

اثر روش‌های آبیاری بر بهره‌وری آب در برنج

نعمت‌اله صداقت، همت‌اله پیردشتی^{۱*}، رضا اسدی و سید یوسف موسوی طغانی

کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

nsedaghat1347@gmail.com

دانشیار، گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی.

h.pirdashti@sanru.ac.ir

عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات برنج کشور - معاونت مازندران (آمل).

r_asadi1@yahoo.com

کارشناس ارشد گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی.

symt_1347@yahoo.com

چکیده

به منظور مقایسه و بررسی امکان کاربرد روش‌های مختلف آبیاری در مقایسه با روش سنتی و ارزیابی روش‌های مختلف آبیاری پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با دو فاکتور آبیاری در چهار سطح و رقم در دو سطح در مزرعه تحقیقاتی معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور (آمل) در سال ۱۳۹۰ به اجرا درآمد. تیمارها شامل روش‌های مختلف آبیاری شامل تناوب خشکی و رطوبت (AWD)، کشت نیمه خشک (SDC)، ترکیب آب کم عمق با تناوب خشکی و رطوبت (SWD)، روش سنتی یا غرقابی (TI) و دو رقم بومی (طارم محلی) و اصلاح‌شده (فجر) بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارقام مورد استفاده و همچنین روش‌های مختلف آبیاری از نظر مصرف آب تفاوت کاملاً معنی‌داری داشتند. با این وجود برهمکنش بین روش‌های مختلف آبیاری و ارقام، معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج، تیمار مدیریت SDC با مصرف آب $4042/5$ متر مکعب در هکتار (حدود ۵۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب)، بهره‌وری آب آبیاری $1/68$ (WP_i) کیلوگرم بر متر مکعب و بهره‌وری آب آبیاری+ بارش $1/38$ (WP_{i+w}) کیلوگرم بر متر مکعب، در مقایسه با دیگر روش‌های آبیاری (به ویژه آبیاری سنتی) بیش‌ترین کارایی را داشته است. بنابراین بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، کاهش ارتفاع آب در سطح مزرعه در روش‌های مختلف آبیاری موجب کاهش قابل ملاحظه عملکرد شلتوک نگردید، بنابراین می‌توان یکی از روش‌های کم‌آبیاری (SDC، AWD و SWD) را به ترتیب اولویت در آبیاری برنج در شرایط مشابه این پژوهش به کار گرفت.

واژه‌های کلیدی: ذخیره آب، عملکرد، مدیریت آبیاری، مصرف آب

۱ - آدرس نویسنده مسئول: ساری، کیومتر ۹ جاده دریا، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

* دریافت: اسفند ۱۳۹۱ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۳

شامل می‌شود. عرب‌زاده (۱۳۸۴) گزارش کرد که یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات در روند آبیاری بخش کشاورزی ایران، پایین‌بودن بازده آبیاری است. از دیگر عواملی که موجب پایین‌بودن بازده آبیاری بوده و هدررفت بالای آب را در پی دارد، می‌توان به سنتی بودن روش‌های آبیاری، و توزیع نامناسب آب (که در بسیاری از موارد غیر علمی است) اشاره نمود. رضایی و نحوی (۱۳۸۲) در مطالعه اثر دور آبیاری در برنج به این نتیجه رسیدند که یکی از راه‌های غلبه بر مشکل پائین بودن بهره‌وری آب آبیاری و مصرف بیش از اندازه آب در آبیاری غرقابی، استفاده از روش آبیاری تناوبی یا تر و خشک کردن اراضی شالیزاری است.

در این روش از مدیریت آبیاری به‌جای این‌که پای بوته‌ها پیوسته در آب باشد، فقط در مواقع لزوم و به اندازه مورد نیاز، آب به گیاه داده می‌شود. اسدی و همکاران (۱۳۸۳) و رضایی و نحوی (۱۳۸۲) گزارش کردند که می‌توان از روش آبیاری تناوبی به عنوان یک راهکار مدیریت آبیاری در هنگام خشکسالی و کمبود آب استفاده کرد. یوسفیان (۱۳۸۹) و کیازرمانی (۱۳۸۹) گزارش کردند متأسفانه علی‌رغم نقش مهم مدیریت آبیاری در استفاده بهینه از منابع و افزایش بازده تولید، تا کنون به میزان کافی به آن توجه نشده است، بنابراین با توجه به بحران‌های موجود در زمینه آب، طی سال‌های اخیر، لازم است از منابع آبی موجود به بهترین شکل استفاده شده و با اعمال مدیریت صحیح آبیاری، بهره‌وری آب در بخش کشاورزی در حد ممکن افزایش داده شود.

