تأثیر آبیاری تناوبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب در کشت مستقیم برنج در منطقه کازرون

حمیدرضا میری[۱*]، وحید نیاکان[۱] و علیرضا باقری[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۴/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۱۰)

چکیده

برنج یکی از گیاهان زراعی با مصرف زیاد آب می‌باشد و به‌کارگیری روش‌هایی به منظور افزایش راندمان مصرف آب در تولید آن اهمیت زیادی دارد. به این منظور، آزمایشی با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده و کشت مستقیم برنج در سال ۱۳۸۶ در شهرستان کازرون در استان فارس انجام شد. تیمارها شامل پنج رژیم آبیاری (غرقابی در کل فصل رشد، تناوبی در کل فصل رشد، غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی، غرقابی تا مرحله ساقه رفتن و غرقابی تا مرحله گل‌دهی) به عنوان فاکتور اصلی و سه رقم برنج (فجر، شفق و محلی چمپا) به عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که رقم فجر با عملکرد ۴۵۳۸ و رقم محلی چمپا با عملکرد ۱۷۳۴ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین دانه را تولید کردند. استفاده از تیمار آبیاری تناوبی باعث کاهش ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه و وزن دانه شد. عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری تناوبی، غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی، غرقابی تا مرحله ساقه رفتن و غرقابی تا مرحله گل‌دهی به‌ترتیب ۳۰، ۲۶، ۲۶ و ۴ درصد در مقایسه با آبیاری غرقابی در کل فصل کاهش یافت. درحالی‌که بهره‌وری مصرف آب در این تیمارها به‌ترتیب ۹۲، ۶۰، صفر و ۲۲ درصد بیشتر از آبیاری غرقابی بود. در تمام تیمارهای آبیاری تناوبی، میزان آب مصرفی کمتر از آبیاری غرقابی بود. بهره‌وری مصرف آب در این تیمارها با وجود کاهش عملکرد، بهبود یافت. بیشترین بهره‌وری مصرف آب در تیمار آبیاری تناوبی در کل فصل رشد دیده شد. بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان اظهار داشت که آبیاری غرقابی تا مرحله گل‌دهی یا ساقه رفتن، برای تولید عملکرد دانه قابل قبول و بهبود بهره‌وری مصرف آب در زراعت برنج می‌تواند به‌جای آبیاری غرقابی در کل فصل رشد در پژوهش‌های آینده مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: کشت مستقیم بذر، آبیاری غرقابی، آبیاری تناوبی، مصرف آب

۱. به‌ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

۲. استادیار زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اقلید

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hrmiri@iaua.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین مواد غذایی بیشتر مردم دنیا بوده و در آسیا منبع اصلی تغذیه ۳/۵ میلیارد نفر می‌باشد. با افزایش جمعیت، در سال ۲۰۲۵ میلادی میزان ۷۰٪ برنج بیشتری در مقایسه با میزانی که امروزه مصرف می‌شود، مورد نیاز است (۱۲). از این‌رو، باید خط‌مشی‌ها با توجه به تولید و مصرف برنج به‌وسیله جایگزینی و تکمیل روش‌های کشاورزی سنتی با روش‌های نوین کاشت تغییر یابند (۱۲). اگرچه کاشت نشاهای برنج یک روش سنتی و رایج برنج در آسیا محسوب می‌شود، اما عوامل اقتصادی، اخیراً فناوری تولید برنج را در آسیا تغییر داده و روش‌های مطلوب کشت مستقیم را بهبود بخشیده‌اند (۱۹). در سطح مزرعه، برنج نسبت به دیگر گیاهان زراعی دو تا سه برابر آب بیشتری دریافت کرده و براساس برخی برآوردها حدود ۴۳- ۳۴ درصد از مجموع آب آبیاری جهانی و یا ۳۰- ۲۴ درصد از مجموع آب شیرین استحصالی دنیا را مصرف می‌کند (۶). کاهش و یا عدم وجود آب به مقدار کافی، به‌ویژه در قاره آسیا، باعث شده تلاش‌های زیادی برای استفاده از ابزار و فنون جدید کاشت برنج به منظور استفاده آب کمتر صورت گیرد. برای غلبه بر مشکلات بالا، تعدادی فن جدید کاشت در کشورهای تولیدکننده برنج دنیا معرفی شده‌اند (۵).

روش کاشت نشایی اگرچه از نظر کنترل علف‌های هرز مقرون به صرفه می‌باشد، اما هنگامی که آب در دسترس کم، ناکافی و یا غیرمطمئن باشد، عملی و امکان‌پذیر نیست. از طرفی، با در نظرگیری نیروی انسانی مورد نیاز و هزینه‌های آن، انگیزه‌های اقتصادی نیز منجر به افزایش تمایل برای کشت مستقیم برنج شده است (۱۴). بهره‌وری آب (Water productivity, WP) در برنج یک مفهوم نسبی است و در واقع بیانگر مقدار یا ارزش تولید به ازای حجم یا مقدار آب مصرف شده می‌باشد. اختلافات زیادی در مقادیر گزارش شده مربوط به بهره‌وری آب برنج وجود دارد (۳۱). این تفاوت‌ها در مقادیر گزارش شده، به علت تنوع و اختلافات زیاد در عملکردهاست. اما این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از درک متفاوت از ویژگی‌های مشترک آب استفاده شده در محاسبه WP نیز باشد (۳۱). رطوبت نسبی هوا در طول دوره زندگی گیاه برنج، به‌خصوص در زمان گل‌دهی، بسیار مؤثر است. به‌طوری‌که مناسب‌ترین رطوبت هوا برای گل دادن ۸۰-۷۰ درصد بوده و در رطوبت کمتر از ۴۰٪ و بیشتر از ۹۵٪، گرده افشانی متوقف می‌شود. علت توقف گرده افشانی در رطوبت نسبی زیاد، جدا نشدن دانه‌های گرده از پرچم‌ها و در رطوبت نسبی بسیار کم، پسابیدگی زیاد دانه‌های گرده و یا کلاله می‌باشد که اثر سوئی بر تلقیح بر جای می‌گذارد (۶).

در آزمایشی، رقم IR20 برنج در شرایط مزرعه در فصل خشک کشت گردید و چهار رژیم تنش بر آن اعمال شد. در شرایطی که هیچ تنش رطوبتی وجود نداشت (حالت غرقابی)، عملکرد ۶ تن در هکتار بود. درحالتی‌که تنش اولیه اعمال شد (آبیاری برای مدت ۳۰ روز از شروع تشکیل خوشه‌ها تا درست بعد از گل‌دهی انجام نشد)، عملکرد ۱/۲ تن در هکتار شد و بالاخره درحالتی‌که تنش در مراحل انتهایی رشد اعمال شد (آبیاری بعد از تشکیل خوشه‌ها انجام نشد)، عملکرد ۰/۸ تن در هکتار بود. این موضوع حاکی از آن است که مراحل پنجه‌زنی و شروع تشکیل خوشه‌ها به تنش رطوبتی حساس هستند (۷). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بسته به شرایط اقلیمی و خاکی متفاوت، غرقاب دایم برنج در تمام مراحل رشد ضرورت ندارد. بلکه در بعضی از مراحل رشد می‌توان گیاه را تحت تأثیر تنش آب به‌صورت کاهش ارتفاع آب‌ایستایی در کرت و خشکاندن خاک در حد اشباع قرار داد، بدون این‌که عملکرد محصول کاهش چشمگیر یابد (۳۲). به عبارتی، ایجاد غرقاب دایم در آبیاری برنج نه تنها یک ضرورت نیست، بلکه در مناطق خشک و نیمه خشک که حصول کارایی مصرف آب بیشتر حائز اهمیت فراوان است، بهتر است که با پذیرش هزینه مدیریتی، با کاهش زمان یا مقدار آبیاری، در مصرف آب صرفه‌جویی گردد (۳). با اعمال مدیریت مناسب کاربرد آب و اعمال دور مناسبی از آبیاری می‌توان بدون ایجاد تنش آب و تبعات آن، شامل

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

کاهش عملکرد و اجزای عملکرد، و یا با درصد قابل قبولی از آن، به میزان زیادی در مصرف آب صرفه‌جویی نمود (۲۵ و ۲۷).

