doi: 10.22124/CR.2021.20000.1679

(مقاله پژوهشی)

تحقیقات غلات

دوره یازدهم/ شماره اول/ بهار ۱۴۰۰ (۱۱-۱)

مطالعه تاثیر مدیریت آبیاری و میزان کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی

امیر مرادی[۱]، ناصر محمدیان روشن[۲*]، ابراهیم امیری[۳]، مجید عاشوری[۲] و مجتبی رضایی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۳

چکیده

کم‌آبی سال‌هالی اخیر باعث شد که دست‌یابی به بهترین مدیریت آب و کود در کشت برنج بیش از پیش اهمیت داشته باشد. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و دور آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهر رشت اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل آبیاری (غرقاب دائم و آبیاری هر هفته و هر دو هفته یک‌بار)، دوره رشد (در مراحل رشد رویشی و زایشی) و سطوح کود نیتروژن (۴۰، ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) بود. صفات مورد مطالعه نیز شامل ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد خوشه در بوته، تعداد خوشه‌چه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، درصد باروری خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بودند. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که آثار اصلی و متقابل فاکتورهای مورد مطالعه بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل دوره رشد، کود نیتروژن و دور آبیاری طی دو سال بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با مصرف کود نیتروژن در شرایط آبیاری غرقاب دائم، مقادیر عملکرد و اجزای عملکرد دانه (به‌غیر از تعداد دانه پوک) به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. در بین تیمارهای مورد مطالعه، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به تیمار آبیاری غرقاب دائم در دوره رویشی با مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در سال ۱۳۹۷ و تیمار آبیاری ۱۴روز یک‌بار با مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در دوره رشد زایشی در سال ۱۳۹۶ بود. بر اساس نتایج این آزمایش، آبیاری غرقاب دائم در دوره رشد رویشی و مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌عنوان بهترین مدیریت آبیاری و کود نیتروژن پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری نوبتی، تولید، دوره رشد، مدیریت آب

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۲- استادیار، گروه زراعت، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۳- استاد، گروه مهندسی آب، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۴- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

* نویسنده مسئول: nmroshan71@yahoo.com

مقدمه

برنج به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی دنیا، در بخش‌های وسیعی از سراسر جهان کشت می‌شود و غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان است (Pandey *et al.*, 2014). برنج بیش‌ترین مقدار مصرف آب را در بین محصولات کشاورزی دارا بوده و حدود ۸۰ درصد کل منابع آب شیرین مصرفی آسیا را شامل می‌شود. تقریباً ۷۵ درصد برنج جهان از شالیزارهای فاریاب است (Belder *et al.*, 2005). گیاهان تحت شرایط طبیعی و زراعی به‌طور پیوسته در معرض تنش‌های گوناگون قرار دارند و در این میان کمبود آب، مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد محصولات زراعی در بیش‌تر نقاط جهان و ایران است (Akbari *et al.*, 2016). آبیاری‌های چند روز یک‌بار، اکسیژن کافی در اختیار سیستم ریشه‌ای گیاه قرار می گیرد که این امر موجب سرعت بخشیدن به معدنی شدن مواد آلی و تثبیت نیتروژن خاک می‌شود. همه این موارد باعث بهبود افزایش مواد مغذی گیاهی و در نتیجه افزایش رشد آن می‌شود (Tan *et al.*, 2013). مدیریت آبیاری متناوب می‌تواند نیاز گیاه را در شرایط بحرانی تأمین کند. مهم‌ترین مزیت روش آبیاری متناوب با دور آبیاری چند روزه برنج صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی به لحاظ کاهش آبشویی است. مک‌کلانگ و همکاران (McClung *et al.*, 2020) در تحقیقی که در مورد ارقام برنج آمریکا انجام دادند، نشان دادند که تغییر روش آبیاری از غرقاب به غیر غرقاب منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و ارتفاع می‌شود.

تحقیقات نشان داده است که گیاهی که خوب تغذیه شده و به مقدار کافی عناصر غذایی دریافت کرده باشد، ضمن اینکه مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت، کمیت و کیفیت محصول آن نیز تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. نیتروژن در بین عناصر غذایی مهم‌ترین و محدودکننده‌ترین عنصر در رشد برنج است (Manzoor, 2006)، به‌طوری‌که عدم جذب آن در هر مرحله از رشد گیاه، باعث کاهش عملکرد خواهد شد (Asadi *et al.*, 2016). محدویت مواد غذایی در دوره رشد رویشی باعث کاهش ذخیره‌سازی مواد غذایی و مانع پر شدن دانه‌ها و افزایش تعداد دانه پوک می گردد و بکار گیری نیتروژن در موقع نیاز گیاه حتی در آبیاری تناوبی باعث افزایش عملکرد می‌شود (Belder *et al.*, 2005). بسیاری از مطالعات ثابت کرده‌اند که افزایش کاربرد نیتروژن می‌تواند منجر به بهبود کارایی مصرف آب و تخفیف آثار مضر تنش خشکی روی رشد گیاهان در مناطق خشک شود، زیرا از آسیب به غشای سلولی جلوگیری کرده و تنظیم اسمزی را بهبود می‌بخشد. واضح است که کاربرد مقادیر اضافی نیتروژن همیشه نقش مثبتی در تخفیف آثار تنش روی رشد گیاهان نخواهد داشت، ولی نقش نیتروژن به‌عنوان یک تعدیل کننده پاسخ‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک و به‌ویژه در ارتباط با کارایی مصرف آب و تحمل تنش خشکی کاملاً آشکار است (Tan and Hogan, 1997).

