

Assessing Traditional and Innovative Fertilization Approaches for Rice Yield in Dry Direct-Seeding Systems (Case Study: Khuzestan Province)

Ali Reza Jafarnejadi^{1*} , Abdolali Gilani², Fatemeh Meskini-Vishkaee¹ and Maryam Hoseini Chaleshtori³

(Received: May 13-2025 ; Revised: July 20-2025 ; Accepted: August 26-2025)

1. Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
2. Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
3. Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

*: Corresponding author, Email: arjafarnejady@gmail.com

Abstract

Rice, as one of the world's most strategic crops, plays a vital role in global food security. This study investigated the effects of different nutrition management approaches on yield and water productivity in dry direct-seeded rice cultivation (local Anbouri Red Dwarf cultivar) at Shavoor Research Station in Khuzestan Province. The experiment was conducted in a randomized complete block design with four treatments, including 1) Farmer's conventional practice, 2) Soil test-based fertilization, 3) Soil test-based fertilization + supplementary nutrition, and 4) 25% reduced chemical fertilizers + biofertilizers, with three replications. Results demonstrated that the supplementary nutrition (4270 kg ha^{-1}) and biofertilizer with 25% chemical fertilizer reduction (4356 kg ha^{-1}) treatments increased yield by 17% and 19.3 %, respectively, compared to conventional practice (3651 kg ha^{-1}). This improvement was primarily attributed to increased panicles per m^2 (10-14%) and enhanced nutrient uptake efficiency. The biofertilizer treatment also showed the highest water productivity (0.25 kg m^{-3}) and the best benefit-cost ratio (23.25). Economic analysis confirmed that combining biofertilizers with 25% chemical fertilizer reduction significantly reduced costs while maintaining yield. These findings suggest that integrating soil testing with either biofertilizers or stage-specific nutrition represents an effective strategy for enhancing yield, improving water use efficiency, and reducing dependence on chemical inputs in dry-seeded rice cultivation. These methods can be recommended as sustainable models for farmers in arid regions like Khuzestan, which face salinity challenges and water resource limitations.

Keywords: Rice, Water productivity, Balanced nutrition, Dry direct-seeding, Economic yield, Biofertilizers

How to cite this article: Jafarnejadi, A., Gilani, A., Meskini-Vishkaee, F. Hoseini Chaleshtori, M. 2025. Assessing Traditional and Innovative Fertilization Approaches for Rice Yield in Dry Direct-Seeding Systems (Case Study: Khuzestan Province). *J. Water and Soil Sci.* 29(3): 187-199. DOI: [10.47176/jwss.29.3.43124](https://doi.org/10.47176/jwss.29.3.43124)

Copyright © 2025 Jafarnejadi et al. Published by Isfahan University of Technology.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

ارزیابی مدیریت‌های متداول و نوین کوددهی بر عملکرد برنج در روش خشکه‌کاری (مطالعه موردی: استان خوزستان)

علیرضا جعفرنژادی^{۱*} , عبدالعلی گیلانی^۲، فاطمه مسکینی ویشکایی^۱ و مریم حسینی چالشتی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۲/۲۳؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۴/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۴)

۱. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

۲. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

۳. موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: arjafarnejadi@gmail.com

چکیده

برنج به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات استراتژیک جهان، نقش حیاتی در تأمین امنیت غذایی دارد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف مدیریت تغذیه بر عملکرد و بهره‌وری آب در کشت خشکه‌کاری برنج (رقم عنبری قرمز پاکوتاه) در ایستگاه تحقیقاتی شاوور خوزستان انجام شد. آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار شامل: (۱) عرف زارع، (۲) آزمون خاک، (۳) آزمون خاک + تغذیه تکمیلی و (۴) کاهش ۲۵ درصد کود شیمیایی + کودهای زیستی در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که تیمارهای آزمون خاک + تغذیه تکمیلی (۴۲۷۰ کیلوگرم در هکتار) و کود زیستی با کاهش ۲۵ درصد کود شیمیایی (۴۳۵۶ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب ۱۷ و ۱۹/۳ درصد افزایش عملکرد نسبت به عرف زارع (۳۶۵۱ کیلوگرم در هکتار) داشتند که بیشتر ناشی از افزایش تعداد خوشه در مترمربع (۱۴-۱۰) و کارایی جذب عناصر غذایی بود. همچنین، تیمار کود زیستی با کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، بیشترین بهره‌وری مصرف آب (۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب) و بهترین نسبت فایده به هزینه (۲۳/۲۵) را نشان داد. تحلیل اقتصادی تأیید کرد که ترکیب کودهای زیستی با کاهش ۲۵ درصدی کودهای شیمیایی، علاوه بر حفظ عملکرد، هزینه‌ها را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. یافته‌ها حاکی از آن است که تلفیق آزمون خاک با کودهای زیستی یا تغذیه مرحله‌ای، راهکاری مؤثر برای افزایش عملکرد، بهبود کارایی مصرف آب و کاهش وابستگی به نهاده‌های شیمیایی در کشت خشکه‌کاری برنج است. این روش‌ها به‌ویژه در مناطق کم‌آبی مانند خوزستان که با چالش شوری و محدودیت منابع آب مواجه‌اند، می‌توانند به عنوان الگویی پایدار برای کشاورزان توصیه شوند.

واژه‌های کلیدی: برنج، بهره‌وری آب، تغذیه متعادل، خشکه‌کاری، عملکرد اقتصادی، کود زیستی

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. © ۱۴۰۴

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط به استناد صحیح به مقاله و با رعایت

شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است: (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین محصولات مهم در تأمین انرژی غذایی موردنیاز جامعه است. کاربرد بهینه نهاده‌ها از جمله کود و آب نقش مهمی در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی دارد. بر اساس گزارش سازمان خوار و بار جهانی (FAO) مصرف کودهای شیمیایی باعث افزایش ۳۰ تا ۵۰ درصدی در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی خواهند شد (۳). در سال‌های اخیر با وجود تلاش‌های انجام شده هنوز مصرف کودهای شیمیایی در کشور نامتعادل و نامناسب بوده و از سوی دیگر به ذخایر موجود در خاک توجه کافی نشده است؛ بنابراین وضعیت حاصلخیزی خاک و منابع آب از مهم‌ترین عوامل محدود کننده و مؤثر در کاهش عملکرد و تولید محصولات مختلف هستند.

