نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد پانزدهم، شماره ۲(۵۸)، تابستان ۱۴۰۰، صفحه ۲۱۰-۱۹۳

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2021.683382

تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای عناصر ریزمغذی برنج قهوه‌ای و سفید دو رقم هاشمی و گیلانه

سجاد عیسی‌پور نخجیری[۱]، مجید عاشوری[۲*]، سید مصطفی صادقی[۳]، ناصر محمدیان روشن[۲] و مجتبی رضایی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۸/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۶

چکیده

به‌دلیل محدودیت در فراهمی آب در زراعت برنج، از خشک و تر کردن تناوبی به جای غرقاب‌نمودن دایمی جهت کاهش مصرف آب در شالیزارها استفاده می‌گردد. بدین منظور با هدف بررسی تاثیر روش‌های مختلف آبیاری و مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد و محتوای عناصر ریزمغذی برنج قهوه‌ای و سفید در دو رقم هاشمی و گیلانه در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در رشت اجرا گردید. تیمارهای آبیاری غرقاب، آبیاری با فاصله ۷ روز و ۱۴ روز در کرت اصلی، مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ گیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در کرت فرعی و ارقام هاشمی و گیلانه در کرت فرعی فرعی قرار داده شدند. نتایج نشان داد که اثر سال بر عملکرد و تعداد خوشه در مترمربع معنی‌دار شد. برهمکنش سه عامل مورد مطالعه بر عملکرد در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، تعداد خوشه در مترمربع در سال ۱۳۹۶، و محتوای عناصر ریزمغذی دانه از نظر آماری معنی‌دار گردید. افزایش فاصله آبیاری تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد شلتوک را کاهش داد، در حالی که مصرف ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن این صفات را در هر سه سطح آبیاری در مقایسه با سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن افزایش داد. برتری عملکرد و تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه در مترمربع بالاتری را در رقم گیلانه نسبت به هاشمی در هر سه سطح آبیاری نشان داد. افزایش فاصله آبیاری بر محتوای عناصر ریزمغذی در برنج قهوه ای و سفید افزود. دو سطح کودی ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز این صفات را نسبت به سطح دیگر کود نیتروژن افزایش دادند. در آبیاری با فاصله ۱۴ روز و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بیش‌ترین محتوای Zn، Cu، Fe و Mn در برنج قهوه‌ای و سفید مشاهده شد. مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در هر دو رقم توانست در هر سه سطح آبیاری، عملکرد کمّی و کیفی دانه را در مقایسه با دو سطح دیگر کود نیتروژن افزایش دهد و سطح مناسبی از کود برای تعدیل اثرات مضر افزایش فواصل آبیاری باشد.

واژگان کلیدی: برنج، تنش خشکی، کود نیتروژنه، محتوای روی، مس، آهن و منگنز دانه.

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

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

۳- دانشیار،گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

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

*** نگارنده‌ی مسئول** majidashouri69@gmail.com

مقدمه

برنج به عنوان یکی از مهم‌ترین غلات دنیا، غذای اصلی بیش از دو میلیارد نفر در ۱۷ کشور قاره آسیا را تشکیل می‌دهد. به‌طوری‌که این محصول، پروتئین و کالری حدود ۴۰ درصد از مردم جهان را تأمین می‌کند (Pandey *et al.*, 2014; Kheyri *et al.*, 2018). این گیاه بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در بین گیاهان زراعی بوده و حدود ۸۰ درصد منابع آبی تازه قاره آسیا را مصرف می‌کند (Bouman, 2007). از آن‌جا که فراهمی آب در دنیا دارای محدودیت می‌باشد، عدم تأمین آب مورد نیاز کشاورزی و بروز تنش خشکی با محدود کردن رشد و تولید در گیاهان زراعی، می‌تواند از خطرات اصلی امنیت غذایی در جهان باشد. تنش خشکی با کاهش فتوسنتز و کاهش انتقال اسیمیلات‌ها به سمت دانه، سبب کاهش عملکرد شلتوک در برنج می‌شود (Zubaer *et al.*, 2007). کاهش ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در کپه، تعداد دانه‌های پر در پانیکول، ماده خشک کل در کپه، وزن هزار دانه، عملکرد شلتوک و شاخص برداشت در سه رقم Basmati, Binadhan4 و RD2585 نیز با افزایش سطوح تنش خشکی ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی گزارش شده است. انتخاب روش آبیاری با فاصله چند روزه به‌جای غرقاب نمودن دایمی شالیزار، یکی از روش‌های کاهش مصرف آب در مزارع برنج است که در آن مزارع به‌طور متوالی خشک و تر می‌شود. گزارش شده است که حفظ رطوبت خاک شالیزار با این روش آبیاری و نه اشباع‌بودن دایمی خاک فواید زراعی و اقتصادی بیشتری خواهد داشت (Yamaji, 2011). عاشوری (Ashouri, 2014) گزارش کرد که در زراعت برنج با فاصله آبیاری ۵، ۸ و ۱۱ روز و آبیاری غرقاب، عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت در فاصله آبیاری ۵ و ۸ روز نسبت به آبیاری غرقاب تفاوت معنی‌دار نداشتند، درحالی آب مصرفی در این تیمارها کمتر بود. رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2009)، آبیاری با فاصله ۸ روز را بهترین تیمار از نظر عملکرد شلتوک و بهره‌وری آب در تحقیق خود معرفی کردند.

مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد برنج و سایر محصولات زراعی نقش کلیدی دارد (Sadati Valojai *et al.*, 2020). در زراعت برنج می‌توان با مدیریت در کوددهی تا حدی اثرات تنش خشکی ناشی از محدودیت آب را تعدیل کرد. رشد بیشتر ناشی از کوددهی بهتر، منجر به پوشش بهتر کانوپی شده و تعرق را افزایش و تبخیر آب از سطح خاک را کاهش می‌دهد. همچنین، رشد بهتر بخش‌های هوایی منتج به رشد بهتر ریشه شده، بنابراین دسترسی بهتر به منابع آبی موجود را فراهم می‌کند (Haefele *et al.*, 2016). در یک رژیم رطوبتی با تناوب آبیاری با تنش خشکی خفیف، مصرف مقدار مناسب از کود نیتروژن می‌تواند بالاترین عملکرد شلتوک، و کارایی مصرف آب را نشان دهد و همچنین با افزایش مصرف کود نیتروژن می‌توان کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی در یک رژیم رطوبتی با تناوب آبیاری و خشکی شدید را نیز کاهش داد (Wang *et al.*, 2016). استفاده بهینه از منابع آبی و محدود کردن مصرف کودهای شیمیایی در کنار توجه به کیفیت برنج مصرفی از مهمترین چالش‌های امروز گیاه استراتژیک برنج است. کمبود عناصر ریزمغذی و درشت مغذی به‌طور گسترده‌ای در آسیا به‌ویژه در مناطق با محدودیت آب، دیده می‌شود (Gandebe *et al.*, 2017). محتوای عناصر ریزمغذی دانه بشدت از شرایط خاک، کوددهی و اقلیم متأثر

