اثر کم‌آبیاری تنظیم‌شده و خشکی بخشی ریشه بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب برنج در روش جوی وپشته وکرتی

مصطفی یوسفیان، علی شاهنظری[۱] *، میرخالق ضیاءتبار احمدی، محمود راینی سرجاز و بهروز عربزاده

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
mostafa_uosefian@yahoo.com
دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
aliponh@yahoo.com
استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
mzahmadi@yahoo.com
استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
raeini@yahoo.com
استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور –معاونت آمل.
beh_arabzadeh@yahoo.com

Archive of SID

چکیده

با توجه به بروز بحران خشکسالی طی سالهای اخیر در سطح جهان، استفاده از روشهای کشت جایگزین که ضمن حفظ میزان عملکرد، موجب صرفه‌جویی در مصرف آب شود، رو به افزایش است. لذا به‌منظور ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد و میزان بهره‌وری آب در برنج هاشمی تحت رژیم‌های مختلف‌آبیاری و مقایسه آن با روش غرقاب، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران طی دو سال زراعی ۱۳۹۴و ۱۳۹۵ انجام گردید. تیمارها شامل دو روش کم‌آبیاری تنظیم شده (آبیاری همه جویچه ها) و خشکی بخشی ریشه(آبیاری یک در میان جویچه ها)، هر کدام با سه سطح تنش خشکی۱۰، ۳۰، و ۶۰ کیلوپاسکال (RDI_{10}، PRD_{10}، RDI_{30}، PRD_{30}، RDI_{60} و PRD_{60}) در کشت جوی‌و پشته و تیمارآبیاری کرتی با مدیریت غرقاب دایم در زمین گلخراب به روش سنتی به‌عنوان تیمار شاهد (FI) و در سه تکرار انتخاب گردید. در هر تیمار میزان عملکرد، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول خوشه، تعداد دانه پر، وزن هزار دانه، آب مصرفی و میزان بهره‌وری آب بر اساس میزان محصول تولید شده در ازای حجم آب مصرف شده(kg/m^3) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد دانه پر، وزن هزار دانه، آب مصرفی و میزان بهره‌وری در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار از لحاظ آماری داشته است. طبق نتایج این آزمایش، اگرچه بیشترین عملکرد در تیمار غرقاب دائم آبیاری بدست آمد، اما کاهش عملکرد در تیمارهای با تنش جزیی (RDI_{10} و PRD_{10}) ناچیز می‌باشد، همچنین استفاده از روش خشکی بخشی ریشه(PRD) موجب کاهش چشمگیر مصرف آب و افزایش بهره‌وری می‌شود، به‌طوری‌که تیمارPRD_{10} موجب ۳۲درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به تیمار شاهد شده و بیشترین میزان بهره‌وری آب براساس شاخصCPD در تیمارPRD_{30} به‌مقدار۰/۷۲۴کیلوگرم شلتوک بر مترمکعب آب مصرفی محاسبه گردید. براساس نتایج، اعمال خشکی بخشی ریشه در مقایسه با کم‌آبیاری تنظیم‌شده با تنش مشابه ضمن اینکه مصرف آب کمتری داشت، عملکرد و بهره‌وری آب بالاتری را نشان می‌داد، به‌طوریکه متوسط مصرف آب تیمارPRD_{10} در دو سال نسبت به تیمارRDI_{10} حدود ۱۵درصد کاهش داشت درحالی‌که عملکرد آن بیش از یک درصد و بهره‌وری آن بیش از ۱۸درصد(متوسط دو سال) بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری یک در میان جویچه ها، خشکی بخشی ریشه، کشت روی جوی و پشته، کم‌آبیاری برنج

---

۱ – آدرس نویسنده مسوول: مازندران– ساری– دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری– دانشکده مهندسی زراعی– گروه مهندسی آب
*– دریافت: آذر ۱۳۹۶ و پذیرش: مرداد ۱۳۹۷

www.SID.ir

مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون نیاز به مواد غذایی و کاهش منابع آبی در سطح جهان، بروز بحران دور از انتظار نیست. با روند فعلی جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ به‌بیش از هشت میلیارد نفر می‌رسد، لذا باید سطح اراضی تحت آبیاری ۲۰ درصد و مقدار تولید محصول ٤۰ درصد افزایش یابد تا جوابگوی نیاز غذایی در سطح جهانی باشد. (لیو و همکاران، ۲۰۰۸) علاوه بر این، بررسی‌های انجام شده در زمینه سرانه منابع آب تجدید شونده در جهان نشان می‌دهد که در سال ۱۹۵۰ ایران جزء مناطقی با سرانه آب تجدید شونده‌ی بین ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مترمکعب بوده است، درحالیکه پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ سرانه منابع آب تجدیدشونده در ایران کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب باشد. از این‌رو برنامه‌ریزی و بهره‌برداری صحیح و بهینه از منابع آب در جهت توسعه پایدار الزامی است. (گلابی و همکاران، ۱۳۸۵)

