

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

اثر کود نیتروژن و تراکم بوته بر ویژگی‌های رشد، اجزای عملکرد و عملکرد دانه برنج

سروناز یحیی‌زاده^۱، حمیدرضا مبصر^{۲*}، الیاس رحیمی‌پطردی^۳ و علیرضا دانشمند^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران

۲. استادیار، گروه زراعت، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران

۳. استادیار، گروه زراعت، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران

۴. استادیار، گروه زراعت، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: drmobasser.neg@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی اثر کود نیتروژن و تراکم بوته بر ویژگی‌های زراعی برنج رقم طارم هاشمی، آزمایشی به صورت طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در مزرعه‌ای شخصی واقع در شهرستان ساری اجرا شد. مطالعه حاضر با یک تیمار آزمایشی و در ۱۰ سطح اجرا شد که از T1 تا T10 نام‌گذاری شدند. هر سطح تیماری از تلفیق تراکم بوته و تقسیم کود نیتروژن تشکیل شد. نتایج نشان دادند که اثر سال بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد. اما محتوای نیتروژن دانه با اختلافی معادل ۰/۱۸۵٪ در سال دوم کمتر شد. حداکثر تعداد کل پنجه در کپه (۱۸/۶۱ پنجه)، طول خوشه (۲۵/۰۵ سانتی‌متر) و شاخص برداشت (۴۰٪/۸۹) به ترتیب تحت تیمارهای T1، T2 و T3 به دست آمدند. عملکرد دانه تحت تأثیر تیمار آزمایشی معنی‌دار نشد، با این حال حداکثر مقدار آن (۶۸۶۵ کیلوگرم در هکتار) به موجب افزایش تعداد خوشه در مترمربع (۵۱۰/۰ خوشه)، برای تیمار T9 حاصل شد که افزایشی معادل ۱۹/۰۴٪ را در مقایسه با تیمار شاهد (T4) نشان داد. پیشنهاد می‌شود جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه در شمال ایران، تراکم ۴۰ کپه در مترمربع با تقسیم نیتروژن به روش ۳۳/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳/۳۳٪ آغازش خوشه + ۳۳/۳۳٪ پایان ظهور خوشه (T9) در نظر گرفته شود.

واژه های کلیدی: تراکم گیاهی، تقسیم نیتروژن، عملکرد دانه، محتوای نیتروژن دانه

برنج (*Oryza sativa* L.) یک گیاه زراعی مهم است که غذای در حدود نیمی از جمعیت جهان (۹) و ۲۰٪ از کالری مصرفی در سراسر جهان را تأمین می‌کند (۲۰). به‌منظور روبرو شدن با افزایش تقاضا برای مواد غذایی و همچنین به‌منظور تأمین نیازهای جمعیت در حال رشد، تولید برنج جهان باید تا سال ۲۰۵۰ تا ۷۰٪ افزایش یابد (۱۲)، اما با توجه به شهرسازی و صنعتی شدن، افزایش تولید بیشتر از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح امکان‌پذیر است (۳۸).

یکی از مسائل اصلی در رابطه با کشت گیاهان زراعی، انتخاب مناسب‌ترین تراکم بوته در واحد سطح است (۳۴). تراکم بوته مناسب نقش مهمی در بهبود ساختار جمعیت، استفاده کارآمد از نور خورشید و تنظیم وقوع پنجه برنج و تشکیل عملکرد دانه دارد (۲۷). تراکم مناسب و توزیع متعادل بوته‌ها از طریق استفاده بهتر از رطوبت، مواد غذایی و نور باعث افزایش عملکرد می‌شود (۳۴). در تراکم بوته بالاتر از حد مطلوب، رقابت بین گیاهان برای نور در بالای زمین و مواد غذایی در زیر زمین شدید می‌شود و در نتیجه رشد گیاه کند می‌شود و عملکرد دانه کاهش می‌یابد (۱۳). با افزایش فواصل کاشت نیز تولید پنجه در تک‌بوته بیشتر می‌شود، اما تعداد بوته‌ها در واحد سطح کاهش می‌یابد که منجر به عملکرد پایین دانه می‌شود (۱۳). مطالعه‌های مختلف نشان دادند که مقادیر صفات رشدی گیاه برنج (۴ و ۲۴) و تعداد کل خوشه‌چه در خوشه (۴) با افزایش تراکم بوته کاهش یافتند. سایر مطالعه‌ها نشان دادند که تعداد پنجه در مترمربع (۶)، تعداد خوشه در مترمربع (۲) و عملکرد دانه (۲ و ۴۱) با افزایش تراکم بوته افزایش داشتند.

نیتروژن (N) به‌عنوان یک عنصر مهم معدنی، نقش اصلی را در شکل‌گیری کلروفیل، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک ایفا می‌کند و به‌طور مداوم برای تولید برنج مورد نیاز است (۳۵). تقسیط نیتروژن قابلیت دسترسی این عنصر را در مراحل مختلف رشد گیاه افزایش می‌دهد (۳۶). در حقیقت فراهمی نیتروژن باعث افزایش رشد و پنجه‌زنی می‌شود و سرانجام تعداد خوشه‌ها و سنبلیچه‌ها را در مرحله اولیه تشکیل خوشه تعیین می‌کند (۱۵) و عدم جذب آن در هر مرحله از رشد گیاه باعث کاهش عملکرد خواهد شد (۱۴). کاربرد نیتروژن در مرحله شروع خوشه یک عمل ضروری برای افزایش تعداد خوشه‌چه‌ها در خوشه و افزایش عملکرد برنج است (۳۷). آنیل و همکاران (۳) طی پژوهشی نشان دادند که کاربرد نیتروژن در زمان‌های مختلف اثر قابل‌توجهی بر ارتفاع بوته، تعداد پنجه در مترمربع و وزن خشک کل در ۳۰، ۶۰، ۹۰ روز پس از نشاکاری و زمان برداشت داشت. کاووسی و الله‌قلی‌پور (۲۳) اظهار داشتند که مصرف کود نیتروژن به‌صورت تقسیط، عملکرد دانه بیشتری تولید نموده و می‌تواند معیار توصیه کودی قرار گیرد. اثر مثبت تقسیط نیتروژن بر عملکرد دانه برنج توسط سایر پژوهشگران تأیید شد (۲۵).