می‌شود (Chen *et al.*, 2012). گزارش شده است که با مدیریت آبیاری و کوددهی می‌توان تجمع عناصر آهن، روی و مس و منگنز در دانه برنج را تغییر داد (Hao *et al.*, 2007). اثر کود نیتروژن بر محتوای ریزمغذی‌هایی چون مس، آهن، منگنز و روی به‌میزان مصرف این کود بستگی داشته و در واریته‌های با عملکرد بالا، پاسخ این عناصر در دانه نشان می‌دهد که بهینه‌کردن مقدار و نحوه مصرف این کود می‌تواند غلظت عناصر ضروری دانه را بهبود داده و فراهمی آنها را از خاک کاراتر کند (Hamnér *et al.*, 2017). گو و همکاران (Gu *et al.*, 2015) گزارش کردند که افزایش مصرف کود نیتروژن تا ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار محتوای عناصر آهن، مس، روی و منگنز در دانه برنج را کاهش می‌دهد که احتمالاً ناشی از افزایش عملکرد و اثرات رقیق‌سازی در اثر مصرف زیاد کود می‌باشد. مصرف کود اوره توانست ۶۰/۵ درصد محتوای ریزمغذی روی را در گندم افزایش دهد (Li *et al.*, 2016). مطالعات دیگری نیز افزایش محتوای ریزمغذی‌های دانه ناشی از افزایش مصرف کود نیتروژن را گزارش کرده‌اند (Hamnér *et al.*, 2017; Shi *et al.*, 2010). دلیل این اختلافات در نتایج احتمالاً ناشی از تفاوت در مقدار کود مصرفی باشد. هائو و همکاران (Hao *et al.*, 2007) بیان کردند که اگر مقدار مصرفی کود نیتروژن از ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر باشد، سبب کاهش محتوای ریزمغذی‌های دانه می‌گردد. با توجه به فقر عناصر ریزمغذی در دانه برنج و نقش این گیاه در تغذیه انسان‌ها، خصوصاً در کشورهای درحال توسعه، توسعه و ترویج روش‌هایی که عملکرد کمی دانه و مقدار عناصر دانه را افزایش دهد، بسیار ارزشمند است (Gomaa *et al.*, 2015). لذا، این پژوهش با هدف بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری و عنصر نیتروژن در کمیت و کیفیت دانه برنج در مزرعه‌ای در شهر رشت طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه‌ای آزمایشی در استان گیلان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی اجرا گردید. تغییرات هواشناسی منطقه مورد نظر در طول اجرای این آزمایش در شکل ۱ آورده شده است. قبل از اجرای آزمایش، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و آب محل آزمایش در آزمایشگاه بخش آب و خاک موسسه تحقیقات برنج رشت، اندازه‌گیری و در جدول ۱ و ۲ آورده شده است. این آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فواصل آبیاری (غرقاب (I_1)، ۷ روز (I_2) و ۱۴ روز (I_3) به‌عنوان عامل اصلی و سطوح مختلف کود نیتروژن از منبع کود اوره (۵۰ (N_1)، ۷۵ (N_2) و ۱۰۰ (N_3) کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی و دو رقم اصلاح‌شده گیلانه (C_1) و محلی هاشمی (C_2) به‌عنوان عامل فرعی فرعی لحاظ شدند. شخم زمستانه برای آماده‌سازی زمین در هر دو سال انجام گرفت. تهیه خزانه در فروردین ماه و تهیه بستر کشت در اوایل اردیبهشت ماه انجام گرفت. بذرها پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به‌نسبت دو در هزار در خزانه بذرپاشی شدند. نشاها پس از رسیدن به ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر در تراکم ۱۶ بوته در متر مربع در زمین اصلی در تاریخ ۲۲ اریبهشت در هر دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ کشت شدند. نشاکاری با دست صورت گرفت. اندازه واحدهای آزمایشی نه متر مربع (ابعاد کرت ۳× ۳

متر) بود. برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش بوتاکلر (سه لیتر در هکتار) به‌صورت پس از کاشت و وجین دستی استفاده شد. آفت کرم ساقه‌خوار برنج به‌روش بیولوژیک با استفاده از زنبور تریکوگراما کنترل گردید. جهت اندازه‌گیری عملکرد شلتوک در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، مساحت یک متر مربع از هر کرت برداشت شد. دانه‌ها از کاه جدا شده و در آون ۷۵ درجه سلسیوس و به‌مدت ۷۲ ساعت قرار داده و سپس توزین و عملکرد شلتوک گزارش گردید. جهت تعیین اجزای عملکرد تعداد ۱۶ کپه از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و به‌صورت دستی کف‌بر شده و صفاتی نظیر تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای عناصر ریزمغذی در دانه ابتدا پوست‌کنی شلتوک‌ها توسط دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی ساخت شرکت ساتاکه ژاپن انجام گرفت و سپس با دستگاه سفیدکن سایشی ساخت ساتاکه ژاپن به‌مدت یک دقیقه و نیم سفید شدند (Latifi, 2011)، سپس برای اندازه‌گیری این عناصر از روش خاکسترگیری خشک استفاده گردید. برای این منظور دو گرم از بذور آسیاب شده برنج قهوه‌ای و سفید در داخل بوته چینی قرار داده و در کوره الکتریکی و دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس سوزانده شدند. سپس به هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال افزوده و برای مدت ۱۰ دقیقه در بن ماری ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. در ادامه با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره دو، نمونه‌ها صاف و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. در نهایت مقادیر عناصر کم‌مصرف آهن، روی، مس و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996).

قبل از انجام تجزیه مرکب داده‌ها، به‌منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده شد. تجزیه واریانس و محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS نسخه ۹/۱ انجام و میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون نرمالیته در برنامه SAS استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که اثر سال بر عملکرد و تعداد خوشه در متر مربع معنی‌دار و بر تعداد دانه در خوشه و وزن هزاردانه غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین، برهمکنش سال در رقم، سال در رقم در آبیاری بر تعداد دانه در خوشه و اثر اصلی کود و برهمکنش سال در رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار شدند (جدول ۳). تجزیه واریانس داده‌های هر سال برای دو صفت عملکرد دانه و تعداد خوشه در متر مربع نشان داد که برهمکنش سه عامل بر عملکرد دانه در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ و تعداد خوشه در مترمربع در سال ۱۳۹۶ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند، درحالی که در سال ۱۳۹۷ تنها اثر اصلی کود بر تعداد خوشه در مترمربع معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌های تعداد خوشه در واحد سطح در سال ۱۳۹۶ نشان داد که افزایش فواصل آبیاری تعداد خوشه در واحد سطح را در هر دو رقم کاهش داد (جدول ۵). در این سال تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری غرقاب و رقم گیلانه بیشترین تعداد خوشه در واحد سطح معادل ۳۵۲/۴ خوشه و تیمار آبیاری با فاصله ۱۴

روز و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و رقم هاشمی کمترین تعداد خوشه در واحد سطح و معادل ۱۸۵/۴ خوشه را نشان دادند. در سال دوم مطالعه نیز کاهش غیرمعنی‌دار تعداد خوشه در مترمربع ناشی از افزایش فواصل آبیاری مشاهده گردید. مصرف ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌ترتیب ۱۴/۱ و ۷/۶۱ درصد تعداد خوشه در مترمربع را در مقایسه با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در این سال افزایش دادند. رقم گیلانه نیز در مقایسه با هاشمی تعداد خوشه در واحد سطح بالاتری را نشان داد (جدول ۶). همراه با افزایش فواصل آبیاری، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه کاهش غیرمعنی‌دار و با افزایش مصرف کود، افزایش معنی‌دار در وزن هزاردانه و غیرمعنی‌دار در تعداد دانه در خوشه مشاهده شد. رقم گیلانه، ۵ درصد تعداد دانه در خوشه بیشتر و رقم هاشمی، ۸ درصد وزن هزار دانه بیشتری را نشان دادند (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌های عملکرد شلتوک در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ روند مشابهی را نشان داد. تیمار آبیاری غرقاب عملکرد شلتوک بالاتری را در مقایسه با فاصله آبیاری ۷ روز و ۱۴ روز نشان داده و دو سطح I_2 و I_3 سبب کاهش عملکرد شلتوک شدند. اما باید اذعان شود که تفاوت عملکرد از آبیاری غرقاب به فاصله ۷ روز در رقم هاشمی و تیمارهای کودی N_1 غیرمعنی‌دار بود. در تیمار کودی N_2 این رقم نیز، عملکرد شلتوک در رقم هاشمی در هر سه سطح آبیاری در یک گروه آماری قرار گرفتند. در هر دو رقم مورد مطالعه، افزایش مصرف کود نیتروژن عملکرد شلتوک در هر سه سطح آبیاری I_1، I_2 و I_3 را در هر دو سال افزایش داد. بیشترین عملکرد شلتوک رقم گیلانه در تیمار آبیاری غرقاب و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن معادل ۴/۱۲ تن در هکتار در سال ۱۳۹۶ و ۴/۰۵ تن در هکتار در سال ۱۳۹۷ حاصل شد. در رقم هاشمی نیز در همین تیمار، بیشترین عملکرد شلتوک معادل ۳/۵۳ و ۳/۷ تن در هکتار به‌ترتیب در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ مشاهده شد (جدول ۵).

