نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۶- شماره ۳- پیاپند ۱۴۰ پائیز ۱۴۰۲

# پاسخ ویژگی‌های زراعی لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج (*Oryza sativa* L.) به نیتروژن و فواصل کاشت ماشینی و دستی

# Response of agronomic characteristics of rice (*Oryza sativa* L. 'promising line 965') to nitrogen levels and different mechanized and hand planting spaces

محمدعلی شعبان‌تبار عزیزی[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲*]، هدی آبادیان[۳]، مهرانوش امامیان طبرستانی[۴]

۱. کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران.
۲. استاد، گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران ، (نگارنده مسئول)
۳. استادیارمعاونت موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران.
۴. دکتری زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۸ - شناسانهٔ برنمود رقمی:** 10.22092/aj.2024.364254.1667

## چکیده

شعبان تبار عزیزی،م. ع.، پیردشتی، ه.، آبادیان، ه.، امامیان طبرستانی، م.، **. پاسخ ویژگی‌های زراعی لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج (*Oryza sativa* L.) به نیتروژن و فواصل کاشت ماشینی و دستی**
**نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۶ - شماره ۳- پیاپند ۱۴۰ پائیز ۱۴۰۲ صفحه: ۳۹-۱۸**

**به‌منظور دستیابی به تراکم مطلوب و مصرف بهینه کود نیتروژن در لاین امیدبخش ۹۶۵، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار اجرا شد. کود نیتروژن به‌عنوان عامل اصلی در چهار مقدار شاهد (صفر)، ۹۲، ۱۱۵ و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره و فاصله کاشت به‌عنوان عامل فرعی در سه سطح ۲۰×۲۰، ۲۵×۲۵ (نشاکاری با دست) و ۱۶×۳۰ سانتی‌متر (نشاکاری ماشینی) در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد با افزایش مقادیر نیتروژن در گیاه برنج در مرحله آبستنی، ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ از یک تا ۳۵ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. بیشترین شاخص سطح برگ در فواصل کاشت ۲۰×۲۰ و ۱۶×۳۰ سانتی‌متر به‌ترتیب با ۵۰/۸ و ۱۴/۹ درصد اختلاف نسبت به فاصله کاشت ۲۵×۲۵ سانتی‌متر و بیشترین وزن خشک اندام هوایی با ۳۴/۷ درصد و مقدار کلروفیل *b* و *a+b* به‌ترتیب با ۲/۹ و ۲/۲ برابر افزایش نسبت به مقدار صفر نیتروژن در مقدار کودی ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص و فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. بیشترین عملکرد شلتوک (۱۰۳۰۹ و ۱۰۹۹۸ کیلوگرم در هکتار) و کارایی زراعی نیتروژن (۲۹/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) بدون اختلاف معنی‌دار در مقادیر کودی ( ۱۱۵و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) به‌ترتیب در فواصل کاشت۲۰×۲۰ و ۱۶×۳۰ سانتی‌متر مشاهده شد. در مجموع، برای دستیابی به عملکرد بهینه در کشت لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج دو مقدار ۱۳۸ و ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب برای فاصله کاشت ۱۶×۳۰ سانتی‌متر (نشاکاری ماشینی) و فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر (نشاکاری با دست) توصیه می‌شود.**

**واژه های کلیدی: رنگیزه فتوسنتزی، شاخص برداشت، شلتوک، کارایی زراعی نیتروژن، کلروفیل، نشاکاری ماشینی.**

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: h.pirdashti@sanru.ac.ir

**مقدمه**

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی پس از گندم بوده و با حدود ۱۶۸ میلیون هکتار، بالاترین سطح زیرکشت اراضی کشاورزی جهان را دارد (FAO, 2023). این گیاه راهبردی ماده غذایی اصلی بیش از نیمی از مردم دنیا را تشکیل می‌دهد. در قاره‌ی آسیا نیز با تأمین ۳۵ تا ۸۰ درصد از کالری مورد نیاز روزانه مردم، نقش مهمی در تغذیه و اشتغال‌زایی آن‌ها از جمله کشور ما دارد (Erfani *et al*., 2020). از آن‌جایی‌که آمارها نشان می‌دهد تا سال ۲۰۵۰، جمعیت جهان به ۱۰ میلیارد نفر خواهد رسید، در نتیجه تقاضا برای آن نسبت به سایر محصولات بیشتر خواهد شد. بیشترین رشد جمعیت در مناطق تولید و مصرف برنج، یعنی قاره‌های آسیا، آفریقا و آمریکا می‌باشد (Easterling *et al*., 2007). در کشور ما نیز برنج در ۶۵۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی استان‌های مختلف کشور کشت می‌شود که بیشتر آن در دو استان شمالی گیلان و مازندران قرار دارد (Anonymous, 2022).

امروزه به‌کارگیری روش‌های مدیریت زراعی صحیح از عوامل موفقیت تولید محصولی مانند برنج می‌باشد (Zhou *et al*., 2018). در حال حاضر، کودها یکی از اجزای ضروری در زراعت مدرن می‌باشند که در صورت استفاده نادرست از آن‌ها مشکلات زیادی ایجاد خواهد شد (Tahaei Roudsari & Ashouri, 2019). در این میان، نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی پرمصرف بوده و عنصر پایه‌ای و اصلی بسیاری از مواد مهم گیاهی نظیر پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه، آلکالوئیدها، آنزیم‌ها، هورمون‌ها و ویتامین‌ها می‌باشد (Sandhu *et al*., 2015). این عنصر نقش اساسی در افزایش سرعت رشد، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، دانه و درصد خوشه‌چه‌های پرشده در خوشه، سهولت تنفس، شادابی، رنگ بوته و بالا رفتن مقدار پروتئین دارد و در مراحل رشد رویشی به‌ویژه پنجه‌زنی از طریق افزایش تولید اسیمیلات‌ها، سبب افزایش فتوسنتز و سطح برگ گیاه شده و نقش به‌سزایی در مرحله پرشدن دانه دارد (Shahidpoor *et al*., 2015). با وجود نقش‌های بسیار مهم و حیاتی نیتروژن، این عنصر به راحتی از داخل خاک شسته شده و موجب آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی و آلودگی‌های زیست‌محیطی و کاهش کارآیی زراعی کود می‌گردد (Alijani Zafarani *et al*., 2019; Zhou *et al*., 2018). به‌همین دلیل، کمبود این عنصر با مصرف انواع مختلفی از کودهای شیمیایی در بیشتر بوم‌نظام‌های زراعی جبران می‌گردد. بنابراین، مدیریت صحیح کود و اجتناب از مصرف غیرضروری و بی‌رویه عناصر غذایی، هزینه‌ها را به حداقل رسانده و کارآیی مصرف نهاده‌ها را بهبود می‌بخشد (Alijani Zafarani *et al*., 2019).

یکی‌دیگر از عوامل بسیار مهم در رسیدن به حداکثر عملکرد و کیفیت، تراکم مطلوب می‌باشد که رعایت آن برای همه محصولات کشاورزی الزامی است. تراکم مطلوبی که باعث حداکثر عملکرد می‌شود به عوامل زیادی مانند درجه حرارت، تشعشع خورشید، رطوبت و حاصلخیزی خاک وابسته است. ایجاد تراکم کاشت مطلوب در واحد سطح، رشد مناسب

بخش‌های هوایی و زیرزمینی گیاه را به‌خاطر استفاده بهتر از تشعشع خورشید و عناصر غذایی تضمین می‌کند (Tahaei Roudsari & Ashouri, 2019). در این مورد بیان گردیده که افزایش تراکم با افزایش عملکرد ارتباط مستقیم دارد؛ به‌طوری‌که برخی مطالعات نیز این بهبود عملکرد را در اثر تراکم بیشتر در واحد سطح نشان دادند (Clerget *et al*., 2016). چون تراکم‌های بالا با بهبود رقابت گیاه زراعی از جمله برنج با علف‌های هرز سبب افزایش عملکرد می‌شود (Awan *et al*., 2014). به‌نظر می‌رسدکه در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب، افزایش‌عملکرد ناشی از افزایش‌تعداد بوته در واحد سطح خنثی شده و کاهش وزن بوته‌ها را موجب می‌شود (Naseri *et al*., 2019). در همین زمینه، برخی از پژوهشگران بیان کردند تراکم‌های بالای کشت برنج سبب افت عملکرد و اجزای عملکرد آن می‌شود (Awan *et al*., 2014). در مقایسه، افزایش فاصله کاشت به‌خاطر کاهش تراکم و رقابت کمتر بین بوته‌ها افزایش تعداد پنجه بارور در گیاه را به‌همراه داشت (Niknejad *et al*., 2017). به‌نظر می‌رسد که بوته‌ها به‌دلیل داشتن فضای بیشتر در اطراف خود، تشعشع زیادتری دریافت نموده و فعالیت فتوسنتزی خود را بهینه‌تر انجام می‌دهند؛ در نتیجه، از گیاهانی که به هم نزدیک‌تر هستند رشد بهتری خواهند داشت. بنابراین، یکی از مسائل مهم، انتخاب بهترین تراکم بوته در واحد سطح در گیاهان زراعی راهبردی مانند برنج می‌باشد (Farahdahr *et al*., 2023).