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

علی‌رغم نیاز گیاه زراعی برنج به نیتروژن در طول رشد خود، مراحل رشدی حساس به این ماده غذایی در تراکم‌های مختلف بوته به‌واسطه جمعیت گیاهی مختلف، متفاوت خواهد بود. از طرفی امکان دارد که مقدار بهینه و مطلوب نیتروژن در مراحل مختلف رشدی نیز متفاوت باشد. از اینرو مطالعه حاضر با هدف تعیین بهترین تیمار تلفیقی متشکل از تراکم بوته و تقسیط نیتروژن، جهت دستیابی به بالاترین عملکرد دانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام این پژوهش، آزمایشی به‌صورت طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای شخصی واقع در روستای مشهدی‌کلا از توابع شهرستان ساری طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ اجرا شد. محل آزمایش در ۵۳ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۶ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۴ متر از سطح دریا واقع شده است. داده‌های هواشناسی ثبت شده در طول دوره آزمایش و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱. داده‌های هواشناسی محل آزمایش در طول دوره رشد برنج

ماه‌های سال	متوسط دما (درجه سانتی‌گراد)		مجموع بارش		مجموع ساعات	
	حداقل	حداکثر	میانگین	(میلی‌متر)	آفتابی (ساعت)	
	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۸
فروردین	۱۰/۳	۱۰/۶	۲۱/۳	۱۸/۸	۱۵/۸	۱۴/۷
اردیبهشت	۱۵/۱	۱۵/۳	۲۵/۷	۲۵/۸	۲۰/۴	۲۰/۶
خرداد	۲۰/۰	۲۱/۴	۲۸/۳	۳۱/۷	۲۴/۱	۲۶/۵
تیر	۲۴/۵	۲۴/۰	۳۴/۵	۳۲/۰	۲۹/۵	۲۸/۰
مرداد	۲۵/۲	۲۳/۳	۳۲/۹	۳۲/۳	۲۹/۰	۲۷/۸
شهریور	۲۴/۵	۲۰/۶	۳۱/۷	۲۹/۴	۲۸/۱	۲۵/۰

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)

ویژگی‌های خاک	واحد	۱۳۹۷	۱۳۹۸
هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۰/۸۶	۱/۴۱
اسیدیته خاک	-	۷/۰۴	۷/۵۴
ماده آلی	%	۲/۸۲	۲/۷۰
نیتروژن کل	%	۰/۱۸	۰/۱۶
فسفر قابل جذب	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۷/۹	۸/۱
پتاسیم قابل جذب	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱۶۵	۱۸۱
شن	%	۳۹	۴۲
لای	%	۳۶	۳۲
رس	%	۲۵	۲۶
بافت خاک	-	لوم	لوم

این مقاله نهایی نیست و پس از ویراستاری تغییراتی خواهد داشت.

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

پژوهش حاضر با یک تیمار آزمایشی و در ۱۰ سطح اجرا شد که از T1 تا T10 نام‌گذاری شدند و تعریف آن‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. هر سطح تیماری از تلفیق تراکم بوته و تقسیط کود نیتروژن تشکیل شد. تیمار T4 به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. تراکم‌های مختلف بوته شامل ۲۰، ۳۰ و ۴۰ کپه در مترمربع بودند که به ترتیب با فواصل کاشت ۲۵ × ۱۱، ۳۰ × ۱۱ و ۴۰ × ۲۵ سانتی‌متر نشاکاری شدند. تقسیط کود نیتروژن بر اساس تراکم بوته تعیین شد. زمان‌های مصرف کود نیتروژن شامل بعد از نشاکاری، ابتدای پنجه‌دهی (کد ۲۱)، آغازش خوشه (کد ۳۰) و پایان ظهور خوشه (۵۹) بود. انتخاب مراحل رشدی بر اساس مقیاس بی‌بی‌سی‌اچ (BBCH-scale) بود که با کد مربوطه مشخص شدند.

جدول ۳. تعریف تیمار آزمایشی با سطوح تلفیقی از تراکم‌های مختلف بوته و تقسیط کود نیتروژن

تیمارها	تراکم بوته	تقسیم نیتروژن
T1	۵۰٪ بعد از نشاکاری + ۵۰٪ ابتدای پنجه‌دهی	
T2	۲۰ کپه	۳۳٪/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳٪/۳۳٪ ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳٪/۳۳٪ آغازش خوشه
T3	در مترمربع	۴۰٪ بعد از نشاکاری + ۴۰٪ ابتدای پنجه‌دهی + ۲۰٪ پایان ظهور خوشه
T4		۳۳٪/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳٪/۳۳٪ آغازش خوشه + ۳۳٪/۳۳٪ پایان ظهور خوشه
T5		۳۳٪/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳٪/۳۳٪ ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳٪/۳۳٪ آغازش خوشه
T6	۳۰ کپه	۴۰٪ بعد از نشاکاری + ۴۰٪ ابتدای پنجه‌دهی + ۲۰٪ پایان ظهور خوشه
T7	در مترمربع	۳۳٪/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳٪/۳۳٪ آغازش خوشه + ۳۳٪/۳۳٪ پایان ظهور خوشه
T8		۲۵٪ بعد از نشاکاری + ۲۵٪ ابتدای پنجه‌دهی + ۲۵٪ آغازش خوشه + ۲۵٪ پایان ظهور خوشه
T9	۴۰ کپه	۳۳٪/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳٪/۳۳٪ آغازش خوشه + ۳۳٪/۳۳٪ پایان ظهور خوشه
T10	در مترمربع	۴۰٪ بعد از نشاکاری + ۴۰٪ آغازش خوشه + ۲۰٪ پایان ظهور خوشه

مزرعه محل آزمایش در سال قبل زیر کشت برنج بود. در اواخر بهمن به‌وسیله گاواهن برگرداندار شخم زده شد و در اردیبهشت قبل از نشاکاری عملیات کامل شخم بهاره، روتواتور، ماله کشیدن و تسطیح انجام گردید. پس از آن زمین به سه تکرار تقسیم شد. هر تکرار دارای ۱۰ کرت و ابعاد هر کرت ۵ × ۳ متر بود. مقادیر کوددهی بر اساس نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مشخص شد. فسفر به‌میزان ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل، پتاسیم به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم و نیتروژن به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کود اوره در نظر گرفته شدند. کودها در ابتدا بر اساس مساحت هر کرت محاسبه شدند و بعد از آن کوددهی به‌صورت دستی انجام گرفت. کودهای فسفر و پتاسیم بعد از آماده‌سازی زمین و قبل از نشاکاری مصرف شدند اما نیتروژن بعد از نشاکاری و بر اساس تقسیط‌های مشخص شده برای هر تراکم به کرت‌های مورد نظر داده شد. جهت جلوگیری از خروج آب و کود اوره، دیواره‌های هر کرت تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با پوشش نایلونی محصور شدند. نشاکاری به‌صورت دستی و بر اساس فواصل مشخص شده در هر تراکم با ۳ گیاهچه برای هر

