نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دوازدهم. شماره چهل و پنج. پاییز۱۴۰۰

بررسی تأثیر مدیریت آبیاری با پساب شهری مغناطیس شده بر شاخص‌های رشد برنج

لیلی قربانی مینائی[۱]- مهدی ذاکری‌نیا[۲*]- عباس رضایی‌اصل[۳]- حمیدرضا میرکریمی[۴]

تاریخ ارسال:۱۳۹۸/۰۳/۲۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۱۰/۲۸

مقاله علمی- پژوهشی برگرفته از پایان‌نامه ارشد

چکیده

برای کشت گیاه پرمصرف برنج به‌کارگیری سامانه‌های آبیاری و آب‌های با کیفیت پایین، از راه‌کارهای کاهش مصرف آب و گذر از بحران کم‌آبی می‌باشد. به‌منظور بهبود کیفیت پایین آب، روش‌های متفاوتی مانند استفاده از آب مغناطیسی وجود دارد. تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر مغناطیسی‌شدن پساب تصفیه‌خانه شهری بر برخی از شاخص‌های رشد برنج به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه بلوک در پردیس کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در بهار و تابستان سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارتند از روش آبیاری (آبیاری زیرزمینی (S) و آبیاری سطحی (B))، نوع آب آبیاری (آب معمولی (C) و پساب تصفیه شده شهری گرگان (W)) و روش اصلاح آب (مغناطیس (M) و عدم مغناطیس (O)). ترکیب تیماری آبیاری سطحی با آب معمولی غیرمغناطیس تیمار شاهد بود. در طول آزمایش ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که استفاده از ترکیب تیماری سطحی پساب غیرمغناطیس (OWB) و زیرزمینی پساب غیرمغناطیس (OWS) سبب افزایش ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب گردید. ترکیب (OWB) در ارتفاع بوته با میزان ۱۱۹ سانتی-متر در سطح مشابه تیمار شاهد بوده است. این در حالی است که ترکیب (OWS) در صفات شاخص برداشت با میزان ۲۷ درصد و کارایی مصرف آب با میزان ۰/۴۷ کیلوگرم بر هکتار نسبت به شاهد به‌ترتیب ۸۵ و ۱۰۸ درصد افزایش داشت. روش آبیاری زیرزمینی علاوه بر کاهش آب مصرفی نسبت به روش آبیاری سطحی، سبب افزایش شاخص برداشت و کارایی مصرف آب شد. براساس نتایج این تحقیق می‌توان گفت که کشت برنج از نظر آبیاری نیازی به ایجاد یک لایه ایستابی در سطح خاک ندارد و برای تولید با افزایش راندمان و کارایی مصرف آب در ضمن حفظ خصوصیات کیفی و کمی گیاه، استفاده از آب نامتعارف باید به‌گونه‌ای باشد که مخاطرات زیست‌محیطی و بهداشتی به حداقل ممکن کاهش یابد.

واژه‌های کلیدی: آب نامتعارف، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، کارایی مصرف آب.

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب وخاک،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (Email: leily.ghorbani.minaei@gmail.com)

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب وخاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (*- نویسنده مسئول: Email: mzakerinia@gmail.com)

۳- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی آب وخاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران (Email: abrezaeiasl@gmail.com)

۴- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشکده مهندسی آب وخاک،دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران (Email: Rezamirkarimi21@gmail.com)

مقدمه

برنج از محصولات مهم کشاورزی و منبع اصلی غذایی حدود نیمی از جمعیت جهان به‌شمار می‌رود. خشکی از عمده خطرات جدی برای تولید موفق محصولات زراعی به‌ویژه برنج در جهان است که می‌تواند در هر زمان طی فصل رشد رخ دهد. ازاین‌رو، یکی از چالش‌های اصلی در کشاورزی تولید غذای بیشتر با آب کمتر است (لیموچی و همکاران، ۱۳۹۷). ۷۰ درصد آب‌های شیرین موجود در دنیا، در بخش کشاورزی مصرف می‌شود که از این مقدار ۲۵ الی ۳۰ درصد آن به زراعت برنج اختصاص دارد (Africare Oxfam America., 2010 و صداقت و همکاران، ۱۳۹۳).