عناصر ریزمغذی دانه

تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر محتوای ریزمغذی‌های دانه در برنج قهوه‌ای و سفید معنی‌دار نشد، درحالی که برهمکنش سه عامل مورد مطالعه بر این صفات معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین این صفات افزایش محتوای عنصر مس، منگنز، روی و آهن در برنج قهوه‌ای با افزایش فواصل آبیاری در هر دو رقم گیلانه و هاشمی را نشان داد. همچنین، افزایش سطح کود نیتروژن سبب افزایش محتوای مس و منگنز در برنج قهوه‌ای گردید، به‌طوری‌که محتوای ریزمغذی مس در برنج قهوه‌ای در تیمارهای فاصله آبیاری ۱۴ و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در رقم گیلانه و محتوای ریزمغذی منگنز در فاصله آبیاری ۱۴ روز و رقم هاشمی حداکثر بودند (شکل ۲). در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری غرقاب در هر دو رقم محتوای ریزمغذی مس در برنج قهوه‌ای حداقل بوده و بین دو رقم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲–A). سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و رقم هاشمی و آبیاری غرقاب همچنین کمترین محتوای منگنز را در برنج قهوه‌ای نشان داد (شکل ۲–B). افزایش محتوای روی در دانه برنج قهوه‌ای ناشی از افزایش فاصله آبیاری نیز مشاهده شد، اما تفاوت دو سطح آبیاری I_2 و I_3 از نظر آماری معنی‌دار نبودند. مصرف کود نیتروژن نیز بر این صفت تأثیر بارزی نشان نداده و تفاوت

آماری معنی‌داری بین تیمارهای کودی و ارقام در سطح آبیاری I_2 و I_3 مشاهد نشد. مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تیمار آبیاری غرقاب کمترین محتوای ریزمغذی روی را در برنج قهوه‌ای رقم هاشمی و گیلانه به‌ترتیب معادل ۲۲/۲۸و ۱۳/۱۳ پی‌پی‌ام نشان داد (شکل ۲–C). بررسی محتوای آهن در برنج قهوه‌ای نشان داد که بالاترین محتوای این عنصر در برنج قهوه‌ای در تیمار کودی مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری با فاصله ۱۴ روز و رقم گیلانه معادل ۳۲/۷ پی‌پی‌ام مشاهده شد. افزایش مصرف کود نیتروژن در هر سه سطح آبیاری I_1، I_2 و I_3 با کاهش محتوای آهن در برنج قهوه‌ای همراه بوده است (شکل ۲–D).

در بررسی محتوای عناصر ریزمغذی در برنج سفید نیز روند افزایشی محتوای عناصر ناشی از افزایش فاصله آبیاری در مورد ریزمغذی‌های مس، منگنز و آهن مشاهده شد. این ریزمغذی‌ها در هر دو رقم و هر سه سطح کودی N_1، N_2 و N_3، در تیمار آبیاری با فاصله ۱۴ روز، حداکثر بودند. کوددهی نیز سبب افزایش محتوای این سه ریزمغذی در برنج سفید شدند. بالاترین محتوای ریزمغذی مس، منگنز و آهن در مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود نیتروژن و رقم هاشمی به ترتیب معادل ۹۵/۷، ۶۶/۱۱، ۳۸/۴۵ پی‌پی‌ام بودند (شکل ۳). مشابه با برنج قهوه‌ای، در برنج سفید نیز تیمارهای آبیاری و کوددهی تفاوت چشمگیری بر محتوای ریزمغذی روی در دانه نشان ندادند. بالاترین محتوای این عنصر در تیمار آبیاری با فاصله ۱۴ روز و رقم هاشمی و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن معادل ۳۴/۰۸ پی‌پی‌ام مشاهده شد (شکل ۳- C).

در پژوهش حاضر مشاهده شد که افزایش فاصله آبیاری سبب کاهش اجزای عملکرد و عملکرد شد، در حالی‌که افزایش مصرف کود نیتروژن این صفات را در هر سه رژیم آبیاری افزایش داد (جدول ۶). واضح است که افزایش فاصله آبیاری، برخلاف انتظار سبب بروز تنش خشکی در دو رقم مورد مطالعه در این پژوهش گردید. کاهش در اسمیلاسیون CO_2، ماده خشک (Farooq *et al.*, 2008)، سطح برگ (Ramakrishna *et al.*, 2007)، تعداد پنجه بارور (Wang *et al.*, 2016)، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه (Rezaei *et al.*, 2009) اتفاقاتی است که حین تنش خشکی اتفاق افتاده و می‌توانند عملکرد در برنج را کاهش دهند. همچنین، تنش خشکی تعرق در برنج را کاهش داده و بر تولید بیوماس و جذب مواد غذایی از طریق جریان تعرق اثر سوء می‌گذارد. به دنبال تنش خشکی و تغییر pH خاک ناشی از تغییر پتانسیل رداکس خاک، ثبات و یا حلالیت مواد غذایی و یون‌ها تغییر می‌کند، این تغییرات، فعالیت میکروارگانسیم‌های مختلف خاک و همچنین تحولات مواد غذایی را که این میکروارگانسیم‌ها، کاتالیز می‌کنند، تغییر می‌دهد. همه این اتفاقات فراهمی مواد غذایی گیاه را تغییر داده و ممکن است مواد مغذی در دسترس گیاه را از بین برده و یا جذب آنها را کاهش دهد (Haefele *et al.*, 2008). اما مخالف با نتایج پژوهش حاضر در مطالعه‌ای بر روی برنج و دو رژیم رطوبتی غرقاب و متناوب و ۴ سطح صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن گزارش شده است که عملکرد حاصل از دو رژیم آبیاری، تفاوت معنی‌داری نداشته، اما مصرف ۱۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن بر عملکرد شلتوک و شاخص برداشت مؤثرتر از سطوح دیگر کودی

بودند (Pan *et al.*, 2017). همچنین، عاشوری (Ashouri, 2015) در مطالعه‌ای بر روی گیاه برنج و مقایسه آبیاری غرقاب با آبیاری با فاصله ۵، ۸ و ۱۱ روز در چهار سطح مصرف صفر، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن گزارش کردند که در هر چهار سطح کودی مورد مطالعه، عملکرد شلتوک در آبیاری با فاصله ۵ و ۸ روز مشابه با آبیاری غرقاب بود، درحالی‌که این تیمارها آب کمتری را مصرف کردند. احتمالاً انتخاب فاصله آبیاری کوتاه‌تر و یا مصرف مقدار کود نیتروژن بیشتر در پژوهش‌های گفته شده در بالا در مقایسه با پژوهش حاضر علت تفاوت نتایج کسب‌شده باشد. همچنین، اگرچه خشک و تر کردن متناوب شالیزار از نظر مصرف آب و اقتصاد آب به نفع کشاورز می‌باشد، اما نتایج حاصل از این روش آبیاری در مناطق مختلف به‌دلیل فاکتورهای خاکی و اقلیمی مختلف، متفاوت می‌باشد (Yamaji, 2011).

