

The effect of combined use of nitrogen fertilizer and seaweed on yield components and grain yield of rice variety Hashemi

¹Seyede Ladan Tahaei Roudsari, ^{2*}Majid Ashouri, ²Naser Mohammadian Roshan, ²Seyed Mostafa Sadeghi

¹Ph.D Student, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran

² Associate Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran
Corresponding Author Email: majidashouri69@gmail.com

³Associate Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran

³Associate Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran

Introduction: Compared to other essential elements, rice needs more nitrogen. Therefore, for higher plant growth and productivity, nitrogen is used excessively. Combining chemical fertilizers with biological and organic fertilizers is one of the ways to reduce the excessive consumption of chemical fertilizers.

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 gr), 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 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 indicate the highest plant height (150 cm), the number of spike (29), the number of full seeds (132.4), respectively, in 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⁻¹of seaweed fertilizer, respectively.

Conclusion: 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: Rice yield, chlorophyll, nitrogen, thousand grain weight

اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژن و جلبک دریایی بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه برنج رقم هاشمی

سیده لادن طاهائی رودسری^۱، مجید عاشوری^{۲*}، ناصر محمدیان روشن^۲، سید مصطفی صادقی^۲
^۱دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی، فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران
^۲دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران
 آدرس ایمیل نویسنده مسئول: majidashouri69@gmail.com
^۲استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران
^۲دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران

نام نویسنده	نحوه مشارکت
سیده لادن طاهائی رودسری	استخراج و تهیه متن اولیه
مجید عاشوری	نظارت و مدیریت
ناصر محمدیان روشن	مشاوره فنی
سید مصطفی صادقی	تحلیل آماری

چکیده

کاربرد گسترده کودهای شیمیایی جهت تولید گیاهان زراعی منجر به آسیب‌های زیست محیطی و اقتصادی شده است. در حالی که تلفیق کودهای شیمیایی با کودهایی از منابع زیستی و آلی کاهش مصرف کودهای شیمیایی را به دنبال داشته و در راستای منافع زیست محیطی می‌باشد. به منظور تعیین سطح مناسب کود نیتروژن و محلول‌پاشی جلبک دریایی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در روستای کیشاکجان، 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. به طوری که 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 بیان شده 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 حاکی از بیشترین ارتفاع بوته (۱۵۰ سانتی‌متر)، تعداد خوشه (۲۹)، تعداد دانه پر (۱۳۲/۴) به ترتیب در کاربرد ۱۰۰ درصد کود نیتروژن*یک لیتر در هکتار جلبک و ۷۵ درصد کود نیتروژن* یک لیتر در هکتار جلبک داشت. کمترین تعداد دانه پوک (۴/۲) و درصد پوکی دانه (۳/۵) به ترتیب 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، نیتروژن، 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، به طوری که 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 et al., 2011). در زراعت برنج، مدیریت تغذیه به ویژه مصرف عنصر نیتروژن بسیار مهم است (Sheikhnazari et al., 2022; Nedunchezhiyan & Laximinaryan, 2011) چرا که نیتروژن نقش حیاتی در رشد و نمو برنج داشته و قسمت مهمی از آنزیم‌ها، کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌های ذخیره‌ای، دیواره سلولی و سایر اجزای سلولی از عنصر نیتروژن می‌باشد (Luo et al., 2020; Patane & Vibhute, 2014). کمبود نیتروژن منجر به اثر سوء بر رشد برگ‌ها شده و کمرنگ‌تر شدن آنها را به دلیل کاهش کلروفیل و پیری زودرس به دنبال دارد که در نتیجه، با کاهش دریافت تشعشع خورشیدی منجر به کاهش تجمع ماده خشک گیاه می‌شود (Noor et al., 2023). در چند دهه پیشین، با هدف افزایش تولید در واحد سطح، مصرف انواع کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنی، افزایش یافته است (Aminpanah & Abbasian, 2016)، به طوری که کاربرد بیش از حد نیتروژن اثر سوء بسیاری از قبیل افزایش انتشار اکسید نیتروژن (Halvorson et al., 2014)، کاهش کارایی مصرف نیتروژن (NUE) و بازده اقتصادی ضعیف (Xu et al., 2012) را به دنبال داشته است. همچنین، با مصرف بیش از حد نیتروژن، افزایش ناگهانی جمعیت ریزجاندان مصرف کننده کربن رخ داده که سبب برهم خوردن نسبت کربن به نیتروژن و در نتیجه، از بین رفتن مواد آلی موجود در خاک‌های زراعی شده است (Ren et al., 2022). بنابراین، تمامی موارد بیان شده 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 نه تنها به دلیل فراهم سازی نیازهای گیاه، بلکه جهت منافع زیست‌محیطی، محصولات کشاورزی با کیفیت و سلامت مصرف کنندگان می‌باشد (Latique & Candidate, 2013).