بومان (۲۰۰۷) در آزمایشی به این نتیجه دست یافتند که با اعمال مدیریت صحیح آب می‌توان، اولاً مانع کاهش عملکرد شد و ثانیاً در مصرف آب صرفه‌جویی نموده و در نتیجه بهره‌وری آب را افزایش داد. رودریک و همکاران (۲۰۱۱) در همین زمینه در پژوهشی نتیجه گرفتند که روش کم‌آبیاری تناوب خشکی و رطوبت (AWD) در حدود ۳۸٪ مصرف آب آبیاری شالیزار را

کشاورزی به عنوان یکی از بخش‌های حیاتی کشور نقش بسیار حساسی در برنامه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی دارد. در این میان کشت برنج در جایگاه خود دارای ارزش و اهمیت ویژه‌ای بوده و بعد از گندم غذای اصلی مردم جهان را تشکیل می‌دهد (پیردشتی، ۱۳۷۸، نصیری و نیک‌نژاد، ۱۳۹۰، کابانگون و همکاران، ۲۰۰۲، کوئین و همکاران، ۲۰۰۶). زراعت برنج در آسیا اصلی‌ترین منبع اشتغال و درآمد در بخش کشاورزی محسوب شده اما در عین حال این گیاه با محدودیت شدید سطح زیرکشت نیز مواجه است (سیلوا و همکاران، ۲۰۰۷؛ سینگ سامر و همکاران، ۲۰۰۸). تنش خشکی از عوامل مهم محدودکننده تولید برنج در چهل میلیون هکتار از اراضی کشت برنج در آسیا می‌باشد. بر پایه نتایج مطالعات آژانس‌های آفریکار و آکسفام (۲۰۱۰) از ۲۵ درصد آب‌های شیرین موجود در دنیا ۷۰ درصد آن در بخش کشاورزی مصرف شده که از این مقدار ۲۵ الی ۳۰ درصد آن به زراعت برنج اختصاص دارد.

آب یکی از منابعی است که در تولید محصولات کشاورزی نقش مهمی را ایفا می‌کند و چنانچه به صورت صحیح مدیریت نشود محدودیت زیادی را در مصرف آب شرب و کشاورزی بوجود می‌آورد. اسدی و محمدیان (۱۳۸۷) و هادیان و قربان‌نژاد (۱۳۸۹) گزارش نمودند که کمتر از ۵ درصد از کل آب مورد نیاز گیاه برنج که عمدتاً توسط ریشه جذب می‌شود؛ صرف تشکیل اندام‌های گیاهی شده و ۹۵ درصد باقیمانده از طریق تبخیر و تعرق از دسترس گیاه خارج می‌شود. کمبود آب در سال‌های اخیر به عنوان یک بحران مطرح گردیده و تولید برنج را در کشور دچار چالش نموده است، بنابراین برای رفع مشکل کنونی، چاره‌ای جز افزایش بهره‌وری و همچنین استفاده بهینه از آب با کیفیت پائین وجود ندارد. بومان و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند بیش‌ترین مقدار مصرف آب را در بین محصولات کشاورزی دارا بوده و حدود ۸۰ درصد کل منابع آب شیرین مصرفی آسیا را

بدون کاهش عملکرد و سود کشاورزان، کاهش داده است. ضیاءتبار احمدی (۱۳۶۸) و علی و تالوکدر (۲۰۰۸) آبیاری را به عنوان یکی از چندین عامل کلیدی در تعیین میزان سودآوری تولید برنج معرفی نمودند. انگلیش و جمس (۱۹۹۰) در طی تحقیقی به این نتیجه رسیدند کم-آبیاری به عنوان یکی از بهترین راهکارها برای گسترش سطح زیرکشت گیاهان زراعی، صرفه‌جویی در مصرف آب و شیوه‌ای مطلوب برای تولید محصول در شرایط کمبود آب است، به طوری که در این روش عملکرد گیاه آگاهانه کاهش داده می‌شود تا کاهش محصول در واحد سطح با افزایش سطح زیرکشت جبران شود.

ایگاز و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند آبیاری در زراعت برنج به علت آنکه عملیات زراعی آن از قبیل نشاکاری، کوددهی، سمپاشی و کنترل علف‌های هرز بدون وجود آب کافی ممکن نخواهد بود از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در تولید محسوب می‌شود. بومان و همکاران (۲۰۰۷)، ماهاجان و همکاران (۲۰۰۸)، سینگ سامر و همکاران (۲۰۰۸) و تانگ و بومان (۲۰۰۳) گزارش کردند برنج نسبت به دیگر گیاهان زراعی تحت آبیاری، بیش‌ترین سطح زیرکشت را دارا بوده و بازده آبیاری آن نیز نسبت به دیگر غلات کم‌تر است، به طوری که برای تولید یک کیلوگرم برنج مقدار مصرف آب از ۲۰۰۰ تا ۵۰۰ لیتر متغیر بوده که حدوداً سه برابر بیشتر از گندم است.