با توجه به تنوع زیاد شرایط محیطی و ارقام مختلف برنج یک روش استاندارد برای آبیاری وجود ندارد. لذا سوء مدیریت یا ترس از خطر خشکی در طول فصل رشد موجب افراط در استفاده از آب می‌گردد. در شالیزار معمولاً آبیاری بصورت غرقاب دائم صورت می‌گیرد، زیرا تهیه سیستم‌های مناسب آبیاری و کنترل آب آبیاری آسان و عملی نمی‌باشد. (رضوی پور، ۱۳۷٤) آبیاری شالیزار از مهمترین عملیاتی است که باید در زراعت برنج به‌دقت انجام شود. مقدار آب مورد نیاز برای برنج به عوامل متعددی نظیر روش کاشت، ابعاد کرت، تراکم بوته، مقدار مصرف کود، نوع و بافت خاک، شرایط زهکشی و اقلیمی و اکولوژیکی و رقم بستگی دارد. بحرانی‌ترین مرحله از نظر نیاز آبی در برنج در حدود ۱۰ روز قبل از گلدهی تا هنگام گلدهی می‌باشد. تنش خشکی در این مرحله موجب افزایش درصد عقیمی دانه‌ها و کاهش عملکرد می‌شود. تنش آب در دوره رویشی نیز موجب کاهش ارتفاع گیاه، تعداد پنجه‌ها و سطح برگ می‌شود اما در صورت تأمین آب و وجود زمان کافی تا گلدهی، گیاه خود را ترمیم خواهد کرد. (اصفهانی، ۱۳۷۷) برنج نسبت به دیگر گیاهان زراعی تحت آبیاری، بیشترین سطح زیرکشت را داشته و بازده آبیاری آن نسبت به سایر غلات کمتر است، به‌طوریکه آب مصرفی برای تولید یک کیلوگرم برنج بین ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ لیتر متغیر می‌باشد که حدوداً سه برابر بیشتر از گندم است. (ماهاجان و همکاران ۲۰۰۸)

یکی از روش‌های آبیاری در کشاورزی، آبیاری شیاری می‌باشد. در این روش آب به صورت جانبی از دیواره‌های شیارهای موجود، به زیر پوشش گیاهی نفوذ می‌کند. در این روش که برای کشت انواع گیاهان مورد استفاده قرار گرفته شده است، عدم وجود لایه‌ی آب در سطح زمین، تبخیر را کاهش می‌دهد. طی نتایج آزمایشات مزرعه‌ای در شمال مصر مشخص گردید که می‌توان کاربرد آب آبیاری در مزارع برنج را بدون به خطر انداختن عملکرد برنج یا بدون افزایش هزینه تولید، به‌طور قابل توجهی کاهش داد. طبق نتایج این تحقیق، استفاده از روش کاشت در فارو ۳۱/٦ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی می‌کند و عملکرد را ۳/۷ درصد نسبت به روش سنتی کشت افزایش می‌دهد. (البابلی و همکاران، ۲۰۰۸) کم‌آبیاری تنظیم شده[۲] و خشک کردن بخشی ریشه[۳] دو روش کم‌آبیاری می‌باشد که موجب کاهش مصرف آب نسبت به آبیاری کامل می‌شود. در کم‌آبیاری، میزان کاهش آب بسته به نوع گیاه متفاوت بوده و معمولاً بدون کاهش عملکرد و گاهی با کاهش جزیی بوده که اعمال آن موجب افزایش بهره‌وری آب می‌گردد. (انگلیش و همکاران، ۲۰۰۸)

کم آبیاری تنظیم شده نوعی آبیاری می‌باشد که در آن، با تامین بخشی از نیاز گیاه در زمان‌های مشخص، به مدیریت مصرف آب پرداخته می‌شود و به همین دلیل در اکثر مواقع خاک منطقه ریشه خشک می‌باشد، لذا این

۲ Regulated Deficit Irrigation

۳ Partial Root zone Drying

Archive of SID

www.SID.ir

روش تا حدودی رشد گیاه را متوقف کرده و معمولاً باعث کاهش عملکرد می‌گردد. (جوانوویچ و همکاران، ۲۰۱۰) خشک کردن بخشی (موضعی) ریشه فرم اصلاح شده کم آبیاری است که شامل آبیاری تنها یک بخش از منطقه ریشه در هر آبیاری و خشک گذاشتن یک بخش دیگر است، به‌نحوی که رطوبت این بخش قبل از آبیاری تا حد زیادی پایین بیاید. (احمدی و همکاران، ۲۰۱۰) در تکنیک خشکی بخشی ریشه، قسمتی از ریشه گیاه آبیاری شده و قسمتی دیگر خشک باقی می‌ماند. آن قسمت که خشک باقی می‌ماند با فرستادن پیام به اندام هوایی، نسبت به خشکی عکس العمل نشان داده و باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش مصرف آب توسط گیاه می‌گردد. (دیویس و ژانگ، ۱۹۹۱) ایده استفاده از خشکی بخشی ریشه به عنوان روشی برای تغییر واکنش گیاه به کمبود آب از جایی نشأت گرفت که در تعدادی از گونه‌های زراعی به عنوان مثال سویا مشاهده شد که آبسزیک اسید (ABA) تولید شده توسط ریشه می‌تواند به ساقه منتقل شده و باعث تنظیم روزنه برگ شود. (لیو و همکاران، ۲۰۰۸) آبسزیک اسید هورمون گیاهی است که در خاک-هایی که در حال خشک شدن می‌باشند، تولید آن توسط ریشه افزایش یافته و توسط جریان آب در آوند چوبی ساقه حمل می‌شود؛ بنابراین در این روش کم آبیاری، ریشه‌های گیاه همزمان با خشک شدن خاک با تولید آبسزیک اسید، جلوی گسترش برگ را گرفته و از خروج آب توسط روزنه‌ها کم می‌کنند. همزمان با این فرآیند، ریشه‌ی واقع در قسمت مرطوب با جذب آب کافی، گیاه را در وضعیت مناسب رطوبتی قرار می‌دهند.

