Journal of Water and Soil Science
Vol. 30, No. 3, 2026, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. DOI: 10.47176/jwss.30.3.75632

Growth and Yield of Rice Ratoon Crop (*Oryza sativa* L.) in Hashemi Cultivar in Response to Nitrogen and Phosphorus Fertilization in Clay Lom Soil Mazandaran

Mohammad Mohammadian[1*], Saheb Soodaee Mashaee[2] and Mortaza Nasiri[1]

(Received: Decemmber 30-2026; Revised: June 21-2026; Accepted: June 30-2026)

1. Rice Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension, Organization (AREEO), Amol, Iran.
2. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
*Corresponding Author Email: mohammadian953@yahoo.com

Abstract

A field experiment was conducted using a factorial in a randomized complete block design to evaluate the growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Hashemi in response to nitrogen (N) and phosphorus (P) fertilization. The first factor comprised four N levels (0, 46, 69, and 92 kg N ha^{-1}), and the second factor comprised three P_2O_5 levels (0, 23, and 46 kg P_2O_5 ha^{-1}), with three replications conducted over two cropping years. At the end of the growing season, growth indices, yield, and yield components of rice were measured. The results indicated that the main effects of N and P fertilization on several traits (aboveground dry matter, grain yield, and straw yield) were significant at the 1% probability level. The N × P interaction for grain yield and the main effect of year were significant for most traits at the 5% level. The highest grain yield (935.2 kg ha^{-1}) and straw yield (1455 kg ha^{-1}) occurred with 92 kg N ha^{-1} and 46 kg P_2O_5 ha^{-1}, representing increases of 115% and 120%, respectively, relative to the control (no N or P applied). This treatment is recommended for rice production under ratoon cultivation in areas with similar climatic and soil conditions.

Keywords: Nutritional requirement, Paddy field, Rice ratoon crop, Yield components

How to cite this article: Mohammadian, M., S. Soodaee Mashaee and M. Nasiri. 2026. Growth and Yield of Rice Ratoon Crop (*Oryza sativa* L.) in Hashemi Cultivar in Response to Nitrogen and Phosphorus Fertilization in Clay Lom Soil Mazandaran. *J. Water and Soil Sci.* 30(3): 67-81. DOI: 10.47176/jwss.30.3.75632

Copyright © 2026 Mohammadian 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.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

نشریه علوم آب و خاک
سال سی‌ام/ شماره سوم / پاییز ۱۴۰۵/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۶۷ تا ۸۱
DOI: 10.47176/jwss.30.3.75632

رشد و عملکرد راتون (*Oryza sativa* L.) در رقم هاشمی در پاسخ به کوددهی نیتروژن و فسفر در خاک لوم رسی در مازندران

محمد محمدیان[1*]، صاحب سودائی مشائی[2] و مرتضی نصیری[1]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۹ ؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۳/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۴/۹)

۱. معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران.
۲. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، چهارمحال‌وبختیاری، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mohammadian953@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی رشد و عملکرد راتون (*Oryza sativa* L.) در رقم هاشمی در پاسخ به کوددهی نیتروژن و فسفر، آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی، فاکتور اول شامل مصرف نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۴۶، ۶۹ و ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، فاکتور دوم مصرف فسفر در سه سطح (صفر، ۲۳ و ۴۶ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار) و با سه تکرار در دو سال زراعی اجرا شد. در پایان فصل رشد شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد راتون برنج اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر تیمار کود نیتروژن و فسفر بر برخی صفات (ماده خشک، عملکرد دانه و کاه) در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار بود. اثر متقابل بین تیمارها برای عملکرد دانه در سطح ۵ درصد و اثر سال هم برای بیشتر صفات تفاوت معنی‌دار نشان داد. بیشترین عملکرد دانه (۹۳۵/۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد کاه (۱۴۵۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار مصرف ۹۲ کیلوگرم نیتروژن و ۴۶ کیلوگرم فسفر بود که نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف نیتروژن و فسفر) ۱۱۵ و ۱۲۰ درصد افزایش نشان داد. این تیمار برای تولید راتون برنج در مناطقی با شرایط اقلیمی و خاک مشابه پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: نیاز غذایی، شالیزار، محصول راتون برنج و اجزای عملکرد

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/)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

مقدمه

پرورش راتون یکی از مهم‌ترین راهکارهای افزایش بهره‌وری اراضی شالیزاری شمال کشور بوده که یک روش پایدار و کارآمد برای تولید برنج کم نهاده است. به دلیل عدم نیاز به خاک‌ورزی، طول دوره رشد کمتر و هزینه کم، پرورش راتون مورد استقبال بسیاری از کشاورزان قرار می‌گیرد (۲۳). راتونینگ (Ratoning) روش عملی برای افزایش تولید برنج در واحد سطح، در واحد زمان با توانایی تولید پنجه و خوشه جدید بعد از برداشت محصول اصلی اول است. در مناطقی که کشت مجدد برنج (کشت دوم) به‌وسیله کمبود آب آبیاری و همچنین درجه‌حرارت کم در پایان فصل رشد، محدود می‌شود، راتون با طول دوره رشد و نمو کوتاه می‌تواند گزینه مناسبی برای تولید محصول باشد (۴). تولید محصول دوم برنج در یک فصل کشت به عنوان راتونینگ شناخته می‌شود. محصول راتون با جوانه زدن مجدد پنجه‌های برنج از قسمت جوانه‌های گردنی ساقه‌های به‌جامانده پس از برداشت کشت اول برنج توسعه می‌یابد. عملکرد دانه محصول راتون معمولاً یک‌سوم عملکرد محصول اصلی است (۱۹ و ۲۳). این سیستم می‌تواند در منطقه‌ای با عرض جغرافیایی میانی که فصل کشت برای کاشت دوم به اندازه کافی طولانی نیست، از منابع حرارتی به طور کامل استفاده کند (۲۹). عملکرد برنج راتون در مرز شمالی (کمتر از ۳ تن در هکتار) به دلیل فصل رشد کوتاه‌تر، بسیار کمتر از مناطق معتدل گرم (۵ تا ۸ تن در هکتار) است (۷). با این حال، حتی در مناطق معتدل و خنک نیز می‌توان با مدیریت خوب، آن را افزایش داد (۱۷).

مطالعات اخیر نشان داده است که کاربرد نیتروژن، عملکرد محصول راتون را در سیستم کشت برنج - راتون افزایش می‌دهد (۹). برای محصول راتون، کود نیتروژن باید برای افزایش شروع جوانه، رشد پنجه و توسعه خوشه استفاده شود. نیتروژن خوشه فقط برای محصول راتون با ریشه کم که خوشه‌های کمتر اما بزرگ‌تری دارد و ۱۵ تا ۳۰ روز طول رشد بیشتری نسبت به محصول راتون با ریشه زیاد دارد، استفاده می‌شود (۹). کوددهی نیتروژن برای رشد پنجه‌ها و توسعه خوشه به طور قابل توجهی عملکرد محصول راتون را به ترتیب ۲۰/۴-۹/۳ و ۲۰/۴-۱۷ درصد از طریق افزایش سنبلچه‌ها در مترمربع افزایش داد (۱۰). درنتیجه این پژوهش، ۱۰۵-۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای رشد پنجه‌ها در ۵-۳ روز پس از برداشت محصول اصلی و ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای توسعه خوشه در ۲۰-۱۸ روز پس از برداشت برنج راتون با کاه کم توصیه کرد.

برخی مطالعات دو مرحله دیگر برای مصرف سرک نیتروژن برای محصول راتون توصیه می‌کنند، یکی در اواخر مرحله رشد زایشی یا پرشدن دانه محصول اصلی (قبل از برداشت) و دیگری پس از برداشت محصول اصلی (پس از برداشت) (۲۳ و ۲۷). بهترین زمان مصرف نیتروژن پس از برداشت در بین گزارش‌ها ثابت است و ظرف ۳ روز پس از برداشت است (۲۷). ژو و همکاران (۲۵) نشان دادند که تعداد خوشه و عملکرد محصول راتون با افزایش تأخیر در مصرف نیتروژن پس از خوشه‌دهی کامل، کاهش می‌یابد. با این حال، ژیه و همکاران (۲۴) پیشنهاد کردند که مصرف نیتروژن در ۱۵ تا ۲۰ روز پس از مرحله خوشه‌دهی کامل محصول اصلی، تعداد بیشتری جوانه پنجه باززایی‌شده نسبت به مصرف نیتروژن در ۱۰ روز یا ۲۴ روز پس از خوشه‌دهی کامل به دست می‌دهد. این نتایج متناقض ممکن است به دلیل تفاوت در تغذیه نیتروژن گیاه در پاسخ به رژیم‌های نیتروژن قبل از خوشه‌دهی و شرایط آب‌وهوایی (برای نمونه نور و دما) باشد.