امروزه در راستای دستیابی به اهداف برنامه‌های به‌نژادی در جهت تولید مطلوب برنج بر اساس تیپ ایده‌آل گیاه، پروژه‌های تحقیقاتی زیادی جهت معرفی لاین‌های با عملکرد کمی و کیفی بالا انجام می‌شود (Khalil Khalili *et al*., 2020)؛ در همین راستا، لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج با عملکرد شلتوک بالای هفت تن در هکتار در دست معرفی است. این لاین حاصل تلاقی IR ۶۷۰۱۵/۲۲/۶/۲×۸۷۶ به‌عنوان والد پدری و دو رقم آمل۳ × شیرودی به‌عنوان والد مادری بوده و علاوه بر کیفیت مطلوب، زودرس است (Erfani *et al*., 2020). بنابراین پژوهش حاضر با هدف تعیین بهترین مقدار کود نیتروژن برای تولید بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج در فواصل کاشت ماشینی (۱۶×۳۰) و دستی (۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵) جهت توصیه به کشاورزان در آینده طراحی و اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در فصل زراعی سال ۱۴۰۱ در مزرعه معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (آمل) به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار بر لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج اجرا شد. مقادیر کود نیتروژن به‌عنوان عامل اصلی در چهار مقدار، تیمار شاهد یا بدون مصرف کود نیتروژن، ۹۲، ۱۱۵ و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) و تراکم کاشت بر اساس فواصل کاشت به‌عنوان عامل فرعی در سه سطح ۲۰×۲۰ (۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار)، ۲۵×۲۵ (۱۶۰۰۰۰ بوته در هکتار) و کشت ماشینی ۱۶×۳۰

جدول ۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق ۳۰ -۰ سانتی‌متری

Table 1. Some physical and chemical characteristics of farm soil (0- 30cm depth)

| پارامتر<br>Parameter | واحد<br>Unit | مقدار<br>Amount |
|---|---|---|
| هدایت الکتریکی<br>EC | (دسی زیمنس بر متر)<br>($dS.m^{-1}$) | 0.86 |
| اسیدیته<br>pH | - | 7 |
| نیتروژن کل<br>N | درصد<br>(%) | 0.2 |
| فسفر قابل جذب<br>P | (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)<br>($mg.kg^{-1}$) | 8.6 |
| پتاسیم قابل جذب<br>K | (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)<br>($mg.kg^{-1}$) | 118 |
| مواد خنثی شونده<br>TNV | درصد<br>(%) | 36.4 |
| کربن آلی<br>C | درصد<br>(%) | 3.4 |
| شن<br>Sand | درصد<br>(%) | 40 |
| سیلت<br>Silt | درصد<br>(%) | 30 |
| رس<br>Clay | درصد<br>(%) | 30 |
| بافت<br>Texture | - | لومی- رسی<br>Clay-loam |

(۲۰۸۰۰۰ بوته در هکتار) سانتی‌متربود. براساس آزمون خاک که از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزرعه نمونه‌برداری گردید (جدول۱)، تمامی کود فسفاته از منبع سوپرفسفات تریپل به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات روی گرانوله به‌میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پایه، کود نیتروژنه در سه مرحله (۴۰ درصد پایه + ۳۰ درصد اواسط پنجه‌زنی + ۳۰ درصد ظهور جوانه اولیه خوشه) و کود پتاسیمی از منبع سولفات پتاسیم به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (۵۰ درصد پایه + ۵۰ درصد ظهور خوشه جوان) به کرت‌ها اضافه شدند. ابعاد هر کرت ۵×۳ متر و گیاهچه‌ها در مرحله چهار برگی و ارتفاع ۳۰-۲۵ سانتی‌متر به تعداد چهار بوته در هر کپه در زمین اصلی نشا شدند. همچنین مدیریت‌های زراعی از جمله آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها برای همه کرت‌ها به‌صورت یکنواخت و مطابق با دستورالعمل فنی موسسه تحقیقات برنج کشور اجرا شد. سپس در مرحله آبستنی (BBCH[1]= 49) صفات مورفوفیزیولوژیک شامل ارتفاع گیاه (با استفاده از خط‌کش مدرج)، شاخص سطح برگ (LAI[2])، وزن خشک اندام هوایی (با استفاده از ترازوی ۰/۰۱) و غلظت کلروفیل *a*، *b*، *a+b* و *a/b* و کاروتنوئید اندازه‌گیری شد.

**شاخص سطح برگ (LAI)**

برای محاسبه شاخص سطح برگ، تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و طول و عرض برگ‌های آن اندازه‌گیری و از رابطه‌ی ۱ محاسبه گردید (Yoshida, 1981).

رابطه ۱

شاخص سطح برگ =طول برگ×عرض برگ×۰/۷۵

۱.Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und CHemischeIndustrie

۲.Leaf area index

### محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدهای برگ

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل، شش عدد پانچ از برگ‌های برنج برداشته و در هشت میلی‌لیتر متانول غوطه‌ور شده و به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در دمای اتاق قرار گرفت. سپس میزان نور جذبی محلول در طول موج‌های ۶۶۵/۲، ۶۵۲/۴ و ۴۷۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Analytic jena- SPEKOL 1300) قرائت و ثبت گردید. در نهایت، میزان کلروفیل $a(Chl_a)$، $b\ (Chl_b)$ ، کلروفیل کل $(Chl_{a+b})$، نسبت کلروفیل $a/b(Chl_{a/b})$ و کاروتنوئیدها به‌ترتیب با استفاده از روابط (۲ تا ۶) محاسبه و بر حسب میکروگرم در میلی‌لیتر گزارش گردید (Lichtenthaler & Buschmann, 2001).

رابطه ۲

$$Chl_a(\mu g/ml) = 16.72\ A_{665.2} - 9.16\ A_{652.4}$$

رابطه ۳

$$Chl_b(\mu g/ml) = 34.09\ A_{652.4} - 15.28\ A_{665.2}$$

رابطه ۴

$$Chl_b(\mu g/ml) = 34.09\ A_{652.4} - 15.28\ A_{665.2}$$

رابطه ۵

$$Chla_{/b}(\mu g/ml) = Chl_a/Chl_b$$

رابطه ۶

$$\text{Carotenoid}\ (\mu g/ml) = (1000\ A_{470} - 1.63\ Chl_a - 104.96\ Chl_b)/221$$

پس از رسیدگی فیزیولوژیک (BBCH=99) اندازه‌گیری اجزای عملکرد مانند تعداد پنجه بارور در مترمربع، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر و پوک، وزن هزار دانه با برداشت پنج کپه از هر کرت با حذف حاشیه‌ها انجام شد. اندازه‌گیری عملکرد شلتوک و بیولوژیک برنج با استفاده از نمونه برداشت شده از مساحت یک مترمربع و بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد انجام شد. سپس به کمک رابطه ۷ شاخص برداشت (Ntanos & Koutroubbas, 2002) و رابطه ۸ کارایی زراعی نیتروژن (Yoshida, 1981) NAE[1] محاسبه شد.

رابطه ۷

درصد شاخص برداشت = [(عملکرد دانه + عملکرد کاه و کلش)/(عملکرد دانه)]×۱۰۰

رابطه ۸

کارایی زراعی نیتروژن=(عملکرد دانه در تیمار شاهد-عملکرد دانه در هر تیمار)/مقدار کود نیتروژن مصرف شده در هر تیمار

پس از ثبت داده‌ها، نرمال بودن داده‌ها به روش کولموگروف-اسمیرنوف آزمون و سپس به‌وسیله نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) تجزیه واریانس و همبستگی داده‌ها انجام شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

## نتایج و بحث

### صفات مورفوفیزیولوژیک

با توجه به نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف داده‌های این آزمایش نرمال بود (داده‌ها نشان داده نشد). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر کود نیتروژن بر ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، کلروفیل $a$، $b$، $a+b$ و کاروتنوئید به غیر از کلروفیل $a/b$ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اما فاصله کاشت تنها بر شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی ($P<$۰/۰۱) اثر معنی‌داری داشت. درحالی‌که اثر متقابل کود نیتروژن و

۱. Nitrogen Agronomic Efficiency

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و فواصل کاشت بر صفات مورفوفیزیولوژیک لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج در مرحله آبستنی

Table 2. Analysis of variance of the effect of different amounts of nitrogen fertilizer and planting spaces on the morphophysiological traits of the promising rice line 965 at booting stage

