دانش
کشاورزی و تولید پایدار

Journal of Agricultural Science and Sustainable Production
Volume 36, Issue 2, 2026, Pages 23-45

Journal URL: https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir
Online ISSN: 2476-4329

Study the interaction of Growth-Promoting Rhizobacteria and Nitrogen on the Growth and Yield of rice (*Oryza sativa* L.) under weed Competition

Yousef Amini Bengar[1], Faezeh Zaefarian[2]*, Sajedeh Golmohammadzadeh[3], Arastoo Abbasian[2]

Received: October 21, 2024	Accepted: January 23, 2025

1-MSc Student of Weed science, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
2-Prof and Assist. Prof., of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
3-Ph.D Graduated Student of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
*Corresponding Author E-mail fa_zaefarian@yahoo.com

Abstract

Background & Objectives: Rice (*Oryza sativa* L.) is an important crop that is grown worldwide to supply the world's expanding food demand. In sustainable agriculture, the use of biological fertilizers has a special role in increasing crop production and maintaining stable soil fertility, which their effect on weed competition should be investigated. This study aimed to investigate the effect of nitrogen fertilizer management and growth-promoting rhizobacteria on rice yield in competition with weeds.

Materials & Methods: In order to investigate the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and nitrogen fertilizer on the yield and yield components of rice (Tarom Hashemi) in the presence of weeds, a field experiment was carried out on factorial arrangement based on randomized complete blocks design with three replications in 2022 in babol. Experimental treatments include 1) control (without nitrogen fertilizer and PGPR); 2) 100% nitrogen fertilizer; 3) inoculation with *Enterobacter* sp. bacteria; 4) inoculation with *Ensifer* sp. bacteria; 5) inoculation with *Burkhoderia capacia* bacteria; 6) combined application of *Enterobacter* bacteria + 50% nitrogen fertilizer; 7) combined application of *Ensifer* bacteria + 50% nitrogen fertilizer and 8) combined application of *Burkhoderia* + 50% nitrogen fertilizer as the first factor and two levels of absence and presence of weed as the second factor. In the final harvesting stage, density and dry weight of weeds, morphological traits and yield and yield components of rice were investigated.

Results: According to the results, purple nutsedge (*Cyperus rotondus* L.), barnyard grass (*Echinocloa cruss-galli*) and water plantin (*Alisma plantago-aquatica* L.) weeds were present in the field, and the density and dry weight of these weeds increased due to the application of chemical fertilizer treatment. Among the investigated fertilizer treatments, the highest number of tiller (21.03 per plant), number of panicle (17.80 per plant), number of filled grain (156) and number of total grain (159) were obtained in the combined treatment of *Enterobacter* + 50% nitrogen and weed-free conditions. While the highest height (134.83 cm) and thousand grain weight (25.18 gr) was obtained in the treatment of nitrogen fertilizer application (100%). Moreover, the maximum leaf area index (6.08) were observed in the treatment of nitrogen fertilizer application (100%) and weed-free conditions. According to the results, the highest grain yield (4248 $kg.ha^{-1}$) and biological yield (9314 $kg.ha^{1}$) were observed in *Enterobacter* + 50% nitrogen treatment in weed-free conditions, which are 97.10 and 49.41% more than the control treatment in the presence of weeds, respectively.

Conclusion: The present study's results suggested using the combined application of *Enterobacter* + 50% nitrogen for improving the rice yield and for sustaining the soil health. In general, the use of growth-promoting bacteria can reduce the consumption of chemical fertilizers and herbicides with a positive effect on the yield of crops especially in weed competiton, which is an important strategy in moving towards is sustainable agriculture.

Keywords: Biofertilizer, Competition, *Ente78arobacter*, Nitrogen Fertilization, Rice

This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
Copyright@ 2026 Faezeh Zaefarian E-mail fa_zaefarian@yahoo.com
https://doi.org/10.22034/saps.2025.64103.3299

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۵، صفحات ۴۵-۲۳

دانش کشاورزی و تولید پایدار

مطالعه برهمکنش ریزوباکتری‌های محرک رشد و نیتروژن بر رشد و عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط رقابت با علف‌های هرز

یوسف امینی بنگر[۱]، فائزه زعفریان[۲*]، ساجده گل‌محمدزاده[۳]، ارسطو عباسیان[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۳۰	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- استاد و استادیار گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- دانش‌آموخته دکتری گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

مقدمه و اهداف: برنج (*Oryza sativa* L.) محصول مهمی است که در سراسر دنیا برای تأمین تقاضای رو به رشد غذا در جهان کشت می‌شود. در کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی نقش ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک دارد که باید تاثیر آنها بر رقابت علف‌های هرز مورد بررسی قرار گیرد. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر مدیریت کود نیتروژن و ریزوباکتریهای محرک رشد بر عملکرد برنج در رقابت با علف‌های هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (طارم هاشمی) در شرایط حضور علف‌های هرز آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱ در شهرستان بابل انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۱) شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن و تلقیح باکتری)؛ ۲) کود شیمیایی نیتروژن (۱۰۰ درصد)؛ ۳) تلقیح با باکتری *Enterobacter* sp.؛ ۴) تلقیح با باکتری *Ensifer* sp.؛ ۵) تلقیح با باکتری *Burkholderia capacia*؛ ۶) کاربرد تلفیقی باکتری *Enterobacter* sp. + ۵۰ درصد کود نیتروژن؛ ۷) کاربرد تلفیقی باکتری *Ensifer* sp. + ۵۰ درصد کود نیتروژن؛ ۸) کاربرد تلفیقی باکتری *Burkhoderia capacia* + ۵۰ درصد کود نیتروژن به‌عنوان عامل اول و دو سطح عدم حضور و حضور علف هرز به‌عنوان عامل دوم بود. در مرحله برداشت نهایی، تراکم و وزن خشک علف‌های هرز، صفات مورفولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد برنج بررسی شد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج علف‌های هرز اویارسلام (*Cyperus rotondus* L.)، سوروف (*Echinochloa crus-galli*) و قاشق‌واش (*Alisma plantago-aquatica* L.) در مزرعه حضور داشتند و تراکم و وزن خشک این علف‌های هرز در اثر اعمال تیمار کود شیمیایی افزایش یافت. در بین تیمارهای کودی مورد بررسی، بیشترین تعداد پنجه (۲۱/۰۳ عدد در بوته)، تعداد خوشه (۱۷/۸۰ عدد در بوته)، تعداد دانه پر (۱۵۶) و تعداد دانه کل (۱۵۹) در تیمار ترکیبی انتروباکتر+ ۵۰ درصد کود نیتروژن و عدم حضور علف هرز به‌دست آمد، درحالی‌که بیشترین ارتفاع (۱۳۴/۸۳ سانتی‌متر) و وزن هزار دانه (۲۵/۱۸) در تیمار کاربرد کود نیتروژن (۱۰۰ درصد) به‌دست آمد. علاوه براین، بالاترین شاخص سطح برگ (۶/۰۸) نیز در تیمار کاربرد کود نیتروژن (۱۰۰ درصد) و در عدم حضور علف‌های هرز دیده شد. با توجه به نتایج بیشترین عملکرد دانه (۴۲۴۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۹۳۱۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ترکیبی انتروباکتر + ۵۰ درصد کود نیتروژن

در شرایط عاری از علف هرز مشاهده شد که به‌ترتیب ۹۷/۱۰ و ۴۹/۴۱ درصد بیشتر از تیمار شاهد در شرایط حضور علف‌های هرز بود.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر استفاده از کاربرد ترکیبی تیمار انتروباکتر+ نیتروژن (۵۰ درصد) را برای بهبود عملکرد برنج و حفظ سلامت خاک پیشنهاد می‌کند. به‌طورکلی استفاده از باکتری‌های محرک رشد می‌تواند با اثر مثبت بر روی عملکرد گیاه زراعی بخصوص در شرایط رقابت با علف‌های هرز، مصرف کودها وسموم شیمیایی را کاهش دهد که این امر راهبرد مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: *انتروباکتر* ، برنج، رقابت، کود زیستی، کوددهی نیتروژن،

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان محسوب می‌شود که سالیانه تقریباً ۳۵ تا ۷۰ درصد از کالری مورد نیاز نیمی از جمعیت جهان که بیشتر آن‌ها کشورهای درحال توسعه هستند را تأمین می‌کند و یکی از مهم‌ترین محصولات غلات جهان است که در مناطق مختلف آب و هوایی برای تغذیه مردم کشت می‌شود (فائو ۲۰۲۲). سطح زیر کشت برنج در دنیا حدود ۱۷۵ میلیون هکتار و در ایران ۶۵۰ هزار هکتار با تولید ۳/۱ میلیون تن می‌باشد (فائو ۲۰۲۲). استان مازندران نیز حدود ۳۹/۱ درصد (حدود ۲۵۳ هزار هکتار) از سطح زیر کشت برنج کشور را به‌خود اختصاص داده است (آمارنامه جهاد کشاورزی ۱۴۰۲).

یکی از مباحث مهم و اصلی کشاورزی، دستیابی به توسعه پایدار و حفظ محیط زیست است. اگرچه پتانسیل رشد و عملکرد گیاهان به عوامل ژنتیکی وابسته است، اما برای دست‌یابی به حداکثر پتانسیل تولید، مصرف کودهای شیمیایی در تغذیه غلات بسیار مهم و جزء انکارناپذیر در کشاورزی پیشرفته محسوب می‌شود (رضوانی و همکاران ۲۰۱۳). کود نیتروژن نقش مهمی در تولیدات کشاورزی دارد و قوی‌ترین اثر را در افزایش تولید و درآمد کشاورزی دارد (بخشنده و همکاران، ۲۰۱۵). استفاده از کود نیتروژن ۳۷ درصد از کود جهانی مصرفی در برنج را به‌خود اختصاص داده است و متوسط میزان مصرف کود نیتروژن در شالیزارهای ایران حدود ۶۰ درصد بیشتر از سطح جهانی است (ژانگ و همکاران ۲۰۲۲).

نیتروژن یک عنصر مغذی ضروری برای گیاهان است که برای فتوسنتز، رشد و نمو، عملکرد، کیفیت و زیست توده برنج بسیار مهم است (لادها و همکاران ۲۰۱۶). مطالعات زیادی در مورد تأثیر کود نیتروژن بر برنج انجام شده است، تعداد زیادی از مطالعات نشان داده‌اند که عملکرد برنج با افزایش کاربرد نیتروژن در یک محدوده مشخص افزایش می‌یابد، اما عملکرد و نرخ استفاده از نیتروژن نیز زمانی که کاربرد نیتروژن بیش از حد زیاد باشد، کاهش می‌یابد (شارما و همکاران ۲۰۱۳). استفاده بیش از حد از کود نیتروژن تخریب خاک و آلودگی محیطی را تشدید می‌کند (یو و همکاران ۲۰۱۸). به‌طوری‌که عواملی مانند افزایش قیمت نهاده‌های شیمیایی، کمبود منابع اولیه و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از استفاده بیش از حد نهاده‌های شیمیایی، بسیاری از محققان و کشاورزان را تا حدی مجبور به پیدا کردن راهکاری برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی در تولید محصولات سالم کرده است (نیک‌نژاد و همکاران ۲۰۱۶)؛ که در این راستا استفاده از کودهای زیستی و همچنین بهره‌گیری از موجودات مفید خاکزی، با کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی کارآمد برای بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و تأمین سلامت گیاه از مهم‌ترین شیوه‌های علمی برای کمک به پایداری و تعادل نظام زندۀ خاک در محیط زیست به شمار می‌رود (حجتی‌پور و همکاران ۲۰۱۱) که در سال‌های اخیر تأثیر مثبت کاربرد این‌گونه ریزجانداران بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی نیز به اثبات رسیده است.

کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (PGPR)، به‌جای کودهای شیمیایی و یا به‌صورت تلفیقی با کود شیمیایی، یکی از مهم‌ترین راهبردهای مدیریتی تغذیه گیاهی برای سامانه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. ریزوباکترهای محرک رشد گیاه باکتری‌هایی هستند که ریزوسفر را احاطه می‌کنند و رشد گیاهان را از طریق اقدامات مختلف افزایش می‌دهند (ما و همکاران ۲۰۱۱؛ حسن و همکاران ۲۰۱۰). علاوه‌براین، ریزوباکترهای محرک رشد نقش مستقیمی در راندمان مصرف نیتروژن، سنتز هورمون گیاهی، افزایش حلالیت مواد معدنی در خاک مانند فسفر و تشکیل سیدروفورهایی دارد که آهن را کلات می‌کنند و آن را در اختیار ریزوسفر گیاهان قرار می‌دهد (عبیدالله و همکاران ۲۰۱۵). انواع ریزوباکترهای محرک رشد مانند *Rhizobim* sp.، *Herbaspirillum* sp.، *Burkholderia* sp.، *Pseudacidovorax* sp. و *Aszospirillum* sp. از خاک‌های شالیزاری جدا شده است (پوروانتو و همکاران ۲۰۱۷؛ دسوزا و همکاران ۲۰۱۲).

یکی از موانع زیستی برای تولید برنج علف‌های هرز می‌باشند. هجوم علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد برنج است (پاول ۲۰۱۴). شکی نیست که حداکثر سود از نهاده‌های پرهزینه مانند کودها و آفت‌کش‌ها در برنج زمانی به‌دست می‌آید که محصول از آلودگی علف‌های هرز دور نگه‌داشته شود (گاش ۲۰۱۶). توانایی رقابتی بالای علف‌های هرز تأثیر منفی جدی بر تولید محصول می‌گذارد و باعث کاهش قابل توجه در عملکرد محصول می‌شود (رضوانی و همکاران ۲۰۱۳). کنترل ضعیف علف‌های هرز یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد برنج است که میزان آن به نوع فلور علف‌های هرز و شدت آلودگی آن‌ها بستگی دارد. اقدامات زراعی مانند مدیریت ضعیف کود به‌شدت بر ترکیب، تنوع و تراکم علف‌های هرز از طریق تغییر رشد محصول و علف‌های هرز تأثیر می‌گذارد؛ کوددهی و تغذیه گیاهان زراعی جزئی از مدیریت تلفیقی علف‌های هرز به‌شمار می‌رود. کوددهی حاصلخیزی خاک را تغییر می‌دهد، علاوه بر این رشد گیاه زراعی، ترکیب و رشد علف‌های هرز را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (تانگ و همکاران ۲۰۱۶)؛ بنابراین، با توجه به اهمیت کشت برنج و اهمیت کنترل علف‌های هرز، این پژوهش با هدف بررسی اثر کود نیتروژن و ریزوباکترهای محرک رشد بر عملکرد برنج در رقابت با علف‌های هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۱ در مزرعه‌ای واقع در روستای بنگرکلا از توابع شهرستان بابل با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۸ دقیقهٔ شمالی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۶ دقیقهٔ شرقی با ارتفاع ۱۸ متر از سطح آب‌های آزاد اجرا شد.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل ۱) شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن و باکتری)؛ ۲) کود شیمیایی نیتروژن (۱۰۰ درصد)؛ ۳) تلقیح با باکتری *Enterobacter* sp. ؛ ۴) تلقیح با باکتری *Ensifer* sp.؛ ۵) تلقیح با باکتری *Burkhoderia capacia*؛ ۶) کاربرد تلفیقی باکتری *Entrobacter* sp. + ۵۰ درصد کود نیتروژن؛ ۷) کاربرد تلفیقی *Ensifer* sp. + ۵۰ درصد کود نیتروژن؛ ۸) کاربرد تلفیقی *Burkholderia capacia* + ۵۰ درصد کود نیتروژن به‌عنوان عامل اول و دو سطح حضور و عدم حضور علف هرز به‌عنوان عامل دوم بود. به‌منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی، قبل از انجام عملیات آماده‌سازی و اجرای نقشه‌ی آزمایش از خاک نمونه‌گیری شد تا برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قرار گیرد (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق	بافت خاک	هدایت الکتریکی	اسیدیته	عناصر غذایی			مواد آلی (٪)	کربن (٪)
				پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	نیتروژن (%)		
۰-۳۰	لوم	۱/۷	۷/۴	۲۲۸	۲۶	۰/۵۶	۱۱/۲۳	۱/۶۵

حدود یک کیلوگرم از بذر (رقم طارم هاشمی) پس از سبک و سنگین کردن و انجام مراحل ضدعفونی جهت جوانه‌زنی در فروردین ماه در محیط مناسب قرار داده شد. در اواسط فروردین ماه پس از گذشت ۳ روز بذرهای جوانه‌دار شده در محلی که به عنوان بستر خزانه در نظر گرفته شده بود بذرپاشی شدند یک ماه بعد از بذرپاشی و رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله ۳ تا ۴ برگی، بوته‌ها جهت نشاکاری به زمین اصلی منتقل شدند. عملیات نشاکاری به صورت دستی (۲ الی ۳ بوته در هر کپه) با فواصل بین ردیف و روی ردیف ۲۵×۲۵ سانتی‌متر در تاریخ ۱۰ خرداد ماه ۱۴۰۱ انجام شد. ابعاد هر کرت آزمایشی ۱/۵ متر عرض و ۲/۵ متر طول و شامل ۵ ردیف کاشت بود. مقادیر کود مصرفی کودهای فسفر و پتاسیم به‌مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. در کرت‌هایی که کود شیمیایی نیتروژن به صورت ۱۰۰ درصد اعمال شد؛ مقدار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره به‌کار برده شد. در این تحقیق تقسیط کود اوره به‌صورت یک‌سوم به‌عنوان کود پایه و یک‌سوم آن در زمان طویل شدن ساقه و یک‌سوم دیگر نیز در زمان تشکیل خوشه مصرف شد. لازم به ذکر است در تیمارهای آزمایشی کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن، کود اوره به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. کل کود فسفر به‌صورت پایه و کود پتاس نیز ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد نیز در زمان تشکیل خوشه به‌شکل سرک مصرف شد.

قبل از انتقال نشاها به زمین اصلی، ریشه بوته‌ها با ریزوباکتری‌های محرک رشد تلقیح شدند. برای تلقیح، ریشه بوته‌های برنج در سوسپانسیونی که حاوی ۱۷/۵ میلی‌لیتر ریزوباکتری‌های *Enterobacter* sp.، *Burkholderia capacia* و *Ensifer* sp. به صورت جداگانه و یک لیتر آب بود؛ به مدت ۱۲ ساعت غوطه‌ور شدند. ریزوباکتری‌های محرک رشد از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان تهیه شد و از کشت ۲۴ ساعته باکتری جهت مایه تلقیح استفاده شد. در تیمارهای عدم حضور علف هرز، کلیه علف‌های هرز با وجین دستی تا آخر فصل رشد کنترل شدند و تیمار حضور علف هرز شامل پوشش طبیعی علف‌های هرز مزرعه بود.

نمونه‌گیری علف‌های هرز در زمان برداشت نهایی انجام شد. برای نمونه‌برداری از علف‌های هرز در هر کرت از کوادرات ۱ مترمربع استفاده شد که به‌طور تصادفی در هر کرت قرار گرفت و نوع علف‌های هرز، تراکم و وزن خشک آن به‌تفکیک گونه اندازه‌گیری شد. به‌منظور محاسبه وزن خشک، نمونه‌های علف‌های هرز بعد از برداشت به آزمایشگاه منتقل شدند و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت قرار گرفت و سپس وزن خشک علف‌های هرز با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد.

سطح برگ به روش عکس‌برداری از برگ‌های گیاه در هر تیمار و نرم‌افزار (Digimizer) در مرحله گلدهی اندازه‌گیری و ثبت شد. به‌منظور محاسبه صفات مورفولوژیک مورد بررسی ازجمله ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد کل پنجه، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه پر و پوک در زمان رسیدگی گیاه و برداشت از روی ۱۰ بوته در هر کرت اندازه‌گیری انجام شد. همچنین جهت محاسبه عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، در تاریخ ۱۰ شهریورماه برداشت از سطح دو مترمربع صورت گرفت. پس از خرمن‌کوبی عملکرد دانه برای تیمارهای مختلف بر حسب رطوبت ۱۴ درصد محاسبه گردید. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد.

ابتدا آزمون نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از روش کولموگروف–اسمیرنوف انجام شد. در ادامه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver, 9.2) تجزیه شدند. مقایسه میانگین بین تیمارها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Sigmaplot (ver, 12.5) استفاده شد.

نتایج و بحث

تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای کودی بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز سوروف (*Echinochloa crus-galli*)، اویارسلام (*Cyperus rotondus* L.) و قاشق‌واش (*Alisma plantago-aquatica* L.) در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تراکم علف‌های هرز			وزن خشک علف‌های هرز		
		سوروف	اویارسلام	قاشق واش	سوروف	اویارسلام	قاشق واش
تکرار	۲	۰/۵۱ns	۰/۲۴ns	۰/۰۴۳ns	۰/۵۱ns	۰/۶۷ns	۰/۰۳۳ns
تیمارهای کودی	۷	۲۳/۴۵**	۱۹/۰۶ **	۹/۲۸**	۲۳/۴۵**	۵۱/۹۱**	۷/۰۲**
خطا	۱۴	۰/۴۰	۰/۷۸	۰/۲۸	۰/۴۰	۲/۱۲	۰/۲۱
ضریب تغییرات (٪)		۴/۴۶	۷/۴۶	۷/۴۵	۴/۴۶	۷/۴۶	۷/۴۵

** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و **ns** نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بر اساس آزمون **LSD** می‌باشند.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تراکم سوروف در تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری و مصرف کود نیتروژن) ۱۲/۵۶ بوته در مترمربع بود و کاربرد کود شیمیایی نیتروژن تراکم آن را به ۲۰/۶۶ بوته در متر مربع افزایش داد. همچنین، تراکم بوته سوروف در تیمارهای *انتروباکتر*، *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد نیتروژن، *انسیفر*+۵۰ درصد نیتروژن و *بورخولدریا*+ ۵۰ درصد نیتروژن باهم اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۳). بیشترین وزن خشک سوروف (۲۰/۴۶ گرم در مترمربع) نیز مربوط به تیمار کود نیتروژن (۱۰۰٪) بود. وزن خشک سوروف در تیمار *انسیفر* و *بورخولدریا* به‌ترتیب ۱۲/۳۴ و ۱۱/۵۱ گرم در مترمربع بود که با تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۳).

با توجه به جدول ۳ بیشترین (۱۷/۳۳ بوته در مترمربع) و کمترین (۹/۶۱ بوته در مترمربع) تراکم وزن خشک اویارسلام به‌ترتیب در تیمار کود نیتروژن (۱۰۰٪) و شاهد مشاهده شد. بین تیمارهای ترکیبی تلقیح باکتری *انتروباکتر*، *انسیفر*، *بورخولدریا* با کود نیتروژن (۵۰٪) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج، وزن خشک اویارسلام نیز در تیمارهای *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد نیتروژن، *انسیفر*+ ۵۰ درصد نیتروژن و *بورخولدریا*+ ۵۰ درصد نیتروژن به‌ترتیب ۱۷/۶۲، ۱۷/۴۵ و ۱۶/۵۲ گرم در مترمربع بود که باهم اختلاف معنی‌دار نداشتند. بیشترین وزن خشک اویارسلام در اثر کاربرد ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به‌مقدار ۲۸/۶۰ گرم در مترمربع بود که در تیمار شاهد به‌مقدار ۱۵/۰۲ گرم در مترمربع بود (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تراکم قاشق‌واش در تیمار کود نیتروژن (۱۰۰٪) به‌مقدار ۱۰/۷۶ بوته در مترمربع بود. کمترین تراکم در تیمار شاهد به‌مقدار ۵/۲۳ بوته در مترمربع بود که با تیمارهای *انتروباکتر*، *انسیفر* و *بورخولدریا* اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین تراکم قاشق واش در تیمارهای ترکیبی *انسیفر*+ ۵۰ درصد نیتروژن و *بورخولدریا*+ ۵۰ درصد نیتروژن به‌ترتیب ۷/۱۰ و ۷/۵۶ بوته در مترمربع بود که باهم اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۳). با توجه به نتایج بیشترین وزن خشک قاشق‌واش در تیمار کود نیتروژن (۱۰۰٪) به‌مقدار ۹/۳۶ گرم در مترمربع مشاهده شد. همانند تراکم قاشق‌واش، کمترین وزن خشک قاشق‌واش در تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) ۴/۴۲ گرم در مترمربع بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کاربرد باکتری *انتروباکتر*، *انسیفر* و *بورخولدریا* نداشت (جدول ۳).

