Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 23, No. 3, Fall 2025, p. 271-284

The Effect of Combined Use of Nitrogen Fertilizer and Seaweed on Yield Components and Grain Yield of Rice (*Oryza sativa* L.) Variety Hashemi

S. L. Tahaee Roudsari[1], M. Ashouri[2*], N. Mohammadian Roshan[2], S. M. Sadeghi[2]

1- Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
2- Department of Agriculture, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
(*- Corresponding author's Email: Majid.Ashouri69@iau.ac.ir)

Received: 13 August 2024
Revised: 09 November 2024
Accepted: 19 November 2024
Available Online: 12 April 2025

How to cite this article:
Tahaee Roudsari, S. L., Ashouri, M., Mohammadian Roshan, N., & Sadeghi, S. M. (2025). The effect of combined use of nitrogen fertilizer and seaweed on yield components and grain yield of Rice (*Oryza sativa* L.) variety Hashemi. *Iranian Journal of Field Crops Research, 23*(3), 271-284. (In Persian with English abstract)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.89365.1346

Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is the staple food of half of the world's population, providing 21% of the energy and 15% of the protein of residents of rice-growing regions. Compared to other essential elements, rice needs more nitrogen. Therefore, for higher plant growth and productivity, nitrogen is used excessively. Nitrogen plays a vital role in the growth and development of rice and is an important part of enzymes, chlorophyll, nucleic acids, storage proteins, cell walls, and other cellular components. Excessive nitrogen application has resulted in many adverse effects such as increased nitrogen oxide emissions, reduced nitrogen use efficiency (NUE), and poor economic returns. Combining chemical fertilizers with biological and organic fertilizers is one of the ways to reduce the excessive consumption of chemical fertilizers. The use of seaweed as fertilizer in recent years has led to an increase in the quantity and quality of agricultural products due to its bioactive compounds. The purpose of this experiment was to investigate the effect of different levels of nitrogen fertilizer and seaweed foliar application on yield components, biomass, and grain yield of Hashemi rice cultivar in the Rudsar region.

Materials and Methods

In order to determine the appropriate level of nitrogen fertilizer and seaweed extract on the yield and yield components of Hashemi cultivar, an experiment was conducted, in Kishakjan village, Rudsar city, in Guilan province in 2022 and 2023. The experiment used the split plots in the form of randomized complete block design with three replications, the main factor being nitrogen fertilizer from the urea source at five levels (zero (control: without fertilizer use), 25, 50, 75 and 100 percent of nitrogen needed by the plant) and the sub factor of foliar spraying of fertilizer containing seaweed extract at four levels (zero (control: without seaweed use), 0.5, 1 and 1.5 liters per hectare) were considered.

Results and Discussion

The results showed that the application of nitrogen fertilizer levels and seaweed foliar application was significant on the investigated characteristics. So that the highest number of chlorophyll content (35), spike length (29.3 cm), thousand grain weight (26.3 g), grain yield (4014 kg ha^{-1}), biological yield (7690.8 kg ha^{-1}) and the harvest index (59.5%) was obtained in the application of 75% nitrogen fertilizer. In addition, the highest amount of the characteristics expressed in foliar spraying of seaweed fertilizer with a concentration of 1 lit ha^{-1}

©2025 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.89365.1346

was obtained, which was not significantly different from the concentration of 1.5 1 lit h^{-1}. The results of the interaction of experimental treatments also showed that the highest plant height (150 cm), the number of spike (29), the number of full seeds (132.4), respectively, were related to the application of 100% nitrogen fertilizer* 1 lit ha^{-1} of seaweed and 75% nitrogen fertilizer* 1 lit ha^{-1} of seaweed. The lowest number of unfilled seeds (4.2) and percentage of unfilled seeds (3.5) were recorded for the application of 75% nitrogen fertilizer*no use of seaweed fertilizer and 75% nitrogen fertilizer*1 lit $ha^{-1}$of seaweed fertilizer, respectively.

Conclusion

Nowadays, due to the high environmental and economic costs of chemical fertilizers, the use of fertilizers of biological and organic origin has received more attention than ever before. Based on the results of this study, foliar application of seaweed fertilizer in combination with nitrogen fertilizer significantly increased plant height, number of panicles, number of grain per panicle, and number of full grain per panicle. Nitrogen fertilizer application and foliar application of seaweed extract also increased chlorophyll content, panicle length, and 1000-grain weight, improving paddy yield and biological yield of Hashemi rice cultivar. In general, foliar application of one liter per hectare of seaweed and use of 50 and 75% nitrogen fertilizer was the best treatment to increase yield and yield components of Hashemi variety in the study region.

Keywords: Chlorophyll, Fertilizer, Rice yield, Thousand grain weight

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۳، شماره ۳، پاییز ۱٤۰٤، ص ۲۸٤-۲۷۱

اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژن و جلبک دریایی بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه برنج (*Oryza sativa* L.) رقم هاشمی

سیده لادن طاهائی رودسری[۱]، مجید عاشوری[۲*]، ناصر محمدیان روشن[۲]، سید مصطفی صادقی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۹

چکیده

کاربرد گسترده کودهای شیمیایی جهت تولید گیاهان زراعی منجر به آسیب‌های زیست‌محیطی و اقتصادی شده است، درحالی‌که تلفیق کودهای شیمیایی با کودهایی از منابع زیستی و آلی، کاهش مصرف کودهای شیمیایی را به دنبال داشته و در راستای منافع زیست‌محیطی می‌باشد. به‌منظور تعیین سطح مناسب کود نیتروژن و محلول‌پاشی جلبک دریایی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) رقم هاشمی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در روستای کیشاکجان و شهرستان رودسر، استان گیلان اجرا شد. عامل اصلی، کود نیتروژن از منبع اوره در پنج سطح (شاهد بدون مصرف کود، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیتروژن) و عامل فرعی محلول‌پاشی برگی کود حاوی جلبک دریایی در چهار سطح (شاهد بدون جلبک دریایی، ۰/۵، یک و ۱/۵ لیتر در هکتار) بود. نتایج نشان داد که کاربرد سطوح کود نیتروژن و محلول‌پاشی جلبک دریایی بر ویژگی‌های مورد بررسی معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بیشترین عدد کلروفیل متر (۳۵)، طول خوشه (۲۹/۳ سانتی‌متر)، وزن هزار دانه (۲۶/۳ گرم)، عملکرد شلتوک (۴۰۱۴ کیلوگرم بر هکتار)، عملکرد زیستی (۷۶۹۰/۸ کیلوگرم بر هکتار) و شاخص برداشت (۵۹/۵ درصد) در کاربرد ۷۵ درصد کود نیتروژن به دست آمد. افزون بر این، بیشترین مقدار ویژگی‌های بیان‌شده در محلول‌پاشی کود جلبک دریایی با غلظت یک لیتر در هکتار به دست آمد که با غلظت ۱/۵ لیتر تفاوت معنی‌دار نداشت. نتایج برهم‌کنش تیمارهای آزمایش نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۵۰ سانتی‌متر)، تعداد خوشه (۲۹) و تعداد دانه پر (۱۳۲/۴) به‌ترتیب مربوط به کاربرد ۱۰۰ درصد کود نیتروژن × یک لیتر در هکتار جلبک و ۷۵ درصد کود نیتروژن × یک لیتر در هکتار جلبک بود. کمترین تعداد دانه پوک (۴/۲) و درصد پوکی دانه (۳/۵) به‌ترتیب برای کاربرد ۷۵ درصد کود نیتروژن × عدم مصرف کود جلبک و ۷۵ درصد کود نیتروژن × یک لیتر در هکتار کود جلبک ثبت شد. در مجموع، محلول‌پاشی یک لیتر در هکتار جلبک و استفاده از ۵۰ و ۷۵ درصد کود نیتروژن جهت افزایش عملکرد و اجزای عملکرد رقم هاشمی در منطقه مورد مطالعه تیمار برتر بود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد شلتوک، کلروفیل، کود، وزن هزار دانه