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

کپه انجام شد که زمان انجام آن در سال‌های اول و دوم به ترتیب در ۸ و ۱۷ اردیبهشت بود. کرت‌ها بلافاصله بعد از نشاکاری به صورت غرقاب درآمدند. طارم هاشمی رقم مورد مطالعه بود. این رقم غالب منطقه و از گروه Indica است که کیفیت و طعم خوبی دارد. این رقم متعلق به ارقام زودرس (۱۱۸ روز از بذر پاشی تا رسیدگی)، پابلند (۱۴۰ سانتی‌متر)، با قابلیت پنجه‌زنی متوسط (۱۵ عدد) و دانه بلند (۹/۸ میلی‌متر) است که عملکرد آن ۴۵۰۰-۵۵۰۰ کیلوگرم شلتوک در هکتار) نسبت به ارقام پرمحصول کمتر است. به منظور مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز از علف‌کش انتخابی بوتاکلر (۳/۵ لیتر در هکتار) یک هفته پس از نشاکاری استفاده شد. همچنین مبارزه دستی در ۲ و ۴ هفته پس از نشاکاری نیز انجام شد. برای مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج (*Chilo suppressalis*) از سم دیازینون (گرانول ۱۰٪) به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله انتهای پنجه‌دهی و مرحله گلدهی استفاده گردید. بوته‌های برنج پس از رسیدگی فیزیولوژیکی در تاریخ ۹ مرداد (برای هر دو سال) به صورت دستی و به طور کامل از سطح زمین برداشت شدند. نمونه‌ها به صورت تصادفی و با حذف اثرات حاشیه‌ای از هر کرت انتخاب شدند و صفات زیر برای هر تیمار آزمایشی تعیین شدند. ارتفاع بوته (قبل از برداشت) و تعداد کل پنجه در کپه با میانگین‌گیری از روی ۱۲ کپه در هر کرت محاسبه شدند. طول خوشه و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه با میانگین‌گیری از روی ۲۰ خوشه برای هر کرت تعیین شدند. تعداد خوشه در مترمربع با برداشت و شمارش تمام خوشه‌ها از مساحت یک مترمربع در هر کرت به دست آمد. وزن هزار دانه با شمارش ۱۰ نمونه صدتایی و توزین آنها برای هر کرت به دست آمد. عملکرد کاه و عملکرد دانه با برداشت همه کپه‌ها از مساحت ۴ مترمربع (۲ × ۲ متر) از قسمت میانی هر کرت اندازه‌گیری شدند (۳۹). برای این منظور، پس از جدا کردن دانه‌ها از بقایای گیاهی، آنها را به مدت ۲۴ ساعت در خشک‌کن با حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و سپس با ترازوی دقیق اندازه‌گیری و ثبت شدند (۱۶). شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیستی (عملکرد دانه + عملکرد کاه) محاسبه و به صورت درصد بیان شد. میزان رطوبت دانه‌ها (شلتوک) در زمان اندازه‌گیری وزن هزار دانه و عملکرد دانه ۱۴٪ بود. جهت اندازه‌گیری نیتروژن دانه، نمونه‌ها پس از شستشو و خشک شدن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، آسیاب و الک شدند. مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون به روش کج‌لدال و بر اساس دستورالعمل شرکت فاس (۱۰) با دستگاه اتوماتیک FOSS Kjeltec 2300 انجام شد و مقدار نیتروژن برحسب درصد وزن خشک گیاه محاسبه شد. تجزیه مرکب برای داده‌های به دست آمده با نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ انجام پذیرفت. جداول با استفاده از نرم‌افزار Word ترسیم شدند.

نتایج و بحث

این مقاله نهایی نیست و پس از ویراستاری تغییراتی خواهد داشت.

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که اثرات سال و تیمار آزمایشی بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین ها نشان داد که ارتفاع بوته برای سال دوم کمتر (با اختلاف ۵/۶ سانتی متر) از سال اول شد (جدول ۵). با بررسی داده های هواشناسی (جدول ۱)، به ویژه داده های روزانه هواشناسی مشخص شد که بوته های برنج در سال دوم از میانگین دما و ساعات آفتابی بالاتر و میزان بارندگی کمتری در دوره رشد رویشی خود برخوردار بودند که به کاهش طول این دوره و کاهش رشد در مقایسه با سال اول ختم شد. نتایج مطالعه جاری نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته برای تیمار T1 (۱۵۱/۸ سانتی متر) به دست آمد که در مقایسه با شاهد (T4)، ۷/۲۵٪ افزایش نشان داد. به نظر می رسد علاوه بر رقابت کمتر بین بوته های برنج در تراکم های پایین تر برای دریافت عوامل رشدی (آب، مواد غذایی، نور و ...)، مصرف تمام نیتروژن در طول دوره رشد رویشی (۵۰٪ بعد از نشاکاری + ۵۰٪ ابتدای پنجه دهی)، دلیل اصلی در رشد حداکثری ارتفاع بوته برای تیمار T1 بود. طی مطالعه ای که خیری و همکاران (۲۴) در شهرستان آمل (مازندران) روی برنج رقم طارم امرالهی انجام داده اند، افزایش ارتفاع بوته با کاهش تراکم بوته یا افزایش فاصله کاشت اثبات شد. اسماعیل زاده مریدانی و همکاران (۸) نیز طی پژوهشی در شهرستان لنگرود (گیلان)، اثر معنی دار تقسیط نیتروژن را بر ارتفاع بوته ارقام برنج (هاشمی و بهار ۱) گزارش کردند.

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب ویژگی های رشدی برنج تحت تیمار آزمایشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول خوشه	تعداد پنجه در کپه
سال (a)	۱	۴۷۸/۲۷*	۵/۹۲۳ ^{ns}	۳۱۲/۹۵**
تکرار (سال)	۴	۱۹۶/۴۷	۲/۲۴۸	۲/۵۸۵
تیمار آزمایشی (b)	۹	۱۸۹/۴۴*	۲/۴۰۸*	۲۱/۸۵**
a × b	۹	۹۱/۸۸ ^{ns}	۱/۷۴۰ ^{ns}	۷/۳۵۵ ^{ns}
خطا	۳۶	۸۴/۱۴	۱/۰۸۴	۶/۴۶۰
ضریب تغییرات (٪)	-	۶/۴	۴/۳	۱۶/۵

ns، **، * به ترتیب غیر معنی دار، معنی داری در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪

جدول ۵. مقایسه میانگین ویژگی های رشدی برنج تحت تیمار آزمایشی

عوامل آزمایشی	ارتفاع بوته (سانتی متر)	طول خوشه (سانتی متر)	تعداد پنجه در کپه
سال اول	۱۴۶/۳ ^a	۲۴/۲۷ ^a	۱۳/۱۲ ^b
سال دوم	۱۴۰/۷ ^b	۲۴/۰۲ ^a	۱۷/۶۸ ^a
حداقل اختلاف معنی دار (۰/۰۵)	۴/۸۰۳	۰/۵۴۵۱	۱/۳۳۱
T1	۱۵۱/۸ ^a	۲۴/۶۳ ^{ab}	۱۸/۶۱ ^a
T2	۱۴۸/۶ ^{ab}	۲۵/۰۵ ^a	۱۴/۹۲ ^{b-d}

این مقاله نهایی نیست و پس از ویراستاری تغییراتی خواهد داشت.