در کشاورزی به‌دلیل محدودیت منابع آب، آبیاری باید با تولید محصول بیشتر و مصرف آب کمتر حاصل گردد. روش آبیاری زیرزمینی فقط در مناطقی که سطح سفره آب زیرزمینی نزدیک به سطح زمین باشد قابل اجراست. در این روش از طریق وارد کردن آب به کانال های ایجاد شده در زمین و یا جلوگیری از خروج جریان آب از یک سامانه زهکشی موجود در مزرعه در طول ماه‌های گرم سال، سطح آب زیرزمینی به حدی افزایش داده می‌شود که آب توسط نیروی مویینگی به سمت بالا حرکت نموده و منطقه ریشه را به اندازه کافی مرطوب نماید. به‌طور نمونه کشاورزان ساکن فلوریدا همه ساله آب آبیاری را در کانال‌های خاکی با عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر و فاصله ۶ تا ۳۰ متر از یکدیگر جاری می‌نمایند تا با نفوذ آب به عمق خاک سطح آب تا حدود ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری سطح زمین افزایش یابد (باستانی، ۱۳۹۶). آبیاری زیرزمینی سبب کاهش آلودگی زیست‌محیطی، مقاومت در برابر گرما و سرما، افزایش راندمان تولید محصول، صرفه‌جویی سم و کود، گسترش بیشتر ریشه و زودرس نمودن محصول، بالاترین صرفه‌جویی آب و افزایش راندمان آبیاری، کاهش شدید تراکم علف‌های هرز و کاهش امراض و بیماری‌ها، قابل اجرا برای انواع گیاهان زراعی و کاهش آلودگی سفره‌های آب‌های زیرزمینی می‌گردد. در مدیریت‌های جدید، شیوه‌های مختلف آبیاری متناسب با فیزیولوژی گیاه در جهت افزایش محصول، کاهش مصرف آب، بالا بردن راندمان آبیاری اعمال می‌شود. تنش آبی ناشی از آبیاری غیرغرقابی برنج ضمن تأثیر بر میزان آب مصرفی یا جلوگیری از انتقال نمک‌ها و مواد غذایی به گیاه و کاهش فتوسنتز باعث کاهش تعداد پنجه، سطح برگ، تجمع ماده خشک، تعداد دانه پر در خوشه، وزن صددانه و در نهایت عملکرد می‌شود (Tuong and Bouman., 2003).

در شرایط کنونی به‌دلیل رشد شهرنشینی، مصرف آب با کیفیت بالا نیز افزایش یافته است که نتیجه آن تولید حجم عظیمی از فاضلاب می‌باشد. به‌دنبال این مسئله دفع صحیح فاضلاب تولیدی، یکی از نگرانی‌های عمده زیست‌محیطی می‌باشد (Singh and Agraval., 2010). محدودیت منابع آب قابل استحصال در ایران، توسعه‌ی روز افزون شهرنشینی و مزید بر آن خشکسالی‌های چند سال اخیر سیاستگذاران مسائل آب را ناگزیر ساخته است تا در برنامه‌ریزی توسعه‌ی منابع آبی به کلیه‌ی منابع متعارف و غیرمتعارف آب (از جمله فاضلاب‌های شهری و خانگی) که بتواند به نحو مؤثر و اقتصادی در اختیار قرار گیرد، توجه گردد (قلی‌پور یوسفیان و همکاران، ۱۳۹۷). اگرچه استفاده از پساب به عنوان یک راهکار فنی و اقتصادی در آبیاری مزارع مطرح می‌شود اما می‌بایست این مطلب را در نظر گرفت که با توجه به اینکه پساب جزو منابع غیرمتعارف آب محسوب می‌شود کاربرد آن در کشاورزی نیازمند مدیریتی خاص است. محققان اشاره می‌نمایند که ضمن بهره‌گیری مطلوب از پساب در آبیاری مزارع، می‌بایست توجه داشت که به نحوی این مدیریت اعمال گردد که مخاطرات زیست‌محیطی و بهداشتی را در خاک، گیاه و منابع آب سطحی و زیرزمینی به‌همراه نداشته باشد (عالی‌نژادیان و همکاران، ۱۳۹۲). کیانی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند از روش مغناطیسی کردن آب می‌توان برای ممانعت از تجمع رسوب املاح، اصلاح آب و خاک استفاده کرد. مطالعات نشان می‌دهد که وقتی آب در معرض میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، بعضی از