(کانگ و ژانگ، ۲۰۰٤) زمانی که تخلیه آب خاک از سمت خشک ناچیز است، آبیاری باید از سمت مرطوب به سمت خشک تغییر جهت دهد. (کریدمن و گودوین،۲۰۰۳) همچنین لیو و همکاران اظهار داشتند که در رطوبتی از خاک که در آن، حداکثر اسید آبسیزیک غلظت آوند چوبی تولید می‌شود، باید تعویض جهت آبیاری باید انجام شود. (لیو و همکاران، ۲۰۰۸) در تحقیقی که رضایی استخرویه (۱۳۹۱) در دانشگاه شهید باهنر کرمان بر روی گیاه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ انجام داد، مشخص شد که استفاده از آبیاری جوی و پشته‌ایی یک در میان، کارآیی معادل ۲/۱۳ کیلوگرم دانه به‌ازای مترمکعب آب داشته و این درحالی است که کارآیی تیمار شاهد ۱/۱٦ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب می‌باشد. همچنین مشخص گردید بهترین دور آبیاری برای ذرت دانه‌ایی در منطقه کرمان ۱٤ روزه می‌باشد.

روشهای مختلفی وجود دارد که بر اساس آنها می‌توان زمان آبیاری را مشخص کرد. از روشهای معمول محاسبه رطوبت خاک، روش جرمی و حجمی، تانسیومتر، بلوک گچی، نوترونمتر و یا حتی با استفاده از دست است. تانسیومتر ساده‌ترین وسیله جهت تعیین رطوبت خاک است. دامنه تانسیومتر محدود بوده و بین ۰ تا ۸۰- کیلوپاسکال را نشان می‌دهد. عدد صفر تا ۱۰ نشانه اشباع بودن خاک می‌باشد. عدد ۱۰ تا ۳۰ نشان‌دهنده این است که خاک در وضعیت ظرفیت مزرعه بوده و عدد ٦۰ الی ۷۰ نشان دهنده بروز تنش آبی می‌باشد. (علیزاده، ۱۳۷۸) روند نزولی منابع در دسترس آب باعث نگرانیهای عمومی و موضوع بسیاری از مطالعات و پژوهشهای در دست انجام در بسیاری از مناطق می‌باشد. گرچه باور عمومی این است که استانهای برنج‌خیز شمالی از این امر مستثنی می‌باشد ولی خشکسالی‌های اخیر نشان داد که این مناطق نیز در معرض چنین خطراتی قرار دارند. لذا یافتن روشهای جدید کشت برنج که ضمن حفظ عملکرد، موجب کاهش مصرف آب و استفاده بهینه از منابع آبی موجود شوند امری ضروری به‌نظر می‌رسد. با توجه به تحقیقات انجام شده می‌توان بیان کرد که استفاده از کم آبیاری، ضمن حفظ عملکرد می‌تواند تا حدود زیادی موجب کاهش آب مصرفی شود. با توجه به اهمیت برنج در سبد غذایی کشور و اینکه کم‌آبیاری به روش خشکی بخشی ریشه تا کنون در اراضی شالیزاری انجام نشده است، با انجام این آزمایش می‌توان تاثیر این روش را بر کاهش مصرف آب برنج رقم هاشمی و بررسی اثرات کم

Archive of SID

www.SID.ir

آبیاری تنظیم شده و خشکی موضعی ریشه بـر عملکـرد و اجزای عملکرد و میـزان مصـرف آب در کشـت جـوی و پشته‌ای و مقایسه آن با روش سنتی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دوسال زراعی (بهـار و تابسـتان ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵) در مؤسسـه تحقیقـات بـرنج- معاونـت مازندران با مشخصات عرض جغرافیایی ۳٦ درجـه و ۲۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۹/۸ متر از سطح دریا، واقع در کیلـومتر هشـت جاده آمل - بابل انجام پذیرفت. این طرح در قالب بلوک-های کامل تصادفی و رقم مورد مطالعه هاشمی بوده است. تیمارهای آزمایش شامل:

FI - غرقاب دائم در زمین گلخراب به عنوان تیمار شاهد

RDI_{10}- آبیاری تمامی جویچه‌ها هنگام رسیدن عدد تانسیومتر به ۱۰ کیلوپاسکال

PRD_{10}- آبیاری یک در میان جویچه‌ها هنگام رسیدن عدد تانسیومتر به ۱۰ کیلوپاسکال

RDI_{30}- آبیاری تمامی جویچه‌ها هنگام رسیدن عدد تانسیومتر به ۳۰ کیلوپاسکال

PRD_{30}- آبیاری یک در میان جویچه‌ها هنگام رسیدن عدد تانسیومتر به ۳۰ کیلوپاسکال

RDI_{60}- آبیاری تمامی جویچه‌ها هنگام رسیدن عدد تانسیومتر به ٦۰ کیلوپاسکال

PRD_{60}- آبیاری یک در میان جویچه‌ها هنگام رسیدن عدد تانسیومتر به ٦۰ کیلوپاسکال می‌باشند که در سه تکرار و در داخل یک قطعه زراعی ۵۰۰ متر مربعی به ابعاد ۲۰×۲۵ متر به‌اجرا درآمد. منبع آب شامل یک حلقه چاه عمیق بوده که در مرکز موسسه برنج و در نزدیکی زمین مورد نظر قرار گرفته است. کیفیت آب چاه جهت کشت برنج مناسب بوده و شوری متوسط آن ۰/۸٤۸ds/m و pH آن در محدوده ۷/۱ تا ۷/٦ می‌باشد. بافت خاک مزرعه مورد نظر از نوع لوم رسی بوده و شوری عصاره اشباع آن حدود یک دسی زیمنس بر متر بوده است.