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

۱۷/۶۸ ^{ab}	۲۴/۰۶ ^{ab}	۱۴۶/۱ ^{a-c}	T3
۱۶/۶۱ ^{a-c}	۲۴/۲۵ ^{ab}	۱۴۰/۸ ^{bc}	T4
۱۵/۷۲ ^{a-c}	۲۴/۱۶ ^{ab}	۱۵۰/۸ ^{ab}	T5
۱۲/۰۲ ^d	۲۳/۶۸ ^{bc}	۱۳۶/۴ ^c	T6
۱۵/۶۷ ^{a-c}	۲۴/۶۳ ^{ab}	۱۴۲/۸ ^{a-c}	T7
۱۴/۱۸ ^{cd}	۲۳/۹۶ ^{ab}	۱۴۰/۳ ^{bc}	T8
۱۴/۳۱ ^{cd}	۲۴/۳۱ ^{ab}	۱۴۱/۲ ^{a-c}	T9
۱۴/۲۹ ^{cd}	۲۲/۷۲ ^c	۱۳۶/۱ ^c	T10
۲/۹۷۶	۱/۲۱۹	۱۰/۷۴	حداقل اختلاف معنی دار (۰/۰۵)

اعداد با حروف مشترک در هر عامل آزمایشی بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۰/۵ ندارند

طول خوشه

نتایج (جدول ۴) نشان داد که اثر تیمار آزمایشی بر طول خوشه در سطح احتمال ۰/۵ معنی دار شد، به طوری که بیشترین طول خوشه برای تیمار T2 (۲۵/۰۵ سانتی متر) به دست آمد که در مقایسه با شاهد (T4)، ۳/۱۹٪ رشد نشان داد (جدول ۵). در تیمار T2 علاوه بر تراکم پایین (۲۰ کپه در مترمربع) و رقابت کمتر بین بوته‌ها و در نتیجه افزایش سهم هر پنجه مؤثر از عوامل محیطی، از طریق تأمین بهینه نیتروژن (۳۳/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳/۳۳٪ ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳/۳۳٪ آغازش خوشه) در طول رشد رویشی و مرحله آغازش خوشه، توانست به حداکثر طول خوشه برسد. این نتایج با یافته‌های علیپورابوخیلی و همکاران (۲) مبنی بر افزایش طول خوشه در تراکم پایین و تقسیط نیتروژن به روش ۳۳/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳/۳۳٪ ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳/۳۳٪ خوشه‌آغازین مطابقت داشت. طی مطالعه‌ای که کامروزمان و همکاران (۲۱) در بنگلادش بر روی برنج رقم BRRI dhan30 انجام داده‌اند، مشخص گردید که بیشترین طول خوشه با تقسیط سه مرحله‌ای نیتروژن به دست آمد.

تعداد کل پنجه در کپه

تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که اثرات سال و تیمار آزمایشی بر تعداد کل پنجه در کپه در سطح احتمال ۰/۱ معنی دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۵) نشان داد که تعداد کل پنجه در کپه در سال دوم ۲۵/۷۹٪ افزایش داشت. این نتیجه با توجه به اینکه دما و نور از فاکتورهای مهم در افزایش پنجه‌زنی در برنج می‌باشند منطقی به نظر می‌رسد، زیرا بر اساس داده‌های هواشناسی (جدول ۱) میانگین دما و ساعات آفتابی در زمان پنجه‌دهی برای سال دوم بالاتر بود. پژوهشگران در همین ارتباط گزارش دادند که تعداد پنجه‌ها و خوشه‌ها با کاهش شدت نور (۴۰) و دما (۷) کاهش نشان داد. دیگر نتایج مطالعه جاری نشان داد که بیشترین تعداد کل پنجه در کپه برای تیمار T1 (۱۸/۶۱ سانتی متر) به دست آمد که در مقایسه با شاهد (T4)، افزایشی معادل ۱۰/۷۵٪ را از خود نشان داد. این برتری را می‌توان به ظرفیت بالاتر پنجه‌زنی در هر کپه در تراکم پایین

این مقاله نهایی نیست و پس از ویراستاری تغییراتی خواهد داشت.

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

(۲۰ کپه در مترمربع) و همچنین تأمین بهینه نیتروژن برای پنجه‌دهی (۵۰٪ بعد از نشاکاری + ۵۰٪ ابتدای پنجه‌دهی) نسبت داد. افزایش تعداد پنجه در کپه با کاهش تراکم بوته توسط سایر پژوهشگران اثبات شد (۱ و ۲). طی مطالعه‌ای که علیپورابوخیلی و همکاران (۲) به بررسی انواع تقسیط نیتروژن در ارقام برنج پرداخته‌اند مشخص شد که بالاترین تعداد پنجه در کپه برای رقم هاشمی با تقسیط نیتروژن به صورت ۵۰٪ بعد از نشاکاری + ۵۰٪ ابتدای پنجه‌دهی به دست آمد که مطابق با یافته‌های ما است.

تعداد خوشه در مترمربع

نتایج مطالعه جاری نشان داد که اثرات سال و تیمار آزمایشی بر تعداد خوشه در مترمربع در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۶). جدول ۷ نشان داد که این صفت برای سال دوم ۳۶/۵۹٪ افزایش نشان داد که به خاطر افزایش تعداد کل پنجه در کپه بود. همچنین بیشترین تعداد خوشه در مترمربع برای تیمار T9 (۵۱۰٪ خوشه) حاصل شد که در مقایسه با شاهد (T4)، ۳۱/۷۱٪ رشد نشان داد. تعداد خوشه در مترمربع با افزایش تعداد بوته در مترمربع افزایش داشت به طوری که بیشترین تعداد آن در بالاترین تراکم بوته (۴۰ کپه در مترمربع) مشاهده شد. اما با توجه به اینکه بالاترین تراکم بوته هم‌زمان در تیمارهای T9 و T10 اعمال شد، بنابراین می‌توان روش تقسیط نیتروژن (۳۳/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳/۳۳٪ آغازش خوشه + ۳۳/۳۳٪ پایان ظهور خوشه) را به عنوان عامل مهم در موفقیت تیمار T9 در مقایسه با تیمار T10 (۴۰٪ بعد از نشاکاری + ۴۰٪ آغازش خوشه + ۲۰٪ پایان ظهور خوشه) عنوان کرد. طی مطالعه‌ای که آسمامائو (۴) در مرکز بین‌المللی Tsukuba ژاپن روی برنج رقم Nerica-4 انجام داد، افزایش تعداد خوشه در مترمربع با افزایش تراکم بوته تأیید شد. خیری و همکاران (۲۴) نیز نشان دادند که با افزایش تراکم بوته بر تعداد پانیکول در مترمربع افزوده شد. طی پژوهش دیگری که رضایی نوپاشانی و امین‌پناه (۳۱) در صومعه‌سرا (گیلان) بر روی برنج رقم هاشمی انجام داده‌اند، اثر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر تعداد خوشه در مترمربع اثبات شد.

جدول ۶. تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه برنج و اجزای آن تحت تیمار آزمایشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد خوشه در مترمربع	تعداد خوشه چه پر در خوشه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
سال (a)	۱	۴۸۶۳۶۰/۱**	۴۲۱/۳۵**	۸/۸۱۷*	۵۹۶۰۰۶/۶۷ ^{ns}
تکرار (سال)	۴	۱۱۹۸۷/۳	۱۴۷/۸۹۸	۲/۴۸۳	۱۲۸۰۸۱۰/۴۲
تیمار آزمایشی (b)	۹	۲۳۲۷۳/۴**	۹۲/۵۰ ^{ns}	۲/۴۴۶ ^{ns}	۱۴۲۸۶۴۹/۰۷ ^{ns}
a × b	۹	۴۵۱۸/۱۷ ^{ns}	۷۰/۵۴ ^{ns}	۱/۳۳۵ ^{ns}	۲۵۳۷۱۴۰/۹۳ ^{ns}
خطا	۳۶	۷۰۰۸/۲	۵۳/۱۶	۱/۸۹۱	۱۶۳۶۶۰۹/۰
ضریب تغییرات (%)	-	۲۰/۸	۱۱/۱	۵/۲	۲۱/۴

ns، **، *؛ به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌داری در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