یانگ و همکاران (۲۸) نشان دادند که نسبت بهینه کود نیتروژن و فسفر توصیه‌شده برای برنج راتون ۱۶۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۲۷ کیلوگرم در هکتار فسفر است که ردپای کربن را کاهش داد، عملکرد را افزایش داد و راندمان کربن فرایند تولید را بهبود بخشید و الگوی کوددهی جدیدی را برای توسعه پایدار سبز راتون‌دهی برنج ارائه داد.

برنج (*Oryza sativa* L.) دومین منبع بزرگ غذا در سراسر جهان است و در زمینی به مساحت ۱۶۳/۲ میلیون هکتار کشت

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

می‌شود و میانگین تولید سالانه آن در سراسر جهان ۷۴۰/۹ میلیون تن است (۶). تخمین زده شده است که تولید جهانی برنج تا سال ۲۰۳۵ باید ۱۱۶ میلیون تن افزایش یابد تا تقاضای رو به افزایش برنج را برآورده کند (۲۶). یکی از مشکلات پرورش راتون عدم تعادل در مصرف کود (مصرف بیش از حد نیاز کود اوره و عدم مصرف سایر کودها) است که سبب کاهش بهره‌مندی از پتانسیل راتون و خطر آلودگی محیط‌زیست را دوچندان می‌کند. پس از برداشت محصول اول و به دلیل جذب عناصر غذایی، سطح عناصر غذایی خاک در کمترین مقدار ممکن در طول سال قرار دارد؛ بنابراین مصرف عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به صورت پایه اهمیت زیادی دارد. متأسفانه بیشتر کشاورزان در پرورش راتون از مقادیر بسیار زیاد و بیش از حد نیاز کود نیتروژن استفاده می‌کنند، بدون اینکه از سایر کودها به ویژه کود فسفاته استفاده کنند و این مسئله راندمان کم مصرف کود نیتروژن در پرورش راتون را سبب می‌شود. نتایج پژوهشگران تنها به ما کمک می‌کند تا درک بهتری از چگونگی تأثیر مدیریت زراعی بر عملکرد محصول راتون برنج داشته باشیم؛ بنابراین، ارزیابی رابطه مقدار مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تولید راتون، علاوه‌بر درنظرگرفتن عوامل محیطی، می‌تواند به ما در شناسایی بهترین مقادیر کودی برای تولید راتون کمک کند و درنتیجه اثربخشی راتون در تولید خالص در واحد سطح مزرعه کشاورز را افزایش دهد. بنابراین، هدف از این پژوهش، ارزیابی و تعیین مقادیر مناسب مصرف کود نیترژنه و فسفاته برای حصول بیشترین عملکرد راتون برنج در مزارع تحقیقاتی مازندران است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور معاونت مازندران واقع در آمل با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۳۰ متر از سطح دریا با میانگین دمای سالانه ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه ۶۷۱ میلی‌متر در سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، فاکتور اول شامل مصرف نیتروژن در چهار سطح صفر (N_0)، ۴۶ (N_{46})، ۶۹ (N_{69}) و ۹۲ (N_{92}) کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره و فاکتور دوم مصرف فسفر در سه سطح صفر (P_0)، ۲۳ (P_{23}) و ۴۶ (P_{46}) کیلوگرم فسفر P_2O_5 در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل در سه تکرار اجرا شد. رقم برنج مورد بررسی رقم طارم هاشمی بود که بذر آن از مؤسسه تحقیقات برنج کشور – معاونت مازندران تهیه شد. عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل بهار و نشاکاری در هر دو سال در نیمه اردیبهشت انجام شد. در همه کرت‌ها، تمامی کودهای شیمیایی مورد نیاز در کشت اول به صورت یکنواخت و بر اساس نتایج تجزیه خاک (۵) مصرف شد. نشاکاری به تعداد سه کپه و با فاصله ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر مربع در کرت‌ها به اندازه ۱۲ مترمربع در تاریخ ۳۱ اردیبهشت‌ماه نشا شدند (۱۶). برای جلوگیری از نشت آب همراه با کود بین کرت‌های اصلی تیمارهای کودی مرز گرفته و دو طرف مرز به طور کامل تا اعماق حدود ۱۵ سانتی‌متر زیر سطح خاک با نایلون پوشانده شد. طبق توصیه مؤسسه تحقیقات برنج کشور مبارزه با آفت کرم ساقه‌خوار در مرحله زایشی از آفت‌کش دیازینون گرانوله ۱۰ درصد به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار و بیماری سوختگی غلاف با استفاده از قارچ‌کش تیلت به نسبت دو در هزار استفاده شد. همچنین علف‌های هرز با دو روش وجین دستی در دو مرحله ۲۰ و ۳۵ روز پس از نشاکاری و مبارزه شیمیایی با علف‌کش کلین‌وید به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار کنترل شدند. برداشت محصول اصلی در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر انجام شد. پس از برداشت محصول اصلی، از هر تکرار یک نمونه خاک مرکب سطحی تهیه و تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک صورت گرفت. سپس نسبت به آبیاری کرت‌ها اقدام و به همراه آبیاری دوم تمامی مقدار کود فسفاته و ۷۰ درصد کود اوره (سرک اول) استفاده شد و باقیمانده کود اوره ۲ هفته پس از آن (سرک دوم) مصرف شد. نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

جدول ۱. نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده برای آزمایش

Table 1. Results of physical and chemical characterization of the soil used in the experiment

Soil Texture	Available Potassium (mg/kg)	Available Phosphorus (mg/kg)	Equivalent Calcium Carbonate (%)	Organic Carbon (%)	Electrical Conductivity (dS/m)	Saturation Percentage	pH
Clay loam	224	8.25	29	2.51	0.99	68	6.7

هدایت الکتریکی خاک مورد استفاده برابر ۰/۹۹دسی‌زیمنس بر متر است؛ بنابراین خاک مورد استفاده محدویت شوری نداشته و واکنش آن در محدوده خنثی است. بافت خاک لوم رسی بوده و دارای فسفر قابل جذب نسبتاً کم است. مقدار پتاسیم قابل جذب خاک، زیاد بوده و محدودیتی برای رشد گیاه ایجاد نخواهد کرد. سایر عملیات زراعی از قبیل مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها به‌طور یکنواخت در کلیه کرت‌های آزمایشی در کشت راتون هم صورت گرفت. نمونه ۱۲ بوته‌ای در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی برای تعیین عملکرد کاه و شاخص برداشت تهیه شد. برای تعیین عملکرد دانه، پنج‌مترمربع از هر کرت برداشت و میزان تولید با رطوبت ۱۴ درصد محاسبه گردید. همچنین برخی صفات اجزای عملکرد مانند تعداد خوشچه‌های پر، پوک و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد.

به منظور بررسی آماری نتایج حاصل از داده‌های پژوهش، ابتدا پیش‌شرط‌های تجزیه واریانس شامل بررسی همگنی واریانس‌ها خطا و توزیع نرمال باقیمانده‌ها بررسی و در صورت لزوم، تبدیل داده‌ها با روش‌های معمول انجام گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9.1) و در پایان مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سطوح نیتروژن بر صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد سنبلچه در خوشه، عملکرد دانه، وزن کاه، ماده خشک و شاخص برداشت در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار شد؛ اما اثر عامل سطح فسفر تنها بر صفات عملکرد دانه، وزن کاه و ماده خشک در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار شد. اگرچه بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر سطوح فسفر روی ویژگی ارتفاع بوته در هیچ‌یک از سطوح احتمال آماری معنی‌دار نبوده است، اما مقایسه میانگین، تیمارها را در گروه‌های متفاوتی قرار داد. اثر متقابل تیمار کود نیتروژن و فسفر بر ویژگی‌های تعداد پنجه، تعداد سنبلچه در خوشه، تعداد دانه پر، وزن هزار دانه، درصد ماده خشک، عملکرد دانه و کاه در سطح احتمال آماری پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بررسی اثر سال روی صفات مورد اندازه‌گیری نشان داد که اثر سال روی صفات ارتفاع بوته، تعداد کل سنبلچه و وزن هزاردانه معنی‌دار نبوده است؛ ولی اثر آن بر صفت تعداد پنجه در سطح یک درصد، و بر صفات تعداد دانه پر، تعداد سنبلچه پوک، طول خوشه، ماده خشک، عملکرد کاه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بوده است؛ با وجود معنی‌دار نبودن اثر متقابل عوامل آزمایش روی برخی ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲).