برنج در سطح حدود ۱۵۵ میلیون هکتار از اراضی زراعی دنیا کشت و یک پنجم انرژی مورد نیاز مردم دنیا را تأمین می‌کند. برنج یک محصول استراتژیک در کشور است و علاوه بر دو استان برنج خیر شمالی (مازندران و گیلان)، ۲۵ تا ۳۱ درصد از سطح زیر کشت آن مربوط به سایر مناطق و استان‌ها می‌باشد که در این میان استان خوزستان در رتبه چهارم است (۸). بررسی روند تغییرات سطح زیر کشت، مقدار تولید در واحد سطح و کلان این استان در نیم قرن گذشته نشان می‌دهد که با وجود نوسانات و کاهش مقادیر آنها در برخی از سالها، اما تولید آن با رشد چشمگیر همراه بوده؛ به‌طوری که سطح زیر کشت برنج استان خوزستان از ۲۸۹۸۱ هکتار و متوسط تولید ۱۱۱۳ کیلوگرم در هکتار شلتوک در سال ۱۳۵۶ به بیش از ۷۱ هزار هکتار و میانگین عملکرد ۴۴۱۱ کیلوگرم در هکتار در سال‌های انتهای دهه ۹۰ رسید (۸). زراعت برنج در استان خوزستان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات تابستانه در بیشتر مناطق استان کشت می‌شود. بیش از دو سوم کشت برنج در خوزستان به‌صورت مستقیم (کاشت بذر جوانه‌دار در یک بستر گلخراپی) در نواحی دشت متمرکز بوده و باقی‌مانده آن در نواحی کوهستانی و به

روش نشایی کشت می‌شود. گیلانی (۸) مهم‌ترین مزایای کشت خشکه‌کاری نسبت به روش مرسوم را کاهش قابل توجه میزان بذر مصرفی، کاهش مصرف آب، مدیریت مناسب علف‌های هرز، افزایش سرعت کشت، کاهش هزینه‌های کارگری و مدیریت بهتر مزرعه عنوان کرد.

امروزه مدیریت عناصر غذایی، بر اساس ظرفیت خاک و نیاز گیاه استوار است که از روش‌های مؤثر در توصیه بهینه مصرف متعادل کودهای شیمیایی است. مدیریت مصرف بهینه کود، منطبق بر نیاز رشدی گیاه و آزمون خاک از راهکارهای افزایش تولید کمی و کیفی محصولات کشاورزی است (۱۹). معمولاً میزان افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و به‌ویژه غلات، با مصرف یک کیلوگرم عنصر غذایی کودی به‌طور متوسط ۱۰ و در شرایط مطلوب تا ۲۵ کیلوگرم گزارش شده است (۱۴). غفاری‌زاده و همکاران (۶) اثر مقادیر مختلف محلول‌پاشی عصاره جلبک قهوه‌ای و سطوح مختلف نیتروژن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد گندم (رقم چمران) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور استان خوزستان بررسی کردند. بر اساس نتایج حاصل، غلظت ۱۰ درصد از کود جلبکی به همراه ۵/۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن موجب بیشترین کیفیت و عملکرد گندم شد. وانگ و همکاران (۳۰) عنوان کردند که مدیریت مکانی تغذیه گیاهی نقش بسزایی در افزایش عملکرد و تعادل خاک از طریق تأمین ذخایر خاک و جبران و در اختیار گذاشتن عناصر غذایی بهینه دارد. این موضوع (تغذیه خاص مکان عناصر غذایی) به‌طور کلی سبب افزایش و بهبود کارایی استفاده از عناصر غذایی و بازگشت بیشتر آنها از طریق مدیریت بهتر کودها خواهد شد (۲۰). نتایج پژوهش پاسیکوئین و همکاران (۲۱) نشان داد که در ۱۳ کشور در جنوب شرق آسیا، استفاده از مدیریت خاص مکان عناصر غذایی سبب افزایش عملکردی به میزان ۱۳ درصد میانگین دوره سه ساله شده است. پنج و همکاران (۲۲) نشان داد که مدیریت تغذیه خاص مکان در مزارع برنج سبب افزایش ۷ درصد دانه و کاهش قابل توجه آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها شده است. در تغذیه بهینه محصولات، علاوه بر کودهای

خاک‌های کشاورزی می‌شود. همچنین، بیشتر خاک‌های استان دارای مسائل و مشکلاتی مانند شوری زیاد، آهک زیاد و عدم تعادل تغذیه‌ای هستند (۱۷)؛ بنابراین در این شرایط، استفاده از کودها برای تأمین عناصر غذایی، افزایش تاب‌آوری گیاه و دستیابی به عملکردهای قابل قبول ضروری است. هدف این پژوهش، ارزیابی اثر تکنیک‌های مختلف کوددهی (بر اساس آزمون خاک، تغذیه تکمیلی و کاربرد کودهای زیستی) در روش خشکه‌کاری برنج روی عملکرد محصول برنج و انتخاب مناسب‌ترین تکنیک کوددهی است؛ به‌گونه‌ای که از نظر اقتصادی نیز به‌صرفه باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی شاور و وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه اجرا شد. این ایستگاه در حدفاصل رودخانه‌های کرخه و کارون واقع شده و بر اساس شاخص آمبرژه جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود. قبل از اجرای آزمایش، ابتدا از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری مرکب انجام و برخی ویژگی‌های خاک شامل بافت، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، شوری، پ‌هاش (جدول ۱) و تجزیه آب (جدول ۲) بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (۷). منبع تأمین آب آبیاری در ایستگاه تحقیقاتی شاور از رودخانه شاور بود. خاک مزرعه آزمایشی دارای بافت رس سیلتی با هدایت الکتریکی 3 dS m^{-1} بود.

شیوه کشت برنج در این پژوهش به روش خشکه‌کاری بود. ابتدا بذر در بستر خشک به میزان توصیه‌شده (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار از رقم محلی عنبروری قرمز پاکوتاه) روی پشته‌های بلند (سه خط کشت روی هر پشته) کشت شد. برای آبیاری در روش خشکه‌کاری برنج ضرورتی برای غرقاب دائم وجود نداشته؛ بلکه ایجاد رطوبت کافی در حدود بین ظرفیت مزرعه و اشباع خاک کفایت می‌کند. این بدان معناست که می‌توان برای

شیمیایی پایه، از کودهای تکمیلی و محرک رشد گیاهی (اسیدهای آمینه، جلبک دریایی، اسید هیومیک و...) برای افزایش فراهمی برخی از عناصر غذایی و بهبود مقاومت گیاه نسبت به تنش‌های محیطی استفاده می‌شود (۱۳).