جلبک‌های دریایی سرشار از ترکیب‌های زیست فعال بوده که به دلیل افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی در سال‌های پیشین استفاده از آنها رواج پیدا کرده است (Hernández-Herrera et al., 2014; MacKinnon et al., 2010; Nayak et al., 2020). ثابت

شده است که عصاره جلبک دریایی زمانی که به خاک افزوده می‌شود و یا زمانی که به صورت محلول‌پاشی برگی در گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد، موجب بهبود عملکرد محصول می‌شود (Zodape, 2010). عصاره جلبک دریایی همچنین، به دلیل برخورداری از هورمون‌های رشد از قبیل اکسین و سیتوکینین، عناصر نیتروژن، آهن، روی، مس، کالت، مولیبدن، منگنز، منیزیم و نیکل، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه، تأثیر مفیدی بر رشد گیاهان به همراه دارد (Sridhar & Rengasamy, 2010).

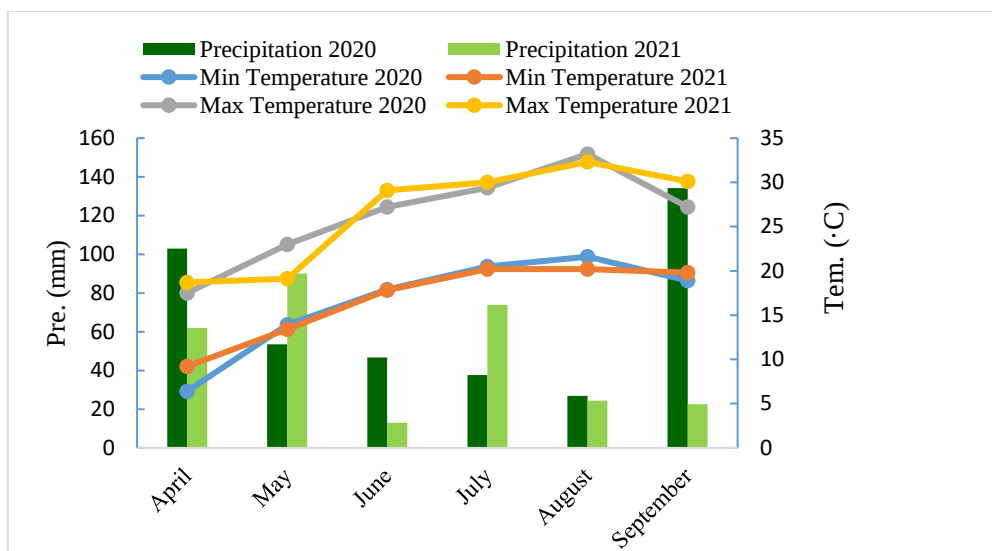
در برنج گزارش شده است که کاربرد خاکی جلبک دریایی به مقدار ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار همراه با محلول‌پاشی ۰/۵ درصد کود مایع حاوی جلبک دریایی در دو مرحله پنجه‌زنی و ظهور خوشه، ارتفاع گیاه (۱۱۲/۱ سانتی‌متر)، ماده خشک (۱۱۳۹۰ کیلوگرم در هکتار)، تعداد دانه در خوشه (۱۶۶)، طول خوشه (۲۱/۸ سانتی‌متر)، وزن هزاردانه (۱۴/۷ گرم)، تعداد پنجه بارور در متر مربع (۲۷۵ عدد)، عملکرد دانه (۵۶۱۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد کاه (۷۸۲۹ کیلوگرم در هکتار) را در مقایسه با شاهد افزایش داد (Deepana et al., 2021). در یک آزمایش گلدانی تلفیق کود معدنی (۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد توصیه شده) 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، به طوری که 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، زیست توده و عملکرد دانه برنج رقم هاشمی در منطقه رودسر را مورد بررسی قرار داد.