جدول ۷. مقایسه میانگین عملکرد دانه برنج و اجزای آن تحت تیمار آزمایشی

عوامل آزمایشی	تعداد خوشه در مترمربع	تعداد خوشه چه پر در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
سال اول	۳۱۲/۱ ^b	۶۸/۵۲ ^a	۲۶/۰۷ ^b	۵۸۶۷ ^a
سال دوم	۴۹۲/۲ ^a	۶۳/۲۲ ^b	۲۶/۸۳ ^a	۶۰۶۶ ^a
حداقل اختلاف معنی دار (۰/۰۵)	۴۳/۸۴	۳/۸۱۸	۰/۷۲۰۰	۶۶۹/۹
T1	۴۲۴/۵ ^{a-d}	۶۵/۸۲ ^{a-c}	۲۵/۳۳ ^b	۵۴۷۰ ^{ab}
T2	۳۸۲/۳ ^{b-e}	۷۲/۲۴ ^a	۲۶/۰۰ ^{ab}	۵۳۴۸ ^b
T3	۳۲۰/۳ ^e	۷۰/۳۵ ^{ab}	۲۷/۰۰ ^a	۵۹۵۵ ^{ab}
T4	۳۴۸/۳ ^{de}	۶۵/۶۳ ^{a-c}	۲۶/۶۷ ^{ab}	۵۵۵۸ ^{ab}
T5	۴۴۸/۵ ^{a-c}	۶۱/۸۳ ^{bc}	۲۶/۰۰ ^{ab}	۶۴۹۳ ^{ab}
T6	۳۳۳/۸ ^{de}	۶۵/۴۰ ^{a-c}	۲۶/۱۷ ^{ab}	۶۰۲۸ ^{ab}
T7	۴۰۱/۳ ^{b-e}	۶۷/۵۸ ^{ab}	۲۷/۰۰ ^a	۵۶۹۸ ^{ab}
T8	۳۷۷/۲ ^{c-e}	۶۶/۰۶ ^{a-c}	۲۷/۳۳ ^a	۵۸۶۳ ^{ab}
T9	۵۱۰/۰ ^a	۶۵/۵۷ ^{a-c}	۲۷/۰۰ ^a	۶۸۶۵ ^a
T10	۴۷۵/۳ ^{ab}	۵۸/۲۳ ^c	۲۶/۰۰ ^{ab}	۶۳۸۸ ^{ab}
حداقل اختلاف معنی دار (۰/۰۵)	۹۸/۰۲	۸/۵۳۷	۱/۶۱۰	۱۴۹۸

اعداد با حروف مشترک در هر عامل آزمایشی بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۰/۵ ندارند

تعداد خوشه چه پر در خوشه

نتایج (جدول ۶) نشان داد که تنها اثر سال بر تعداد خوشه چه پر در خوشه در سطح احتمال ۰/۱ معنی دار شد، به طوری که تعداد آن در سال دوم کمتر (با اختلاف ۵/۳ خوشه چه) از سال اول بود (جدول ۷). به نظر می رسد این نتیجه به خاطر رابطه معکوس بین تعداد خوشه در مترمربع و تعداد کل خوشه چه و خوشه چه پر در هر خوشه باشد که توسط مبصر و همکاران (۲۹) نیز اثبات شد. همچنین نتایج علی رغم عدم معنی داری نشان داد که بیشترین تعداد خوشه چه پر در خوشه برای تیمار T2 (۷۲/۲۴ خوشه چه) به دست آمد که رشدی معادل ۹/۱۵٪ را نسبت به شاهد (T4) از خود نشان داد (جدول ۷). خیری و همکاران (۲۴) طی مطالعه ای که در شهرستان آمل (مازندران) روی برنج رقم طارم امراللهی انجام داده اند، مشابه با یافته های ما دریافتند که تعداد دانه پر در پانیکول با کاهش تراکم بوته افزایش داشت. هیرزل و همکاران (۱۵) نیز طی مطالعه ای جداگانه در شیلی نشان دادند که بیشترین تعداد خوشه چه پر در خوشه با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل بعد از نشاکاری، پنجه زنی و آغازش خوشه حاصل شد.

وزن هزار دانه

این مقاله نهایی نیست و پس از ویراستاری تغییراتی خواهد داشت.

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

جدول ۶ نشان داد که تنها اثر سال بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد، به طوری که مقدار آن در سال دوم بیشتر (با اختلاف ۰/۷۶ گرم) از سال اول بود (جدول ۷). همچنین علی‌رغم عدم معنی داری کمترین وزن هزار دانه برای تیمار T1 (۲۵/۳۳ گرم) و بیشترین مقادیر آن برای تیمارهای T3، T7، T8 و T9 (به ترتیب ۲۷/۰۰، ۲۷/۳۳، ۲۷/۰۰ و ۲۷/۰۰ گرم) به دست آمد. به طور کلی با افزایش تعداد خوشه‌چه پر در هر خوشه رقابت بین خوشه‌چه‌ها افزایش و سهم هر خوشه‌چه برای دریافت مواد غذایی کاهش یافت که منجر به کاهش وزن هزار دانه شد. اثر غیر معنی دار تراکم بوته (۴ و ۲۶) و اثر معنی دار تقسیط نیتروژن (۱۱ و ۱۷) بر وزن هزار دانه توسط پژوهشگران تأیید شد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات سال و تیمار آزمایشی بر عملکرد دانه معنی دار نشدند (جدول ۶). با این حال مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۷)، تفاوتی را بین سطوح مختلف تیمار آزمایشی نشان داد به طوری که بیشترین عملکرد دانه برای تیمار T9 (۶۸۶۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که در مقایسه با شاهد (T4)، ۱۹/۰۴٪ رشد نشان داد. افزایش تراکم بوته و به دنبال آن افزایش معنی دار تعداد خوشه در مترمربع را می‌توان دلیل اصلی برتری تیمار T9 در عملکرد دانه دانست که با نتایج پژوهشگرانی همچون ساندهو و همکاران (۳۳) و خیری و همکاران (۲۴) مطابقت داشت. با توجه به اینکه بالاترین تراکم بوته (۴۰ کپه در مترمربع) هم‌زمان متعلق به تیمارهای T9 و T10 بود، بنابراین برتری عملکرد دانه در تیمار T9 را می‌توان به کاربرد بیشتر نیتروژن بعد از پایان ظهور خوشه (۳۳/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳/۳۳٪ آغازش خوشه + ۳۳/۳۳٪ پایان ظهور خوشه) نسبت داد، به طوری که به نظر می‌رسد با افزایش دوام سطح سبز و طولانی‌تر کردن دوره پر شدن دانه، مواد غذایی بیشتری به سمت خوشه‌چه‌ها انتقال داده شده و هرچند غیر معنی دار، تعداد خوشه‌چه پر (۱/۱۲٪) و وزن هزار دانه (با اختلاف یک گرم) را در مقایسه با تیمار T10 (۴۰٪ بعد از نشاکاری + ۴۰٪ آغازش خوشه + ۲۰٪ پایان ظهور خوشه) افزایش داد. هیرزل و همکاران (۱۵) نتایجی مشابه با یافته‌های ما را گزارش دادند. میرزاشاهی و نورقلی‌پور (۲۸) در همین ارتباط بیان داشتند که چنانچه مقدار کود نیتروژن به میزان بهینه و متناسب با مراحل حساس رشدی گیاه مصرف شود نه تنها حصول به عملکرد اقتصادی محتمل خواهد بود، بلکه اثرات منفی زیست محیطی ناشی از کاربرد غیر اصولی کود تعدیل می‌گردد.