مسئله اساسی دیگر افزایش قیمت کودهای شیمیایی است که مصرف آن را در بین کشاورزان با چالش مواجه کرده است. طبق گزارش بانک جهانی و در مقیاس جهانی در دوره زمانی چهارساله (۲۰۲۴-۲۰۲۰) افزایش قیمت کود سوپرفسفات تریپل ۱۷۰ درصد بوده است؛ به‌گونه‌ای که قیمت این کود از ۲۶۵ دلار به ۷۱۶ دلار در هر تن رسیده است. در ایران نیز این افزایش قیمت مشهود است. قیمت کود سوپرفسفات تریپل توزیع شده توسط شرکت خدمات حمایتی از کیلویی ۱۱۰۰۰ ریال در سال ۱۳۹۶ با پنجاه برابر افزایش به حدود ۵۵۰۰۰۰ ریال در سال ۱۴۰۳ رسیده است. از این‌رو استفاده از راهکارهایی که بتواند ضمن تأمین نیازهای غذایی گیاه و تولید مطلوب عملکرد محصول، موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی شود، مورد توجه قرار گرفته است. کاربرد کودهای آلی یکی از مهم‌ترین راهکارهای کاهش مصرف کودهای شیمیایی است. کودهای آلی توانایی تأمین تمام و یا بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را دارند (۱۳). کودهای زیستی نیز به‌عنوان یک راهکار پایدار در کشاورزی، حاوی مواد فعال از جمله باکتری‌های مفید ریزوسفری هستند که قابلیت‌های متنوعی مانند تأمین و افزایش فراهمی زیستی عناصر غذایی (مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن)، تولید هورمون‌های تحریک‌کننده رشد، سیدروفورها و آنتی‌بیوتیک‌ها را دارند که این امر به افزایش کارایی کودهای شیمیایی و کاهش مصرف آنها، بهبود تنوع زیستی، حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول کمک می‌کند (۵).

استان خوزستان به‌دلیل اقلیم نیمه‌خشک و اکوسیستم بسیار آسیب‌پذیر آن، به‌ویژه در نیمه جنوبی، شدت تجزیه مواد آلی در خاک‌ها بسیار زیاد بوده که منجر به حاصلخیزی کم

جدول ۱. تجزیه شیمیایی نمونه خاک محل اجرای آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور خوزستان

هدایت الکتریکی (dS m^{-1})	pH (-)	ماده آلی (%)	فسفر قابل دسترس (mg kg^{-1})	پتاسیم قابل دسترس (mg kg^{-1})	بافت
۳/۰	۷/۸	۰/۸۵	۸/۵	۲۶۵	رس سیلتی

جدول ۲. تجزیه شیمیایی آب آبیاری محل اجرای آزمایش

شوری ($\mu\text{S m}^{-1}$)	پ‌هاش (-)	کربنات	بی‌کربنات	کلر	کلسیم	منیزیم	سدیم
					(meq l^{-1})		
۱۲۰۰	۷/۶	۰/۰	۷/۹	۳/۶	۴/۰	۴/۵	۴/۸

تأمین آب برنج مانند سایر گیاهان زراعی دور آبیاری در نظر گرفت و هر چند روز یک بار آبیاری کرد (۱۶). با توجه به این موضوع و بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام‌شده، روش کشت در استان خوزستان به صورت کشت سطحی انجام شد و دور آبیاری دو تا سه روزه تا مرحله ۴ تا ۵ برگ و پس از آن دور آبیاری ۳ تا ۴ روزه تا انتهای دوره رشد برنج در نظر گرفته شد و زمان قطع آبیاری‌ها برحسب رسیدن آب به انتهای کرت تعیین شد (۱۶). بهره‌وری مصرف آب یکی از ویژگی‌های مهم در تعیین کارایی استفاده از آب به منظور تولید محصولات کشاورزی است که به صورت نسبت میزان محصول تولیدی بر حسب کیلوگرم به آب آبیاری مصرف‌شده بر حسب مترمکعب محاسبه شد. در این مطالعه با توجه به این که اندازه‌گیری میزان آب مصرفی از اهداف پژوهش نبود، از این رو به منظور مقایسه و تعیین بهره‌وری آب در تیمارهای مورد مطالعه، از میزان آب مصرفی اندازه‌گیری‌شده در مطالعه‌ای که در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور توسط مسکینی و ویشکایی و همکاران (۱۶) انجام شده، استفاده شد.

این پژوهش در چهار تیمار با سه تکرار در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال زراعی از ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار ۱) مدیریت تغذیه بر اساس عرف زارع (F1)، تیمار ۲) مدیریت تغذیه بر اساس آزمون خاک (F2)، تیمار ۳) مدیریت تغذیه بر اساس

آزمون خاک و تغذیه قاشقی (Teaspoon feeding) بر مبنای مرحله نمو با کاربرد کودهای تکمیلی (F3) و تیمار ۴) مصرف ۷۵ درصد مقادیر توصیه‌شده کودهای شیمیایی پایه بر اساس آزمون خاک (کاهش ۲۵ درصد مصرف کودهای شیمیایی) به همراه استفاده از کودهای زیستی (F4) بودند. در تیمار عرف زارع، مصرف کود اوره به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو تقسیط پایه (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و اواسط پنجه‌زنی (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) مصرف شد. همچنین در تیمار عرف زارع، هیچ گونه کود فسفوری و پتاسیمی مصرف نشد. در تیمار تغذیه بر اساس آزمون خاک مصرف کودهای فسفوری و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک به صورت پایه و مقدار اوره بر اساس آزمون خاک در چهار تقسیط شامل آبیاری دوم (۲۰ درصد)، مرحله پنجه‌زنی (۳۰ درصد)، ساقه‌رفتن (۳۰ درصد) و تکمیل خوشه (۲۰ درصد) مصرف شد (۱۹). در تیمار سوم (آزمون خاک + تغذیه تکمیلی) علاوه بر مصرف کودهای پایه و تقسیط اوره، بر اساس مرحله نمو در مرحله ابتدایی استفاده از هیومیک اسید به میزان ۱۵ لیتر در هکتار به همراه محرک رشد جلبکی به میزان ۲ لیتر در هکتار، هم‌زمان با آبیاری دوم از کود فسفر ویژه (۱۰-۵۲-۱۰) به میزان ۷ کیلوگرم در هکتار، در مرحله پنجه‌زنی استفاده از کود عنصر متعادل (۲۰-۲۰-۲۰) به میزان ۷ کیلوگرم در هکتار به همراه ۲ لیتر محرک رشد جلبکی و در مرحله خوشه رفتن استفاده از کود