یکی از راهکارهای موجود برای کاهش مصرف آب در کشت برنج، تغییر روش مرسوم آبیاری غرقاب دایم به روش آبیاری تناوبی با دور مناسب برای هر رقم می‌باشد (۱ و ۳). اگرچه گاهی این قطع آب و تنش خشکی متعاقب آن، باعث کاهش عملکرد برنج می‌شود، ولی در بعضی از مواقع اعمال مدیریت صحیح آبیاری و خشک کردن محیط ریشه تأثیری در کاهش عملکرد آن ندارد و حتی کاهش قطع آب با دور مناسب برای رقم مورد نظر باعث افزایش عملکرد دانه نیز می‌شود (۲۵). رضایی و همکاران (۲۴) نشان دادند اگرچه آبیاری غرقاب دایم بیشترین عملکرد دانه برنج را تولید کرد، اما راندمان مصرف آب در تیمارهای آبیاری تناوبی بیشتر بود. رضایی و نحوی (۲۲) نیز نشان دادند که آبیاری تناوبی باعث کاهش مصرف آب و بهبود بهره‌وری مصرف آب در برنج می‌شود. نتایج مشابهی توسط شاهین رخسار و همکاران (۲۸) و حسینی منفرد و همکاران (۱۱) گزارش شده است. علاوه بر این، مشاهده شده که کیفیت دانه برنج تولید شده در شرایط آبیاری تناوبی می‌تواند بهتر از آبیاری غرقابی باشد (۲۸). تابال و همکاران (۳۰) گزارش کرده‌اند که می‌توان در مرحله‌ای از مراحل رشد و یا در تمام مراحل رشد، رطوبت خاک را در حد اشباع نگه‌داشت و از این طریق در مصرف آب برنج صرفه‌جویی کرد. باید توجه داشت که در این روش، دو عامل استفاده از ارقام نامناسب و مدیریت ناقص علف‌های هرز می‌تواند موجب کاهش عملکرد دانه شود. تابال و همکاران (۳۰) و پنگ و همکاران (۲۰) گزارش کردند که حفظ لایه یا سطح نازک و باریکی از آب در شرایط اشباع خاک و یا مرطوب و خشک نمودن متناوب خاک می‌تواند میزان آب مصرفی برای مزرعه را در مقایسه با عملیات رایج غرقاب سطحی و مستمر، به میزان ۷۰-۴۰ درصد کاهش دهد. البته این میزان کاهش مصرف آب بدون کاهش قابل توجه در عملکرد صورت می‌گیرد. با توجه به این‌که برنج یکی از محصولات زراعی عمده در استان فارس محسوب می‌شود که نیاز به آب زیاد دارد، تحقیق حاضر با اهداف تعیین بهترین روش آبیاری برای رسیدن به حداکثر عملکرد گیاه برنج، تعیین بهترین رقم که با اعمال آبیاری تناوبی بیشترین عملکرد دانه را تولید می‌کند، افزایش بهره‌وری مصرف آب و تعیین حساس‌ترین دوره رشدی به کم آبی در برنج، طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شهرستان کازرون، بخش جره و بالاده دهستان دادین، با طول جغرافیایی ″۳۰ ′۸ °۵۸ شرقی، عرض جغرافیایی ″۱۴ ′۴۸ °۳۲ شمالی و ارتفاع ۸۰۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. متوسط بارندگی منطقه حدود ۳۰۰ میلی‌متر و میانگین دما در فصل تابستان ۳۵ و در زمستان ۱۵ درجه سلسیوس است و جزو مناطق نیمه خشک محسوب می‌شود. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل روش آبیاری و شامل پنج تیمار: ۱. آبیاری غرقابی در کل فصل رشد (غرقاب دایم)، ۲. آبیاری تناوبی در کل فصل رشد، ۳. آبیاری غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی و بعد از آن به‌صورت تناوبی، ۴. آبیاری غرقابی تا مرحله ساقه رفتن و بعد از آن به‌صورت تناوبی و ۵. آبیاری غرقابی تا مرحله گل‌دهی و بعد از آن به‌صورت غرقابی بود. کرت‌های فرعی نیز شامل سه رقم متداول برنج در منطقه (فجر، شفق و رقم محلی چمپا) بود. در آبیاری تناوبی، کرت‌ها با دور ۵ روزه آبیاری شدند. لازم به ذکر است که دور آبیاری با توجه به تبخیر و تعرق مرجع تعیین شد. هر کرت آزمایشی به طول ۴ و عرض ۳ متر و فاصله ردیف‌های کشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به منظور جلوگیری از انتقال تیمارهای آبیاری به کرت‌های مجاور، فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر در نظر گرفته شد و به‌وسیله یک پشته بلند از انتقال آب ممانعت به عمل آمد. زمین مورد استفاده در فصل قبل به کشت سیب‌زمینی اختصاص یافته بود. عملیات آماده‌سازی زمین به‌صورت معمول

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

انجام شد. نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. کود مصرفی براساس توصیه کودی آزمون خاک و شامل ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل)، ۸۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره) بود. کود اوره لازم طی سه مرحله و مابقی کودها همراه با انجام عملیات شخم به زمین داده شد. کاشت بذرها در تاریخ ۸ خردادماه ۱۳۸۶ به‌وسیله دست انجام شد. بذرها دارای قوه نامیه زیاد و جوانه‌زنی حدود ۹۸٪ بودند. کاشت بذرها در ردیف‌هایی با فواصل ۱۸ سانتی‌متر و با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع کشت شدند. پس از انجام عملیات کاشت به مدت ۲۰ روز، زمانی که بوته‌های سبز شده به مرحله ۳ الی ۴ برگی رسیدند کلیه کرت‌ها روزانه به مدت ۲ ساعت با ارتفاع ۵ سانتی‌متر آبیاری شدند و بعد از آن آب کرت‌ها قطع شده و تیمارهای آبیاری اعمال شدند. کنترل علف‌های هرز در طول دوره آزمایش با دست انجام شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، برداشت بوته‌ها با دست انجام شد و صفات ارتفاع بوته (با اندازه‌گیری ارتفاع ۱۰ بوته تصادفی)، عملکرد بیولوژیک (با اندازه‌گیری وزن خشک بوته‌ها در مساحت ۲ مترمربع)، تعداد دانه در خوشه (با شمارش دانه‌ها در ۱۰ خوشه انتخابی)، وزن هزار دانه و عملکرد دانه (با اندازه‌گیری وزن دانه‌های برداشت شده از مساحت ۲ مترمربع) تعیین شد. برای محاسبه میزان آب مصرفی، در طول دوره فصل رشد، میزان آب ورودی به هر کرت توسط کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. شاخص بهره‌وری آب (راندمان مصرف آب) نیز به‌صورت نسبت عملکرد دانه به آب مصرفی محاسبه گردید. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شده ومیانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