مواد و روش‌ها

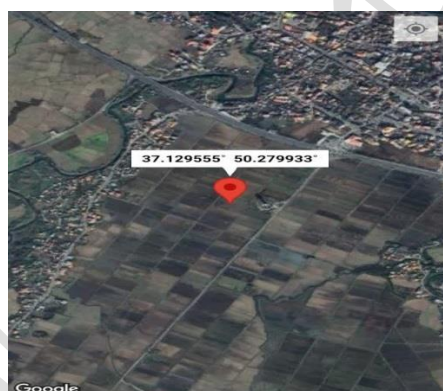
محل اجرای آزمایش

این پژوهش طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه‌ای به مساحت ۸۰۰ متر مربع 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 ۲). متوسط دما و بارندگی ماهانه دوره آزمایش و ویژگی خاک مزرعه قبل از اعمال تیمارها به ترتیب در شکل و جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول فصل رشد برنج طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

Figure 1- Meteorological information during the growth season of rice in experimental site (2022 and 2023)



شکل ۲- عکس هوایی محل اجرای آزمایش

Figure 2- Aerial photo of the test site

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

Table 1- Physical and chemical properties of soil in the experiment site (depth 0-30 cm)

Soil	Sand	Silt	Clay	K	P	Total N	OC	EC	pH
Texture	(%)	(%)	(%)	Mgkg ⁻¹	Mg.kg ⁻¹	(%)	(%)	(dS m ⁻¹)	
Loam-Sand	61	25	14	331	4	0.277	3.3	1.114	6.9

نوع طرح و تیمارهای آزمایش

آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده 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 (N₁)، ۲۵ (N₂)، ۵۰ (N₃)، ۷۵ (N₄) و ۱۰۰ (N₅) 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 (S₁)، ۰/۵ (S₂)، ۱ (S₃) و ۱/۵ (S₄) لیتر در هکتار) در کرت‌های فرعی بودند. برخی از ویژگی کود مایع حاوی عصاره جلبک دریایی در جدول ۲ نشان داده شده است. کود وکوزیم مایع، عصاره یک جلبک دریایی با نام *Ascophyllum nodosum* می‌باشد که به روش تخمیر ساقه‌های جلبک تهیه شده است. وکوزیم مایع حاوی مواد محرک رشد گیاهی بوده که به صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفته و منجر به استفاده مطلوب‌تر گیاه از مواد غذایی، مقاومت در مقابل تنش‌های محیطی، تحریک رشد، بهبود پُر شدن دانه‌ها، خاصیت انبارداری و عملکرد و افزایش روغن در دانه‌های روغنی می‌شود.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های کود جلبک دریایی مورد مطالعه

Table 2- Some characteristics of the studied seaweed-fertilizer

Package size	Type of packaging	Seaweed extract (%)	Cu (%)	Zn (%)	Mn (%)	Fe (%)	N (%)	Physical form
0.5 lit	bottle	22	0.05	0.05	0.05	0.05	5.2	liquid

عملیات کاشت برنج

در این مطالعه، برنج رقم هاشمی در تاریخ ۱۳ اردیبهشت ماه هر دو سال به صورت دستی در کرت‌هایی به طول پنج متر و عرض دو متر (۱۰ متر مربع)، با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر نشاکاری شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله تکرارها یک متر بود. مبارزه با علف‌های هرز به صورت 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 شد. روی مرز کرت‌ها نیز با پلاستیک به عمق ۳۰ سانتی‌متر، برای بازداری از اختلاط تیمارهای کودی نیتروژن، پوشانده شد.