برخی از گزارشات نشان می‌دهند که راندمان مصرف کود نیتروژن در شرایط کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری دائم کم‌تراست (Timsina *et al.*, 2006) و در همان حال شواهد دیگری نشان دهنده نقش آبیاری تناوبی در افزایش راندمان کاربرد نیتروژن در مقایسه با آبیاری دائم و افزایش راندمان کاربرد آب با مصرف کود نیتروژن می‌باشند. گذشته از نقش بسیار مهم نیتروژن در کشت برنج، کابرد بیش از نیاز واقعی آن موجب آبشویی، تخریب محیط زیست و حتی کاهش عملکرد نیز می‌شود (Cabuslay *et al.*, 2002). در مطالعه تقی‌زاده و همکاران (Taghizade *et al.*, 2008) بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه برنج از تیمار غرقاب دایم و مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. مانان و همکاران (Mannan *et al.*, 2010) بیش‌ترین ارتفاع بوته، تعداد پنجه در متر مربع، تعداد خوشه در متر مربع و عملکرد دانه را با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن گزارش کردند، اما وزن هزار دانه تحت تاثیر مقدار نیتروژن مصرفی قرار نگرفت و تعداد دانه در خوشه نیز با افزایش مصرف نیتروژن کاهش یافت.

فرجی و همکاران (Faraji *et al.*, 2012) گزارش کردند که مصرف مقادیر بالای کود نیتروژن در برنج (رقم خزر)، با افزایش دوام و توسعه سطح برگ، فعالیت فتوسنتزی و سرعت رشد گیاه همراه است که منجر به افزایش عملکرد دانه می شود. اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2016) نشان دادند که تاثیر توامان آبیاری و کود نیتروژن افزایش معنی‌داری در طول خوشه، ارتفاع بوته، تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و عملکرد دانه دارد. در مطالعه سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2017) کاربرد کود نیتروژن تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه و اجزای آن از قبیل تعداد خوشه، تعداد دانه پر در خوشه و درصد باروری خوشه در برنج شد.

رضوی‌پور و همکاران (Razavipour *et al.*, 2018) نیز گزارش کردند که افزایش دفعات کاربرد کود نیتروژن در سه تقسیط باعث افزایش درصد جذب نیتروژن در دانه شد. نتایج آن‌ها همچنین نشان داد که افزایش عملکرد ناشی از مصرف نیتروژن اضافی به‌میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار، معادل افزایش یک مرحله در تعداد تقسیط می‌باشد. سبک‌رو فومنی و همکاران (Sabokrow Foomani *et al.*, 2020) نیز در بررسی همزمان آبیاری و کود نیتروژن نشان دادند که تحت شرایط آبیاری غرقابی، کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن دارای بالاترین عملکرد دانه بود، اما تحت شرایط تنش شدید آبی، برای رسیدن به حداکثر تولید باید از کود نیتروژن بیش‌تری استفاده کرد و مقدار ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را توصیه کردند.

با توجه به ضرورت استفاده بهینه و صرفه‌جویی در نهاده‌های کشاورزی و حفظ محیط زیست، این آزمایش انجام شد که هدف از اجرای آن، یافتن بهترین مدیریت آبیاری و مصرف کود نیتروژن در مراحل رشد رویشی و زایشی در کشت برنج در استان گیلان بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش طی دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. رقم برنج مورد مطالعه، رقم هاشمی و فاکتورهای مورد مطالعه شامل فواصل آبیاری (غرقاب دائم و آبیاری هر هفته و هر دو هفته یک‌بار)، مرحله رشد گیاه (آبیاری در مرحله رویشی تا زمان گلدهی و مرحله زایشی از زمان گلدهی تا انتهای دوره رشد) و سطوح مختلف کود نیتروژن (۴۰، ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج تجزیه خاک برای مصرف کودهای فسفر و پتاسیم در جدول (۱) ارایه شده است.

برای کاشت بذر، بذرها پس از ضد عفونی با هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد در خزانه کشت و پس از اینکه ارتفاع نشاها به حدود ۳۰ سانتی‌متر رسید، نشاها به مزرعه منتقل شدند. اندازه واحدهای آزمایشی ۹ متر مربع و تراکم بوته‌ها ۲۵ بوته در هر متر مربع در نظر گرفته شد. بعد از اختصاص تصادفی تیمارها به واحدهای آزمایشی، نشاکاری به‌صورت تک‌بوته انجام شد. فاصله بین بوته‌ها، ۲۰×۲۰ سانتی‌متر بود و در هر کرت، پنج ردیف و در هر ردیف ۱۰ بوته کاشته شد. کودهای فسفر و پتاسیم به مقدار ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به کرت‌ها قبل از نشاکاری اضافه شد. کلیه عملیات زراعی از قبیل وجین، مبارزه با آفات و بیماری‌ها مطابق با روش معمولو توصیه‌های موسسه تحقیقات برنج انجام شد.

صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته (ارتفاع بلندترین پنجه از ناحیه طوقه در سطح خاک تا نوک خوشه بدون احتساب ریشک بر حسب سانتی‌متر)، طول خوشه (طول سه خوشه تصادفی در هر بوته و ۱۰ بوته در هر کرت، از دم خوشه تا انتهای خوشه بدون در نظر گرفتن ریشک، بر حسب سانتی‌متر)، تعداد خوشه در بوته (تعداد پنجه‌های خوشه‌دار و قابل برداشت در ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت در مرحله خمیری شدن دانه)، تعداد دانه در خوشه (تعداد کل دانه‌های پر و پوک در خوشه‌های اصلی ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت)، تعداد دانه پر در خوشه (تعداد دانه‌های پر و سالم در خوشه‌های اصلی ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت بعد از رسیدن کامل دانه‌ها)، درصد باروری خوشه (نسبت تعداد دانه پر به تعداد کل دانه در هر خوشه)، تعداد دانه پوک در خوشه (تعداد دانه‌های پوک در خوشه‌های اصلی ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت بعد از رسیدن کامل دانه‌ها)، وزن هزار دانه (وزن هزار دانه تصادفی در هر کرت برحسب گرم) و عملکرد شلتوک (عملکرد شلتوک کل بوته‌های هر کرت بر حسب کیلوگرم در هکتار) بودند. اندازه‌گیری تمامی صفات مورد مطالعه مطابق با دستورالعمل استاندارد موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (IRRI, 1996) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و SPSS و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Some soil physical and chemical properties of the experimental

Potassium (ppm)	Phosphorus (ppm)	Nitrogen	pH	EC (dS/m)	Soil type	Sp
280	17.8	0.184	7.4	1.2	Silty clay	75