روش درآمد ناخالص حاصل از اعمال هر تیمار، از حاصلضرب عملکرد تولید محصول در قیمت محصول به دست می‌آید. هزینه اعمال هر تیمار معمولاً کل هزینه‌های مربوط به تولید محصول در نظر گرفته می‌شود؛ اما می‌توان هزینه‌های تولید مشترک در اجرای تیمارها را حذف و فقط هزینه‌های غیرمشترک را در محاسبات لحاظ کرد. بنابراین می‌توان فقط کلیه هزینه‌های مربوط به فرآیند کوددهی (هزینه خرید کود، نیروی کار، هزینه تجهیزات مربوط به کوددهی و...) را محاسبه و لحاظ کرد. در این پژوهش به منظور ارزیابی اقتصادی تیمارهای مورد بررسی، قیمت هر کیلوگرم شلتوک ۳۵۰۰ تومان، هر کیسه ۵۰ کیلوگرمی به ترتیب کود اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم ۵۰۰۰، ۶۵۰۰ و ۷۵۰۰ تومان و قیمت هر کیلو کود فسفر ویژه ۱۵۰۰ تومان، هر کیلو کود متعادل ۱۰۰۰ تومان، هر کیلو کود پتاس ویژه ۱۱۰۰ تومان، هر لیتر محرک رشد جلبکی ۴۵۰۰ تومان و هر لیتر اسید هیومیک ۸۰۰۰ تومان در نظر گرفته شد. قیمت هر بسته کود زیستی ۷۵۰۰۰ هزار تومان بر اساس قیمت‌های مصوب وزارت جهاد کشاورزی در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس دوساله (مرکب) اثر تیمارهای مدیریت تغذیه بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های زراعی برنج (رقم عنبری پاکوتاه) در جدول ۴ ارائه شده است. بین تیمارها از نظر عملکرد دانه و تعداد خوشه در واحد سطح از نظر آماری تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد دیده شد.

عملکرد دانه

بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمارهای کود زیستی + کاهش ۲۵ درصد کودهای شیمیایی (۴۳۶۵ کیلوگرم در هکتار) و آزمون خاک + تغذیه تکمیلی (۴۲۷۰ کیلوگرم در هکتار) دیده شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را با تیمارهای عرف

پتاسیم ویژه (۱۲-۱۲-۳۶) به همراه محرک رشد جلبکی به میزان ۲ لیتر در هکتار بود (۱۰). در تیمار چهارم، مصرف کودهای فسفوری و پتاسیمی و اوره به مقدار ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده برمبنای آزمون خاک (۲۵ درصد کمتر از مقادیر توصیه‌شده) و مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم زیستی (کودهای باکتریایی سودوموناس پوتیدا، پانتوآگلومرانس آگلومرانس، سودوموناس کورینسیس و سودوموناس وانکوورنسیس) از شرکت زیست فناوری سبز و با شماره‌های ثبت ماده کودی (۲۷۹۳۸، ۹۳۱۶۲ و ۰۷۷۹۴) موسسه تحقیقات خاک و آب بر اساس مراحل نمو و توصیه‌های موجود اعمال شد (جدول ۳). کود زیستی پتاسیمی شامل دو باکتری سودوموناس کورینسیس و سودوموناس وانکوورنسیس با جمعیت 10^7 باکتری در گرم با شوری ۰/۵۳ دسی‌زیمنس بر متر، کود زیستی فسفوری شامل باکتری سودوموناس پوتیدا با جمعیت 10^7 باکتری در گرم با شوری ۰/۵۳ دسی‌زیمنس بر متر و کود نیتروژنی شامل باکتری پانتوآگلومرانس با جمعیت 10^7 باکتری در گرم با شوری ۰/۵۳ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۳). مساحت کرت‌های آزمایشی ۲۰ مترمربع در نظر گرفته شد.

برداشت برنج به صورت دستی و از سه مترمربع وسط هر کرت انجام شد. بدین منظور از چارچوب یک مترمربعی استفاده شد. اندام هوایی برنج در سه قسمت یک مترمربعی از وسط هر کرت برداشت شد. پس از برداشت، کاه و کلش و دانه برنج از هم جدا شدند و در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. شاخص‌های عملکرد برنج شامل تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در هر خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه شلتوک اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل‌های آماری و مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف به صورت مرکب (دوساله) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و نرم افزار SAS v.9.3 انجام شد. همچنین تحلیل اقتصادی تیمارهای کودی مورد مطالعه نیز با استفاده از روش هزینه - سود انجام شد. در این

جدول ۳. برنامه کودهای مورد نیاز (منبع، مقدار و زمان مصرف) در تیمارهای مورد مطالعه

نام تیمار	نام کود مصرفی	زمان مصرف	مقدار مصرف (کیلوگرم/لتر در هکتار)
عرف زارع (F1)		پایه	۱۰۰ کیلوگرم در هکتار
(بدون مصرف کودهای فسفوری و پتاسیمی)	اوره	اواسط پنجه‌دهی	۲۰۰ کیلوگرم در هکتار
مدیریت بر اساس آزمون خاک (F2)		در چهار تقسیط شامل آبیاری دوم (۲۰ درصد)، مرحله پنجه‌زنی (۳۰ درصد)، ساقه رفتن (۳۰ درصد) و تکمیل خوشه (۲۰ درصد)	۳۰۰ کیلوگرم در هکتار
	سوپرفسفات تریپل	تماماً به صورت پایه	۱۲۵ کیلوگرم در هکتار
	سولفات پتاسیم	تماماً به صورت پایه	۲۰۰ کیلوگرم در هکتار
مدیریت بر اساس آزمون خاک و تغذیه تکمیلی (F3)		در چهار تقسیط شامل آبیاری دوم (۲۰ درصد)، مرحله پنجه‌زنی (۳۰ درصد)، ساقه رفتن (۳۰ درصد) و تکمیل خوشه (۲۰ درصد)	۳۰۰ کیلوگرم در هکتار
	سوپرفسفات تریپل	تماماً به صورت پایه	۱۲۵ کیلوگرم در هکتار
	سولفات پتاسیم	تماماً به صورت پایه	۲۰۰ کیلوگرم در هکتار
	اسید هیومیک، محرک رشد جلبکی و کود فسفر بالا (۱۰-۵۲-۱۰)	مراحل ابتدایی همراه با آب دوم	به ترتیب ۱۵ لیتر، ۲ لیتر و ۷ کیلوگرم در هکتار
	محرک رشد جلبکی و کود ۲۰-۲۰-۲۰	مرحله پنجه‌زنی	به ترتیب ۲ لیتر و ۷ کیلوگرم در هکتار
	محرک رشد جلبکی و کود ۱۲-۱۲-۳۶	مرحله خوشه‌رفتن	به ترتیب ۲ لیتر و ۷ کیلوگرم در هکتار
کاهش ۲۵ درصد آزمون خاک به همراه استفاده از کودهای زیستی (F4).		در چهار تقسیط شامل آبیاری دوم (۲۰ درصد)، مرحله پنجه‌زنی (۳۰ درصد)، ساقه رفتن (۳۰ درصد) و تکمیل خوشه (۲۰ درصد)	۲۲۵ کیلوگرم در هکتار
	سوپرفسفات تریپل	تماماً به صورت پایه	۹۴ کیلوگرم در هکتار
	سولفات پتاسیم	تماماً به صورت پایه	۱۵۰ کیلوگرم در هکتار
	مصرف کود زیستی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم زیستی باکتریایی)	همراه با تقسیط اوره	یک بسته ۱۰۰ گرمی از هر کود زیستی