مائو (۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) در آزمایشی نشان داد کاربرد روش آبیاری AWD، بهره‌وری آب را به طور متوسط از ۱/۰۴ کیلوگرم بر متر مکعب در روش آبیاری غرقابی به ۱/۵۲ کیلوگرم در متر مکعب در چهار استان چین، افزایش داد. همین روش آبیاری، بهره‌وری آب را ۴۶ درصد و عملکرد دانه را تا ۶ درصد نسبت به روش سنتی (آبیاری غرقابی) افزایش داده است، در حالی که در روش آبیاری SDC (کشت نیمه‌خشک یا تر و خشک کردن اراضی شالیزاری بر اساس مراحل رشد گیاه برنج) بهره‌وری آب، تا ۷۰ درصد و عملکرد دانه تا ۹ درصد

نسبت به روش آبیاری غرقابی افزایش یافت. لی و بارکر (۲۰۰۴) گزارش کردند کاربرد تکنیک AWD در بعضی از مناطق، به علت وجود مسائل بیوفیزیکی و اجتماعی-اقتصادی، دچار مشکلات فراوانی شده است. چندین فناوری ذخیره آب در روند تولید برنج، معرفی شد (پیرمادیان و همکاران، ۱۳۸۱؛ کاتو و همکاران، ۲۰۰۶؛ لی و همکاران، ۲۰۰۴؛ کوئین و همکاران، ۲۰۰۶؛ سیلوا و همکاران، ۲۰۰۷). عباسی و سپاسخواه (۲۰۱۱) در آزمایشی در شیراز، نشان دادند که بهره‌وری آب در رقم دورودزن (۰/۵۲ کیلوگرم بر متر مکعب) بیش‌ترین و ارقام کراس دم‌سیاه و عنبربو ۲۲ (با بهره‌وری ۰/۴۰ و ۰/۳۱ کیلوگرم بر متر مکعب) به ترتیب در مقام دوم و سوم قرار دارند.

در ضمن رقم دورودزن، عنبربو- ۲۲ و کراس دم‌سیاه با یک روز تأخیر در آبیاری (آبیاری تناوبی یک روزه) عملکرد دانه بالاتری نسبت به سایر ارقام داشتند. شی و همکاران (۲۰۰۲) در آزمایشی نشان دادند که می‌توان با حفظ رطوبت خاک در حد اشباع، در مرحله‌ای از مراحل رشد و یا در تمام مراحل رشد، همگام با حصول عملکرد مطلوب، در مصرف آب نیز صرفه‌جویی کرد. سلحشور و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که آبیاری تناوبی یک روش آبیاری مناسب در اراضی شالیزاری است. علاوه بر این به کارگیری نتایج تحقیقات در عرصه‌های دیگری همانند کاربرد مدل‌های رایانه‌ای در توزیع آب و مدیریت شبکه، مصرف آب، رابطه آب و خاک، استفاده از روش‌های سنجش از دور در مدیریت آبیاری و تحقیقات در زمینه کم‌آبیاری نیز از ضرورت‌ها محسوب می‌شود. توکلی (۱۳۸۲) گزارش کرد کم‌آبیاری نیازمند مدیریتی کارآمد است که با مدیریت کلاسیک کاملاً تفاوت دارد.

در مدیریت مدیریت کم آبیاری لازم است مشخص شود که چه اندازه‌ای از کم‌آبیاری و چه نوعی از آن باید اعمال گردد، که شرط لازم آن بررسی الگوی بهینه کشت، ارزش اقتصادی، زمان کم‌آبیاری و آگاهی از

فیزیولوژی گیاه و شرایط مرفولوژی خاک است. با توجه به موارد مطرح شده و اهمیت بازنگری در شیوه‌های سنتی مصرف آب در اراضی شالیزاری و ارائه راهکارهای نوین، به هدف مطالعه مقایسه روش‌های مختلف آبیاری در اراضی شالیزاری، از نظر میزان آب مصرفی و بهره‌وری آن انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور (آمل) در سال ۱۳۹۰ انجام شد. آزمایش از نوع فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود؛ که در آن عامل اول تیمارهای آبیاری در چهار سطح (شامل روش‌های مختلف آبیاری شامل تناوب خشکی و رطوبت (AWD)، کشت نیمه خشک (SDC)، ترکیب آب کم عمق با تناوب خشکی و رطوبت

(SWD)، روش سنتی یا غرقابی (TI) و عامل دوم رقم {در دو سطح بومی (طارم محلی) و اصلاح شده (فجر)} در نظر گرفته شد. تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۲۴ عدد و مساحت کرت‌ها به ابعاد ۵ × ۲/۵ متر بود. شخم اولیه و ثانویه، تسطیح و ایجاد پشته‌های حدواسط بین کرت‌ها برای تمام کرت‌ها بطور یکسان انجام گرفت. به منظور جلوگیری از تلفات نشت جانبی، مرز کرت‌ها با پوشش نایلونی (به عمق ۵۰ سانتی‌متر) کاملاً پوشیده شده و کودهای مصرفی شامل نیتروژن، فسفر و پتاس براساس نتایج آزمون خاک جدول (۱) بطور یکسان (به ترتیب ۳۲ و ۶۴ کیلوگرم فسفات آمونیم، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم اوره و ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم به ترتیب برای رقم طارم و فجر در هر هکتار) در کرت‌ها مصرف شد. نشاکاری با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر در مرحله سه - چهار برگی (ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر) انجام شد.