در این طرح روش کشت به صورت جوی و پشته‌ایی می‌باشد که به‌صورت نشایی انجام شد. پس از جداسازی دانه‌های پوک و شکسته (توسط محلول آب نمک) و ضدعفونی نمودن آن، بذور جوانه‌دار شده و سپس بذرپاشی در خزانه انجام گرفت. عملیات نگهداری از خزانه طبق روشهای مرسوم و براساس توصیه‌های فنی کارشناسان انجام شده و پس از چهار برگی شدن نشاءها (سال اول ۲۵ روز و سال دوم ۲۷ روز پس از بذرپاشی) عملیات انتقال نشاء به زمین اصلی، به‌ترتیب دوسال در سوم و هفتم خرداد آغاز گردید. به‌منظور آماده‌سازی زمین ابتدا توسط تراکتور، سطح مزرعه به‌وسیله خاک‌برگردان تا عمق ۲۰ سانتی‌متر شخم زده شده و پس از آن جهت سبز شدن بذر علف‌های هرز موجود در خاک، آبیاری به ارتفاع دو سانتیمتر (۲۰۰ m/ha) انجام شد. سپس به‌منظور کنترل علف‌های هرز، سطح زمین سم‌پاشی شده و بعد از آن توسط روتاری خاک سطح الارض مزرعه تا حدودی نرم شده و برای احداث جوی و پشته آماده گردید. مساحت هر کرت آزمایشی ۲۰ متر مربع می‌باشد که شامل هفت عدد فارو به‌طول هشت متر می‌باشد که انتهای آن مسدود شده است.

در روش کشت فارو ابعاد جویها و پشته‌ها با توجه به نوع کشت، بافت خاک، وضعیت توپوگرافی و تعداد بوته‌های کاشته شده (درعرض پشته) متغیر می‌باشد. با توجه به اینکه بافت زمین نسبتاً سنگین بوده به منظور مرطوب شدن پشته‌ها جهت نشاکاری، ابتدا هریک از کرتهای فارو به‌میزان ۱۰۰۰ لیتر آبیاری شد نشاکاری در بالای پشته‌ها (مرکز پشته) صورت گرفت. ارتفاع پشته‌ها از کف جویچه ۱۵ سانتیمتر و عرض جویچه‌ها از یکدیگر ۳۰ سانتیمتر و عرض قسمت بالای پشته پنج سانتیمتر بوده است. با توجه به اینکه فاصله عرضی بین دو بوته حدوداً ۳۵ سانتیمتر و فاصله بوته‌ها روی پشته ۱۵ سانتیمتر می-باشد، تراکم کاشت ۱۹۰ هزار بوته در هکتار به دست می-آید. به‌منظور مقایسه این روش با روش سنتی، در سه کرت محصور شده به ابعاد چهار در پنج متر در زمین پادل

Archive of SID

www.SID.ir

شده نشاءکاری با فواصل بوته ۲۰ در ۲۰ سانتیمتر صورت گرفت که به عنوان تیمار شاهد محسوب گردید. مقدار مصرف آب در تیمارهای مختلف با کنتور حجمی اندازه گرفته شده و با توجه به میزان بارش طی دوره رشد کل آب مصرفی برای هر تیمار محاسبه گردید. به‌منظور تعیین زمان آبیاری، با استفاده از دستگاه تانسیومتر که در داخل پشته‌ها (عمق ۱۰ سانتیمتر) نصب شده است، پس از رسیدن رطوبت به محدوده مورد نظر آبیاری صورت پذیرفت. با توزین خاک مرطوب و خاک خشک شده در آون خاک رطوبت حجمی خاک مزرعه در مکش ۱۰، ۳۰ و ٦۰ تانسیومتر به‌ترتیب برابر ۳۹/۵، ۳۱/۳ و ۱۸/۷ درصد محاسبه شد.

در این آزمایش کود اوره ۱۵۰ کیلوگرم و کودهای فسفر و پتاسیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم مصرف گردید. ۷۰ درصد اوره به صورت پایه و ۳۰ درصد آن در زمان تشکیل خوشه مصرف گردید. کود فسفر کامل به صورت پایه و کود پتاس نیز ۵۰ درصد به شکل پایه و ۵۰ درصد آن در زمان تشکیل خوشه به شکل سرک مصرف گردید. کود پایه قبل از ایجاد فارو در خاک مخلوط شده و کود سرک قبل از انجام آبیاری داخل جوی‌ها پاشیده شد.

به‌منظور محاسبه صفات مورد بررسی، ارتفاع بوته و تعداد پنجه مفید در زمان خوشه‌دهی اندازه گرفته شده و پس از رسیدن محصول از هریک از تیمارها ۱۰ خوشه سالم جدا و تعداد دانه کل، وزن هزار دانه و طول خوشه برای هر تیمار محاسبه شد. همچنین جهت محاسبه عملکرد، در تاریخ چهارم شهریور ۹٤ و پنجم شهریور ۹۵ برداشت از سطح پنج مترمربع صورت گرفت و پس از خرمنکوبی وزن و رطوبت شلتوک بدست آمده محاسبه شده و عملکرد دانه برای تیمارهای مختلف برحسب کیلوگرم در هکتار در رطوبت ۱٤ درصد محاسبه گردید. با توجه به عملکرد و آب مصرفی در هریک از تیمارها بهره‌وری آب بر اساس شاخص CPD[4] از تقسیم وزن عملکرد شلتوک بر حجم آب مصرفی در واحد سطح (یک هکتار) محاسبه می‌گردد. آمار دو ساله هواشناسی از ایستگاه هواشناسی مستقر در جنب مزرعه جمع‌آوری شد که نتایج مربوط به دمای میانگین و بارندگی ماهانه در جدول شماره ۱ آمده است.