تعداد پنجه

مقایسه میانگین اثر ساده سطح نیتروژن روی ویژگی تعداد پنجه نشان داد که کمترین تعداد پنجه با میانگین ۸/۵۱ عدد در تیمار شاهد و بیشترین آن با میانگین ۱۲/۱۵ عدد در تیمار N_{92} دیده شد. بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل عوامل آزمایش روی ویژگی تعداد پنجه نشان داد که کمترین مقدار تعداد پنجه به ترکیب تیماری N_0P_0 با میانگین ۸/۰۶ عدد تعلق داشت. بیشترین تعداد پنجه به ترتیب به تیمارهای $N_{69}P_{46}$ و $N_{92}P_{23}$ با میانگین ۱۲/۲۳ و ۱۲/۲۱ عدد اختصاص داشت. همچنین دو ترکیب تیماری $N_{92}P_0$ و $N_{92}P_{46}$ از نظر ویژگی تعداد پنجه با ترکیب‌های تیماری دارای بیشترین تعداد پنجه (تیمارهای $N_{69}P_{46}$ و $N_{92}P_{23}$)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب اثر سطح کود نیتروژن و سطح کود فسفر و اثر متقابل آنها بر ویژگی‌های زراعی راتون برنج

Table 2. Combined analysis of variance (ANOVA) of nitrogen fertilizer level, phosphorus fertilizer level, and their interaction effect on agronomic characteristics of rice ratoon

Sources of Variation	Degrees of Freedom	Mean Squares				
		Plant Height	Number of Tillers	Number of Spikelets per Spike	Number of Filled Grains	Number of Empty Spikelets
Year	1	244.7 ^{ns}	23.30 *	20.92 ^{ns}	3089.11**	564.48**
Replication (Year)	4	650.3 ^{ns}	5.02 ^{ns}	3.45 ^{ns}	54.98 ^{ns}	28.26 ^{ns}
Phosphorus Level	2	29.6 ^{ns}	2.23 ^{ns}	0.98 ^{ns}	100.03 ^{ns}	15.74 ^{ns}
Nitrogen Level	3	1211.8**	46.30**	29.10**	107. 96 ^{ns}	21.51 ^{ns}
Phosphorus × Nitrogen Level	6	21.6*	1.15*	1.14*	41.75*	9.12 ^{ns}
Year × Phosphorus Level	2	3.4 ^{ns}	0.39 ^{ns}	4.37 ^{ns}	94.58 ^{ns}	25.82 ^{ns}
Year × Nitrogen Level	3	137.8*	11.72*	3.16 ^{ns}	84.79 ^{ns}	11.94 ^{ns}
Year × Phosphorus × Nitrogen Level	6	5.7 ^{ns}	0.99 ^{ns}	3.84 ^{ns}	94.62 ^{ns}	7.33 ^{ns}
Total Error	44	20.5	1.66	2.70	41.06	7.26
Coefficient of Variation (CV)		4.25	11.97	7.33	14.15	29.38

Sources of Variation	Degrees of Freedom	Mean Squares					
		Spike Length	Thousand Grain Weight	Dry Matter	Straw Yield	Grain Yield	Harvest Index
Year	1	1012.57**	1.006 ^{ns}	13404979**	6819124**	586264**	806.94**
Replication (Year)	4	32.44 ^{ns}	1.40 ^{ns}	7981.47 ^{ns}	4370.27 ^{ns}	1242.38 ^{ns}	1.49 ^{ns}
Phosphorus Level	2	155.83 ^{ns}	0.19 ^{ns}	394164 ^{ns}	136319 ^{ns}	70677.09 ^{ns}	6.02 ^{ns}
Nitrogen Level	3	195/56 ^{ns}	0.87 ^{ns}	3602444**	1486987**	526795**	17.52**
Phosphorus × Nitrogen Level	6	43.29 ^{ns}	1.97*	1066991*	3870.13*	3341.20*	2.43 ^{ns}
Year × Phosphorus Level	2	205.16 ^{ns}	0.46 ^{ns}	264010**	125616**	24549.76**	5.89 ^{ns}
Year × Nitrogen Level	3	124.96 ^{ns}	0.29 ^{ns}	48362**	40559**	847.42 ^{ns}	2.79 ^{ns}
Year × Phosphorus × Nitrogen Level	6	67.40 ^{ns}	0.61 ^{ns}	36368**	217.97**	3188.17*	5.58**
Total Error	44	52.03	0.66	3664.91	1972.67	555.57	0.79
Coefficient of Variation (CV)		13.25	3.22	3.39	3.92	3.44	2.49

**Significant at 1% level, * Significant at 5% level, ^{ns} Not significant.

در یک گروه آماری قرار دارند (جدول ۳).

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین اثر ساده سطح نیتروژن روی ویژگی ارتفاع بوته نشان داد که کمترین ارتفاع بوته با میانگین ۹۴/۵ سانتی‌متر به تیمار شاهد تعلق داشت. سایر سطوح کود نیتروژن از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌دار آماری نداشته و همگی در یک کلاس آماری قرار گرفتند. بیشترین ارتفاع بوته به مقدار ۱۱۲/۶سانتی‌متر متعلق به تیمار N_{92} بوده است. همان‌طور که گفته شد هرچند در نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح فسفر بر ویژگی ارتفاع بوته معنی‌دار نبوده است، اما مقایسه میانگین سطوح مختلف کود فسفاته را در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل سطح کود نیتروژن × سطح کود فسفر بر ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری راتون برنج

Table 3. Mean comparison of the interaction effect of nitrogen fertilizer level × phosphorus fertilizer level on the measured characteristics of rice ratoon

Phosphorus Level	Nitrogen Level	Number of Tillers	Plant Height (cm)	Number of Spikelets per Spike	Number of Grains per Spike	Number of Empty Spikelets	Spike Length (cm)	Thousand Grain Weight (g)	Harvest Index (%)
P_0	N_0	8.06 ^{d}	93.03 ^{b}	20.48 ^{c}	42.09 ^{ab}	7.03 ^{a}	49.9 ^{a}	24. 90 ^{bc}	37. 5 ^{a}
	N_{46}	10.82 ^{abc}	107. 01^{a}	22.24 ^{abc}	46.66 ^{ab}	11.16 ^{a}	57.8 ^{a}	25.21 ^{abc}	34.8 ^{ab}
	N_{69}	11.21^{abc}	110.42 ^{a}	23.84 ^{a}	45.45 ^{ab}	9.93 ^{a}	55.4 ^{a}	25.38 ^{ab}	34.4 ^{ab}
	N_{92}	12.13 ^{a}	115.09 ^{a}	23.88 ^{a}	53.85 ^{a}	8.33 ^{a}	62.2 ^{a}	26.11 ^{a}	35.7 ^{ab}
P_{23}	N_0	8.66 ^{cd}	92.39 ^{b}	20.60 ^{c}	41.76 ^{ab}	7.51 ^{a}	49.3 ^{a}	25.40 ^{ab}	36.2 ^{ab}
	N_{46}	10.17 ^{abcd}	107.41 ^{a}	21.84 ^{abc}	40.03 ^{b}	7.63 ^{a}	47.7 ^{a}	25.05 ^{bc}	33.7 ^{b}
	N_{69}	11.42 ^{ab}	110.78 ^{a}	23.51 ^{ab}	44.26 ^{ab}	9.01 ^{a}	53.3 ^{a}	25.06 ^{a}	35.46 ^{ab}
	N_{92}	12.21 ^{a}	110.65 ^{a}	22.89 ^{abc}	46.51 ^{ab}	9.43 ^{a}	55.9 ^{a}	24.37 ^{c}	36.3 ^{ab}
P_{46}	N_0	8.83 ^{bcd}	98.13 ^{b}	21.05 ^{bc}	43.56 ^{ab}	8.13 ^{a}	51.7 ^{a}	25.15 ^{bc}	37.00 ^{a}
	N_{46}	11.52 ^{ab}	108.17 ^{a}	22.74 ^{abc}	46.50 ^{ab}	10.90 ^{a}	57.4 ^{a}	25.49 ^{ab}	35.7 ^{ab}
	N_{69}	12.23 ^{a}	111.64 ^{a}	23.42 ^{ab}	46.30 ^{ab}	9.40 ^{a}	55.7 ^{a}	25.42 ^{ab}	35.9 ^{ab}
	N_{92}	11.94 ^{a}	112.17 ^{a}	22.70 ^{abc}	45.31 ^{ab}	11.61 ^{a}	56.9 ^{a}	25.28 ^{abc}	36.8 ^{ab}

*Values within each column followed by the same letters are not significantly different at the 5% level.