عملکرد کاه

تجزیه واریانس مرکب صفات (جدول ۸) نشان داد که اثر تیمار آزمایشی بر عملکرد کاه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد، به طوری که حداکثر عملکرد کاه برای تیمار T9 (۱۳۶۰۳ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد و در مقایسه با شاهد (T4) رشدی

این مقاله نهایی نیست و پس از ویراستاری تغییراتی خواهد داشت.

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

معادل ۲۵/۷۲٪ را از خود نشان داد (جدول ۹). افزایش تعداد ساقه در مترمربع در تراکم‌های بوته بالاتر (T9 و T10) را می‌توان دلیل اصلی برتری در عملکرد کاه دانست. از این میان، تیمار T9 به‌خاطر داشتن ارتفاع بوته و طول خوشه بالاتر (به‌ترتیب با اختلاف ۵/۱ و ۱/۵۹ سانتی‌متر) عملکرد کاه بالاتری را به‌خود اختصاص داد که احتمال دارد به‌روش تقسیط نیتروژن (۳۳/۳۳٪) بعد از نشاکاری + ۳۳/۳۳٪ آغازش خوشه + ۳۳/۳۳٪ پایان ظهور خوشه) مرتبط باشد. بزرگی و همکاران (۵) نیز نتایج مشابه با یافته‌های ما گزارش دادند، به‌طوری‌که با مطالعه‌ای بر روی برنج رقم هاشمی در منطقه لاهیجان دریافتند که بیشترین عملکرد کاه در تراکم بالا با فواصل کاشت کمتر حاصل شد. علیپورابوخیلی و همکاران (۲) نیز طی بررسی بر روی ارقام برنج (کوهسار و طارم هاشمی) به این نتیجه رسیدند که عملکرد کاه به‌موازات با افزایش تراکم بوته افزایش داشت. این پژوهشگران در ادامه نشان دادند که بیشترین عملکرد کاه با تقسیط نیتروژن به‌روش ۳۳/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳/۳۳٪ ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳/۳۳٪ خوشه‌آغازین حاصل شد که به‌خاطر تعداد پنجه در رقم کوهسار و صفات ارتفاع بوته و طول خوشه در رقم طارم هاشمی بود. کائوشال و همکاران (۲۲) نیز طی مطالعه‌ای بر روی برنج رقم IR64 در مرکز تحقیقات کشاورزی هند نشان دادند که بیشترین عملکرد کاه در هکتار با تقسیط نیتروژن در مراحل پایه، پنجه‌دهی و آغازش خوشه به‌دست آمد.

جدول ۸. تجزیه واریانس مرکب صفات عملکرد کاه، شاخص برداشت و غلظت نیتروژن دانه برنج تحت تیمار آزمایشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد کاه	شاخص برداشت	غلظت نیتروژن دانه
سال (a)	۱	۳۶۴۰۸/۱ ^{ns}	۹/۶۰ ^{ns}	۰/۵۱۲ ^{**}
تکرار (سال)	۴	۱۳۲۹۰۶۸۷/۹	۴۹/۵۳	۰/۰۹۴
تیمار آزمایشی (b)	۹	۱۱۸۷۰۳۹۳/۶ ^{**}	۴۰/۵۲ [*]	۰/۰۹۰ ^{ns}
a × b	۹	۳۴۵۰۱۹۸/۳ ^{ns}	۳۶/۲۰ ^{ns}	۰/۰۵۷ ^{ns}
خطا	۳۶	۳۲۰۱۸۱۳/۴	۱۷/۳۷	۰/۰۵۶
ضریب تغییرات (%)	-	۱۶/۶	۱۱/۷	۱۸/۷

ns، **، *؛ به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌داری در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪.

جدول ۹. مقایسه میانگین صفات عملکرد کاه، شاخص برداشت و غلظت نیتروژن دانه برنج تحت تیمار آزمایشی

عوامل آزمایشی	عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (٪)	غلظت نیتروژن دانه (٪)
سال اول	۱۰۷۴۸ ^a	۳۵/۳۸ ^a	۱/۳۶۱ ^a
سال دوم	۱۰۷۹۷ ^a	۳۶/۱۸ ^a	۱/۱۷۶ ^b
حداقل اختلاف معنی‌دار (۰/۰۵)	۹۳۷	۲/۱۸۲	۰/۱۲۴۳
T1	۱۱۰۵۵ ^{bc}	۳۳/۴۲ ^c	۱/۳۰۵ ^{ab}
T2	۹۳۹۸ ^{cd}	۳۶/۶۱ ^{a-c}	۱/۱۹۳ ^{ab}
T3	۸۷۳۶ ^d	۴۰/۸۹ ^a	۱/۱۶۵ ^{ab}

این مقاله نهایی نیست و پس از ویراستاری تغییراتی خواهد داشت.

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

۱/۲۳ ^{ab}	۳۵/۵۱ ^{bc}	۱۰۱۰۴ ^{b-d}	T4
۱/۳۷۳ ^a	۳۸/۷۶ ^{ab}	۱۰۲۵۷ ^{b-d}	T5
۱/۴۰۳ ^a	۳۷/۱۰ ^{a-c}	۹۹۷۳ ^{b-d}	T6
۱/۳۶۷ ^a	۳۲/۶۰ ^c	۱۱۷۴۷ ^{ab}	T7
۱/۰۳۸ ^b	۳۴/۵۹ ^{bc}	۱۰۹۲۰ ^{bc}	T8
۱/۲۰۳ ^{ab}	۳۳/۴۶ ^c	۱۳۶۰۳ ^a	T9
۱/۴۰۸ ^a	۳۴/۸۴ ^{bc}	۱۱۹۳۶ ^{ab}	T10
۰/۲۷۷۹	۴/۸۸	۲۰۹۵	حداقل اختلاف معنی دار (۰/۰۵)

اعداد با حروف مشترک در هر عامل آزمایشی بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند

شاخص برداشت

جدول ۸ نشان داد که اثر تیمار آزمایشی بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد. اثر سال بر شاخص برداشت معنی دار نشد که به خاطر وجود روند مشابهی میان عملکرد کاه و عملکرد دانه بود. بیشترین شاخص برداشت برای تیمار T3 (۴۰/۸۹٪) به دست آمد که اختلافی معادل ۵/۳۸٪ را با شاهد (T4) نشان داد (جدول ۹) و دلیل برتری آن را می توان به تعداد پایین ساقه در مترمربع و به دنبال آن عملکرد کاه کمتر نسبت داد. پژوهشگران با بررسی اثر تراکم بوته (۱۶، ۲۵ و ۳۳/۳ کپه در مترمربع) روی برنج رقم طارم هاشمی نشان دادند که حداکثر شاخص برداشت در تراکم های ۱۶ و ۲۵ کپه در مترمربع (به ترتیب ۴۹/۲۷ و ۴۸/۳۷٪) حاصل شد و مقدار آن با افزایش تراکم تا ۳۳/۳ کپه در مترمربع کاهش معنی داری داشت (۱). برخی پژوهشگران نیز عدم معنی داری شاخص برداشت را در واکنش به اثر تراکم بوته نشان دادند (۳۰). اثر معنی دار تقسیط نیتروژن بر شاخص برداشت نیز توسط پژوهشگران گزارش شد به طوری که بیشترین شاخص برداشت برای ارقام برنج (هاشمی و کوهسار) با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل بعد از نشاکاری، خوشه آغازین و خوشه دهی کامل مشاهده شد (۲).