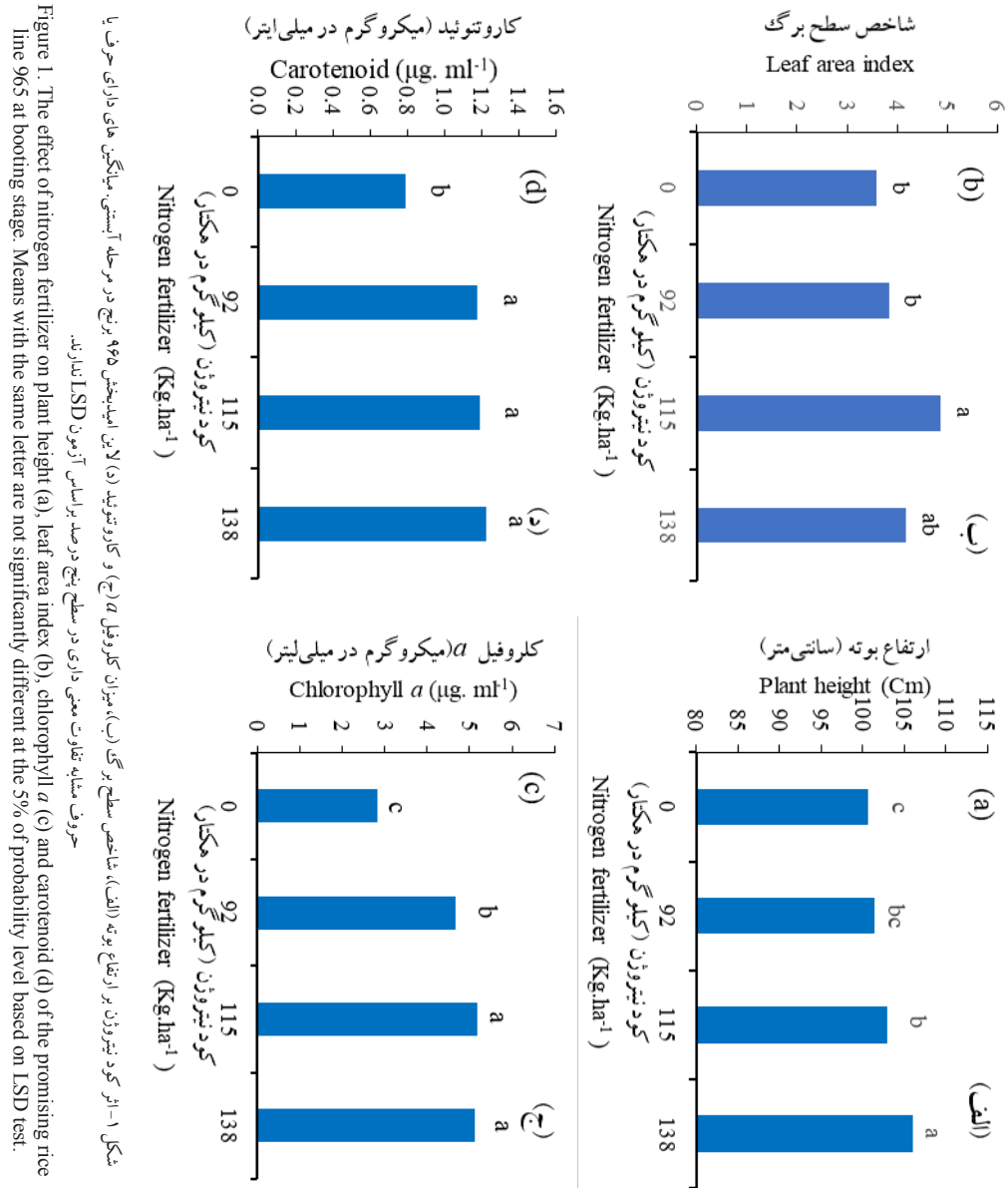
| منابع تغییر Sources of variation | درجه آزادی df | ارتفاع بوته Plant height | شاخص سطح برگ Leaf area index | وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight | کلروفیل Chlorophyll | | | کاروتنوئیدها Carotenoids |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | *a* | *b* | *a+b* | *a/b* | |
| بلوک Block | 2 | 5.19$^{ns}$ | 0.23$^{ns}$ | 533.48$^{ns}$ | 0.11$^{ns}$ | 0.28$^{ns}$ | 0.21$^{ns}$ | 1.04$^{*}$ | 0.02$^{ns}$ |
| کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (N) | 3 | 51.11$^{**}$ | 2.75$^{**}$ | 295421.79$^{**}$ | 10.97$^{**}$ | 2.03$^{**}$ | 22.20$^{**}$ | 0.41$^{ns}$ | 0.38$^{**}$ |
| خطای اصلی Error (a) | 6 | 3.91 | 0.57 | 2001.27 | 0.10 | 0.06 | 0.26 | 0.09 | 0.01 |
| فاصله کاشت Planting space (D) | 2 | 16.33$^{ns}$ | 9.28$^{**}$ | 1087262.42$^{**}$ | 0.45$^{ns}$ | 0.06$^{ns}$ | 0.77$^{ns}$ | 0.02$^{ns}$ | 0.03$^{ns}$ |
| کود نیتروژن×فاصله کاشت N×D | 6 | 17.81$^{ns}$ | 0.23$^{ns}$ | 16875.55$^{*}$ | 0.47$^{ns}$ | 0.27$^{*}$ | 1.31$^{*}$ | 0.41$^{ns}$ | 0.04$^{ns}$ |
| خطای فرعی Error (b) | 16 | 8.06 | 0.16 | 4486.99 | 0.17 | 0.08 | 0.39 | 0.22 | 0.03 |
| ضریب تغییرات(درصد) C.V (%) | | 2.76 | 9.67 | 5.50 | 9.46 | 17.67 | 10.22 | 16.70 | 14.80 |

ns، $^{*}$ و $^{**}$ به ترتیب، غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, $^{*}$ and $^{**}$ significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

فاصله کاشت بر وزن خشک اندام هوایی و کلروفیل *b* و *a+b* در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج نشان داد با افزایش مقادیر کود نیتروژن ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، کلروفیل *a* و کاروتنوئید روند افزایشی را نشان دادند (شکل ۱). به‌طوری‌که در مقدار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص ارتفاع بوته، کلروفیل *a* و کاروتنوئید به‌ترتیب با ۵/۳، ۸۰/۶ و ۵۵/۳ درصد افزایش نسبت به مقدار صفر کود نیتروژن در بیشترین مقدار خود قرار داشتند (شکل ۱- الف، ج و د). در مقایسه، بیشترین میزان شاخص سطح برگ در مقدار ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به مقدار صفر کود نیتروژن با ۳۵/۶ درصد افزایش مشاهده شد اگرچه میزان سطح برگ در این مقدار نسبت به مقدار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار

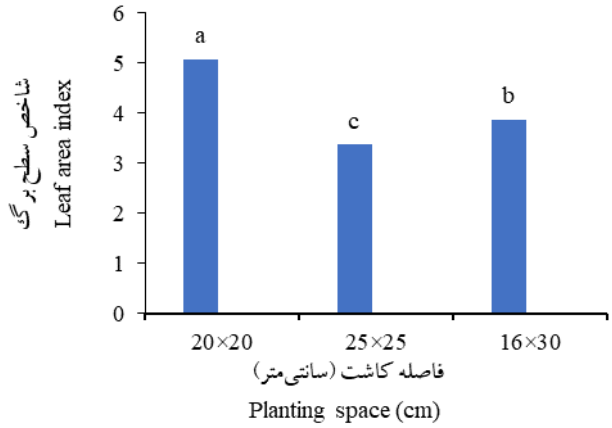



شکل ۱-اثر کود نیتروژن بر ارتفاع بوته (الف)، شاخص سطح برگ (ب)، میزان کلروفیل a (ج) و کاروتنوئید (د) لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج در مرحله آبستنی. میانگین های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

Figure 1. The effect of nitrogen fertilizer on plant height (a), leaf area index (b), chlorophyll *a* (c) and carotenoid (d) of the promising rice line 965 at booting stage. Means with the same letter are not significantly different at the 5% of probability level based on LSD test.

تفاوت معنی‌داری نداشت و در مقدار ۱۳۸ کیلوگرم به‌میزان ۱۶/۷ درصد نسبت به مقدار صفر نیتروژن افزایش نشان داد (شکل ۱- ب). همچنین در آزمایش مشابهی گزارش کردید افزایش مقادیر نیتروژن ارتفاع بوته ارقام مختلف برنج را بیشتر کرد (Kumar *et al.*, 2015). ضمناً در پژوهش دیگری مشاهده شد افزایش کود نیتروژن تا مقدار ۹۰ کیلوگرم در هکتار شاخص سطح برگ در ارقام مختلف برنج را افزایش داد (Azarpour *et al.*, 2015). این نتایج می‌تواند به‌دلیل اثر مثبت نیتروژن بر تحریک رشد گیاه، قابلیت دسترسی بیشتر گیاه به عناصر غذایی و بهبود ظرفیت نگهداری آب خاک باشد. به‌علاوه نیتروژن از طریق افزایش ساخت هورمون‌های اکسین و سیتوکینین، افزایش تقسیم سلولی و طول سلول‌ها باعث افزایش طول میان‌گره‌ها و ارتفاع ساقه می‌شود (Mansouri *et al.*, 2021).

در پژوهشی مشابه در رابطه با تأثیر کود نیتروژن بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی مشاهده گردید با افزایش کود نیتروژن تا مقدار ۳۰۰

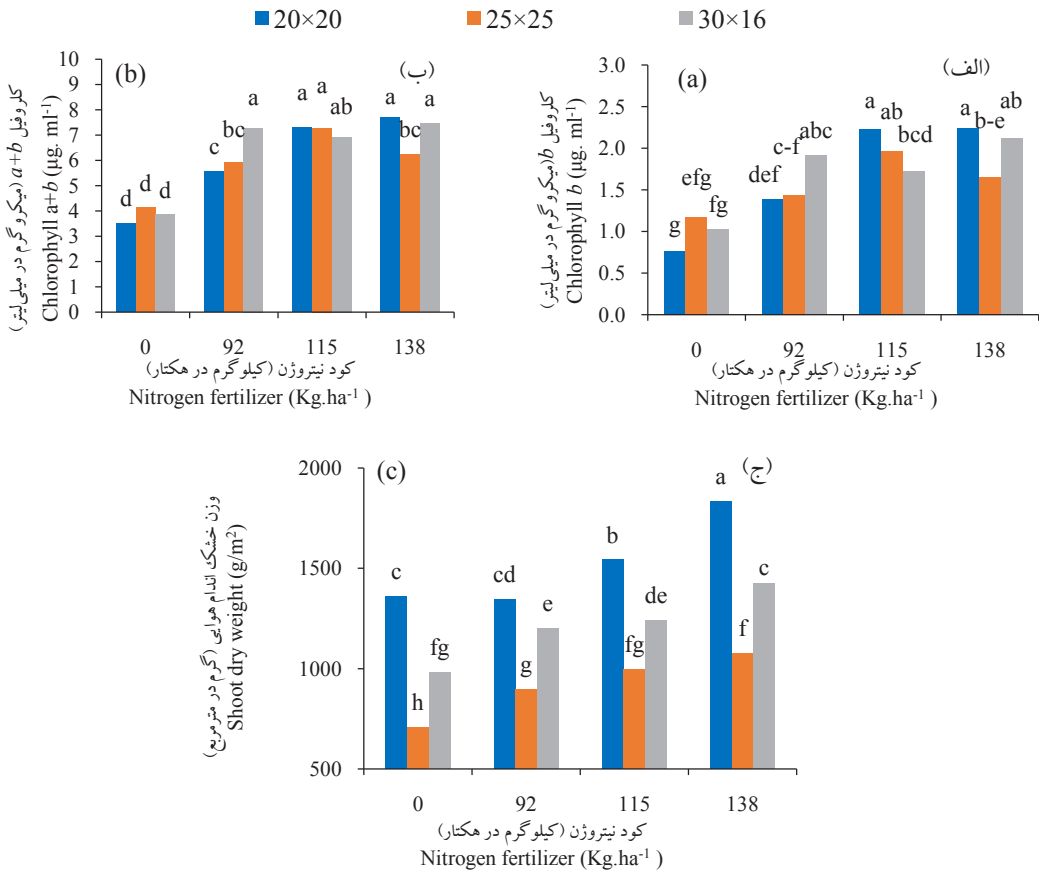



شکل ۲- اثر فاصله کاشت بر میزان شاخص سطح برگ لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج در مرحله آبستنی. میانگین های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

Figure 2. The effect of planting space on the leaf area index of the promising rice line 965 at booting stage. Means with the same letter are not significantly different at the 5% of probability level based on LSD test.