(کود زیستی + کاهش ۲۵ درصد کودهای شیمیایی) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). دلیل عملکرد کمتر در تیمار سوم (آزمون خاک + تغذیه تکمیلی) نسبت به تیمار چهارم (کود زیستی + کاهش ۲۵ درصد

زارع (۳۶۵۱ کیلوگرم در هکتار) و آزمون خاک (۳۷۸۹ کیلوگرم در هکتار) نشان دادند ($P < 0/05$). مقایسه نتایج نشان داد بین عملکرد دانه شلتوک در دو مدیریت تغذیه‌ای تیمار سوم (آزمون خاک + تغذیه تکمیلی) و تیمار چهارم

می‌گردد. علاوه بر این، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه متناسب با مرحله رشدی و نمو گیاه باعث توانمند شدن گیاه و جلوگیری از ایجاد تنش و کاهش عملکرد گیاه شد. در تیمار ۴، استفاده از کودهای زیستی باعث بهبود جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد محصول شده است. کودهای زیستی از طریق مکانیسم‌های افزایش عناصر غذایی موجب بهبود عملکرد گیاه می‌شوند. یکی از این مکانیسم‌ها، تثبیت نیتروژن در خاک است. در صورت مصرف کودهای زیستی حاوی باکترهای تثبیت کننده نیتروژن (ازتوباکتر یا ازوسپیزیلوم) به همراه کودهای شیمیایی پایه، افزایش ۵۲ درصد کارایی مصرف کود نیتروژن گزارش شده است (۱۱). مکانیسم دیگر، افزایش محلول‌سازی فسفات در خاک است که جوادی و همکاران (۱۱) گزارش کردند که در اثر کاربرد کودهای زیستی به همراه کودهای پایه، مقدار فسفر قابل دسترس خاک ۲/۸ برابر افزایش می‌یابد. مطالعه مروری ساریخانی و امینی (۲۴) نشان داد که مکانیسم‌های مختلفی در کودهای زیستی وجود دارد که در آنها وجود باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و محلول‌کننده فسفات موجب افزایش تحرک عناصر غذایی در خاک می‌شود. علاوه بر این، کاربرد کودهای زیستی موجب بهبود برهمکنش گیاه و خاک می‌گردد بدین صورت که کودهای زیستی موجب اصلاح محیط ریزوسفر و در نتیجه بهبود قابلیت دسترسی عناصر غذایی و برهمکنش جامعه میکروبی خاک و ریشه گیاه می‌شود.

تعداد خوشه در مترمربع

نتایج جدول ۵ نشان داد که در بین اجزای مختلف عملکرد شلتوک برنج، تنها بین تعداد خوشه در مترمربع در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0/05$). بیشترین تعداد خوشه در مترمربع در دو تیمار مدیریت آزمون خاک + تغذیه تکمیلی (۳۲۸) و کود زیستی + کاهش ۲۵ درصد کودهای شیمیایی (۳۱۸) دیده شد که به ترتیب ۱۳/۹ و ۱۰/۴ درصد بیشتر از تیمار عرف زراع بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدیریت تغذیه‌ای گیاه با استفاده از کودهای زیستی و محرک‌های رشد سبب تولید تعداد مناسب‌تر پنجه باور در مترمربع و در نتیجه افزایش تعداد خوشه در مترمربع می‌شود. مورنجن و همکاران (۱۸) نیز افزایش

کودهای شیمیایی) احتمالاً به این دلیل است که در این تیمار در ابتدای فصل رشد، میزان عناصر غذایی به اندازه کافی از منبع کود شیمیایی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد؛ در نتیجه رشد و توسعه رویشی گیاه افزایش یافته که منجر به تأخیر در شروع فاز زایشی و محدود شدن زمان رشد و تکمیل عملکرد دانه در مرحله رشد زایشی شده است. تیمارهای سوم (آزمون خاک + تغذیه تکمیلی) و چهارم (کود زیستی + کاهش ۲۵ درصد کودهای شیمیایی) نسبت به تیمار عرف زراع به ترتیب ۶۱۹ و ۷۰۵ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد داشت که بیانگر افزایش عملکرد دانه شلتوک برنج به ترتیب به میزان ۱۷ و ۱۹/۳ درصد نسبت به عرف زراع بود (جدول ۵). این نتایج با پژوهش‌های سیرواکومار و همکاران (۲۶)، وانیتا و موهنداس (۲۹)، کاویا و همکاران (۱۴) و کادام و همکاران (۱۲) مطابقت دارد. این پژوهشگران گزارش کردند که تغذیه تکمیلی خاک با کاربرد کودهای اسید هیومیک همراه با کودهای شیمیایی پایه به‌طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود؛ به‌طوری که بهبودی در محدودی ۵/۷۵ تا ۲۱ درصد نسبت به تیمارهای شاهد دیده شد. اسید هیومیک جذب عناصر غذایی، به‌ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش می‌دهد (۱۴ و ۲۶). همچنین، اسید هیومیک ویژگی‌های رشد گیاه از جمله طول ریشه، محتوای کلروفیل و مدت زمان سطح برگ را بهبود می‌بخشد (۲۶). علاوه بر این، در پژوهشی دیگر گزارش شد که کاربرد اسید هیومیک با افزایش محتوای پروتئین و نشاسته موجب بهبود کیفیت دانه‌ی برنج می‌شود (۱۲).

این در حالی است که کاربرد کودهای پایه به‌تنهایی (بدون کودهای تکمیلی یا کود زیستی) در تیمار آزمون خاک (تیمار ۲)، موجب افزایش اندکی در عملکرد دانه شلتوک برنج شد (۱۳۸ کیلوگرم در هکتار، معادل ۳/۸ درصد افزایش عملکرد) که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار عرف زراع نداشت (جدول ۵). بنابراین بررسی نتایج نشان می‌دهد که کاربرد توأم کودهای شیمیایی پایه به همراه کودهای تکمیلی یا کودهای زیستی موجب افزایش اثربخشی کودهای شیمیایی نیز

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس دوساله اثر تیمارهای مدیریت تغذیه بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های زراعی برنج رقم عنبروری قرمز پاکوتاه (تجزیه مرکب)