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) غذای اصلی نزدیک به نیمی از جمعیت جهان می‌باشد که ۲۱ درصد انرژی و ۱۵ درصد پروتئین مورد نیاز ساکنان مناطق برنج‌خیز را فراهم می‌کند (FAO, 2018). تولید برنج در ایران جایگاه ویژه‌ای داشته، به‌طوری‌که بخش عمده‌ای از غذای مردم کشور، برنج می‌باشد و نزدیک به ۸۰-۷۰ درصد از کل برنج ایران در دو استان مازندران و گیلان تولید می‌شود (Amiri, Razavipour, Farid, & Bannayan, 2011). در زراعت برنج، مدیریت تغذیه به‌ویژه مصرف عنصر نیتروژن بسیار مهم است (Sheikhnazari, Niknezhad, Fallah, & Barari Tari, 2022; Nedunchezhiyan & Laximinaryan, 2011)، چرا که نیتروژن نقش حیاتی در رشدونمو برنج داشته و قسمت مهمی از آنزیم‌ها، کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌های ذخیره‌ای، دیواره سلولی و سایر اجزای سلولی از عنصر نیتروژن می‌باشد (Luo, Zhang, & Xu, 2020; Patane & Vibhute, 2014). کمبود نیتروژن منجر به اثر سوء بر رشد برگ‌ها شده و کم‌رنگ‌تر شدن آن‌ها را به‌دلیل کاهش کلروفیل و پیری زودرس به دنبال دارد که در نتیجه، با کاهش دریافت

۱- واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۲- گروه کشاورزی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Majid.Ashouri69@iau.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.89365.1346

تشعشع خورشیدی منجر به کاهش تجمع ماده خشک گیاه می‌شود (Noor, Ding, Ren, Sun, & Gao, 2023).

در چند دهه پیشین، با هدف افزایش تولید در واحد سطح، مصرف انواع کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنی، افزایش یافته است (Aminpanah & Abbasian, 2016)، به‌طوری‌که کاربرد بیش از حد نیتروژن اثر سوء بسیاری از قبیل افزایش انتشار اکسید نیتروژن (Halvorson, Snyder, Blaylock, & Del Grosso, 2014)، کاهش کارآیی مصرف نیتروژن (NUE) و بازده اقتصادی ضعیف (Xu, Fan, & Miller, 2012) را به دنبال داشته است. همچنین، با مصرف بیش از حد نیتروژن، افزایش ناگهانی جمعیت ریزجانداران مصرف‌کننده کربن رخ داده که سبب بر هم خوردن نسبت کربن به نیتروژن و در نتیجه، از بین رفتن مواد آلی موجود در خاک‌های زراعی شده است (Ren, Zhang, Reis, & Gu, 2022). بنابراین، تمامی موارد بیان‌شده و همچنین، هزینه بالای تولید کودهای شیمیایی، توجه پژوهشگران را به کودهایی با منبع زیستی و آلی معطوف ساخته است. اهمیت استفاده از این قبیل کودها نه‌تنها به‌دلیل فراهم‌سازی نیازهای گیاه، بلکه جهت منافع زیست‌محیطی، محصولات کشاورزی با کیفیت و سلامت مصرف کنندگان می‌باشد (Latique, Chernane, Mansori, & El Kaoua, 2013).

جلبک‌های دریایی سرشار از ترکیب‌های زیست‌فعال بوده که به‌دلیل افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی در سال‌های پیشین، استفاده از آن‌ها رواج پیدا کرده است (Hernández-Herrera, Santacruz-Ruvalcaba, Ruiz-López, Norrie, & Hernández-Carmona, 2014; MacKinnon, Hiltz, Ugarte, & Craft, 2010; Nayak, Biswas, & Dutta, 2020). ثابت شده است که عصاره جلبک دریایی زمانی‌که به خاک افزوده می‌شود و یا زمانی‌که به‌صورت محلول‌پاشی برگی در گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد، موجب بهبود عملکرد محصول می‌شود (Zodape, Mukhopadhyay, Eswaran, Reddy, & Chikara, 2010). عصاره جلبک دریایی همچنین، به‌دلیل برخورداری از هورمون‌های رشد از قبیل اکسین و سیتوکینین، عناصر نیتروژن، آهن، روی، مس، کبالت، مولیبدن، منگنز، منیزیم و نیکل، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه، تأثیر مفیدی بر رشد گیاهان به همراه دارد (Sridhar & Rengasamy, 2010).

در برنج گزارش شده است که کاربرد خاکی جلبک دریایی به‌مقدار ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار همراه با محلول‌پاشی ۰/۵ درصد کود مایع حاوی جلبک دریایی در دو مرحله پنجه‌زنی و ظهور خوشه، ارتفاع گیاه (۱۱۲/۱ سانتی‌متر)، ماده خشک (۱۱۳۹۰ کیلوگرم در هکتار)، تعداد دانه در خوشه (۱۶۶)، طول خوشه (۲۱/۸ سانتی‌متر)، وزن هزاردانه (۱۴/۷ گرم)، تعداد پنجه بارور در مترمربع (۲۷۵ عدد)، عملکرد دانه (۵۶۱۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد کاه (۷۸۲۹ کیلوگرم در هکتار) را در مقایسه با شاهد افزایش داد (Deepana, Bama, Santhy, & Devi, 2021). در یک آزمایش گلدانی، تلفیق کود معدنی (۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد توصیه‌شده) به همراه عصاره جلبک دریایی قهوه‌ای بررسی شد و نتایج نشان داد که کاربرد ۲۵ درصد کود معدنی در ترکیب با عصاره جلبک دریایی منجر به افزایش رشد بوته و عملکرد برنج شد، به‌طوری‌که عملکرد مشابه با تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود معدنی بود (Sunarpi *et al.*, 2021).

با توجه به اهمیت کود نیتروژن در تغذیه برنج و امکان تلفیق کودهای شیمیایی و زیستی جهت دستیابی به عملکرد و کیفیت بالای محصولات و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، این آزمایش تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و محلول‌پاشی جلبک دریایی بر اجزای عملکرد، زیست‌توده و عملکرد دانه برنج رقم هاشمی در منطقه رودسر را مورد بررسی قرار داد.

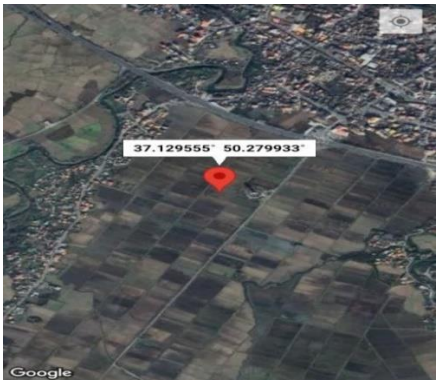
مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش

این پژوهش طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه‌ای به مساحت ۸۰۰ مترمربع واقع در شهرستان رودسر (۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و در ارتفاع ۱۹ متری از سطح دریا)، در روستای گیشاکجان (مزرعه شخصی) انجام شد (شکل ۱). متوسط دما و بارندگی ماهانه دوره آزمایش و ویژگی خاک مزرعه قبل از اعمال تیمارها به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

نوع طرح و تیمارهای آزمایش

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح کود نیتروژن از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن) در پنج سطح (شاهد (N_1)، ۲۵ (N_2)، ۵۰ (N_3)، ۷۵ (N_4) و ۱۰۰ (N_5) درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه) در کرت‌های اصلی و سطوح عصاره جلبک دریایی از منبع کود تجاری WOKOZIM از شرکت Biostadt هند در چهار سطح (شاهد (S_1)، ۰/۵ (S_2)، ۱ (S_3) و ۱/۵ (S_4) لیتر در هکتار) در کرت‌های فرعی بودند. برخی از ویژگی‌های کود مایع حاوی عصاره جلبک دریایی در جدول ۳ نشان داده شده است. کود وکوزیم مایع، عصاره یک جلبک دریایی با نام *Ascophyllum nodosum* می‌باشد که به‌روش تخمیر ساقه‌های جلبک تهیه شده است. وکوزیم مایع حاوی مواد محرک رشد گیاهی بوده که به‌صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفته و منجر به استفاده مطلوب‌تر گیاه از مواد غذایی، مقاومت در مقابل تنش‌های محیطی، تحریک رشد، بهبود پر شدن دانه‌ها، خاصیت انبارداری و عملکرد و افزایش روغن در دانه‌های روغنی می‌شود.