افزایش مصرف کود نیتروژن در این تحقیق، توانست در هر دو رقم و هر سه سطح آبیاری سبب افزایش عملکرد و تعداد خوشه در متر مربع در هر دو سال مطالعه و افزایش تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه گردد (جدول ۵ و ۶). تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه، عملکرد در برنج را تعیین می‌کنند که در مطالعه حاضر، افزایش هر سه جزء به‌موجب افزایش مصرف کود نیتروژن از ۵۰ به ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در هر سه سطح آبیاری ثبت گردید، این درحالی است که این افزایش در تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود (جدول ۶). تعداد خوشه در متر مربع و تعداد دانه در خوشه همسو با افزایش فاصله آبیاری کاهش نشان داده و مصرف ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن این دو جزء را در شرایط آبیاری غرقاب و فاصله آبیاری ۷ روز و ۱۴ روز در مقایسه با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار بهبود داده و با افزایش این اجزاء، عملکرد نیز افزایش یافته و تعدیل افت عملکرد ناشی از بروز تنش خشکی در آبیاری با فواصل ۷ و ۱۴ روز در این دو سطح کود نیتروژن، اتفاق افتاد. مؤثر بودن کود نیتروژن در تعدیل اثرات تنش خشکی در برنج توسط کاستیلو و همکاران (Castillo *et al.*, 2006) و هائیفیلی و همکاران (Haefele *et al.*, 2008) گزارش شده است.

کاستیلو و همکاران (Castillo *et al.*, 2006) ضمن افزایش عملکرد شلتوک، ماده خشک و شاخص برداشت با افزایش مصرف کود نیتروژن در شرایط تنش خشکی، گزارش کردند که در زراعت برنج در مناطق مستعد به تنش خشکی می‌توان با افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن عملکرد شلتوک را افزایش داد که این مهم از طریق افزایش مصرف کود نیتروژن امکان‌پذیر است. در شرایط تنش خشکی با افزایش نیتروژن خاک، جذب نیتروژن از خاک بیشتر می‌شود هر چند که تأثیر نیتروژن کمتر از زمانی بود که آب به میزان کافی استفاده گردید (Faraji *et al.*, 2006). افزایش تعداد پنجه، تعداد خوشه، طول خوشه، وزن برگ و وزن ساقه‌ها، عملکرد شلتوک و شاخص برداشت را با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نسبت به شاهد در شرایط تنش و عدم تنش گزارش کردند (Wang *et al.*, 2018).

با افزایش مصرف کود نیتروژن، محتوای N در برگ‌های گیاه به عنوان مهم‌ترین اندامی که در آن فتوسنتز اتفاق می‌افتد، بالا می‌رود. محتوای نیتروژن برگ ارتباط نزدیکی با فعالیت فتوسنتزی

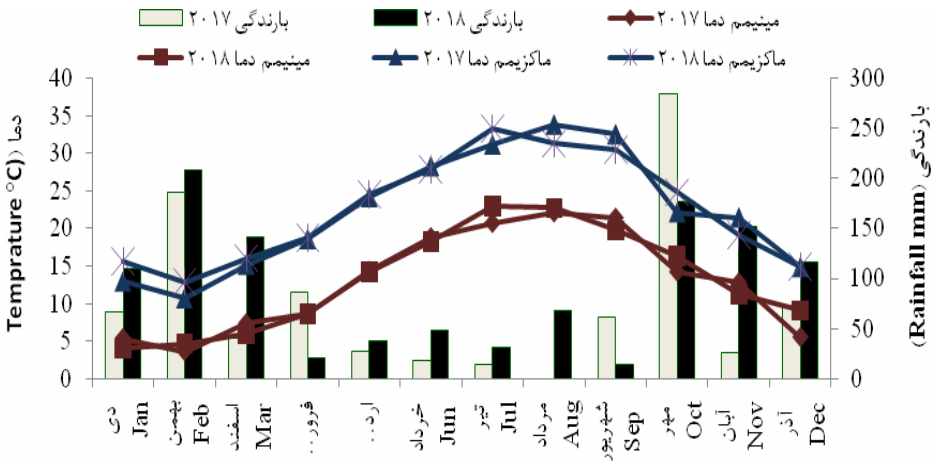
داشته و روی عملکرد اثر مثبت می‌گذارد. همچنین، افزایش وزن برگ‌ها همراه با گسترش بیشتر آنها ناشی از مصرف کود نیتروژن، اسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن را بالا برده و رشد رویشی و رشد زایشی را بهبود می‌دهد (Wang *et al.*, 2018). محتوای عناصر مس، روی، آهن و منگنز اندازه‌گیری‌شده در برنج قهوه‌ای و سفید در آبیاری غرقابی کمتر از فاصله آبیاری ۷ روز و فاصله آبیاری ۷ روز کمتر از فاصله آبیاری ۱۴ روز بوده و نشان داد که افزایش فاصله آبیاری و بروز تنش خشکی در این پژوهش سبب افزایش محتوای این عناصر در دانه شد. افزایش محتوای عناصر ریزمغذی با افزایش فاصله آبیاری در دانه با نتایج پژوهش سامارا و همکاران (Samarah *et al.*, 2004) در سویا هماهنگی دارد. از آن‌جایی که بروز تنش خشکی با کاهش تجمع ماده خشک می‌تواند اندازه و وزن دانه را کاهش دهد، احتمالاً سبب افزایش محتوای ریزمغذی‌ها در دانه شده است. در پژوهش حاضر مصرف کود نیتروژن در افزایش محتوای عناصر ریزمغذی مورد مطالعه خصوصاً در عناصر مس، آهن و منگنز چشمگیر بود. اثر مثبت کود نیتروژن در افزایش محتوای ریزمغذی دانه در مطالعات (Hamnér *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2018) در گندم و (Gu *et al.*, 2015) در برنج گزارش شده است. در مطالعه‌ای بر گندم زمستانه افزایش محتوای روی، آهن و مس در دانه همراه با افزایش مصرف کود نیتروژن گزارش شده است که در بین عناصر ریزمغذی آهن همبستگی بیشتر را به افزایش مصرف کود نیتروژن نشان داده است، اما در رابطه با عنصر روی محتوای روی خاک عاملی محدودکننده در نتایج گزارش‌شده این افراد بود (Hamnér *et al.*, 2017). با افزایش مقدار مصرفی ۱۶۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، محتوای مس و آهن در دانه گندم افزایش داد، ولی محتوای روی در دانه تأثیری از سطوح متفاوت کود نیتروژن نشان نداد. این نشان می‌دهد که ریزمغذی‌های متفاوت احتمالاً مسیرهای متفاوتی را برای انتقال و تجمع در دانه‌ها طی می‌کنند که برخی از این مسیرها ظاهراً توسط کود نتیروژن متاثر شده و به‌نوعی وابسته به N می‌باشند (Shi *et al.*, 2010). تجمع ریزمغذی‌ها در دانه گیاه وابسته به جذب از خاک، انتقال از ریشه به بخش هوایی و انتقال و انتقال مجدد از بخش رویشی به دانه‌ها می‌باشد. نیتروژن بیشتر سبب افزایش فتوسنتز در گیاه شده و این افزایش فتوسنتز، تقاضا برای دیگر عناصر غذایی در گیاه را افزایش می‌دهد که البته این پاسخ بستگی به میزان حاصلخیزی خاک و فراهمی عناصر غذایی در آن و سیستم ریشه‌دهی مطلوب در گیاه دارد (Singh *et al.*, 2018). همچنین، کمبود نیتروژن می‌تواند با کاهش رشد ریشه و تحریک پیری زودرس بر جذب و انتقال عناصر ریزمغذی و انتقال ریزمغذی‌ها از ریشه به اندام‌های رویشی و دانه تأثیر سوء بگذارد.