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

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 متر مربع از هر کرت برداشت شد 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 شد. جهت محاسبه عملکرد زیستی و عملکرد شلتوک، به ترتیب کل بوته و دانه‌ها در آون ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت، خشک و سپس، با تراوی 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 با نرم افزار SAS v.9.2 و مقایسه میانگین‌ها نیز با کمک آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب کود نیتروژن و جلبک دریایی بر ویژگی‌های مورد مطالعه برنج رقم هاشمی

Table 3- Combined analysis of variance for nitrogen fertilizer and seaweed fertilizer on studied traits in rice

S.O.V	df	Chlo.	P.H	S.L	No.S	No.F.G	No.U.	P.U.F.G	T.W.G	G.Y	B.Y	H.I
F.G												
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}
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
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}	0.4 ^{ns}	39317.8 ^{ns}	162503.9 ^{ns}	5.8 ^{ns}
Error a	16	61.2	48.5	8.4	4.1	162.4	4.45	4.9	11.3	773402.6	4753210.3	464
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}
Error b	60	67.1	28.8	6.1	1.7	130.2	76.1	2.03	7.3	862949.9	2759145.6	233
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, *, ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح پنج و یک درصد

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

:No. of Spike (No. S) طول خوشه، Spike Length (S.L) ارتفاع بوته، Plant Height (P.H) متر، Chlorophyll content (Chlo.)

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

:Biological Yield (B.Y) عملکرد شلتوک، Thousand Grain weight (T.G.W) وزن هزار دانه، Grain Yield (G.Y) عملکرد زیستی، Harvest Index (H.I) شاخص برداشت

عملکرد زیستی، Harvest Index (H.I) شاخص برداشت

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 ۳). نتایج نشان داد که با افزایش سطح نیتروژن عدد کلروفیل متر افزایش در تیمارهای N₁ تا N₅ بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر افزایش یافت. با این حال، بیشترین مقدار در تیمار N₄، ۴۴/۸ درصد افزایش نسبت به شاهد و کمترین مقدار در تیمار N₅، ۲۶/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد، به دست آمد (جدول ۴). محتوی 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 et al., 2020)، به طوری که 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 تیمار شاهد می‌باشد که به ترتیب ۳۲/۶، ۶۳/۱ و ۳۱/۷ درصد در مقایسه با تیمارهای S₂، S₃ و S₄ بیشتر بود (جدول ۴). 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 et al., 2022](#)). دلیل این موضوع می‌تواند به فراهمی عناصر غذایی در طول مراحل رشد گیاه، بهبود تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی، جذب مطلوب‌تر نور و تسریع فرایندهای فتوسنتزی توسط جلبک دریایی مرتبط باشد ([Zayed et al., 2011](#)). در پژوهش حاضر نیز کود جلبک دریایی مورد استفاده حاوی عناصر نیتروژن، آهن، روی و مس بود (جدول ۲) که تمامی این عناصر در ساختمان فتوسنتزی گیاه نقشی اساسی بر عهده دارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ساده بر ویژگی‌های مورد مطالعه

Table 4- Mean comparison of simple effects on the studied traits

		Chlo.	S.L	T.G.W	G.Y	B.Y	H.I
			(cm)	(gr)	(Kg.ha ⁻¹)	(Kg.ha ⁻¹)	(%)
سال	Year1	32. ^a	27.9 ^a	25.5 ^a	3542 ^a	6588.6 ^a	55.5 ^a
	Year2	30.2 ^a	26.3 ^b	24.1 ^b	3394.9 ^a	6292.9 ^a	54.46 ^a
سطوح کود نیتروژن	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	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 نشان دهنده 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.