شکل ۱- عکس هوایی محل اجرای آزمایش
Figure 1- Aerial photo of the test site

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول فصل رشد برنج طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰
Table 1- Meteorological information during the growth season of rice in experimental site in 2022 and 2023

سال Year	ماه‌های سال Month of year	کمینه دما Minimum temperature (°C)	بیشینه دما Maximum temperature (°C)	رطوبت Humidity (%)	بارندگی Precipitation (mm)
۱۳۹۹	فروردین March	6.4	17.5	98.4	102.9
2022	اردیبهشت April	13.9	23	97.7	53.5
	خرداد May	17.9	27.2	98.6	46.7
	تیر June	20.5	29.4	98	37.6
	مرداد July	21.6	33.2	96.7	29.6
	شهریور August	18.9	27.2	97.5	134.1
	مجموع Total	99.2	157.5	586.9	401.7
	میانگین Average	16.5	26.2	97.8	-
۱۴۰۰	فروردین March	9.2	17.8	99.6	61.9
2023	اردیبهشت April	13.4	19.1	99	90
	خرداد May	17.8	29.1	97	13
	تیر June	20.2	30	96	73.9
	مرداد July	20.2	32.3	96	24.4
	شهریور August	19.8	30.1	98	22.5
	مجموع Total	100.6	159.3	585.6	285.7
	میانگین Average	16.7	26.5	97.6	-

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

Table 2- Physical and chemical properties of soil in the experiment site (depth 0-30 cm)

بافت Texture	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	پتاسیم K (mg kg^{-1})	فسفر P (mg kg^{-1})	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic C (%)	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	اسیدیته pH
لومی-شنی Loam-sand	61	25	14	331	4	0.277	3.3	1.114	6.9

جدول ۳- برخی ویژگی‌های کود جلبک دریایی مورد مطالعه

Table 3- Some characteristics of the studied seaweed-fertilizer

اندازه بسته Package size	شکل بسته Type of packaging	عصاره جلبک Seaweed extract (%)	مس Cu (%)	روی Zn (%)	منگنز Mn (%)	آهن Fe (%)	نیتروژن N (%)	شکل فیزیکی Physical form
0.5 lit	بطری Bottle	22	0.05	0.05	0.05	0.05	5.2	مایع Liquid

عملیات کاشت برنج

در این مطالعه، برنج رقم هاشمی در تاریخ ۱۳ اردیبهشت ماه هر دو سال به‌صورت دستی در کرت‌هایی به‌طول پنج متر و عرض دو متر (۱۰ مترمربع)، با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر نشاکاری شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله تکرارها یک متر بود. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد. تغذیه کودی و مبارزه شیمیایی با کرم ساقه‌خوار نیز مطابق دستورالعمل‌های فنی صورت گرفت. جهت اعمال تیمار کود نیتروژن، ۵۰ درصد از مقدار در نظر گرفته‌شده هر کرت در زمان انتقال نشاء، ۲۵ درصد در زمان پنجه‌دهی و ۲۵ درصد در زمان خوشه‌دهی به کار رفت. محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در دو زمان پنجه‌زنی و خوشه‌دهی انجام شد. جهت بازداری از پراکنده شدن کود مایع در زمان محلول‌پاشی از ورقه‌های پلاستیکی استفاده گردید. روی مرز کرت‌ها نیز با پلاستیک به‌عمق ۳۰ سانتی‌متر، برای بازداری از اختلاط تیمارهای کودی نیتروژن، پوشانده شد.

ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده

اندازه‌گیری عدد کلروفیل متر در مرحله گل‌دهی با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (Spad 502 ساخت کشور ژاپن) انجام شد. در پایان فصل رشد، با رعایت اثر حاشیه، یک مترمربع از هر کرت برداشت گردید و ارتفاع بوته، طول خوشه، اجزای عملکرد شامل تعداد دانه پر و پوک در خوشه و تعداد خوشه در کپه ثبت شد. بعد از جدا کردن دانه از خوشه و رسیدن رطوبت نمونه‌ها به ۱۴ درصد، وزن هزار دانه، عملکرد شلتوک، عملکرد زیستی و شاخص برداشت تعیین گردید. جهت محاسبه عملکرد زیستی و عملکرد شلتوک، به‌ترتیب کل بوته و دانه‌ها در آون ۷۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت، خشک و سپس، با ترازوی ۰/۰۰۱ گرم توزین و به واحد کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. پس از جمع آوری داده‌ها و اطمینان از نرمال بودن آن‌ها و همگنی سال‌های آزمایش، تجزیه واریانس مرکب به‌وسیله نرم‌افزار SAS v.9.2 و مقایسه میانگین‌ها نیز با کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

عدد کلروفیل متر

اثر ساده کود نیتروژن و جلبک دریایی بر عدد کلروفیل متر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که با افزایش سطح نیتروژن، عدد کلروفیل‌متر در تیمارهای N_1 تا N_5 بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر افزایش یافت. بااین‌حال، بیشترین مقدار در تیمار N_4، ۴۴/۸ درصد افزایش نسبت به شاهد و کمترین مقدار در تیمار N_5، ۲۶/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد، به دست آمد (جدول ۵). محتوای کلروفیل در گیاهان با سطوح نیتروژن مرتبط بوده و عملکرد نهایی محصول را تعیین می‌کند (Wang *et al*., 2021). در برنج نیز عنصر نیتروژن منجر به افزایش محتوای کلروفیل و سرعت فتوسنتز می‌شود (Ghosh, Swain, Jha, Tewari, & Bohra, 2020)، به‌طوری‌که ارتباط مستقیم عدد کلروفیل متر با مصرف نیتروژن در گیاهان مختلف گزارش شده است (Wang *et al*., 2021).

مقایسه میانگین‌های محلول‌پاشی کود جلبک دریایی نشان داد که کمترین عدد کلروفیل متر مربوط به شاهد می‌باشد که به‌ترتیب ۳۲/۶، ۶۳/۱ و ۳۱/۷ درصد در مقایسه با تیمارهای S_2، S_3 و S_4 بیشتر بود (جدول ۵). مطابق با نتایج این پژوهش، محلول‌پاشی جلبک دریایی در گیاه برنج در دو مرحله پنجه‌دهی و خوشه‌دهی منجر به دستیابی به بالاترین عدد کلروفیل متر شد (Sivakamipriya, Suresh, Manikandan, & Ramesh, 2022).

جدول ٤- تجزیه واریانس مرکب کود نیتروژن و جلبک دریایی بر ویژگی‌های مورد مطالعه برنج رقم هاشمی

Table 4- Combined analysis of variance for nitrogen fertilizer and seaweed fertilizer on studied traits in rice

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل Chlo.	ارتفاع P.H	طول خوشه S.L	تعداد خوشه No.S	تعداد دانه پر No.F.G	تعداد دانه پوک No.U.F.G	درصد دانه پوک P.U.F.G	وزن هزار دانه T.W.G	عملکرد دانه G.Y	عملکرد زیستی B.Y	شاخص برداشت H.I
سال Year (Y)	1	100.1^{ns}	1654.5*	70.9**	41.4*	1121.8*	4.2**	0.002^{ns}	60.2*	649005.2^{ns}	2623743.2^{ns}	0.04^{ns}
تکرار Rep (Y)	4	69.2	109.7	0.1	4.4	141.1	0.019	0.88	3.5	594270.2	4382728.7	229.6
نیتروژن Nitrogen (a)	4	439.3**	4520.5**	93.3**	316.7**	3390.7**	43.4**	69.6**	131.9**	6633042.5**	27061885.8**	895.7^{ns}
Y×a	4	1.1^{ns}	19.6^{ns}	0.42^{ns}	0.41^{ns}	12.2^{ns}	0.02^{ns}	0.01^{ns}	0.4ns	39317.8^{ns}	162503.9^{ns}	5.8^{ns}
خطا Error a	16	61.2	48.5	8.4	4.1	162.4	4.45	4.9	11.3	773402.6	4753210.3	464
محلول‌پاشی Spray (b)	3	1099.4**	2965**	120.8**	182.7**	4476.9**	27**	72.5**	132.1**	16110811.6**	22706928.7**	1400.3**
Y×b	3	2.2^{ns}	0.21^{ns}	0.27^{ns}	0.25^{ns}	3.06^{ns}	0.04^{ns}	0.02^{ns}	0.28^{ns}	9382.7^{ns}	7014.9^{ns}	1.4^{ns}
a × b	12	58.1^{ns}	82.4**	5.6^{ns}	32.6**	300.3*	6.15**	7.6**	6.9^{ns}	633001^{ns}	4083816.6^{ns}	216.2^{ns}
Y×a×b	12	0.23^{ns}	2.2^{ns}	0.23^{ns}	0.11^{ns}	2.2^{ns}	0.02^{ns}	0.01^{ns}	0.1^{ns}	37301.2^{ns}	8930.9^{ns}	8.3^{ns}
خطای آزمایش Error b	60	67.1	28.8	6.1	1.7	130.2	76.1	2.03	7.3	862949.9	2759145.6	233
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		26.3	4.14	9.2	6.3	10.7	17.2	23.5	10.9	26.8	25.8	27.5

ns، *، **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح پنج و یک درصد

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively ns: Not- significant

Chlorophyll content (Chlo.): عدد کلروفیل متر Plant height (P.H): ارتفاع بوته، Spike length (S.L): طول خوشه، No. of spike (No. S): تعداد خوشه، No. of filled grain (N.F.G): تعداد دانه پر، No. of un-filled grain (N.U.F.G): تعداد دانه پوک، Percentage of un-filled grain (P.U.F.G): درصد دانه پوک، Thousand Grain weight (T.G.W): وزن هزار دانه، Grain yield (G.Y): عملکرد شلتوک، Biological yield (B.Y): عملکرد زیستی، Harvest index (H.I): شاخص برداشت