در همه مسیرهایی که ریزمغذی‌ها تا دانه طی می‌کنند، انتقال‌دهنده‌های آنزیمی وجود دارند که می‌توانند از فراهمی N متأثر شوند (Shi *et al.*, 2010). در گندم همچنین مصرف ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن به‌صورت تقسیط شده محتوای روی و آهن دانه را افزایش داد که ناشی از جذب بیشتر عناصر از خاک و انتقال بیشتر از اندام‌های رویشی به اندام‌های زایشی و دخالت روابط مخزن و منبع در این امر بود. اندازه دانه و تعداد دانه در خوشه و عواملی که بر این صفات تأثیرگذار باشد و فراهمی عناصر غذایی در دوره پرشدن دانه این روابط را تغییر می‌دهد (Singh *et al.*, 2018). اما مخالف با

نتایج پژوهش حاضر، در برنج بررسی سه سطح صفر، ۲۴۰ و ۳۶۰ کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن بر کیفیت دانه نشان داد که همراه با افزایش مصرف کود نیتروژن، محتوای Cu, Fe, Mn, Zn, Na, Ca, K, Mg, S, P, B در دانه کاهش نشان داده که احتمالاً ناشی از افزایش آنزیم‌های فتوسنتزی در برگ و افزایش اسیمیلاسیون کربن تحت این شرایط باشد که عملکرد را افزایش داده و ممکن است محتوای ریزمغذی‌های دانه را رقیق کرده باشد (Gu *et al.*, 2015). در مقابل، گزارش شده است که افزایش مصرف کود N در برنج محتوای روی و آهن دانه را افزایش نداد. در واقع سرعت جذب و انتقال عناصر ماکرو بر سرعت جذب و انتقال عناصر ریزمغذی اثرگذار نبوده و نوسان pH خاک در حلالیت ریزمغذی‌ها در محلول خاک نقش مهم‌تری داشته است (Chandel *et al.*, 2010).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مصرف کود نیتروژن توانایی افزایش اجزای عملکرد و عملکرد را در هر سه سطح آبیاری و در هر دو رقم هاشمی و گیلانه دارد. در هر سه سطح آبیاری انجام‌شده در این تحقیق با افزایش مصرف کود نیتروژن و به دنبال افزایش رشد رویشی، افزایش تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و عملکرد شلتوک مشاهده شد. مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن سبب کسب بالاترین عملکرد شلتوک در هر دو رقم و هر سه سطح آبیاری گردید. رقم اصلاح‌شده گیلانه از رقم هاشمی بیشتر به افزایش کود نیتروژن در هنگام افزایش فواصل آبیاری پاسخ داده و عملکرد بالاتری را ثبت کرد. مصرف کود نیتروژن همچنین بر غلظت عناصر ریزمغذی دانه در برنج قهوه‌ای و سفید مؤثر بوده و غلظت عناصر روی، مس، آهن و منگنز را در دانه دو رقم افزایش داد. مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در این دو رقم هم از نظر صفات عملکرد و محتوای عناصر دانه نسبت به دو سطح دیگر وضعیت بهتری را در هر دو رقم نشان داد.



شکل ۱- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول فصل رشد برنج (سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Figure 1- Meteorological information during the growth season of rice in experimental site (2017 and 2018)

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil in the experiment site

سال year	پتاس قابل جذب K (mg kg^{-1})	فسفر قابل جذب P (mg kg^{-1})	نیتروژن (درصد) N (%)	مواد آلی (درصد) Organic matter	اسیدیته خاک pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	بافت خاک Soil texture
2017	280	17.8	0.184	1.4	7.4	1.2	Clay
2018	290	17	0.155	1.12	7.4	1.12	loam

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Chemical properties of water which is used in the experiment

نوع آب Water type	نسبت جذب سدیم SAR (me.L^{-1})	سدیم Na^{+} (mg.L^{-1})	منیزیم Mg^{2+} (mg.L^{-1})	کلسیم Ca^{++} (mg.L^{-1})	سولفات SO_4 (mg.L^{-1})	کلر Cl^{-} (mg.L^{-1})	بی‌کربنات HCO_3^{-} (mg.L^{-1})	کربنات CO_3^{-}	اسیدیته pH	کل مواد جامد محلول TDS
C3S1	3.1	5.4	1.8	4.2	0.42	4.4	4.6	1.2	7.3	598

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر رژیم آبیاری و کود نیتروژن بر صفات مورد مطالعه در دو رقم برنج

Table 3- Combined analysis of variance for irrigation regimes and N fertilizer on studied trait in two rice cultivars

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی dF	عملکرد شلتوک Yield	تعداد خوشه در متر مربع Number of panicle per m^2	تعداد دانه در خوشه Number of grain per panicle	وزن هزاردانه 1000-seed weight	محتوای مس در برنج قهوه‌ای Cu content in brown rice	محتوای مس در برنج سفید Cu content in white rice
سال year	1	44534.2*	2656.4*	15.8ns	1.03ns	0.102ns	0.3ns
بلوک داخل سال R(year)	4	4177.6	768.8	291.1	1.25	0.1	0.22
آبیاری a	2	2903860.4*	3833.7ns	839.3ns	3.67ns	48.3**	168.8**
سال×آبیاری year×a	2	49037.1**	1922.7*	280.8ns	0.46ns	0.08ns	0.8*
اشتباه آبیاری Erorr a	8	4532.3	550.9	283.7	1.1	0.108	0.3
کود b	2	20311386.6**	18536.3*	755.6ns	3.33*	3.5*	1.94*
سال×کود yera×b	2	1519.7ns	485.2ns	108.3ns	0.12ns	0.21ns	0.09ns
آبیاری ×کود a×b	4	164807.8ns	1904.6ns	169.8ns	0.35ns	3.23**	19.9**
سال×کود×آبیاری year× a×b	4	60060.2**	1181.6*	246.4ns	0.29ns	0.152ns	0.189ns
اشتباه کود Erorr b	24	5557.3	462.9	154.1	1.2	0.044	0.153
رقم c	1	24991.3ns	12139.1ns	4404.7ns	124.4ns	24.7*	12.1ns
سال×رقم year×c	1	1014.3ns	3108.1**	1365*	3.5*	0.2ns	0.49ns
آبیاری × رقم a×c	2	584342.2ns	255.7ns	229.5ns	0.4ns	3.99*	23.6ns
سال×رقم×آبیاری year×a×c	2	133902.2**	903.3ns	593.8*	0.1ns	0.09ns	1.6**
کود ×رقم b×c	2	1635287.2ns	960.7ns	184.1ns	0.4ns	10.4**	10.9*
سال×کود×رقم year×b×c	2	53665.6**	1042.7ns	236.5ns	1ns	0.02ns	0.49ns
آبیاری×کود×رقم a×b×c	4	257668*	2679.6*	20.02ns	1ns	3.3**	8.29**
سال×رقم×کود×آبیاری year ×a×b×c	4	17678.4*	363.6ns	445.4ns	0.49ns	0.06ns	0.49*
اشتباه رقم Erorr c	36	6079.7	384.7	191.05	0.85	0.109	0.17
ضریب تغییرات C.V.(%)		2.8	7.7	13.3	3.7	5.5	13.5

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns ,*and ** non significant and significant at 1% and 5%.