نتایج و بحث

پس از انجام آزمون یکنواختی اشتباه آزمایشی (آزمون بارتلت) و اطمینان از یکنواخت بودن اشتباهات آزمایشی در سال‌های مختلف، تجزیه مرکب داده‌ها انجام شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات، اثر سال بر تمامی صفات مورد مطالعه به جزء طول خوشه و تعداد خوشه در بوته غیر معنی‌دار بود. اثرات متقابل دوگانه و سه گانه تیمارهای مورد مطالعه بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود که اثرات متقابل سه طرفه دوره رشد، کود نیتروژن و دور آبیاری بر صفات ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد خوشه در بوته، تعداد کل دانه در بوته، و تعداد دانه پر در خوشه در سطح احتمال ۵ درصد و بر صفات درصد باروری خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه و وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. صفت عملکرد دانه تحت تاثیر تیمار اثرات متقابل دوره رشد، کود نیتروژن و دور آبیاری در دو سال قرار گرفت (جدول ۲).

ارتفاع بوته

بالاترین ارتفاع بوته در بین تیمارهای مورد مطالعه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف ۸۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری به‌صورت غرقاب دائم و در دوره رشد رویشی (به‌ترتیب ۱۲۹/۲۸ و ۱۲۵/۱۷ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). کم‌ترین ارتفاع بوته نیز به ترتیب مربوط به مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری هر ۱۴ روز یک‌بار، مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری هر ۷ روز یکبار و مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری هر ۱۴ روز یک‌بار در دوره رشد زایشی (به ترتیب ۱۰۵/۱۶، ۱۱۰/۸۸ و ۱۱۰/۸۹ سانتی متر) بود (جدول ۳). همان‌طور که نتایج نیز نشان داد با کاهش دوره آبیاری و افزایش مصرف کود نیتروژن مقدار ارتفاع بوته به‌طور صعودی افزایش یافت. همان‌طور که مشخص شد مصرف کود نیتروژن باعث افزایش بیش‌تر ارتفاع بوته و تشکیل خوشه در برنج رقم هاشمی شد.

تنش خشکی عامل محدودکننده بسیار مهمی در مرحله رشد رویشی و استقرار گیاه است. تنش خشکی بر فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک مختلف رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد و رشد و گسترش سلول را با تقلیل فشار آماس کاهش یا متوقف می‌کند. کاهش محتوای آب در سلول و کاهش آماس طی تنش آبی، کاهش رشد سلولی را به‌دنبال داشته و منجر به کاهش ارتفاع بوته می‌شود (Jaleel *et al.*, 2009). اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2016) گزارش کردند که اثر نیتروژن و آبیاری بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود و ارتفاع بوته با افزایش مقدار نیتروژن افزایش یافت. مانان و همکاران (Mannan *et al*., 2010) نیز اثر مثبت نیتروژن را بر بسیاری از صفات مشاهده و بالاترین ارتفاع بوته را در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش کردند. مینا و همکاران (Meena *et al*., 2003) نشان دادند که ارتفاع گیاه تا سطح کودی ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن افزایش یافت.

طول خوشه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین صفات، بالاترین طول خوشه در بین تیمارهای مورد مطالعه مربوط به تیمارهای مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و غرقاب دائم به ترتیب در دوره رشد رویشی و زایشی (به‌ترتیب ۳۰/۹۲ و ۳۰/۱۵ عدد) بود (جدول ۳). کم‌ترین طول خوشه نیز مربوط به تیمار مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری هر ۱۴ روز یکبار در دوره رشد زایشی (۲۵/۸۷ عدد) بود (جدول ۳). مینا و همکاران (Meena *et al*., 2003) نشان دادند که افزایش کود نیتروژن منجر به افزایش طول خوشه می‌شود. افزایش معنی‌دار طول خوشه با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی توسط اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2016) نیز گزارش شده است، اما شکری واحد و همکاران (Shokri Vahed *et al.,* 2018) اثر تیمارهای آبیاری را بر طول خوشه مؤثر ندانستند. اعلایی بازکیایی و همکاران (Aalaee Bazkiaei *et al*., 2019) نیز با انجام آزمایشی گزارش کردند که اثر نیتروژن بر طول خوشه معنی‌دار بود.

تعداد خوشه

بالاترین تعداد خوشه در تیمارهای مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری غرقابی و به‌ترتیب در دوره‌های رشد زایشی (۱۸/۹۳ عدد) و رویشی (۱۷/۷۷ عدد) و کم‌ترین تعداد خوشه در تیمارهای مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری ۱۴ روزه و به‌ترتیب در دوره رشد رویشی (۱۳/۹۸) و زایشی (۱۳/۶) مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب اثر آبیاری و نیتروژن بر صفات مورد مطالعه برنج در مراحل رشد رویشی و زایشی

Table 2. Combined analysis of variance of the effect of irrigation and nitrogen on the studied traits of rice at vegetative and reproductive stages

Sources of variations	df	PH	PL	NPP	NSP	NFGP
Year (Y)	1	66.66 ^{ns}	128.48**	27.1**	43.22 ^{ns}	5.81 ^{ns}
Replication / Y	4	40.12	5.79	31.74	81.96	66.06
Irrigation (I)	2	140.02^{ns}	5.42^{ns}	1.34 ^{ns}	31.14 ^{ns}	25.78 ^{ns}
Nitrogen fertilizer (N)	2	25.1^{ns}	11.6^{ns}	4.15^{ns}	171.33 ^{ns}	80.81^{ns}
Growth period (G)	1	4.09^{ns}	0.01^{ns}	1.25^{ns}	203.42^{ns}	130.13
Y × I	2	38.37 ^{ns}	1.64^{ns}	0.07^{ns}	36.58^{ns}	33.42^{ns}
Y × N	2	131.5^{ns}	0.33^{ns}	0.06^{ns}	15.62^{ns}	55.95^{ns}
Y × G	1	3.74 ^{ns}	1.5^{ns}	4.36**	175.87^{ns}	100.4^{ns}
I × N	2	353.32**	10.9^{ns}	9.28**	243.4*	272.4*
I × G	2	624.11**	37.19^{ns}	21.72**	2185.33**	2060.81**
N × G	2	242.88**	3.1^{ns}	6.78^{ns}	265.46*	344.16*
Y × I × N	4	36.68^{ns}	2.05^{ns}	0.04^{ns}	190.09^{ns}	73.07^{ns}
Y × I × G	2	150.88^{ns}	1.35^{ns}	0.33^{ns}	24.5^{ns}	42.55^{ns}
Y × N × G	2	2.41^{ns}	1.56^{ns}	0.41^{ns}	23.149^{ns}	10.27^{ns}
I × N × G	4	179.85*	6.07*	16.06*	142.63*	239.07*
Y × I × N × G	4	67.95^{ns}	1.66^{ns}	0.4^{ns}	72.03^{ns}	40.64^{ns}
Error	68	87.4	2.21	2.79	115.14	118.72
CV (%)	-	7.93	5.22	10.49	13.12	14.17