فلور علف‌های هرز در این پژوهش شامل علف‌های هرز سوروف، اویارسلام و قاشق‌واش بود. گونه‌های علف‌های هرز بسته به ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک، سازوکار تولیدمثل، بقا و سازگاری با شرایط کشت و عوامل و شرایط محیطی توان رقابتی متفاوتی دارند (سوانتون و همکاران ۲۰۱۵). ماهاجان و همکاران (۲۰۱۲) کاهش ۵۷ درصدی در عملکرد برنج نشایی و ۸۲ درصدی کاهش در عملکرد برنج در سیستم کشت مستقیم به‌دلیل آلودگی علف‌های هرز را گزارش کردند. اقدامات زراعی مانند مدیریت ضعیف کود به‌شدت بر ترکیب، تنوع و تراکم علف‌های هرز از طریق تغییر محصول و رشد علف‌های هرز تأثیر می‌گذارد. تغییر نوع منبع تغذیه‌ای علاوه بر اینکه رشد گیاهان را تحت تأثیر

قرار می‌دهند؛ تراکم و فلور علف‌های هرز را نیز می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد (رجبیان و همکاران ۲۰۱۷).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

تیمارهای کودی	صفات					
	تراکم علف‌های هرز ($no.m^{-2}$)			وزن خشک علف‌های هرز ($g.m^{-2}$)		
	سوروف	اویارسلام	قاشق واش	سوروف	اویارسلام	قاشق واش
شاهد	۱۲ /۵۶c	۹/۶۱e	۵/۲۳d	۱۲/۴۴c	۱۵/۰۲e	۴/۴۲d
کود نیتروژن (۱۰۰ درصد)	۲۰/۶۶a	۱۷/۳۳a	۱۰/۷۶a	۲۰/۴۶a	۲۸/۶۰a	۹/۳۶a
انتروباکتر	۱۴/۱۳b	۱۳/۴۶b	۵/۷۴d	۱۳/۹۹b	۲۲/۲۲b	۴/۹۸d
انسیفر	۱۲/۴۶c	۱۱/۱۶cd	۵/۵۰d	۱۲/۳۴c	۱۸/۴۲cd	۴/۷۸d
بورخولدریا	۱۱/۶۳c	۱۱/۸۹c	۵/۸۳d	۱۱/۵۱c	۱۹/۶۱c	۵/۰۷d
انتروباکتر+ نیتروژن (۵۰ درصد)	۱۴/۸۳b	۱۰/۶۸d	۸/۲۰b	۱۴/۶۸b	۱۷/۶۲d	۷/۶۷b
انسیفر+ نیتروژن (۵۰ درصد)	۱۴b	۱۰/۵۸d	۷/۱۰c	۱۳/۸۶b	۱۷/۴۵d	۶/۱۷c
بورخولدریا+ نیتروژن (۵۰ درصد)	۱۳/۷۳b	۱۰/۰۱d	۷/۵۶c	۱۳/۵۹b	۱۶/۵۲d	۶/۵۸c

میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

با توجه به نتایج این پژوهش، تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای کاربرد منابع کودی بیشتر از تیمار شاهد بود. بیشترین مقدار تراکم علف‌های هرز در تیمار کاربرد کود نیتروژن (۱۰۰٪) به‌دست آمد، به‌طوری‌که در این تیمار تراکم علف‌های هرز سوروف، اویارسلام و قاشق‌واش به‌ترتیب ۶۴/۴۹، ۸۱/۴۷ و ۱۰۵/۷۳ درصد و وزن خشک این علف‌های هرز به‌ترتیب ۶۴/۴۶، ۳۶/۴۰ و ۱۱۱/۷۶ درصد بیشتر از تیمار شاهد (بدون مصرف کود و تلقیح با باکتری) بود. تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای کاربرد باکتری به‌صورت تنها و در ترکیب با مقدار کاهش‌یافته نیتروژن کمتر از تیمار کود نیتروژن (۱۰۰٪) بود. کوددهی رقابت‌پذیری علف‌های هرز را افزایش داد و بر استقرار، ظهور، تراکم و توسعه آن‌ها تأثیر گذاشت. تحقیقات نشان داده است که رقابت محصول زراعی و علف هرز را می‌توان با مقدار نیتروژن، منبع، زمان کاربرد و روش کاربرد تغییر داد (صادق و همکاران ۲۰۱۹؛ معافی و همکاران ۲۰۲۲). استفاده از کودهای شیمیایی به‌دلیل فراهمی سریع و کارایی بالاتر علف‌های هرز در مقایسه با گیاهان زراعی در جذب کود شیمیایی نیتروژن، شرایط را به نفع علف‌های هرز رقم خواهد زد؛ درنتیجه با جذب بیشتر نیتروژن توسط بوته‌های علف هرز، رشد رویشی (وزن خشک) بهتری خواهند داشت (منصور قناعی پاشاکی و همکاران ۲۰۲۰). افزودن کود نیتروژن می‌تواند رقابت‌پذیری علف‌های هرز را در یک محیط خاص افزایش دهد و بر استقرار، سبز شدن، تراکم و توسعه آن‌ها تأثیر بگذارد؛ بنابراین رقابت علف‌های هرز برای عناصر غذایی می‌تواند باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصولات و همچنین توانایی برداشت آن‌ها شود. معافی و همکاران (۱۴۰۰) گزارش کردند که کاربرد کود شیمیایی سبب افزایش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در رقابت با گیاه ریحان (*Ocimum bacilicum* L.) شد؛ علف‌های هرز از نیتروژن موجود در خاک استفاده بیشتری نسبت به ریحان داشتند و سبب افزایش وزن خشک علف‌های هرز شدند. سوینی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کود نیتروژن باعث افزایش زیست توده علف‌های هرز شد. کاکابوکی و همکاران (۲۰۲۱) افزایش قابل توجهی در تراکم کل علف‌های هرز و زیست توده تحت استفاده از کودهای آلی یا معدنی مشاهده کردند.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمارهای کودی و علف‌های هرز بر ارتفاع برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که اثر متقابل این دو عامل بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع، تعداد پنجه، طول خوشه و شاخص سطح برگ برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع	تعداد پنجه	طول خوشه	شاخص سطح برگ
بلوک	۲	۰/۵۸ ns	۰/۳۱ ns	۰/۰۱ ns	۰۰/۰۰ ns
تیمارهای کودی	۷	۹۵/۲۳ **	۳۳/۴۲ **	۳۰/۴۲ **	۳/۱۹ **
علف‌های هرز	۱	۸۸/۰۲ **	۷۳/۴۵ **	۲۸۷/۵۸ **	۲۶/۲۴ **
تیمارهای کودی × علف‌های هرز	۷	۱۲/۰۲ ns	۰/۴۴ *	۰/۶۸ ns	۰/۳۴ **
خطا	۳۰	۲/۸۵	۰/۱۹	۰/۳۱	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات (٪)		۳/۳۰	۲/۸۶	۷/۲۴	۴/۵۵

** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و **ns** نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بر اساس آزمون **LSD** می‌باشند.

با توجه به نتایج، تمام تیمارها سبب افزایش ارتفاع بوته برنج نسبت به شاهد (بدون کود شیمیایی و تلقیح باکتری) شد. از بین تیمارهای کودی، تیمار کود نیتروژن (۱۰۰ درصد) بیشترین تأثیر را در افزایش ارتفاع بوته برنج داشت؛ به‌طوری‌که ارتفاع بوته در این تیمار ۱۳۴/۸۳ سانتی‌متر بود؛ اما در تیمار شاهد ۱۲۳ سانتی‌متر بود. تیمار شاهد با تیمار باکتری *بورخولدریا* اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین تیمارهای *انتروباکتر*، *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد نیتروژن، *انسیفر*+ ۵۰ درصد نیتروژن و *بورخولدریا*+ ۵۰ درصد نیتروژن نیز باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند. ارتفاع بوته برنج در رقابت با علف‌های هرز اختلاف داشتند؛ به‌طوری‌که ارتفاع بوته برنج در شرایط عدم و حضور علف هرز به‌ترتیب ۱۳۰/۶۲ و ۱۲۴/۹۱ سانتی‌متر بود و رقابت با علف‌های هرز موجب کاهش ارتفاع بوته‌های برنج شد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ساده تیمارهای کودی و علف‌های هرز بر ارتفاع و طول خوشه برنج.

تیمار ها	صفات	
	ارتفاع بوته (cm)	طول خوشه (cm)
تیمارهای کودی		
شاهد	۱۲۳/۰۰d	۲۰/۵۳e
نیتروژن (۱۰۰ درصد)	۱۳۴/۸۳a	۲۵/۷۰c
انتروباکتر	۱۳۰/۵۰b	۲۶/۷۹ab
انسیفر	۱۲۷/۰۰c	۲۳/۷۶d
بورخولدریا	۱۲۴/۸۳d	۲۳/۵۱d
انتروباکتر+ نیتروژن (۵۰ درصد)	۱۳۲/۳۳b	۲۷/۳۶a
انسیفر+ نیتروژن (۵۰ درصد)	۱۳۰/۵۰b	۲۶/۲۱bc
بورخولدریا+ نیتروژن (۵۰ درصد)	۱۳۱/۱۶b	۲۶/۰۱c
علف‌های هرز		
عدم حضور علف‌های هرز	۱۳۰/۶۲a	۲۲/۵۳b
حضور علف‌های هرز	۱۲۴/۹۱b	۲۷/۴۳a

میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار **(LSD)** تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

ارتفاع بوته ازجمله صفاتی است که در رقابت گیاه زراعی با علف‌های هرز بسیار حائز اهمیت می‌باشد؛ چراکه در دسترسی بهتر گیاه به نور و انجام فتوسنتز تأثیر بسزایی دارد (نیک‌نژاد و همکاران ۲۰۱۶). در این پژوهش بیشترین ارتفاع بوته در اثر کاربرد کود نیتروژن (۱۰۰٪) مشاهده شد. مقدار ارتفاع بوته‌های برنج در تیمارهای کاربرد ترکیبی باکتری‌ها به‌همراه کود نیتروژن (۵۰٪) بیشتر از کاربرد باکتری‌ها به‌تنهایی بود. افزایش مصرف نیتروژن از طریق افزایش دوام و شاخص سطح برگ باعث می‌شود تا شرایط مطلوب‌تری برای استفاده از نور خورشید و تولید مواد فتوسنتزی فراهم گردد که درنهایت سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته شود(احمد و همکاران ۲۰۱۱). افزایش ارتفاع گیاه شاخصی از رشد رویشی گیاه است که افزایش آن بر اثر تلقیح با باکتری نشان از مؤثر بودن تلقیح می‌باشد (شارما و همکاران ۲۰۱۳) بخشنده و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که در شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی، به‌دلیل کاهش سنتز آنزیم‌های ضروری فتوسنتز، ارتفاع بوته کاهش یافت؛ ولی در شرایط کاربرد کودهای زیستی، به‌دلیل افزایش دسترسی گیاه به عناصری مانند نیتروژن و فسفر، ارتفاع بوته افزایش یافتند. همچینین باکتری *Pseudomonas* sp. و *Bacillus* sp. سبب افزایش ارتفاع بوته شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) شد (بویر ۲۰۲۳). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده تداخل علف‌های هرز سبب کاهش ارتفاع بوته نسبت به شرایط کنترل علف‌های هرز گردید. کاهش ارتفاع گیاه برنج در شرایط حضور علف هرز به‌علت رقابت و سایه‌اندازی علف‌های هرز سبب شده است که ارتفاع برنج کاهش یافت. همچنین، در شرایط حضور علف‌های هرز، فراهمی مواد غذایی برای گیاه برنج کاهش می‌یابد و علف‌های هرز با جذب عناصر غذایی (خصوصاً نیتروژن) به‌نفع خود در کاهش ارتفاع بوته برنج نسبت به شرایط عدم حضور علف‌های هرز مؤثر بودند، استفاده حداکثر از منابع و شرایط رشدی مناسب به‌دلیل برخورداری از منابع می‌تواند عامل اصلی در افزایش ارتفاع گیاه در شرایط عدم حضور علف‌های هرز محسوب شود (منصور قناعی پاشاکی و همکاران ۲۰۲۰).

