و به آزمایشگاه شیمی بخش خاک و آب مؤسسه تحقیقات برنج ارسال شد. طبق دستورالعمل مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج، ارزیابی‌های لازم برای صفات مختلف شامل ارتفاع بوته، تعداد پنجه کل، تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه پر در هر خوشه انجام گرفت (IRRI, 2013).

کودهای نیتروژنی و فسفره در شالیزار و از طرفی اهمیت و فعالیت مفید کودهای زیستی در حفظ و بهبود حاصلخیزی خاک شالیزار از طریق فرآیندهای سازگار با محیط‌زیست و هم‌چنین، لزوم بازنگری در شیوه‌های تولید محصول در بوم نظام‌های زراعی، پژوهش حاضر با هدف ترویج و استفاده گسترده از این قبیل نهاده‌ها برای افزایش عملکرد کمی ارقام برنج و توسعه پایدار کشت محصول برنج سالم ارگانیک طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت در طی دو سال زراعی (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل هشت سطح (عامل اول) تلقیح بذور (محمود^۱ و همکاران، ۲۰۱۶) با باکتری‌های غیرهمزیست (شاهد بدون کاربرد باکتری، تلقیح با باکتری سودوموناس فلورسنس P169، تلقیح با باکتری آزوسپیریلیوم لیپوفروم، تلقیح با باکتری ازتوباکتر کروکوکوم، تلقیح با مخلوط آزوسپیریلیوم و سودوموناس، تلقیح با مخلوط ازتوباکتر و سودوموناس، تلقیح با مخلوط ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و تلقیح با مخلوط هر سه) و دو رقم برنج هاشمی و گیلاته (عامل دوم) در نظر گرفته شد. به منظور بررسی و مقایسه عملکرد شلتوک ارقام برنج تحت شرایط کاربرد باکتری و مصرف کود شیمیایی، یک تیمار شاهد (تیمار مصرف کود شیمیایی برای ارقام برنج هاشمی و گیلاته) علاوه بر تیمارهای فوق در هر تکرار در نظر گرفته شد. مصرف کود در تیمار شاهد کود شیمیایی بر اساس نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی و توصیه‌های فنی مؤسسه تحقیقات برنج کشور برای ارقام برنج هاشمی و گیلاته انجام شد، به طوری که ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار برای رقم هاشمی و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار برای رقم گیلاته از منبع اوره ۴۶ درصد (دوسوم در مرحله پایه و یک‌سوم در مرحله حداکثر پنجه‌زنی)، ۸۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل ۴۶ درصد (در پایان مرحله آماده‌سازی زمین) و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم خالص در هکتار از منبع کلرور پتاسیم ۶۰ درصد (در پایان مرحله آماده‌سازی زمین) به طور یکنواخت در تمام کرت‌های آزمایشی پخش شد. قبل از عملیات آماده‌سازی زمین یک نمونه مرکب از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک از چندین نقطه مزرعه آزمایشی تهیه شد و خصوصیات شیمیایی خاک شامل EC، pH، OC، N، P و K در آزمایشگاه شیمی بخش خاک و آب مؤسسه تحقیقات برنج کشور تعیین شد (جدول ۱).

باکتری‌های محرک رشد گیاه از مجموعه میکروبی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه و پس از تکثیر در محیط کشت نوترینت بروث^۲

جدول ۱: خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه قبل از کشت
Table 1: Chemical properties of the studied farm soil before planting

پتاسیم قابل دسترس K	فسفر قابل دسترس P	نیترژن کل (درصد) N (%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS. m ⁻¹)	اسیدیته pH
میلی گرم در کیلوگرم (mg. kg ⁻¹)					
216	10.2	0.15	1.46	1.68	6.99

اثر قابل توجهی بر رشد و عملکرد گیاهان باشند. برزیل^۴ و همکاران (2021) طی یک بررسی اظهار داشتند که تلقیح برنج با باکتری *آزوسپیریلیوم* به تنهایی دارای کارایی معادل مصرف دز کامل نیترژن بود و موجب افزایش معنی دار ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد باکتری و کود شیمیایی) شد. گوسوامی^۵ و همکاران (2016) طی یک مرور منابع جامع، تولید IPA، ZR، DHZR^۶ و افزایش رشد نشلهای برنج را توسط *Pseudomonas fluorescens* و *Pseudomonas aeruginosa* گزارش کردند. بنابراین، این طور به نظر می‌رسد که کاربرد ترکیبی باکتری‌های محرک رشد گیاه از طریق تشدید چرخه زیستی تثبیت بیولوژیکی نیترژن هوا و افزایش فراهمی نیترژن در ریزوسفر برنج (شکل ۱)، تولید مواد محرک رشد و افزایش توانمندی گیاه در جذب عناصر غذایی مورد نیاز رشد موجب تحریک رشد بافت‌های رویشی گیاه و افزایش قابل توجه ارتفاع بوته شده باشد. همچنین، طبق نتایج مقایسه میانگین ارقام برنج؛ رقم هاشمی با میانگین ۱۱۸ سانتی‌متر دارای ارتفاع بوته بیش‌تری نسبت به رقم گیالنه (۱۰۰/۸ سانتی‌متر) بود که دلیل این امر با توجه به خصوصیات ژنتیکی ارقام اصلاح شده دور از انتظار نبود. خیری و همکاران (۱۳۹۵) طی یک بررسی عنوان داشتند که توده‌های اصلاح شده نسبت به توده‌های بومی از ارتفاع بوته کم‌تر و تعداد پنجه بارور و تعداد دانه پر در خوشه بیشتری برخوردارند.

تعداد پنجه کل

تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات تلقیح باکتریایی و رقم بر صفت تعداد پنجه کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تلقیح باکتریایی نشان داد که تیمار ترکیبی *آزوتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* و *آزوسپیریلیوم* و *سودوموناس* با میانگین ۱۲/۳ و تیمار شاهد بدون کاربرد کود با میانگین ۹/۶ به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد پنجه کل در هر کپه بودند (جدول ۳). اصغری و همکاران (۱۳۹۲) طی یک بررسی بیان کردند که افزایش تعداد پنجه در گیاه در اثر تلقیح باکتری ناشی از جذب بیش‌تر عناصر ماکرو و میکرو و تولید بیش‌تر هورمون‌هایی نظیر اکسین، جیبرلین و

برای اندازه‌گیری صفات پس از حذف حاشیه، ابتدا ده بوته به‌طور تصادفی از فضای نمونه‌برداری هر کرت انتخاب شد و میانگین اندازه‌گیری‌ها برای هر صفت منظور شد. همچنین، بین توده بذر مذکور، تعداد ۱۰۰۰ دانه به‌طور تصادفی انتخاب و با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد و وزن هزار دانه برای هر تیمار تعیین شد. در مرحله رسیدگی برنج، پس از حذف حاشیه، برداشت از مساحتی به‌اندازه چهار مترمربع در هر کرت انجام شد و پس از جداسازی دانه و کاه، عملکرد شلتوک تعیین شد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، تعداد ۱۰ بوته در هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و کف بر شد و به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشک شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. آزمون نرمالیده داده‌ها با استفاده از رویه Q- Qplot در نرم‌افزار Spss و یکنواختی واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون F_{max} هارتلی انجام شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و همچنین، مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطوح احتمال پنج و یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات تلقیح باکتریایی و رقم بر صفت ارتفاع بوته به‌ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمار کاربرد باکتری‌های محرک رشد نشان داد که تیمار ترکیبی *آزوتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* و *سودوموناس* با میانگین ارتفاع بوته ۱۱۹/۴ سانتی‌متر و تیمار شاهد بدون کاربرد کود با میانگین ۹۸/۴ سانتی‌متر به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع بوته بودند (جدول ۳). نتایج یک بررسی نشان داد که باکتری‌های محرک رشد نظیر *آزوتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* از طریق تثبیت نیترژن مولکولی هوا (N₂)، میزان نیترژن خاک و قابلیت دسترسی آن را افزایش می‌دهند (اونسکا^۱ و همکاران، 2020؛ نوشین^۲ و همکاران، 2021). کوشانی^۳ و همکاران (2020) طی یک بررسی به این نتیجه رسیدند که باکتری‌های محرک رشد می‌توانند از طریق افزایش جذب آب و مواد غذایی و تولید مواد محرک رشد نظیر اکسین دارای