غلظت نیتروژن دانه

تجزیه واریاس مرکب صفات نشان داد که تنها اثر سال بر غلظت نیتروژن دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد، به طوری که مقدار آن برای سال دوم کمتر (با اختلاف ۰/۱۸۵٪) از سال اول بود (جدول ۸). همچنین علی رغم عدم معنی داری اثر تیمار آزمایشی بر محتوای نیتروژن دانه، مشخص شد که کمترین غلظت نیتروژن دانه برای تیمار T8 (۱/۰۳۸٪) و بیشترین مقادیر آن برای تیمارهای T5، T6، T7 و T10 (به ترتیب ۱/۳۷۳، ۱/۴۰۳، ۱/۳۶۷ و ۱/۴۰۸ گرم) به دست آمد (جدول ۹). نیتروژن دانه به طور عمده از جابجایی نیتروژن انباشته شده قبل از گرده افشانی و جذب نیتروژن از خاک پس از گرده افشانی به دست می آید (۱۸) و (۱۹). سام دلیری و همکاران (۳۲) طی مطالعه ای دریافتند که بیشترین میزان نیتروژن کل گیاه با تقسیط سه مرحله ای نیتروژن

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

به نسبت مساوی در مراحل بعد از نشاکاری، خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل حاصل شد و میزان آن با تقسیط چهار مرحله‌ای نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل بعد از نشاکاری، ابتدای پنجه‌دهی، خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل در رتبه پایین تر قرار گرفت.

نتیجه‌گیری کلی

در مطالعه حاضر دریافتیم که تعداد خوشه در مترمربع مؤثرترین جزء عملکرد برای دستیابی به عملکرد دانه بالاتر بود و با افزایش تراکم بوته بر تعداد آن افزوده شد به طوری که بالاترین تعداد خوشه در مترمربع برای تیمارهایی (T9 و T10) با تراکم ۴۰ کپه در مترمربع به دست آمد. با این حال حداکثر عملکرد دانه در تیمار T9 (۳۳/۳۳٪ بعد از نشاکاری + ۳۳/۳۳٪ آغازش خوشه + ۳۳/۳۳٪ پایان ظهور خوشه) مشاهده شد که به افزایش میزان مصرف نیتروژن بعد از پایان ظهور خوشه و احتمالاً افزایش دوام سطح سبز و افزایش طول دوره پر شدن دانه مرتبط است، چرا که هرچند غیر معنی‌دار، تعداد خوشه‌چه پر (۱۱/۲٪) و وزن هزار دانه (با اختلاف یک گرم) را در مقایسه با تیمار T10 (۴۰٪ بعد از نشاکاری + ۴۰٪ آغازش خوشه + ۲۰٪ پایان ظهور خوشه) افزایش داد و در نهایت در تولید دانه موفق‌تر بود.

منابع مورد استفاده

1. Alipour Abookheili, F. and H. R. Mobasser. 2021. Effect of planting density on growth characteristics and grain yield increase in successive cultivations of two rice cultivars. *Agrosystems, Geosciences & Environment* 4: e20213.
2. Alipour Abookheili, F., Gh. Noormohammadi., H. Madani., H. Heidari Sharifabad and H. Mobasser. 2020. Effect of nitrogen splitting and plant density on yield and grain yield components of two rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 17: 631-645. (In Farsi).
3. Anil, K., M. Yakadri and G. Jayasree. 2018. Influence of Nitrogen Levels and Times of Application on Growth Parameters of Aerobic Rice. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7: 1525-1529.
4. Asmamaw, B. A. 2017. Effect of planting density on growth, yield and yield attributes of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Agricultural Research* 12: 2713-2721.
5. Bozorgi, H. M., A. Faraji., R. Khosravi Danesh., A. Keshavarz., E. Azarpour and F. Tarighi. 2011. Effect of Plant Density on Yield and Yield Components of Rice. *World Applied Sciences Journal* 12: 2053-2057.
6. Chapagain, T. and E. Yamaji. 2010. The effects of irrigation method, age of seedling and spacing on crop performance, productivity and water-wise rice production in Japan. *Paddy and Water Environment* 8: 81-90.
7. Deng, N., X. Ling., Y. Sun., C. Zhang., S. Fahad., S. Peng., K. Cui., L. Nie and J. Huang. 2015. Influence of temperature and solar radiation on grain yield and quality in irrigated rice system. *European Journal of Agronomy* 64: 37-46.