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تغییر می‌کند. براساس یک نظریه تکنولوژی مغناطیسی بر مبنای برهم‌کنش میدان مغناطیسی و یون‌های آب توجیه می‌شود. به این‌ترتیب که وقتی آب از میدان مغناطیسی عبور داده می‌شود، در سطح یون‌های مثبت و منفی بارالکتریکی القا می‌شود و در نتیجه به‌جای اینکه یون‌های با بار مخالف یکدیگر را جذب کنند، همدیگر را دفع می‌کنند که موجب کاهش تعداد مولکول‌ها در حلقه‌های مولکولی آب شده و این امر منجر به کاهش کشش سطحی و افزایش حلالیت آب مغناطیسی می‌شود (محمدیان و همکاران، ۱۳۹۵). ولی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۱) طی پژوهشی به‌منظور تاثیر کاربرد پساب شاهین‌شهر اصفهان بر رشد و عملکرد ذرت، اثر معنی‌دار پساب بر افزایش عملکرد ذرت، شاخص برداشت و ارتفاع گیاه نسبت به آب چاه گزارش کردند.

بنابراین با توجه به اهمیت برنج به‌عنوان یک گیاه زراعی پرمصرف، و توجه به اهمیت آب و کمبود منابع آبی در کشور، استفاده از منابع موجود به‌صورت صحیح و کاربرد آب‌های نامتعارف، یکی از مهمترین اهداف در بخش کشاورزی می‌باشد. این تحقیق در راستای استفاده از آب‌های نامتعارف از جمله آب تصفیه‌خانه شهری گرگان در کشت برنج و جبران کمبود آب و استفاده از فرآیند مغناطیسی کردن آن در جهت بهبود کیفیت این منابع انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان از اردیبهشت تا شهریور ۱۳۹۷ به‌صورت لایسیمتری انجام شد. بافت خاک مورد استفاده در آزمایش لوم‌رسی بود که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن در جدول۱ و ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در جدول۲ آورده شده است. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با تیمارهای روش آبیاری در دو سطح شامل آبیاری سطحی و آبیاری زیرزمینی، نوع آب در دو سطح شامل آب معمولی و پساب و اصلاح آب در دو سطح شامل مغناطیس و غیرمغناطیس، در ۳ تکرار به انجام رسید. پساب از تصفیه‌خانه شهری گرگان که در شمال شهر گرگان قرار دارد و شامل تصفیه مقدماتی، اولیه، ثانویه و ضدعفونی پساب می‌باشد، تهیه شد و برای مغناطیس نمودن آب‌های آبیاری از دستگاه مولد میدان مغناطیسی، واقع در آزمایشگاه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استفاده شد.

جدول (۱): ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک	رس	سیلت	شن	Ec	pH	Na	Ca	Mg	K	SAR
		(٪)		(ds/m)	-	(meq/l)				$(meq/l)^{0.5}$
لوم‌رسی	۳۲	۳۰	۳۸	۱/۴۸	۷/۵۲	۱۹	۰/۰۳	۸/۴	۱/۶۱	۹/۲۵

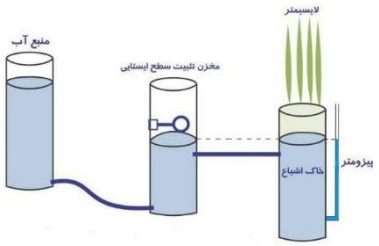
جدول(۲): ویژگی‌های شیمیایی آب و پساب

کیفیت آب	Ec	pH	Na	Ca	Mg	K	SAR
	(ds/m)	-	(meq/l)				$(meq/l)^{0.5}$
آب معمولی	۰/۵۸	۷	۰/۹	۳/۱	۲/۳	۰/۰۹	۰/۵۴
پساب	۱/۴	۸/۲	۱/۲	۵/۲	۴/۴	۰/۴۵	۰/۶۶