4. Brasil
5. Goswami
6. Isopentenyl adenosine
7. Dihydroxyzeatin riboside
8. Zeatin riboside

1. Olenka
2. Nosheen
3. Keswani

بیش تر مواد غذایی به دلیل تغییر شکل و گسترش سیستم ریشه‌ای در گیاهان تلقیح شده با این باکتری مرتبط دانستند. افزایش تعداد خوشه در گیاهان تلقیح شده با *ازتوباکتر* *کروکوکوم* توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شد (پناهی^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۰) طی یک بررسی عنوان کردند که عدم تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلیوم* می‌تواند موجب کاهش اجزای عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه برنج شود. در نتایج مشابه، آدو و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که تلقیح برنج با باکتری *آزوسپیریلیوم* موجب افزایش معنی‌دار تعداد خوشه در مترمربع برنج نسبت به تیمار شاهد بدون کاربرد باکتری گردید. بررسی نیک‌نژاد و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد 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 خوشه در بوته و در نتیجه، افزایش عملکرد دانه می‌شود. سیامون و همکاران (۲۰۲۱) طی یک بررسی دریافتند که تلقیح ترکیبی برنج با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* موجب افزایش تولید پنجه‌های بارور در هر کپه می‌شود. هم‌چنین، طبق نتایج این آزمایش، رقم گیلانه (۱۴۴) دارای تعداد خوشه در مترمربع بیش‌تری نسبت به رقم هاشمی (۱۲۵/۹) بود (جدول ۷). بر اساس یافته‌های یک پژوهش، ارقام پرمحصول و اصلاح شده از توانایی پنجه‌زنی بالاتر و تعداد خوشه در مترمربع بیش‌تری نسبت به ارقام بومی برخوردارند (ولداآبادی و همکاران، ۱۳۸۸). از این‌رو انتظار می‌رفت با توجه به اینکه رقم گیلانه از ارقام اصلاح شده مؤسسه تحقیقات برنج کشور به‌شمار می‌رود؛ از اجزای عملکرد و عملکرد بهبود یافته و بالاتری نسبت به ارقام بومی - محلی برخوردار باشد.

سیتوکینین در گیاه می‌باشد. در نتایج مشابه گزارش شده است که تلقیح ریشه نشاء برنج با کود بیولوژیک *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* موجب افزایش تعداد برگ فعال و تعداد پنجه در مترمربع برنج رقم هاشمی می‌شود (قاسمی‌گواپر و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج بررسی دیگر نشان داد که به‌واسطه افزایش بیوسنتز هورمون سیتوکینین، تولید پنجه در گیاه برنج افزایش می‌یابد (لو^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). این‌طور به‌نظر می‌رسد که تلقیح بذر با تیمار ترکیبی باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش تولید و آزادسازی هورمون سیتوکینین بر فرآیندهای تقسیم سلولی اثر مثبت داشته و موجب افزایش تولید پنجه در هر کپه شود. نتایج بررسی خلج و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که کاربرد هم‌زمان *سودوموناس* و *آزوسپیریلیوم* به‌واسطه اثر سینرژیستی باکتری‌ها، بیش‌ترین غلظت سیتوکینین را نسبت به سایر ترکیبات تیماری (شامل عدم کاربرد *سودوموناس* و *آزوسپیریلیوم*، کاربرد *آزوسپیریلیوم* بدون *سودوموناس* و کاربرد *سودوموناس*) تولید کرد که حاکی از تأثیر بیش‌تر کاربرد هم‌زمان باکتری‌ها (*سودوموناس* و *آزوسپیریلیوم*) بر فرآیندهای رشد و نمو و عملکرد گیاه است. هم‌چنین، مقایسه میانگین ارقام برنج نشان داد که رقم گیلانه با میانگین ۱۲/۷ دارای تعداد پنجه کل بیش‌تری نسبت به رقم هاشمی (۹/۴) بود (جدول ۷). نتیجه بررسی مهدوی و همکاران (۱۳۸۴) نشان داد که ارقام بومی برنج با قابلیت پنجه‌زنی کم‌تر نسبت به ارقام اصلاح شده دارای عملکرد پایین‌تری هستند. از آن‌جا که رقم گیلانه از ارقام اصلاح شده (حاصل تلاقی رقم صالح و آجی‌بوجی) به‌شمار می‌رود، در نتیجه حصول چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود.

تعداد خوشه در مترمربع

طبق نتایج به‌دست‌آمده اثرات تلقیح باکتریایی و رقم بر تعداد خوشه در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ترکیبی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* و *سودوموناس* با میانگین تعداد خوشه در مترمربع ۱۶۵/۱ و تیمار شاهد بدون کاربرد کود با میانگین ۹۰/۶ به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین تعداد خوشه در مترمربع بودند (جدول ۳). نتایج بررسی امین‌پناه و عباسیان (۱۳۹۵) نشان داد که کاربرد *ازتوباکتر* *کروکوکوم* سبب افزایش معنی‌دار تعداد خوشه در مترمربع به میزان ۲۰ درصد شد. این پژوهشگران دلایل افزایش تعداد خوشه در اثر تلقیح با باکتری را علاوه بر افزایش میزان نیتروژن قابل‌دسترس به عوامل دیگری مانند سنتز هورمون‌های رشد نظیر سیتوکینین و فراهمی

جدول ۲: تجزیه مرکب صفات زراعی برنج در سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹
Table 2: Composite analysis of rice agronomic traits in cropping years 2019-2020