دلیل این موضوع می‌تواند بـه فراهمـی عناصـر غـذایی در طـول مراحل رشد گیاه، بهبود تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی، جذب مطلوب‌تر نور و تسریع فرآیندهای فتوسنتزی توسط جلبک دریایی مـرتبط باشـد (Zayed, Salem, & El Sharkawy, 2011). در پژوهش حاضر نیز کود جلبک دریایی مورد استفاده حاوی عناصر نیتـروژن، آهـن، روی و مس بود (جدول ۳) که تمامی این عناصر در ساختمان فتوسنتزی گیاه نقشی اساسی بر عهده دارند.

ارتفاع گیاه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده سال در سـطح احتمـال پـنج درصـد و اثـر سـاده کـود نیتـروژن و جلبـک دریـایی و همچنین، برهم‌کنش تیمارهای آزمایش در سطح احتمال یـک درصـد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین حـاکی از افزایش ارتفاع برنج در تمامی سطوح کود نیتـروژن همـراه بـا عصـاره جلبک دریایی، در مقایسه با شاهد بود. بیشترین ارتفاع بوته برنج برای ترکیب تیماری $N_5 \times S_3$ به دست آمـد کـه ۵۳ درصـد بیشـتر از عـدم کاربرد کود نیتروژن و محلول‌پاشی جلبک دریایی بود. افزون بـر ایـن، ترکیب‌های تیمـاری $N_3 \times S_4$، $N_4 \times S_3$، $N_4 \times S_4$ و $N_5 \times S_4$ بـا ترکیـب $N_5 \times S_3$ در گروه آماری مشترکی قرار داشتند (جدول ۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ساده بر ویژگی‌های مورد مطالعه

Table 5- Mean comparison of simple effects on the studied traits

		کلروفیل Chlo.	طول خوشه S.L (cm)	وزن هزار دانه T.G.W (g)	عملکرد دانه G.Y (kg ha^{-1})	عملکرد زیستی B.Y (kg ha^{-1})	شاخص برداشت H.I (%)
سال Year	سال اول Year1	32.^{a*}	27.9^{a}	25.5^{a}	3542^{a}	6588.6^{a}	55.5^{a}
	سال دوم Year2	30.2^{a}	26.3^{b}	24.1^{b}	3394.9^{a}	6292.9^{a}	54.46^{a}
سطوح کود نیتروژن Nitrogen level	N1	24.1^{b}	24^{c}	20.7^{b}	2630.5^{b}	4828.7^{c}	54.4^{ab}
	N2	32.1^{a}	27^{b}	25.2^{a}	3576.3^{a}	6384.8^{ab}	57^{ab}
	N3	33.9^{a}	27^{b}	26.1^{a}	3757.3^{a}	6290.3^{b}	60.96^{a}
	N4	34.9^{a}	29.3^{a}	26.3^{a}	4013.9^{a}	7009.1^{ab}	59.5^{a}
	N5	30.5^{a}	28.3^{ab}	25.9^{a}	3364.2^{a}	7690.8^{a}	45.5^{b}
سطوح محلول‌پاشی جلبک دریایی Seaweed level	S1	23.6^{c}	25^{b}	21.7^{b}	2602.7^{c}	5334.2^{b}	49.9^{b}
	S2	31.3^{b}	25.9^{b}	25.4^{a}	3462.3^{b}	6186.7^{ab}	57.5^{ab}
	S3	38.5^{a}	29.3^{a}	26.6^{a}	4395^{a}	6953.6^{a}	64.3^{a}
	S4	31.1^{b}	28.2^{a}	25.3^{a}	3413.7^{b}	7288.5^{a}	50.3^{b}

* حروف مشترک در هر گروه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

* Data with different letters in the same column are significantly with Duncan's multiple range at 0.05 level.

Chlorophyll content (Chlo.): عدد کلروفیل متر، Spike length (S.L): طول خوشه، وزن هزار دانه، Grain yield (G.Y): عملکرد شلتوک، Biological yield (B.Y): عملکرد زیستی، Harvest index (H.I): شاخص برداشت

کاهش رشد اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان و محدودیت تشکیل و توسعه اندام‌های تولیدمثلی در اثر کمبود گیاه به عنصر نیتروژن گزارش شده است که این موضوع، به‌طور قابل توجهی بر عملکرد و کیفیت نهایی محصول تأثیر می‌گذارد (Fu *et al*., 2021). افزایش ارتفاع گیاه در اثر استفاده تلفیقی از کود حاوی عصاره جلبک دریایی و کودهای شیمیایی به‌دلیل بهره‌مندی از مزایای هر دو کود می‌باشد، به‌طوری‌که عنصر نیتروژن منجر به ازدیاد طول میان‌گره‌های ساقه برنج، به‌ویژه میان‌گره‌های پایه و در نتیجه، افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (Zhang *et al*., 2016). در مجموع، فراهمی کافی از عنصر مهم نیتروژن، بهبود ویژگی‌های رویشی گیاه را به دنبال خواهد داشت. در این پژوهش، کود جلبک دریایی مورد استفاده حاوی ۵/۲ درصد عنصر نیتروژن بود (جدول ۳).

طول خوشه

براساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر ساده سال، کود نیتروژن و جلبک دریایی بر طول خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که طول خوشه در سال اول شش درصد بالاتر از سال دوم بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد که بارندگی بیشتر طی دوره رشد در سال اول منجر به افزایش رشد رویشی و زایشی گیاهان شده باشد (جدول ۱). نتایج همچنین نشان داد که مصرف کود نیتروژن در هر چهار تیمار، طول خوشه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. بیشترین طول خوشه با ۲۲ درصد افزایش نسبت به شاهد و بدون تفاوت، متعلق به دو تیمار N_4 و N_5 بود (جدول ۵). افزایش طول خوشه ناشی از مصرف کودهای حاوی نیتروژن در برنج (Rahman, 2015) و گندم (*Triticum aestivum* L.) (Kumar *et al*., 2022) گزارش شده است. مصرف کود حاوی نیتروژن با تشکیل خوشه‌های بزرگ‌تر، افزایش عملکرد برنج را به دنبال دارد (Liu *et al*., 2020). افزون بر این، تعادل سوخت‌وساز کربن و نیتروژن در مرحله تمایز خوشه با تعداد خوشه‌چه تولیدی ارتباط نزدیک دارد که به‌تبع، تعداد خوشه‌چه بیشتر شده و عملکرد برنج افزایش می‌یابد (Zhang *et al*., 2019).

در پژوهش حاضر، تمامی سطوح محلول‌پاشی کود جلبک دریایی بر طول خوشه در مقایسه با شاهد مؤثر بود و تیمارهای S_2، S_3 و S_4 به‌ترتیب طول خوشه را در مقایسه با شاهد، ۳/۶، ۱۷/۲ و ۱۲/۸ درصد افزایش دادند (جدول ۵). افزون بر نقش عنصر نیتروژن در تشکیل خوشه، حضور هورمون گیاهی سیتوکنین در ریشه در زمان تشکیل خوشه بر تولید خوشه‌های بلندتر مؤثر می‌باشد (Liu *et al*., 2020). کود جلبک دریایی مورد استفاده در این پژوهش، افزون بر نیتروژن (۵/۲ درصد) که منجر به فراهم‌سازی نیاز غذایی گیاه به این عنصر اساسی شد، از ترکیب‌های هورمونی شامل اکسین، جیبرلین و سیتوکینین برخوردار بود که توانست به افزایش رشد خوشه برنج کمک کند.