گروه‌های متفاوتی قرار داد؛ به‌طوری که کمترین و بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۰۵/۳ و ۱۰۷/۵ سانتی‌متر به ترتیب متعلق به تیمارهای P_{23} و P_{46} بوده است. بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل عوامل آزمایش روی ویژگی ارتفاع بوته نشان داد که کمترین مقدار ارتفاع بوته در ترکیب تیماری N_0 با هر سه سطح کود فسفره به دست آمده است و این سه ترکیب تیماری در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). کمترین ارتفاع بوته با میانگین ۹۲/۴ سانتی‌متر مربوط به ترکیب تیماری N_0P_{23} بود. ترکیب سایر سطوح کود نیتروژن و سطوح کود فسفره در یک گروه آماری قرار داشته‌اند. بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۱۲/۲ سانتی‌متر مربوط به ترکیب تیماری $N_{92}P_{46}$ بوده است (جدول ۳).

تعداد سنبلچه در خوشه

مقایسه میانگین اثر ساده سطح نیتروژن روی ویژگی تعداد سنبلچه در خوشه نشان داد که کمترین مقدار این ویژگی با میانگین ۲۰/۷ عدد به تیمار شاهد تعلق داشت. سایر سطوح کود نیتروژن از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌دار آماری نداشتند. بیشترین تعداد سنبلچه در خوشه با میانگین ۲۳/۵۹ عدد متعلق به تیمار N_{69} بوده است که با تیمار N_{92} در یک گروه آماری قرار دارد. هرچند در نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل سطوح نیتروژن و سطوح فسفر بر ویژگی تعداد سنبلچه در خوشه معنی‌دار نبوده است، اما مقایسه میانگین، ترکیبات مختلف عوامل آزمایش را در گروه‌های متفاوتی قرار داد؛ به‌طوری کمترین تعداد سنبلچه در خوشه به ترکیب تیماری N_0P_0 و به مقدار ۲۰/۴۸ عدد و بیشترین تعداد سنبلچه در خوشه به ترتیب با میانگین ۲۳/۸۸ و ۲۳/۸۴ عدد به ترتیب به ترکیب تیماری $N_{46}P_0$ و $N_{69}P_0$ اختصاص داشت (جدول ۳).

تعداد دانه پر

در این آزمایش بین تیمارهای آزمایشی اثر متقابل تیمارها بر صفت تعداد دانه تفاوت معنی‌داری دیده نشد؛ اما مقایسه میانگین اثرات متقابل عوامل آزمایش، ترکیبات تیماری مختلف را در گروه‌های متفاوتی قرار داد. نتایج مقایسه میانگین اثر عوامل آزمایش روی ویژگی تعداد دانه پر نشان داد که کمترین تعداد دانه پر به مقدار ۴۰/۰۳ عدد در ترکیب تیماری $N_{46}P_{23}$ و بیشترین مقدار آن در ترکیب تیماری $N_{92}P_0$ به مقدار ۵۳/۸۵ دیده شد. همه ترکیب تیماری، به جز دو تیمار یادشده، از نظر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

ویژگی تعداد دانه پر در یک کلاس آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ۳).

وزن هزاردانه

همانند ویژگی تعداد دانه پر، اثر ساده هیچ‌یک از عوامل آزمایش و نیز اثرات متقابل آنها بر ویژگی وزن هزاردانه معنی‌دار نبوده است؛ اما مقایسه میانگین اثرات متقابل عوامل آزمایش، ترکیبات تیماری مختلف را در گروه‌های متفاوتی قرار داد. نتایج مقایسه میانگین اثر عوامل آزمایش روی ویژگی وزن هزاردانه نشان داد که کمترین وزن هزاردانه به مقدار ۲۴/۳۷ گرم در ترکیب تیماری $N_{92}P_{23}$ و بیشترین مقدار آن در ترکیب تیماری N_0P_{23} به مقدار ۲۶/۱۱ گرم مشاهده شد (جدول ۳).

شاخص برداشت

نتایج مقایسه میانگین اثر ساده عوامل آزمایش روی ویژگی شاخص برداشت نشان داد که بین سال‌های مورد آزمایش و سطوح کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری از نظر صفت شاخص برداشت وجود داشت؛ اما بین سطوح کود فسفره و اثر متقابل فسفر و نیتروژن از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲)

مقایسه میانگین مرکب اثر اصلی کود نیتروژن نشان‌دهنده آن است که تیمار N_0 با میانگین ۰/۳۶۹ بیشترین مقدار شاخص برداشت و تیمار N_{46} با ۰/۳۴۷ کمترین مقدار شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. تیمار دارای بیشترین مقدار شاخص برداشت با دو تیمار دیگر نیتروژن یعنی N_{69} و N_{92} از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار آماری از نظر ویژگی شاخص برداشت نیست. مقایسه میانگین اثر متقابل عوامل آزمایش نشان داد که دو ترکیب تیماری N_0P_0 و N_0P_{46} به ترتیب با ۰/۳۷۵ و ۰/۳۷۰ بیشترین مقدار شاخص برداشت بودند. بین این دو ترکیب تیماری (به جز ترکیب تیماری $N_{46}P_{23}$ که با ۰/۳۳۷ کمترین مقدار شاخص برداشت را دارا بود) با سایر ترکیب‌های تیماری از نظر ویژگی شاخص برداشت اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر مرکب سال و تیمارهای آزمایش نشان داد که در سال اول تیمار N_0P_{46} و در سال دوم تیمار N_0P_0 بیشترین شاخص برداشت را نشان داد که ناشی از تولید زیست‌توده کمتر بوده است (جدول ۴).

ماده خشک

نتایج مقایسه میانگین اثر ساده عوامل آزمایش روی ویژگی ماده خشک نشان داد که بین سطوح مختلف کود فسفره از نظر ماده خشک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و هر سه تیمار در یک گروه آماری قرار دارند؛ اما بین سطوح کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری دیده شد. تیمار N_0 با ۱۱۶۷ کیلوگرم در هکتار کمترین و تیمار N_{92} با ۲۲۰۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین ماده خشک را در بین سطوح مختلف کود نیتروژن به خود اختصاص دادند. تیمار نیتروژن دارای بیشترین ماده خشک، با تیمار N_{69} از نظر ویژگی ماده خشک، اختلاف معنی‌دار آماری ندارد. مقایسه میانگین اثر مرکب سال و تیمارهای آزمایش نشان داد که در سال اول و دوم تیمار $N_{92}P_{46}$ بیشترین ماده خشک را نشان داد (جدول ۴).

ترکیب تیمار بدون مصرف نیتروژن (N_0) در هر سه سطح کود فسفره به ترتیب با میانگین‌های ۱۰۷۶، ۱۱۵۳ و ۱۲۷۲ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار ماده خشک را داشتند. بیشترین مقدار ماده خشک از ترکیب تیماری $N_{92}P_{46}$ به مقدار ۲۳۴۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد؛ ولی این ترکیب تیماری با چند ترکیب تیماری دیگر مانند $N_{69}P_{46}$، $N_{92}P_{23}$ و $N_{92}P_0$ دارای اختلاف معنی‌دار آماری نیست (شکل ۱).