		میانگین مربعات MS						درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد شلتوک Paddy yield	تعداد دانه پوک در خوشه Number of hook grain per panicle	تعداد دانه پر در خوشه Number of fill grain per panicle	تعداد خوشه در مترمربع Number of panicle per square meter	تعداد پنجه کل در هر کپه Total number of tillers per plant	ارتفاع بوته Plant height			
568699 ^{ns}	721.28 ^{ns}	0.65 ^{ns}	105.04 ^{ns}	6670 ^{ns}	11.13 ^{ns}	3.64 ^{ns}	1	سال Year	
438748.72	58571.48	0.6	20.16	958.27	3.36	229.12	4	تکرار × سال Year × Replication	
11064245.19 ^{**}	2264373.96 ^{**}	3.93 ^{**}	2493.14 ^{**}	5415.93 ^{**}	9.02 ^{**}	416.75 [*]	7	تلقیح باکتریایی Inoculation	
88104826.68 ^{**}	18767498.9 ^{**}	0.52 ^{**}	423.27 ^{ns}	7833.7 ^{**}	269 ^{**}	7112.2 ^{**}	1	رقم Variety	
2004739.43 [*]	141477.13 ^{**}	0.51 ^{ns}	91.85 ^{ns}	86069 ^{ns}	3.49 ^{ns}	52.76 ^{ns}	7	تلقیح × رقم Inoculation × Variety	
2221168.02 ^{ns}	157334.43 ^{ns}	0.21 ^{ns}	12.48 ^{ns}	1675.01 ^{ns}	0.46 ^{ns}	279.82 ^{ns}	1	سال × تلقیح Year × Inoculation	
1400230.22 ^{ns}	39346.51 ^{ns}	0.1 ^{ns}	28.08 ^{ns}	510.64 ^{ns}	2.89 ^{ns}	129.04 ^{ns}	7	سال × رقم Year × Variety	
645796.98 ^{ns}	2626.21 ^{ns}	1.23 ^{ns}	41.55 ^{ns}	760.52 ^{ns}	0.89 ^{ns}	63.21 ^{ns}	7	سال × تلقیح × رقم Year × Inoculation × Variety	
893753.9	421105.07	0.42	139.86	423.06	1.86	143.57	60	خطا Error	
12.3	9.6	8.6	9.7	15.2	12.32	10.94		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	

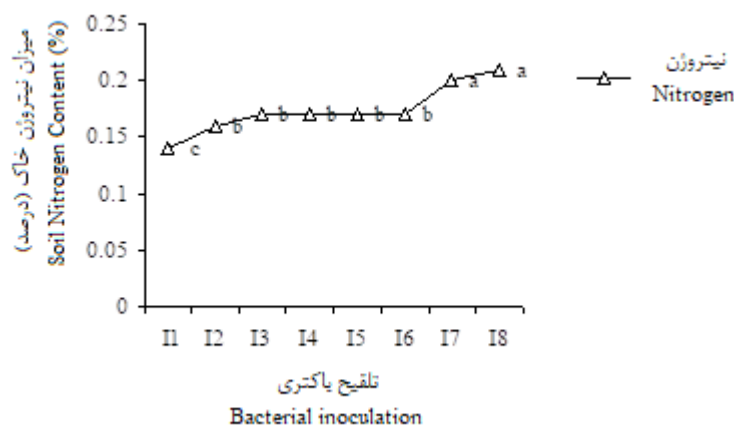
** و *: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و ns: غیرمعنی‌داری
* and **: Significant in 5% and 1% respectively and ns is not significant

جدول ۳: میانگین اثر تلقیح باکتریایی بر صفات زراعی برنج در سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

Table 3: Mean effect of bacterial inoculation on rice agronomic traits in cropping years 2019-2020

تعداد دانه پوک در خوشه Number of hook grain per panicle	تعداد دانه پر در خوشه Number of fill grain per panicle	تعداد خوشه در مترمربع (تعداد در مترمربع) Number of panicle per square meter (no.m ²)	تعداد پنجه کل در هر بوته (تعداد در گیاه) Total number of tillers per plant (no.plant)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تیمار Treatment
8.8 ^a	80.2 ^d	90.6 ^c	9.6 ^c	98.4 ^c	شاهد بدون کاربرد باکتری (I ₁) Control (without using bacteria)
7.3 ^b	117.1 ^{ab}	126.6 ^b	9.9 ^{bc}	106.2 ^{bc}	سودوموناس فلورسینس (I ₂) <i>Pseudomonas fluorescens</i>
7.5 ^b	104.9 ^{bc}	132.9 ^b	11.2 ^{ab}	109.5 ^b	آزوسپیریلیوم لیپوفروروم (I ₃) <i>Azospirillum lipoferum</i>
7.6 ^b	102.5 ^c	135 ^b	11.3 ^{ab}	109.5 ^b	ازتوباکتر کروکوکوم (I ₄) <i>Azotobacter chroococcum</i>
7.1 ^b	128.4 ^{ab}	140.9 ^b	11.3 ^{ab}	109.8 ^{ab}	آزوسپیریلیوم و سودوموناس (I ₅) <i>Azospirillum + Pseudomonas</i>
7.2 ^b	117.4 ^{ab}	143 ^{ab}	11.4 ^a	110 ^{ab}	ازتوباکتر و سودوموناس (I ₆) <i>Azotobacter + Pseudomonas</i>
7.4 ^b	114.3 ^{abc}	145.4 ^{ab}	11.4 ^a	112.6 ^{ab}	ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم (I ₇) <i>Azotobacter + Azospirillum</i>
7 ^b	126.3 ^a	165.1 ^a	12.3 ^a	119.6 ^a	ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس (I ₈) <i>Azotobacter + Azospirillum + Pseudomonas</i>
0.7	12.8	22.3	1.4	9.7	LSD _{1%}

اعداد با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد ندارند
Values with similar letters in each column do not differ significantly based on the LSD test at the level of 1% probability



شکل ۱: روند تغییرات میزان نیتروژن خاک شالیزار در اثر تلقیح باکتریایی

Fig. 1: The trend of changes in paddy soil nitrogen content due to bacterial inoculation

I1 = شاهد بدون باکتری، I2= سودوموناس فلورسسنس، I3= آزوسپیریلیوم لیوفروم، I4= ازتوباکتر کروکوکوم، I5= آزوسپیریلیوم و

سودوموناس، I6= ازتوباکتر و سودوموناس، I7= ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، I8= ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس

تیمارهای دارای حروف مشابه فاقد تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد هستند

I1= control without bacteria, I2= *Pseudomonas fluorescens*, I3= *Azospirillum lipoferum*, I4= *Azotobacter chroococcum*, I5= *Azospirillum* and *Pseudomonas*, I6= *Azotobacter* and *Pseudomonas*, I7= *Azotobacter* and *Azospirillum*, I8= *Azotobacter* and *Azospirillum* and *Pseudomonas*

Values with similar letters in each column do not differ significantly based on the LSD test at the level of 1% probability

(IAA) و جیبرلین (GA) در مقایسه با تیمار شاهد می شود

(مرتضی^۳ و همکاران، 2014).

محمد و آل عبود^۴ (2020) طی یک بررسی گزارش کردند که اکسین تولید شده توسط باکتری های محرک رشد دارای نقش مهمی در بهبود کارایی مصرف نیتروژن و افزایش مواد تولید شده بر پایه این عنصر در گیاه برنج است؛ هم چنین، دریافتند که باکتری های محرک رشد، جذب مواد غذایی در گیاه برنج را افزایش می دهند. از این رو، به نظر می رسد که افزایش توانمندی جذب عناصر غذایی موجب افزایش تولید و انتقال مواد پرورده به سمت اندام های زایشی گیاه و افزایش تعداد دانه پر در هر خوشه شده باشد. محققان طی بررسی دیگر بیان کردند که شرایط تغذیه ای و فتوسنتز گیاه پس از مرحله گل دهی اهمیت زیادی در پر شدن دانه دارد (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۵) پس از گل دهی، فتوسنتز بر اثر تنش کاهش می یابد و انتقال کربوهیدرات هایی که قبل از گل دهی تولید شده اند، در عملکرد نهایی دانه سهم قابل توجهی را به عهده می گیرد. تمامی اندام های رویشی در بخشی از دوره رشدی خود می توانند به عنوان مخزنی برای ذخیره مواد فتوسنتزی عمل کنند. از آنجایی که ارتباط نزدیکی بین سطح فتوسنتز کننده و مقدار مواد ذخیره ای در گیاه وجود دارد، هر تغییری در شرایط