8. Esmaeilzade-Moridani, M., K. Alami-Saeid and M. Eshraghi-Nejad. 2013. Study of nitrogen split application on yield and grain quality on native and breded rice varieties. *Scientia Agriculturae* 2: 3-10.
9. Fan, X., Z. Tang., Y. Tan., Y. Zhang., B. Luo., M. Yang., X. Lian., Q. Shen., A. J. Miller and G. Xu. 2016. Overexpression of a pH-sensitive nitrate transporter in rice increases crop yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113: 7118-7123.
10. Foss Tecator, A. B. 2001. The Determination of nitrogen according to kjeldahl using block digestion and steam distillation. AN300.
11. Garshasbi, M., M. Dadnia and M. Rafiei. 2011. Evaluating the effects of amounts and different times of nitrogen consumption on quantitative and qualitative traits in sesame (*Sesamum indicum* L.) in Behbahan Province. *The quarterly Academic Journal of Crop Physiology* 3: 95-105. (In Farsi).
12. Godfray, H. C. J., J. R. Beddington., I. R. Crute., L. Haddad., D. Lawrence., J. F. Muir., J. Pretty., S. Robinson., S. M. Thomas and C. Toulmin. 2010. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science* 327: 812-818.
13. Gozubenli, H. 2010. Influence of planting pattern and plant density on the performance of maize hybrids in the eastern Mediterranean condition. *International Journal of Agriculture and Biology* 12: 556-560.
14. Haefele, S. M., KNaklang., D. Harnpichitvitaya., S. Jearakongman., E. Skulkhu., P. Romyen., S. Phasopa., S. Tabtim, D. Suriya-arunroj., S. Khunthasuvon., D. Kraisorakul., P. Youngsuk., S. T. Amarante and L. J. Wade. 2006. Factors affecting rice yield and fertilizer response in rainfed lowlands of northeast Thailand. *Field Crops Research* 98: 39-51.
15. Hirzel, J., A. Pedreros and K. Cordero. 2011. Effect of nitrogen rates and spilt nitrogen fertilization on grin yield and its components in flooded rice. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71: 437-444.
16. International Rice Research Institute. 2002. Find out how the qualities of rice are evaluated and scored in this authoritative sourcebook. Standard Evaluation System for Rice 1-54.
17. Jemberu, T., M. Togashi and H. Urayama. 2015. Nitrogen fertilizer application timing on growth and yield of Nerica4 and japanese rice variety toyohatamochi. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 5: 91-97.
18. Jiang, L., D. Dong., X. Gan and S. Wei. 2005. Photosynthetic efficiency and nitrogen distribution under different nitrogen management and relationship with physiological N-use efficiency in three rice genotypes. *Plant and Soil* 271: 321-328.
19. Jiang, L., T. Dai., D. Jiang., W. Cao., X. Gan and S. Wei. 2004. Characterizing physiological N-use efficiency as influenced by nitrogen management in three rice cultivars. *Field Crops Research* 88: 239-250.
20. Jones, J. M. and D. B. Sheats. 2016. Consumer Trends in Grain Consumption. St. Catherine University., St Paul, MN, USA. Elsevier Ltd. Reference Module in Food Sciences.
21. Kamruzzaman, M. D., M. D. Abdul Kayum., M. D. Mainul Hasan., M. D. Mahmudul Hasan., J. A. Teixeira da Silva and D. A. Silva. 2013. Effect of split application of nitrogen fertilizer on yield and yield attributes of transplanted aman rice (*Oryza sativa* L.). *Bangladesh Journal of Agricultural Research* 38:579-587.
22. Kaushal, A. K., N. S. Rana., A. Singh., Sachin., Neeraj and A. Srivastav. 2010. Response of Levels and Split Application of Nitrogen in Green Manured Wetland Rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Agricultural Sciences* 2: 42-46.
23. Kavoosi, M. and M. Allah Gholipour. 2017. Effect of rate and split application of nitrogen fertilizer on growth and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) cvs. Gilaneh and Abjiboji. *Iranian Journal of Crop Sciences* 19: 165-180. (In Farsi).
24. Kheyri, N., H. R. Mobasser., B. Masoodi and P. Yadollahi. 2016. Effect of plant density and planting pattern on yield components and yield of rice (*Oryza sativa* L.) var. Tarom Amrollahi. *Journal of Plant Ecophysiology* 8: 26-34. (In Farsi).
25. Kumar, A., A. Kumar and K. P. Singh. 2017. Effect of split application of nitrogen on physiological maturity of rice (*Oryza sativa*). *International Journal of Pure and Applied Bioscience* 5: 960-970.
26. Lack, SH., R. Danaieefar and M. Sharifzadeh. 2013. Investigate the effect of seed aging and plant density on yield and yield components of wheat (CV. Chamran) in Khuzestan climate conditions. *The quarterly Academic Journal of Crop Physiology* 5: 77-87. (In Farsi).

27. Li, G., J. Zhang., C. Yang., Z. Liu., S. Wang and Y. Ding. 2016. Population characteristics of high-yielding rice under different densities. *Agronomy Journal*. 108: 1415–1423.
28. Mirzashahi K. and F. Noorgholipour. 2020. Investigation of Rate and Method of Nitrogen Application on Nitrogen Use Efficiency and Seed Yield of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *The quarterly Academic Journal of Crop Physiology* 12: 45-63. (In Farsi).
29. Mobasser, H. R., M. Mohseni Delarestaghi., A. Khorgami., D. Barari Tari and H. Pourkalhor 2007. Effect of Planting density on agronomical characteristics of rice (*Oryza Sativa* L.) varieties in north of Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10: 3205–3209.
30. Moradpour, S., R. Koochi., M. Babaei and M. Goldoust Khorshidi. 2013. Effect of planting date and planting density on rice yield and growth analysis (Fajr Variety). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5: 267-272.
31. Rezaei Noupashani, S. and H. Aminpanah. 2017. Effect of different crops rotation with rice, N rate and N split application on crop grain yield. *Journal of Plant Ecophysiology* 9: 95-106. (In Farsi).
32. Sam Daliri, M., H. R. Mobasser and S. Dastan. 2011. The effects of the amount and splitting of nitrogen on physiological and agronomic indicators of local Tarom rice. *Journal of Crop Ecophysiology* 3: 101-109. (In Farsi).
33. Sandhu, S. S., S. S. Mahal and A. Kaur. 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.
34. Sarmadnia, M. and A. Koochaki. 2013. Physiology of crop plants. Mashhad Jihad University, 400 pages. (In Farsi).
35. Shadchina, T. M. and V. V. Dmitrieva. 1995. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. *Journal of Plant Nutrition* 18: 1427–1437.
36. Sharma, J. C., M. S. Kuhad and A. Sharma. 1994. Influence of alkalinity on rice germination and growth. *International Rice Research Institute* 89-100.
37. Sui, B., X. M. Feng., G. L. Tian., X. Y. Hu., Q. R. Shen and S. W. Guo. 2013. Optimizing nitrogen supply increases rice yield and nitrogen use efficiency by regulating yield formation factors. *Field Crops Research* 150: 99–107.
38. Tyagi, A. K. and M. Mohanty. 2000. Rice transformation for crop improvement and functional genomics. *Plant Science* 158: 1–18.
39. Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. IRRI, Los Banos, Philippines. 269 pages.
40. Zhang, B. and J. Yamagishi. 2010. Response of spikelet number per panicle in rice cultivars to three transplanting densities. *Plant Production Science* 13: 279–288.
41. Zheng, H., Y. Chen., Q. Chen., B. Li., Y. Zhang., W. Jia., W. Mo and Q. Tang. 2020. High-density planting with lower nitrogen application increased early rice production in a double-season rice system. *Agronomy Journal* 112: 205–214.

Effect of nitrogen fertilizer and plant density on growth characteristics, yield components and grain yield of rice

Sarvenaz Yahyazadeh¹, Hamid Reza Mobasser^{2*}, Elyas Rahimi Petroudi³, Alireza Daneshmand⁴

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
2. Assistant Professor, Department of Agronomy, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
3. Assistant Professor, Department of Agronomy, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
4. Assistant Professor, Department of Agronomy, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran

* Corresponding author: email: drmobasser.neg@gmail.com

Abstract

In order to investigate the effect of nitrogen fertilizer and plant density on the agronomic characteristics of rice cv. Tarom Hashemi, an experiment was carried out as a randomized complete blocks design with three replications during 2018 and 2019 in a personal farm located in Sari, north of Iran. The present study was carried out with an experimental treatment at 10 levels, named from T1 to T10. Each level was formed by combining plant density and nitrogen fertilizer splitting. The results showed that the effect of year was not significant on grain yield. But the grain nitrogen concentration was lower in the second year (with a difference of 0.185%). The maximum total number of tillers per hill (18.61 tillers), panicle length (25.05 cm) and harvest index (40.89%) were obtained under T1, T2 and T3 treatments, respectively. Grain yield was not affected by the experimental treatment, however, its maximum (6865 kg ha⁻¹) was obtained under T9 treatment due to an increase in the number of panicles per square meter (510.0 panicles), indicating an increase of 19.04% compared to the control treatment (T4). A density of 40 hills per square meter with nitrogen splitting of 33.33 % after transplanting + 33.33 % at panicle formation + 33.33 % at the end of panicle emergence (T9) is recommended to achieve maximum grain yield of rice under the conditions of this experiment in northern Iran.

Keywords: Grain nitrogen content, Grain yield, Nitrogen splitting, Plant density