الف) ارتفاع بوته

ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم برنج و رژیم آبیاری قرار گرفت. اما برهمکنش آبیاری و رقم معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین ارتفاع بوته‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار آبیاری غرقابی در کل فصل و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی بود (جدول ۳). بین تیمارهای غرقابی تا پنجه‌زنی و غرقابی تا ساقه رفتن با تیمار آبیاری تناوبی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. ارتفاع بوته در تیمارهای آبیاری تناوبی در کل فصل، غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی، غرقابی تا مرحله ساقه رفتن و غرقابی تا مرحله گل‌دهی به‌ترتیب ۱۷/۴۳، ۱۸/۹۲، ۱۳/۲۴ و ۱۳/۰۳ درصد نسبت به آبیاری غرقابی کاهش یافت. رشد رویشی گیاه تا مرحله گل‌دهی ادامه دارد. بنابراین کاهش میزان آب در این دوره باعث کاهش ارتفاع بوته می‌شود. کاهش رشد سلول و متعاقب آن کاهش رشد رویشی، اولین واکنش متأثر از کمبود آب در گیاه است (۱۷). در عین حال، در تیمار آبیاری غرقابی تا مرحله گل‌دهی، با وجود این‌که در دوره بعد از گل‌دهی آبیاری به‌صورت تناوبی انجام شده است، اما تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشته است. زیرا در این مرحله، رشد بوته به حداکثر خود رسیده و کاهش آب در دوره بعد از آن تأثیری بر ارتفاع بوته ندارد. قربانلی و همکاران (۸) نشان دادند که در شرایط آبیاری تناوبی، ارتفاع برنج به‌طور معنی‌داری کمتر از شرایط غرقابی است. ارتفاع گیاه برنج مستقیماً تحت تأثیر ارتفاع آب در کرت قرار دارد. به‌طوری‌که ارتفاع گیاه با افزایش عمق آب در کرت افزایش می‌یابد (۲۹). به عقیده یوشیدا (۳۳)، وجود آب کافی در طی مراحل رشد برنج، در رشد طولی ساقه و ریشه‌دهی مناسب تأثیر داشته و از این طریق رشد اندام‌های هوایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. علاوه بر این، مشاهده شده که تولید هورمون جیبرلین در شرایط غرقاب بیشتر از شرایط هوازی است. افزایش غلظت جیبرلین در این شرایط باعث افزایش رشد طولی ساقه می‌گردد.

از طرفی، رضایی و همکاران (۲۳) نشان دادند که ارتفاع بوته برنج در رژیم‌های آبیاری تناوبی ۵ و ۸ روزه اختلاف معنی‌داری با آبیاری تناوبی نداشت که در نتیجه این امر،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

جدول۱. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	Sand (٪)	Silt (٪)	Clay (٪)	K (mg/L)	P (mg/L)	OC (٪)	TNV (٪)	pH	EC (dS/m)	SP (٪)
رس سیلتی	۱۶	۴۸	۳۶	۱۷۵	۸/۷۷	۰/۸۳	۰/۰۸۱	۸	۱/۳۷	۴۹

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	مقدار آب مصرفی	کارآیی مصرف آب
تکرار	۳	۳۶/۹۱^{ns}	۲۸/۳۳^{ns}	۰/۷۳^{ns}	۳۳/۷۳^{ns}	۴۶۳۷/۲۲^{ns}	۳۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۹۶۴^{ns}
روش آبیاری	۴	۵۳۶/۳۱**	۲۲۳۶/۸۳**	۱۲۴/۳۹**	۵۹۵۳۵/۰۰**	۹۱۶۰۷/۳۳**	۴۸۰۷۳۱۴۴۲**	۰/۰۰۶۱۷**
خطای a	۱۲	۸۵/۲۲	۲۰۵/۷۴	۱۸/۶۶	۷۲۲۷/۵۲	۱۰۵۲۱/۶۸	۲۵۸۹۲۴۰	۰/۰۰۱۰۱
رقم	۲	۷۹۳۵/۴۵**	۴۹۵۱/۶۷**	۱۵/۵۲*	۴۷۳۴۷۷/۹۱**	۱۰۳۴۷۱/۶۷**	۱۵۹۱۲^{ns}	۰/۰۰۹۱۰**
رقم × روش آبیاری	۸	۱۰۰/۰۳^{ns}	۲۴۱/۹۶**	۱/۷۰^{ns}	۷۸۰۰/۳۱**	۶۵۸۳/۳۲^{ns}	۱۱۶۶۳۸۲۶**	۰/۰۰۵۰**
خطای b	۳۰	۴۷/۸۱	۶۹/۰۸	۵/۳۹	۱۳۰۴/۰۲	۴۷۸۳/۴۵	۱۴۸۵۶	۰/۰۰۰۸۰

**، *و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۳. اثرهای ساده و متقابل روش آبیاری و رقم بر ارتفاع بوته (سانتی‌متر) سه رقم برنج

تیمار آبیاری	رقم			میانگین
	فجر	شفق	چمپا	
غرقابی کل فصل	۸۵/۳^{B}	۷۹/۸^{B}	۱۰۳/۲^{A}	۸۹/۴^{a}
تناوبی کل فصل	۵۹/۷^{B}	۶۳/۰^{B}	۹۸/۶^{A}	۷۳/۸^{b}
غرقابی تا پنجه‌زنی	۵۷/۵^{B}	۶۱/۰^{B}	۹۹/۰^{A}	۷۲/۵^{b}
غرقابی تا ساقه رفتن	۶۴/۵^{B}	۶۳/۷^{B}	۹۹/۵^{A}	۷۷/۶^{b}
غرقابی تا گل‌دهی	۸۳/۳^{B}	۷۶/۲^{B}	۱۰۰/۰^{A}	۸۶/۵^{a}
میانگین	۶۶/۵^{b}	۶۶/۷^{b}	۱۰۰/۱^{a}	

†: حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۵٪ است.

‡: حروف بزرگ برای مقایسه میانگین ارقام در سطح ثابتی از آبیاری به‌کار رفته است (مقایسه جداگانه ردیفی).

عملکرد دانه نیز در هر سه تیمار آبیاری مشابه بود. علت این اختلاف در نتایج مشاهده شده ممکن است استفاده از رقم متفاوت در آزمایش باشد. به‌طوری‌که در آزمایش حاضر نیز ارتفاع بوته در ارقام مختلف واکنش متفاوتی به تغییر تیمار آبیاری نشان داد (جدول ۳). بین ارقام مختلف نیز از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). ارقام فجر و چمپا به‌ترتیب دارای کمترین و بیشترین ارتفاع بوته بودند. مقایسه میانگین ارقام مختلف در هر یک از روش‌های آبیاری (اثرهای متقابل) نشان داد که در تمام روش‌های آبیاری، ارتفاع رقم محلی (چمپا) بیشتر از بقیه بود و بین ارقام فجر و شفق با کمترین ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین اختلاف در ارتفاع بوته بین ارقام در روش آبیاری تناوبی تا

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

مرحله ساقه رفتن و سپس غرقابی مشاهده گردید. به‌طوری‌که ارتفاع بوته در رقم محلی نسبت به رقم شفق ۳۹٪ بیشتر بود (جدول ۳). ارتفاع بوته اگر چه از عوامل وابسته به ژنتیک محسوب می‌شود، لیکن از جمله صفات گیاهی است که نسبت به اجزای عملکرد راحت‌تر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. به‌خصوص، عواملی چون مواد غذایی، شدت نور، تاریخ کاشت و عمق آب ممکن است آن را تحت تأثیر قرار دهند. طول ساقه اصلی بسته به ارقام مختلف متغیر است. عوامل زراعی مهمی بر تنظیم طول ساقه به طول ریشه مؤثر می‌باشند. شرایط کم‌آبی، رشد ساقه را به مراتب بیشتر از رشد ریشه با اشکال مواجه می‌سازد و در نتیجه این نسبت را کاهش می‌دهد (۲۵). در مرحله طویل شدن ساقه (ساقه رفتن) نیاز گیاه به رطوبت افزایش می‌یابد. کمبود آب در این مرحله نه تنها روی طویل شدن ساقه، بلکه بر اندام‌های تولیدی گل نیز تأثیر منفی می‌گذارد (۲۵).