حجم آب مصرفی / میزان محصول تولید شده=CPD

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد شلتوک، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول خوشه، تعداد دانه، وزن هزار دانه، آب مصرفی و بهره‌وری آب بر اساس شاخص CPD طی دو سال زراعی ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ در جدول ۲ نشان داده شده است. بر این اساس، اثر تیمارهای آبیاری در هر دو سال بر تمامی صفات مذکور در سطح احتمال یک درصد از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد. اثر متقابل سال در تیمار در هیچ یک از صفات مورد نظر معنی‌دار نشد و اثر سال نیز بر عملکرد، آب مصرفی و شاخص CPD در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است.

[4] Crop Per Drop

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقادیر دما و بارش توسط ماهانه

ماه	اردیبهشت		خرداد		تیر		مرداد	
سال	دما(C)	بارش(mm)	دما(C)	بارش(mm)	دما(C)	بارش(mm)	دما(C)	بارش (mm)
۱۳۹۴	۱۹/۸	۹/۸	۲۶	۰	۲۷	۵۷/۲	۲۷/۴	۳۲/۶
۱۳۹۵	۲۰/۶	۴۱/۴	۲۵/۲	۱۸	۲۶/۴	۵۳/۸	۲۷/۸	۰

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب اثرتیمارهای آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد	ارتفاع بوته	تعداد پنجه	طول خوشه	تعداد دانه کل	وزن هزار دانه	آب مصرفی در هکتار	شاخصCPD
اثر بلوک	۲	۷۲۲۱/۴۳	۶/۴۲	۰/۹۷	۰/۱۱	۱/۲۲	۰/۲۹	۶۶۴۳۹/۹	۰/۰۰۰۹
تیمار	۶	۱۴۳۵۹۳۷/۳**	۶۹۹/۷**	۲۴/۱۴**	۱۷/۴۲**	۲۳۹/۷۷**	۴/۲۱**	۸۶۱۲۰۶۵/۱**	۰/۰۴۸**
سال	۱	۲۷۷۷۱/۴۳*	۰/۵۷ n.s	۰/۰۰۸ n.s	۰/۴۴ n.s	۱/۱ n.s	۰/۰۰۱ n.s	۵۴۹۳۷/۱۷*	۰/۰۰۳۱*
سال*تیمار	۶	۲۳۹۹/۲۱ n.s	۰/۳۴ n.s	۰/۲۳ n.s	۰/۴۶ n.s	۱/۷۸ n.s	۰/۰۵ n.s	۲۶۹۹/۲۸ n.s	۰/۰۰۰۲ n.s
خطا	۱۲	۳۳۳۱/۶۸	۱۰/۰۳	۰/۲۲	۰/۴۸	۴/۹۵	۰/۲۲	۱۱۱۱۷/۴۴	۰/۰۰۰۱۱
ضریب تغییرات (٪)		۱/۵۴	۲/۶۰	۴/۰۱	۲/۶۱	۱/۹۶	۲/۰۱	۱/۷۹	۱/۶۴

*، ** و n.s به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌دار بودن

مقایسه میانگین تیمارها برای صفات اندازه‌گیری شده طی دوسال زراعی ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. بیشترین میزان عملکرد شلتوک در تیمار FI (شاهد) به میزان ٤۲۰۰ و ٤۲۵۰ کیلوگرم در هکتار طی دوسال بوده است که در کلاسی متفاوت از بقیه تیمارها قرار گرفته است. کمترین مقدار عملکرد نیز در هر دو سال در تیمار RDI_{60} بوده که مقدار آن به ترتیب ۳۰۰۳/۳ و ۲۹۹۳/۳ بوده است. همچنین PRD_{10} با عملکردی معادل ٤۰۹٦/۷ و ٤۱۷٦/۷ کیلوگرم در هکتار طی دو سال پس از FI بیشترین میزان عملکرد را داشته و میانگین کاهش آن نسبت به تیمار FI در دو سال حدود دو درصد بوده است. با مقایسه عملکرد تیمارهایی که به روش خشکی بخشی ریشه آبیاری شدند می‌توان دریافت هر سه تیمار PRD_{10} PRD_{60}, PRD_{30} عملکرد بیشتری نسبت به نسبت به تیمارهای کم آبیاری تنظیم شده با تنش مشابه RDI_{60} RDI_{10} RDI30, داشتند و حتی در بعضی موارد در کلاس آماری متفاوت قرار گرفتند که با نتایج تحقیقات انجام شده پیشین در مورد افزایش عملکرد در روش خشکی موضعی ریشه نسبت به کم آبیاری تنظیم شده به‌دلیل تولید آبسزیک اسید (کانگ و ژانگ، ۲۰۰٤) همخوانی دارد. همچنین با توجه به معنی‌دار شدن اثر سال بر عملکرد، مقایسه میانگین اثر سال بر عملکرد نشان داد که میزان عملکرد در سال دوم با مقدار ۳۷٦۲/۸٦ کیلوگرم در هکتار بیشتر بوده و در کلاس متفاوت با سال اول (۳۷۱۱/٤۳ کیلوگرم در هکتار) قرار گرفت. در هر دوسال بیشترین ارتفاع بوته در تیمار غرقاب دایم (۱۳۳/۹ و ۱۳٤/۷ سانتیمتر) اختصاص داشته وکمترین ارتفاع بوته در تیمارهای RDI_{60} و PRD_{60} مشاهده شد که هر دو در یک کلاس قرار گرفتند. مقایسه میانگین تعداد پنجه بارور نشان داد در هر دو سال تیمار PRD_{10} بیشترین مقدار پنجه را داشته (به ترتیب ۱۳/۱ و ۱۳/٤) که با تیمارهای FI، RDI_{10}، RDI_{30} و PRD_{30} در یک کلاس قرار گرفته است درحالیکه تیمارهای RDI_{60} و PRD_{60} کمترین مقدار را برای این صفت در دو سال نشان داده و با هم در کلاس مشترک قرار گرفته‌اند. با توجه به این نتیجه می‌توان گفت اگرچه تنش خشکی با تحریک گیاه برنج به پنجه دهی، پنجه کل را افزایش می‌دهد اما تنش شدید خشکی موجب کاهش تعداد پنجه بارور که در تولید محصول