Biological Chlorophyll content (Chlo.): عدد کلروفیل متر، Spike Length (S.L): طول خوشه، وزن هزار دانه، Grain Yield (G.Y): عملکرد شلتوک، Harvest Index (H.I): شاخص برداشت

Yield (B.Y): عملکرد زیستی، Harvest Index (H.I): شاخص برداشت

ارتفاع گیاه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده سال در سطح احتمال پنج درصد و اثر ساده کود نیتروژن و جلبک دریایی و همچنین، برهمکنش تیمارهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین حاکی از افزایش ارتفاع برنج در تمامی سطوح کود نیتروژن همراه با عصاره جلبک دریایی، در مقایسه با شاهد داشت. بیشترین ارتفاع بوته برنج برای ترکیب تیماری N₅*S₃ به دست آمد که ۵۳ درصد بیشتر از عدم کاربرد کود نیتروژن و محلول‌پاشی جلبک دریایی بود. افزون بر این، ترکیب‌های تیماری N₅*S₄، N₄*S₄، N₄*S₃، N₃*S₄ با ترکیب N₅*S₃ در گروه آماری مشترکی قرار داشتند (جدول ۵).

کاهش رشد اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان و محدودیت تشکیل و توسعه اندام‌های تولید مثلی در اثر کمبود گیاه به عنصر نیتروژن گزارش شده است که این موضوع، به طور 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 به دلیل بهره‌مندی از مزایای هر دو کود می‌باشد. به طوری که عنصر نیتروژن منجر به ازدیاد طول میانگره‌های ساقه برنج، به ویژه 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 ۲).

جدول ۵- برهمکنش کود نیتروژن در کود جلبک دریایی بر ویژگی‌های مورد مطالعه

Figure 5- Interaction of nitrogen × seaweed fertilizer on the studied treatments

Nitrogen Fertilizers Level	Foliar Application of Seaweed	P.H. (cm)	No. S.	No. F.G.	No.U.F.G.	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 ^{ji}	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 نشان دهنده 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.

No. of Un-Filled Grain: تعداد دانه پر، No. of Filled Grain (N.F.G): تعداد خوشه، No. of Spike (No. S): ارتفاع بوته، Plant Height (P.H)

(N.U.F.G): تعداد دانه پوک، (P.U.F.G): Percentage of Un-Filled Grain: درصد دانه پوک)

طول خوشه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر ساده سال، کود نیتروژن و جلبک دریایی بر طول خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که طول خوشه در سال اول شش درصد بالاتر از سال دوم می‌باشد (جدول ۴). به نظر

می‌رسد بارندگی بیشتر طی دوره رشد در سال اول منجر به افزایش رشد رویشی و زایشی گیاهان شده باشد (شکل 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 ۴). افزایش طول خوشه ناشی از مصرف کودهای حاوی نیتروژن در برنج (Rahman, 2015) و گندم (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 سوخت و ساز کربن و نیتروژن در مرحله تمایز خوشه با تعداد خوشه‌چه تولیدی ارتباط نزدیک دارد که به تبع، 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 به ترتیب، طول خوشه را در مقایسه با شاهد، ۳/۶، ۱۷/۲ و ۱۲/۸ درصد افزایش دادند (جدول ۴). 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 فراهم سازی نیاز غذایی گیاه به این عنصر اساسی شد، از ترکیب‌های هورمونی شامل اکسین، جیبرلین و سیتوکنین برخوردار بود که توانست به افزایش رشد خوشه برنج کمک کند.

تعداد خوشه در کپه

نتایج تجزیه وایانس نشان داد که برهمکنش کود نیتروژن در جلبک دریایی بر تعداد خوشه در کپه اثر بسیار معنی‌داری داشت (جدول ۳). بر اساس 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. به طوری که 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 سوخت و ساز 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 et al., 2013) گزارش شده است.