کیلوگرم در هکتار، میزان کلروفیل *a* و *b* و کاروتنوئید برنج هیبرید در مراحل مختلف رشدی زیاد شد (Peng *et al*., 2021) که دلیل آن وجود نیتروژن در ساختار کلروفیل و ارتباط مثبت و معنی‌دار بین نیتروژن برگ و مقدار کلروفیل گزارش شد (Pourebrahimi *et al*., 2019). این افزایش در میزان عدد کلروفیل‌متر با تجمع نیتروژن در گیاه برنج نیز مشاهده گردید (Zhang *et al*., 2020). به‌علاوه در آزمایش دیگری با هدف بررسی تأثیر خشکی و کود نیتروژن بر سطح برگ و محتوای رنگدانه‌های برنج مشاهده گردید تنش خشکی سطح برگ و محتوای کلروفیل *a* و *b* و کاروتنوئید در برنج را کاهش اما کاربرد کود نیتروژن سبب بهبود مقدار آن‌ها شد (Rabiei *et al*., 2021).

همچنین، تأثیر فاصله کاشت بر شاخص سطح برگ نشان داد بیشترین شاخص سطح برگ در دو فاصله کاشت ۲۰×۲۰ و ۱۶× ۳۰ به‌ترتیب با ۵۰/۸ و ۱۴/۹ درصد اختلاف نسبت به فاصله کاشت ۲۵×۲۵ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۲). تراکم از جمله عوامل تأثیرگذار بر شاخص سطح برگ است. هرچه فاصله بین بوته‌ها کمتر باشد سبب افزایش تعداد پنجه و در نهایت تعداد برگ سبز در واحد سطح می‌گردد. اگرچه ممکن است با افزایش تراکم تعداد پنجه در هر بوته کاهش یابد، ولی به‌علت افزایش تعداد پنجه در واحد سطح، شاخص سطح برگ ابتدا افزایش یافته و این روند کمی قبل از خوشه‌دهی به بیشترین مقدار می‌رسد (Sabokrow Foomani *et al*., 2020). در مقایسه، فواصل بیشتر بوته‌ها به‌دلیل داشتن فضای بیشتر در اطراف خود، تشعشع زیادتری دریافت نموده و فعالیت فتوسنتزی خود را بهینه‌تر انجام می‌دهند؛ در نتیجه از گیاهانی که به هم نزدیک‌تر هستند رشد بهتری دارند (Farahdahr *et al*., 2023). از سویی، تراکم‌های خیلی پایین ممکن است حداکثر دسترسی به عوامل محیطی را محدود و به نوعی سبب هدررفت منابع شود همان‌گونه که تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب سبب افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و در نتیجه کاهش رشد و




شکل ۳- مقایسه میانگین اثر فاصله کاشت ( ۲۰×۲۰، ۲۵×۲۵ و ۱۶×۳۰) بر کلروفیل $b$ (الف) و $a+b$ (ب) و وزن خشک اندام هوایی (ج) در مرحله آبستنی در مقادیر مختلف کود نیتروژن. میانگین های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

Figure 3. Mean comparison of the effect of planting spaces (20x20, 25x25 and 30x16) on chlorophyll *b* (a) and *a+b* (b) and shoot dry weight (c) at booting stage under different amounts of nitrogen fertilizer. Means with the same letter are not significantly different at the 5% of probability level based on LSD test.

عملکرد گیاه می‌شوند (Bozorgi *et al.*, 2011).

همچنین مشاهده گردید افزایش مقادیر کود نیتروژن در فاصله کاشت‌های مختلف بر کلروفیل $a+b$،$b$ و وزن خشک اندام هوایی اثر مثبت داشت. به‌طوری‌که بیشترین مقدار کلروفیل $b$ در مقادیر ۱۱۵ و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص و فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر با ۲/۹ برابر افزایش نسبت به مقدار صفر کود نیتروژن در همان فاصله کاشت ثبت شد (شکل ۳- الف). ضمناً بیشترین مقدار کلروفیل $a+b$ در مقدار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مربوط به فاصله کاشت ۲۰×۲۰ و ۳۰×۱۶ سانتی‌متر به‌ترتیب با ۲/۲ و ۱/۹ برابر، در مقدار ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به فاصله کاشت ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتی‌متر به‌ترتیب با ۲/۱ و ۱/۸ برابر و در مقدار ۹۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به فاصله کاشت ۳۰×۱۶ سانتی‌متر با ۱/۹ برابر افزایش نسبت به مقدار صفر کود نیتروژن در همان فاصله کاشت بود (شکل ۳- ب). وزن خشک اندام هوایی در مقدار ۱۳۸

کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر در مرحله آبستنی با ۱۸۳۳/۳ گرم در مترمربع در بیشترین مقدار قرار داشت که به‌میزان ۳۴/۷ درصد نسبت به مقدار صفر کود نیتروژن و همان فاصله کاشت افزایش یافت (شکل ۳- ج). در این رابطه مطالعات نشان داد بین غلظت نیتروژن در برگ‌ها و محتوی کلروفیل برگ همبستگی مثبتی مشاهده شد زیرا نیتروژن عنصر اصلی تشکیل‌دهنده کلروفیل در گیاه و یک عامل کلیدی در فتوسنتز محسوب می‌شود (Bakhshandeh *et al*., 2016). در همین رابطه گزارش‌ها بیانگر اثر مثبت کود نیتروژن بر میزان کلروفیل در برنج (Hou *et al*., 2020)، دو رقم ارزن (Nematpour & Eshghizadeh, 2019) و سیاه‌دانه (Valipoor Chahardahcheriki *et al*., 2017) بود.

به‌علاوه در رابطه با فاصله کاشت در آزمایشی در گیاه باقلا (*Vicia faba* L.) مشاهده شد که با افزایش تراکم کاشت از ۱۰ به ۲۰ بوته در مترمربع محتوای کلروفیل در گیاه بیشتر شد (Mousavi Fakhr *et al*., 2022). در این رابطه پژوهشگران بیان کردند که با افزایش تراکم، سطح سبز فتوسنتزکننده بیشتر شده و در نتیجه میزان کلروفیل افزایش می‌یابد (Pirzahiri *et al*., 2020). به‌طورمشابهی در شدت‌های مختلف تنش آبیاری، فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر بیشترین و فاصله کاشت ۲۵×۲۵ سانتی‌متر کمترین وزن خشک برگ، ساقه و اندام هوایی را در برنج داشتند (Sabokrow Foomani *et al*., 2020).

**عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی زراعی**

**نیتروژن**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد اثر ساده کود نیتروژن بر تعداد پنجه بارور، تعداد دانه پر، پوک و کل دانه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شلتوک، شاخص برداشت و کارایی زراعی نیتروژن اثر معنی‌داری داشت. همچنین اثر ساده فاصله کاشت بر تعداد پنجه بارور و عملکرد بیولوژیک و شلتوک و کارایی زراعی نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. به‌علاوه برهمکنش کود نیتروژن و فاصله کاشت بر عملکرد بیولوژیک و شلتوک و کارایی زراعی نیتروژن در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری گذاشتند (جدول ۳).

با افزایش مقادیر کود نیتروژن تعداد پنجه بارور و دانه پر، وزن هزار دانه و شاخص برداشت روند افزایشی را نشان دادند. در مقادیر ۹۲، ۱۱۵، ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص تعداد پنجه بارور به‌ترتیب ۳۲/۳، ۴۶/۹ و ۵۰/۳ درصد، تعداد دانه پر ۳/۱، ۱۴/۱ و ۱۵ درصد، وزن هزار دانه ۴/۶، ۵ و ۵/۶ درصد و شاخص برداشت ۱/۶، ۸/۳ و ۹ درصد نسبت به مقدار صفر کود نیتروژن افزایش داشتند (شکل ۴ الف، ب، و و ه). در مقایسه، تعداد دانه پوک در خوشه در مقدار ۹۲ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص با ۳۸/۱ درصد کاهش نسبت به مقدار صفر کود نیتروژن در کمترین مقدار قرار داشت (شکل ۴- ج). تعداد دانه کل نیز در مقادیر ۱۱۵ و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۹/۶ و ۱۱/۴ درصد نسبت به مقدار صفر کود نیتروژن افزایش یافت (شکل ۴- د). در

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و فواصل کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد و کارایی زراعی نیتروژن لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج

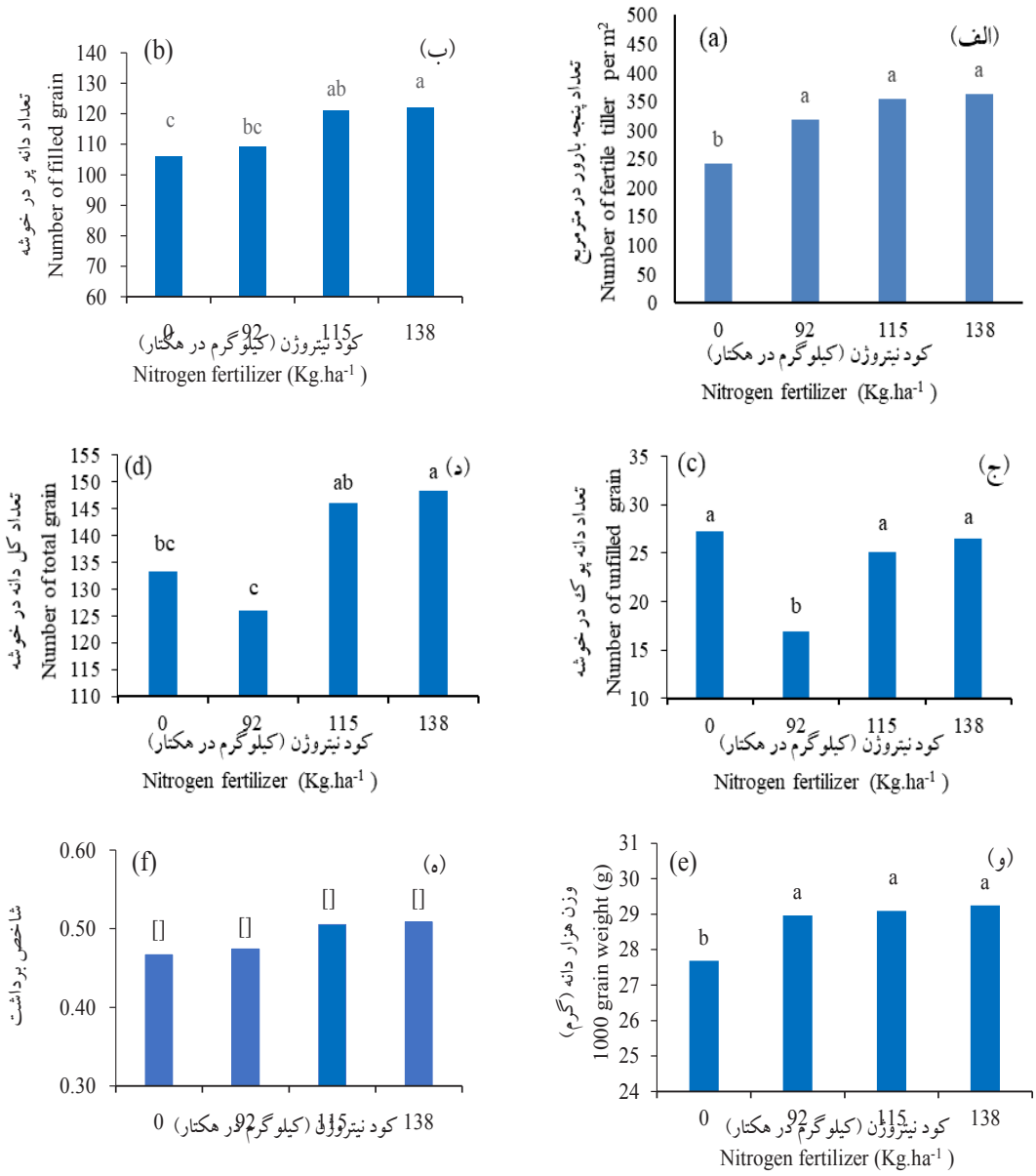
Table 3. Analysis of variance of the effect of different amounts of nitrogen fertilizer and planting spaces on yield, yield components, and nitrogen agronomic efficiency of the promising rice line 965

| منابع تغییر Sources of variation | درجه آزادی df | تعداد پنجه بارور Number of fertile tiller | تعداد دانه Grain number | | | وزن هزار دانه 1000 grain weight | عملکرد Yield | | شاخص برداشت Harvest index | کارایی زراعی نیتروژن NAE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | پر Filled | پوکی Unfilled | کل Total | | بیولوژیک Biological | شلتوک Paddy | | |
| بلوک Block | 2 | 1819.61$^{ns}$ | 152.47$^{ns}$ | 65.76$^{ns}$ | 17.96$^{ns}$ | 0.60$^{ns}$ | 3243876.9$^{ns}$ | 3609519.41$^{**}$ | 0.004$^{*}$ | 4.79$^{ns}$ |
| کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (N) | 3 | 27532.69$^{**}$ | 590.25$^{*}$ | 207.21$^{**}$ | 1010.41$^{**}$ | 4.60$^{**}$ | 60610597.6$^{**}$ | 22453480.01$^{**}$ | 0.004$^{*}$ | 1074.72$^{**}$ |
| خطای اصلی Error (a) | 6 | 2112.56 | 111.56 | 12.10 | 135.90 | 0.12 | 646611.4 | 527589.82 | 0.001 | 2.56 |
| فاصله کاشت Planting space (D) | 2 | 27778.77$^{**}$ | 42.69$^{ns}$ | 0.95$^{ns}$ | 30.87$^{ns}$ | 0.88$^{ns}$ | 33217780.0$^{**}$ | 10661992.86$^{**}$ | 0.002$^{ns}$ | 60.93$^{**}$ |
| کود نیتروژن×فاصله کاشت N×D | 6 | 2615.32$^{ns}$ | 69.71$^{ns}$ | 10.88$^{ns}$ | 126.57$^{ns}$ | 0.71$^{ns}$ | 7572511.4$^{**}$ | 1980655.42$^{**}$ | 0.0005$^{ns}$ | 82.11$^{**}$ |
| خطای فرعی Error (b) | 16 | 1741.08 | 143.57 | 18.33 | 131.10 | 0.39 | 1158687.20 | 350947.3 | 0.001 | 8.65 |
| ضریب تغییرات(درصد) C.V (%) | | 13.08 | 10.46 | 17.89 | 8.27 | 2.17 | 6.71 | 7.52 | 6.70 | 18.24 |

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

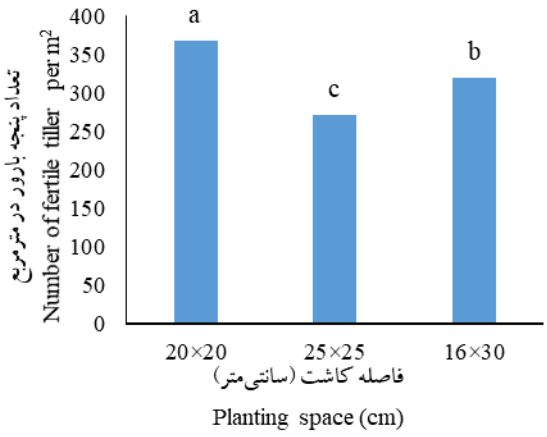
آزمایشی روی ارقام مختلف برنج و چهار مقدار صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص مشاهده شد کود نیتروژن بر پارامترهای رشدی برنج اثر مثبت و معنی‌داری داشت و با افزایش مصرف آن، صفات زراعی بین ۱۵ تا ۵۰ درصد بهبود یافتند. بر این اساس، بیشترین عملکرد مربوط به رقم کوهسار و مقدار ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود (Fallah *et al.*, 2018). در پژوهش دیگری گزارش گردید با بیشتر شدن مقدار کود نیتروژن عملکرد شلتوک به‌صورت خطی افزایش یافت (Razavipour *et al.*, 2018). همچنین محققان در آزمایشی مشابه




شکل ۴- اثر کود نیتروژن بر تعداد پنجه (الف)، تعداد دانه پر (ب)، پوک (ج) و کل (د) در خوشه، وزن هزار دانه (و) و شاخص برداشت (ه)لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج. میانگین های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

Figure 4. The effect of nitrogen fertilizer on the number of fertile tiller(a), number of filled (b), unfilled (c) and total grain (d) in the panicle, 1000 grain weight (e) and harvest index (f) of the promising rice line 965. Means with the same letter are not significantly different at the 5% of probability level based on LSD test.

مشاهده کردند بیش‌ترین عملکرد دانه و کارآیی زراعی نیتروژن با افزایش میزان کود نیتروژن و کاربرد آن به‌صورت تقسیط در طی مراحل رشدی برنج اتفاق افتاد (Faraji *et al.*, 2012). در این رابطه بیان شده است تقسیط کود نیتروژن در مرحله ساقه‌دهی و خوشه‌دهی و تأمین نیتروژن مورد نیاز در این مراحل از رشد، تا حد زیادی از چروکیده شدن دانه‌ها جلوگیری می‌کند (Nakano *et al.*, 2007). به‌علاوه به‌نظر می‌رسد به‌علت نقش نیتروژن در ساختار اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها و نقش حیاتی پروتئین‌ها در گیاه، افزایش نیتروژن موجب افزایش عملکرد دانه در گیاهان می‌شود (Alijani Zafarani *et al.*, 2019).