جدول ٦- برهم‌کنش کود نیتروژن در کود جلبک دریایی بر ویژگی‌های مورد مطالعه

Figure 6- Interaction of nitrogen × seaweed fertilizer on the studied treatments

سطوح کود نیتروژن Nitrogen fertilizers level	محلول‌پاشی جلبک Foliar application of seaweed	ارتفاع P.H. (cm)	تعداد خوشه No. S.	تعداد دانه پر No. F.G.	تعداد دانه پوک No.U.F.G	درصد دانه پوک P.U.F.G.
N1	S1	98.17^{k*}	14.01^{i}	77.7^{g}	8.9^{ab}	10.6^{a}
N1	S2	100.3^{k}	15.2^{i}	85.4^{fg}	6.3^{bc}	6.8^{bc}
N1	S3	112.4^{j}	19.1^{f}	99.8^{de}	5.5^{f-h}	5.3^{c-f}
N1	S4	114.07^{ij}	14.01^{i}	91.6^{ef}	9.07^{ab}	9.1^{a}
N2	S1	119.3^{hi}	16.7^{h}	82.8^{fg}	8.6^{bc}	9.5^{a}
N2	S2	122.3^{gh}	19.3^{f}	110.5^{cd}	6.3^{ef}	5.5^{cd}
N2	S3	131.5^{ef}	24.3^{d}	117.2^{bc}	5.9^{e-g}	4.9^{d-f}
N2	S4	135.3^{de}	17.2^{gh}	105.4^{cd}	6.7^{d-f}	6.1^{b-d}
N3	S1	118.2^{h-j}	19.5^{f}	109.5^{cd}	6.8^{de}	7.3^{b}
N3	S2	130.9^{ef}	24.6^{cd}	111.4^{cd}	6.3^{e-g}	5.1^{d-f}
N3	S3	142^{bc}	21.4^{e}	129.3^{ab}	4.8^{hi}	3.5^{f}
N3	S4	147.4^{ab}	16.9^{gh}	124.6^{a-c}	4.7^{hi}	3.55^{f}
N4	S1	120.5^{gh}	22.3^{e}	86.98^{fg}	4.2^{i}	3.7^{f}
N4	S2	137.5^{cd}	25.4^{b-d}	116.5^{c}	4.7^{hi}	3.97^{d-f}
N4	S3	144.9^{ab}	28.9^{a}	132.4^{a}	4.9^{hi}	3.7^{f}
N4	S4	148.8^{a}	25.8^{bc}	127.8^{ab}	5.1^{g-i}	3.9^{ef}
N5	S1	126.2^{fg}	18.1^{fg}	89.8^{ef}	9.9^{a}	10.12^{a}
N5	S2	139.4^{cd}	18.3^{fg}	111.2^{cd}	7.64^{cd}	6.4^{b-d}
N5	S3	149.9^{a}	26.1^{b}	113.4^{c}	6.1^{e-g}	5.4^{c-e}
N5	S4	144.3^{ab}	24.1^{d}	107.9^{cd}	8.4^{d-f}	6.9^{bc}

* حروف مشترک در هر گروه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

* Data with different letters in the same column are significantly with Duncan's multiple range at 0.05 level.

Plant height (P.H): ارتفاع بوته، No. of spike (No. S): تعداد خوشه، No. of filled grain (N.F.G): تعداد دانه پر، No. of un-filled grain (N.U.F.G): تعداد دانه پوک، Percentage of un-filled grain (P.U.F.G): درصد دانه پوک

تعداد خوشه در کپه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش کود نیتروژن در جلبک دریایی بر تعداد خوشه در کپه اثر بسیار معنی‌داری داشت (جدول ۴). براساس نتایج مقایسه میانگین، تمامی سطوح کود نیتروژن همراه با مصرف کود جلبک دریایی، تعداد خوشه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. بالاترین تعداد خوشه در کپه مربوط به تیمار ۷۵ درصد کود نیتروژن همراه با محلول‌پاشی کود جلبک دریایی با غلظت یک لیتر در هکتار بود، به‌طوری‌که این ترکیب تیماری، تعداد خوشه را ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۵). افزایش تعداد خوشه در نتیجه مصرف تلفیقی کود نیتروژن و عصاره جلبک دریایی در برنج گزارش شده است (Xie *et al*., 2021). نیتروژن در افزایش تعداد پنجه و خوشه در واحد سطح برنج نقشی اساسی داشته و مصرف کودهای حاوی نیتروژن در خاک با تنظیم سوخت‌وساز نیتروژن و هورمون‌های رشد، سبب تحریک تولید خوشه در واحد سطح می‌شوند (Wang *et al*., 2016). افزایش تعداد خوشه بارور و عملکرد شلتوک برنج ناشی از افزایش سطح کود نیتروژن از ۶۰ به ۹۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار توسط حاتمی‌فر و همکاران (Hatamifar, Ashoury, Shokri-Vahed, & Shahin-Rokhsar, 2013) گزارش شده است.

در این پژوهش، با وجود روند صعودی تعداد خوشه در کپه در تمامی سطوح کود نیتروژن همراه با کود جلبک دریایی، کاربرد تیمار S_4 کود جلبک، تعداد خوشه در کپه را با کاهش مواجه کرد که می‌تواند نتیجه رشد رویشی زیاد در این تیمار باشد. پاوار و همکاران (Pawar, Radhakrishnan, & Mohanan, 2016) گزارش کردند که عواملی از قبیل روش کشت، فراهمی آب، طول روز و تراکم گیاه در کنار وضعیت تغذیه‌ای و عوامل ژنتیکی بر ظهور تعداد خوشه در مزرعه برنج اثرگذار می‌باشد. عصاره جلبک دریایی نوعی محرک زیستی است که مخلوطی از درشت و ریزمغذی‌ها، اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌ها، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و سایر محرک‌های رشد می‌باشد (Sunarpi *et al*., 2021). به نظر می‌رسد که در شرایط این پژوهش، کاربرد تلفیقی کود نیتروژن همراه با محلول‌پاشی کود جلبک دریایی در غلظت یک لیتر در هکتار، جهت دستیابی به بیشترین رشد و عملکرد کافی می‌باشد.

تعداد دانه پر در خوشه

مطابق با تجزیه واریانس، اثر ساده سال در سطح احتمال پنج درصد، کود نیتروژن و جلبک دریایی در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه پر در خوشه معنی‌دار شد. همچنین برهم‌کنش تیمارهای به‌کاررفته در این پژوهش در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد دانه پر معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ترکیب تیماری $N_4 \times S_3$ بیشترین تعداد دانه پر در خوشه را به خود اختصاص

داد که از افزایش ۷۰ درصدی در مقایسه با شاهد برخوردار شد. لازم به ذکر است که ترکیب‌های $N_4 \times S_4$ و $N_3 \times S_4$ نیز با $N_4 \times S_3$ دارای حرف مشترک آماری بودند (جدول ۶). مطابق با نتایج این بررسی، مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی در ذرت، به‌دلیل افزایش کارآیی استفاده از کودها، افزایش عملکرد و اجزای عملکرد را در مقایسه با شاهد به دنبال داشت (Wen *et al.*, 2016). در برنج، افزایش تعداد دانه در خوشه، در نتیجه مصرف تلفیقی کود نیتروژن و عصاره جلبک دریایی در نتیجه افزایش زیست‌توده و سرعت پر شدن دانه گزارش شده است که با افزایش اجزای عملکرد منجر به افزایش عملکرد شده است (Xie *et al.*, 2021). کاربرد تیمارهایی که بدون کاهش مقدار تولید، مصرف کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، برای کشاورزان بسیار قابل توصیه می‌باشد، زیرا از این مسیر می‌توان افزون بر کاهش هزینه‌های اقتصادی، از خطر ورود این کودها به منابع آب و خاک ممانعت کرد.