جدول ۱- مشخصات خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در قطعه آزمایشی (۰ تا ۳۰ سانتی‌متری)

| بافت خاک | شن | سیلت | رس | فسفر قابل جذب | | نیتروژن کل | کربن آلی | مواد خنثی شونده | واکنش خاک | هدایت الکتریکی dSm ⁻¹ |
|------------|----|------|----|--------------------|-----|------------|----------|-----------------|-----------|----------------------------------|
| | | | | پتاسیم قابل جذب | جذب | | | | | |
| | | | | mgkg ⁻¹ | | | | | | |
| | | | | | | % | | | | |
| سیلتی لومی | ۲۲ | ۵۴ | ۲۴ | ۱۵۰ | ۶/۵ | ۰/۲۳ | ۳/۴ | ۲۷ | ۶/۸۵ | ۲/۱۴ |

اعداد جدول (۲) نشان‌دهنده ارتفاع آب در مراحل مختلف رشدی گیاه برنج، شروع آبیاری و زهکشی کرت‌ها می‌باشند. علاوه بر این، وجین دستی در دو مرحله انجام و مبارزه با آفات و بیماری‌های برنج بر اساس دستورالعمل فنی مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. آمار هواشناسی از جمله بارش، حرارت، رطوبت نسبی، سرعت باد و تبخیر از ایستگاه هواشناسی مجاور معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور (آمل) جمع‌آوری و ثبت شد جدول (۳). درصد وزنی رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد با استفاده از رابطه (۱) اندازه‌گیری و برداشت محصول پس از رسیدن و حذف حاشیه‌ها در متن هر کرت به اندازه ۲/۵ متر مربع، با توجه به ارقام مختلف در

برای محاسبه درصد رطوبت خاک در حد اشباع و زیر از وسط هر کرت نمونه‌ای با لوله پلاستیکی ۲۵ سانتی‌متری به عمق ۲۰ سانتی‌متر تهیه و در درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت درون دستگاه آون قرار گرفت. سپس با استفاده از رابطه (۱) درصد رطوبت نمونه محاسبه گردید. همچنین به منظور محاسبه درصد رطوبت وزنی عصاره اشباع، نمونه مرکب از کرت‌ها تهیه و درصد رطوبت اشباع آن بدست آمد. آنگاه با مقایسه درصد وزنی رطوبت محاسبه شده هر یک از نمونه‌ها با درصد رطوبت اشباع سنجیده شده آبیاری انجام شد. آبیاری بر اساس مرحله رشد گیاه و میزان آب مصرفی توسط کنتور اندازه‌گیری و ثبت شد جدول (۲).

$$\text{عملکرد شلشویک} \\ \text{بصرف آب} = \text{بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار)}$$

(رابطه ۲)

$$\text{عملکرد شلشویک} \\ \text{بصرف آب + بارندگی} = \text{بهره‌وری آب آبیاری + بارش (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار)}$$

(رابطه ۳)

تاریخ‌های متفاوت انجام شد. بهره‌وری آب آبیاری و آبیاری + بارش نیز در فواصل زمانی معین با استفاده از روابط مربوطه تعیین شدند (تانگ و بومان، ۲۰۰۳).

$$\text{درصد وزنی رطوبت} = \frac{\text{وزن خشک خاک} - \text{وزن تر خاک}}{\text{وزن خشک خاک}} \times 100$$

(رابطه ۱)

جدول ۲- استانداردهای کنترل آب در روش‌های مورد آزمایش

| مرحله رشد | | | | | | | |
|----------------------------|--------------|------------------------|----------------|-------------------------|------------|-------------|---|
| نشاکاری | استقرار نشاء | اوایل و اواسط پنجه‌زنی | اواخر پنجه‌زنی | مرحله ساقه‌دهی تا گلدهی | مرحله شیری | رسیدگی کامل | |
| حد پایین آب (شروع آبیاری) | TI | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | - |
| | AWD | ۰ | ۷۰٪ | ۸۰٪ | ۹۰٪ | ۷۰٪ | - |
| | SDC | ۱۵ | ۰ | ۷۰٪ | ۷۵٪ | ۷۰٪ | - |
| حد بالای آب (پس از آبیاری) | TI | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | - |
| | AWD | ۳۵ | ۲۰ | ۳۰ | ۳۰ | ۲۰ | - |
| | SDC | ۳۰ | ۳۰ | ۰ | ۰ | ۰ | - |
| حد اضافی (شروع زهکشی) | TI | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | - |
| | AWD | ۵۵ | ۵۵ | ۸۰ | ۸۰ | ۵۰ | - |
| | SDC | ۲۰ | ۵۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۳۰ | - |
| حد اضافی (شروع زهکشی) | TI | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | - |
| | AWD | ۵۵ | ۵۵ | ۸۰ | ۸۰ | ۵۰ | - |
| | SDC | ۲۰ | ۵۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۳۰ | - |
| حد اضافی (شروع زهکشی) | TI | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | - |
| | AWD | ۵۵ | ۵۵ | ۸۰ | ۸۰ | ۵۰ | - |
| | SDC | ۲۰ | ۵۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۳۰ | - |
| حد اضافی (شروع زهکشی) | TI | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | - |
| | AWD | ۵۵ | ۵۵ | ۸۰ | ۸۰ | ۵۰ | - |
| | SDC | ۲۰ | ۵۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۳۰ | - |
| حد اضافی (شروع زهکشی) | TI | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | - |
| | AWD | ۵۵ | ۵۵ | ۸۰ | ۸۰ | ۵۰ | - |
| | SDC | ۲۰ | ۵۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۳۰ | - |
| حد اضافی (شروع زهکشی) | TI | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | - |
| | AWD | ۵۵ | ۵۵ | ۸۰ | ۸۰ | ۵۰ | - |
| | SDC | ۲۰ | ۵۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۳۰ | - |
| حد اضافی (شروع زهکشی) | TI | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | - |
| | AWD | ۵۵ | ۵۵ | ۸۰ | ۸۰ | ۵۰ | - |
| | SDC | ۲۰ | ۵۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۳۰ | - |