تعداد دانه پر و پوک در خوشه

بر اساس نتایج به دست آمده اثر تلقیح باکتریایی بر تعداد دانه پر و پوک در خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ترکیبی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس با میانگین تعداد دانه پر و پوک ۱۲۶/۳ و ۷، دارای بیشترین تعداد دانه پر و کمترین تعداد دانه پوک در هر خوشه و تیمار شاهد بدون کاربرد کود با میانگین ۸۰/۲ و ۸/۸ به ترتیب دارای کمترین تعداد دانه پر و بیشترین تعداد دانه پوک در هر خوشه بودند (جدول ۳). نتایج یک بررسی نشان داد که باکتری آزوسپیریلیوم و سودوموناس قادر به افزایش میزان قابل توجهی جیبرلین در ترشحات ریشه گیاه برنج در مقایسه با گیاه تلقیح نیافته است (رجا^۱ و همکاران، 2006). تنظیم کننده رشد جیبرلین در تسریع فرآیند گل دهی نقش داشته (گائو و چو^۲، 2020) و به نظر می رسد که بتواند از طریق کاهش طول دوره رشد گیاه برنج و مواجهه کمتر طول دوره پر شدن دانه با تنش گرمایی (دماهای بالاتر از حد مطلوب) موجب افزایش تعداد دانه پر در خوشه شود. در نتایجی مشابه گزارش شده است که تلقیح برنج با تیمار ترکیبی ریزوبیوم و آزوسپیریلیوم موجب تولید سطوح بالاتر اکسین

3. Murtaza

4. Mouhamad and Alabbud

1. Raja

2. Gao and Chu

واکنش نیتريت حاصل از تنفس نیتراتی با اسیدآسکوربیک مهم‌ترین سازوکارهای تأثیر باکتری‌های محرک رشد محسوب می‌شوند که به‌نظر می‌رسد در بهبود شاخص‌های رشدی و عملکرد شلتوک ارقام برنج مفید و مؤثر باشد (بانرجی^۴ و همکاران، ۲۰۰۶). باکتری‌های محرک رشد می‌توانند با افزایش توانایی گیاه در جذب آب و مواد غذایی موجب افزایش عملکرد شوند. نتایج یک بررسی نشان داد که کاربرد برخی از باکتری‌های محرک رشد که دارای توانایی تولید ایندول استیک اسید می‌باشند؛ می‌تواند از طریق افزایش رشد طولی ریشه‌ها و توسعه ساختار ریشه‌ای گیاه موجب افزایش سطح تماس ریشه و ذرات خاک و در نهایت افزایش میزان جذب آب و عناصر غذایی و بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه شود (پورواتتو^۵ و همکاران، ۲۰۱۹). بر اساس نتایج حاصله از این مطالعه، این طور به‌نظر می‌رسد که کاربرد همزمان و ترکیبی باکتری‌های محرک رشد با ایجاد اثر هم‌افزایی دارای اثرگذاری بیش‌تری نسبت به تلقیح این باکتری‌ها به‌تنهایی و تلقیح دوگانه آن‌ها است. شهدی‌کومله^۶ (۱۳۹۹) طی یک بررسی افزایش عملکرد برنج در اثر کاربرد ترکیبی باکتری‌های محرک رشد را به اثر سینرژیستی باکتری‌ها و افزایش فراهمی عناصر غذایی در ریزوسفر گیاه برنج نسبت داد. نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داد که سطوح مختلف باکتری‌های محرک رشد، اثر معنی‌داری بر عملکرد شلتوک داشتند، به‌طوری‌که تیمار ترکیبی *آزوسپیریلیوم* و *سودوموناس* با عملکرد ۷/۴۳ تن در هکتار و تیمار شاهد با عملکرد ۶/۱۳ تن در هکتار به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد شلتوک بودند (نیک‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). اثر مثبت کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر فرآیندهای رشد و نمو و عملکرد شلتوک برنج توسط محققان بسیاری گزارش شده است (سیامون و همکاران، ۲۰۲۰؛ شائو^۷ و همکاران، ۲۰۲۰؛ هاتران^۸ و همکاران، ۲۰۲۱؛ کوایت و همکاران، ۲۰۲۱؛ قدیمی^۹ و همکاران، ۲۰۲۱).

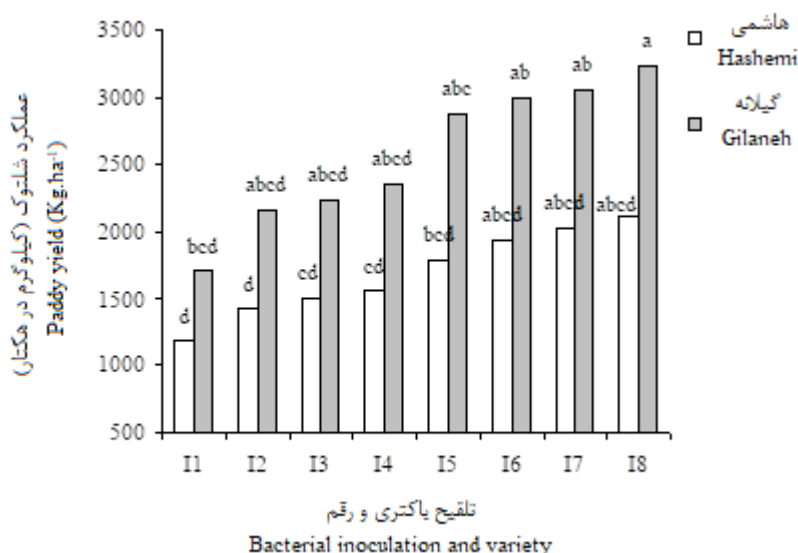
محیطی، ساخت مواد پرورده، جابجایی، ذخیره‌سازی و انتقال آن به سمت دانه‌های در حال رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (لیو^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). به‌نظر می‌رسد که تلقیح ترکیبی بذور برنج با کودهای زیستی با افزایش تجمع و فعالیت باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش فراهمی عناصر غذایی و هورمون‌های محرک رشد (اکسین، جیبرلین، سیتوکینین) در ریزوسفر شده و از طریق تشدید فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه موجب بهبود راندمان ساخت، ذخیره و انتقال مجدد مواد پرورده به دانه‌های در حال رشد و افزایش دانه پر و کاهش تعداد دانه پوک در خوشه شده باشد. همان‌طور که اشاره شد یکی از دلایل افزایش تعداد دانه پوک در خوشه وقوع تنش خشکی پس از مرحله گلدهی است. تلقیح میکروبی می‌تواند از طریق بهبود توانایی‌های بیوشیمیایی و مولکولی ذاتی گیاه برنج موجب افزایش واکنش‌های آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی ناشی از افزایش بیان ژن در گیاهان تلقیح شده تحت شرایط تنش خشکی شود و بار آنتی‌اکسیدانی را تحت چنین شرایطی به حداقل ممکن برساند (سینگ^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). اثر مثبت کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه بر تعداد دانه پر در خوشه توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۵؛ پناهی و همکاران، ۲۰۱۵).