تعداد دانه پوک در خوشه و درصد پوکی دانه

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، برهم‌کنش کود نیتروژن در جلبک دریایی بر تعداد دانه پوک در خوشه و درصد پوکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تمامی سطوح کود نیتروژن، محلول‌پاشی کود جلبک دریایی در غلظت‌های ۰/۵ و یک لیتر در هکتار سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه پوک در خوشه و درصد پوکی می‌شود، به‌طوری‌که کمترین تعداد دانه پوک و درصد پوکی، حدود ۵۳ و ۶۷ درصد کاهش نسبت به شاهد، به‌ترتیب برای ترکیب‌های تیماری $N_4 \times S_1$ و $N_3 \times S_3$ ثبت شد (جدول ۶). زاید و همکاران (Zayed *et al.*, 2013) نیز اثر کاربرد کودهای حاوی عنصر نیتروژن در کاهش درصد پوکی دانه‌ها را گزارش کردند. در مطالعه این پژوهشگران، بالاترین درصد عقیمی گلچه و پوکی دانه مربوط به شاهد بود که با نتایج این بررسی مطابقت داشت.

وزن هزار دانه

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر ساده سال، کود نیتروژن و محلول‌پاشی کود جلبک دریایی بر وزن هزار دانه برنج معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین سال‌های آزمایش نشان داد که در سال اول مطالعه، وزن هزار دانه نسبت به سال دوم، نزدیک به شش درصد افزایش یافت که می‌تواند به‌دلیل بارندگی بیشتر در این سال باشد (جدول ۵). براساس نتایج، در بین تیمارهای کود نیتروژن، شاهد کمترین وزن هزار دانه برنج را به خود اختصاص داد و سایر تیمارهای کودی به‌کاررفته در پژوهش حاضر، بدون تفاوت با یکدیگر وزن هزاردانه را در مقایسه با شاهد، ۲۷ درصد افزایش دادند. تیمارهای محلول‌پاشی کود جلبک دریایی نیز در مقایسه با شاهد، ۲۲/۵ درصد افزایش در وزن هزار دانه را بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر به دنبال داشتند (جدول ۵). گیاهان جهت غذاسازی از طریق فتوسنتز، نیاز به فراهمی کافی مواد غذایی دارند. ازاین‌رو، مصرف کودهای آلی و شیمیایی ممکن است به‌دلیل افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی سبب افزایش در سطح برگ، جذب نور و فتوسنتز شده و با افزایش تولید گیاهی، افزایش وزن دانه‌ها را به دنبال داشته باشد (Siavoshi, Nasiri, & Laware, 2011). همان‌طور که در نتایج این پژوهش مشاهده می‌شود، مصرف تلفیقی کود نیتروژن با کود جلبک دریایی توانست سبب افزایش محتوی کلروفیل شده و با اثر بر فتوسنتز، تولید آسیمیلات‌ها را افزایش دهد که به‌تبع آن، وزن دانه افزایش یافت. افزون بر این، گزارش شده است که طول، حجم ریشه و غلظت هورمون‌های آن با پرشدن دانه ارتباط دارد، بنابراین تغذیه مناسب گیاه قادر به بهبود ویژگی‌های ریشه و تأثیر بر عملکرد و اجزای عملکرد می‌باشد (Yang JianChang, Zhang Hao, & Zhang JianHua, 2012).

عملکرد شلتوک

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده کود نیتروژن و محلول‌پاشی جلبک دریایی بر عملکرد شلتوک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تمامی سطوح کود نیتروژن مورد مطالعه، عملکرد شلتوک را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. بالاترین مقدار عملکرد در تیمار N_4 معادل ۴۰۱۳/۹ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که با تیمارهای N_2، N_3 و N_5 در گروه آماری مشترکی قرار داشت. تیمارهای N_2، N_3، N_4 و N_5 همچنین توانستند عملکرد شلتوک را به‌ترتیب ۳۶، ۴۲/۸، ۵۲/۵ و ۲۷/۸ درصد در مقایسه با شاهد بهبود بخشند (جدول ۵). مشابه با نتایج این پژوهش، افزایش معنی‌دار عملکرد شلتوک و عملکرد زیستی برنج با افزایش سطح کود نیتروژن از ۹۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Goyal & Thind, 2016). عاشوری (Ashouri, 2012) نیز بالاترین عملکرد شلتوک برنج را در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن گزارش کرد.

نیتروژن با اثر بر ویژگی‌های رویشی گیاه، به تأخیر انداختن تخریب کلروفیل و پروتئین‌های محلول و افزایش مدت زمان انجام فتوسنتز و تعویق پیری برگ، عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (Fageria, Dos Santos, & De Oliveira, 2013). در این مطالعه نیز افزایش مقدار کلروفیل در تیمارهای مصرف کود نیتروژن مشاهده شد که می‌تواند دلیل افزایش عملکرد شلتوک باشد. همچنین، گزارش شده است که وجود عنصر نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه برنج، با افزایش تعداد ساقه و خوشه در مترمربع و تعداد کل سنبلچه، قدرت تولید دانه را افزایش داده و عملکرد دانه را بهبود می‌بخشد (Fei *et*

al., 2024). لازم به ذکر است که مصرف بیش از نیاز عنصر نیتروژن نیز اثر سوء بر برنج داشته و می‌تواند سبب افزایش رشد بیش از اندازه قسمت‌های رویشی و بروز ورس در گیاه شده و عملکرد را کاهش دهد. در نتیجه، با مصرف مقدار مناسب کود نیتروژن و همچنین تلفیق غلظت‌های کاهش‌یافته کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و آلی می‌توان از اثر منفی کودهای شیمیایی بازداری کرده و همزمان عملکرد دانه گیاهان زراعی مهم از قبیل برنج را افزایش داد.

نتایج مقایسه میانگین حاکی از افزایش عملکرد شلتوک برنج در محلول‌پاشی با کود جلبک دریایی در مقایسه با شاهد بود و بالاترین عملکرد شلتوک در تیمار محلول‌پاشی یک لیتر در هکتار جلبک ثبت شد. این تیمار، عملکردی معادل ۴۳۹۵ کیلوگرم در هکتار را نشان داد که در مقایسه با شاهد، ۶۸/۸ درصد افزایش داشت (جدول ۵). افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، علت افزایش عملکرد دانه در استفاده از عصاره جلبک دریایی گزارش شده است (Szczepanek, Wszelaczynska, & Poberezny, 2018). در این پژوهش نیز مشاهده شد که مصرف کود جلبک دریایی، تعداد خوشه در کپه، تعداد دانه و وزن هزار دانه را با افزایش مواجه کرد که اثر مستقیم بر بهبود عملکرد شلتوک داشت.

افزایش عملکرد دانه در نتیجه محلول‌پاشی برگی با عصاره جلبک دریایی در راتون برنج نیز گزارش شده است که به‌دلیل افزایش جذب و انتقال مواد مغذی در گیاه می‌باشد (Baňoc, 2022). عصاره جلبک دریایی به‌دلیل وجود چندین ماده فعال زیستی که در رشد و عملکرد گیاهان نقش دارد، می‌تواند جذب مواد مغذی از خاک را بهبود بخشد و منجر به افزایش تولید گیاه شود. استفاده از عصاره جلبک دریایی همچنین سبب توسعه ریشه، ارتفاع، افزایش سطح برگ و قدرت گیاه می‌شود (Shukla *et al.*, 2019). افزون بر این، گیاهان تیمارشده با عصاره جلبک دریایی دارای محتوای بیشتر ترکیب‌های بیوشیمیایی از قبیل کلروفیل، کاروتنوئیدها، پروتئین‌ها، آمیلازها و هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد از قبیل اکسین، جیبرلین و سیتوکینین می‌باشند که در افزایش رشد و تولید گیاهان نقشی حیاتی ایفا می‌کنند (Hernández-Herrera *et al.*, 2014).

عملکرد زیستی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کود نیتروژن و محلول‌پاشی کود جلبک دریایی بر عملکرد زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین حکایت از افزایش عملکرد زیستی با کاربرد کود نیتروژن در مقایسه با شاهد داشت. بالاترین عملکرد زیستی از تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود نیتروژن (۷۶۹۰/۸ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد که با تیمار ۷۵ درصد (۷۰۰۹/۱ کیلوگرم در هکتار) تفاوتی نداشت. شاهد (۴۸۲۸/۷ کیلوگرم در هکتار) نیز کمترین عملکرد زیستی را به خود اختصاص داد (جدول ۵). عنصر نیتروژن به‌دلیل اهمیت در فرآیند فتوسنتز، نقش مهمی در رشد رویشی گیاهان ایفا می‌کند. کمبود این عنصر منجر به کاهش کلروفیل و زردی برگ‌ها می‌شود که با کاهش دریافت تشعشع خورشیدی و پیری زودرس برگ‌ها منجر به کاهش تجمع ماده خشک می‌شود (Nowak *et al.*, 2024).