میانگین مربعات							
منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	دانه در خوشه	تعداد خوشه در مترمربع	درصد باروری
اثر سال	۱	۸۱۹۵۶۱/۲**	۷۷۳۲۸۶۰/۲**	۱۴۷/۵**	۳۱۰۹/۹**	۱۱۸۱۶۰/۷**	۲۰۶/۹*
تیمار تغذیه	۳	۷۲۸۸۳۹/۴*	۳۵۴۴۶۰۰/۴ ^{ns}	۰/۲۳۳ ^{ns}	۴۱/۳ ^{ns}	۲۵۵۰*	۱۶/۶۴ ^{ns}
خطای آزمایش	۱۲	۱۳۴۳۸۷/۸	۱۵۷۸۰۰/۸	۱/۳۲۳	۳۸/۶	۷۴۳/۸	۱۷/۲۵
ضریب تغییرات (%)		۹/۱	۱۱/۸	۵/۱	۹/۴	۸/۹	۵/۰

^{ns}، * و **: به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت در سطح ۵ و یک درصد

جدول ۵. مقایسه میانگین دوساله (مرکب) تاثیر تیمارهای مدیریت کودی بر عملکرد و اجزا عملکرد شلتوک (رقم عنبروری پاکوتاه)

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در خوشه	تعداد خوشه در مترمربع	درصد باروری
عرف زارع	۳۶۵۱ ^b	۱۰۱۳۰ ^{ab}	۲۲/۹ ^a	۶۵/۲۷ ^a	۲۸۸/۰ ^b	۸۳/۷۴ ^a
آزمون خاک	۳۷۸۹ ^b	۱۰۰۷۰ ^b	۲۳/۲ ^a	۶۴/۴۰ ^a	۲۸۸/۰ ^b	۸۴/۰۸ ^a
آزمون خاک و تغذیه تکمیلی	۴۲۷۰ ^a	۱۱۷۱۰ ^a	۲۲/۸ ^a	۶۹/۷۵ ^a	۳۲۸/۰ ^a	۸۵/۲۵ ^a
آزمون خاک (کاهش ۲۵ درصد) و کود زیستی	۴۳۵۶ ^a	۱۰۸۵۰ ^{ab}	۲۲/۸ ^a	۶۴/۱۲ ^a	۳۱۸/۰ ^{ab}	۸۱/۲۸ ^a

عملکرد دانه برنج با کاربرد کودهای محرک رشد را گزارش کردند و تعداد خوشه در مترمربع را به‌عنوان مؤثرترین مؤلفه شناسایی کردند. در پژوهش تهلا و همکاران (۲۸) نیز با کاربرد کودهای محرک رشد در کشت برنج، افزایش ۲۳/۰۹ و ۲۶/۴۴ درصدی به‌ترتیب در عملکرد دانه برنج و تعداد خوشه در مترمربع دیده شد.

بهره‌وری مصرف آب

میانگین آب مصرفی، عملکرد شلتوک برنج و شاخص بهره‌وری

مصرف آب در تیمارهای مختلف مورد مطالعه در جدول ۶ ارائه شده است. محدوده میانگین شاخص بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای مورد مطالعه از ۰/۲۱ تا ۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب دیده شد. بیشترین بهره‌وری مصرف آب در تیمار چهارم (کود زیستی + کاهش ۲۵ درصد کودهای شیمیایی) به دست آمد (۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب). نتایج نشان داد که استفاده از کودهای زیستی و تکمیلی به همراه کودهای شیمیایی پایه بر اساس آزمون خاک موجب افزایش ۱۹ و ۱۴ درصدی شاخص

جدول ۶. تعیین میزان بهره‌وری آب در تیمارهای کودی مورد مطالعه در مقایسه با تیمار عرف زارع (مصرف کود بر مبنای عرف زارع) گیاه برنج (رقم عنبری قرمز کوتاه)

تیمار	کل آب مصرفی (مترمکعب)*	میانگین عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
عرف زارع	۱۷۴۰۰	۳۶۵۱	۰/۲۱
آزمون خاک	۱۷۴۰۰	۳۷۸۹	۰/۲۲
آزمون خاک و تغذیه تکمیلی	۱۷۴۰۰	۴۲۷۰	۰/۲۴
کود زیستی + کاهش ۲۵ درصد کودهای شیمیایی	۱۷۴۰۰	۴۳۵۶	۰/۲۵

*: مقادیر آب مصرفی از مطالعه مسکینی ویشکایی و همکاران (۱۶) استفاده شده است.

تحلیل اقتصادی تیمارهای مورد مطالعه در کشت برنج

نتایج بررسی اقتصادی کاربرد تیمارهای کودی مختلف در مقایسه با تیمار عرف زارع در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج نشان داد که هر سه تیمار کودی مورد مطالعه نسبت فایده به هزینه بیشتر از یک را داشتند و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بودند. کمترین مقدار نسبت فایده به هزینه در اثر مصرف کودهای شیمیایی پایه بر اساس آزمون خاک به دست آمد (۳/۸۶). با مصرف کودهای زیستی و تکمیلی همراه با کودهای شیمیایی پایه بر مبنای آزمون خاک موجب افزایش نسبت فایده به هزینه در تیمارهای سوم و چهارم شد. بیشترین نسبت فایده به هزینه در تیمار کود زیستی + کاهش ۲۵ درصد کودهای شیمیایی به دست آمد (۲۳/۲۵) که تقریباً چهار برابر بیشتر از نسبت فایده به هزینه در آزمون خاک + تغذیه تکمیلی (۵/۵۶) بود. دلیل این امر، افزایش درآمد کشاورز از افزایش عملکرد شلتوک برنج در اثر کاربرد کودهای زیستی و کاهش هزینه‌های ناشی از مصرف کودهای شیمیایی پایه بود. بیستا (۲) گزارش کرد که کشت برنج به صورت مستقیم و به روش خشکه کاری از نظر برای کشاورزان اقتصادی مقرون به صرفه است. این روش با کاهش مصرف آب تا ۵۰ درصد و کاهش هزینه‌های نیروی کار تا ۶۰ درصد موجب افزایش ۵ تا ۱۰ درصدی بهره‌وری می‌شود.