Archive of SID

www.SID.ir

نقش کلیدی دارد شده و حداکثر پنجه مفید یا بارور در رطوبتی معادل ظرفیت مزرعه (fc) و بیشتر رخ می‌دهد. همچنین روش خشکی بخشی ریشه موجب افزایش پنجه مفید می‌شود که یکی از عوامل کلیدی در افزایش عملکرد شلتوک می‌باشد. مقایسه میانگین طول خوشه نشان داده است که در هر دوسال تیمار FI بیشترین خوشه را داشته (به‌ترتیب ۲۸/۱ و ۲۸/۲ سانتیمتر) و با تیمارهای RDI_{10} و PRD_{10} از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشته است. تیمار RDI_{60} نیزکمترین مقدار را داشته که با PRD_{60} در یک کلاس قرار گرفته است. بر این اساس مشاهده می‌شود تنش شدید خشکی علاوه بر کاهش تعداد خوشه موجب کوتاه‌تر شدن آن نیز می‌شود. تجزیه و تحلیل آماری برای تعداد دانه کل نشان می‌دهد در هر دو سال تیمار FI (۱۱۸/۹ و ۱۱۹/۲) بیشترین مقدار را داشته و با تیمارهای RDI_{10}، PRD_{10}، RDI_{30} و PRD_{30} در یک کلاس آماری قرار دارد. کمترین تعداد دانه نیز در تیمار RDI_{60} بوده که با تیمار PRD60 از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشته است.

با توجه به اینکه تعداد دانه کل بر عملکرد موثر می‌باشد، طبق نتایج مقایسه میانگین ملاحظه می‌شود خشکی موضعی ریشه نسبت به کم آبیاری تنظیم شده با تنش خشکی مشابه تعداد دانه بیشتری دارد که با نتایج عملکرد متناسب می‌باشد. در وزن هزاردانه طبق نتایج بیشترین مقدار آن در هر دو سال مربوط به FI بوده (۲٤/۱۹ و ۲٤/۲۰ گرم) که با تیمارهایRDI_{10} ، PRD_{10}و PRD_{30} در کلاس مشترک قرار گرفته است. تیمارهای RDI_{60} و PRD_{60} نیز کمترین وزن هزاردانه را دارا می باشند. با توجه به تاثیر این پارامتر در میزان عملکرد مشاهده می‌شود در این صفت هم مانند عملکرد و تعداد دانه، تیمارهای کم‌آبیاری به روش خشکی بخشی ریشه نسبت به کم‌آبیاری تنظیم شده مشابه، مقادیر بیشتری را به خود اختصاص داده است. مقایسه میانگین آب مصرفی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد را بین تیمارها در هر دوسال نشان داده است. طبق نتایج بیشترین میزان مصرف آب در تیمارFI (۸۲۷۰ و ۸۱٦۰m^3/ha) بوده است. همچنین تیمارPRD_{60} در دوسال کمترین میزان آب مصرفی در هکتار را داشته (٤۷۳۱/۷ و ٤٦٤٦/۷m3/ha) و پس از آن کمترین میزان مصرف آب در تیمار PRD_{30} بدست آمده است. با توجه به اینکه در روش کشت فارو برخلاف روش سنتی زمین گلخراب نمی‌شود، بخشی از کاهش آب به‌دلیل روش آماده‌سازی زمین و عدم استفاده از آب در این مرحله (۲۰۷۰m^3/ha) و بقیه ناشی از کاهش نفوذ و تبخیر می‌باشد. طبق نتایج، نه تنها در سطح تنش یکسان مصرف آب در خشکی بخشی ریشه نسبت به کم‌آبیاری تنظیم شده کمتر می‌باشد، بلکه مصرف آب در تیمار PRD_{30} نسبت به تیمارRDI_{60} که تحت تنش بیشتری قرار گرفت کمتر می‌باشد؛ که با نتایج قبلی بدست آمده (دیویس و ژانگ، ۱۹۹۱) سازگاری دارد.

با توجه به معنی‌دار شدن اثر سال بر آب مصرفی و از مقایسه میانگین اثر سال بر آب مصرفی (جدول ۳) مشخص می‌گردد متوسط آب مصرفی در سال اول (۵۹۱٦/۱ m^3/ha) بیشتر از سال دوم(۵۸٤۳/۷٦ m^3/ha) بوده و در کلاس متفاوتی قرار گرفت. طبق نتایج مقایسه میانگین تیمارها، بیشترین میزان بهره‌وری آب طبق شاخص (CPD) در تیمار PRD30 بوده که مقدار آن در دوسال به‌ترتیب ۰/۷٥٤ و ۰/۷۸٤ کیلوگرم شلتوک بر مترمکعب آب می‌باشد. همچنین پس از PRD_{30} تیمار PRD_{10} بیشترین مقدار CPD را در دو سال به خود اختصاص داده و کمترین مقدار بهره‌وری در تیمار RDI_{60} می‌باشد که مقدار آن در دوسال به ترتیب ۰/٥٦۹ و ۰/٥۷۹ کیلوگرم شلتوک بر مترمکعب آب آبیاری می‌باشد. با توجه به اینکه شاخص بیانگر تولید محصول تولید شده به‌ازای واحد آب مصرفی می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت اگرچه روش غرقاب دائم عملکرد بیشتری نسبت به آبیاری تناوبی دارد، ولی استفاده از کم‌آبیاری خصوصاً روش خشکی بخشی ریشه دارای بهره‌وری بیشتری بوده و در صورت محدود بودن منابع آبی گزینه مناسب‌تری جهت