نتایج همچنین نشان داد که محلول‌پاشی با کود جلبک دریایی در بهبود عملکرد زیستی مؤثر می‌باشد و هر سه سطح مورد مطالعه، افزایش یکسانی در عملکرد زیستی نسبت به شاهد، ۳۶/۶ درصد افزایش داشتند (جدول ۵). در گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، استفاده از پودر جلبک دریایی، طول ساقه، طول ریشه، تعداد برگ و وزن خشک گیاهچه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. همچنین، اثر تحریک رشد و تعویق پیری گیاهان در کاربرد جلبک دریایی اثبات شده است. این موضوع به‌دلیل فراهمی هورمون محرک رشد اکسین، توسط جلبک می‌باشد که افزایش اندازه و تقسیم سلولی گیاهان را به دنبال دارد (Sasikala, Indumathi, Radhika, & Sasireka, 2016).

شاخص برداشت

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کود نیتروژن و محلول‌پاشی جلبک دریایی بر شاخص برداشت برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). شاخص برداشت نیز همسو با عملکرد شلتوک و عملکرد زیستی با مصرف کود نیتروژن از سطح صفر تا ۷۵ درصد افزایش یافت و ۱۲ درصد بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر، شاخص برداشت را نسبت به شاهد افزایش داد، درحالی‌که تیمار N_5، کاهش معنی‌دار شاخص برداشت را منجر شد که می‌تواند ناشی از رشد رویشی زیاد و عدم پر شدن دانه‌ها در این تیمار باشد و در نتیجه، عملکرد زیستی بالا و کاهش عملکرد اقتصادی در این تیمار به وقوع پیوست. مصرف کود جلبک دریایی نیز در افزایش شاخص برداشت از سطح شاهد تا غلظت یک لیتر در هکتار نقش داشت. تیمارهای S_2 و S_3 بدون تفاوت ۲۸/۸ درصد، شاخص برداشت را در مقایسه با شاهد افزایش دادند، امّا تیمار S_4 کاهش معنی‌دار شاخص برداشت را به دنبال داشت و با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). بهبود شاخص برداشت با مصرف عصاره جلبک دریایی در گندم در شرایط آبیاری طبیعی و تنش خشکی گزارش شد که وجود ترکیب‌های محرک رشد در عصاره جلبک دریایی منجر به بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت گندم شد (De Carvalho, De Camargo, Gallo, & Junior, 2014). در بررسی دیگر، بهبود جذب عناصر غذایی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم با ترکیب‌های محرک رشد (اسید هیومیک، اسید آمینه، اسید فولویک و

عصاره جلبک دریایی) گزارش شد که دلیل این موضوع به افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه در اثر تلفیق ترکیب‌های محرک رشد مرتبط بود (Rajaie, 2022).

نتیجه‌گیری

امروزه با توجه به هزینه‌های فراوان زیست‌محیطی و اقتصادی کودهای شیمیایی، کاربرد کودهایی با منشأ زیستی و آلی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است، به‌طوری‌که تیمارهای تلفیقی غلظت‌های کاهش‌یافته کود شیمیایی همراه با کوهایی با منبع طبیعی، افزون بر حفظ کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی، مصرف کودهای شیمیایی را با کاهش مواجه می‌کند. براساس نتایج این پژوهش، محلول‌پاشی کود حاوی جلبک دریایی در تلفیق با کود نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد خوشه در کپه، تعداد دانه در خوشه و تعداد دانه پر در خوشه شد. مصرف کود نیتروژن و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی همچنین محتوای کلروفیل، طول خوشه و وزن هزاردانه را افزایش داد و سبب بهبود عملکرد شلتوک و عملکرد زیستی برنج رقم هاشمی شد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که محلول‌پاشی یک لیتر در هکتار کود جلبک دریایی و یا کاربرد ۵۰ و ۷۵ درصد کود نیتروژن در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی دارای مزیت می‌باشد.

References

1. Aminpanah, H., & Abassian, A. (2016). Effect of crop rotation, *Azotobacter chroococcum* inoculation and nitrogen rate on rice (*Oryza sativa* L.) paddy yield. *Crop Production*, *9*(3), 211-230. https://doi.org/10.22069/EJCP.2016.10291.1804
2. Amiri, E., Razavipour, T., Farid, A., & Bannayan, M. (2011). Effects of crop density and irrigation management on water productivity of rice production in Northern Iran: Field and modeling approach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *42*(17), 2085-2099. https://doi.org/10.1080/00103624.2011.596238
3. Ashouri, M. (2012). The effect of water saving irrigation and nitrogen fertilizer on rice production in paddy fields of Iran. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, *2*(1), 56-59. https://doi.org/10.7763/IJBBB.2012.V2.70
4. Baňoc, D. M. (2022). Ratooning response of lowland rice (*Oryza sativa* L.) to foliar application of seaweed extracts grown under high maximum temperatures. *SVU-International Journal of Agricultural Sciences*, *4*(3), 68-78. https://doi.org/10.21608/SVUIJAS.2022.133392.1205
5. De Carvalho, M. E. A., De Camargo, P. R., Gallo, L. A., & Junior, M. V. C. F. (2014). Seaweed extract provides development and production of wheat. *Agrarian*, *7*(23), 166-170. https://doi.org/10.5281/zenodo.51607
6. Deepana, P., Bama, K. S., Santhy, P., & Devi, T. S. (2021). Effect of seaweed extract on rice (*Oryza sativa* var. ADT53) productivity and soil fertility in Cauvery delta zone of Tamil Nadu, India. *Journal of Applied and Natural Science*, *13*(3), 1111-1120. https://doi.org/10.31018/jans.v13i3.2906
7. Food and Agriculture Organization (FAO). (2018) <www.fao.org>.
8. Fageria, N. K., Dos Santos, A. B., & De Oliveira, J. P. (2013). Nitrogen-use efficiency in lowland rice genotypes under field conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *44*(17), 2497-2506. https://doi.org/10.1080/00103624.2013.812732
9. Fei, L., Pan, Y., Ma, H., Guo, R., Wang, M., Ling, N., Shen, Q., & Guo, Sh. (2024). Optimal organic-inorganic fertilization increases rice yield through source-sink balance during grain filling. *Field Crops Research*, *308*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109285
10. Fu, Y., Yang, G., Pu, R., Li, Z., Li, H., Xu, X., & Zhao, C. (2021). An overview of crop nitrogen status assessment using hyperspectral remote sensing: Current status and perspectives. *European Journal of Agronomy*, *124*, 126241. https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126241
11. Ghosh, M., Swain, D. K., Jha, M. K., Tewari, V. K., & Bohra, A. (2020). Optimizing chlorophyll meter (SPAD) reading to allow efficient nitrogen use in rice and wheat under rice-wheat cropping system in eastern India. *Plant Production Science*, *23*(3), 270-285. https://doi.org/10.1080/1343943X.2020.1717970
12. Goyal, P., & Thind, S. K. (2016). Photosynthetic attributes and carbohydrates in relation to yield of aerobic rice as influenced by nitrogen and sea weed extract application. *Agricultural Research Journal*, *53*(4), 1-13.
13. Halvorson, A. D., Snyder, C. S., Blaylock, A. D., & Del Grosso, S. J. (2014). Enhanced-efficiency nitrogen fertilizers: Potential role in nitrous oxide emission mitigation. *Agronomy Journal*, *106*(2), 715-722. https://doi.org/10.2134/agronj2013.0081
14. Hatamifar, B., Ashoury, M., Shokri-Vahed, H., & Shahin-Rokhsar, P. (2013). Effects of irrigation and various rates of nitrogen and potassium on yield and yield components of rice plant (*Oryza sativa* L.). *Persian Gulf Crop Protection*, *2*(2), 19-25.
15. Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M. A., Norrie, J., & Hernández-Carmona, G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology*, *26*, 619-628.