طول خوشه

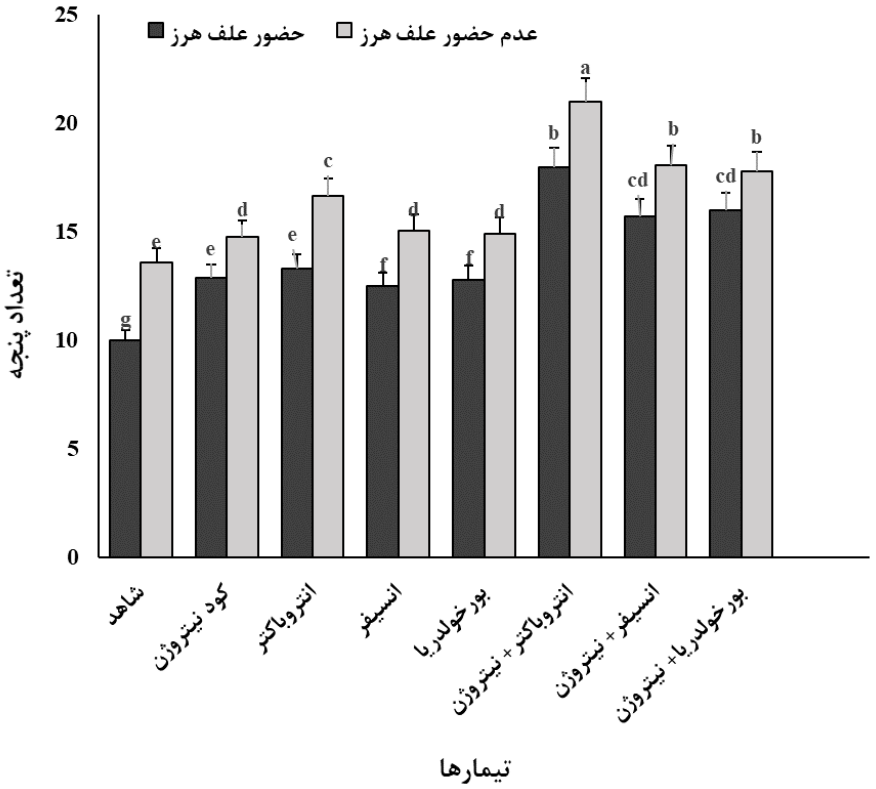
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمارهای کودی و علف‌های هرز بر طول خوشه برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که اثر متقابل تیمارهای کودی و علف‌های هرز بر طول خوشه معنی‌دار نبود (جدول ۴). با توجه به نتایج تمام تیمارهای کودی مورد استفاده در این پژوهش سبب افزایش طول خوشه برنج شد. بیشترین طول خوشه در تیمار ترکیبی *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد نیتروژن (۲۷/۳۶ سانتی‌متر) که ۳۳/۲۷ درصد بیشتر نسبت به تیمار شاهد بود و کمترین طول خوشه در تیمار شاهد (۲۰/۵۳ سانتی‌متر) مشاهده شد. طول خوشه در تیمارهای کاربرد باکتری *انسیفر* و *بورخولدریا* اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین حضور علف هرز باعث کاهش ۱۷/۸۶ درصد طول خوشه نسبت به شرایط عدم حضور علف هرز شد (جدول ۵).

طول خوشه یکی از صفات مهم عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد، زیرا با افزایش طول خوشه و افزایش تعداد دانه، عملکرد افزایش می‌یابد. طول خوشه عمدتاً یک صفت ژنتیکی است، اما تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی نیز قرار می‌گیرد (رضوانی و همکاران ۲۰۱۳). مصرف هم‌زمان کود شیمیایی و ریزوباکتری‌های محرک رشد به‌دلیل تأمین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه در طی دوره رشد و همچنین بهبود فرآیندهای فتوسنتزی، سبب افزایش طول خوشه برنج می‌شود (تانگ و همکاران ۲۰۱۴). اثر مثبت استفاده تلفیقی از تلقیح بذر با ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، کمپوست و کود شیمیایی بر طول سنبله گندم (*Triticum aestivum* L.) گزارش شد (اختر و همکاران ۲۰۰۹). احمد و همکاران (۲۰۱۱) نیز افزایش پارامترهای رشد گیاه را در برنج به‌دلیل استفاده از کودهای زیستی مانند جلبک سبز آبی و آزولا اذعان داشتند. همچنین گزارش‌های ساتیا و رامش (۲۰۰۹) حاکی از تأثیرات مثبت بر پارامترهای رشد مانند ارتفاع بوته، تعداد پنجه و تولید ماده خشک برنج هوازی ناشی از شیوه‌های مختلف مدیریت نیتروژن بود.

تعداد پنجه

اثرات ساده و متقابل تیمار کودی و علف‌های هرز بر تعداد پنجه برنج معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای کودی سبب افزایش تعداد پنجه بوته‌های برنج شد و بیشترین مقدار آن در شرایط عدم حضور علف‌های هرز بود. بیشترین تعداد پنجه برنج در تیمار ترکیبی *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد کود نیتروژن مشاهده شد که ۲۱/۰۳ پنجه در بوته بود؛ درحالی‌که این تعداد در شرایط حضور علف هرز به ۱۸ پنجه در بوته کاهش یافت (شکل ۱). کمترین تعداد پنجه نیز در تیمار شاهد به‌مقدار ۱۰ عدد در شرایط حضور علف‌های هرز بود. لازم به ذکر است بین تیمارهای کودی *انسیفر*+ ۵۰ درصد کود نیتروژن و *بورخولدریا*+ ۵۰ درصد کود نیتروژن هم در شرایط حضور و هم در شرایط عدم حضور علف هرز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین تیمارهای *انسیفر* و *بورخولدریا* نیز هم در شرایط حضور و هم در شرایط عدم حضور علف هرز در یک گروه آماری قرار گرفتند و باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۱).

با توجه به نتایج این پژوهش تعداد پنجه بوته برنج در شرایط رقابت با علف‌های هرز کاهش یافت و کاربرد تیمار ترکیبی *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد نیتروژن سبب افزایش ۳۵/۳۷ درصدی پنجه در بوته نسبت به تیمار شاهد در شرایط عدم حضور علف هرز شد. ریزوباکتری‌ها با افزایش فراهم‌سازی ترکیبات اسیدهای آلی، سیدروفورها و فسفاتازها در گیاه، شاخه‌دهی و پنجه‌دهی را بهبود می‌بخشند. هان و همکاران (۲۰۱۶) افزایش ۱۹/۲ درصدی تعداد پنجه‌ها را در تیمار تلقیح شده با *Mesorhizobium* UFRGS Lc336 که ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار دریافت کرد، در مقایسه با تیمار کوددهی شده با ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش کردند. ترکیب کود زیستی (*Azotobacter* و *Azospirillum*) با کود نیتروژن به‌طور قابل توجهی باعث افزایش پنجه برنج شد (یواراج ۲۰۱۶؛ سینگ و همکاران ۲۰۱۵).



شکل ۱- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کودی و علف‌های هرز برای تعداد پنجه برنج

میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

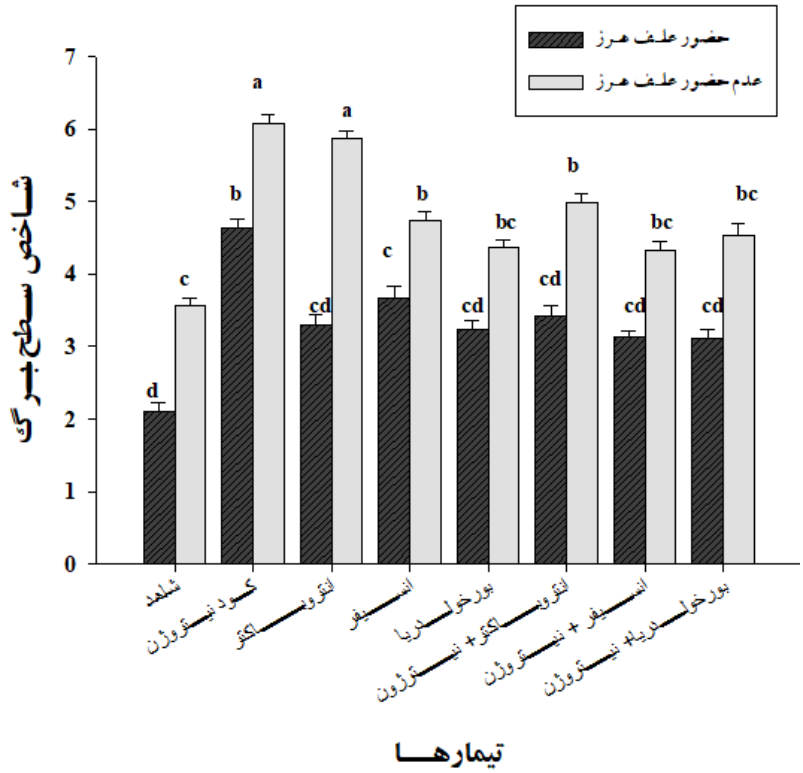
شاخص سطح برگ

اثرات ساده و متقابل تیمار کودی و علف‌های هرز بر شاخص سطح برگ برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بین تیماری کودی مورد استفاده، تیمارهای کود نیتروژن (۱۰۰٪) (۶/۰۸) و *انتروباکتر* (۵/۸۸) در شرایط عدم حضور علف هرز بیشترین شاخص سطح برگ را دارا بودند؛ به‌طوریکه به‌ترتیب موجب افزایش ۱۸۸/۱۵ و ۱۷۴/۸۸ درصد نسبت به تیمار شاهد در شرایط حضور علف هرز گردید که کمترین شاخص سطح برگ (۲/۱۱) را به خود اختصاص داد. با توجه به نتایج در شرایط رقابت با علف هرز مقدار شاخص سطح برگ در تمام تیمارها کاهش یافت؛ حال آنکه کاربرد کودهای زیستی چه به تنهایی و چه ترکیب با کود شیمیایی نیتروژن سبب افزایش شاخص سطح برگ بوته‌های برنج در شرایط حضور علف‌های شد (شکل ۲)؛ که حاکی از تاثیر مطلوب این کودها روی رشد برگ بوته‌های برنج بود. سطح برگ، شاخصی از افزایش رشد رویشی گیاه و نیز معیاری از اندازه و توانایی دستگاه فتوسنتزی است و توسعه آن در افزایش تولید و عملکرد، نقش بسزایی دارد. بالا بودن شاخص سطح برگ در این تیمارها بیانگر آن است که در این تیمارها شرایط محیطی بسیار مناسب بوده، گیاهان نیتروژن بیشتری مصرف کرده و اندام‌های هوایی را توسعه و حداکثر شاخص سطح برگ را تولید کرده است (دوی و همکاران ۲۰۱۶). یکی از عوامل مؤثر توسعه سطح برگ هر بوته و به‌تبع آن، توسعه سایه‌انداز، میزان نیتروژن است که با تأثیر بر اندازه و طول عمر هر برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. ریزجانداران نقش مهمی در تقسیم سلولی دارند. در ضمن نقش مهمی در توسعه و رشد گیاه از خود نشان می‌دهند (غفاری و همکاران ۲۰۱۸).

باکتری‌ها در جذب عناصر و تولید هورمون سیتوکنین مؤثرند. بنابراین با تقسیم سلولی بیشتر و توسعه سلول‌ها می‌توانند سطح برگ را افزایش دهند. افزایش سطح برگ با عملکرد، رابطه مستقیم دارد و با افزایش سطح برگ، رشد گیاه افزایش می‌یابد (حسن و همکاران ۲۰۱۰). افزایش شاخص سطح برگ در تیمارهای تلقیح با ریزوباکتری‌ها را می‌توان به جذب بیشتر عناصری چون فسفر، نیتروژن، پتاسیم و همچنین آهن که در ساخت آنزیم‌هایی چون کاتالازها و پراکسیدازها که یک فاکتور مهم در ساخت کلروفیل محسوب می‌شوند، نسبت داد. تلقیح ریشه ذرت با باکتری *Bacillus* sp. به‌طور قابل‌توجهی ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ و مورفولوژی ریشه ذرت را در مقایسه با عدم استفاده از این باکتری در سطوح مشابه کود نیتروژن افزایش داد (لین و همکاران ۲۰۱۹). شاخص سطح برگ گندم در اثر تلقیح باکتری‌های افزاینده رشد ۲۸/۸ تا ۴۵/۲ درصد بسته به نوع باکتری افزایش یافت (کاکماسی و همکاران ۲۰۰۷). نتایج بررسی تلقیح باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد سویا نشان داد که به‌طور قابل توجهی شاخص سطح برگ سویا در اثر تلقیح با باکتری *Bacillus* sp. ۱۳/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (ماندانی و همکاران، ۲۰۱۹).