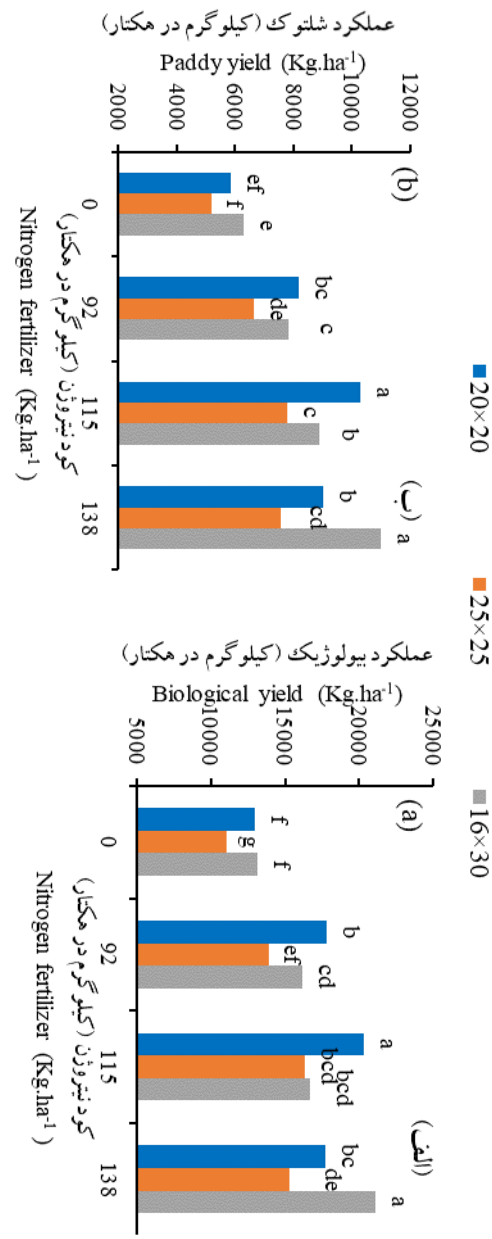


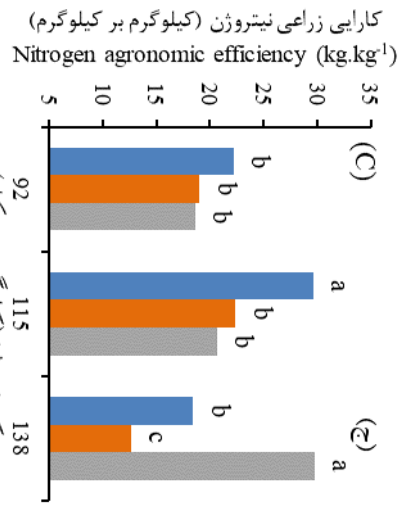

شکل ۵- اثر فاصله کاشت بر تعداد پنجه بارور لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج. میانگین های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

Figure 5. The effect of planting spaces on the tiller number of the promising rice line 965. Means with the same letter are not significantly different at the 5% of probability level based on LSD test.

همچنین با بررسی تغییرات تعداد پنجه بارور در فواصل کاشت مشخص شد که این ویژگی در دو فاصله کاشت ۲۰×۲۰ و ۱۶×۳۰ سانتی‌متر نسبت به فاصله کاشت ۲۵×۲۵ سانتی‌متر به‌ترتیب ۳۵/۵ و ۱۷/۵ درصد بیشتر بود (شکل ۵). در پژوهشی مشابه، محققان گزارش کردند فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر بهترین و فاصله کاشت ۲۵×۲۵ سانتی‌متر نیز ضعیف‌ترین شرایط را برای برنج ایجاد نمود. در تراکم پایین، رقابت بین ردیف‌ها (برون‌بوته‌ای) و حتی درون‌بوته‌ای تا زمان گل‌دهی و تشکیل دانه کمتر بوده و پس از این مرحله، رقابت زیاد برای مواد فتوسنتزی در بذور خوشه موجب پوکی دانه می‌شود (Sabokrow Foomani *et al.*, 2020). در مقایسه، در آزمایشی مشاهده شد با افزایش مقادیر کود نیتروژن و فاصله کاشت برنج رقم کامفیروزی از ۲۰×۲۰ به ۲۵×۲۵ سانتی‌متر، عملکرد شلتوک برنج بیشتر گردید. همچنین در بین اجزای عملکرد برنج، تعداد خوشه و تعداد دانه در هر بوته نیز به‌طور معنی‌داری زیاد شد (Kazemeini & Ghadiri, 2005).

همچنین افزایش مقادیر کود نیتروژن در فواصل کاشت ۲۰×۲۰ و ۱۶×۳۰ سانتی‌متر بر عملکرد بیولوژیک و شلتوک اثر مثبت داشت. به‌طوری‌که عملکرد بیولوژیک و شلتوک در مقادیر ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص و فاصله کاشت ۱۶×۳۰ سانتی‌متر به‌ترتیب با ۵۹/۹ و ۷۴/۵ درصد، ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص و فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر به‌ترتیب با ۵۶/۶ و ۷۵/۶ درصد و ۹۲ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر به‌ترتیب با ۳۷/۶ و ۳۹/۶ درصد افزایش نسبت به مقدار صفر نیتروژن در همان فاصله کاشت در بیشترین مقدار قرار داشت (شکل ۶- الف و ب). به‌علاوه در بررسی اثر سه فاصله کاشت ۲۰×۲۰، ۲۵×۲۵ و ۱۶×۳۰ سانتی‌متر و کود نیتروژن در چهار مقدار صفر، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در لاین ۸۶۱۵ برنج مشاهده گردید بیشترین عملکرد در فواصل بوته ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و مصرف ۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌ترتیب با حدود ۷۷۴۴ و ۷۸۹۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بنابراین برای دستیابی به پتانسیل عملکرد لاین ۸۶۱۵، فواصل بوته ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و میزان مصرف ۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار توصیه شد (Niknejad *et al.*, 2017). محققان دیگری نیز در آزمایشی دریافتند کاربرد کود نیتروژن و فاصله کاشت کمتر موجب بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت در گیاه برنج شد (Zhao *et al.*, 2024).




شکل ۶- مقایسه میانگین اثر فاصله کاشت (۲۰×۲۰، ۲۵×۲۵ و ۱۶×۳۰) بر عملکرد بیولوژیک (الف) و شلتوک (ب) و کارایی زراعی نیتروژن (ج) در مقادیر مختلف کود نیتروژن. میانگین های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد براساس آزمون LSD ندارند.

Figure 6. Mean Comparison of the effect of planting spaces (20x20, 25x25, and 16x30) on biological (a) and paddy yield (b) and nitrogen agronomic efficiency (c) under different amounts of nitrogen fertilizer. Means with the same letter are not significantly different at the 5% probability level based on the LSD test.

از طرفی کارایی زراعی نیتروژن با افزایش مقادیر کود نیتروژن تا مقدار ۹۲ و ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص و فاصله کاشت ۲۰×۲۰ در بیشترین مقدار قرار داشت، اما در مقدار ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص کارایی زراعی نیتروژن در فواصل کاشت ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ که دارای بیشترین و کمترین فاصله کاشت تراکم بوته بود،کاهش یافت. ولی بیشترین کارایی زراعی نیتروژن مربوط به مقادیر ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص و فاصله کاشت ۱۶×۳۰ سانتی‌متر و ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص و فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر به‌میزان ۲۹/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم بود (شکل ۶- ج). در این رابطه مشاهده گردید با افزایش مقادیر نیتروژن تا مقدار ۱۲۶ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کارایی زراعی نیتروژن در برنج افزایش و سپس کاهش یافت (Ramazani

جدول ۴- همبستگی بین عملکرد بیولوژیک و شلتوک با برخی صفات مورفوفیزیولوژیک، اجزای عملکرد و کارایی زراعی نیتروژن لاین امیدبخش ۹۶۵برنج در فواصل کاشت و مقادیر مختلف کود نیتروژن (n=۱۲).

Table 4. Correlation coefficients between biological and paddy yield with some morphophysiological and yield, yield component and nitrogen agronomic efficiency traits of the promising rice line 965 under different amounts of nitrogen fertilizer and planting spaces(n=12).

| متغیر<br>Variable | عملکرد بیولوژیک<br>Biological yield | عملکرد شلتوک<br>Paddy yield |
|---|---|---|
| ارتفاع بوته<br>Plant height | 0.40 | 0.46 |
| شاخص سطح برگ<br>Leaf area index | 0.63* | 0.62* |
| وزن خشک اندام هوایی<br>Shoot dry weight | 0.71** | 0.69** |
| کلروفیل *a*<br>Chlorophyll ***a*** | 0.76** | 0.79** |
| کلروفیل *b*<br>Chlorophyll ***b*** | 0.81** | 0.84** |
| کلروفیل ***a+b***<br>Chlorophyll ***a+b*** | 0.79** | 0.82** |
| کاروتنوئید<br>Carotenoid | 0.61* | 0.62* |
| تعداد پنجه بارور<br>Number of fertile tiller | 0.92** | 0.90** |
| تعداد دانه پر<br>Number of filled grain | 0.61* | 0.65* |
| تعداد دانه پوک<br>Number of unfilled grain | -0.09 | -0.03 |
| تعداد دانه کل<br>Number of total grain | 0.43 | 0.48 |
| وزن هزار دانه<br>1000 grain weight | 0.84** | 0.85** |
| شاخص برداشت<br>Harvest index | 0.64* | 0.77** |
| کارایی زراعی نیتروژن<br>Nitrogen agronomic efficiency | 0.90** | 0.88** |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and ** significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

& Jalali, 2013). درمقایسه، محققان در بررسی دو رقم آبجی‌بوجی بیان کردند که با افزایش مقدار کود از ۷۵ به ۹۰ کیلوگرم بر هکتار از کارایی زراعی نیتروژن کاسته شد (Kavousi & Allahgholipour, 2017). در این رابطه بیان شده است که میزان کارایی نیتروژن با توجه به فصل رشد، میزان عملکرد، ذخایر نیتروژن خاک، زمان و مقدار کود مورد استفاده متفاوت باشد (Rabiei *et al*., 2022). در پژوهش دیگری مشاهده گردید با افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۴۰ بوته در متر مربع کارایی مصرف نیتروژن در گلرنگ افزایش یافت. چون با افزایش تراکم کاشت به‌دلیل پوشش بهتر مزرعه، افزایش جذب نیتروژن از خاک، افزایش رشد و عملکرد دانه بیشتر و کاهش دسترسی علف‌های هرز، کارایی استفاده از نیتروژن افزایش می‌یابد (Fuladvand & Yadavi, 2015). ضمناً در بین صفات مورد بررسی شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، کلروفیل *a*، *b* و *a+b*، کاروتنوئید، تعداد پنجه بارور و دانه پر، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و کارایی زراعی نیتروژن همبستگی

مثبت و معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک و شلتوک نشان دادند که بیشترین همبستگی با این دو صفت مربوط به تعداد پنجه بارور به‌ترتیب به‌میزان ۰/۹۲ و ۰/۹۰ و کارایی زراعی نیتروژن به‌ترتیب به‌میزان ۰/۹۰ و ۰/۸۸ بود که بر تغییرات عملکرد بیولوژیک و شلتوک بیشترین تأثیر را داشت (جدول ۴).