16. Kumar, A., Singh, K., Verma, P., Singh, O., Panwar, A., Singh, T., & Raliya, R. (2022). Effect of nitrogen and zinc nanofertilizer with the organic farming practices on cereal and oil seed crops. *Scientific Reports*, *12*(1), 6938. https://doi.org/10.1038/s41598-022-10843-3
17. Latique, S., Chernane, H., Mansori, M., & El Kaoua, M. (2013). Seaweed liquid fertilizer effect on physiological and biochemical parameters of bean plant (*Phaesolus vulgaris* variety Paulista) under hydroponic system. *European Scientific Journal*, *9*(30). 174-191.
18. Liu, K., Li, T., Chen, Y., Huang, J., Qiu, Y., Li, S., & Yang, J. (2020). Effects of root morphology and physiology on the formation and regulation of large panicles in rice. *Field Crops Research*, *258*, 107946. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107946
19. Luo, L., Zhang, Y., & Xu, G. (2020). How does nitrogen shape plant architecture? *Journal of Experimental Botany*, *71*(15), 4415-4427. https://doi.org/10.1093/jxb/eraa187
20. MacKinnon, S. L., Hiltz, D., Ugarte, R., & Craft, C. A. (2010). Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. *Journal of Applied Phycology*, *22*, 489-494. https://doi.org/10.1007/s10811-009-9483-0
21. Nayak, P., Biswas, S., & Dutta, D. (2020). Effect of seaweed extracts on growth, yield and economics of kharif rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *9*(3), 247-253. https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i3d.11269
22. Nedunchezhiyan, M., & Laxminarayan, K. (2011). Site-specific nutrient management for rice. *Orissa Review*, *2*, 62-64.
23. Noor, H., Ding, P., Ren, A., Sun, M., & Gao, Z. (2023) Effects of nitrogen fertilizer on photosynthetic characteristics and yield. *Agronomy*, *13*(1550), 1-20. https://doi.org/10.3390/agronomy13061550
24. Nowak, R., Szczepanek, M., Kobus-Cisowska, J., Stuper-Szablewska, K., Graczyk, R., & Blaszczyk, K. (2024). Relationships between photosynthetic efficiency and grain antioxidant content of barley genotypes under increasing nitrogen rates. *Agriculture*, *14*(1913), 1-21. https://doi.org/10.3390/agriculture14111913
25. Patane, P., & Vibhute, A. (2014). Chlorophyll and nitrogen estimation techniques: A review. *International Journal of Engineering Research and Reviews*, *2*(4), 33-41.
26. Pawar, S. Y., Radhakrishnan, V. V., & Mohanan, K. V. (2016). The importance of optimum tillering in rice-an overview. *South Indian Journal of Biological Sciences*, *2*(1), 125-127.
27. Rahman, M. R. (2015). Effectiveness of nitrogen and potassium fertilizer application on lodging habit and yield attributes of *T. Aman* rice in Ganges Tidal Flood plain. *International Journal of Business, Social and Scientific Research*, *3*(1), 1-12.
28. Rajaie, M. (2022). Improving yield, yield components and the absorption of nutrients of wheat by growth stimulants under normal irrigation and drought stress, *Iranian Journal of Field Crops Research*, *20*(2), 147-162. (in Persien with English Abstarct). https://doi.org/10.22067/JCESC.2022.72226.1083
29. Ren, Ch., Zhang, X., Reis, S., & Gu, B. (2022). Socioeconomic barriers of nitrogen management for agricultural and environmental sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *333*, 1-12. https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2022.107950
30. Sasikala, M., Indumathi, E., Radhika, S., & Sasireka, R. (2016). Effect of seaweed extract (*Sargassum tenerrimum*) on seed germination and growth of tomato plant. *International Journal of ChemTech Research*, *9*(09), 285-293.
31. Sheikhnazari, S., Niknezhad, Y., Fallah, H., & Barari Tari, D. (2022). Effect of application of nitrogen doses with biochar and zinc nanoparticles on quantitative and qualitative characteristic of rice (*Oryza sativa* L.), *Iranian Journal of Field Crops Research*, *20*(3), 349-361. (in Persien with English Abstract). https://doi.org/10.22067/JCESC.2022.75649.1150
32. Shukla, P. S., Mantin, E. G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 462648. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655
33. Siavoshi, M., Nasiri, A., & Laware, S. L. (2011). Effect of organic fertilizer on growth and yield components in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agricultural Science*, *3*(3), 217-221. https://doi.org/10.5539/jas.v3n3p217
34. Sivakamipriya, J., Suresh, S., Manikandan, K., & Ramesh, P. T. (2022). Effect of water soluble fertilizer, micronutrients, humic acid and seaweed extract on growth and yield of rice. *Biological Forum – An International Journal*, *14*(2), 493-498.
35. Sridhar, S., & Rengasamy, R. (2010). Studies on the effect of seaweed liquid fertilizer on the flowering plant *Tagetes erecta* in field trial. *Advances in Bioresearch*, *1*(2), 29-34.
36. Sunarpi, H., Nikmatullah, A., Sunarwidhi, A. L., Jihadi, A., Ilhami, B. T. K., Ambana, Y., & Prasedya, E. S. (2021, March). *Combination of inorganic and organic fertilizer in rice plants (Oryza sativa L.) in screen houses*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 712, No. 1, p. 012035). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/712/1/012035
37. Szczepanek, M., Wszelaczynska, E., & Poberezny, J. (2018). Effect of seaweed biostimulant application in spring wheat. *Agro Life Scientific Journal*, *7*(1), 1-7.

38. Wang, N., Fu, F., Wang, H., Wang, P., He, S., Shao, H., & Zhang, X. (2021). Effects of irrigation and nitrogen on chlorophyll content, dry matter and nitrogen accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Scientific Reports*, *11*(1), 1-9. https://doi.org/10.1038/s41598-021-95792-z
39. Wang, Y., Ren, T., Lu, J., Ming, R., Li, P., Hussain, S., & Li, X. (2016). Heterogeneity in rice tillers yield associated with tillers formation and nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*, *108*(4), 1717-1725. https://doi.org/10.2134/agronj2015.0587
40. Wen ZhiHui, W. Z., Shen JianBo, S. J., Blackwell, M., Li HaiGang, L. H., Zhao BingQiang, Z. B., & Yuan HuiMin, Y. H. (2016). Combined applications of nitrogen and phosphorus fertilizers with manure increase maize yield and nutrient uptake via stimulating root growth in a long-term experiment. *Pedospher*, *26*(1), 62-73. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60023-6
41. Xie, H., Wu, K., Iqbal, A., Ali, I., He, L., Ullah, S., & Jiang, L. (2021). Synthetic nitrogen coupled with seaweed extract and microbial inoculants improves rice (*Oryza sativa* L.) production under a dual cropping system. *Italian Journal of Agronomy*, *16*(2), 1-10. https://doi.org/10.4081/ija.2021.1800
42. Xu, G., Fan, X., & Miller, A. J. (2012). Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*, *63*, 153-182. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105532
43. Yang JianChang, Y. J., Zhang Hao, Z. H., & Zhang JianHua, Z. J. (2012). Root morphology and physiology in relation to the yield formation of rice. *Journal of Integrative Agriculture*, *11*(6), 920-926. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60082-3
44. Zayed, B. A., Elkhoby, W. M., Salem, A. K., Ceesay, M., & Uphoff, N. T. (2013). Effect of integrated nitrogen fertilizer on rice productivity and soil fertility under saline soil conditions. *Journal of Plant Biology Research*, *2*(1), 14-24.
45. Zayed, B. A., Salem, A. K. M., & El Sharkawy, H. M. (2011). Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, *7*(2), 179-184.
46. Zhang, H., Liu, H., Hou, D., Zhou, Y., Liu, M., Wang, Z., & Yang, J. (2019). The effect of integrative crop management on root growth and methane emission of paddy rice. *The Crop Journal*, *7*(4), 444-457. https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.12.011
47. Zhang, W., Wu, L., Wu, X., Ding, Y., Li, G., Li, J., & Wang, S. (2016). Lodging resistance of japonica rice (*Oryza Sativa* L.): Morphological and anatomical traits due to top-dressing nitrogen application rates. *Rice*, *9*, 1-11. https://doi.org/10.1186/s12284-016-0103-8
48. Zodape, S. T., Mukhopadhyay, S., Eswaran, K., Reddy, M. P., & Chikara, J. (2010). Enhanced yield and nutritional quality in green gram (*Phaseolus radiata* L.) treated with seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) extract. *Journal of Scientific and Industrial Research*, *69*, 468-471.