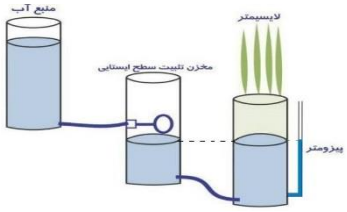
راه‌اندازی سیستم آبیاری

برای ثابت نگه‌داشتن سطح آب، از دو مخزن (یکی به‌عنوان تثبیت‌کننده سطح ایستابی و دیگری برای اندازه‌گیری میزان آب مصرفی) استفاده شد. روش کار بدین صورت است که لوله آبده به مخزن تثبیت سطح ایستابی متصل می‌گردد. سطح ایستابی با کمک شناوری که با منبع آب متصل است، در سطح مورد نظر تثبیت شد. در آبیاری سطحی (غرقابی مرسوم) در ۵ سانتی‌متری

روی سطح خاک و در روش زیرزمینی در ۵ سانتی‌متری زیر سطح خاک برقرار گردید (شکل ۱ و ۲).



شکل(۱). نحوه‌ی چینش سیستم آبیاری سطحی



شکل(۲). نحوه‌ی چینش سیستم آبیاری زیرزمینی

عملیات کاشت برنج

ابعاد لایسیمتر با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر بود. به‌منظور تثبیت خاک، لایسیمترها دو مرتبه پیش از شروع آزمایش، آبیاری می‌شوند. سپس نشاء در مرحله چهار برگی از خزانه مطمئن برنج تهیه شد که در هر گلدان ۹ دسته نشاء به فاصله ۱۰×۱۰ کشت گردید. برای استقرار کامل گیاه، تیمارها به مدت یک هفته به‌صورت غرقاب آبیاری شدند و از هفته دوم تیمارها اعمال شد که تا پایان فصل رشد ادامه یافت.

در زمان رسیدگی گیاه، بوته‌ها از هر لایسیمتر به‌طور تصادفی انتخاب شدند و صفات ارتفاع بوته و وزن هزاردانه آن‌ها اندازه‌گیری شد. عملکرد بیولوژیک با برداشت تمامی بوته‌های هر لایسمتر با رطوبت ۱۴ درصد تعیین شد. به این منظور، بوته‌ها برای مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در داخل آون قرار داده شدند و سپس هر کدام جداگانه توزین گردیدند. شاخص برداشت با تقسیم عملکرد شلتوک بر عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. کارایی مصرف آب نیز از تقسیم عملکرد محصول بر مقدار آب مصرفی محاسبه شد. آب مصرفی شامل تبخیر از سطح خاک، تعرق گیاه، رواناب و زهکشی نیز می‌باشد. در هر بار آبیاری میزان آب مصرفی هر لایسیمتر با استفاده از مخزن مدرج اندازه‌گیری و ثبت شد. به‌دلیل ته‌بسته بودن لایسمترها رواناب و زهکشی برابر صفر لحاظ گردید. مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل با استخراج ضرایب گیاهی، میانگین ماهانه داده‌های هواشناسی و محاسبه تبخیر و تعرق ماهانه مرجع گیاه از روش پنمن مانتیث تعیین شد. در پایان دوره رشد میزان آب مصرفی در کل دوره رشد تعیین گردید.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS، مقایسه میانگین‌های اثر ساده با استفاده از آزمون تی‌تست، مقایسه میانگین اثرات متقابل با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته نشان‌دهنده واکنش رشد رویشی گیاه به عملیات مختلف مدیریتی می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۳) نشان داد که اثر روش آبیاری بر ارتفاع بوته در سطح ۱ درصد و اثر اصلاح آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است اما اثر نوع آب (آب معمولی و پساب) بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. اثر متقابل روش

آبیاری و نوع آب، اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب و اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین ارائه شده در جدول (۴) بین هر یک از روش‌های آبیاری زیرزمینی و سطحی اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته مشاهده شد به‌طوریکه مقدار ارتفاع بوته در روش آبیاری سطحی با مقدار ۱۱۵/۷۴ سانتی‌متر نسبت به روش آبیاری زیرزمینی با مقدار ۱۰۷/۹۲ سانتی‌متر در حدود ۷ درصد بیش‌تر بود. از طرفی نتایج مقایسه میانگین بین تیمار مغناطیسی و غیرمغناطیسی اختلاف معنی‌داری بر ارتفاع بوته نشان داد به‌طوریکه مقدار ارتفاع بوته در تیمار مغناطیس با مقدار ۱۱۴/۴۳ سانتی‌متر نسبت به تیمار غیرمغناطیس با مقدار ۱۰۹/۲۳ سانتی‌متر در حدود ۵ درصد بیش‌تر بود.

هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب بر ارتفاع بوته نشان داد که بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته در ترکیب تیماری آبیاری سطحی با پساب با مقدار ۱۱۶/۸ سانتی‌متر می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی با آب معمولی با مقدار ۱۱۴/۶۸ سانتی‌متر، حدود ۲ درصد افزایش داشت. نتایج مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر ارتفاع بوته نشان داد که کم‌ترین مقدار ارتفاع بوته در ترکیب تیماری آبیاری زیرزمینی غیرمغناطیس با مقدار ۱۰۴/۰۴ سانتی‌متر می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی غیرمغناطیس با مقدار ۱۱۴/۴۳ سانتی‌متر، حدود ۱۰ درصد کاهش داشت (جدول۵).

جدول(۳): تجزیه واریانس شاخص‌های برنج براساس میانگین مربعات

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	کارایی مصرف آب
تکرار	۲	۱۷/۲۷ns	۰/۹۹ns	۴۹۷۴۳۴۷/۵۴ns	۵/۱۲ns	۰/۰۰۳ns
روش آبیاری	۱	۳۶۶/۹۱**	۳/۰۱ns	۷۷۵۹۸۰۸۴/۴*	۷۷/۷۶**	۰/۰۳۵**
کیفیت آب	۱	۶/۷۲ns	۰/۰۲ns	۵۶۸۸۷۶/۰۵۴ns	۱۲۵/۱۲۷**	۰/۰۲۴*
اصلاح آب	۱	۱۶۱/۹۳*	۰/۰۱ns	۲۸۸۷۹۶۲۲/۰۴ns	۰/۲۰۲ns	۰/۰۱ns
روش آبیاری× کیفیت آب	۱	۶/۷۰ns	۰/۵۱ns	۱۶۸۹۹۱۳۸/۳۸ns	۱/۹۳ns	۰/۰۰۷ns
روش آبیاری× اصلاح آب	۱	۳۹/۵۳ns	۰/۶۵ns	۷۱۹۷۴۳۵/۳۸ns	۸۱/۴۱**	۰/۰۵۲**
کیفیت آب× اصلاح آب	۱	۰/۰۱۲ns	۰/۳۵ns	۷۶۷۲۷/۰۴ns	۱/۲۲ns	۰/۰۰۱ns
روش‌آبیاری× نوع‌آب× کیفیت‌آب	۱	۴۳/۸۵ns	۰/۷*	۷۶۳۵۴۳۲/۰۴*	۱۹/۰۸*	۰/۰۰۴ns
خطا	۱۴	۲۲/۵۶	۰/۸۳	۱۰۷۵۱۸۱۰/۵۴	۷/۱۴	۰/۰۰۴

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns غیرمعنی‌دار

جدول(۴): مقایسه میانگین اثرات ساده شاخص‌های برنج به روش تی‌تست در سطح ۵ درصد

	ارتفاع بوته (Cm)	وزن‌هزاردانه (gr)	عملکرد بیولوژیک (kgr/ha)	شاخص برداشت (%)	کارایی مصرف آب (kgr/m^3)
روش‌آبیاری (A)					
سطحی B	۱۱۵/۷۴ a	۲۱/۸۳ a	۲۸۰۹۲/۳۳ a	۱۸/۲۳ a	۰/۲۹ b
زیرزمینی S	۱۰۷/۹۲ b	۲۱/۱۲ a	۲۴۴۹۶/۰۸ a	۲۱/۸۳ a	۰/۳۷ a
نوع آب (B)					
معمولی C	۱۱۱/۳ a	۲۱/۵۱ a	۲۶۴۴۸/۱۷ a	۱۷/۷۵ b	۰/۳۰ b
پساب W	۱۱۲/۳۶ a	۲۱/۴۵ a	۲۶۱۴۰/۲۵ a	۲۲/۳۲ a	۰/۳۷ a
اصلاح آب (C)					
مغناطیسM	۱۱۴/۴۳ a	۲۱/۴۸ a	۲۷۳۹۱/۱۷ a	۱۹/۹۴ a	۰/۳۵ a
غیرمغناطیسO	۱۰۹/۲۳ b	۲۱/۴۷ a	۲۵۱۹۷/۲۵ a	۲۰/۱۲ a	۰/۳۲ a