ارتفاع آب در مزرعه (میلی‌متر)

* داده‌های جدول بیانگر ارتفاع آب در مزرعه (میلی‌متر) در روش‌های مختلف آبیاری و داده‌ها به صورت درصد نیز نشان‌دهنده میزان رطوبت اشباع برای شروع آبیاری مجدد است.

جدول ۳- آنالیزهای داده‌های هواشناسی مزرعه تحقیقاتی معاونت

موسسه برنج کشور (امل) در شش ماهه اول سال ۱۳۹۰

| ماه/پارامتر | درجه حرارت هوا (سانتی‌گراد) | | رطوبت نسبی (درصد) | | بارندگی (میلی‌متر) | تبخیر |
|-------------|-----------------------------|--------|-------------------|--------|--------------------|--------|
| | کمینه | بیشینه | کمینه | بیشینه | | |
| فروردین | ۹/۷ | ۱۹/۷ | ۶۱ | ۹۵ | ۷/۶ | ۶۴/۸۶ |
| اردیبهشت | ۱۵/۱ | ۲۲/۲ | ۶۹ | ۹۴ | ۱۶/۳ | ۸۶/۰۶ |
| خرداد | ۲۰/۸ | ۲۸/۳ | ۶۲ | ۹۲ | ۱/۴ | ۱۳۱/۲۵ |
| تیر | ۲/۵ | ۳۰/۷ | ۶۴ | ۹۵ | ۳۹/۶ | ۱۴۵/۵۲ |
| مرداد | ۲۳/۴ | ۳۳/۱ | ۵۸ | ۹۴ | ۴۵/۰ | ۱۵۷/۱۴ |
| شهریور | ۲۰/۰ | ۲۷/۹ | ۶۳ | ۹۵ | ۸۹/۴ | ۱۲۲/۰۵ |

طریق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

در نهایت داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ تجزیه واریانس و میانگین تیمارها نیز از

نتایج

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام مورد استفاده و نیز روش‌های مختلف آبیاری از نظر میزان عملکرد شلتوک، مصرف آب، بهره‌وری آب

آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری + بارش، تفاوت کاملاً معنی‌داری وجود داشت. اما دو رقم مورد استفاده در این پژوهش واکنش یکسانی به روش‌های متفاوت آبیاری نشان دادند و برهمکنش بین رقم و آبیاری معنی دار نشد (جدول ۴).

جدول ۴- میانگین مربعات صفات مرتبط با بهره‌وری مصرف آب در روش‌های مختلف آبیاری و ارقام برنج

| منبع تغییرات | درجه آزادی | عملکرد شلتوک | مصرف آب | بهره‌وری آب آبیاری | بهره‌وری آب آبیاری + بارش |
|--------------------|------------|---------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|
| بلوک | ۲ | ۲۵۲۷/۳۲ | ۹۴۷۹۳۶/۰۹ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ |
| رقم (C) | ۱ | ۱۲۴۲۴۶/۸۵** | ۷۶۲۰۰۵۲/۷۴** | ۲/۲۳** | ۱/۸۴** |
| آبیاری (I) | ۳ | ۱۸۳۲/۵۶* | ۱۳۴۸۱۷۰/۷/ ۷۵** | ۰/۶۱** | ۰/۳۲** |
| CxI | ۳ | ۵۹/۰۳ ^{NS} | ۱۴۶۲۰۴/۵۹ ^{NS} | ۰/۰۳ ^{NS} | ۰/۰۲ ^{NS} |
| خطای آزمایش | ۱۴ | ۶۳۵/۰۸ | ۳۷۴۱۷۵/۸۰ | ۰/۰۵ | ۰/۰۳ |
| ضریب تغییرات(درصد) | - | ۱۱/۴۱ | ۱۱/۴۰ | ۱۷/۴۷ | ۱۶/۱۱ |

** و * به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد و NS: عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد

مقایسه میانگین اثر ساده (جدول ۵) نشان می‌دهد روش‌های آبیاری TI و SWD از نظر عملکرد دانه هر کدام در یک گروه جدا و AWD و SDC بطور مشترک در یک گروه قرار گرفتند. در مجموع، تیمار TI (میانگین ۷۶۹۴ کیلوگرم) بیشترین مقدار عملکرد دانه را داشته و به دنبال آن روش‌های AWD (میانگین ۷۰۵۶ کیلوگرم) و SDC (میانگین ۶۸۵۶/۸ کیلوگرم) و SWD (میانگین ۶۳۵۸/۷ کیلوگرم) به ترتیب از مقدار عملکرد دانه در هکتار کمتری برخوردار بودند.