عملکرد شلتوک

طبق نتایج به‌دست‌آمده اثر متقابل تلقیح باکتریایی و رقم بر عملکرد شلتوک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، به‌طوری‌که نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین عملکرد شلتوک از تیمار ترکیبی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* و *سودوموناس* و رقم گیلانه (۳۲۲۹ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین عملکرد شلتوک از تیمار شاهد بدون کاربرد کود و رقم هاشمی (۱۱۸۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (شکل ۲). هم‌چنین، بر اساس این نتایج، تیمار ترکیبی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* و *سودوموناس* با جبران ۴۷/۱ و ۵۶/۷ درصدی عملکرد شلتوک نسبت به تیمار مصرف کود شیمیایی و افزایش ۷۹/۳ و ۹۰/۲ درصدی عملکرد شلتوک نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب در ارقام هاشمی و گیلانه نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی دارای برتری بود (شکل ۳). گزارش شده است که تولید اسید ایندول استیک و سیتوکینین با استفاده از اسیدآمین‌های تریپتوفان و آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش‌ماده اتیلن، ۱-آمینو سیکلو پروپان-۱-کربوکسیلیک اسید (ACC)^۲ به‌وسیله آنزیم ACC دی‌آمیناز و تولید مواد هورمونی و شبه‌هورمونی در اثر

4. Banerjee
5. Purwanto
6. Xiao
7. Ha-Tran
8. Ghadimi

1. Liu
2. Singh
3. Aminocyclopropane-1-carboxylic



شکل ۲: اثر متقابل تلقیح باکتریایی و رقم بر عملکرد شلتوک ارقام برنج

Fig. 2: Interaction of bacterial inoculation and variety on paddy yield of rice varieties

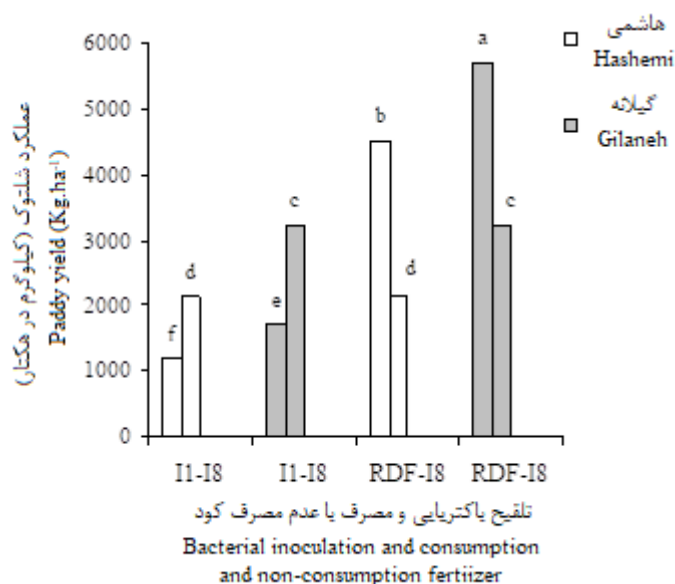
I1= شاهد بدون کاربرد کود، I2= سودوموناس فلورسنتس، I3= آزوسپیریلیوم لیپوفروم، I4= ازتوباکتر کروکوکوم، I5= آزوسپیریلیوم و

سودوموناس، I6= ازتوباکتر و سودوموناس، I7= ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، I8= ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس

تیمارهای دارای حروف مشابه فاقد تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد هستند

I1= control without bacteria, I2= *Pseudomonas fluorescens*, I3= *Azospirillum lipoferum*, I4= *Azotobacter chroococcum*, I5= *Azospirillum* and *Pseudomonas*, I6= *Azotobacter* and *Pseudomonas*, I7= *Azotobacter* and *Azospirillum*, I8= *Azotobacter* and *Azospirillum* and *Pseudomonas*

Values with similar letters in each column do not differ significantly based on the LSD test at the level of 1% probability



شکل ۳: مقایسه عملکرد تیمار ترکیبی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس با تیمارهای شاهد (بدون کاربرد کود) و مصرف کود

شیمیایی در ارقام هاشمی و گیلا نه برنج

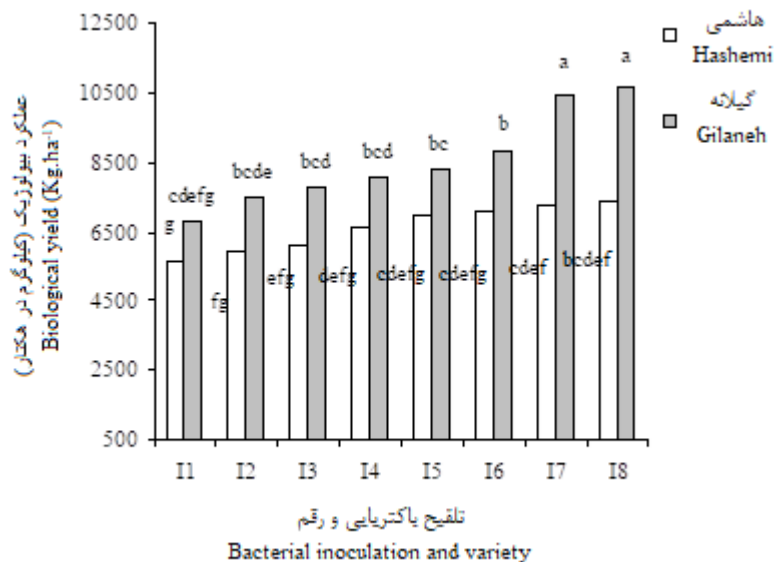
Fig. 3: Comparison of combined treatment yield of *Azotobacter* and *Azospirillum* and *Pseudomonas* with control (without fertilization), and chemical fertilizer treatments in Hashemi and Gilaneh rice varieties

I1= شاهد بدون کاربرد کود I8= ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس، RDF= مصرف کود شیمیایی توصیه شده

تیمارهای دارای حروف مشابه فاقد تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد هستند

I1= control without fertilizer application, I8= *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Pseudomonas*, RDF= recommended dose of chemical fertilizer

Values with similar letters in each column do not differ significantly based on the LSD test at the level of 1% probability



شکل ۴: اثر متقابل تلقیح باکتریایی و رقم بر عملکرد بیولوژیک ارقام برنج

Fig. 4: Interaction of bacterial inoculation and variety on biological yield of rice varieties

I1= شاهد بدون کاربرد کود، I2= سودوموناس فلورسنس، I3= آزوسپیریلیوم لیوفروم، I4= ازتوباکتر کروکوکوم، I5= آزوسپیریلیوم و سودوموناس، I6= ازتوباکتر و سودوموناس، I7= ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، I8= ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس

تیمارهای دارای حروف مشابه فاقد تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد هستند

I1= control without bacteria, I2= *Pseudomonas fluorescens*, I3= *Azospirillum lipoferum*, I4= *Azotobacter chroococcum*, I5= *Azospirillum* and *Pseudomonas*, I6= *Azotobacter* and *Pseudomonas*, I7= *Azotobacter* and *Azospirillum*, I8= *Azotobacter* and *Azospirillum* and *Pseudomonas*

Values with similar letters in each column do not differ significantly based on the LSD test at the level of 5% probability