عملکرد کاه

نتایج مقایسه میانگین مرکب نشان داد که از بین دو عامل آزمایش، تنها اثر ساده سطوح نیتروژن روی ویژگی عملکرد کاه معنی‌دار بوده است (جدول ۲). تیمار N_0 با ۷۲۸ کیلوگرم در هکتار کمترین و تیمار N_{92} با ۱۳۸۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد کاه را به خود اختصاص دادند. مقایسه میانگین اثر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر مرکب تیمارهای آزمایش روی ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در محصول راتون برنج

Table 4. Mean comparison of the combined effect of experimental treatments on the measured characteristics of rice ratoon

Year	Treatment Code	Dry Matter	Straw Yield	Grain Yield	Harvest Index (%)
		(kg/ha)			
First Year	N_0P_0	778^{f}	469^{h}	348^{g}	39.73^{b}
	N_0P_{23}	821.7^{f}	504.7^{h}	357.7^{g}	38.64^{cd}
	N_0P_{46}	796.4^{f}	462.4^{h}	376^{g}	41.92^{a}
	$N_{46}P_0$	1390^{e}	874.4^{g}	581^{f}	37.08^{c}
	$N_{46}P_{23}$	1361de	859^{fg}	565.7^{f}	36.88^{c}
	$N_{46}P_{46}$	1311de	802^{efg}	573.7^{f}	38.85^{bc}
	$N_{69}P_0$	1524.7^{cd}	960^{efg}	636.4^{e}	37.04^{c}
	$N_{69}P_{23}$	1467^{c}	884.4^{def}	657de	39.73^{b}
	$N_{69}P_{46}$	1512.7^{c}	907.7^{cde}	682^{d}	40.04^{ab}
	$N_{92}P_0$	1641.4^{b}	991.4^{cd}	733^{c}	39.64^{b}
	$N_{92}P_{23}$	1701.7^{b}	1017^{b}	772^{b}	40.30^{ab}
	$N_{92}P_{46}$	1887.7^{a}	1141^{a}	841.7^{a}	39.56^{b}
Second Year	N_0P_0	1374.4^{l}	853^{l}	521.4^{g}	35.16^{a}
	N_0P_{23}	1484.7^{k}	942^{k}	542.7^{g}	33.81^{b}
	N_0P_{46}	1748^{h}	1139^{h}	609^{f}	32.16^{c}
	$N_{46}P_0$	1958.4^{g}	1268.7^{g}	690^{e}	32.53^{c}
	$N_{46}P_{23}$	2077.4^{f}	1388.7^{f}	688.7^{e}	30.55^{e}
	$N_{46}P_{46}$	2491^{e}	1614^{d}	876.7^{c}	32.51^{c}
	$N_{69}P_0$	2230^{d}	1463.7^{e}	766^{d}	31.70^{cd}
	$N_{69}P_{23}$	2335.4^{c}	1550^{d}	785.4^{d}	30.99^{de}
	$N_{69}P_{46}$	2833^{a}	1861^{a}	972^{b}	31.66^{cd}
	$N_{92}P_0$	2481.7^{b}	1628^{c}	853.7^{c}	31.74^{cd}
	$N_{92}P_{23}$	2736.7^{a}	1781^{b}	955.7^{b}	32.24^{c}
	$N_{92}P_{46}$	2798.4^{a}	1769.7^{b}	1028.7^{a}	34.01^{b}

Values within each column followed by the same letters are not significantly different at the 5% level.

مرکب سال و تیمارهای آزمایش نشان داد که در سال اول تیمار $N_{92}P_{46}$ و در سال دوم تیمار $N_{69}P_{46}$ بیشترین عملکرد کاه را نشان داد (جدول ۴).

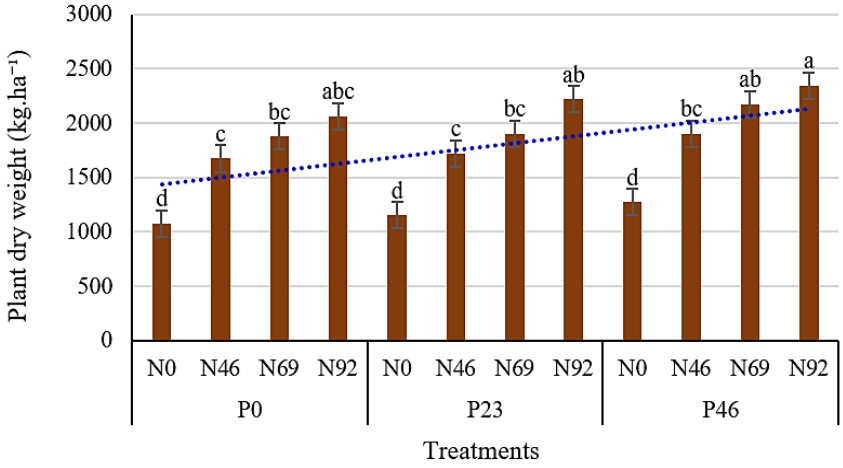
مقایسه میانگین اثر متقابل عوامل آزمایش نشان داد که همانند ویژگی عملکرد دانه، ترکیب تیمار شاهد نیتروژن (N_0) با هر سه سطح کود فسفره کمترین مقدار عملکرد کاه را تولید کرد و کمترین عملکرد کاه به مقدار ۶۶۱ کیلوگرم در هکتار از ترکیب تیماری N_0P_0 به دست آمده است و ترکیب تیماری N_0 با هر سه سطح کود فسفره از نظر عملکرد دانه، دارای اختلاف آماری معنی‌دار نیستند. بیشترین مقدار عملکرد کاه از ترکیب تیماری $N_{92}P_{46}$ به مقدار ۱۴۵۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد؛ ولی برخلاف عملکرد دانه، این ترکیب تیماری با برخی ترکیب تیماری دیگر دارای اختلاف معنی‌دار آماری نیست (شکل ۲).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب تیمارهای آزمایشی نشان داد که بین اثر سال، اثر سطوح نیتروژن، اثر سطوح فسفر و اثر متقابل نیتروژن و فسفر تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه وجود داشت (جدول۲). مقایسه میانگین مرکب اثر اصلی سطوح فسفر نشان داد که کمترین مقدار عملکرد دانه از تیمار P_0 با میانگین ۶۴۱ کیلوگرم در هکتار و بیشترین عملکرد دانه از تیمار P_{46} با میانگین ۷۴۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که با تیمار P_{23} از

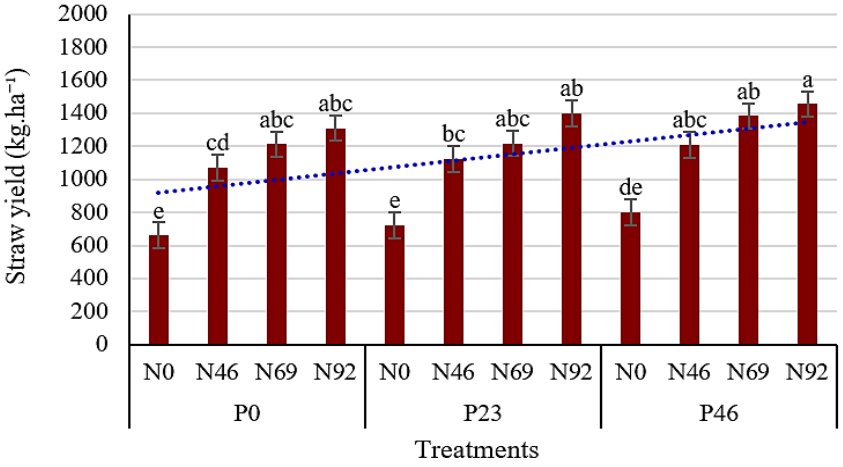
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل سطح کود نیتروژن × سطح کود فسفر بر وزن خشک راتون برنج

Figure 1. Mean comparison of the interaction effect of nitrogen fertilizer level × phosphorus fertilizer level on rice ratoon dry weight



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سطح کود نیتروژن × سطح کود فسفر بر عملکرد کاه راتون برنج