## نتیجه‌گیری

نتایج بیانگر پاسخ مثبت و متفاوت لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج به افزایش مقادیر کود نیتروژن در فاصله کشت مختلف بود. براساس یافته‌ها، وزن خشک اندام هوایی در مرحله آبستنی در مقدار ۱۳۸ کیلوگرم کود نیتروژن خالص و فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر در بیشترین مقدار قرار داشت. بیشترین مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی نیز در مقدار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص بود که بیشترین مقدار کلروفیل $b$ و $a+b$ در این مقدار کود نیتروژن مربوط به فاصله کاشت ۲۰×۲۰ بود اما این پاسخ بسته به فاصله کشت مورد استفاده متفاوت بود. بیشترین اثر مثبت بر عملکرد بیولوژیک و دانه و کارایی زراعی نیتروژن با افزایش مقادیر کود نیتروژن در مقادیر ۱۳۸ و ۱۱۵ فواصل کاشت ۲۰×۲۰ و ۱۶×۳۰ سانتی‌متر مشاهده شد. در نهایت تغییر فاصله کاشت موجب تغییر پاسخ گیاه به نیتروژن مصرفی شد به‌طوری‌که توصیه می‌شود کشاورزان جهت کشت لاین امیدبخش ۹۶۵ برنج و دستیابی به عملکرد بهینه از دو مقدار ۱۳۸ و ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب برای فاصله کاشت ۱۶×۳۰ سانتی‌متر (نشاکاری ماشینی) و فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر (نشاکاری با دست) استفاده کنند.

## سپاسگزاری

به‌این‌وسیله از معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور (آمل) و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به‌خاطر حمایت‌های مالی جهت انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

**References:**

Alijani Zafarani, M., Naeimi, M., Biabani, A., Rahemi karizaki, A., and Gholizadeh, A. 2019. The effect of nitrogen fertilizer distribution under various light and temperature conditions on the yield and nitrogen useefficiency in durum wheat. *Journal of Applied Research and Plant Ecophysiology*, 6(2), 135-148. (In Persian with English Summary).

Anonymous. 2022. Agricultural Jihad Statistics. Volume 1 Crops of 2021, Ministry of Agricultural Jihad.

Awan, T.H., Sta Cruz, P.C., and Chauhan, B.S. 2014. Ecological significance of rice (*Oryza sativa* L.) planting density and nitrogen rates in managing the growth and competitive ability of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) in direct-seeded rice systems. *Journal of Pest Science*, 88(2), 427-438. http://dx.doi.org/10.1007/s10340-014-0604-4.

Azarpour, E., Moraditochaee, M., and Bozorgi, H.R. 2014. Effect of nitrogen fertilizer management on growth analysis of rice cultivars. *International Journal of Biosciences*, 4(5), 35-47.

Bakhshandeh, A.M., Hamdi Shangri, A., Ghareeneh, M.H., and Fathi, Q.E. 2016. Effect of late sowing date and nitrogen levels on seed yield, morphological characteristics and chlorophyll index of canola (*Brassica nupus*. L) in Ahvaz climatic condition. *Journal of Plant Agronomy Sciences*, 6(1), 69-75. (In Persian with English Summary).

Bozorgi, H.R., Faraji, A., Khosravi Danesh, R., Keshavarz, A., Azarpour, E., and Tarighi, F. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of rice. *World Applied Science Journal*, 12(11), 2053-2057.

Clerget, B., Buenob, C., Domingob, A.J., Layaoenb, H.L., and Vial, L. 2016. Leaf emergence, tillering, plant growth, and yield in response to plant density in a high-yielding aerobic rice crop. *Field Crops Research*, 199: 52-64. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.09.018.

Easterling, W.E., Aggarwal, P.K., Batima, P., Brander, K.M., Erda, L., Howden, S.M., Kirilenko, A., Morton, J., Soussana, J.F., Schmidhuber, J., and Tubiello, F.N. 2007. Food, fibre and forest products. In "Climate change. 2007: Impacts, adaptation

and vulnerability. contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change" (M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (Eds.), p. 273–313. Cambridge University Poblications, Cambridge, United Kingdom.

Erfani, R., Yaghoubian, Y., and Pirdashti, H. 2020. The contribution of chemical, organic and bio-fertilizers on rice production in Iran: A meta-analysis. *Russian Agricultural Sciences*, 46: 596-601. https://doi.org/10.3103/S1068367420060130.

Fallah, A., Mohammadian, M., Fathi, N., and Elyasi, H. 2018. Interactive effect of nitrogen and variety on agronomical characteristics, yield and quality of grain of rice in replanting. *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*, 4(2), 29-48. (In Persian with English Summary).

Farahdahr, F., Jahansuz, M.R., Soufizadeh, S., and Yazdani, M.R. 2023. Documenting crop managements affecting on rice (*Oryza sativa* L.) production in Guilan province. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54(2), 191-204. (In Persian with English Summary).

Faraji, F., Esfehani, M., Kavoosi, M., Nahvi, M., and Rabiyi, B. 2012. Effects of split application and levels of nitrogen fertilizer on growth indices and grain yield of rice (*Oryza sativa* Cv. Khazar). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(2), 323-333. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22059/ijfcs.2012.28492.

Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). 2023. AMIS market monitor: Market database.

Fuladvand, M., and Yadavi, A. 2015. Effect of plant density, rate and split application of nitrogen fertilizer on quality characteristics and nitrogen use efficiency of safflower under weed competition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(2), 358-368. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22067/gsc.v13i2.31709.

Hou, W., Trankner, M., Lu, J., Yan, J., Huang, S., Ren, T., Cong, R., and Li, X. 2020. Diagnosis of nitrogen nutrition in rice leaves influenced by potassium levels. *Frontiers in Plant Science*, 11(165), 1-13. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00165.

Kavousi, M., and Allahgholipour, M. 2017. Effect of dividend and nitrogen

fertilizer on growth and grain yield of two rice cultivars (*Oryza sativa* L.) (Gilaneh and Abji Boji). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 2(19), 165-180. (In Persian with English Summary).

Kazemeini, S.A., and Ghadiri, H. 2005. Interaction effect of plant spacing and nitrogen on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) under different Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) densities. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 6(4), 415-425. (In Persian with English Summary).

Khalil Khalili, E., Kiani, G.H., and Kazemi Tabar, S.K. 2020. Assessment of yield and agronomic characteristics of promising lines of rice. *Journal of Plant Productions*, 43(1), 107-116. (In Persian with English Summary).

Kumar, A., Kumar, R., and Singh, B.B. 2015. Effect of various nitrogen levels on growth, yield and yield attributes of different genotypes of rice (*Oryza sativa* L.). *Agriways Journal*, 3(2), 65-70.

Lichtenthaler, H.K., and Buschmann, C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UVVIS spectroscopy. p. F4.3.1-F4.3.8. In: R. E. Wrolstad, T.E. Acree, H. An, E.A. Decker, M.H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, C.F. Shoemaker and P. Sporns, (Eds). Current protocols in food analytical chemistry, New York: John Wiley and Sons. http://doi.org/10.1002/0471142913.faf0403s01.

Mansouri, M., Alavi Fazel, M., Gilani, A.A., Lak, S.H., and Mojdam, M. 2021. Effect of nitrogen fertilizer rates and its split application on yield and nitrogen use efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology*, 3(59): 317-340. (In Persian with English Summary).

Mousavi Fakhr, S.K., Fotouhi, F., Sadeghi, M., Fazel Zadeh, S.A., and Habibi Khaniani, B. 2022. The effects of planting date and density on grain yield and some eco-physiological, agronomic, and morphological traits of two faba bean genotypes in Dezfoul region. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(2), 65-79. (In Persian with English Summary).

Nakano, H., Morita, S., and Kusuda, O. 2007. Effect of nitrogen application rate and timing on grain yield and protein content of the bread cultivar in southwestern Japan. *Plant Production Science*, 11: 151-157. http://doi.org/10.1626/pps.11.151.

Naseri, H.A., Nabavi Kalat, S.M., and Sadrabadi Haghighi, R. 2019. Effect of seedling age and plant density on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) in heart province- Afghanistan. *Quarterly Journal of Plant Production*, 9(2), 107-119. (In Persian with English Summary).

Nematpour, A., and Eshghizadeh, H.R. 2019. Effect of drought stress, nitrogen chemical nutrition, and sowing date on some of agrophysiological characteristics of two millet cultivars. *Journal of Plant Process and Function*, 8(33), 171-186. (In Persian with English Summary).

Niknejad, Y., Zamani, M.H., Fallah, A., and Nasiri, M. 2017. Evaluation of nitrogen fertilizer rates and planting space on agronomic traits of 8615 rice line. *Applied Field Crops Research*, 112: 1-8. (In Persian with English Summary).

Ntanos, D.A., and Koutroubbas, S.D. 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 74(1), 93-101. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00203-9.

Peng, J., Feng, Y., Wang, X., Li, J., Xu, G., Phonenasay, S., Luo, Q., Han, Z., and Lu, W. 2021. Effects of nitrogen application rate on the photosynthetic pigment, leaf fluorescence characteristics, and yield of indica hybrid rice and their interrelations. *Scientific Reports*, 11(7485), 1-10. https://doi.org/10.1038/s41598-021-86858-z.

Pirzahiri, K., Kanouni, H., and Rokhzadi, A. 2020. Response of some chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties to changes in plant density. *Journal of Crop Ecophysiology*, 14(2), 293-310. (In Persian with English Summary).