ادامه جدول ۳-
Table 3- Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی dF	محتوای منگنز در برنج قهوه ای Mn content in brown rice	محتوای منگنز در برنج سفید Mn content in white rice	محتوای آهن در برنج قهوه ای Fe ontent in brown rice	محتوای آهن در برنج سفید Fe content in white rice	محتوای روی در برنج قهوه ای Zn content in brown rice	محتوای روی در برنج سفید Zn content in white rice
سال year	1	7.05ns	9.04ns	0.85ns	3.37ns	5.11ns	0.67ns
بلوک داخل سال R(year)	4	3.5	3.7	2.3	1.4	2.3	1.13
آبیاری a	2	1134.2**	886.1**	44.9ns	772.6**	15.8ns	402.8*
سال×آبیاری year×a	2	5.9ns	1.44ns	4.8ns	3.04ns	1.1ns	4.7*
اشتباه آبیاری Erorr a	8	3.7	1.8	1.93	3.5	0.6	1.9
کود b	2	159.3**	610.6*	52.3**	718.9**	9.3*	73.9**
سال×کود yera×b	2	2.1ns	6.6ns	0.41ns	0.35ns	0.57ns	0.06ns
آبیاری ×کود a×b	4	429.3**	1629.2ns	169.2**	1002.2**	24.8*	81.2**
سال×کود×آبیاری year× a×b	4	2.8ns	3.02ns	1.89ns	7.13ns	3.6ns	1.1ns
اشتباه کود Erorr b	24	4.46	2.5	1.53ns	2.3	1.1	3.4
رقم c	1	1168.2*	886.7**	1399.7*	2157.4**	0.41ns	2.4ns
سال×رقم year×c	1	0.81ns	0.191ns	0.62ns	0.09ns	0.14ns	1.5ns
آبیاری × رقم a×c	2	1224.1**	1011.4**	18.23ns	347.8*	48.05*	26*
سال×رقم×آبیاری year×a×c	2	2.32ns	0.39ns	1.6ns	7.6ns	0.5ns	0.29ns
کود ×رقم b×c	2	6.4ns	554.5**	386.96**	223.1*	13.8ns	64.9**
سال×کود×رقم year×b×c	2	4.81ns	2.17ns	0.12ns	2.4ns	1.9ns	0.54ns
آبیاری×کود×رقم a×b×c	4	199.2**	1144.2**	79**	801.2**	26.6*	66.3**
سال×رقم×کود×آبیاری year ×a×b×c	4	2.4ns	2.29ns	0.6ns	2.3ns	2.6ns	0.57ns
اشتباه رقم Erorr c	36	2.7	2.3	1.5	2.6	1.46	0.9
ضریب تغییرات C.V. (%)		3.43	5.9	5.11	7.34	4.2	4.18

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns ,*and ** non significant and significant at 1% and 5%.

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد دانه و تعداد خوشه در متر مربع در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷
Table 4- Analysis of variance for grian yield and number of panicul in 2017 and 2018

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی dF	تعداد خوشه در مترمربع۱۳۹۶ Number of panicle per m^2 2017	تعداد خوشه در متر مربع ۱۳۹۷ Number of panicle per m^2 2018	عملکرد شلتوک ۱۳۹۶ Yield 2017	عملکرد شلتوک ۱۳۹۷ Yield 2018
بلوک R	2	272.8ns	1264.8ns	0.005ns	0.003ns
آبیاری a	2	5492.2*	264.2ns	1.7**	1.23**
اشتباه آبیاری Error a	4	420.2	681.6	0.007	0.002
کود b	2	12501.7**	6519.8**	10.2**	10.1**
آبیاری ×کود a×b	4	1939.6**	1146.6ns	0.09**	0.137**
اشتباه کود Error b	12	303.2	622.6	0.009	0.002
رقم c	1	13766.1**	1481.2ns	0.008ns	0.018ns
رقم ×آبیاری c×b	2	1060*	98.9ns	0.638**	0.08**
رقم×کود c×b	2	1951.7**	87.7ns	0.74**	0.94**
آبیاری×کود×رقم a×b×c	4	2086.2**	957ns	0.09**	0.2**
اشتباه رقم Error c	18	253.1	516.22	0.006	0.006
ضریب تغییرات C.V. (%)		6.11	9.1	2.81	2.87

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns ,*and ** non significant and significant at 1% and 5%.

جدول ۵ – مقایسه میانگین تعداد خوشه در متر مربع در سال ۱۳۹۶ و عملکرد شلتوک در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷در رژیم آبیاری، کود نیتروژن و رقم

Table 5- Mean comparison of Number of panicle per m^2 in 2017 and yield in irrigation cultivars regimes, N fertilizer and

آبیاری Irigation	کود نیتروژن N fertilzer (kg/ha)	رقم Cultivar		تعداد خوشه در مترمربع۱۳۹۶ Number of panicle per m^2 2017	عملکرد شلتوک ۱۳۹۶ Yield (T/ha) 2017	عملکرد شلتوک ۱۳۹۷ Yield (T/ha) 2018
I1	N1	گیلانه	Gilaneh	246.9de	2.56g	2.19fg
I1	N1	هاشمی	Hashemi	246.3de	2.03i	2.02h
I1	N2	گیلانه	Gilaneh	269.8bcd	3.28c	3.1d
I1	N2	هاشمی	Hashemi	289.6b	3.02ef	3.03de
I1	N3	گیلانه	Gilaneh	290.1b	4.12a	4.05a
I1	N3	هاشمی	Hashemi	352.4a	3.53b	3.7b
I2	N1	گیلانه	Gilaneh	199.5fg	2.043i	2.036h
I2	N1	هاشمی	Hashemi	250.6fe	2.045i	2.064gh
I2	N2	گیلانه	Gilaneh	272.9bcd	2.21h	2.22f
I2	N2	هاشمی	Hashemi	258.5cde	2.97f	2.92e
I2	N3	گیلانه	Gilaneh	278.1bc	3.62b	3.60b
I2	N3	هاشمی	Hashemi	279.7bc	3.5b	2.99de
I3	N1	گیلانه	Gilaneh	185.4g	1.86j	1.93i
I3	N1	هاشمی	Hashemi	219.8f	1.52k	1.54j
I3	N2	گیلانه	Gilaneh	241.7ef	2.18h	2.20f
I3	N2	هاشمی	Hashemi	247.4de	3f	3.1de
I3	N3	گیلانه	Gilaneh	269.8bcd	3.15d	3.35c
I3	N3	هاشمی	Hashemi	287.5b	3.14de	3.06d

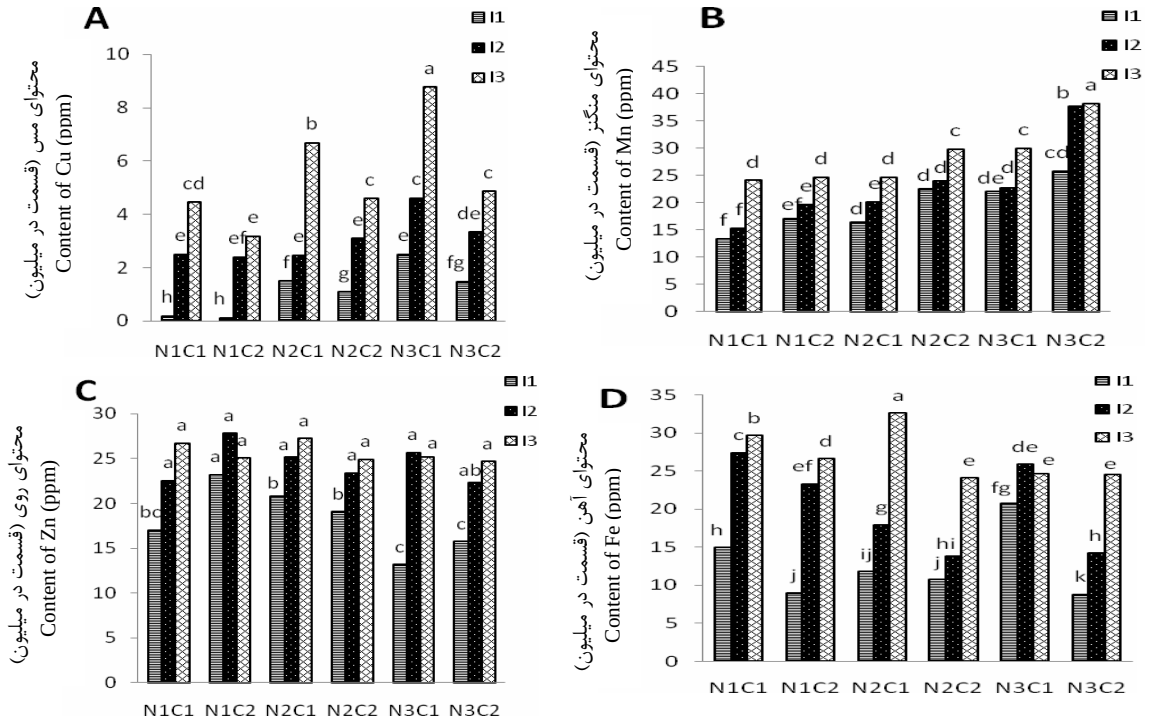
جدول ۶– مقایسه میانگین آبیاری، کود نیتروژن و رقم بر تعداد خوشه در متر مربع در سال ۱۳۹۷، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه

Table 6- Mean comparison of irrigation, N fertilizer and cultivars on number of panicle per m^2 in 2018, number of grain per panicle, and 1000-seed weight

تیمار (Treatment)	تعداد خوشه در متر مربع ۱۳۹۷ Number of panicle per m^2 in 2018	تعداد دانه در خوشه Number of grain per panicle	وزن هزاردانه (گرم) 1000-seed weight
آبیاری (Irrigation)			
I_1	254.1a	103.91a	25.32a
I_2	250.8a	101.83a	24.17a
I_3	246.4a	101.45a	23.32a
مقدار کود (N fertilizer)			
N_1	231.9b	97.76a	97.76a
N_2	249.4b	102.72a	102.72a
N_3	269.97a	106.55a	106.55a
رقم (Cultivar)			
C_1	255.7a	104.98a	23.63a
C_2	245.1a	99.82b	25.78a

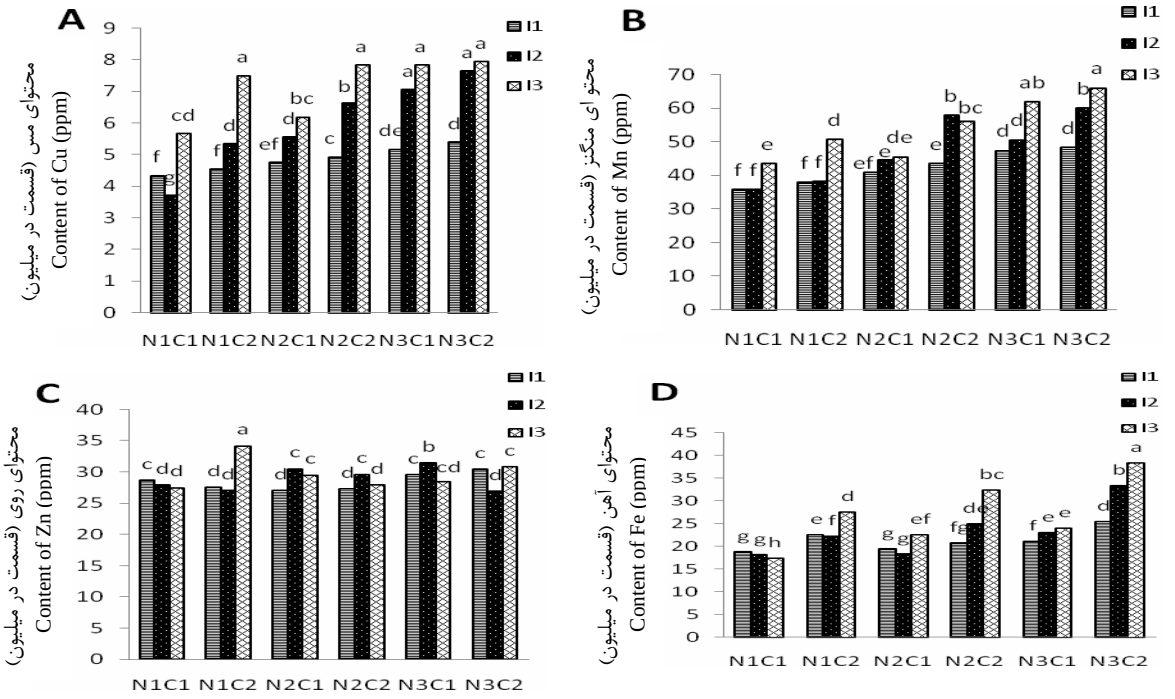
I_1، I_2، I_3 به‌ترتیب آبیاری غرقاب، آبیاری با فاصله ۷ روز و ۱۴ روز، N_1، N_2، N_3 به‌ترتیب مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و C_1، C_2 به‌ترتیب رقم گیلانه و هاشمی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها در سطح پنج درصد می‌باشد.

(I_1), 7 (I_2) and 15 (I_3) day interval irrigation and nitrogen fertilizer levels were sub factor included 50 (N_1), 75 (N_2), and 100 (N_3) $kg.ha^{-1}$ and cultivars were sub sub factor included Gilanh (C_1) and Hashemi (C_2). Means with the same letter are not significantly different at p-value 5%.



شکل ۲- اثر متقابل آبیاری، کود نیتروژن و رقم بر محتوای (A) مس، (B) منگنز، (C) روی، و (D) آهن در برنج قهوه‌ای

Figure 2- Interaction effect of irrigation, nitrogen fertilizer and cultivar on content of (A) Cu, (B) Mn, (C) Zn and (D) Fe in brown rice



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری، کود نیتروژن و رقم بر محتوای (A) مس، (B) منگنز، (C) روی، و (D) آهن در برنج سفید

Figure 3- Interaction effect of irrigation, nitrogen fertilizer and cultivar on content of (A) Cu, (B) Mn, (C) Zn and (D) Fe in white rice

I_1، I_2، I_3 به‌ترتیب آبیاری غرقاب، آبیاری با فاصله ۷ روز و ۱۴ روز، N_1، N_2، N_3 به‌ترتیب مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و C_1، C_2 شامل رقم گیلانه و هاشمی. حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

(I_1), 7 (I_2) and 15 (I_3) day interval irrigation and nitrogen fertilizer levels were sub factor included 50 (N_1), 75 (N_2), and 100 (N_3) kg.ha^{-1} and cultivars were sub sub factor included Gilanh (C_1) and Hashemi (C_2). Means with the same letter are not significantly different at p-value 5%.

References منابع مورد استفاده

- Ashouri, M. 2014. Water use efficiency, irrigation management and nitrogenutilization in rice production in the north of Iran. *APCBEE Procedia*. 8: 70 – 74.
- Ashouri, M. 2015. The effect of different irrigation regimes and nitrogen levels on some of rice growth analysis in north of Iran. *International Journal of Chemical, Environmental and Biological Sciences*. 3(1): 2320–4087.
- Bouman, B. 2007. Water management in irrigated rice: coping with water scarcity: Int. Rice Res. Inst.
- Castillo, E.G., T.P. Tuong, U. Singh, K. Inubushi, and J. Padilla. 2006. Drought response of dry-seeded rice to water stress timing and N-fertilizer rates and sources. *Soil Science and Plant Nutrition*. 52(4): 496-508 .
- Chandel, G., S. Banerjee, S. See, R. Meena, D. Sharma, and S. Verulkar. 2010. Effects of different nitrogen fertilizer levels and native soil properties on rice grain Fe, Zn and protein contents. *Rice Science*. 17(3): 213-227 .
- Chen, Y., M. Wang, and P.B. Ouwerkerk. 2012. Molecular and environmental factors determining grain quality in rice. *Food and Energy Security*. 1(2): 111-132 .
- Emami, A. 1996. Methods of plant analysis (Volume I). *Soil and Water Research Institue*. 2(982). 128pp. (In Persian)
- Faraji, H., S.A. Siadat, Gh.A. Fathi, Y. Emam, H.A. Nadian, and A.R. Rasekh. 2006. Effect of nitrogen on wheat grain yield under terminal drought stress. *The Science Journal of Agriculture*. 29(1): 99-111. (In Persian).
- Farooq, M., S. Basra, A. Wahid, Z. Cheema, M. Cheema, and A. Khaliq. 2008. Physiological role of exogenously applied glycinebetaine to improve drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 194(5): 325-333.
- Gandebe, M., A. Ngakou, and R. Ndjouenkeu. 2017. Changes in some nutritional and mineral components of nerica rice varieties as affected by field application with mycorrhiza and chemical fertilizer in Northern Cameroon. *Food and Nutrition Sciences*. 8(8): 823-839 .
- Gomaa, M., F. Radwan, E. Kandil, and M. Shawer. 2015. Impact of micronutrients and bio-fertilization on yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.). *Middle East Journal*. 4(4): 919-924.
- Gu, J., J. Chen, L. Chen, Z. Wang, H. Zhang, and J. Yang. 2015. Grain quality changes and responses to nitrogen fertilizer of japonica rice cultivars released in the Yangtze River Basin from the 1950s to 2000s. *The Crop Journal*. 3(4): 285-297 .
- Haefele, S., S. Jabbar, J. Siopongco, A. Tirol-Padre, S. Amarante, P.S. Cruz, and W. Cosico. 2008. Nitrogen use efficiency in selected rice (*Oryza sativa* L.) genotypes

under different water regimes and nitrogen levels. *Field Crops Research*. 107(2): 137-146.