در این پژوهش، با وجود روندی 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. پاور و همکاران (Pawar et al., 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 اثرگذار می‌باشد. عصاره جلبک دریایی نوعی محرک زیستی است که مخلوطی از درشت و ریز مغذی‌ها، اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌ها، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و سایر محرک‌های رشد می‌باشد (Sunarpi et al., 2021). به نظر می‌رسد در

شرایط این پژوهش، کاربرد تلفیقی کود نیتروژن همراه با محلول پاشی 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 به کار رفته در پژوهش در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد دانه پر معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ترکیب تیماری N_4*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*S_4 و N_3*S_4 نیز با N_4*S_3 دارای حرف مشترک آماری بودند (جدول ۵). مطابق با نتایج این بررسی، مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی در ذرت، به دلیل افزایش کارایی 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 زیست توده 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

بر اساس 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 ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تمامی سطوح کود نیتروژن، محلول پاشی کود جلبک دریایی در غلظت‌های ۰/۵ و یک لیتر در هکتار سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه پوک در خوشه و درصد پوکی می‌شود. به طوری که کمترین تعداد دانه پوک و درصد پوکی، حدود ۵۳ و ۶۷ درصد کاهش نسبت به شاهد، به ترتیب برای ترکیب‌های تیماری N_4*S_1 و N_3*S_3 ثبت شد (جدول ۵). 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 تیمار شاهد بود که با نتایج این بررسی مطابقت داشت.

وزن هزار دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر ساده سال، کود نیتروژن و محلول پاشی کود جلبک دریایی بر وزن هزار دانه برنج معنی‌دار شد (جدول ۳). 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 به دلیل بارندگی بیشتر در این سال باشد (جدول ۴). بر اساس نتایج، در بین تیمارهای کود نیتروژن، تیمار شاهد کمترین وزن هزار دانه برنج را به خود اختصاص داد و سایر تیمارهای کودی به کار رفته در پژوهش، 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 ۴). گیاهان جهت غذاسازی از طریق فتوسنتز، نیاز به فراهمی کافی مواد غذایی دارند. از این رو، مصرف کودهای آلی و شیمیایی، ممکن است به دلیل 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 et al., 2011). همان طور 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 آسمیلات‌ها را افزایش دهد که به تبع آن، وزن دانه افزایش یافت. افزون بر این، گزارش شده است که طول، حجم و غلظت هورمون‌های ریشه نیز با پرشدن دانه ارتباط دارد که تغذیه مناسب گیاه قادر به بهبود ویژگی‌های ریشه و تأثیر بر عملکرد و اجزای عملکرد می‌باشد (Yang et al., 2012).

عملکرد شلتوک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده کود نیتروژن و محلول‌پاشی جلبک دریایی بر عملکرد شلتوک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). 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 $4013/9$ 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 به ترتیب ۳۶، ۴۲/۸، ۵۲/۵ و ۲۷/۸ درصد در مقایسه با شاهد، بهبود بخشند (جدول ۴). 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 et al., 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 متر مربع 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 کاهش یافته 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 داشت و بالاترین عملکرد شلتوک در تیمار محلول‌پاشی با یک لیتر در هکتار جلبک ثبت شد. این تیمار عملکردی معادل 4395 کیلوگرم در هکتار را نشان داد که در مقایسه با شاهد، ۶۸/۸ درصد افزایش داشت (جدول ۴). افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، علت افزایش عملکرد دانه در

استفاده از عصاره جلبک دریایی گزارش شده است ([Szczepanek et al., 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 محلول پاشی برگ با عصاره جلبک دریایی در راتون برنج نیز گزارش شده است که نتیجه، افزایش جذب و انتقال مواد مغذی در گیاه می باشد ([Bañoc, 2022](#)). عصاره جلبک دریایی به دلیل وجود چندین ماده فعال زیستی که در رشد و عملکرد گیاهان نقش دارد، می تواند 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 می شود ([Shukla et al., 2019](#)). افزون بر این، گیاهان تیمار شده با عصاره جلبک دریایی دارای محتوی بیشتری از ترکیب های بیوشیمیایی از قبیل کلروفیل، کاروتنوئیدها، پروتئین ها، آمینو اسیدها و هورمون های تنظیم کننده رشد از قبیل اکسین، جیبرلین و سیتوکینین می باشند که در افزایش رشد و تولید گیاهان نقشی حیاتی ایفا می کنند ([Hernández-Herrera et al., 2018](#)).