عملکرد بیولوژیک

بر اساس نتایج به دست آمده اثر متقابل تلقیح باکتریایی و رقم بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲)، به طوری که تیمار تلقیح ترکیبی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس و رقم گیانه با میانگین ۱۰۶۵۲ کیلوگرم در هکتار و تیمار شاهد بدون کاربرد کود و رقم هاشمی با میانگین ۵۶۷۱ کیلوگرم در هکتار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک در واحد سطح بودند (شکل ۴). رقم گیانه به عنوان یک رقم اصلاح شده دارای تعداد پنجه کل، تعداد پنجه بارور، تعداد خوشه در مترمربع، عملکرد شلتوک و زیست توده بالاتری نسبت به ارقام بومی- محلی است. از طرفی، با توجه به اثر مثبت و معنی دار تلقیح باکتریایی بر کلیه صفات کمی مورد مطالعه ارقام برنج نظیر ارتفاع بوته، تعداد پنجه کل، تعداد دانه پر و پوک در خوشه و تعداد خوشه در مترمربع، تولید زیست توده بالاتر در تیمار تلقیح ترکیبی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و سودوموناس نسبت به تیمار شاهد بدون کاربرد کود کاملاً توجیه پذیر به نظر می رسد. امین دلدار و همکاران (۱۳۹۳) طی یک بررسی دریافتند که بهبود میزان فتوسنتز و رشد موجب افزایش بیوماس و در نهایت عملکرد زیستی می شود. از این رو می توان نتیجه گرفت که سویه های مختلف باکتریایی با افزایش حلالیت برخی عناصر غذایی در ریزوسفر گیاه برنج (افزایش جذب نیتروژن) می توانند موجب افزایش رشد گیاه، افزایش دوام سطح برگ و افزایش فعالیت فتوسنتزی و در نهایت، افزایش عملکرد گیاه برنج شوند. نوشین و

همکاران (۲۰۲۱) طی یک بررسی گزارش کردند که کودهای بیولوژیک دارای نقش کلیدی در افزایش عملکرد محصولات زراعی و حفظ باروری طولانی مدت خاک هستند. بنی هاشم (۱۳۹۵) طی مطالعه خود گزارش نمود که باکتری های محرک رشد از طریق مکانیسم های تغذیه ای و فیزیولوژیکی به رشد بهتر و بیش تر گیاه کمک می کنند. نتایج بررسی های دیگر حاکی از آن است که با کاربرد کود زیستی حاوی باکتری های محرک رشد گیاه، عملکرد بیولوژیک برنج به طور معنی داری افزایش یافت (تن^۱ و همکاران، ۲۰۱۷؛ پناه و همکاران، ۲۰۱۵). نتایج مطالعه نگالیمات و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که کاربرد روش های جایگزین در تولید محصولات کشاورزی نظیر تکنولوژی استفاده از باکتری های محرک رشد (سودوموناس) در کشت برنج می تواند موجب بهبود قابلیت تولید این محصول شود. راجسکاران^۲ و همکاران (۲۰۱۵) نیز نتیجه گرفتند که کاربرد تلفیقی باکتری های آزوسپیریلیوم و باسیلوس مؤثرتر از کاربرد هر یک از کودهای زیستی، شیمیایی و دامی در افزایش رشد ریشه و ساقه برنج است. نتایج بررسی پژوهشگران در گیاهانی نظیر گندم، جو و سورگوم نیز حاکی از آن است که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفر بر تعادل بیش تر عناصر غذایی مؤثرتر از کاربرد انفرادی آنها است (لوکاس^۳ و همکاران، ۲۰۱۸).

1. Tan
2. Rajasekaran
3. Lukas

نتیجه گیری کلی

بهبود و خصوصیات شیمیایی خاک شالیزار، موجب افزایش ۷۹/۳ و ۹۰/۲ درصدی عملکرد شلتوک ارقام برنج هاشمی و گیلانیه نسبت به تیمار شاهد بدون کاربرد کود و جبران ۴۷/۱ و ۵۶/۷ درصدی عملکرد شلتوک ارقام برنج هاشمی و گیلانیه نسبت به تیمار مصرف کود شیمیایی شد. از این رو با توجه به نقش مثبت و غیرقابل انکار کودهای با منشأ زیستی در کاهش و تعدیل مصرف کودهای شیمیایی، افزایش تنوع زیستی خاک شالیزار، حفظ منابع تجدیدناپذیر از انواع آلودگی و تولید محصول برنج سالم کاربرد کودهای حاوی سویه های مختلف باکتری های ازتوباکتر کروکوکوم، آزوسپیریوم لیوفروم و سودوموناس فلورسنس در زراعت برنج توصیه می شود.

با توجه به اهمیت تغذیه متعادل گیاه در زراعت برنج و همچنین، معضلات ناشی از به کارگیری نهاده های مصنوعی در اکوسیستم های زراعی، روش های تولید محصول مستلزم بازنگری جدی است. اثبات شده است که کودهای زیستی ضمن افزایش کارایی و قابلیت جذب عناصر غذایی دارای نقش مثبت و غیرقابل انکاری در حفظ سلامت زیست بوم های کشاورزی و افزایش کیفیت محصولات تولیدی می باشند؛ به طوری که بر اساس نتایج کلی این مطالعه، کاربرد ترکیبی باکتری های تثبیت کننده نیتروژن (ازتوباکتر و آزوسپیریوم) و حل کننده فسفات (سودوموناس) در کشت برنج ضمن حفظ و

منابع

- ابراهیمی، ج.، دانشیان، ج.، امیری، ا. و آذرپور، ا. ۱۳۹۰. تأثیر کود نیتروژن و باکتری آزوسپیریوم بر برخی از شاخص های رشد ارقام برنج. مجله علوم زیستی واحد لاهیجان، ۵ (۳): ۱-۱۳.
- اسدی رحمانی، ه.، خاوازی، ک.، اصغرزاده، ا.، رجالی، ف. و افشاری، م. ۱۳۹۱. کودهای زیستی در ایران: فرصت ها و چالش ها. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۶ (۱): ۷۷-۸۷.
- اصغری، ج.، احتشامی، م. ر.، رجبی درویشان، ز. و خاوازی، ک. ۱۳۹۲. مقایسه محلول پاشی با تلقیح ریشه ای باکتری های محرک رشد و متابولیت های آن ها بر ویژگی های مرفوفیزیولوژیکی، صفات کیفی و عملکرد برنج رقم هاشمی. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۲ (۴): ۲۵-۴۰.
- امین پناه، ه. و عباسیان، ا. ۱۳۹۵. اثر تناوب زراعی، تلقیح با ازتوباکتر کروکوکوم و مقدار نیتروژن بر عملکرد برنج. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۹ (۳): ۲۳۰-۲۱۱.
- امین دلدار، ز.، احتشامی، س. م. ر.، عباس شهدی کومله، ع. و خاوازی، ک. ۱۳۹۳. اثر باکتری های جنس سودوموناس بر خواص شیمیایی - زیستی خاک، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۴ (۱۱): ۱۵۹-۱۴۹.
- بنی هاشم، ف. ۱۳۹۵. بررسی مصرف کودهای بیولوژیکی سودوموناسه محرک رشد در برنج گامی در راستای افزایش محصول و حفظ محیط زیست. دومین کنفرانس ملی زیست شناسی و علوم زیست محیطی، دانشگاه جامع علمی کاربردی، گرگان، گلستان.
- بهروز، ا.، علمائی، م.، موحدی نائینی، س. ع. و قربانی نصرآبادی، ر. ۱۳۹۵. ارزیابی صفات محرک رشدی برخی از جدایه های باکتری ازتوباکتر بومی خاک های استان گلستان. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۶ (۱): ۲۴۶-۲۳۳.
- جهانی، م.، نعمت زاده، ق. و محمدی نژاد، ق. ۱۳۹۵. ارزیابی تنوع ژنتیکی با استفاده از ویژگی های زراعی در ارقام مختلف برنج. نشریه تولید گیاهان زراعی، ۹ (۱۹): ۱۹۸-۱۸۱.
- جوادی، م. و امین پناه، ه. ۱۳۹۵. اثرات مصرف باکتری آزوسپیریوم لیوفروم (*Azospirillum lipoferum*)، محصول قبلی و مقدار مصرف نیتروژن بر رشد و عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) در تنکابن. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۳۸ (۲): ۳۱۱-۳۲۶.
- خلج، ح.، حسن آبادی، ط. و دلفانی، م. ۱۳۹۸. اثر تلقیح دوگانه میکروارگانیسم ها با بذر بر غلظت تنظیم کننده های رشد گیاه و عملکرد دانه جو تحت سطوح مختلف نیتروژن. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۸ (۳۳): ۳۷۳-۳۸۵.
- خیری، ن.، موسوی، ا. ع.، حسین نژاد، ح. و یدالهی، پ. ۱۳۹۵. مطالعه ویژگی های مرفولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد کمی و کیفی توده های بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۸ (۲۷): ۲۲۵-۲۱۶.
- شهدی کومله، ع. ۱۳۹۹ (الف). اثر کاربرد باکتری های محرک رشد گیاه بر خصوصیات شیمیایی خاک در سیستم کشت شبدر- برنج. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۹ (۴): ۱۰۰-۸۹.
- شهدی کومله، ع. ۱۳۹۹ (ب). اثر باکتری های *Rhizobium trifolii*، *Pseudomonas fluorescens* و *Azotobacter chroococcum* بر رشد و عملکرد شبدر لاکه و برنج در تناوب زراعی برنج- شبدر. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۰ (۴): ۳۱-۱۷.
- شهدی کومله، ع. ۱۳۹۸. مروری بر کاربرد کودهای آلی رایج در کشت و تولید برنج سالم و ارگانیک. مجله مدیریت اراضی، ۷ (۲): ۱۶۴-۱۴۳.