ب) تعداد دانه در خوشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که روش آبیاری تأثیر معنی‌داری (در سطح ۱٪) بر تعداد دانه در خوشه داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در خوشه متعلق به روش آبیاری غرقابی در کل فصل و کمترین آن به روش آبیاری تناوبی در کل فصل بود (جدول ۴). با افزایش طول دوره غرقابی، تعداد دانه در خوشه کمتری به‌دست آمد. به‌طوری‌که آبیاری غرقابی تا مرحله گل‌دهی تنها باعث ۶/۱۹٪ کاهش (در مقایسه با تیمار غرقابی در کل فصل) در تعداد دانه شد. درحالی‌که این مقدار کاهش برای تیمار غرقابی تا ساقه رفتن ۱۲/۱۷٪ و برای تیمار غرقابی تا پنجه‌زنی ۲۹/۹۳٪ بود. تیمار آبیاری تناوبی در کل فصل نیز باعث ۴۰/۴۶٪ کاهش تعداد دانه در خوشه در مقایسه با تیمار غرقابی در کل فصل شد. کاهش تعداد دانه در تیمار غرقابی تا مرحله گل‌دهی می‌تواند به دلیل افزایش درصد دانه‌های پر نشده و هم‌چنین افزایش تعداد دانه‌های سقط شده در اثر تنش بعد از گل‌دهی باشد. به‌طوری‌که در این تیمار، تعداد دانه‌های پر نشده در خوشه بیشتر از تیمار غرقابی در کل فصل بود (داده‌ها نشان داده نشده است). رضایی و همکاران (۲۳) نشان دادند که با تغییر آبیاری از حالت غرقابی به تناوبی با دور ۸ روزه، تعداد دانه در خوشه ۷٪ کاهش یافت. سعادتی و فلاح (۲۶) گزارش کردند که کاهش عملکرد در اثر تنش رطوبت در مرحله گل‌دهی به مقدار زیادی به علت تشکیل گل‌های عقیم است. اگر چه تأثیر خشکی بر عملکرد و اجزای آن امری بدیهی است، ولی طول دوره خشکی مشخص کننده شدت و ضعف آن می‌باشد. کاهش رطوبت در مرحله تشکیل خوشه و گل‌دهی باعث می‌گردد تا عمل تلقیح به خوبی انجام نشده و برنج به‌دست آمده دارای عملکرد کمی باشد. زیرا در رطوبت کم، دانه‌های گرده نمی‌توانند به تخمدان نفوذ کرده و در نتیجه تلقیح به خوبی انجام نگرفته و دانه‌های پوک تولید می‌شوند (۲۹). بین ارقام نیز از نظر تعداد دانه در خوشه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه مربوط به ارقام شفق و فجر و کمترین تعداد دانه مربوط به رقم محلی بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که در کلیه تیمارهای آبیاری، کمترین تعداد دانه در خوشه مربوط به رقم محلی چمپا بود. بین ارقام شفق و فجر در کلیه تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، به‌جز در تیمار آبیاری غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی، که اختلاف بین این دو رقم معنی‌دار بود. این امر نشان‌دهنده واکنش متفاوت ارقام به هر یک از تیمارهای آبیاری است.

ج) وزن هزار دانه

اثر تیمارهای آبیاری (در سطح ۱٪) و رقم (در سطح ۵٪) بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). کلیه تیمارهای آبیاری تناوبی باعث کاهش وزن هزار دانه در مقایسه با آبیاری غرقابی در کل فصل شدند (جدول ۵). کمترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار آبیاری غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی بود. به‌طوری‌که تیمار شاهد باعث ۳۵/۳٪ کاهش وزن دانه در مقایسه با تیمار غرقابی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

جدول۴. اثرهای ساده و متقابل روش آبیاری و رقم بر تعداد دانه در خوشه سه رقم برنج†

تیمار آبیاری	رقم			میانگین
	فجر	شفق	چمپا	
غرقابی کل فصل	۹۳/۰^{A}	۹۵/۵^{A}	۵۳/۸^{B}	۸۰/۸^{a}
تناوبی کل فصل	۵۱/۷^{A}	۵۵/۸^{A}	۳۶/۶^{B}	۴۸/۱^{e}
غرقابی تا پنجه‌زنی	۷۷/۵^{A}	۵۵/۳^{B}	۳۵/۰^{C}	۵۶/۶^{d}
غرقابی تا ساقه رفتن	۷۴/۰^{A}	۸۲/۲^{A}	۵۶/۵^{B}	۷۰/۹^{c}
غرقابی تا گل‌دهی	۸۲/۵^{A}	۸۵/۵^{A}	۵۹/۳^{B}	۷۵/۸^{b}
میانگین	۷۵/۸^{a}	۷۵/۳^{a}	۴۸/۲^{b}	

†: حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۵٪ است.

‡: حروف بزرگ برای مقایسه میانگین ارقام در سطح ثابتی از آبیاری به‌کار رفته است (مقایسه جداگانه ردیفی).

جدول ۵. اثرهای ساده و متقابل روش آبیاری و رقم بر وزن هزار دانه (گرم) سه رقم برنج†

تیمار آبیاری	رقم			میانگین
	فجر	شفق	چمپا	
غرقابی کل فصل	۲۲/۳^{A‡}	۲۳/۵^{A}	۲۳/۷^{A}	۲۳/۲^{a}
تناوبی کل فصل	۱۶/۵^{A}	۱۸/۵^{A}	۱۷/۳^{A}	۱۷/۴^{d}
غرقابی تا پنجه‌زنی	۱۳/۵^{B}	۱۶/۵^{A}	۱۵/۰^{AB}	۱۵/۰^{e}
غرقابی تا ساقه رفتن	۱۸/۸^{A}	۲۰/۲^{A}	۱۹/۵^{A}	۱۹/۲^{c}
غرقابی تا گل‌دهی	۲۱/۵^{A}	۲۱/۵^{A}	۲۱/۲^{A}	۲۱/۴^{b}
میانگین	۱۸/۷^{b}	۲۰/۱^{a}	۱۹/۳^{ab}	

†: حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۵٪ است.

‡: حروف بزرگ برای مقایسه میانگین ارقام در سطح ثابتی از آبیاری به‌کار رفته است (مقایسه جداگانه ردیفی).

در کل فصل شد. وزن هزار دانه در این تیمار از تیمار آبیاری تناوبی در کل فصل نیز کمتر بود. این امر می‌تواند به دلیل رابطه جبران‌کنندگی بین اجزای عملکرد باشد. به‌طوری‌که در تیمار تناوبی در کل فصل، تعداد دانه در خوشه کمتری تولید شده و در نتیجه فرصت بیشتری برای افزایش وزن هر دانه وجود داشته است. کمترین میزان کاهش وزن دانه در مقایسه با تیمار غرقابی در کل فصل مربوط به تیمار تناوبی تا مرحله گل‌دهی بود، که باعث ۷/۷٪ کاهش وزن دانه شد. به نظر می‌رسد که کاهش میزان آب در دوره پس از گل‌دهی در این تیمار باعث کاهش دوام سطح برگ و در نتیجه کاهش طول دوره پرشدن دانه شده است. سعادتی (۲۵) بیان داشت که تنش آب در مرحله ساقه رفتن باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود، که با نتیجه این آزمایش مطابقت دارد. تنش آب در مرحله گل‌دهی و خمیری شدن دانه در عملکرد مؤثر است. ولی شدت حساسیت آن کمتر از مرحله سنبله رفتن است. تنش در این مرحله باعث تسریع در رسیدن گیاه و کاهش وزن دانه و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود. هم‌چنین کمبود آب در مرحله شیری که قریب به ۵۰٪ دانه آب می‌باشد اثر فوق‌العاده‌ای در تقلیل وزن دانه‌ها دارد.