تعداد خوشه

اثر ساده تیمارهای کودی و علف هرز بر تعداد خوشه برنج در سطح یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل این دو عامل در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج به‌دست‌آمده از اثر متقابل تیمارهای کودی علف هرز بر تعداد خوشه در بوته برنج نشان داد که بیشترین تعداد خوشه (۱۷/۸۰ عدد) مربوط به تیمار ترکیبی *انتروباکتر*+ نیتروژن (۵۰٪) در شرایط عدم حضور علف‌های هرز بود که نسبت به تیمار شاهد که کمترین تعداد خوشه (۵/۹۰ عدد) را موجب شد، سبب افزایش ۲۰۱/۶۹ درصدی گردید. در میان تیمارهای کودی شرایط عدم حضور علف‌های هرز، تیمارهای کود ۱۰۰ درصد نیتروژن، تلقیح با *انتروباکتر*، *انسیفر*+ ۵۰ درصد نیتروژن و *بورخولدریا*+ ۵۰ درصد نیتروژن ازنظر تعداد خوشه باهم اختلاف معنی‌دار نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که عدم کنترل علف هرز در تیمار شاهد موجب کاهش ۳۰/۲۶ درصدی تعداد خوشه نسبت به شرایط عدم حضور علف‌های هرز شد و این درحالی بود که کابرد کودهای زیستی به تنهایی و یا ترکیب با کود شیمیایی سبب افزایش این جزء از عملکرد گردید (شکل ۳).



شکل ۲- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کودی و علف‌های هرز برای شاخص سطح برگ

میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

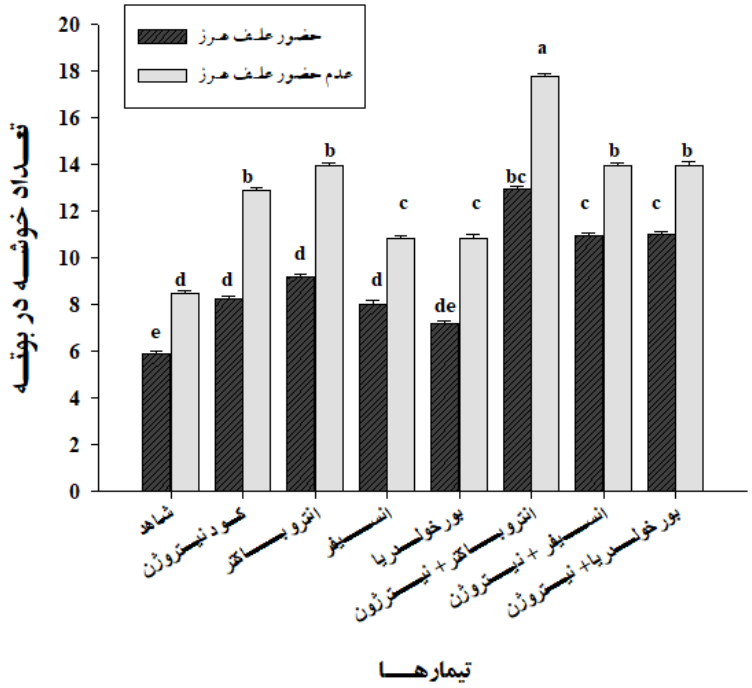
جدول ۶- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر اجزای عملکرد، عملکرد برنج و شاخص برداشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد خوشه	تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک	تعداد دانه کل	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
بلوک	۲	۰/۳۶^{ns}	۱/۳۰^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۲/۳۵^{ns}	۰/۲۴^{ns}	۶۴۷۶/۰۸^{ns}	۹۵۶۵/۹۰^{ns}	۰/۲۰^{ns}
تیمارهای کودی	۷	۴۰/۴۴ **	۱۵۰۸/۱۲ **	۱۸/۶۸**	۱۲۴۱/۹۷ **	۶/۷۱**	۱۰۹۹۵/۸۰ **	۲۲۸۳۸۸/۹۵ **	۵۱/۳۰**
علف‌های هرز	۱	۱۳۴/۳۶ **	۳۱۵۲/۸۴ **	۲۱۰/۵۰**	۱۷۳۴/۰۱ **	۱/۱۸^{ns}	۲۸۶۶۰/۰۲ **	۲۱۳۷۴۳/۰۲ **	۱۶۹/۴۶**
تیمارهای کودی × علف‌های هرز	۷	۱/۴۲*	۱۸/۳۱**	۴/۸۴**	۱۰/۵۰**	۰/۳۲^{ns}	۴۵۸۴۹/۳۵ **	۲۲۹۴/۰۷**	۳/۰۷*
خطا	۳۰	۰/۲۴	۱/۹۰	۰/۵۲	۱/۲۱	۰/۴۲	۳۶۶/۳۱	۸۶۹/۱۸	۰/۵۳
ضریب تغییرات (٪)		۴/۵۳	۵/۱۰	۱۰/۲۵	۸/۸۳	۷/۸۳	۱۱/۷۰	۱۰/۶۸	۱۱/۸۰

** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

تعداد خوشه ازجمله صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه به‌شمار می‌رود که میزان آن با توجه به تغییر تناسب کاه تولیدی به عملکرد دانه بر میزان شاخص برداشت تأثیر جدی خواهد گذاشت و به این لحاظ اهمیت اقتصادی زیادی دارد. به‌نظر می‌رسد که با افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاه برنج، ظرفیت فتوسنتزی گیاه نیز افزایش

پیدا کرده و این موضوع سبب انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به‌سمت پنجه‌ها و افزایش تعداد خوشه شده است (ماندانی و همکاران ۲۰۱۹). با توجه به اینکه تعداد خوشه یکی از صفات مربوط به اجزای عملکرد محسوب می‌شود، بدیهی است که زیادشدن پنجه بارور، بهبود عملکرد را در پی خواهد داشت و می‌توان از این نتیجه به‌عنوان عاملی برای دستیابی به افزایش عملکرد استفاده نمود. رودریگز و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که سویه‌های متنوع *Azospirillum amazonense* قادر به افزایش تعداد خوشه‌ها در شرایط گلخانه بودند. بخشنده و همکاران (۲۰۱۵) بهبود ۲۲/۱ درصدی تعداد خوشه در بوته برنج تلقیح شده با باکتری *Entrobacter* sp. را گزارش نمودند. همچنین تلقیح خاک با باکتری *Bacillus* sp. به‌همراه مصرف ۷۵ و ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب کود نیتروژن و فسفر باعث افزایش ۱۰۲/۴ درصدی تعداد ساقه بارور گندم نسبت به شاهد شد (حسین و همکاران ۲۰۱۶).



شکل ۳- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کودی و علف‌های هرز برای تعداد خوشه در بوته برنج

میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

تعداد دانه پر، پوک و دانه کل

اثرات اصلی تیمارهای کودی و علف‌های هرز و اثر متقابل تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه پر، پوک و تعداد کل دانه برنج در خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار کودی و علف‌های هرز نشان داد که بیشترین تعداد دانه پوک (۱۴/۰۶ عدد) در تیمار شاهد و همچنین عدم کنترل علف هرز به دست آمد. کمترین تعداد دانه پوک در خوشه (۲/۶۰ عدد) مربوط به تیمار کود نیتروژن در شرایط عدم حضور علف‌های هرز بود که با کاربرد تیمار ترکیبی *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد نیتروژن اختلاف معنی‌دار نداشتند. به‌طورکلی رقابت با علف‌های هرز موجب افزایش تعداد دانه پوک در تمام تیمارها شد (جدول ۷). درحالی‌که وجین علف‌های هرز سبب افزایش تعداد دانه پر در خوشه گردید؛ به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه پر در خوشه در تیمار ترکیبی *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد نیتروژن به‌مقدار ۱۵۶ عدد دانه در شرایط عدم حضور علف هرز مشاهده شد. از نظر تعداد دانه پر در شرایط عدم حضور علف‌های هرز، تیمارهای کود نیتروژن (۱۰۰٪)، *انسیفر*+ ۵۰ درصد نیتروژن و *بورخولدریا*+ ۵۰ درصد نیتروژن باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین، حضور علف هرز موجب شد که کمترین تعداد

دانه پر (۸۶/۶۶ عدد) در تیمار شاهد مشاهده شود که با وجین علف‌های هرز این مقدار ۲۴/۶۹ درصد افزایش یافت و به ۱۰۸/۰۶ عدد رسید (جدول ۷). نتایج حاکی از آن است که در بین تیمارهای کودی بیشترین تعداد دانه در خوشه مربوط به تیمار ترکیبی *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد نیتروژن در شرایط عدم حضور علف هرز بود که ۳۶/۳۶ درصد بیشتر از تیمار شاهد در شرایط عدم حضور علف هرز بود. همچنین تیمارهای ترکیبی *انسیفر*+ ۵۰ درصد نیتروژن و *بورخولدریا*+ ۵۰ درصد نیتروژن چه در شرایط حضور علف هرز و چه در شرایط عدم حضور علف هرز ازنظر تعداد دانه کل باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند. مشابه با نتایج تعداد دانه پر، آلودگی علف‌های هرز سبب تشکیل کمترین تعداد دانه (۱۰۰/۷۳ عدد) در تیمار شاهد شد که با وجین علف‌های هرز این مقدار به ۱۱۶/۶۰ عدد رسید (جدول ۷).

تعداد دانه در خوشه پس از انتقال از مرحله رویشی به زایشی مشخص می‌شود که شامل تغییرات کیفی بین سلول‌ها و بافت‌ها و اندام‌های گیاه است. تعداد نهایی دانه در خوشه معمولاً به شرایط قبل از گلدهی بستگی دارد؛ بنابراین برقراری رابطه همزیستی ریزوباکتری‌ها با گیاه می‌تواند از طریق افزایش جذب مواد غذایی و عناصر بر روی خوشه‌ها یا گلچه‌ها و درنهایت تعداد دانه مؤثر باشد (سینگ و همکاران، ۲۰۲۰). در این پژوهش رقابت با علف‌های هرز سبب کاهش تعداد دانه پر و افزایش تعداد دانه پوک در بوته‌های برنج شد. با توجه به اینکه در غلات (ازجمله برنج) فرآیند پر شدن دانه، تحت تأثیر فتوسنتز جاری و همچنین تحرک کربوهیدرات‌های ذخیره شده قرار دارد؛ به‌نظر می‌رسد که با وجین علف‌های هرز و همچنین اعمال کود نیتروژن برای گیاه برنج، سطح برگ پرچم و به‌دنبال آن، فتوسنتز برگ پرچم افزایش پیداکرده و این موضوع در پر شدن دانه و نهایتاً افزایش تعداد دانه پر در خوشه برنج تأثیر مثبت داشته است. سوانتون و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که رقابت با علف‌های هرز سبب کاهش دسترسی به نیترون و درنتیجه افزایش تعداد گلچه‌های پوک و نابارور در برنج می‌شود. همچنین، افزایش تعداد دانه در خوشه در اثر کاربرد باکتری‌ها را می‌توان به نقش مؤثر باکتری‌های محرک رشد در تثبیت نیتروژن و رهاسازی آن در مراحل حساس نیاز کودی نسبت داد که موجب افزایش نیتروژن قابل مصرف در مراحل حساس رشدی می‌شود (بخشنده و همکاران ۲۰۱۵) آشوری و همکاران (۲۰۲۳) کاهش تعداد دانه در مقادیر عدم مصرف کود (تیمار شاهد) را به رشد ضعیف مخزن و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی نسبت دادند؛ با کاهش فرآورده‌های فتوسنتزی، تعداد دانه‌های پر، کاهش و فرآیند پر شدن دانه به تأخیر می‌افتد و بیان شده است که ظرفیت منبع، عامل محدودکننده در پر شدن دانه است؛ بنابراین می‌توان بیان نمود که شرایط تغذیه‌ای و فتوسنتز گیاه پس از مرحله گلدهی، اهمیت زیادی در پر شدن دانه دارد. با توجه به نتایج به‌نظر می‌رسد کاهش تعداد دانه پوک در خوشه در تیمارهای مدیریت تلفیقی تغذیه می‌تواند به‌علت افزایش مواد غذایی باشد که برای فرآیند گلدهی و دانه‌بندی گیاهان مؤثر می‌باشد. رودریگز و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که سویه‌های *Azospirillum amazonense* قادر به افزایش تعداد دانه در خوشه برنج‌ها بودند.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمارهای کودی بر وزن هزار دانه برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که اثر علف‌های هرز و اثر متقابل این دو عامل بر وزن هزاردانه معنی‌دار نبود (جدول ۶). با توجه به شکل ۴، بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن مشاهده شد که به‌مقدار ۲۵/۱۸ گرم بود؛ حال آنکه کمترین وزن هزار دانه در تیمار شاهد به‌مقدار ۲۱/۳۶ گرم مشاهده شد. همچنین وزن هزار دانه برنج در سایر تیمارهای کودی (بجز *انسیفر*+۵۰ درصد نیتروژن) باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند.