همچنین رقم فجر با میانگین ۵۹۳۰/۷ متر مکعب مصرف آب بیش‌تری نسبت به رقم طارم با میانگین ۴۸۰۳/۷ متر مکعب داشته است. بدیهی است که طول دوره رشد بیش‌تر در رقم فجر، بخشی از این اختلاف را توجیه می‌نماید. این نتیجه با یافته‌های رودریک و همکاران (۲۰۱۱). ساجونو (۲۰۱۰). یوسفیان (۱۳۸۹). مائو (۲۰۰۲) و هیاشی و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. مقایسه میانگین روش‌های آبیاری، نشان می‌دهد که تیمار آبیاری سستی (TI) با میانگین ۷۴۱۰/۳ متر مکعب

بیش‌ترین مقدار مصرف آب را داشته و به دنبال آن روش‌های AWD (با میانگین ۴۴۸۱/۷ متر مکعب) و SDC (با میانگین ۴۰۴۲/۵ متر مکعب) قرار داشتند. بهره‌وری آب آبیاری برای روش‌های آبیاری SDC و AWD به ترتیب ۱/۶۸ و ۱/۵۶ و بهره‌وری آب آبیاری+بارش ۱/۳۸ و ۱/۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب بوده است. و اختلاف معنی‌داری بین این روش‌ها وجود نداشت.

روند بهره‌وری آب آبیاری در روش‌های آبیاری TI و SWD به ترتیب برابر با ۱/۰۲ و ۱/۱۳ و برای بهره‌وری آب آبیاری+بارش به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۷ کیلوگرم بر متر مکعب بود که بین دو تیمار نیز وجود اختلاف معنی‌داری از نظر ویژگی‌های ذکر شده وجود نداشت. در این پژوهش، هر دو نسبت بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری+بارش در رقم فجر بالاتر از رقم طارم (به ترتیب ۱/۶۵ و ۱/۴۲ در رقم فجر و ۱/۰۴ و ۰/۶۸ کیلوگرم بر متر مکعب در رقم طارم) بود و روش آبیاری AWD موجب افزایش بهره‌وری آب تا ۵۵ درصد نسبت به روش سستی شد جدول (۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مرتبط با بهره‌وری مصرف آب در روش‌های مختلف آبیاری و ارقام برنج

| پارامتر* | عملکرد شلتوک (kg.ha) | مصرف آب (m ³ .ha) | بهره‌وری آب (kg/m ³) | بهره‌وری آب + بارش (kg/m ³) |
|----------|-----------------------|------------------------------|----------------------------------|---|
| رقم | | | | |
| طارم | ۴۷۱۶/۱ ^U | ۴۸۰۳/۷۰ ^U | ۱/۰۴ ^D | ۰/۶۸ ^U |
| فجر | ۹۲۶۶/۷۰ ^A | ۵۹۳۰/۷۰ ^A | ۱/۶۵ ^A | ۱/۴۳ ^A |
| آبیاری | | | | |
| TI | ۷۶۹۴/۰۰ ^A | ۷۴۱۰/۳۰ ^A | ۱/۰۲ ^D | ۰/۹۱ ^D |
| AWD | ۷۰۵۶/۰۰ ^{AD} | ۴۴۸۱/۷۰ ^C | ۱/۵۶ ^A | ۱/۳۰ ^A |
| SWD | ۶۳۵۸/۷۰ ^U | ۵۵۳۴/۴۰ ^D | ۱/۱۳ ^D | ۰/۹۷ ^D |
| SDC | ۶۸۵۶/۸۰ ^{AD} | ۴۰۴۲/۵۰ ^C | ۱/۶۸ ^A | ۱/۳۸ ^A |

* در هر ستون میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

بحث و نتیجه‌گیری

گیاه برنج در طول فصل رشد ۷۵۰ الی ۱۵۰۰ میلی‌متر و بطور متوسط ۱۲۰۰ میلی‌متر آب نیاز دارد که با اعمال یک مدیریت صحیح می‌توان مقدار آن را به ۷۰۰ الی ۸۰۰ میلی‌متر کاهش داد. با توجه به بحران‌های موجود در زمینه آب در چند سال گذشته که عمدتاً ناشی از کاهش نزولات جوی در اثر تغییرات آب و هوایی و نیز افزایش تقاضا برای آب می‌باشد لازم است از منابع آبی موجود به بهترین نحو استفاده گردد و با اعمال مدیریت صحیح آبیاری بهره‌وری آب را در بخش کشاورزی تا حد ممکن افزایش داد.