وزن هزار دانه در ارقام مختلف اختلاف معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه مربوط

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

به رقم شفق و کمترین آن مربوط به رقم فجر بود (جدول ۵). وزن هزار دانه در ارقام فجر و چمپا نسبت به رقم شفق به‌ترتیب ۸/۷۳ و ۴/۴۹ درصد کمتر بود. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نشان داد که در کلیه سطوح آبیاری، به استثنای آبیاری غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی، بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). این امر نشان می‌دهد که هر سه رقم نسبت به آبیاری غرقابی در کل فصل، تناوبی در کل فصل، غرقابی تا مرحله ساقه رفتن و غرقابی تا مرحله گل‌دهی، واکنش مشابهی نشان داده‌اند. اما در تیمار غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی (که کمترین وزن دانه در هر رقم نیز به‌دست آمده است)، ارقام واکنش متفاوتی نشان دادند. به نحوی که بیشترین وزن دانه در رقم شفق و کمترین آن در رقم فجر به‌دست آمد. بنابراین به نظر می‌رسد در شرایطی که تنش کم‌آبی از مرحله پنجه‌زنی آغاز گردد، رقم شفق و پس از آن رقم چمپا از نظر جبران وزن دانه سازگاری بهتری نشان می‌دهند.

د) عملکرد بیولوژیک

تیمارهای آبیاری، رقم و اثر متقابل آبیاری و رقم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشتند (جدول ۲). بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری غرقابی در کل فصل و آبیاری تناوبی در کل فصل مشاهده شد (جدول ۶). در تیمارهای تناوبی در کل فصل رشد، غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی و غرقابی تا مرحله ساقه رفتن، عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب ۳۲/۳۸، ۲۵/۶۵ و ۱۷/۱۹ درصد در مقایسه با غرقابی در کل فصل رشد کاهش یافت. تیمار آبیاری غرقابی تا مرحله گل‌دهی، با وجود کاهش جزئی، تفاوت معنی‌داری با تیمار غرقابی در کل فصل نداشت. دلیل این امر این است که در یک گیاه رشد محدود مانند برنج، در مرحله گل‌دهی، وزن خشک تقریباً به حداکثر میزان خود رسیده است و پس از این دوره تغییر قابل توجهی نخواهد داشت. کاهش آب مصرفی در دوره پس از گل‌دهی تنها باعث کاهش وزن دانه خواهد شد (جدول ۴) و اثر این جزء عملکرد نیز بر عملکرد بیولوژیک زیاد نیست. آشوری و امیری (۴) گزارش کردند که دور آبیاری ۵، ۸ و ۱۱ روزه باعث کاهش میزان بیوماس تولیدی در مقایسه با آبیاری غرقابی در برنج شد. کاتوزی و همکاران (۱۳) نیز گزارش کردند که با تغییر روش آبیاری از حالت غرقابی به تناوبی، عملکرد بیولوژیک برنج کاهش معنی‌داری یافت. به‌طوری‌که برای دور آبیاری ۵، ۸ و ۱۱ روزه به‌ترتیب ۲۱، ۲۸ و ۳۲ درصد در مقایسه با آبیاری غرقابی کاهش عملکرد بیولوژیک مشاهده شد. بلدر و همکاران (۵) نیز نشان دادند که آبیاری اثر مثبتی بر تولید ماده خشک برنج دارد. در شرایط کمبود آب، رشد سلول‌ها به عنوان اولین فرآیند تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱۸). بنابراین با کاهش میزان آب موجود، سطح برگ و میزان فتوسنتز گیاه کاهش یافته و از این طریق تولید ماده خشک کاهش می‌یابد (۹).

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین ارقام اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد بیولوژیک وجود دارد (جدول ۶). رقم چمپا دارای بیشترین و رقم شفق دارای کمترین عملکرد بیولوژیک بودند. عملکرد بیولوژیک در ارقام فجر و شفق نسبت به رقم چمپا به‌ترتیب ۳۲/۲۶ و ۵۳/۳۴ درصد کمتر بود. در ارقام جدید گیاهان زراعی، بیشتر تولیدات فتوسنتزی گیاه صرف رشد اندام‌های زایشی می‌گردد. درحالی‌که در ارقام قدیمی‌تر، تسهیم مواد پرورده به نفع اندام‌های رویشی بود. به‌طوری‌که در این ارقام، شاخص برداشت کمتر از ارقام اصلاح شده است (۱۷). در ارقام برنج مورد بررسی نیز در رقم چمپا عملکرد بیولوژیک بیشتر از ارقام جدید بود. بررسی اثر متقابل تیمارها نشان داد که عملکرد بیولوژیک در بین سه رقم مورد نظر در هر یک از سطوح آبیاری دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۶). در تمامی سطوح آبیاری، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب به رقم چمپا و رقم شفق تعلق داشت. بیشترین اختلاف عملکرد بیولوژیک بین ارقام چمپا و شفق در تیمار آبیاری غرقابی تا ساقه رفتن و سپس تناوبی مشاهده گردید. به‌طوری‌که در رقم چمپا، عملکرد بیولوژیک ۵۹/۴۳٪ بیشتر بود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

جدول ۶. اثرهای ساده و متقابل روش آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) سه رقم برنج[†]

تیمار آبیاری	رقم			میانگین
	فجر	شفق	محلی	
غرقابی کل فصل	۹۹۷۴^{B‡}	۶۸۲۶^{C}	۱۲۶۵۰^{A}	۹۸۱۶^{a}
تناوبی کل فصل	۴۴۵۰^{B}	۴۳۷۴^{B}	۱۰۷۵۰^{A}	۶۵۲۵^{d}
غرقابی تا پنجه‌زنی	۶۸۶۰^{B}	۴۱۷۴^{C}	۱۰۵۰۰^{A}	۷۱۷۸^{c}
غرقابی تا ساقه رفتن	۷۹۵۰^{B}	۴۶۳۰^{C}	۱۱۴۰۰^{A}	۷۹۹۳^{b}
غرقابی تا گل‌دهی	۹۵۹۰^{B}	۶۷۲۴^{C}	۱۱۹۷۰^{A}	۹۴۲۸^{a}
میانگین	۸۷۹۳^{b}	۵۳۴۶^{c}	۱۱۴۵۴^{a}	

†: حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۵٪ است.

‡: حروف بزرگ برای مقایسه میانگین ارقام در سطح ثابتی از آبیاری به‌کار رفته است (مقایسه جداگانه ردیفی).