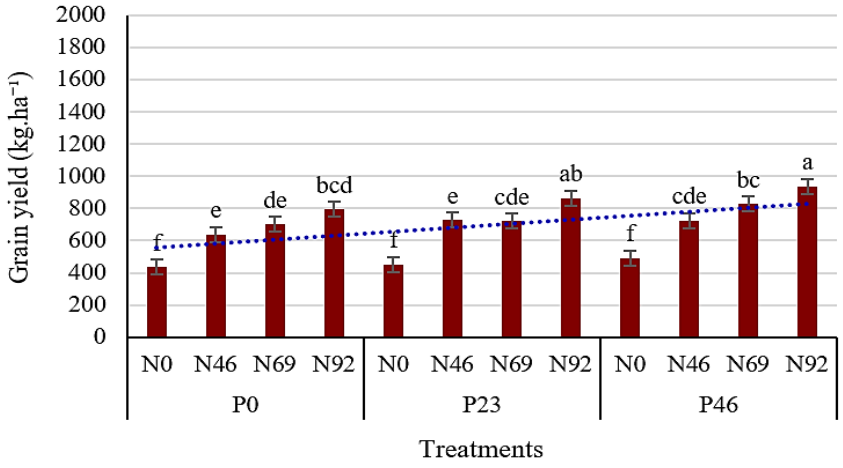
Figure 2. Mean comparison of the interaction effect of nitrogen fertilizer level × phosphorus fertilizer level on rice ratoon straw yield

نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار آماری نداشت. در بین سطوح کود نیتروژن نیز تیمار N_0 با ۴۵۹ کیلوگرم در هکتار کمترین و تیمار N_{92} با ۸۴۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آزمایشی نشان داد که ترکیب تیمار شاهد نیتروژن (N_0) با هر سه سطح کود فسفره کمترین مقدار عملکرد دانه را تولید کرد و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۴۳۵ کیلوگرم در هکتار از ترکیب تیماری N_0P_0 به دست آمد و ترکیب تیماری N_0 با هر سه سطح کود فسفره از نظر عملکرد دانه در یک گروه آماری قرار گرفتند.

مقایسه میانگین اثر مرکب سال و تیمارهای آزمایش نشان داد که در سال اول و دوم تیمار $N_{92}P_{46}$ بیشترین عملکرد دانه به ترتیب ۸۴۱/۷ و ۱۰۲۸/۷ کیلوگرم در هکتار را نشان داد (جدول ۴). بیشترین مقدار عملکرد دانه از ترکیب تیماری $N_{92}P_{46}$ با میانگین ۹۳۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و این ترکیب تیماری از نظر عملکرد دانه با همه ترکیب تیماری دیگر دارای اختلاف معنی‌دار آماری است (شکل ۳).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل سطح کود نیتروژن × سطح کود فسفر بر عملکرد دانه راتون برنج

Figure 3. Mean comparison of the interaction effect of nitrogen fertilizer level × phosphorus fertilizer level on rice ratoon grain yield

بحث

راتونینگ برنج یک تکنیک کشت است که نوآوری را با سنت ترکیب می‌کند و به طور مؤثر امنیت غذایی را با یک اکوسیستم پایدار متعادل می‌کند. افزایش عملکرد محصول راتون برای بهبود بهره‌وری کلی سیستم برنج - راتون بسیار مهم است. بهینه‌سازی شیوه‌های مدیریت کشاورزی، مانند مدیریت کود نیتروژن و فسفر می‌تواند به طور مؤثر شکاف‌های قابل توجه عملکرد را کاهش دهد (۱۹). طبق پژوهش آمباریتا و همکاران (۱) کوددهی مناسب و متعادل لازم است تا بتواند رشد و عملکرد برنج راتون را افزایش دهد. استفاده از کود نیتروژن و فسفر بر الگوی رشد راتون برنج تأثیرگذار است. مقادیر زیادی از نیتروژن توسط گیاهان برای ساخت اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، نوکلئوتیدها و کلروفیل مورد نیاز است. نیتروژن زیاد می‌تواند به تقسیم سلولی کمک کند که توسط فتوسنتز پشتیبانی می‌شود؛ به‌طوری که رشد پنجه‌ها و برگ‌ها می‌تواند بیشتر باشد (۳). پس از برداشت کشت اول برنج، فسفر با غلظت حدود ۳/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک در دسترس است؛ به‌طوری که با کمک کوددهی فسفر می‌توان رشد و عملکرد راتون را به بیشترین مقدار رساند. دادن غلظت‌های زیاد کود فسفر به سطح بهینه، همچنین باعث افزایش غلظت فسفر خاک خواهد شد (۱۵ و ۱۴). پژوهش حاضر، همچنین ثابت می‌کند که فسفر در طول دوره رشد و نمو گیاه راتون مؤثر بود. علاوه بر این، فسفر به عنوان تنظیم‌کننده فرآیندهای مختلف در متابولیسم مانند فتوسنتز، در حرکت عناصر غذایی از ریشه‌ها به برگ‌ها و جابه‌جایی نامتقارن برگ‌ها در سراسر بافت گیاه عمل می‌کند (۲۳).

پس از برداشت برنج، قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک به دلیل جذب زیاد عناصر غذایی توسط محصول اصلی و تلفات ناشی از آبشویی و تصعید، کاهش می‌یابد (۱۵). همان‌طور که سوبراتا (۲۲) بیان کرد، کودهای نیتروژن و فسفر کشت اول نتوانست نیاز عناصر غذایی گیاه در کشت دوم را به دلیل کاهش قابلیت جذب نیتروژن خاک تأمین کند و موجب کاهش رشد و عملکرد گیاه شد؛ بنابراین با توجه به نیاز گیاهان، نیاز به ورود عناصر غذایی از طریق کوددهی نیتروژن و فسفر وجود دارد که بخشی از عناصر غذایی ضروری هستند. بررسی اثر ترکیبی کوددهی نیتروژن و فسفر روی تولید راتون برنج نشان داد که اثر متقابل بین مقادیر کود نیتروژن و فسفر از نظر صفت تعداد پنجه، تعداد سنبلچه در خوشه، تعداد دانه پر، وزن هزار دانه، درصد ماده خشک، عملکرد دانه و کاه معنی‌دار بود. در پژوهش کاسنو و همکاران (۱۳)، تعداد پنجه‌های مولد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

تولیدشده بدون نیتروژن و فسفر به طور قابل توجهی کمتر بود؛ درحالی‌که سهم مقادیر کود نیتروژن و فسفر می‌تواند تعداد پنجه‌های مولد را افزایش دهد. در مطالعه مالادو و همکاران (۱۵) بیشترین تعداد پنجه‌های بارور در تیمار مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۱۶۷ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات (با P_2O_5 برابر ۳۶ درصد) با میانگین ۱۹/۷ عدد تولید شد؛ درحالی‌که کمترین تعداد پنجه در تیمار بدون مصرف کود نیتروژن و فسفر به‌دست آمد (۱۵). در پژوهشی دیگر، تعداد پنجه‌های تولیدی بدون مصرف کودهای نیتروژن و فسفر به طور قابل توجهی کمتر بود؛ درحالی‌که مصرف کودهای نیتروژن و فسفر توانست تعداد پنجه‌های تولیدی راتون برنج را افزایش دهد (۲۳). استفاده از کود فسفر در برنج راتون می‌تواند گیاهان را تقویت کند، تشکیل گل و دانه را در خوشه‌ها تحریک کند، کیفیت دانه را بهبود بخشد و تارهای ریشه را بهبود بخشد. به این دلیل، قابلیت جذب عنصر فسفر در خاک باید به اندازه‌ای باشد که بتواند در دسترس گیاهان قرار گیرد (۳).