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Table 2. Continued

جدول ۲- ادامه

Sources of variations	df	PFP	NUGP	TGW	GY
Year (Y)	1	0.004^{ns}	0.06^{ns}	0.28^{ns}	2264565.66^{ns}
Replication / Y	4	0.001	2.09	0.09	1587447.12
Irrigation (I)	2	0.0008^{ns}	5.19^{ns}	1.63**	9667602.55**
Nitrogen fertilizer (N)	2	0.002^{ns}	0.71^{ns}	0.03^{ns}	1747431.3^{ns}
Growth period (G)	1	0.0005^{ns}	2.18^{ns}	2.03**	12563286.17**
Y × I	2	0.003^{ns}	3.8^{ns}	0.3 ^{ns}	10660865.2**
Y × N	2	0.0014^{ns}	0.21^{ns}	0.02 ^{ns}	952108.84 ^{ns}
Y × G	1	0.0006^{ns}	0.01 ^{ns}	0.12 ^{ns}	6512899.49**
I × N	2	0.03*	1.08**	0.07 ^{ns}	2180405.5*
I × G	2	0.007*	0.74^{ns}	0.03 ^{ns}	699882/86 ^{ns}
N × G	2	0.006*	1.03 ^{ns}	0.33^{ns}	536939.16 ^{ns}
Y × I × N	4	0.0058*	1.5 ^{ns}	0.39*	29409531.28*
Y × I × G	2	0.0001^{ns}	0.19 ^{ns}	0.05^{ns}	2785278.6*
Y × N × G	2	0.0002^{ns}	2.2 ^{ns}	0.08 ^{ns}	1524632.31 ^{ns}
I × N × G	4	0.006**	7.47**	1.08**	1131765.65 ^{ns}
Y × I × N × G	4	0.002^{ns}	1.04^{ns}	0.38^{ns}	39622360.04**
Error	68	0.002	2.25	0.26	872186.6
CV (%)	-	5.1	14.43	1.95	15.17

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

The studied traits are including:: PH, plant height; PL, panicle length; NPP, number of panicle per plant; NSP, number of spikelets per panicle; NFGP, number of filled grains per panicle; PFP, panicle fertility percentage; NUGP, number of unfilled grains per panicle; TGW, 1000-grain weight; GY, grain yield.

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش دوره رشد، آبیاری و کود نیتروژن بر صفات مورد مطالعه در برنج

Table 3. Comparison of means of the interaction effect of growth period, irrigation and nitrogen fertilizer on the studied traits of rice

Growth period	Irrigation	N fertilizer (kg/ha)	PH (cm)	PL (cm)	NPP	NSP	NFGP	PFP	NUGP	TGW (gr)
Vegetative phase	Flooding irrigation	40	1118.75	28.2	16.05	87.04	80.53	0.92	2.59	25.64
		60	125.17	28.52	16.15	87.14	84.5	0.95	2.76	26.9
		80	129.28	30.92	17.77	8.53	82.83	0. 97	3.76	28.48
	7 days	40	115.11	28.5	14.65	70.24	66.1	0.91	3.24	23.9
		60	114.6	29.07	15.58	79.83	75.91	0.95	3.29	24.17
		80	119.04	29.73	16.11	81.24	85.31	0.94	4.45	25.9
	14 days	40	113.65	25.87	13.98	63.19	57.14	0.93	3.97	20.79
		60	114.6	27.62	14.75	75.74	72.76	0.93	5.56	22.58
		80	115.94	28.55	16.40	80.19	76.99	0.90	3.45	22.66
Reproductive phase	Flooding irrigation	40	115.03	28.84	15.63	84.25	79.65	0.89	3.69	25.76
		60	116.08	29.67	16.2	94.24	88.64	0.94	2.89	25.86
		80	124.95	30.15	18.93	92.26	89.3	0.96	4.33	27.11
	7 days	40	110.88	17.01	15.58	81.76	77.69	0.94	3.19	23.3
		60	117.79	28.47	15.80	83.7	78.89	0.94	3.66	24.18
		80	122.47	29.7	16.86	89.01	80.35	0.95	3.24	23.52
	14 days	40	105.16	26.84	13.6	69.4	60.61	0.81	5.08	22.91
		60	110.89	29.67	15.4	74.48	70.3	0.93	4.01	23.95
		80	111.83	28.15	16.32	81.06	71.71	0.84	5.54	21.89
	$LSD_{5\%}$		14.75	2.03	2.8	11.54	12.01	0.11	0.44	2.17
	$HSD_{5\%}$		16.07	2.86	4.09	16.32	15.2	0.16	1.06	3

The traits abbreviations are presented in Table 2.