ه) عملکرد دانه

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که رقم، روش آبیاری و اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه متعلق به روش آبیاری غرقابی در کل فصل و تناوبی در کل فصل بود (جدول ۷). به‌طوری‌که اختلاف بین این دو تیمار ۳۱/۶۰٪ بود. عملکرد دانه در روش آبیاری غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی، غرقابی تا مرحله ساقه رفتن و غرقابی تا مرحله گل‌دهی نسبت به غرقابی در کل فصل ۲۶/۲۸، ۲۶/۳۲ و ۴/۶۸ درصد کاهش یافت (جدول ۷). محققین مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) طی آزمایش‌هایی از سال ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۲ میلادی به این نتیجه رسیدند که عملکرد برنج در عمق ۷ میلی‌مترآب در کرت‌ها بیشتر بود و حداکثر عملکرد برنج در عمق ۷ میلی‌متر آب در روز به‌دست آمد. در استفاده از آب آبیاری در عمق‌های کمتر از ۶ میلی‌متر در روز، عملکردها سریعاً کاهش یافتند و در عمق ۴ میلی‌متر آب در روز تقریباً به صفر رسیدند. دیترت و همکاران (۷) نیز اظهار داشتند که در شرایط بدون تنش رطوبت (شرایط غرقابی)، عملکرد ۶ تن در هکتار، درحالتی‌که تنش اولیه اعمال شد (آبیاری برای مدت ۳۰ روز، از شروع تشکیل خوشه‌ها تا درست بعد از گل‌دهی انجام نشد) عملکرد ۱/۲ تن و درحالتی‌که تنش بیشتر ادامه یافت (آبیاری تا بعد از تشکیل خوشه‌ها انجام نشد) عملکرد دانه به ۰/۸ تن در هکتار کاهش یافت. این موضوع حاکی از آن است که مراحل پنجه‌زنی و شروع تشکیل خوشه‌ها به تنش حساسیت زیادی دارند. در آزمایش حاضر نیز آبیاری تناوبی بعد از پنجه‌زنی، کاهش عملکرد بیشتری در مقایسه با آبیاری تناوبی بعد از ساقه رفتن و گل‌دهی به همراه داشت. به‌طوری‌که کاهش آب آبیاری در مراحلی که تعداد خوشه و تعداد دانه در خوشه تعیین می‌شود (قبل از گل‌دهی)، کاهش عملکرد بیشتری در مقایسه با زمانی که تنش هنگام تعیین وزن دانه اعمال می‌گردد (بعد از گل‌دهی)، به همراه دارد.

در این آزمایش، هم‌چنین مشاهده شد که کاهش عملکرد در تیمار غرقابی تا مرحله گل‌دهی و پس از آن اعمال آبیاری تناوبی، در مقایسه با تیمار آبیاری غرقابی در کل فصل، ۴/۶۸٪ است. این میزان کاهش عملکرد تا حدودی قابل پذیرش است و می‌تواند در شرایط کمبود آب برای صرفه‌جویی در آب مصرفی قابل قبول باشد. در برخی آزمایش‌ها، نتایج متفاوتی نسبت به آزمایش حاضر در رابطه با اثرهای آبیاری تناوبی به‌دست آمده است. برای مثال، اسدی و همکاران (۲) نشان دادند که اعمال آبیاری تناوبی با دور مناسب، در مقایسه با آبیاری غرقابی دائم، هیچگونه کاهش عملکردی را در پی نداشت. علت این تفاوت می‌تواند شرایط آبیاری متفاوت به‌کار رفته (برای مثال آبیاری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

جدول ۷. اثرهای ساده و متقابل روش آبیاری و رقم بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) سه رقم برنج†

تیمار آبیاری	رقم			میانگین
	فجر	شفق	چمپا	
غرقابی کل فصل	۵۷۸۴^{A‡}	۳۷۹۶^{B}	۱۹۷۰^{C}	۳۸۵۰^{a}
تناوبی کل فصل	۳۷۵۰^{A}	۲۹۶۴^{B}	۱۳۶۶^{C}	۲۶۹۳^{e}
غرقابی تا پنجه‌زنی	۳۸۷۴^{A}	۳۱۴۶^{B}	۱۴۹۴^{C}	۲۸۳۸^{d}
غرقابی تا ساقه رفتن	۳۶۱۴^{A}	۳۲۶۶^{B}	۱۶۳۰^{C}	۲۸۳۷^{c}
غرقابی تا گل‌دهی	۵۶۷۰^{A}	۳۵۸۰^{B}	۱۷۶۰^{C}	۳۶۷۰^{b}
میانگین	۴۵۳۸^{a}	۳۳۵۰^{b}	۱۷۳۴^{c}	

†: حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۵٪ است.

‡: حروف بزرگ برای مقایسه میانگین ارقام در سطح ثابتی از آبیاری به‌کار رفته است (مقایسه جداگانه ردیفی).

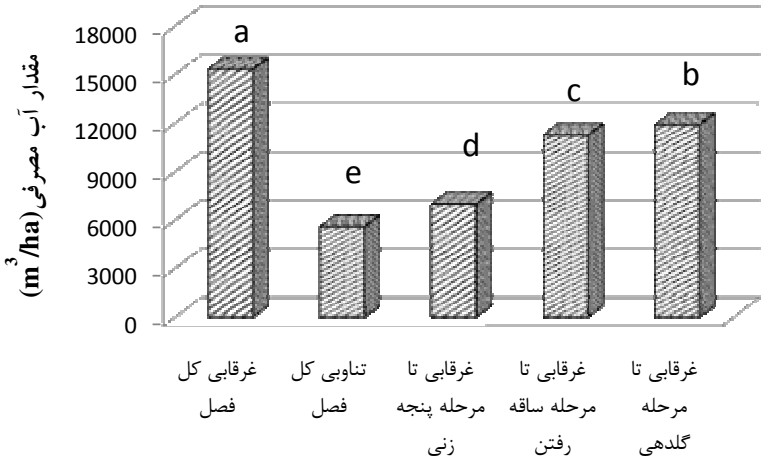
تناوبی با فواصل کوتاه) یا استفاده از ارقام متفاوت برنج باشد. به‌طوری‌که ارقام دیم (Upland) و غرقابی (Lowland) برنج واکنش متفاوتی نسبت به تیمار آبیاری نشان می‌دهند. بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد دانه وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب به رقم فجر (با ۴۵۳/۸ گرم در مترمربع) و رقم چمپا (با ۱۷۳/۴ گرم در مترمربع) تعلق داشت (جدول ۷). مقایسه میانگین‌های ارقام مختلف در هر یک از سطوح آبیاری نیز نشان داد که در هر ۵ تیمار آبیاری، بیشترین و کمترین عملکرد به‌ترتیب مربوط به ارقام فجر و چمپا بود. به عبارت دیگر، تمام ارقام واکنش یکسانی نسبت به تیمارهای آبیاری نشان دادند. در روش آبیاری غرقابی تا مرحله گل‌دهی و سپس تناوبی در کل فصل، بیشترین اختلاف عملکرد بین این دو رقم مشاهده شد. به‌طوری‌که عملکرد رقم فجر نسبت به رقم چمپا در این روش آبیاری ۶۸/۹۶٪ بیشتر بود. تحقیقات سعادتی و فلاح (۲۳) نشان داده که کاهش عملکرد محصول نه تنها به شدت و مدت تنش رطوبتی بستگی دارد، بلکه به زمان وقوع آن در مراحل مختلف رشد نیز مرتبط است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. بنابراین برای یک رقم مشخص برنج، لازم است اثر قطع آب و خشکاندن از نظر شدت و مدت خشکاندن و نیز در مرحله خشکاندن مورد ارزیابی قرار گیرد.