- قاسمی گوابر، م.، شکوری، م. ج.، دانشیان، ج. و اخگری، ح. ۱۳۹۱. بررسی نقش تلفیقی باکتری‌های اکتولوژیک بر خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک برنج رقم هاشمی. دوفصلنامه علوم به‌زراعی گیاهی، ۲ (۲): ۳۶-۳۱.
- محمدی، م.، پیردشتی، ه.، آقاجانی‌مازندرانی، ق. و موسوی‌طغانی، س. ی. ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر پرورش تعداد متفاوت اردک در شالیزار بر میزان عملکرد ارقام برنج منطبق با زراعت ارگانیک. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۳ (۴-۱): ۱۸۵-۱۶۹.
- مصلحی، ن.، نیک‌نژاد، ی.، فلاح‌آملی، ه. و خیری، ن. ۱۳۹۵. اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم هاشمی. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۸ (۳۰): ۱۰۳-۸۷.
- مهردی، ف.، اسماعیلی، م. ع.، فلاح، ا. و پیردشتی، ه. ۱۳۸۴. مطالعه خصوصیات مرفولوژیک، شاخص‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.). مجله علوم زراعی ایران، ۷ (۴): ۲۸۰-۲۹۷.
- نعیمی، ا.، نجفلو، ب. و سبحانی، س. م. ج. ۱۳۹۴. نقش آموزش، ترویج و اطلاع‌رسانی در توسعه فناوری زیستی از دیدگاه متخصصان. فصلنامه پژوهش مدیریت آموزش کشاورزی، ۷ (۳۳): ۱۱۰-۹۷.
- نیک‌نژاد، ی.، دانشیان، ج.، شیرانی‌راد، ا. ح.، پیردشتی، ه. و ارزانش، م. ح. ۱۳۹۵. ارزیابی کارایی باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در شرایط کم‌آبی و مقادیر کاهش‌یافته نیتروژن. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۱۱۲: ۱۹-۹.
- ولدآبادی، س. ع.، بشرخواه، م.، دانشیان، ج. و عرفانی، ع. ۱۳۸۸. اثر تاریخ‌های مختلف بذرپاشی بر رشد و عملکرد ارقام برنج در کشت مستقیم. مجله علوم کشاورزی، ۳ (۱۱): ۱۴-۱.
- Addo, E. S., Tokiwa, C., Bonney, P., Aboagye, D. A., Yeboah, A., Abebrese, S. O. and Yasuda, M. 2021. Biofertilizer activity of *Azospirillum* sp. B510 on the rice productivity in Ghana. *Microorganisms*, 9 (9): 2000.
- Basu, A., Prasad, P., Das, S. N., Kalam, S., Sayyed, R. Z., Reddy, M. S. and El Enshasy, H. 2021. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability*, 13 (3): 1140.
- Banerjee, M. R., Yesmin, L. and Vessey, J. K. 2006. Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticide. In: Rai MK (ed) *Handbook of microbial biofertilizers*. Food Products Press, New York, pp 137-181
- Brasil, M. D. S., Souza, M. S. T. D., Guimaraes, S. L., Koswoski Junior, S. L. and Batistela, M. W. A. 2021. Initial development of upland rice plants inoculated with the MAY12 strain of *Azospirillum* spp. *Ciencia Rural*, 51.
- Cavite, H. J. M., Mactal, A. G., Evangelista, E. V. and Cruz, J. A. 2021. Growth and yield response of upland rice to application of plant growth-promoting rhizobacteria. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40 (2): 494-508.
- de Salamone, I. E. G., Funes, J. M., Di Salvo, L. P., Escobar-Ortega, J. S., D'Auria, F., Ferrando, L. and Fernandez-Scavino, A. 2012. Inoculation of paddy rice with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: impact of plant genotypes on rhizosphere microbial communities and field crop production. *Applied Soil Ecology*, 61 (10): 196-204.
- dos Santos, F. L., da Silva, F. B., de Sa, E. L. S., Vian, A. L., Muniz, A. W. and dos Santos, R. N. 2019. Inoculation and co-inoculation of growth promoting rhizobacteria in irrigated rice plants. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14 (3): 1-5.
- Gao, S. and Chu, C. 2020. Gibberellin metabolism and signaling: targets for improving agronomic performance of crops. *Plant and Cell Physiology*, 61 (11): 1902-1911.
- Ghadimi, M., Sirousmehr, A., Ansari, M. H. and Ghanbari, A. 2021. Organic soil amendments using vermicomposts under inoculation of N₂-fixing bacteria for sustainable rice production. *Peer Journal*, 9: e10833.
- Grover, M., Bodhankar, S., Sharma, A., Sharma, P., Singh, J. and Nain, L. 2020. PGPR mediated alterations in root traits: way towards sustainable crop production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4: 287.
- Goswami, D., Thakker, J. N. and Dhandhukia, P. C. 2016. Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. *Cogent Food and Agriculture*, 2(1).
- Ha-Tran, D. M., Nguyen, T. T. M., Hung, S. H., Huang, E. and Huang, C. C. 2021. Roles of plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) in stimulating salinity stress defense in plants: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (6): 3154.
- IRRI, 2013. *Standard Evaluation System (SES) for Rice*. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
- Kanjanasopa, D., Aiedhet, W., Thitithanakul, S. and Paungfoo-Lonhienne, C. 2021. Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Biological Control Agent in Rice. *Agricultural Sciences*, 12 (01): 1.
- Keswani, C., Singh, S. P., Cueto, L., Garcia-Estrada, C., Mezaache-Aichour, S., Glare, T. R. and Sansinenea, E. 2020. Auxins of microbial origin and their use in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 1-17.
- Kumar, V. K., Raju, S. K., Reddy, M. S., Klopper, J. W., Lawrence, K. S., Groth, D. E., Miller, M. E., Sudini, H. and Binghai, D. 2009. Evaluation of commercially available PGPR for control of rice sheath blight caused by *Rhizoctonia solani*. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 3 (2): 485- 488.
- Liu, Y., Zhu, X., He, X., Li, C., Chang, T., Chang, S. and Zhang, Y. 2020. Scheduling of nitrogen fertilizer topdressing during panicle differentiation to improve grain yield of rice with a long growth duration. *Scientific Reports*, 10 (1): 1-10.
- Lukas, S., Andreas, G., Mathias, M., Adrian, M., Thomas, B., Paul, M. and Natarajam, M. 2018. Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization-a global meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 8: 2204.
- Luo, L., Zhang, Y. and Xu, G. 2020. How does nitrogen shape plant architecture? *Journal of experimental botany*, 71 (15): 4415-4427.
- Mahmood, A., Turgay, O. C., Farooq, M. and Hayat, R. 2016. Seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria: a review. *FEMS microbiology ecology*, 92 (8): fiw112.
- Mouhamad, R. S. and M. Alabboud. 2020. Plant growth-promoting bacteria as a natural resource for sustainable rice production under the soil salinity, wastewater, and heavy metal stress. In *Plant Stress Physiology*. IntechOpen. pp 375-384.