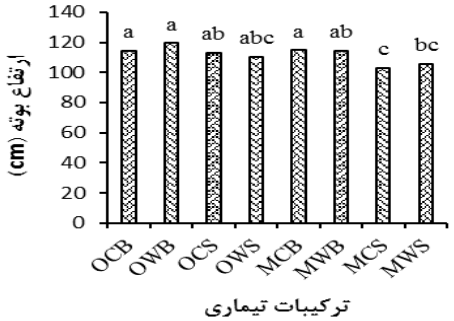
میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون تی‌تست در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول(۵): مقایسه میانگین اثرات متقابل دوجانبه شاخص‌های برنج به روش دانکن در سطح ۵ درصد

		ارتفاع بوته (Cm)	وزن هزار دانه (gr)	عملکرد بیولوژیک (kgr/ha)	شاخص برداشت (%)	کارایی مصرف آب (kgr/m^3)
A×B	CB	۱۱۴/۶۸ ab	۲۱/۷۲ a	۲۷۴۰۷/۲ ab	۱۵/۶۷ b	۰/۲۵ b
	WB	۱۱۶/۸ a	۲۱/۹۵ a	۲۸۷۷۷/۵ a	۲۰/۸ a	۰/۳۵ ab
	CS	۱۰۷/۹۲ b	۲۱/۳ a	۲۵۴۸۹/۲ ab	۱۹/۸۳ a	۰/۳۶ a
	WS	۱۰۷/۹۲ b	۲۰/۹۵ a	۲۳۵۰۳ b	۲۳/۸۳ a	۰/۳۹ a
A×C	MB	۱۱۷/۰۵ a	۲۲/۱ a	۲۸۶۴۱/۷ a	۱۶/۳ b	۰/۲۷ b
	OB	۱۱۴/۴۳ a	۲۱/۵۷ ab	۲۷۵۴۳ a	۲۰/۱۷ ab	۰/۳۲ b
	MS	۱۱۱/۸ a	۲۰/۸۷ b	۲۶۱۴۰/۷ ab	۲۳/۵۸ a	۰/۴۴ a
	OS	۱۰۴/۰۴ b	۲۱/۳۸ ab	۲۲۸۵۱/۵ b	۲۰/۰۸ ab	۰/۳۱ b
B×C	MC	۱۱۳/۹۲ a	۲۱/۶۳ a	۲۷۶۰۱/۷ a	۱۷/۴۳ a	۰/۳۲ a
	OC	۱۰۸/۶۸ a	۲۱/۳۸ a	۲۵۲۹۴/۷ a	۱۸/۰۶ a	۰/۲۹ a
	MW	۱۱۴/۹۳ a	۲۱/۳۳ a	۲۷۱۸۰/۷ a	۲۲/۴۵ a	۰/۳۹ a
	OW	۱۰۹/۷۹ a	۲۱/۵۶ a	۲۵۰۹۹/۸ a	۲۲/۱۸ a	۰/۳۴ a

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون تی‌تست در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

از طرفی نتایج مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر ارتفاع بوته در شکل ۳ نشان داد که بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته در سه ترکیب تیماری شاهد، MCB و OWB به‌ترتیب با مقادیر ۱۱۴/۶۷، ۱۱۴/۷ و ۱۱۹/۴۴ سانتی‌متر می‌باشد و کم‌ترین مقدار ارتفاع بوته در ترکیب تیماری MCS با مقدار ۱۰۲/۶۶ سانتی‌متر می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد حدود ۱۰ درصد کاهش نشان داد.



شکل(۳): مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر ارتفاع بوته

با توجه به اینکه ترکیبات تیماری MCB و OWB از لحاظ مقایسه میانگین در سطح مشابه شاهد قرار گرفته است بنابراین می‌تواند جایگزین شاهد باشند. علاوه بر آن می‌توان نتیجه گرفت ارتفاع گیاه برنج تحت تاثیر ارتفاع آب در دسترس گیاه قرار دارد و تحت آبیاری سطحی نسبت به آبیاری زیرزمینی با افزایش ارتفاع همراه بود.