و) میزان آب مصرفی

میزان آب مصرفی اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد (جدول ۲). بیشرین و کمترین مقدار آب مصرفی به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری غرقابی در کل فصل و آبیاری تناوبی در کل فصل مشاهده گردید (شکل ۱). میزان کاهش مقدار آب مصرفی در تیمار آبیاری تناوبی در مقایسه با آبیاری غرقابی در کل فصل، ۷۷/۷۱٪ بود. هم‌چنین در تیمارهای آبیاری به روش غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی، غرقابی تا مرحله ساقه رفتن و غرقابی تا مرحله گل‌دهی، میزان کاهش آب مصرفی نسبت به تیمار غرقابی در کل فصل به‌ترتیب ۵۴/۳۴، ۴۰/۸۵ و ۳۶/۷۳ درصد بود (شکل ۱). لیسی و لیسی (۱۵) بیان داشتند که نیاز آب آبیاری برای برنج بدون غرقابی به میزان ۵۰-۲۰ درصد کمتراز برنج غرقابی بود و این تفاوت‌ها در مصرف آب قویاً به نوع خاک، بارندگی و عملیات مدیریت آب بستگی دارد، که با نتیجه این آزمایش مطابقت دارد. هم‌چنین مائو (۱۶) نتیجه گرفت که آبیاری تناوبی باعث کاهش مصرف آب در برنج می‌شود. به عقیده سعادتی و فلاح (۲۶) یکی از روش‌های موجود برای کاهش مصرف آب در کشت برنج، قطع موقت آبیاری و تغییر روش آبیاری از حالت سنتی و روش غرقاب دائم به روش آبیاری متناوب با اعمال دور آبیاری مناسب می‌باشد. ولی همواره یافتن دورآبیاری مناسب که ضمن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]



شکل ۱. اثر روش‌های آبیاری بر میانگین مقدار آب مصرفی برنج

کاهش مصرف آب تغییری در میزان عملکرد نیز ایجاد نکند، مسأله مهمی بوده است.

ز) شاخص بهره‌وری آب

اثر رقم، روش آبیاری و اثر متقابل آنها بر بهره‌وری مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های بهره‌وری مصرف آب نشان داد که بیشترین و کمترین راندمان مصرف آب به‌ترتیب در روش‌های آبیاری تناوبی در کل فصل و غرقابی در کل فصل حاصل شد (جدول ۸). میزان کاهش کارآیی مصرف آب در روش آبیاری غرقابی در کل فصل، غرقابی تا مرحله پنجه‌زنی، غرقابی تا مرحله ساقه رفتن و غرقابی تا مرحله گل‌دهی نسبت به آبیاری تناوبی ۶۸/۲۳، ۴۹/۴۱، ۶۰ و ۵۱/۷۶ درصد بود (جدول ۸). به عبارت دیگر، در کلیه تیمارهایی که بخشی از دوره رشد گیاه آبیاری به صورت تناوبی انجام شد، راندمان مصرف آب در مقایسه با تیمار آبیاری غرقابی افزایش یافت. این درحالی است که عملکرد دانه در این تیمارها کمتر از آبیاری غرقابی بود (جدول ۷). گویرا و همکاران (۱۰) نشان دادند که روش آبیاری تناوبی باعث افزایش راندمان مصرف آب در مقایسه با روش غرقابی می‌گردد. با توجه به اهمیت بهره‌وری در سیستم‌های کشاورزی پایدار، می‌توان گفت که افزایش بهره‌وری مصرف آب اهمیت بیشتری در مقایسه با عملکرد دارد. بین ارقام مختلف از نظر راندمان مصرف آب اختلاف معنی‌داری وجود داشت. به‌طوری‌که بیشترین راندمان مصرف آب در رقم فجر و کمترین آن در رقم چمپا مشاهده شد (جدول ۸). میزان کاهش کارآیی مصرف آب در ارقام شفق و چمپا نسبت به رقم فجر به‌ترتیب ۱۴/۲۹ و ۶۵/۰۸ درصد مشاهده گردید. در واقع، اختلاف اصلی بین ارقام برنج از نظر راندمان مصرف آب به اختلاف عملکرد دانه تولیدی آنها مربوط می‌شود (جدول ۷). میزان آب مصرفی ارقام مختلف نیز به دلیل اختلاف در طول رشد آنها، متفاوت بود. به‌طوری‌که رقم چمپا بیشترین و رقم شفق کمترین میزان مصرف آب را داشت (داده‌ها نشان داده نشده است).

مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که در کلیه ارقام، بیشترین راندمان مصرف آب مربوط به تیمار آبیاری تناوبی در کل فصل و کمترین آن مربوط به تیمار آبیاری غرقابی بود (جدول ۸). هم‌چنین در کلیه سطوح آبیاری، رقم فجر بیشترین و رقم چمپا کمترین راندمان مصرف آب را داشت. بیشترین اختلاف بین ارقام در روش آبیاری تناوبی در کل فصل مشاهده شد. به‌طوری‌که راندمان مصرف آب در رقم چمپا نسبت به فجر، ۶۴/۹۰٪ کمتر بود. به عقیده پیرمرادیان وکامگار حقیقی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

جدول ۸. اثرهای ساده و متقابل روش آبیاری و رقم بر شاخص بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) سه رقم برنج[†]

تیمار آبیاری	رقم			میانگین
	فجر	شفق	چمپا	
غرقابی در کل فصل	۰/۳۷۷^{A‡}	۰/۲۶۱^{B}	۰/۱۲۲^{C}	۰/۲۵۳^{c}
تناوبی در کل فصل	۰/۶۷۵^{A}	۰/۵۴۸^{B}	۰/۲۳۵^{C}	۰/۴۸۶^{a}
غرقابی تا پنجه‌زنی	۰/۵۵۰^{A}	۰/۴۵۸^{B}	۰/۲۱۰^{C}	۰/۴۰۶^{b}
غرقابی تا ساقه رفتن	۰/۳۲۱^{A}	۰/۲۹۳^{A}	۰/۱۴۳^{C}	۰/۲۵۳^{c}
غرقابی تا گل‌دهی	۰/۴۷۶^{A}	۰/۳۱۰^{B}	۰/۱۴۴^{C}	۰/۳۱۰^{c}
میانگین	۰/۴۸۰^{a}	۰/۳۷۴^{b}	۱۶۴/۴^{c}	

†: حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۵٪ است.

‡: حروف بزرگ برای مقایسه میانگین ارقام در سطح ثابتی از آبیاری به‌کار رفته است (مقایسه جداگانه ردیفی).

(۲۱) ارقام برنج مقاومت بالایی نسبت به کمبود آب در مراحل مختلف رشد دارند. بنابراین، آبیاری تناوبی در زراعت برنج نه تنها باعث کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌گردد، بلکه با گسترش سیستم ریشه گیاه باعث جذب بیشتر آب و مواد غذایی و در نتیجه افزایش میزان محصول در واحد سطح می‌گردد (۲۱). این موضوع در آزمایش حاضر مشاهده نشد که علت این تفاوت می‌تواند به تفاوت بین ارقام و شرایط محیطی آزمایش مربوط باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج این آزمایش نشان داد که در بین ارقام برنج مورد بررسی، رقم فجر بیشترین عملکرد دانه و شاخص بهره‌وری آب را دارا بود. در رابطه با تیمارهای آبیاری، آبیاری تناوبی باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه، وزن دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گردید. میزان کاهش این صفات بسته به این‌که آبیاری غرقابی تا چه مرحله‌ای از رشد گیاه انجام شود، متفاوت بود. به‌طوری‌که در تیمار آبیاری غرقابی تا مرحله گل‌دهی و پس از آن آبیاری تناوبی، کاهش قابل توجهی در عملکرد بیولوژیک مشاهده نشد و کاهش عملکرد دانه نیز در مقایسه با تیمار آبیاری غرقابی تنها ۴٪ بود. بنابراین در شرایط کمبود آب، با پذیرش کاهش درصدی از عملکرد می‌توان آبیاری غرقابی تا مرحله ساقه رفتن یا گل‌دهی را پیشنهاد کرد. از طرف دیگر، شاخص بهره‌وری آب در کلیه تیمارهایی که بخشی از دوره رشد برنج به‌صورت تناوبی آبیاری شده بود، در مقایسه با تیمار آبیاری غرقابی در کل فصل رشد افزایش یافت. بنابراین با توجه موضوع محدودیت آب، تیمارهای آبیاری تناوبی می‌توانند برای برنج در شرایط مشابه منطقه آزمایش توصیه شوند. برای مثال، تیمارهای آبیاری غرقابی تا مرحله ساقه رفتن و آبیاری غرقابی تا مرحله گل‌دهی که هم از نظر شاخص بهره‌وری آب بر آبیاری غرقابی در کل فصل برتری دارند و هم از نظر میزان کاهش عملکرد قابل قبول‌اند، می‌توانند توصیه شوند. در عین حال، به نظر می‌رسد اصلاح ارقامی از برنج که در شرایط آبیاری تناوبی عملکرد قابل قبولی تولید کنند یکی از نیازهای اصلاحی در این زمینه است که باید مورد توجه قرار گیرد. هم‌چنین با توجه به امکان افزایش رقابت علف‌های هرز و در نتیجه هزینه‌های کنترل آنها در کشت مستقیم برنج، پیشنهاد می‌شود هزینه‌های تولید برنج در روش‌های مختلف کشت در مطالعات اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