Pourebrahimi Foumani, M., Sirousmehr, A., Eshghizadeh, H., Asgharipour, M.R., and Khamari, I. 2019. Effect of different levels of nitrogen fertilizer on physiological growth indices and photosynthetic pigments of early, middle and late hybrids of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Process and Function*, 8 (30), 53-69. (In Persian with English Summary).

Rabiei, Z., Mohammadian Roshan, N., Sadeghi, S.M., Amiri, E., and Doroudian, H. R. 2022. Effect of irrigation interval and nitrogen and potassium fertilizers on yield, yield components and some traits of Gilaneh rice. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 20(2), 217-228. (In Persian with English Summary). https://

dx.doi.org/10.22067/jcesc.2022.72996.1098.

Rabiei, Z., Mohammadian Roshan, N., Sadeghi, S.M., Amiri, E., and Doroudian, H.R. 2021. Effect of drought stress and different levels of nitrogen and potassium fertilizers on the accumulation of osmolytes and chlorophyll in rice (*Oryza sativa* L.). *Gesunde Pflanzen,* 73: 287–296. https://doi.org/10.1007/s10343-021-00550-w.

Ramazani, A., and Jalali, A.H. 2013. Effect of nitrogen fertilizer and transplanting date on yield, yield components and stem lodging of rice in Isfahan region. *Journal of Crop Production and Processing*, 3(9), 45-55. (In Persian with English Summary).

Razavipour, T., Khaledian, M.R., and Rezaei, M. 2018. Effects of nitrogen levels and its splitting on rice yield and nutrient uptake in rice, Hashemi variety. *Human and Environment*, 45: 153-164. (In Persian with English Summary).

Sabokrow Foomani, K., Seyfzadeh, S., Ali Niya, F., Valad Abadi, S.A.R., and Yazdani, M.R. 2020. Effects of rotation irrigation and planting distance on rice growth indexes under Gilan province climate conditions. *Journal of Agroecology*, 12(1), 37-54. (In Persian with English Summary).

Sandhu, S.S., Mahal, S.S., and Kaur, A. 2015. Physicochemical, cooking quality and productivity of rice as influenced by planting methods, planting density and nitrogen management. *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*, 5(1), 33-40.

Shahidpoor, R., Daneshmand, A., Mobaser, H., and Pashania, H.Y. 2015. The effects of nitrogen rates and plant number on yield and yield components of rice varieties of Fajr and Shiroudi. *Applied Field Crops Research*, 28(3), 91-98. (In Persian with English Summary).

Tahaei Roudsari, S.L., and Ashouri, M. 2019. The effect of plant density and nitrogen fertilizer levels on yield and yield component and some physiological indices of rice cv. Tarom Hashemi in Roudsar. *Applied Research in Field Crops*, 32(1), 1-12. (In Persian with English Summary).

Valipoor Chahardahcheriki, Y., Abdulzadeh, A., and Qadrifar, F. 2017. The effects of nitrogen source and amount on growth, chlorophyll, oil, and essence contents of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Plant Environmental*

*Physiology*, 45: 68-80. (In Persian with English Summary).

Yoshida, Sh. 1981. Fundamentals of rice crop science, The International Rice Research Institute, Philippines.

Zhang, K., Yuan, Z., Yang, T., Lu, Z., Cao, Q., Tian, Y., Zhu, Y., Cao, W., and Liu, X. 2020. Chlorophyll meter–based nitrogen fertilizer optimization algorithm and nitrogen nutrition index for in-season fertilization of paddy rice. *Agronomy Journal*, 112(1), 1-13. http://dx.doi.org/10.1002/agj2.20036.

Zhao, L., Zhou, H., Tang, L., Na, Y., Duan, S., Zheng, D., Feng, N., and Shen, X. 2024. Optimizing nitrogen dosage and planting density to improve Japonica rice yield. *Agronomy*, 14(1738), 1-19. https://doi.org/10.3390/agronomy14081738

Zhou, C., Huang, Y., Jia, B., Wang, Y., Wang, Y., Xu, Q., Li, R., Wang, S., and Dou, F. 2018. Effects of cultivar, nitrogen rate, and planting density on rice-grain quality. *Agronomy*, 8(11), 246-259. https://doi.org/10.3390/agronomy8110246.

# Response of agronomic characteristics of rice (*Oryza sativa* L. 'promising line 965') to nitrogen levels and different mechanized and hand planting spaces

Mohammad Ali Shabantabar Azizi[1], Hemmatollah Pirdashti[2*], Hoda Abadian[3], Mehranoosh Emamian Tabarestani[4]

1. MSc. of Crop Physiology, Department of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Professor, Department of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran، (Corresponding author)
3. Assistant Professor,Deputy of Rice Research Institute of Iran (RRII), AgriculturalResearch, Education and Extension Organization, (AREEO), Amol, Iran
4. Ph.D. of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

Received: December 2024 Accepted: November 2024- DOI: 10.22092/aj.2024.364254.1667

## Extended Abstract

Shabantabar Azizi, M. A., Pirdashti, **H.,** Abadian, H., Emamian Tabarestani, M**.,** Response of agronomic characteristics of rice (Oryza sativa L. 'promising line 965') to nitrogen levels and different mechanized and hand planting spaces
**Applied Research in Field Crops Vol 36, No. 3, 2023, 4-6:** 18-39(in Persian)

## Introduction:

Over the past 50 years, global rice yields have continuously increased, partly due to the increased use of fertilizers, particularly those containing nitrogen (N) nutrient. Unfortunately, a large portion of N is lost through surface run-off; nitrate leaching in groundwater; volatilization to the atmosphere, thus increasing greenhouse gas emissions; or denitrification by different microorganisms. In addition to N, planting space (PS) is another key factor in determining crop yield. It is well known that the panicle number per unit area (PN) plays an important role in determining yield and increasing the tiller number (TN) may be a feasible way to offset paddy yield (PY) losses (Liu *et al.,* 2017). On the other hand, a high PN could lead to a yield reduction due to an excessive TN, increased ineffective tiller percentage, high spikelet sterility, and a reduced number of grains per panicle (Kabir *et al.,* 2008). Therefore, the present study was designed and conducted to determine the optimal amount of N fertilizer and PS to maximize yield and yield components of the rice promising line 965.

**Email address of the corresponding author:** h.pirdashti@sanru.ac.ir

**Materials & Methods:**

The experiment was laid out as a split-plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications at the Rice Research Institute of Iran– Deputy of Mazandaran (Amol) during the cropping year of 2022. The main plots consisted of pure N fertilizer at four levels (0, 92, 115, and 138 kgN.ha$^{-1}$ from the urea fertilizer. The subplots included planting spaces (PS) at three levels of 20×20, 25×25 (hand transplanting), and 30×16 cm (mechanized transplanting). The traits measured in this study included plant height (PH), shoot dry weight (SDW), leaf area index (LAI), chlorophyll *a* (chl *a*), *b* (chl *b*), fertile tiller number per hill (FT), filled and unfilled grains number (FG and UG), thousand grain weight (TGW), biological and paddy yield (BY and PY), harvest index (HI) and nitrogen agronomic efficiency (NAE). Data were analyzed using SAS software and the means were compared using the LSD test.

**Results & Discussion:**

The results showed that increasing the amounts of N at the booting stage of rice plant, significantly increased PH and LAI by 1 to 35% compared to non-application of N. Also, the maximum LAI was observed with PS of 20×20 and 30×16 cm, showing a 50.8% and 14.9% increase, respectively, compared to PS of 25×25 cm. The highest SDW was obtained at 138 kgN.ha$^{-1}$ and a PS of 20 ×20 cm, showing a 34.7% increase. The highest levels of chl *b* and chl *a*+*b* were also recorded with 138 kg N. ha$^{-1}$ and a PS of 20×20 cm, showing increases of 2.9 and 2.2 times, respectively, compared to the zero N application at the same PS. The highest PY (10309 and 10998 kg.ha$^{-1}$) and NAE (about 29.8 kg.kg$^{-1}$) were recorded at 115 and 138 kg N.ha$^{-1}$ at PS of 20×20 and 30×16 cm, respectively, with no significant difference in these fertilizer amounts. Overall, 138 kgN.ha$^{-1}$ for 30×16 cm (mechanized transplanting) and 115 kgN.ha$^{-1}$ for 20×20 cm (transplanting by hand) are recommended to achieve the highest PY from the promising rice line 965. Similarly, Moosavi *et al*. (2015) indicated that N application in the Khazar cultivar is associated with increased durability and development of leaf surface, photosynthetic activity, and plant growth rate, leading to increased PY.

**Conclusion:**

With the increase in N fertilizer amounts, the number of FG, TGW, and HI markedly increased. In total, 138 kgN.ha$^{-1}$ for a PS of 20×20 cm (hand transplanting) and 115 kgN.ha$^{-1}$ for a PS of 30×16 cm (mechanized transplanting) are recommended to achieve the optimal yield of the promising rice line 965.

**Keywords:** Chlorophyll, Harvest index, Mechanized transplanting, Nitrogen agronomic efficiency, Paddy, Photosynthetic pigment.

Kabir, M.H., Saha, A., Mollah, I.U., Kabir, M.S., and Rahman, F. 2008. Effect of crop establishment methods and weed management practices on the productivity of Boro rice in lowland ecosystem. *International Journal of Biological Research*, 5: 42–51.

Liu, Q., Zhou, X., Li, J., and Xin, C. 2017. Effects of seedling age and cultivation density on agronomic characteristics and grain yield of mechanically transplanted rice. *Scientific Report*, 7(14072), 1-10. https://doi.org/10.1038/s41598-017-14672-7.

Moosavi, S.G.H., Mohammadi, L., Baradaran, R., Seghatoleslami, M.J., and Amiri, E. 2015. Effect of nitrogen fertilizer rates on morphological traits, yield and yield components of three cultivars of rice. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(1), 146-152. (In Persian with English Summary).