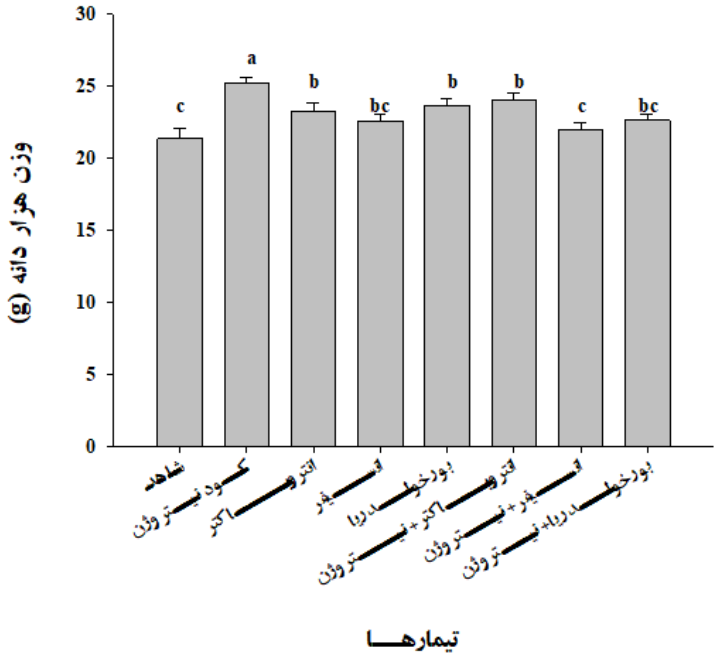
جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تعداد دانه پوک، پر و دانه کل در خوشه برنج

تیمارهای آزمایش		صفات		
تیمارهای کودی	علف‌های هرز	تعداد دانه پوک	تعداد دانه پر	تعداد کل دانه
شاهد	حضور علف هرز	۱۴/۰۶a	۸۶/۶۶f	۱۰۰/۷۳h
	عدم حضور علف هرز	۸/۵۳c	۱۰۸/۰۶e	۱۱۶/۶۰f
کود نیتروژن (۱۰۰ درصد)	حضور علف هرز	۱۰/۳۶b	۱۲۰/۰۳d	۱۳۰/۴۰d
	عدم حضور علف هرز	۲/۶۰e	۱۴۰/۴۶b	۱۴۳/۰۶bc
انتروباکتر	حضور علف هرز	۸/۳۴c	۱۲۴/۳۹d	۱۳۲/۷۳cd
	عدم حضور علف هرز	۵/۲۰d	۱۳۴/۸۰c	۱۴۰/۰۰c
انسیفر	حضور علف هرز	۸/۲۳c	۱۰۷/۷۶e	۱۱۶/۰۰f
	عدم حضور علف هرز	۵/۵۳d	۱۲۲/۲۶d	۱۲۷/۸۰e
بورخولدریا	حضور علف هرز	۸/۲۳c	۱۰۴/۹۳e	۱۱۳/۱۶g
	عدم حضور علف هرز	۵/۶۰d	۱۲۰/۸۰d	۱۲۶/۴۰e
انتروباکتر+ نیتروژن (۵۰ درصد)	حضور علف هرز	۸/۰۰c	۱۴۱/۱۶b	۱۴۹/۱۶b
	عدم حضور علف هرز	۳/۰۰e	۱۵۶/۰۰a	۱۵۹/۰۰a
انسیفر+ نیتروژن (۵۰ درصد)	حضور علف هرز	۸/۱۳c	۱۲۳/۶۶d	۱۳۱/۸۰cd
	عدم حضور علف هرز	۵/۱۳d	۱۴۰/۸۰b	۱۴۵/۹۳bc
بورخولدریا+ نیتروژن (۵۰ درصد)	حضور علف هرز	۸/۰۶c	۱۲۷/۰۳cd	۱۳۵/۱۰cd
	عدم حضور علف هرز	۴/۳۳de	۱۴۲/۱۳b	۱۴۶/۴۶bc

میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

وزن هزاردانه از جمله معیارهای مهم در کیفیت بذر می‌باشد که بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه و عملکرد محصول تأثیر بالایی دارد. اگرچه این صفت بیشتر تابع خصوصیات ژنتیکی رقم بوده و کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد (حسین و همکاران ۲۰۱۶)؛ اما هان و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که با بهبود سیستم تغذیه‌ای گیاه و فرآیندهای فتوسنتزی می‌تواند این جزء از عملکرد افزایش یابد. در این پژوهش، اثر مثبت تیمارهای کودی بر افزایش وزن هزار دانه را می‌توان به افزایش جذب مواد غذایی، توسعه بیشتر ریشه‌ها، بهبود شرایط تغذیه‌ای و رشدی گیاه و همچنین تثبیت زیستی نیتروژن نسبت داد. نیتروژن در مرحله رشد رویشی به‌ویژه پنجه‌زنی از طریق افزایش آسیمیلات‌ها، موجب افزایش فتوسنتز و سطح برگ گیاه می‌شود و در مرحله زایشی بر طول دوره پر شدن دانه نقش به‌سزایی دارد؛ عدم تأمین مواد پرورده در طول دوره پر شدن دانه می‌تواند منجر به کاهش چشمگیر در وزن دانه شود (مورتی و همکاران ۲۰۱۲). باکتری‌های موجود در کود زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسید آمینه‌های مختلف و انواع آنتی‌بیوتیک موجب رشد و توسعه‌ی ریشه و اندام هوایی گیاه می‌شود که این مسئله سبب تولید آسیمیلات بیشتر و انتقال آن‌ها به دانه و افزایش وزن هزار دانه می‌شود (ماواشاشا و همکاران ۲۰۱۶). سینگ و همکاران (۲۰۲۲) اظهار کردند که باکتری‌های محرک رشد با تولید هورمون‌های رشد و تأمین عناصر غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه و به‌تبع از آن افزایش وزن دانه را فراهم می‌کنند. همچنین، کاهش وزن هزار دانه در تیمارهای ترکیبی باکتری‌های *انسیفر* و *بورخولدریا* با نیتروژن نسبت به کاربرد این باکتری‌ها

به‌تنهایی می‌تواند به‌دلیل افزایش تعداد دانه پر باشد، زیرا سبب می‌شود مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به هر یک از دانه‌ها، به‌دلیل رقابت بین دانه‌های موجود برای جذب این مواد افزایش یابد و درنهایت منجر به کاهش وزن هزار دانه گردد. دوی و همکاران (۲۰۱۶) بیان داشتند که تلقیح توأم *Azospirillum* sp. و *Pseudomonas* باعث افزایش عملکرد دانه، تعداد خوشه، وزن ریشه و وزن هزار دانه برنج شد. در پژوهش دیگر، افزایش عملکرد دانه و تعداد خوشه برنج در زمان تلقیح باکتری *Azospirillum* گزارش گردید (هان و همکاران ۲۰۱۶).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی بر وزن هزار دانه برنج

میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

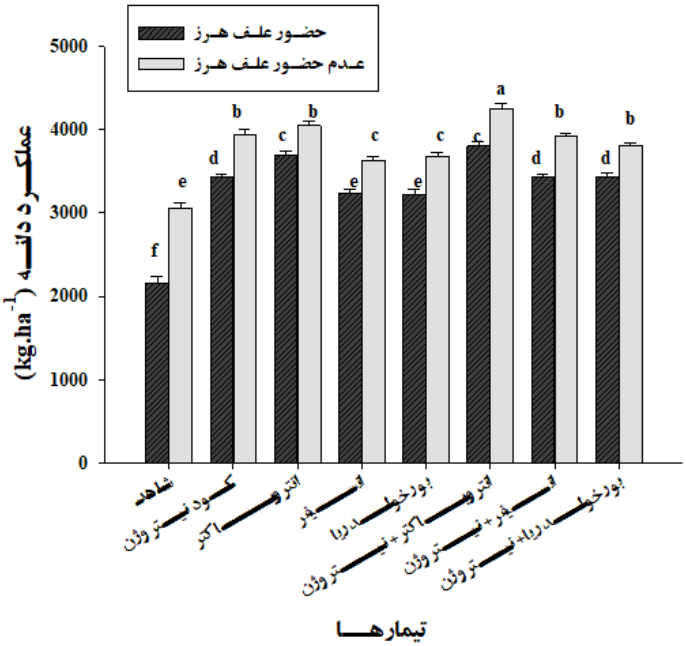
عملکرد دانه

اثر تیمارهای کودی و علف‌های هرز و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). بیشترین عملکرد دانه (۴۲۴۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ترکیبی *انتروباکتر*+ نیتروژن در شرایط عدم حضور علف هرز بدست آمد که ۹۷/۱۰ درصد بیشتر از تیمار شاهد در شرایط حضور علف هرز بود (شکل ۵). در شرایط عدم حضور علف هرز، عملکرد دانه در تیمارهای ۱۰۰ درصد کود نیتروژن، *انتروباکتر*، *انسیفر*+ ۵۰ درصد نیتروژن و *بورخولدریا*+ ۵۰ درصد نیتروژن باهم اختلاف معنی‌دار نداشتند؛ که به ترتیب ۳۹۳۴/۶۶، ۴۰۴۷/۰۰، ۳۹۲۱/۶۶ و ۳۹۰۸/۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. در شرایط حضور علف‌های هرز عملکرد دانه در تیمارها کاهش یافت. کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد به مقدار ۲۱۵۵/۳۳ کیلوگرم در هکتار بود که با کنترل علف‌های هرز ۴۱/۷۷ درصد افزایش یافت و به ۳۰۵۵/۶۶ کیلوگرم در هکتار رسید (شکل ۵).

بر اساس نتایج استفاده از کودها چه به‌تنهایی و چه تلفیقی موجب بهبود عملکرد شد و این افزایش به حدی بود که کاربرد نیتروژن در زمان رقابت با علف‌های هرز توانست موجب افزایش عملکرد نسبت به شاهد بدون علف هرز شود (شکل ۵)؛ که این امر مؤید تأثیر مثبت نیتروژن روی رشد و توسعه سطح برگ (شکل ۲)، اجزای عملکرد (جدول ۷، شکل ۳، شکل ۴) و درنتیجه عملکرد بوته‌های برنج (شکل ۵) می‌باشد. در بین عناصر ضروری برای رشد گیاه، نیتروژن اثر بیشتری در افزایش سطح برگ و بهبود سرعت رشد قسمت‌های هوایی گیاهان داشته و در سنتز حلقه‌های پورفیرینی سر مولکول کلروفیل جهت به دام انداختن انرژی نورانی خورشید و انجام فتوسنتز نقش بسزایی دارد (رودریگرز

و همکاران ۲۰۰۸)؛ لذا فراهمی آن می‌تواند در بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی ازجمله برنج مؤثر باشد. بررسی‌ها نیز نشان داده است که استفاده از نیتروژن تأثیر مثبتی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی، انتقال ماده خشک و اجزای عملکرد دارد و می‌تواند موجب بهبود عملکرد گیاه به‌واسطه افزایش ارتفاع بوته، تعداد پنجه و تعداد دانه در بوته دارد (نیک‌نژاد و همکاران ۲۰۱۶).