منابع مورد استفاده

1. Abdi, P. 2003. Evaluation of economic yield of small water supplying structure in agriculture. *Journal of Soil and Water* 19: 301-302.
2. Asadi, R., M. Rezaei and M. K. Motamed. 2004. Simple solution to deal with droughts in Mazandaran paddy. *Journal of the Dryness and Agricultural Drought* 14: 87-90.
3. Asadi, R., P. Shahin and R. Ahmadi. 2003. Introducing new methods of rice irrigation in China. *Journal of the Dryness and Agricultural Drought* 13: 13-21.
4. Ashoouri, M. and E. Amiri. 2011. Water use efficiency in rice hybrid under different water intervals and nitrogen levels. *Journal of American Scientist* 7: 238-343.
5. Belder, P., B. A. M. Bouman, J. H. J. Spiertz, R. Cabangon, L. Guoan, E. J. P. Quilang, L. Yuanhua and T. P. Tuong. 2004. Effect of water and nitrogen management on water use and yield of irrigated rice. *Agricultural Water Management* 65: 193-210.
6. Bouman, B. A. M., L. Feng, T. P. Tuong, G. Wang and H. Feng. 2007. Exploring options to grow rice under watershort conditions in northern China using a modelling approach. II. Quantifying yield, water balance components, and water productivity. *Agricultural Water Management* 88: 23-33.
7. Dittert, K., C. Kreye, X. H. Zheng, Q. R. Shen and X. L. Fan. 2002. Saving water with ground cover rice production systems (GCRPS) at the price of increased greenhouse gas emissions. PP. 197-206. *In:* Bouman, B. A. M., H. Hengsdijk, B. Hardy, P. S. Bindraban, T. P. Tuong and J. K. Ladha (Eds.), Water-wise Rice Production, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
8. Ghorbanli, M., Sh. Hashemi Moghadam and A. Fallah. 2004. Evaluation of interaction of irrigation and nitrogen on some physiological and morphological traits of rice. *Journal of Agricultural Science* 3: 415-428.
9. Grigg, B. C., C. A. Beyrouty, R. J. Norman, E. F. Gbur, M. Hanson and B. R. Wells. 2000. Rice responses to changes in floodwater and N timing in southern USA. *Field Crops Research* 66: 73-79.
10. Guerra, L. C., S. I. Bhuiyan, T. P. Tuong and R. Barker. 1998. Producing more rice with less water from irrigated systems. SWIM Paper 5, International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
11. Hoseini Monfared, R., M Moradi and M. Madandost. 2011. Comparison of flooding and alternating irrigation in rice cultivation. Agricultural Management Conference, Jahrom, Iran.
12. IRRI (International Rice Research Institute). 2005. Changes in rice farming in selected areas of Asia. Los Banos, Philippines.
13. Katozi, M., F. Rahim Zadeh Khoei and H. Sabori. 2007. Effect of irrigation management on grain filling rate and relative water content of three rice cultivars. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 47: 623-627.
14. Kim, S. C. 1995. Weed control technology of direct-seeded rice in Korea. International Symposium on Weed Control under Direct-seeded Rice, 31 July, Omagari, Akita, Japan.
15. Lacey, L. A. and C. M. Lacey. 1990. The medical importance of riceland mosquitoes and their control using alternatives to chemical insecticides. *Journal of American Mosquito Control Association* 6(S2): 1-93.
16. Mao, Z. 1996. Environmental impact of water-saving irrigation for rice. Proc. of the ICID/FAO Workshop on Irrigation Scheduling: From Theory to Practice, 12-13 September 1995, Rome, Italy.
17. Miri, H. R. 2007. Plant Stress Physiology. Kermanshah Islamic Azad University Press, 479 p.
18. Miri, H. R. 2009. Grain yield and morphophysiological changes from 60 years of genetic improvement of wheat in Iran. *Experimental Agriculture* 45: 149-163.
19. Pandey, S. and L. E. Velasco. 1998. Economics of direct-seeded rice in Iloilo: Lessons from nearly two decades of adoption. Social Sciences Division Discussion Paper, International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
20. Peng, S., B. A. M. Bouman, R. M. Visperas, A. Castaneda and H. K. Park. 2006. Comparison between aerobic and flooded rice: Agronomic performance in a long-term (8-season) experiment. *Field Crops Research* 96: 252-259.
21. Pirmoradian, N. and A. A. Kamgar Haghighi. 2000. Rice water requirement and crop coefficient in Koshkak region in Fras. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource* 15: 21-25.
22. Rezaei, M. and M. Nahvi. 2005. Effects of diffirenet irrigation managements on rice water use efficiency in Guilan. Proc. of the 9th Soil Science Conference, Karaj, Iran.
23. Rezaei, M., H. Shokri, 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: 203-210.
24. Rezaei, M., M. K. Motamed, A. Yusefi and A. Amiri. 2010. Evaluation of different irrigation managements on rice yield. *Journal of Water and Soil* 24: 565-573.
25. Saadati, N. 1996. Effect of drought stress on yield and water consumption at different stages of rice. Research Report, Iran Rice Research Institute Press, 18 p.
26. Saadati, N. and V. M. Fallah. 1995. Water Management in Rice Fields. Iran Rice Research Institute Press, 21 p.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]

27. Salemi, H. R., H. A. Abedi and M. Damadzadeh. 2004. Evaluation of response of native cultivars of rice to different levels of consumed water in Lenjan region of Esfahan. Research Report, Research Center of Fozveh-Ghahdarijan, Esfahan.
28. Shahin Rokhsar, P., N. Sharifi, B. Yaghobi, M. Kavosi and H. Shakorirad. 2011. Effect of irrigation time and nitrogen level on rice yield (cv. Hashemi). Research Report, Iran Rice Research Institude, Rasht, Iran.
29. Soleimani, A. and B. Amiri Larijani. 2003. Rice Production Principles. Arvij Press, 303 p.
30. Tabbal, D. F., R. M. Lampayan and S. I. Bhuiyan. 2002. Water-efficient irrigation technique for rice. *In:* Murty, V. V. N. and K. Koga (Eds.), Proc. of the International Workshop on Soil and Water Engineering for Paddy Field Management, 28-30 January, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
31. Tuong, T. P. 1999. Productive water use in rice production: Opportunities and limitations. *Journal of Crop Production* 2: 241-264.
32. Yang, X., B. A. M. Bouman, H. Wang, Z. Wang and J. Zhao. 2005. Performance of temperate aerobic rice under different water regimes in North China. *Agricultural Water Management* 74: 107-122.
33. Yoshida, S. 1975. Factors that limit the growth and yields of upland rice. PP. 46-71. *In:* Major Research in Upland Rice, IRRI, Los Banos, Philippines.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-07-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.2.0]