امین‌پناه و همکاران (Aminpanah *et al*., 2018) و اعلایی بازکیایی و همکاران (Aalaee Bazkiaei *et al*., 2019) نیز اثر آبیاری را بر تعداد خوشه معنی‌دار گزارش کردند. مانان و همکاران (Mannan *et al*., 2010) تاثیر نیتروژن را بر بسیاری از صفات بیان کردند و بیش‌ترین تعداد خوشه را در تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آوردند. در مطالعه تقی‌زاده و همکاران (Taghizade *et al*., 2008) و شکری واحد و همکاران (Shokri Vahed *et al*., 2018) تعداد خوشه تحت تأثیر شیوه‌های آبیاری قرار گرفت. برهمکنش تیمارهای آبیاری و نیتروژن نشان داد که افزایش کود نیتروژن در شرایط کمبود آب منجر به افزایش تعداد خوشه شد. افزایش معنی‌دار در تعداد خوشه در مترمربع با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی توسط اسدی و همکاران (Asadi *et al*., 2016) گزارش شده است. داس و همکاران (Dass *et al*., 2016) گزارش کردند که کمبود آب ناشی از آبیاری غیرغرقابی، سبب کاهش رشد سلولی، کاهش پتانسیل آب برگ، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش مواد غذایی قابل دسترس گیاه، کاهش نرخ فتوسنتز و در نتیجه کاهش تعداد پنجه می‌شود.

تعداد کل دانه در خوشه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین صفات، بیش‌ترین تعداد کل دانه در خوشه در بین تیمارهای مورد مطالعه به ترتیب در تیمارهای مصرف ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری غرقابی و در دوره رشد زایشی (۹۴/۳۴ و ۹۲/۹۶ عدد) به‌دست آمد (جدول ۳). کم‌ترین تعداد کل دانه در خوشه نیز در تیمار مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری ۱۴ روزه و در دوره رشد رویشی (۶۳/۱۹ عدد) مشاهده شد (جدول ۳). اعلایی بازکیایی و همکاران (Aalaee Bazkiaei *et al*., 2019) نشان دادند که اعمال تنش آبی بر تعداد کل دانه در خوشه تاثیر معنی‌داری داشت. چون برخی از صفات به‌طور معنی‌داری با عملکـرد گیاه مرتبط می‌باشند و از طرفی میزان تغییرات عملکرد تحت شرایط مختلف رطوبتی برای کلیه ژنوتیپ‌ها یکسان نیست، انتظار می‌رود که تغییرات اجزای عملکرد هم در این وضعیت برای ژنوتیپ‌های مختلف یکسان نباشد. منا و همکاران (Meena *et al*., 2003) نیز نشان دادند که تعداد دانه در هر خوشه با افزایش کود نیتروژن افزایش می‌یابد.

تعداد دانه پر در خوشه

نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه پر در خوشه به‌ترتیب با مصرف ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری غرقابی و در دوره رشد زایشی (۸۹/۳ و ۸۸/۶۴ عدد) به‌دست آمد (جدول ۳). کم‌ترین تعداد دانه پر در خوشه نیز در تیمارهای مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری ۱۴ روزه به‌ترتیب در دوره‌های رشد رویشی و زایشی (۵۷/۱۴ و ۶۵/۶۱ عدد) مشاهده شد (جدول ۳). از آنجایی که در اثر تنش آبی طول دوره زایشی گیاهان کاهش یافت، این نتیجه دور از انتظار نبود، زیرا در اثر تنش خشکی سطح سبز برگ و دوام آن کاهش یافته و متعاقب آن تولید مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد و به‌علت کمی مواد فتوسنتزی و افـزایش رقابت درون بوته‌ای، تعداد پنجه بارور و در نتیجه تعداد دانه پر کمتری تولید می‌شود. همچنین تنش خشکی موجب کاهش نسبی بیش‌تر تعداد دانه‌ها در مقایسه با وزن دانه شد. اعلایی بازکیایی و همکاران (Aalaee Bazkiaei *et al.*, 2019) نشان دادند که اعمال تنش آبی تعداد دانه بارور را کاهش می‌دهد. سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2017) نیز نشان دادند که کاربرد کود نیتروژن تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش تعداد دانه پر در برنج شد. تقی‌زاده و همکاران (Taghizade *et al.*,2008) نیز گزارش کردند که افزایش کود نیتروژن، تاثیر معنی‌داری روی تعداد دانه پر در خوشه داشت. افزایش معنی‌دار در تعداد دانه در خوشه با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی توسط اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2016) نیز گزارش شد.

درصد باروری خوشه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین درصد باروری خوشه با مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری غرقابی به‌ترتیب در دوره رشد رویشی و زایشی (۰/۹۷ و ۰/۹۶) به‌دست آمد (جدول ۳). کم‌ترین درصد باروری خوشه نیز به‌ترتیب مربوط به تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری ۱۴ روزه و دوره رشد زایشی (۰/۸۱) و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در آبیاری ۱۴ روزه و دوره رشد رویشی (۰/۹۰) بود (جدول ۳). همان‌طور که نتایج نیز نشان می‌دهند، درصد باروری خوشه نیز همانند سایر صفات تحت تاثیر برهمکنش فاکتورهای مختلف قرار گرفت. زمانی که کمبود آب در انتهای مراحل رشد اتفاق می افتد، کاهش باروری خوشه عامل اصلی کاهش عملکرد است. سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2017) افزایش درصد باروری خوشه برنج را با کاربرد کود نیتروژن تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و امین‌پناه و همکاران (Aminpanah *et al.*, 2018) کاهش درصد باروری خوشه (۱۹/۸ درصد) را تحت شرایط تنش آبی در مرحله زایشی گزارش کردند.

تعداد دانه پوک در خوشه

بیش‌ترین تعداد دانه پوک در خوشه در تیمارهای با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن + آبیاری ۱۴ روزه + دوره رشد رویشی (۵/۵۶ عدد)، ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن + آبیاری ۱۴ روزه + دوره رشد رویشی (۵/۵۴ عدد) و ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن + آبیاری ۱۴ روزه + دوره رشد رویشی (۵/۰۸ عدد) مشاهده شد (جدول ۳). کم‌ترین تعداد دانه پوک در خوشه نیز به‌ترتیب متعلق به تیمار ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن + آبیاری غرقابی + دوره رشد رویشی (۲/۵۹ و ۲/۷۶ عدد) بود. امین‌پناه و همکاران (Aminpanah *et al.*, 2018) و اعلایی بازکیایی و همکاران (Aalaee Bazkiaei *et al.*, 2019) نیز نشان دادند که بیش‌ترین آسیب ناشی از تنش خشکی مربوط به تعداد دانه پوک بود.

وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که بالاترین وزن هزار دانه در تیمارهای با مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری غرقابی به‌ترتیب در دوره رشد رویشی (۲۸/۴۸) و زایشی (۲۷/۱۱) و کم‌ترین وزن هزار دانه در تیمارهای ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با فاصله آبیاری ۱۴ روزه و دوره رشد رویشی (۲۰/۷۹ گرم) و مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، آبیاری ۱۴ روز و دوره رشد زایشی (۲۱/۸۹ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). بررسی تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن نشان داد که افزایش کود نیتروژن در شرایط کمبود آب منجر به افزایش وزن هزار دانه شد. بر اساس آزمایش مینا و همکاران (Meena *et al.*, 2003)، وزن هزار دانه تا سطح کودی ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن افزایش و سپس در مقادیر بالاتر یعنی ۲۰۰ کیلوگرم و بیش‌تر کاهش می‌یابد. مصرف زیاد نیتروژن باعث عدم رشد و گسترش ریشه‌ها شده و جذب سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نیز به اندازه کافی انجام نگرفته و در نتیجه میزان کربوهیدرات در گیاه شدیداً افت می‌کند. تقی‌زاده و همکاران (Taghizade *et al.*, 2008) افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه را با افزایش مقدار کود نیتروژن گزارش کردند. در

مقابل، در آزمایش مانان و همکاران (Mannan *et al.*, 2010) وزن هزار دانـه تحت تاثیر مقدار نیتروژن مصرفی قرار نگرفت. رضایی و نحوی (Rezaei and Nahvi, 2007) و شکری واحد و همکاران (Shokri Vahed *et al.*, 2018) نشان دادند که وزن هزار دانه تحت تأثیر شیوه های آبیاری قرار می‌گیرد و اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2016) بیش‌ترین وزن هزار دانه را تحت شرایط آبیاری غرقابی نسبت به تیمار آبیاری غیر غرقاب گزارش کردند.

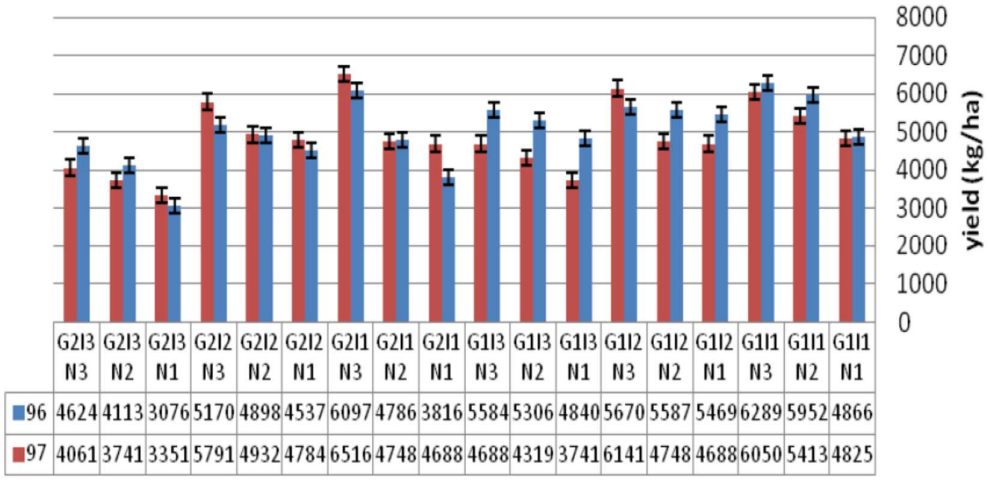
عملکرد دانه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه، بالاترین عملکرد دانه با کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری غرقابی و در دوره رشد زایشی در سال ۹۷ (۶۵۱۶/۳ کیلوگرم در هکتار) و مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری غرقابی در دوره رشد رویشی در سال ۹۶ (۶۲۸۹/۱ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۳). کم‌ترین مقدار عملکرد دانه نیز مربوط به مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن + آبیاری ۱۴ روزه در دوره رشد زایشی به‌ترتیب در سال ۹۶ (۳۰۷۵/۷ کیلوگرم در هکتار) و ۹۷ (۳۳۵۱/۲ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۳). در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه از تیمار غرقاب دایم با مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با آبیاری ۱۴ روز یک‌بار و مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود داشت. این کاهش عملکرد دانه مربوط به آسیب ناشی از اعمال تنش آبی و کاهش شدید تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه‌چه در خوشه، تعداد خوشه در بوته و وزن هزار دانه می‌باشد. اگرچه این صفات به‌طور ژنتیکی کنترل می‌شوند، اما شدیداً به تنش‌های محیطی واکنش نشان می‌دهند که مهم‌ترین آن کمبود آب و مواد غذایی به‌ویژه در مراحل رشد زایشی گیاه است.

نتایج این تحقیق نشان داد که برای دستیابی به عملکرد دانه بالا، توازن بین میزان رشد گیاه قبل و بعد از گرده‌افشانی ضروری است و رشد کم‌تر قبل از گرده‌افشانی به‌علت تنش آبی، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. نتایج مینا و همکاران (Meena *et al.*, 2003) نشان دادند که عملکرد دانه تا سطح کودی ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن افزایش می یابد، ولی در سطوح بالاتر یعنی ۲۰۰ کیلوگرم به بالا، عملکرد دانه شروع به کاهش می‌کند. مصرف زیاد نیتروژن باعث عدم رشد و گسترش ریشه شده و جذب سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نیز به اندازه کافی انجام نگرفته و در نتیجه میزان کربوهیدرات گیاه شدیداً افت می‌کند. تقی‌زاده و همکاران (Taghizade *et al.*,2008) نشان دادند که با افزایش مقدار کود نیتروژن عملکرد دانه نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مانان و همکاران (Mannan *et al.*, 2010) تاثیر مثبت و معنی‌دار کود نیتروژن بر عملکرد دانه را گزارش کردند و بیش‌ترین عملکرد دانه را با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آوردند. مک‌کلانگ و همکاران (McClung *et al.*, 2020) کاهش ۲۶ درصدی عملکرد دانه برنج را تحت شرایط تنش آبی شدید مشاهده و گزارش کردند که وقوع تنش خشکی در زمان پر شدن دانه مقدار فتوسنتز را کاهش داده و عملکرد دانه کاهش می‌یابد. سبک‌رو فومنی و همکاران (Sabokrow Foomani *et al.*,2020) نیز اثر معنی‌دار سطوح آبیاری و کود نیتروژن را بر عملکرد دانه گزارش کردند و به این نتیجه رسیدند که برای دستیابی به بالاترین عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری غیرغرقاب و نوبتی، باید کود نیتروژن بیش‌تری مصرف کرد.

نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد دانه در برنج به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر شرایط آبیاری و مدیریت مصرف نیتروژن قرار می‌گیرد. شرایط رطوبتی متفاوت خاک به‌علت تغییر مدیریت آبیاری از غرقاب به غیر غرقاب، تاثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد برنج رقم هاشمی داشت. مقایسه برهمکنش تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن نیز نشان داد که افزایش کود نیتروژن حتی در شرایط کمبود آب می‌تواند منجر به افزایش عملکرد، وزن هزار دانه و تعداد پنجه شود. تنش آبی در مراحل زایشی برنج، آثار زیان‌بار بیش‌تری بر گیاه داشت و کاهش بیش‌تری در اجزای عملکرد دانه نظیر تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در بوته و وزن هزار دانه گذاشت. بر اساس نتایج این آزمایش، آبیاری به‌صورت غرقاب دائم در مرحله رشد رویشی به‌همراه مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و در ادامه، آبیاری به‌صورت هفته‌ای و مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در مرحله رشد زایشی، بهترین نتیجه را در افزایش عملکرد دانه ارایه داد. به هر حال، بدون مدیریت صحیح کود نیتروژن تحت شرایط تنش خشکی، نمی‌توان انتظار عملکرد اقتصادی مطلوبی داشت.



	G2I3 N3	G2I3 N2	G2I3 N1	G2I2 N3	G2I2 N2	G2I2 N1	G2I1 N3	G2I1 N2	G2I1 N1	G1I3 N3	G1I3 N2	G1I3 N1	G1I2 N3	G1I2 N2	G1I2 N1	G1I1 N3	G1I1 N2	G1I1 N1
96	4624	4113	3076	5170	4898	4537	6097	4786	3816	5584	5306	4840	5670	5587	5469	6289	5952	4866
97	4061	3741	3351	5791	4932	4784	6516	4748	4688	4688	4319	3741	6141	4748	4688	6050	5413	4825

شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه برنج تحت شرایط آبیاری، دوره رشد و کود نیتروژن طی دو سال اجرای آزمایش. N1، N2 و N3 به‌ترتیب ۴۰، ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، G1 و G2 به‌ترتیب دوره رشد رویشی و زایشی، I1، I2 و I3 به‌ترتیب آبیاری غرقابی، آبیاری هفتگی و آبیاری دو هفته یکبار.

Figure 1. Comparison of means of rice grain yield under irrigation, growth period and nitrogen fertilizer during two experimental years. N1, N2, and N3, 40, 60 and 80 kg.ha^{-1} nitrogen fertilizer, respectively; G1 and G2, vegetative and reproductive growth periods, respectively; I1, I2, and I3, flooding, weekly and two-weekly irrigation, respectively.

تضاد منافع

نویسنده (گان) تایید می‌کنند که این تحقیق در غیاب هر گونه روابط تجاری یا مالی که می‌تواند به‌عنوان تضاد منافع بالقوه تعبیر شود، انجام شده است.

رعایت اخلاق در نشر

نویسنده (گان) اعلام می‌کنند که در نگارش این مقاله به‌طور کامل از اخلاق نشر از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پیروی کرده‌اند. همچنین این مقاله حاصل یک کار تحقیقاتی اصیل بوده و تا کنون به‌طور کامل به هیچ زبانی و در هیچ نشریه یا همایشی چاپ و منتشر نشده و هیچ اقدامی نیز برای انتشار آن در هیچ نشریه یا همایشی صورت نگرفته و نخواهد گرفت.

اجازه انتشار مقاله

نویسنده (گان) با چاپ این مقاله به صورت دسترسی باز موافقت کرده و کلیه حقوق استفاده از محتوا، جدول‌ها، شکل‌ها، تصویرها و غیره را به ناشر واگذار می‌کنند.

References

Aalaee Bazkiaei, P., Kamkar, B., Amiri, E., Kazemi, H. and Rezaei, M. 2019. Effect of planting date and irrigation intervals on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) in Rasht region. **Iranian Journal of Water Research in Agriculture** 33 (2): 283-297. (In Persian with English Abstract).

Akbari, S., Kafi, M. and Beidokhti, S. R. 2016. The effects of drought stress on yield, yield components and anti-oxidant of two garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes with different planting densities. **Agroecology** 8 (1): 95-106.

Aminpanah, H., Sharifi, P., and Ebadi, A. A. 2018. Evaluation of drought response in some rice mutant lines using stress tolerance indices. **Iranian Journal of Field Crops Research** 16 (1): 191-202. (In Persian with English Abstract).

Asadi, R., Asadi, R., Alizade, A., Ansari, H., Kavoosi, M. and Amiri, E. 2016. Effect of the amount of water and nitrogen on water productivity, yield and yield components in two different rice cultivation methods. **Journal of Water Research in Agricultur** 30 (2): 145-157. (In Persian with English Abstract).

Belder, P., Spiertz, J. H. J., Bouman, B. A. M., Lu, G. and Tuong, T. P. 2005. Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation. **Field Crops Research** 93 (2-3): 169-185.

Cabuslay, G. S., Ito, O. and Alejar, A. A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. **Plant Science** 163 (4): 815-827.