نتایج پژوهشی در بررسی اثر مصرف کود فسفاته و تنظیم‌کننده‌های رشد روی خصوصیات رشدی و عملکرد محصول راتون برنج نشان داد که مصرف کود فسفر اثر معنی‌داری بر ارتفاع برنج راتون نداشت (۸). برخی پژوهشگران گزارش دادند که بیشترین ارتفاع بوته از مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۱۰۲/۳سانتی‌متر و کمترین ارتفاع بوته از مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۹۳/۱ سانتی‌متر به‌دست می‌آید (۱۱). تاکنون از اثر متقابل کودهای نیتروژن و فسفات بر ارتفاع بوته محصول راتون، گزارشی ارائه نشده است. نتایج آزمایش حسین‌زاده و همکاران (۱۱) نشان داد که مقادیر مختلف مصرف کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه محصول راتون نداشت؛ اما در آزمایش وانگ و همکاران (۲۳) اثر متقابل مصرف مقادیر کود نیتروژن و فسفات بر وزن سنبلچه‌های پوک و وزن هزار دانه معنی‌دار بوده است. بیشترین وزن سنبلچه پوک مربوط به ترکیب تیماری N_0P_0 به مقدار ۸۰/۳ گرم در هر کرت و کمترین مقدار سنبلچه پوک به ترکیب تیماری مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره همراه با مصرف ۱۶۷ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات با ٪۳۶= P_2O_5 به مقدار ۵۳ گرم در هر کرت بوده است. کمترین وزن هزاردانه مربوط به ترکیب تیماری N_0P_0 به مقدار ۱۸/۷ گرم و بیشترین وزن هزاردانه به ترکیب تیماری مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره همراه با مصرف ۱۶۷ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات با ٪۳۶= P_2O_5 به مقدار ۲۹ گرم بوده است (۲۳).

مشاهده شده است که مصرف نیتروژن بیشتر، عملکرد دانه محصول راتون را کاهش می‌دهد (۱۱). این نتایج به معنی کاهش مقادیر شاخص برداشت در سطوح بیشتر مصرف کود نیتروژن هستند و با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارند. در آزمایش وانگ و دیگران (۲۳) اثر متقابل مصرف مقادیر کود نیتروژن و فسفر بر وزن دانه معنی‌دار بوده است و کمترین وزن دانه مربوط به ترکیب تیماری N_0P_0 به مقدار ۵۸ گرم در کرت و بیشترین وزن دانه به ترکیب تیماری مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره همراه با مصرف ۱۶۷ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات با ٪۳۶= P_2O_5 به مقدار ۳۱۳/۸ گرم در کرت بوده است. در این پژوهش، تأثیر مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ ولی مقادیر مختلف کو فسفر معنی‌دار نشد. نتایج مشابه در پژوهش دیگر، نشان داد که اثر مصرف کود نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. بیشترین مقدار عملکرد دانه با ۱۳۹۸ کیلوگرم در هکتار از کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد. از سوی دیگر، کمترین میزان عملکرد دانه با ۵۳۴ کیلوگرم در هکتار از کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن ثبت شد (۱۱). گزارش شده است که نیتروژن بیشترین تأثیر را بر رشد و عملکرد دانه محصول راتون دارد. اثرهای مثبت نیتروژن بر بهبود پنجه‌زنی، افزایش سرعت جوانه‌زنی جوانه‌ها از گره‌های پایینی بخش برداشت‌نشده ساقه، افزایش پر شدن دانه و افزایش عملکرد دانه محصول راتون گزارش شده است (۲۳).

در آزمایش بُوند و بولیچ (۲) با افزایش مقدار کود نیتروژن

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

از ۳۰ به ۹۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد برنج راتون به طور قابل توجهی از ۲۳۹۰ به ۲۷۱۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. افزایش کود نیتروژن از ۹۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد برنج راتون را بهبود نبخشید. اگرچه کاربرد نیتروژن برای تولید عملکرد دانه قابل قبول برنج ضروری است، اما کاربرد بیش از حد نیتروژن می‌تواند نتایج منفی داشته باشد. افزایش رشد رویشی، خوابیدگی، خسارت بیماری، تأخیر در رسیدن و کاهش عملکرد دانه با کیفیت کمتر می‌تواند در صورت کاربرد نیتروژن با میزان غیرضروری یا در مرحله رشد نادرست برنج رخ دهد. این اثرهای نامطلوب کوددهی بیش از حد نیتروژن در تولید برنج راتون نیز آشکار می‌شود؛ بنابراین تعیین اینکه افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن راتون از ۹۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه راتون را بهبود نمی‌بخشد، یافته بسیار مهمی است. هوسناین و همکاران (۱۲) توضیح دادند که نیازهای عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای گیاهان برنج غرقاب بین ۷۵ تا ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ۲۰ تا ۲۵ کیلوگرم فسفر در هکتار و ۲۳ تا ۲۵۷ کیلوگرم پتاسیم در هکتار متغیر بود.

مقدار بهینه کود نیتروژن برای محصول راتون برنج در مطالعات مختلف متفاوت گزارش شده است. دیده شده است که عملکرد دانه محصول راتون با مقدار کود نیتروژن در محدوده صفر تا ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همبستگی مثبت دارد (۲۰). با این حال، گزارش شده است که افزایش میزان نیتروژن از ۵۰ به ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بر عملکرد دانه محصول راتون تأثیری نداشته است (۱۸). نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش وانگ و همکاران (۲۳) که ترکیب تیماری مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره همراه با مصرف ۱۶۷ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات با ٪۳۶= P_2O_5 را به عنوان تیمار پیشنهادی معرفی کرده‌اند، بسیار نزدیک است؛ درحالی‌که نیتروژن به طور کلی سطح برگ و ظرفیت فتوسنتز را افزایش می‌دهد و عملکرد دانه را تا سطح بهینه ارتقاء می‌دهد، نیتروژن بیش از حد بدون فسفر کافی یا با ترکیب ضعیف می‌تواند منجر به رشد رویشی بیش از حد نسبت به رشد زایشی و کاهش مقدار دانه قابل برداشت شود و ممکن است شاخص برداشت را نیز کاهش دهد (۲۱). فسفر از توسعه ریشه، قدرت اولیه و پر شدن دانه پشتیبانی می‌کند و تعامل آن با نیتروژن می‌تواند توزیع ماده خشک و عملکرد را بهینه کند؛ بنابراین، تغذیه متعادل و متناسب با مکان با کاربردهای تقسیم‌شده مطابق با مراحل تقاضای محصول، عملکرد دانه را به بیشترین مقدار می‌رساند و عملکرد کاه معقول را حفظ می‌کند؛ درحالی‌که خطرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد و حاصلخیزی خاک را حفظ می‌کند (۱۴).

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که رشد و عملکرد برنج راتون تحت تأثیر کوددهی نیتروژن و فسفر در مقایسه با شاهد یا بدون کودهای نیتروژن و فسفر قرار می‌گیرد و ترکیب تیماری شامل ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار) و ۴۶ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار (معادل ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل) با تولید ۹۳۵ کیلوگرم دانه در هکتار، بیشترین عملکرد راتون رقم طارم هاشمی را در شرایط آب‌وهوایی و خاک مناطق میان‌بند مازندران تولید کرد. این ترکیب تیماری به دلیل تأمین تعادل غذایی به‌عنوان بهترین گزینه برای پرورش راتون توصیه می‌شود. کوددهی کافی خاک با نیتروژن و فسفر برای بیشینه کردن تولید ماده خشک در کاه و دانه برنج بسیار مهم است؛ اما تخصیص ماده خشک به دانه در مقابل کاه به شدت به تعادل و زمان‌بندی ورودی‌های نیتروژن و فسفر وابسته است. برای کاربرد عملی، توصیه می‌شود ۷۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره به همراه تمامی مقدار کود فسفاته ۳ تا ۴ روز پس از برداشت محصول اصلی و غرقاب کردن زمین مصرف شود و باقیمانده کود اوره در دو نوبت با فاصله ۱۵ روز مصرف شود. مصرف بیش از اندازه کود اوره توسط کشاورزان منطقه برای پرورش راتون، به این دلیل انجام می‌شود که بیشتر کشاورزان از سایر انواع کودها در پرورش

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

راتون استفاده نمی‌کنند و با توجه به اینکه در مرحله پس از برداشت محصول اصلی، سطح عناصر مانند فسفر و پتاسیم خاک در کمترین مقدار خود در طول سال قرار دارد، محصول راتون رشد مناسبی نخواهد داشت و این نامناسب‌بودن رشد تنها به کود اوره نسبت داده می‌شود و به مصرف مقادیر زیاد و زیادتر کود اوره می‌انجامد. آزمایش حاضر با ارائه نتیجه کاربردی تا حد زیادی می‌تواند در مصرف متعادل کودهای شیمیایی در پرورش راتون کمک کند.