بهره‌وری مصرف آب نسبت به شرایط عرف زارع شده است (جدول ۶)؛ درحالی‌که مسکینی ویشکایی و همکاران (۱۶) شاخص بهره‌وری مصرف آب در کشت برنج به صورت کشت مسطح به روش خشکه کاری را ۰/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند که نشان‌دهنده افزایش بهره‌وری مصرف آب در اثر تکنیک‌های مختلف کوددهی است. انتخاب رقم مناسب، شیوه کشت مناسب بر اساس کیفیت خاک و آب منطقه و مدیریت تغذیه گیاه از عوامل کلیدی برای بهینه‌سازی عملکرد سیستم کشت خشکه کاری برنج و بهره‌وری آب هستند (۹ و ۲۵). برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس آستانه‌های تنش رطوبتی خاک در محدوده ۲۰-۱۰ کیلوپاسکال در روش خشکه کاری برنج، نشان داده است که می‌تواند عملکردی مشابه با روش غرقاب دائم حفظ کرده و در عین حال ۱۷ تا ۴۶ درصد در مصرف آب آبیاری صرفه‌جویی کند (۲۵). بهناس و باندوک (۱) گزارش کرد که تسطیح دقیق زمین همراه با کاربرد کودهای زیستی می‌تواند بهره‌وری مصرف آب و عملکرد دانه را در سیستم کشت مستقیم برنج بهبود بخشد. در پژوهشی دیگر نیز کاربرد کود کمپوست غنی‌شده زباله‌های شهری همراه با مصرف ۷۵ درصد میزان توصیه‌شده کود شیمیایی و آبیاری در آستانه ۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر، منجر به بهبود رشد، عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در روش خشکه کاری برنج شده است (۴).

جدول ۷. بررسی اقتصادی کاربرد تیمار کودی مورد مطالعه در مقایسه با تیمار عرف زارع (مصرف کود بر مبنای عرف زارع) گیاه برنج (رقم عنبری قرمز پاکوتاه)

تیمار	عملکرد دانه در تیمار کودی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه در تیمار عرف زارع (کیلوگرم در هکتار)	درآمد کلی حاصل از تیمار (تومان)	افزایش عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	درآمد حاصل از افزایش عملکرد (تومان)	تفاضل هزینه کودهای مصرفی در تیمار کودی با تیمار عرف زارع (تومان)	نسبت فایده به هزینه
عرف زارع	۳۶۵۱	۳۶۵۱	۱۲۷۸۷۵۵۰۰	۰	۰	۰	۰
آزمون خاک	۳۷۸۹	۳۶۵۱	۱۳۲۶۱۵۰۰	۱۳۸	۴۸۳۰۰۰	۱۲۵۰۰۰	۳/۸۶
آزمون خاک + تغذیه تکمیلی	۴۲۷۰	۳۶۵۱	۱۴۹۴۵۰۰۰	۶۱۹	۲۱۶۶۵۰۰	۳۹۰۰۰۰	۵/۵۶
کود زیستی + کاهش ۲۵ درصد کودهای شیمیایی	۴۳۵۶	۳۶۵۱	۱۵۲۴۶۰۰۰	۷۰۵	۲۴۶۷۵۰۰	۱۰۶۲۵۰	۲۳/۲۵

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر تیمارهای کودی مختلف (آزمون خاک، تغذیه تکمیلی و کودهای زیستی) در روش کشت خشکه‌کاری برنج در استان خوزستان در دو سال زراعی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که کاربرد تغذیه تکمیلی و کودهای زیستی به همراه مصرف کودهای شیمیایی پایه بر اساس آزمون خاک می‌تواند موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شلتوک برنج به مقدار ۱۷ تا ۱۹/۳ درصد شود (افزایش عملکرد دانه شلتوک برنج در حدود ۶۱۵ تا ۷۰۵ کیلوگرم در هکتار). در این پژوهش، تعداد خوشه در مترمربع به عنوان مؤثرترین مؤلفه عملکرد برنج در تأثیرگذاری تیمارهای کودی بر افزایش عملکرد دانه شلتوک برنج شناسایی شد. با وجود عدم مصرف کودهای فسفوری و پتاسیمی در تیمار عرف زارع، بین عملکرد دانه شلتوک در دو تیمار عرف زارع و مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک، اختلاف معنی‌داری دیده نشد. باید توجه داشت که در استان خوزستان، کشت برنج بعد از برداشت محصول پاییزه مانند گندم و کلزا انجام می‌شود. در این شرایط بهره‌برداران در

بیشتر مواقع به‌جز کود اوره به‌ندرت از سایر منابع کودی استفاده می‌کنند. با توجه به شرایط احیایی خاک در شرایط کشت برنج میزان فراهمی عناصر مانند فسفر و برخی عناصر ریزمغذی افزایش یافته و باعث تأمین بخشی از نیاز غذایی برنج خواهد شد. این موضوع دلیل احتمالی عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمار آزمون خاک و عرف زارع در این پژوهش است. در تیمار چهارم، با مصرف کودهای زیستی و مصرف کمتر کودهای شیمیایی پایه نسبت به تیمار آزمون خاک + تغذیه تکمیلی، عملکرد دانه شلتوک برنج تغییر معنی‌داری نداشت. چون در تیمار آزمون خاک + تغذیه تکمیلی با توجه به ایجاد شرایط مناسب رشد گیاه، توسعه کانوپی به‌خوبی صورت گرفته؛ ولی فاز زایشی مقارن با ایجاد سرمای پاییزه (در شرایط استان خوزستان) شده است. برآورد و تحلیل اقتصادی نشان داد با رعایت کاربرد عناصر غذایی در تمام مدیریت‌ها نسبت فایده به سود افزایش یافت (۳/۸۶ تا ۲۳/۱۵)؛ به‌طوری که بیشترین بهره اقتصادی به میزان حدود ۲۳ برابر نسبت به تیمار عرف زارع، در تیمار کاربرد کود زیستی + کاهش ۲۵ درصد کودهای شیمیایی

حاصل شد؛ بنابراین نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از کودهای زیستی در روش کشت خشکه کاری برنج، علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی موجب کاهش هزینه های ناشی از مصرف کودهای شیمیایی پایه و افزایش درآمد بهره بردار در اثر افزایش عملکرد دانه شلتوک برنج می شود.