- Haefele, S.M., Y. Kato, and S. Singh. 2016. Climate ready rice: augmenting drought tolerance with best management practices. *Field Crops Research*. 190: 60-69.
- Hamnér, K., M. Weih, J. Eriksson, and H. Kirchmann. 2017. Influence of nitrogen supply on macro-and micronutrient accumulation during growth of winter wheat. *Field Crops Research.* 213: 118-129.
- Hao, H.L., Y.Z. Wei, X.E. Yang, F. Ying, and C.Y. Wu. 2007. Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn concentrations in shoot and grain quality in rice (*Oryza sativa* L.). *Rice Science*. 14(4): 289-294 .
- Kheyri, N., Y. Niknejad, and M, Abbasalipour. 2018. The Effects of using organic and biological fertilizer along with lower rate of chemical nitrogen fertilizer on quality and quantity of rice yield. *Journal of Crop Ecophysiology*. 3(47): 445-460. (In Persian).
- Latifi, A. 2011. Effect of drying temperature and paddy final moidture on milling qulity of three rice varieties. *Agronomy Journal* (Pajouhesh & Sazandegi). 102: 71-75. (In Persian)
- Li, M., S. Wang, X. Tian, S. Li, Y. Chen, Z. Jia, and A. Zhao. 2016. Zinc and iron concentrations in grain milling fractions through combined foliar applications of Zn and macronutrients. *Field Crops Research.* 187: 135-141 .
- Pan, J., Y. Liu, X. Zhong, R.M. Lampayan, G.R. Singleton, N. Huang, and K. Tian. 2017. Grain yield, water productivity and nitrogen use efficiency of rice under different water management and fertilizer-N inputs in South China. *Agricultural Water Management.* 184: 191-200.
- Pandey, A., A. Kumar, D. Pandey, and P. Thongbam. 2014. Rice quality under water stress. *Indian Journal of Advances in Plant Research*. 1(2): 23-26 .
- Ramakrishna, Y., S. Singh, and S. Parihar. 2007. Influence of irrigation regime and nitrogen management on productivity, nitrogen uptake and water use by rice (*Oryza sativa*). *Indian Journal of Agronomy.* 52(2): 102-106.
- Rezaei, M., H.S. Vahed, E. Amiri, M.K. Motamed, and E. Azarpour. 2009. The effects of irrigation and nitrogen management on yield and water productivity of rice. World Applied Sciences Journal. 7(2): 203-210.
- Sadati Valojai, S.T., Y. Niknejad, H. Fallah, and D, Barati Tari. 2020. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium nano-fertilizers on growth and seed of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology*. 1(57): 37-56. (In Persian).
- Samarah, N., R. Mullen, and S. Cianzio. 2004. Size distribution and mineral nutrients of soybean seeds in response to drought stress. *Journal of Plant Nutrition.* 27(5): 815-835.

- Shi, R., Y. Zhang, X. Chen, Q. Sun, F. Zhang, V. Römheld, and C. Zou. 2010. Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science*. 51(1): 165-170 .
- Singh, B.R., Y.N. Timsina, O.C. Lind, S. Cagno, and K. Janssens. 2018. Zinc and iron concentration as affected by nitrogen fertilization and their localization in wheat grain. *Frontiers in Plant Science*. 9(307): 1-12.
- Wang, J., Y.P. Lu, J. Wang, R.X. Xu, J. Li, W. Hu, and X.H. Tian. 2018. Effects of elevated nitrogen application on nitrogen partitioning, plant growth, grain quality and key genes involved in glutamate biosynthesis among three rice genotypes. *Chilean Journal of Agricultural Research.* 78(2): 152-164.
- Wang, Z., W. Zhang, S.S. Beebout, H. Zhang, L. Liu, J. Yang, and J. Zhang. 2016. Grain yield, water and nitrogen use efficiencies of rice as influenced by irrigation regimes and their interaction with nitrogen rates. *Field Crops Research*. 193: 54-69.
- Yamaji, E. 2011. Achieving more with less water: alternate wet and dry irrigation (AWDI) as an alternative to the conventional water management practices in rice farming. *Journal of Agricultural Science.* 3(3): 1-11.
- Zubaer, M., A. Chowdhury, M. Islam, T. Ahmed, and M. Hasan. 2007. Effects of water stress on growth and yield attributes of aman rice genotypes. *International Journal of Sustainable Crop Production*. 2(6): 25-30.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2021.683382

The Effects of Different Irrigation Regimes and N Fertilizer on Yield, Yield Components and the Content of Micronutrients in Brown and White Rice (cv. Hashemi and Gilaneh)

Sajad Eisapour Nakhjiri[1], Majid Ashouri[2*], Seyyed Mostafa Sadeghi[3], Naser Mohammadian Roushan[2] and Mojtaba Rezaei[4]

Received: September 2020 , Revised: 28 October 2020, Accepted: 25 January 2021

Abstract

Due to the limit of water availability in rice fields, alternate wetting and drying irrigation are used instead of continuous submergence to reduce water consumption in rice fields. Therefore, this study was conducted to evaluate the effects of different irrigation regimes and N fertilizer rates on yield, and the content of micronutrients in brown and white rice at Rashat during cropping seasons of 2016-2017 and 2017-2018. Experiment was arranged in split plot based on complete randomized block design with 3 replications in which water regimes continuous submergence (I_1), 7 (I_2) and 15 (I_3) day interval irrigation were asseigned as main factor and nitrogen fertilizer levels (50 (N_1), 75 (N_2), and 100 (N_3) kg.ha^{-1}) as sub factor, and cultivars, Gilanh (C_1) and Hashemi (C_2) as sub sub factor. Results showed that the effect of year on yield and number of panicle per m^2 was significant. The interaction of different irrigation treatments and N fertilizer and cultivar on the number of panicle per m^2 in 2017, yield in 2017 and 2018, and micronutrient content were significant. Increasing the irrigation intervals decreased number of panicle per m^2, number of seed per panicle, weight of 1000 grain, and yield, while the consumption of 75 and 100 kg.ha^{-1} of nitrogen fertilizer increased these traits in all three irrigation treatments compared to the level of 50 kg.ha^{-1} of nitrogen fertilizer. Gilaneh in all irrigation treatments showed higher yield, number of panicle per m^2, and number of seed in panicle. Also, increasing of the irrigation intervals increased the content of micronutrients in brown and white rice seeds. The consumption of 75 and 100 kg.ha^{-1} of nitrogen fertilizer increased these traits as compared to the other levels of nitrogen fertilizers. The highest content of Zn, Cu, Fe, and Mn was observed in brown and white rice at irrigation interval at 14 days and 100 kg.ha^{-1} nitrogen fertilizer application. The consumption of 100 kg.ha^{-1} of nitrogen fertilizer increased the quantitative and qualitative grain yield of both cultivars as compared to the other two levels of nitrogen fertilizer and to irrigation regimes. Proper level of fertilizer would compensate the adverse effects of increasing irrigation intervals.

Key words: Rice; N fertilizer; content of Cu, Zn, Fe and Mn in seed; Water stress.

1- Ph.D. student of Agronomy, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
4- Research Assistant, Rice Research Institue of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rashat, Iran.
**Corresponding Author: majidashouri69@gmail.com*