به‌طورکلی در این پژوهش، عملکرد دانه در شرایط کاربرد تیمارهای ترکیبی باکتری به همراه نیتروژن بیشتر از کاربرد باکتری به‌تنهایی بود. میرزایی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که *ازتوباکتر* به دنبال استعمال کود نیتروژن می‌تواند با تأثیر مثبت بر جذب کلان عناصر مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم، عناصر ریز مانند روی و آهن، بهبود توزیع آب در گیاه، توسعه فعالیت نیترات ردوکتاز و درنهایت تولید هورمون‌های گیاهی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد را افزایش دهد و نقش مهمی در رشد گیاه دارند. توانایی *انتروباکتر* برای ترویج رشد گیاه به سنتز سیدروفور و همچنین تثبیت نیتروژن نسبت داده شد (تانگ و همکاران ۲۰۱۴). علاوه‌براین، ترکیب *Pseudomonas putida*، *Pseudomonas fluorescens* یا *Azotobacter chroococcum* با غلظت‌های مختلف نیتروژن معدنی، عملکرد دانه بالاتری نسبت به کاربرد تنهایی نیتروژن در برنج ایجاد کرد (غفاری و همکاران ۲۰۱۸). *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* تلقیح شده با گیاه برنج منجر به افزایش ۲۱ تا ۳۵ درصدی عملکرد و اجزای عملکرد در مقایسه با شاهد در شرایط مزرعه در کود نیتروژن ۰، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار شدند (میرزایی و همکاران ۲۰۱۰). مواشاشا و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که تلقیح با باکتری‌های *Bacillus*، *Entrobacter* و *Aspergillus* باعث بهبود عملکرد و اجزای عملکرد شد.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کودی و علف‌های هرز بر عملکرد دانه برنج

میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

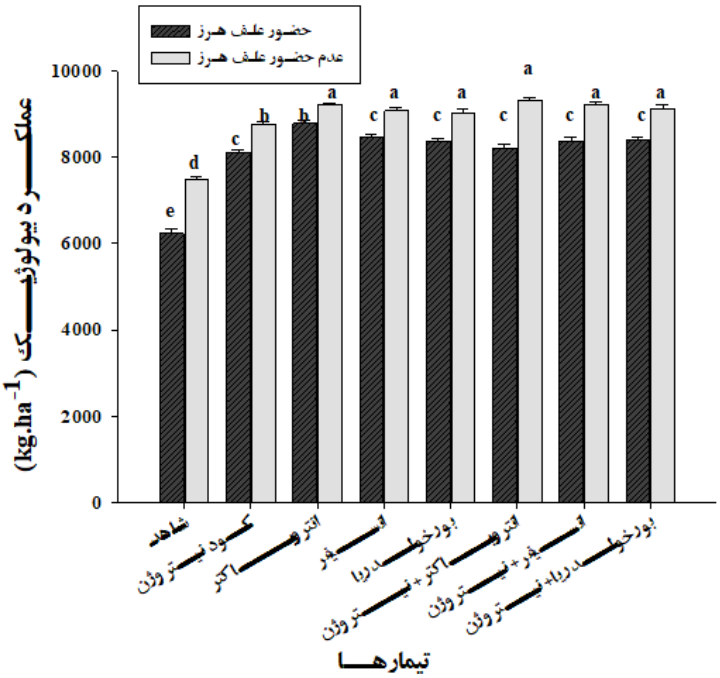
عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمارهای کودی، علف هرز و اثر متقابل آن بر عملکرد بیولوژیک برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶).

با توجه به شکل ۶، عملکرد بیولوژیک در تیمارهای تلقیح باکتری به‌تنهایی و ترکیب با نیتروژن در شرایط عدم حضور علف هرز تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند و در شرایط حضور علف هرز نیز به‌جز استفاده از *انتروباکتر*

به‌تنهایی کاربرد سایر کودهای زیستی باهم اختلاف معنی‌داری ازنظر عملکرد بیولوژیک نداشتند. کمترین عملکرد بیولوژیک (۶۲۳۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد در شرایط حضور علف هرز مشاهده شد که با وجین علف‌های هرز و کاربرد تیمار ترکیبی *انتروباکتر*+ نیتروژن ۴۹/۴۱ درصد افزایش یافت و به ۹۳۱۳ کیلوگرم در هکتار رسید (شکل ۶).

در این پژوهش، عملکرد بیولوژیک با اعمال تیمارهای کودی افزایش یافت. با توجه به اثر مثبت و معنی‌دار تلقیح باکتریایی و کاربرد کود نیتروژن بر کلیه صفات مورد مطالعه برنج نظیر ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد خوشه، دانه پر و پوک در خوشه، تولید زیست‌توده بیشتر در تیمارهای اعمال کود نسبت به شاهد بدون کاربرد کود و تلقیح باکتری کاملاً توجیه‌پذیر به نظر می‌رسد. بهبود عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر کاربرد باکتری و نیتروژن مربوط به دسترسی به عناصر غذایی و کاهش رقابت بر سر منابع می‌باشد. با توجه به تأثیر نیتروژن در افزایش سطح برگ و توسعه قسمت‌های هوایی گیاهان و نقش آن در بهبود توان فتوسنتزی گیاه اثر مثبت آن در افزایش ماده خشک تولیدی و عملکرد بیولوژیک برنج منطقی به نظر می‌رسد (امین پناه، ۱۳۹۵). شارما و همکاران (۲۰۱۳) ضمن به‌دست آوردن نتایج مشابه گزارش کردند که تلقیح باکتری، با افزایش مقادیر قابل جذب عناصر غذایی اصلی موجب افزایش عملکرد کاه و دانه برنج شد.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کودی و علف‌های هرز بر عملکرد بیولوژیک برنج

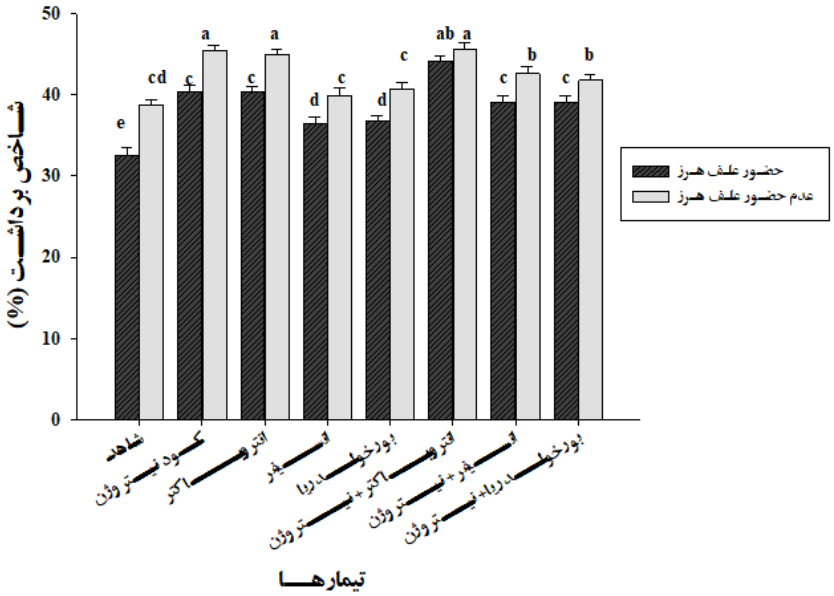
میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

شاخص برداشت

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای کودی و علف‌های هرز بر شاخص برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). شاخص برداشت در شرایط عدم حضور علف‌های هرز بیشتر از شرایط حضور علف‌های هرز بیشتر بود. بیشترین شاخص برداشت (۴۵/۵۸ درصد) در تیمار ترکیبی *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد نیتروژن بدون حضور علف‌های هرز بود که تفاوت معنی‌داری با حضور علف هرز در این شرایط تغذیه‌ای نداشت؛ همچنین این دو تیمار با تیمارهای کود نیتروژن (۱۰۰ درصد) و *انتروباکتر* به تنهایی نیز اختلاف معنی‌داری نداشتند. شایان ذکر است که شاخص برداشت در تیمارهای *انسیفر* و *بورخولدریا* در شرایط حضور و عدم حضور

علف هرز باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین شاخص برداشت (۳۲/۵۰ درصد) نیز در تیمار شاهد در شرایط حضور علف هرز مشاهده شد (شکل ۷).

اعمال تیمارهای کودی نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش شاخص برداشت شد؛ به‌طوری‌که بیشترین شاخص برداشت در تیمارهای نیتروژن (۱۰۰ درصد)، *انتروباکتر* و تیمار ترکیبی آن‌ها به‌دست آمد. همچنین، در شرایط حضور علف‌های هرز شاخص برداشت برنج کاهش یافت که این کاهش در زمان کاربرد *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد نیتروژن معنی‌دار نبود (شکل ۷). علف‌های هرز از طریق سایه‌اندازی و اختلال در تسهیم و انباشتگی ماده خشک در اندام‌های زایشی گیاهان زراعی، شاخص برداشت را کاهش می‌دهند. موخوپادهای و همکاران (۲۰۱۳) اظهار کردند که بیشترین شاخص برداشت برنج در تیمار تلقیح شده با کود زیستی همراه با ۶۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن توصیه‌شده به‌دست آمد. کوددهی مونوپتاسیم فسفات به مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار به همراه تلقیح با باکتری‌های مختلف *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* برای تولید برنج مؤثر بود و ازنظر اقتصادی ارزان‌تر از تیمار شاهد حاوی ۶۰ کیلوگرم در هکتار بود (یاداو و همکاران ۲۰۱۴).



شکل ۷- مقایسه میانگین ترکیب تیمارهای کودی و علف‌های هرز برای شاخص برداشت برنج

میانگین‌های دارای حروف مشترک برمبنای آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد و نیتروژن منجر به بهبود رشد و افزایش تولید در برنج شد. کاربرد هر یک از باکتری‌ها به‌صورت انفرادی منجر به بهبود رشد، اجزای عملکرد و عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود و باکتری) گردید؛ ولی حداکثر میزان رشد و عملکرد با کاربرد ترکیبی باکتری‌ها با کود نیتروژن (۵۰ درصد) به‌دست آمد. در بین تیمارهای مصرف انفرادی باکتری، باکتری *انتروباکتر* اثرات بهتری بر صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد برنج در مقایسه با باکتری‌های *انسیفر* و *بورخولدریا* داشت. در بین تیمارهای مورد بررسی نیز، تیمار ترکیبی باکتری *انتروباکتر*+ ۵۰ درصد نیتروژن و کود نیتروژن (۱۰۰ درصد) اثرات بهتری بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج داشتند. به‌طورکلی نتایج این پژوهش گویای این مطلب بود که با اعمال تیمارهای کودی، بر تعداد پنجه‌های بوته افزوده شد و با تولید خوشه بیشتر و افزایش وزن هزار دانه در تیمارهای مصرف هم‌زمان

باکتری و نیتروژن، منجر به عملکرد بالای دانه و افزایش وزن خشک شد. با توجه به بهبود معنی‌دار صفات مورفولوژیکی و عملکردی گیاه برنج، می‌توان نتیجه گرفت که تیمارهای زیستی به‌تنهایی و یا تلفیقی، از طریق تولید متابولیت‌های رشد، افزایش کارایی سیستم ریشه‌ای، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی بر روی رشد و اجزای عملکرد گیاه مؤثر باشند. همچنین، حضور علف‌های هرز باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج در تمام تیمارهای مورد بررسی شد. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پایداری تولید غذا و حفظ حاصلخیزی خاک، کاربرد سیستم‌های تغذیه تلفیقی و همچنین استفاده از کودهای زیستی در نظام تغذیه‌ای گیاه می‌باشد و با توجه با تأکید کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و پایداری عملکرد گیاهان گزینه مناسبی برای این نظام محسوب می‌شوند و به‌نظر می‌رسد که در چنین شرایطی، حداکثر رشد و عملکرد آن‌ها حاصل گردد. با توجه به نتایج می‌توان اذعان داشت در زمان آلودگی علف‌های هرز می‌توان با اعمال مدیریت تغذیه‌ای مناسب از کاهش عملکرد برنج تا حدودی جلوگیری نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به‌خاطر حمایت‌های مالی پژوهش حاضر کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

Abaid-Ullah M, Hassan MN, Jamil M, Brader G, Shah, MK N and Sessitsch A. 2015. Plant growth promoting rhizobacteria: an alternate way to improve yield and quality of wheat (*Triticum aestivum*). International Journal of Agriculture and Biology, 17: 51-60.