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، نیازی به ارتفاع زیاد آب در سطح شالیزار نبوده و می‌توان با توجه به شرایط منطقه و در صورت داشتن آب مطمئن، یکی از روش‌های آبیاری AWD و SDC را در زراعت برنج اعمال نمود؛ و از مزایای آن شامل صرفه‌جویی در مصرف آب (به مقدار حداقل ۳۰۰۰ تا حداکثر ۳۴۰۰ متر مکعب در هکتار)، افزایش بهره‌وری و در نهایت، کاهش هزینه تولید و افزایش درآمد کشاورزان بهره‌مند شد. با این وجود با توجه به نوپا بودن سیستم‌های آبیاری بر اساس مراحل رشد گیاه به پژوهش‌های بیشتری برای حصول اطمینان از نتایج به دست آمده نیاز می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از کمک‌های مسئولین و کارشناسان موسسه تحقیقات برنج کشور-معاونت مازندران (آمل) و

در این پژوهش، رقم فجر از بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری + بارش بالاتری نسبت به رقم طارم برخوردار بود. به نظر می‌رسد عواملی چون زودرسی، ارتفاع بلند، سطح برگ بیش‌تر، بسته شدن زودتر کانوپی و عملکرد کم در رقم طارم و بالا بودن پتانسیل عملکرد و طول دوره رویش بیشتر رقم فجر در این مورد نقش بسزایی دارند. نتایج این تحقیق نشان داد که گیاه برنج از نظر آبیاری نیازی به غرقاب دائم ندارد و در مواقع خشکسالی با داشتن آب مطمئن، می‌توان ضمن حفظ عملکرد در شرایط زارع، با صرفه‌جویی در مصرف آب، سطح بیش‌تری را از نظر آبیاری به خود اختصاص داد.

نتایج در روند مصرف و بهره‌وری آب آبیاری برنج نشان داد که مدیریت‌های مختلف آبیاری نقش بسیار مهمی در صرفه‌جویی مصرف آب و همچنین بهره‌وری آب آبیاری داشتند که با یافته‌های حاصل از این تحقیق مطابقت دارد (شیردلی و همکاران، ۱۳۸۹؛ انگلیش و جمس، ۱۹۹۰؛ کاتو و همکاران، ۲۰۰۶؛ ونوپرساد و همکاران، ۲۰۰۷). در پژوهش‌های مشابهی چنین نتیجه-گیری شد که روش آبیاری SWD به میزان ۱۸-۳ درصد، روش آبیاری AWD، به میزان ۲۵-۷ درصد و روش آبیاری SDC به میزان ۵۰-۲۰ درصد باعث کاهش آب مصرفی برنج شد (توکلی، ۱۳۸۲؛ یوسفیان، ۱۳۸۹؛ کیجن و همکاران، ۲۰۰۳؛ شی و همکاران، ۲۰۰۲). فرشی و دربندی (۱۳۸۲) بر اساس گزارش FAO اظهار داشتند

همچنین نظرات ارزشمند آقای دکتر فرهاد حبیب زاده در اجرای این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

فهرست منابع

۱. اسدی، ر. نصیری، م و محمدیان، م. ۱۳۸۷. مدیریت بهینه مصرف آب در شالیزار (شرایط کم‌آبی). انتشارات عصر ماندگار. ۱۲ صفحه.
۲. اسدی، ر. رضایی، م و معتقد، م. ک. ۱۳۸۳. راه‌حل ساده برای مقابله با خشکسالی‌ها در شالیزارهای مازندران. فصلنامه علمی- ترویجی خشکی و خشکسالی کشاورزی. ۹۰-۸۷: ۱۴.
۳. پیردشتی، ه. ۱۳۷۸. بررسی روند انتقال مجدد ماده خشک، نیتروژن و تعیین شاخص‌های رشد ارقام برنج در تاریخ‌های مختلف کاشت پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس تهران. ۱۵۸ صفحه.
۴. پیرمادیان، ن. سپاسخواه، ع و مفتول، ع. ۱۳۸۱. تاثیر کم‌آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و بازده مصرف آب برنج. یازدهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۱۲ صفحه.
۵. توکلی، ع. ۱۳۸۲. کم‌آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳ صفحه.
۶. رضایی، م و نحوی، م. ۱۳۸۲. بررسی اثر دور آبیاری بر عملکرد برنج. مجموعه مقالات یازدهمین همایش آبیاری و زهکشی. تهران.
۷. سلحشور دلپوند، ف. ناظمی، ا.ح و یزدانی، م. ر. ۱۳۸۸. بهبود مدیریت توزیع آب در اراضی شالیزاری. دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی. صفحه ۳۱۴-۳۱۹.
۸. شیردلی، ع. حسینیها، ح. و یوسفیان، م. ۱۳۸۹. مطالعه بهره‌وری آب در کشت نشایی برنج. چهاردهمین همایش ملی برنج کشور(ساری). ۱۱ صفحه.
۹. ضیاءتباراحمدی، م. خ. ۱۳۶۸. آبیاری برنج. انتشارات دانشگاه مازندران، ۴۳ صفحه.
۱۰. عرب زاده، ب. ۱۳۸۴. بررسی کم‌آبیاری تنظیم‌شده در کشت نشایی برنج رقم فجر. انتشارات معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور. ۲۴ صفحه.
۱۱. فرشی، ع. ا و دربندی، ص. ۱۳۸۲. مدیریت آب آبیاری در مزرعه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۱۷۸ صفحه.
۱۲. کیازرمانی، ح. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تاریخ کاشت و خشکی آخر فصل بر خصوصیات کمی و کیفی شش رقم برنج در شمال ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد. ۱۳۳ صفحه.
۱۳. نصیری، م و نیک نژاد، ی. ۱۳۹۰. عوامل ایجاد خسارت در مزارع برنج. انتشارات وارث وا. ۸۳ صفحه.
۱۴. هادیان، س. ح و قربان نژاد، ا. ۱۳۸۹. مدیریت مصرف بهینه آب در شالیزار. ناشر مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی مازندران. ۲۳ صفحه.
۱۵. یوسفیان، م. ۱۳۸۹. مطالعه بهره‌وری آب در کشت نشایی برنج (ارقام طارم و شیرودی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان. ۸۹ صفحه.
16. Abbasi, M. R., and A. R. Sepaskhah. 2011. Response of different rice cultivars (*Oryza sativa*) to water-saving irrigation in greenhouse conditions. *International Journal of Plant Production*. 5(1): 37-48.
17. Africare Oxfam America. WWF-ICRISAT Project (2010). *More Rice for People, More Water for the Planet*. WWF-ICRISAT Project, Hyderabad, India.
18. Ali, M. H., and M. S. U. Talukder. 2008. Increasing water productivity in crop production-A synthesis. *Agriculture Water Management*. 95: 1201-1213.