- Murtaza, H., Asghari, B., Hassan, S. G., Javed, I., Umer, A. and Khan, K. A. 2014. Enhancement of rice growth and production of growth-promoting phytohormones by inoculation with *Rhizobium* and other Rhizobacteria. *World Applied Sciences Journal*, 31 (10): 1734-1743.
- Ngalimat, M. S., Mohd Hata, E., Zulperi, D., Ismail, S. I., Ismail, M. R., Mohd Zainudin, N. A. I. and Yusof, M. T. 2021. Plant growth-promoting bacteria as an emerging tool to manage bacterial rice pathogens. *Microorganisms*, 9(4): 682.
- Nosheen, S., Ajmal, I. and Y. Song. 2021. Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability*, 13(4): 1868.
- Olenska, E., Malek, W., Wojcik, M., Swiecicka, I., Thijs, S. and Vangronsveld, J. 2020. Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: A methodical review. *Science of the Total Environment*, 140682.
- Panahi, A., Aminpanah, H. and Sharifi, P. 2015. Effect of nitrogen, bio- fertilizer, and silicon application on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). *Philippine Journal of Crop Science*, 40 (1): 76-81.
- Purwanto, P., Agustono, T., Widjonarko, B. R. and Widiatmoko, T. 2019. Indol Acetic Acid Production of Indigenous Plant Growth Promotion Rhizobacteria from paddy soil. *Planta Tropika: Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)*, 7 (1): 1-7.
- Raja, P., Uma, S., Gopal, H. and Govindarajan, K. 2006. Impact of bio inoculants consortium on rice root exudates, biological nitrogen fixation and plant growth. *Journal of Biological Sciences*, 6 (5): 815-823.
- Rajasekaran, S., Sundaramoorthy, P. and Sankar Ganesh, K. 2015. Effect of FYM, N, P fertilizers and biofertilizers on germination and growth of paddy (*Oryza sativa* L.). *International Letters of Natural Sciences*, 35: 59-65.
- Sharma, A., Shankhdhar, D., Sharma, A. and Shankhdhar, S. C. 2014. Growth promotion of the rice genotypes by PGPRs isolated from rice rhizosphere. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14 (2): 505- 517.
- Singh, D. P., Singh, V., Gupta, V. K., Shukla, R., Prabha, R., Sarma, B. K. and Patel, J. S. 2020. Microbial inoculation in rice regulates antioxidative reactions and defense related genes to mitigate drought stress. *Scientific reports*, 10 (1): 1-17.
- Sumbul, A., Ansari, R. A., Rizvi, R. and Mahmood, I. 2020. *Azotobacter*: A potential bio-fertilizer for soil and plant health management. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27 (12): 3634.
- Syam'un, E., Musa, Y., Sadimantara, G. R., Leomo, S., Sutariati, G. A. K., Yusuf, D. N. and Rakian, T. C. 2020. Effect dual inoculation of *Azotobacter* and *Azospirillum* on the productive trait upland red rice cultivar. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 575 (1): 012093.
- Tan, K. Z., Othman, R., Halimi, M. S. and Abdullah, M. Z. 2017. Growth and yield responses of rice cv. MR219 to rhizobial and plant growth-promoting rhizobacterial inoculations under different Fertilizer-N rates. *Bangladesh Journal of Botany*, 46 (1): 481-488.
- Xiao, A. W., Li, Z., Li, W. C. and Ye, Z. H. 2020. The effect of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on arsenic accumulation and the growth of rice plants (*Oryza sativa* L.). *Chemosphere*, 242(3): 125136.
- Zhang, J. H., Huang, J., Hussain, S., Zhu, L. F., Cao, X. C., Zhu, C. Q. and Zhang, H. 2021. Increased ammonification, nitrogenase, soil respiration and microbial biomass N in the rhizosphere of rice plants inoculated with rhizobacteria. *Journal of Integrative Agriculture*, 20 (10): 2781-2796.
- Zhao, H., Mo, Z., Lin, Q., Pan, S., Duan, M., Tian, H. and Tang, X. 2020. Relationships between grain yield and agronomic traits of rice in southern China. *Chilean journal of agricultural research*, 80 (1): 72-79.

Effect of Grain Pre-Planting Inoculation With Biofertilizers on Morphological Traits and Quantitative Yield of Rice Varieties

Shahdi Kumleh^{1*}, A. Seyedi², S. R. and Foroughi³, M.

Abstract

In recent years, the importance of producing healthy crops has led to special attention to production methods and applied inputs used. For the purpose, a two-year factorial experiment was conducted a randomized complete block design with three replications at the research site of Rice Research Institute, Rasht, during 2019-2020 to reduce the problems caused by chemical fertilizers and replacing them with biological resources. Experimental factors including eight levels of inoculation: control (without fertilization), *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Pseudomonas*, *Azotobacter* and *Pseudomonas*, *Azotobacter* and *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Pseudomonas* and *Azospirillum*, and Hashemi and Gilaneh rice varieties were considered. The results showed that the effect of inoculation and variety on yield components and yield of rice varieties was significant at 5% and 1% probability levels, so that the highest plant height (119.6 cm), number of tillers (12.3), number of panicles per square meter (165.1), number of filled grain (126.3) and minimum number of unfilled grain (7) from the combined treatment of *Azotobacter* and *Azospirillum* and *Pseudomonas* were obtained. Also, application of combined treatment of *Azotobacter* and *Pseudomonas* and *Azospirillum* increased 79.3% and 30.6% of paddy yield and biomass of Hashemi variety and increased 90.2% and 55.9% of paddy yield and biomass of Gilaneh variety compared to the control treatment. According to the results, the application of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Pseudomonas* treatment is recommended due to maintaining and improving some chemical properties of paddy soil and compensating for 47.4% and 56.7% yield of Hashemi and Gilaneh rice varieties compared to chemical fertilizer treatment.

Keywords: *Azospirillum*, *Azotobacter*, Inoculation, *Pseudomonas*

1 and 2. Assistant Professor and Expert, Respectively, Department of Soil and Water Research, Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
3. Expert, Department of Plant Protection Research, Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

※: Corresponding author Email: Shahdiabbas8@gmail.com