References

منابع مورد استفاده

1. Bahnas, O. T. and M. Bondok. 2008. Effect of precision land leveling and biofertilizers on rice water use efficiency in sandy soils. *Misr Journal of Agricultural Engineering* 25(4): 1293-1309.
2. Bista, B. 2018. Direct Seeded Rice: A New Technology for Enhanced Resource-Use Efficiency. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology* 6(3): 181-198.
3. Davoodi, M. H., N. Davatgar, B. Amiri Larijani, F. Mosheri and M. M. Tehrani. 2014. Integrated Soil Fertility and Rice Nutrition Management Guidelines. Soil and Water Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Ministry of Agricultural Jihad (in Farsi).
4. Dharminder, R. K. Singh, V. Kumar, B. Pramanick, W. F. Alsanie, A. Gaber and A. Hossain. 2021. The Use of Municipal Solid Waste Compost in Combination with Proper Irrigation Scheduling Influences the Productivity, Microbial Activity and Water Use Efficiency of Direct Seeded Rice. *Agriculture* 11(10): 941.
5. Fallah Nosratabad, A. R. and B. Khoshru. 2024. Potentials and challenges of biofertilizers in sustainable agriculture. *Soil Biology Journal* 12(1): 19-63.
6. Ghafari-Zadeh, A., M. Seyed Nejad and A. Gilani. 2015. The effect of foliar spray of aqueous extract of brown algae (*Nizamuddinina zanardinii*) at different nitrogen levels on some physiological, biochemical traits, and wheat yield. *Journal of Plant Environmental Physiology* 11(41): 13-25 (in Farsi).
7. Ghazan Shahi, J. 2006. Soil and Plant Analysis. Aiih Publications, Iran (in Farsi).
8. Gilani, A. 2019. Rice Production Management in Dry-Seeding Method. Publications of the National Rice Research Institute. 23 pp (in Farsi).
9. Ishfaq, M., N. Akbar, S.A. Anjum and M. Anwar-Ijl-Haq. 2020. Growth, yield and water productivity of dry direct seeded rice and transplanted aromatic rice under different irrigation management regimes. *Journal of Integrative Agriculture* 19(11): 2656-2673.
10. Jafarnejadi, A., F. Meskini-Vishkaee, A. Azadi. 2024. Practical principles of crops balanced nutrition in Khuzestan province. Andishe Goya Publications, Iran (in Farsi).
11. Javadi, H., P. Rezvani-Moghaddam, M. H. Rashid-Mohassel and M. J. Saghah-Eslami. 2020. Evaluation of biomass yield and nitrogen and phosphorus efficiency indices in purslane (*Portulaca oleracea* L.) under the influence of organic, chemical, and biofertilizers. *Iranian Journal of Field Crops Research* 18(3): 309-322 (in Farsi).
12. Kadam, S. R., S. Suganya, P. Boominathan, S. Thenmozhi, M. Gnanachitra and K. D. Kumar. 2024. Elemental analysis of humic acid through FTIR and GCMS method and evaluation of humic acid as bio-stimulant for enhancing the yield and quality of rice. *Plant Science Today* 12(1): 1900-2348. <https://doi.org/10.14719/pst.5037>
13. Katkat A. V., H. Çelik, M. A. Turan and B. B. Asik. 2009. Effects of soil and foliar applications of humic substances on dry weight and mineral nutrients uptake of wheat under calcareous soil conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3(2): 1266-127.
14. Kaviya, E., D. Venkatakrishnan, K. Dhanasekaran and R. Elango. 2024. Effect of Humic Plus and Green Magic on Yield and NPK Uptake of Rice. *Environment and Ecology* 42(3B): 1306-1312.
15. Malakouti, M. J. 2014. Optimal Fertilizer Recommendations for Agricultural Crops. Moballeghan Publications. Tehran (in Farsi).
16. Meskini Vishkaee, F., A. Gilani and A. Mokhtaran. 2021. Investigating the effect of rice cultivation on raised beds on water consumption and surface soil salinity in dry-seeding method. In: 17th Iranian Soil Science Congress & 4th National Conference on On-Farm Water Management. Karaj, Iran (in Farsi).
17. Meskini-Vishkaee, F., A. R. Jafarnejadi, M. H. Mousavi-Fazl. 2020. Evaluation of soil physical quality in dominant series of calcareous soils in south west of Iran. *Polish Journal of Soil Science* 2: 225-243.
18. Morejón, R., S. Díaz and M. Núñez. 2004. EFECTO DEL ANÁLOGO DE BRASINOESTEROIDES BIOBRAS 6 EN EL RENDIMIENTO Y OTROS CARACTERES EN EL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales* 25(1): 55-59.
19. Mosheri, F., M. M. Tehrani, A. Shahabi, P. Keshavarz, Z. Khogar, V. Fayyazi Asl, H. Asadi Rahmani, S. Samavat, M. Sadri, N. Rashidi, S. Saadat and Z. Khademi. 2014. Integrated Soil Fertility and Wheat Nutrition Management Guidelines. Soil and Water Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Ministry of Agricultural Jihad (in Farsi).

20. Ortiz-Monasterio, J. I. and W. Raun. 2007. Reduced nitrogen and improved farm income for irrigated spring wheat in the Yaqui Valley, Mexico, using sensor based nitrogen management. *Journal of Agricultural Science* 145: 215–222. [doi: 10.1017/S0021859607006995](https://doi.org/10.1017/S0021859607006995)
21. Pasuquin, J. M., M. F. Pampolino and C. Witt. 2014. Closing yield gaps in maize production in Southeast Asia through site-specific nutrient management. *Crop Research* 156: 219–230. [doi: 10.1016/j.fcr.2013.11.016](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.11.016)
22. Peng, S., R.J. Buresh, and J. Huang. 2010. Improving nitrogen fertilization in rice by site-specific N management. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 649–656. [doi: 10.1051/agro/2010002](https://doi.org/10.1051/agro/2010002)
23. Samavat S. 2016. The final report of the research project "investigating the effect of different organic fertilizers on the chemical, physical and biological properties of the soil under wheat-corn rotation". Soil and Water Research Institute (in Farsi).
24. Sari-Khani, M. R. and R. Amini. 2020. Biofertilizers in sustainable agriculture: A review of biofertilizer research in Iran. *Agricultural Science and Sustainable Production* 30(1): 329-365 (in Farsi).
25. Sepat, S., K. Pavuluri, V. Singh, A. Kumawat and D. Kumar. 2022. Effect of irrigation and nitrogen management on yield, nutrient uptake and water productivity of direct-seeded rice in India. *Journal of Plant Nutrition* 45(19): 3004-3015. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.2020819>
26. Sivakumar, K., L. Devarajan, K. Dhanasekaran, D. Venkatakrishnan and U. Surendran. 2007. Effect of humic acid on the yield and nutrient uptake of rice. *Oryza* 44(3): 277-279.
27. Soriano, J., S. Wani, A.N. Rao, G. Sawargaonkar and J. Gowda. 2018. Comparative Evaluation of Direct Dry-Seeded and Transplanted Rice in the Dry Zone of Karnataka, India. *Philippine Journal of Science* 147(1): 165-174.
28. Talha, I., M. Gomma, A. M. Nada and D. M. Tabl. 2020. Enhancement the Productivity of some Rice Varieties by Using Some Growth Promoter Supplement. *Alexandria Science Exchange Journal* 41: 553-572.
29. Vanitha, K. and S. Mohandass. 2014. Effect of humic acid on plant growth characters and grain yield of drip fertigated aerobic rice (*Oryza sativa* L.). *The Bioscan* 9(1): 45-50.
30. Wang, G., Q. C. Zhang, C. Witt, and R. J. Buresh. 2007. Opportunities for yield increases and environmental benefits through site specific nutrient management in rice systems of Zhejiang province, China. *Agricultural Systems* 94: 801–806. [doi: 10.1016/j.agsy.2006.11.006](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.11.006)