Agricultural Jihad statistics. 1402. Volume (1) Agricultural products. Ministry of Agricultural Jihad, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center. 95p (In Persian).

Ahmad I, Singh YV, Shivay Y, Latam S and Pabbim S. 2011. Relative response to inoculation of nitrogen-fixing and phosphate-solubilising micro-organisms on nutrient uptake of Basmati rice and soil properties. Pusa AgriScience, 34: 34-40.

Akhtar MJ, Asghar HN, Shahzad K and Arshad, M. 2009. Role of plant growth promoting rhizobacteria applied in combination with compost and mineral fertilizers to improve growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany, 41: 381-390.

Aminpanah, H. (2016). Effect of crop rotation, *Azotobacter chroococcum* inoculation and nitrogen rate on rice (*Oryza sativa* L.) paddy yield. *Journal of Crop Production*, *9*(3), 211-230. (In Persian). doi: 10.22069/ejcp.2016.10291.1804

Ashouri R, Fallah H, Niknezhad Y and Barari Tari D. 2023. Effect of application of plant growth promoting bacteria and amino acids foliar application on growth characteristics, yield, and nutritional value of rice (*Oryza sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 21(3): 333-346. (In Persian). doi: 10.22067/jcesc.2023.81340.1230

Bakhshandeh E, Rahimian H, Pirdashti H and Nematzadeh GA. 2015. Evaluation of phosphate-solubilizing bacteria on the growth and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) cropped in northern Iran. Journal of Applied Microbiology, 119: 1371-1382. doi: 10.1111/jam.12938

Boyer H. 2023. Effectiveness of mycorrhizae and vermiculture seed inoculation for germination, vegetative growth, cannabinoid content, and cured flower weight of CBD-Rich Hemp (*Cannabis sativa* L.). Journal of Agricultural Hemp Research, 3(1): 6-23. doi: 10.61611/2688-5182.1021

Cakmakci R, Erat M, Erdoman UG and Donmez MF. 2007. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentos phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 170: 288-295. doi: 10.1002/jpln.200625105

De Souza, R., Beneduzi, A., Ambrosini, A., Da Costa, P. B., Meyer, J. & Vargas, L.K. (2013). The effect of plant growth promoting rhizobacteria on the growth of rice (*Oryza sativa* L.) cropped in southern Brazilian fields. Plant and Soil, 366: 585-603. doi: 10.1007/s11104-012-1430-1

Duy M, Hoi N, Ve N Thuc L and Trang N. 2016. Influence of *Cellulomonas flavigena*, *Azospirillum* sp. and *Pseudomonas* sp. on rice growth and yield grown in submerged soil amended with rice straw. Recent Trends in PGPR Research for Sustainable Crop Productivity, 2(3): 238-245.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2022). FAOSTAT/ Productionstat/ Crops [Online]. Available at http://Faostat.Fao.Org/Site/567/Default.aspx. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ghaffari H, Gholizadeh A, Biabani A, Fallah A and Mohammadian M. 2018. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) application with different nitrogen fertilizer levels in rice (*Oryza sativa* L.). Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science, 41: 715-728.

Ghosh D. 2016. Weed management through herbicide application in direct-seeded rice and yield modeling by artificial neural network. Spanish Journal of Agricultural Research, 14 (2): e1003. doi: 10.5424/sjar/2016142-8773

Hahn L, Sá ELSD, Osório Filho BD, Machado RG, Damasceno RG and Giongo A. 2016. Rhizobial inoculation, alone or coinoculated with Azospirillum brasilense, promotes growth of wetland rice. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 40: e0160006. doi: 10.1590/18069657rbcs20160006

Hassan MN, Afghan S and Hafeez FY. 2010. Suppression of red rot caused by *Colletotrichum falcatum* on sugarcane plants using plant growth promoting rhizobacteria. BioControl, 55: 531-542. doi: 10.1016/j.btre.2019.e00317

Hojtipour A, Jafari Haghigi B and Dashkar M. 2011. The effect of combining biological and chemical fertilizers on grain yield, yield components and growth indices of wheat. Scientific-Research Journal of Plant Ecophysiology 5(15): 37-48.

Hussain M, Asgher Z, Tahir M, Ijaz M, Shahid M, Ali H and Sattar A. 2016. Bacteria in combination with fertilizers improve growth, productivity and net returns of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 53: 633-645. doi: 10.21162/PAKJAS/16.4901

Kakabouki I, Kousta A, Folina A, Karydogianni S, Zisi C, Kouneli V and Papastylianou P. 2021. Effect of fertilization with urea and inhibitors on growth, yield and CBD concentration of hemp (*Cannabis sativa* L.). Sustainability, 13: 2157. doi: 10.3390/su13042157

Ladha JK, Tirol PA, Reddy CK, Cassman KG, Verma S, Powlson DS, Van KC, Chakra D and Pathak H. 2016. Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice, and wheat production systems. Scientific Reports, 6: 19355. doi: 10.1038/srep19355

Lin Y, Watts DB, Kloepper JW and Adesemoye Y. 2019. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria at various nitrogen rates on corn growth. Agricultural Sciences, 10: 10-18. doi: 10.4236/as.2019.1012114

Ma Y, Rajkumar M, Luo Y and Freitas H. 2011. Inoculation of endophytic bacteria on host and non-host plants-effects on plant growth and Ni uptake. Journal of Hazardous Materials, 195: 230-237. doi: 10.1016/j.jhazmat.2011.08.034

Mahajan G, Timsina J, Jhanji S, Sekhon N and KuldeepSingh K. 2012. Cultivar response, dry-matter partitioning, and nitrogen-use efficiency in dry direct-seeded rice in northwest. India Journal of Crop Improvement, 26(6): 767-790. doi:10.1080/15427528.2012.686473

Mansour Ghanaei-Pashaki K, Mohsenabadi G, Biglouei MH and Farhangi MB. 2020. Effect of rice-Duck co-cultivation on rice yield, water productivity and weed control in different cultivation systems. Iranian Journal of Field Crops Research, 18(3): 341-355. (In Persian). doi: 10.22067/gsc.v18i3.86497

Mirzaiee A, Vazan S and Naseri R. 2010. Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) to seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and different nitrogen levels under dry land condition. World Applied Sciences Journal, 11(10): 1287-1291.

Moafi E, Zaefarian F, Akbarpour V and Mansoori I. 2022. Response of sweet basil (*Ocimum bacilicum* L.) to different nutritional sources in competition with weeds. Iranian Journal of Field Crops Research, 20(2): 197-215. (In Persian). doi: 10.22067/jcesc.2022.72703.1091.

Mondani F, Khani K, Honarmand SJ and Saeid M. 2019. Evaluating effects of plant growth-promoting rhizobacteria on the radiation use efficiency and yield of soybean (*Glycine max*) under water deficit stress condition. Agricultural Water Managemen, 213*:* 707-713. doi: 10.1016/j.agwat.2018.11.004

Mukhopadhyay M, Datta JK and Garai TK. 2013. Steps toward alternative farming system in rice. European Journal of Agronomy, 51: 18–24. doi: 10.1016/j.eja.2013.06.005

Murthy KVR, Redy D, Prabhakara S and Reddy G. 2012. Response of rice (*Oryza sativa*) varieties to graded levels of nitrogen under aerobic culture. Indian Journal of Agronomy, 57(4): 367-372. doi: 10.59797/ija.v57i4.4648

Mwashasha R, Hunja M and Kahangi EM. 2016. The effect of inoculating plant growth promoting microorganisms on rice production. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 9: 34-44.

Niknejad Y, Daneshian J, Shirani Rad AH, Pirdashti H and Arzanesh MH. 2016. Evaluation the efficiency of growth promoting bacteria on yield and yield components of rice under deficit irrigation and reduced rates of nitrogen. Applied Field Crops Research, 29(3)*:* 9-19. (In Persian). doi: 10.22092/aj.2016.112591.

Paul J. 2014. Bioresource nutrient recycling and its relationship with biofertility indicators of soil health and nutrient dynamics in rice-wheat cropping system. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 45(7): 912-924. doi: 10.1080/00103624.2013.867051

Purwanto Y, Yuwariah T, Sumadi B and Simarmata T. 2017. Nitrogenase activity and IAA production of indigenous diazotroph and its effect on rice seedling growth. AGRIVITA. Journal of Agricultural Science, 39(1): 31-37. doi: 10.17503/agrivita.v39i1.653

Rajabian M, Asghari J, Ehteshami MR and Yaghoubi B. 2017. Response of landrace and improved genotypes of rice to weed competition in direct- seeded system. Iranian Journal of Weed Science, 13(1): 71-87. (In Persian). doi: 10.22092/ijws.2017.1301.06.

Rezvani M, Halalkhor S, Zaefarian F and Nikkhah H. 2013. Effectiveness of different nitrogen resource on yield components, yield and weed biomass in two varieties of rice (*Oryza sativa* L.). Research in Field Crop Journal, 1(1): 15-30. [In Persian].

Rodrigues EP, Rodrigues LS, De Oliveira ALM, Baldani VLD, Dos Santos Teixeira KR, Urquiaga, S and Reis VM. 2008. *Azospirillum amazonense* inoculation: effects on growth, yield and N2 fixation of rice (*Oryza sativa* L.). Plant and Soil, 302: 249-261. doi: 10.1007/s11104-007-9476-1

Sadegh M, Zaefarian F, Akbarpour V and Emadi M. 2019. Effect of fertilizer sources on physiological and biochemical traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in competition with weeds. Journal of Plant Production Research, 25(4): 67-84. [In Persian]. doi: 10.22069/jopp.2018.14131.2268.

Sathiya K and Ramesh T. 2009. Effect of split application of nitrogen on growth and yield of aerobic rice. Asian Journal of Experimental Sciences, 23(1): 303-306.

Sharma A, Shankhdhar D and Shankhdhar SC. 2013. Enhancing grain iron content of rice by the application of plant growth promoting rhizobacteria. Plant, Soil and Environment, 59: 89-94. doi: 10.17221/683/2012-PSE

Singh RK, Kumar P, Prasad B and Singh, S. 2015. Effect of bio-fertilizers on growth, yield and economics of rice (*Oryza sativa* L.). International Research Journal of Agricultural Economics and Statistics, 6: 386-391. doi: 10.15740/HAS/IRJAES/6.2/386-391

Singh V, Singh V, Singh S and Khanna R. 2020. Effect of zinc and silicon on growth and yield of aromatic rice (*Oryza sativa*) in North-Western plains of India. Journal of Rice Research and Developments, 3: 82-86. doi: 10.36959/973/424

Swanton CJ, Nkoa R and Blackshaw RE. 2015. Experimental methods for crop–weed competition studies. Weed Science, Special Issue: 2-11. doi: 10.1614/WS-D-13-00062.1

Sweeney AE, Renner KA, Laboski C and Davis A. 2008. Effect of fertilizer nitrogen on weed emergence and growth. Weed Science, 56: 714-721. doi: 10.1614/WS-07-096.1

Tang L, Wan K, Cheng C, Li R, wang D, Pan J, Tao Y, Xie J and Chen F. 2014. Effect of fertilization patterns on the assemblage of weed communities in an upland winter wheat field. Journal of Plant Ecology, 7(1): 39-50. doi: 10.1093/jpe/rtt018

Yadav J, Verma JP, Jaiswal DK and Kumar A. 2014. Evaluation of PGPR and different concentration of phosphorus level on plant growth, yield and nutrient content of rice (*Oryza sativa*). Ecological Engineering, 62: 123-128. doi: 10.1016/j.ecoleng.2013.10.013

Yu WJ, Li XS, Chen ZJ and Zhou JB. 2018. Effects of nitrogen fertilizer application on carbon dioxide emissions from soils with different inorganic carbon contents. Chinese Journal of Applied Ecology, 29: 2493-2500. doi: 10.13287/j.1001-9332.201808.009

Yuvaraj K. 2016. Effect of biofertilizer and inorganic fertilizers on soil health, growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) crop. Master thesis. College of Basic Sciences and Humanities, Punjab Agricultural University, Ludhiana, India. 157Pp.

Zheng Y. 2020. Effects of mixed controlled release nitrogen fertilizer with rice straw biochar on rice yield and nitrogen balance in northeast China. Scientific Reports, 10: 9452. doi: 10.1038/s41598-020-66300-6