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده می‌باشد.با توجه به معنی‌دار شدن اثر سال بر عملکرد، مصرف آب و بهره‌وری آب، مقایسه میانگین دوسال (جدول ٤) نشان می‌دهد که به‌جز آب مصرفی، سایر پارامترهای مورد بررسی در سال دوم مقادیر بیشتری داشته است.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمار بر صفات مورد اندازه گیری در دو سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵

صفت / تیمار	عملکرد (kg/ha)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد پنجه بارور	طول خوشه (cm)	تعداد دانه کل	وزن هزار دانه(gr)	آب مصرفی (m^3/ha)	شاخص CPD (kg/m^3)
				سال ۱۳۹۴				
T1	۴۲۰۰a	۱۳۳/۹a	۱۲/۴a	۲۸/۱a	۱۱۸/۹a	۲۴/۱۹a	۸۲۷۰ a	۰/۵۰۸f
T2	۴۰۶۶/۷b	۱۲۸ ab	۱۲/۶a	۲۷/۵abc	۱۱۸/۲a	۲۳/۵۸ab	۶۵۸۸/۳b	۰/۶۱۸d
T3	۴۰۹۶/۷b	۱۲۹/۲ab	۱۳/۱a	۲۷/۸ab	۱۱۸/۸a	۲۳/۶۳ab	۵۶۳۵ d	۰/۷۲۷b
T4	۳۷۲۰c	۱۲۳/۸b	۱۲/۹a	۲۶/۵c	۱۱۶/۳a	۲۳/۲۶b	۵۸۸۱/۷c	۰/۶۳۳d
T5	۳۷۹۰c	۱۲۳ b	۱۳/۰a	۲۶/۷bc	۱۱۵/۳a	۲۳/۳۷ab	۵۰۲۵ f	۰/۷۵۴a
T6	۳۰۰۳/۳d	۱۰۶/۳c	۸/۸b	۲۴/۵d	۱۰۵/۳b	۲۲/۰۶c	۵۲۸۱ e	۰/۵۶۹e
T7	۳۱۰۳/۳d	۱۰۷/۲c	۹/۰ b	۲۴/۶d	۱۰۵/۹b	۲۲/۲۰c	۴۷۳۱/۷g	۰/۶۵۶c
				سال ۱۳۹۵				
T1	۴۲۵۰a	۱۳۴/۷a	۱۲/۷ab	۲۸/۲a	۱۱۹/۶a	۲۴/۲۰a	۸۱۶۰ a	۰/۵۲۱f
T2	۴۱۱۳/۳b	۱۲۸/۲b	۱۳/۱ab	۲۷/۸a	۱۱۸/۸a	۲۳/۸۱ab	۶۵۱۹/۳b	۰/۶۳۱d
T3	۴۱۷۶/۷ab	۱۲۹/۲b	۱۳/۴a	۲۸/۰a	۱۱۹/۳a	۲۳/۹۵ab	۵۵۴۲/d	۰/۷۵۴b
T4	۳۷۳۳/۳d	۱۲۴/۱bc	۱۲/۵b	۲۶/۳b	۱۱۷/۵a	۲۳/۲۱b	۵۸۹۲/۷c	۰/۶۳۳d
T5	۳۸۹۶/۷c	۱۲۲/۵c	۱۲/۸ab	۲۶/۶b	۱۱۶/۹a	۲۳/۳۴ab	۴۹۷۴ f	۰/۷۸۴a
T6	۲۹۹۳/۳f	۱۰۷/۱d	۸/۶c	۲۳/۵c	۱۰۴/۴b	۲۱/۹۰c	۵۱۷۱ e	۰/۵۷۹e
T7	۳۱۷۶/۷e	۱۰۷/۱d	۸/۵c	۲۳/۸c	۱۰۴/۸b	۲۲/۰۹c	۴۶۴۶/۷g	۰/۶۸۴c

اعداد دارای حرف لاتین مشترک در هر ستون در هر سال درسطح آماری پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سال بر عملکرد، آب مصرفی و بهره‌وری آب

سال	عملکرد(kg/ha)	آب مصرفی (m^3/ha)	بهره‌وری آب(kg/m^3)
۱۳۹۴	۳۷۱۱/۴۳b	۵۹۱۶/۱a	۰/۶۳۷۸b
۱۳۹۵	۳۷۶۲/۸۶a	۵۸۴۳/۷۶b	۰/۶۵۵۱a