Dass, A., Chandra, S., Choudhary, A. K., Singh, G. and Sudhishri, S. 2016. Influence of field re-ponding pattern and plant spacing on rice root-shoot characteristics, yield, and water productivity of two modern cultivars under SRI management in Indian Mollisols. **Paddy and Water Environment** 14 (1): 45-59.

Jaleel, J. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Jasim al-juburi, H., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. **Journal of Agriculturall Biology** 11: 100-105.

IRRI. 1996. Standard evaluation system for rice. International Rice Research Institute, Philippines.

Mannan, M. A., Bhuiya, M. S. U., Hossain, H. M. A. and Akhand, M. I. M. 2010. Optimization of nitrogen rate for aromatic Basmati rice (*Oriza sativa* L.). **Bangladesh Journal of Agricultural Research** 35 (1): 157-165.

Manzoor, Z., Awan, T. H., Safdar, M. E., Ali, R. I., Ashraf, M. M. and Ahmad, M. 2006. Effect of nitrogen levels on yield and yield components of Basmati 2000. **Journal of Agricultural Research** 44 (2): 115-120.

McClung, A. M., Rohila, J. S., Henry, C. G., and Lorence, A. 2020. Response of U.S. rice cultivars grown under non-flooded irrigation management. **Agronomy** 10: 55.

Meena, S. L., Singh, S. and Shivay, Y. S. 2003. Response of hybrid rice (*Oryza sativa*) to nitrogen and potassium application in sandy clay-loam soils. **Indian Journal of Agricultural Science** 73 (1): 8-11.

Pandey, A., Kumar, A., Pandey, D. S. and Thongbam, P. D. 2014. Rice quality under water stress. **Indian Journal of Advances in Plant Research** 1 (2): 23-26.

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** 16 (2): 153-164. (In Persian with English Abstract).

Rezaei, M. and Nahvi, M. 2007. Effect of different irrigation management methods on water use and rice yield. **Agriculture Science** 1: 15-25. (In Persian with English Abstract).

Sabokrow Foomani, K., Valadabadi, S. A., Kavoosi, M., Zakerin, H. and Yazdani, M. 2020. Effect of irrigation interval and nitrogen amount on water requirement, and growth of rice (*Oryza sativa* L.) Hashemi cultivar, under Guilan climate conditions. **Agroecology** 12 (2): 281-298. (In Persian with English Abstract).

Singh, A. N., Sorokhaibam, Sh., Pramanik, K. and Nabachandra, L. 2017. Effect of planting time and nitrogen fertilization on yield, nutrient uptake and nitrogen use efficiency of hybrid rice under rainfed shallow land condition of Northeast India. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 6 (11): 21.

Shokri Vahed, H., Shahinrokhsar, P. and Davatgar, N. 2018. Effect of water restriction on nitrogen use in paddy field and its effect on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) Hashemi variety. **Journal of Water Management in Agriculture** 5 (1): 25-32. (In Persian with English Abstract).

Taghizade, M., Esfahani, M., Davatgar, N. and Madani, H. 2008. Effects of irrigation management and nitrogen fertilizer on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). **New Finding in Agriculture** 2 (8): 353-364. (In Persian with English Abstract).

Tan, W. and Hogan, G. D. 1997. Physiological and morphological responses to nitrogen limitation in jack pine seedlings: potential implications for drought tolerance. **New Forests** 14 (1): 19-31.

Tan, X., Shao, D., Liu, H., Yang, F., Xiao, C. and Yang, H. 2013. Effects of alternate wetting and drying irrigation on percolation and nitrogen leaching in paddy fields. **Paddy and Water Environment** 11: 1-15.

Timsina, J., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner, C. and Amin, M. R. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. **Field Crops Research** 72 (2): 143-161.

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

doi: 10.22124/CR.2021.20000.1679

(Research Article)

Cereal Research
Vol. 11, No. 1, Spring 2021 (1-11)

Effects of irrigation management and nitrogen fertilizer on yield and yield components of Hashemi rice cultivar

Amir Moradi[1], Naser Mohammadiyan Roshan[2*], Ebrahim Amiri[3], Majid Ashouri[2] and Mojtaba Rezaei[4]

Received: April 4, 2021 Accepted: June 3, 2021

Abstract

The recent water shortage caused a need to find the best way of water and nitrogen management. In this study, the effects of nitrogen (N) fertilizer and irrigation interval at different growth stages were investigated on the yield and yield components of rice (Hashemi variety). The experiment was conducted in factorial based on randomized complete block design with three replications in Rice Research Institute of Iran (RRII), Rasht, Iran, during two years, 2017 and 2018. The studied factors included irrigation (flood irrigation, irrigation intervals of one and two weeks), growth stage (vegetative and reproductive stages) and nitrogen fertilizer levels (40, 60, and 80 kg.ha^{-1}). The studied traits were plant height, panicle length, number of panicles per plant, number of spikelets per panicle, number of filled grains per panicle, number of unfilled grains per panicle, panicle fertility percentage, 1000-grain weight and grain yield. The results of analysis of variance showed that the main and interaction effects of the studied factors on grain yield was significant. Also, the interaction effect of growth period, nitrogen fertilizer and irrigation interval on grain yield during two years was significant at the 1% probability level. The results showed that the grain yield and yield components (except for the number of unfilled grain) significantly increased with the application of nitrogen fertilizer under flood irrigation conditions. Among the studied treatments, the highest and lowest grain yield were belonged to flood irrigation in the vegetative stage with 80 kg.ha^{-1} nitrogen fertilizer in 2018, and irrigation interval of two weeks in the reproductive stage with 40 kg.ha^{-1} of nitrogen fertilizer in 2017, respectively. Based on the results of this experiment, flood irrigation during the vegetative growth stage and the application of 80 kg.ha^{-1} nitrogen fertilizer is recommended as the best irrigation and nitrogen fertilizer management.

Keywords: Interval irrigation, Growth stages, Production, Water management

1. Ph. D. Student, Dept. of Agronomy, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Agronomy, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
3. Prof., Dept. of Water Engineering, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
4. Research Assist. Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
* Corresponding author: nmroshan71@yahoo.com