عملکرد زیستی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کود نیتروژن و محلول پاشی کود جلبک دریایی بر عملکرد زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی دار می باشد (جدول ۳). 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. تیمار شاهد (۴۸۲۸/۷ کیلوگرم در هکتار) نیز کمترین عملکرد زیستی را به خود اختصاص داد (جدول ۴). عنصر نیتروژن به دلیل اهمیت در فرآیند فتوسنتز، نقش مهمی در رشد رویش گیاهان ایفا می کند. کمبود این عنصر منجر به کاهش کلروفیل و زردی برگ ها می شود که با کاهش دریافت تشعشع خورشیدی و پیری زودرس برگ ها منجر به کاهش تجمع ماده خشک می شود ([Nowak et al., 2024](#)).

نتایج همچنین، نشان داد که محلول پاشی با کود جلبک دریایی در بهبود عملکرد زیستی موثر می باشد و هر سه سطح مورد مطالعه افزایش یکسانی در عملکرد زیستی نسبت به شاهد، ۳۶/۶ درصد افزایش، داشتند (جدول ۴). در گوجه فرنگی، 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 به دلیل فراهمی هورمون محرک رشد اکسین، توسط جلبک می باشد که افزایش اندازه و تقسیم سلولی گیاهان را به دنبال دارد ([Sasikala et al., 2016](#)).

شاخص برداشت

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کود نیتروژن و محلول پاشی جلبک دریایی بر شاخص برداشت برنج در سطح احتمال یک درصد معنی دار می باشد (جدول ۳). 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 معنی دار با یکدیگر، شاخص برداشت را نسبت به شاهد افزایش داد. در حالی که تیمار N₅

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 S₂ و S₃ بدون تفاوت ۲۸/۸ درصد، شاخص برداشت را در مقایسه با شاهد افزایش دادند، اما تیمار S₄ کاهش معنی‌دار شاخص برداشت را به دنبال داشت و با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). 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 et al., 2013). 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 کلی

امروزه، با توجه به هزینه‌های فراوان زیست محیطی و اقتصادی کودهای شیمیایی، کاربرد کودهایی با منشأ زیستی و آلی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته، به طوری که تیمارهای تلفیقی غلظت‌های کاهش یافته کود شیمیایی همراه با کوهایی با منبع طبیعی، افزون بر حفظ کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی، مصرف کودهای شیمیایی را با کاهش مواجه می‌کند. بر اساس 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، محتوی کلروفیل، طول خوشه و وزن هزارانه را افزایش داد و سبب بهبود عملکرد شلتوک و عملکرد زیستی برنج رقم هاشمی شد. به طور 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

- 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>.
- 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>.
- 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>.
- Bañoc, 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>.

- 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>.
- 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>.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2018) <www.fao.org>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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). <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n020204>.
- 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>.
- 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.
- 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.
- 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>.
- 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).
- 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>.
- 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>.
- 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.
- 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.v9i3d.11269>.
- Nedunchezhiyan, M. & Laxminarayan, K. (2011). Site-specific nutrient management for rice. *Orissa Review*, 2, 62- 64.
- 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>.

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>.

Patane, P., & Vibhute, A. (2014). Chlorophyll and nitrogen estimation techniques: A Review. *International Journal of Engineering Research and Reviews*, 2(4), 33-41.

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. <https://doi.org/10.22205/sijbs/2016/v2/i1/100359>.

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.

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>.

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>.

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. *First issue: Volume 01 Issue 01, July-December 2013 Current Issue: Volume 03 Issue 01, January-February 2015 Advisory Board: Dr. AFM Aktaruzzaman, Rtd. Director, BFRI, Chitagong*.

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 Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/JCESC.2022.72226.1083>.

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>.

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 Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/JCESC.2022.75649.1150>.

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(2a): 493-498.

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.

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>.

Szczepanek, M., Wszelaczynska, E., & Poberezy, J. (2018). Effect of seaweed biostimulant application in spring wheat. *Agro Life Scientific Journal*, 7 (1): 1-7.

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>.

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>.

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](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60023-6).

- 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>.
- 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>.
- 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](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60082-3).
- 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.
- 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.
- 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>.
- 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>.
- 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.