نتیجه گیری و پیشنهادات

در کشور ما مدتهاست به دلیل کاهش روزافزون منابع آبی زنگ خطر به صدا درآمده است، به‌طوریکه اخیراً حتی در استانهای شمالی نیز کشاورزان در برخی مواقع با کم آبی مواجه می‌شوند. لذا این تحقیق در راستای بررسی اثرات کم آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد برنج و بهره‌وری آب در روش جوی و پشته انجام شده است. طبق نتایج حاصله از این مطالعه اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد، میزان مصرف آب و بهره‌وری آب طبق شاخص CPD در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده است. براین اساس اگرچه روش غرقاب دائم در زمین گلخراب دارای بیشترین عملکرد می‌باشد، اما تفاوت آن با تیمارهایی که در زمین فارو تحت تنش جزیی خشکی قرار گرفته‌اند (DI_{10} و PRD_{10}) ناچیز بوده و با هم در یک کلاس آماری قرار دارند؛ اما کم آبیاری تنظیم شده، خصوصاً خشکی بخشی ریشه به مراتب دارای مصرف آب کمتری می‌باشد. به‌طوریکه در تیمار سوم (PRD_{10}) با کاهش ۳۲ درصدی آب مصرفی نسبت به روش غرقاب دایم، عملکرد حدود دو درصد کاهش داشته است. همچنین با مقایسه دو روش کم آبیاری مشاهده می‌شود، روش خشکی بخشی ریشه علاوه بر افزایش عملکرد نسبت به کم آبیاری تنظیم شده با تنش خشکی مشابه، موجب صرفه‌جویی قابل توجه در مصرف آب می‌شود. به‌طور مثال مصرف آب در تیمار PRD_{10} نسبت به تیمار

Archive of SID

www.SID.ir

RDI_{10}که دارای سطوح برابر تنش می‌باشند حدود ۱۵ درصد کمتر است، درحالی‌که عملکرد آن حدود یک درصد بیشتر است. با توجه به عملکرد بالاتر و مصرف آب کمتر در این تیمار، بهره‌وری آب نیز که از تقسیم عملکرد بر آب مصرفی بدست می‌آید، در تیمار PRD_{10} حدود ۱۸ درصد بیشتر از RDI_{10} می‌باشد. همچنین طبق نتایج اعمال تنش خشکی متوسط منجر به حداکثر بهره‌وری آب شده و بیشترین مقدار شاخص CPD در تیمار PRD_{30} بدست آمد؛ بنابراین می‌توان عنوان کرد در اراضی شالیزاری الزامی به غرقاب نمودن دائم مزرعه نمی‌باشد و با توجه به مبحث بحران آب و اهمیت روز افزون آن در تولید محصولات کشاورزی، می‌توان استفاده از کم‌آبیاری، خصوصاً روش خشکی بخشی ریشه در کشت فارو را به‌عنوان یک روش جایگزین با روش آبیاری غرقابی دایم در کشت نشائی در نظر گرفت که موجب کاهش قابل توجه در مصرف آب و افزایش بهره-وری آب در کشت برنج می‌شود.

تشکر و قدردانی

در اینجا از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور و نیز مدیریت محترم موسسه تحقیات برنج مازندران به پاس مساعدت بی‌دریغشان در اجرای این آزمایش تقدیر و تشکر نموده و توفیق روز افزون ایشان را خواستاریم.

فهرست منابع

۱. اصفهانی، م. ۱۳۷۷. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و اکولوژی برنج. انتشارات دانشگاه گیلان، ۵۷ ص.

۲. علیزاده، ا. ۱۳۷۸. رابطه آب و خاک و گیاه. دانشگاه امام رضا(ع)، ۳۵۳ص.

۳. رضایی استخرویه، ع. هوشمند، ع.ر. برومند نسب، س. خانجانی، م. ج. ۱۳۹۱. تاثیر کم آبیاری و خشکی موضعی ریشه بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه ذرت دانه‌ایی هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲٦(٦). ص ۱۵۱٤- ۱۵۲۱

٤. رضوی پور، ت. ۱۳۷٤ . گزارش پژوهشی بررسی تاثیر کاهش درصد رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد برنج (رقم بینام). موسسه تحقیقات برنج کشور، ۲۰ ص.

۵. گلابی، م. بهزاد، م و برومند نسب،س. ۱۳۸۵. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) و سنجش از دور (RS) در مدیریت آبیاری، همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی آب.

6. Ahmadi, S.H., M.N. Andersen, F. Plauborg, R.T. Poulsen, C.R. Jensen, A.R. Sepaskhah, and S. Hansen. 2010. Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Yield and water productivity. Agri. Water Management. DOI 10.1`016/j.agwat.2010.07.007.

7. Davies W.J., and J. Zhang. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 42:55-76.

8. El-Bably A.Z., M.E. Meleha, A.A. Allah, and W.M. El-Khoby. 2008. Increasing Rice Productivity, Water Use Efficiency, Water Saving and Rice Productivity in North Delta, Egypt. The 3rd International Conference on Water Resources and Arid Environments. King Fahd Cultural Centre in Riyadh, Saudi Arabia.

9. English, M.J, J.T. Musick, and V.V.N. Murty. 1990. Deficit irrigation. In: Management of farm irrigation systems (Hoffman, G.J., Howell, T.A., and Solomon, K.H., Editors). ASAE Monograph no. 9. American Society of Agricultural Engineers publisher, 1020p.

Archive of SID

www.SID.ir

10. Jovanovic, Z., R. Stikic, B. Vucelic-Radovic, M. Paukovic, Z. Brocic, G. Matovic, S. Rovcanin, and M. Mojevic. 2010. "Partial root-zone drying increases WUE, N and antioxidant content in field potatoes." Europ. J. Agronomy 33:124-131.
11. Kang, S.Z. and J. Zhang. 2004. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. Exp. Bot.55,407,2437–2446.
12. Liu, F., R. Song, X. Zhang, A. Shahnazari, M.N. Andersen, F. Plauborg, S.E. Jacobsen, and C.R. Jensen. 2008. Measurement and modeling of ABA signaling in potato (Solanum tuberosum .L)during partial root-zone drying. Environ and Experimental Botany,63: 385-391.
13. Mahajan, G. T. S., K. Bharaj, and J. Timsina. 2008. Yield and water productivity of rice as affected by time of transplanting in Punjab, India. Agri. Water Management.96:525-532.

Archive of SID

www.SID.ir