سپاسگزاری

این مقاله به عنوان بخشی از طرح تحقیقاتی به شماره مصوب ۹۷۰۲۸۷ با حمایت مؤسسه تحقیقات برنج کشور – معاونت مازندران منتشر شده است. نویسندگان از همه شرکت‌کنندگان در اجرای این پژوهش تشکر می‌کنند.

منابع مورد استفاده

References

1. Ambarita, Y., D. Hariyono and N. Aini. 2017. Aplikasi Pupuk NPK dan Urea Pada Padi (*Oryza sativa* L.) Sistem Ratun. *Journal Produksi Tanaman* 5 (7): 1228-1234.
2. Bond, J.A. and P.K. Bollich. 2006. Effects of pre-harvest desiccants on rice yield and quality. *Crop Protection* 26: 490–494.
3. Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient disorders and nutrient management. International Rice Research Institute. Singapore.
4. Dong, H., Q. Chen, W. Wang, S. Peng, J. Huang, K. Cui and L. Nie. 2017. The growth and yield of a wet-seeded rice-ratoon rice system in central china. *Field Crops Research* 208: 55-59. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.04.003
5. Emami, A. 1996. Plant Analysis Methods, Soil and Water Research Organization, Karaj, Iran. (in Farsi)
6. FAOSTAT. 2014. FAO Statistical Databases. www.fao.org, Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome.
7. Firouzi, S., A. Nikkhah and H. Aminpanah. 2018. Rice single cropping or ratooning agro- system: which one is more environment-friendly?. *Environmental Science and Pollution* 25 32246–32256. https://doi.org/10.1007/s11356-018-3076-x
8. Fitri, S.N.A., S.M. Bernas, E. Sodikin, A. Wijaya and F. Apriadi. 2019. The Influence of Phosphate Fertilizer and Plant Growth Regulators on the Growth and Yield of Ratoon Rice (*Oryza sativa* L.) Grown on Swampland. *Journal of Tropical Soils* 23(2): 73-80. https://doi.org/10.5400/jts.2018.v23i2.73-80
9. Hu, X., M. Ma, Z. Huang, Z. Wu, B. Su, Z. Wen, Y. Fu, J. Pan, Y. Liu, R. Hu, M. Li, K. Liang and X. Zhong. 2023. Progress and challenges of rice ratooning technology in Guangdong Province, China. *Crop and Environment* 2: 17–23. https://doi.org/10.1016/j.crope.2023.01.001
10. Hu, X., X. Zhong, B. Peng, Y. Liu, N. Huang, K. Liang, J. Pan and Y. Fu. 2019. Grain yield and profit of machine-harvested low stubble ratoon rice under different nitrogen management. *China Rice* 25: 16-21.
11. Huossainzade, A., E. Azarpour, H.Z. Doustan, M. Moraditochaee and H.R. Bozorgi. 2011. Management of cutting height and nitrogen fertilizer rates on grain yield and several attributes of ratoon rice (*Oryza sativa* L.) in Iran. *World Applied Sciences Journal* 15 (8): 1089-1094.
12. Husnain, A., S. Kasno and A. Rochayati. 2016. Pengelolaan Hara dan Teknologi Pemupukan Mendukung Swasembada Pangan di Indonesia. *Journal Sumberdaya Lahan* 10(1): 25-36.
13. Kasno, A., T. Rostaman and D. Setyorini. 2016. Peningkatan Produktivitas Lahan Sawah Tadah Hujan Dengan Pemupukan Hara N, P, dan K dan Penggunaan Padi Varietas Unggul. *Journal Tanah dan Iklim* 40(2): 147-157. https://doi.org/10.2017/jti.v40n2.2016.147-157
14. Luo, L., N. Li, W. Sha, Z. Li, R. Chai, L. Zhang, C. Zhang and H.M.K. Kadambot, Siddique. 2026. Novel phosphorus fertilizers enhance rice yield, efficiency, and environmental sustainability by optimizing soil phosphorus pools in paddy fields, *Soil and Tillage Research* 255 106833 https://doi.org/10.1016/j.still.2025.106833
15. Malado, M., A. Ariffin and N.E. Suminarti. 2020. The Effect of Combination of Nitrogen (N) and Phosphorus (P) Fertilizer on Ratoon Rice (*Oryza Sativa* L) Production. *International Journal of Agriculture and Biological Sciences* 1-9. https://doi.org/10.5281/ZENODO.3986551

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]

16. Mohammadian, M., A. Astaraie, A. Lakzian, H. Emami and M. Kavoos. 2019. Effect of nitrogen fertilizer source on grain yield and nitrogen use efficiency in rice (*Oryza sativa*) cv. Shiroudi. *Iranian Journal of Crop Sciences* 21(1): 82 -95. [In Persian]
17. Nakano, H., R. Tanaka, H. Wada, M. Okami, K. Nakagomi and M. Hakata. 2020. Breaking rice yield barrier with the ratooning method under changing climatic conditions: A paradigm shift in rice-cropping systems in southwestern Japan. *Agronmy Journal* 112: 3975–3992. https://doi.org/10.1002/agj2.20309
18. Nassiri, M., H. Pirdashti and T.N. Nejad. 2011. Effect of level and time of nitrogen fertilizer application and cutting height on yield and yield component of rice ratooning. *In* Proceedings of the 4th International Iran and Russia Conference. Iran.
19. Peng, S., C. Zheng and X. Yu. 2023. Progress and challenges of rice ratooning technology in China. *Crop and Environment* 2: 5–11. https://doi.org/10.1016/j.crope.2023.02.005
20. Petroudi, E.R., G. Noormohammadi, M.J. Mirhadi, H. Madani and H.R. Mobasser. 2011. Effects of nitrogen fertilization and rice harvest height on agronomic yield indices of ratoon rice-berseem clover intercropping system. *Australian Journal of Crop Science* 5(5): 566-574.
21. Qin, X., X. Rao, H. Liu, J. Hong, W. Tang, S. Yan, G. Yang, H. Chen and Y. Hu. 2025. Effect of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers on Dry Matter Accumulation and Translocation of Two Amylose Content Indica Rice on Yield. *Plants* 14(10): 1536. https://doi.org/10.3390/plants14101536
22. Subrata, K. 2013. Pengaruh Sisa Amelioran, Pupuk N dan P Terhadap Ketersediaan N,Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi Di Musim Tanam Kedua Pada Tanah Gambut. *Journal Sumberdaya Lahan* 2(2): 159-169.
23. Wang, W., A. He, G. Jiang, H. Sun, M. Jiang, J. Man, X. Ling, K. Cui, J. Huang, S. Peng and L. Nie. 2020. Ratoon rice technology: A green and resource-efficient way for rice production. *Advances in Agronomy* 159: 135-167. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.07.006
24. Xie, W., S.T. Ata-Ul-Karim, Y. Yamasaki, F. Shiotsu and Y. Kato. 2024. Ratooning response of rice to preharvest nitrogen application under different availabilities of stem reserves. *European Journal of Agronomy* 161: 127373.
25. Xu, F., H. Xiong, G. Zhao and S. Hong. 2000. A study on the death mechanism of the axillary buds before harvest of the hybrid mid-season rice and its improvement. *Scientia Agricultura Sinica* 33: 31–37.
26. Yamano, T., A. Arouna, R.A. Labarta, Z.M. Huelgas and S. Mohanty. 2016. Adoption and impacts of international rice research technologies. *Global Food Security* 8: 1–8.
27. Yang, D., S. Peng, C. Zheng, H. Xiang, J. Huang, K. Cui and F. Wang. 2021. Effects of nitrogen fertilization for bud initiation and tiller growth on yield and quality of rice ratoon crop in central China. *Field Crops Research* 272: 108286. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108286
28. Yang, Y., F. Yao, Y. Sun, Z. Yang, R. Li, G. Bai, W. Lin and H. Chen. 2024. Appropriately reduced nitrogen and increased phosphorus in ratooning rice increased the yield and reduced the greenhouse gas emissions in Southeast China. *Plants* 13(3): 438. https://doi.org/10.3390/plants13030438
29. Zhang, W., X. Duan, X. Yao, Q. Liu, R. Xiao, X. Zhang, X. Luo, Y. Tang, Y. Yao and J. Li. 2023. Progress and challenges of rice ratooning technology in Chongqing Municipality, China. *Crop and Environment* 2: 137–146. https://doi.org/10.1016/j.crope.2023.05.003

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.47176/jwss.30.3.57632]