19. Bouman, B. A. M., Lampayan, R. M., and T. P. Tuong. 2007. Water management in irrigated rice: coping with water scarcity. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 54 p.
20. Bouman, B. A. M. 2007. A conceptual framework for the improvement of crop water productivity at different spatial scales. *Agricultural Systems*. 93: 43–60.
21. Cabangon, R. J., Toung, T. P., and N. B. Abdullah. 2002. Comparing water input and water productivity of transplanted and direct-seeded rice production systems. *Agriculture Water Management*. 57: 11–31.
22. English, M. J., and L. G. James. 1990. Deficit irrigation. II: Observation on Colombia basin. *ASCE, Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 116: 413-426.
23. Hayashi, S., Kamoshita, A., and J. Yamagishi. 2006. Effect of planting density on grain yield and water productivity of rice (*Oryza sativa* L.) grown in flooded and non-flooded fields in Japan. *Plant Production Science*. 9(3): 298-311.
24. Iguaz, A., Rodriguez, M., and P. Virseda. 2005. Influence of handling and processing of rough rice on fissured and head rice Yields. *Journal of Food Engineering*. (77): 803-809.
25. Kato, Y., Kamoshita, A., Yamagishi, J., and J. Abe. 2006a. Growth of three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under upland conditions with different levels of water supply. I. Nitrogen content and dry matter production. *Plant Production Science*. 9(4): 422-434.
26. Kato, Y., Kamoshita, A., and J. Yamagishi. 2006b. Growth of three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under upland conditions with different levels of water supply. 2. Grain yield. *Plant Production Science*. 9(4): 435-445.
27. Kijne, J.W., Barker, R., and D. Molden. 2003a. *Water Productivity in Agriculture: UK, Wallingford Limits and Opportunities Improvement*. CAB International.
28. Li, Y. and R. Barker. 2004. Increasing water productivity for paddy irrigation in China, *Paddy and Water Environmental*. 2(4): 187-193.
29. Mahajan, G. T. S., Bharaj, K., and J. Timsina. 2008. Yield and water productivity of rice as affected by time of transplanting in Punjab, India. *Agricultural Water Management*. 96:525-532.
30. Mao, Z. 2001. Water efficient irrigation and environmentally sustainable irrigated rice production in China. Wuhan University. Department of Irrigation and Drainage. 15p.
31. Mao, Z. 2002. "Water Efficient Irrigation and Environmentally Sustainable Irrigated Rice Production in China," International Commission on Irrigation and Drainage. http://www.icid.org/wat_mao.pdf.
32. Qin, J., Hu, F., Zhang B., Wei, Z., and H. Li. 2006. Role of straw mulching in noncontinuously flooded rice cultivation. *Agriculture Water Management*. 83:252–260.
33. Roderick, M., Florencia, G. R., Rodriguez, G. D. P., Lampayan R.M., and B.A.M. Bouman. 2011. Impact of the alternate wetting and drying (AWD) water-saving irrigation technique: Evidence from rice producers in the Philippines. *Food Policy*. 36(2): 280-288.
34. Shi, Q., Zeng, X., Li, M., Tan, X., and F. Xu. 2002. Effects of different water management practices on rice growth. In: B. Bouman, H. Hengsdijk, B. Hardy, P.S. Bindraban, T.P.
35. Silva, M. A., gifon, J. L., Da silva, J. A. G., and V. Sharma. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 19: 193-201.
36. Singh Samar, J. K., Ladh, R. K., Bhushan, G. L., and A. N. Raob. 2008. Weed management in aerobic rice systems under varying establishment methods. *Crop Protection*. 27: 660–671.
37. Sujono, J. 2010. Flood reduction function of paddy rice fields under different water saving irrigation techniques. *Water Resource and Protection*. 2: 555-559.
38. Tuong, T. P., and B. A. M. Buman. 2003. Rice Production in water scarce environments. pp. 53-67. Kijne J.W., Barker R., and Molden D.(eds). *Water Productivity in agriculture, limits and opportunities for improvement*. International Water Management.
39. Venuprasad, R., Lafitte, H. R., and G. N. Atlin. 2007. Response to direct selection for grain yield under drought stress in rice. *Crop Science*. 47:285- 293.