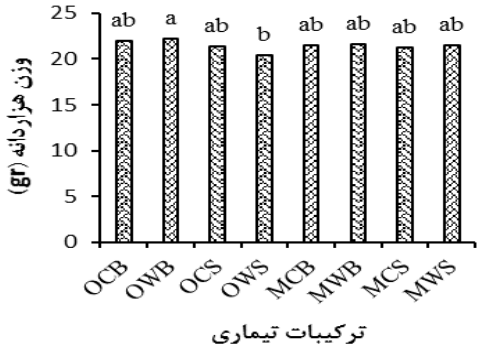
رنجبر و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که تیمار مغناطیس بر ارتفاع بوته گندم معنی‌دار نبود، که با توجه به نتایج حاصل از اثر متقابل سه جانبه مشاهده می‌شود که تیمار مغناطیس به‌جز ترکیب (MCB) موجب کاهش ارتفاع بوته برنج شده است.

ولی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۱) نشان دادند تیمار آب آبیاری با پساب باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه ذرت نسبت به آب چاه گردید. یافته‌های حاصل از آزمایشات نشان می‌دهد که تیمار آبیاری با پساب (W) در سطحی تقریباً برابر یا افزایشی می‌باشد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۳) نشان داد که اثر روش آبیاری (زیرزمینی و سطحی)، اثر نوع آب (آب معمولی و پساب) و اثر اصلاح آب (مغناطیس و غیرمغناطیس) بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود. اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب، اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب و اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین ارائه شده در جدول (۵)، در اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب، کم‌ترین وزن هزار دانه مربوط به ترکیب تیماری آبیاری زیرزمینی مغناطیس با مقدار ۲۰/۸۷ گرم می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی غیرمغناطیس با مقدار ۲۱/۵۷ گرم، حدود ۵ درصد کاهش نشان داد. از طرفی نتایج مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر وزن هزار دانه نشان داد بیش‌ترین مقدار وزن هزار دانه در ترکیب تیماری OWB با مقدار ۲۲/۲۷ گرم و کم‌ترین مقدار در ترکیب تیماری OWS با مقدار ۲۰/۴۰ گرم می‌باشد که نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۲ درصد افزایش و ۷ درصد کاهش داشت. با توجه به اینکه ترکیب تیماری OWB از لحاظ مقایسه میانگین در سطح بالاتری از شاهد قرار گرفته است بنابراین می‌تواند جایگزین مناسبی برای شاهد باشد (شکل۴). در آبیاری زیرزمینی نگهداری بیشتر رطوبت در خاک، کاهش تبخیر و صعود موئینگی باعث می‌شود تنش کمتری به گیاه وارد شود. هم‌چنین آبیاری زیرزمینی باعث شده که کلیه وزن هزاردانه‌ها در مقایسه با آبیاری سطحی تفاوت چندانی نداشته باشد.



شکل(۴): مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر وزن هزاردانه

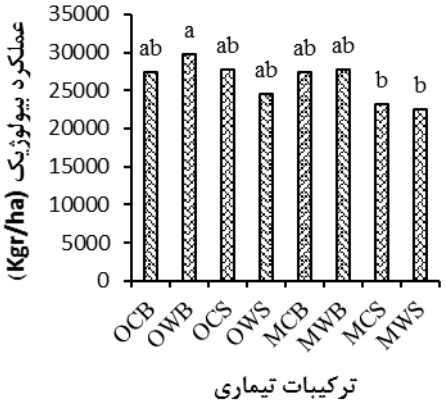
لیاقت و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند آبیاری زیرزمینی، وزن هزاردانه را نسبت به آبیاری سطحی افزایش داده است. نتایج حاصل از آزمایشات ما که در شکل ۴ نیز آورده شده است نشان می‌دهد که آبیاری زیرزمینی (S) نسبت به ترکیبات مشابه با آبیاری سطحی (B) به جز در ترکیب تیماری پساب غیرمغناطیس بر وزن هزاردانه هیچ تفاوتی نداشته است.

میرابوالقاسمی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی نشان دادند مدیریت آبیاری روی وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری نشان نداد و کاهش سطح ایستابی تغییری در اندازه دانه ایجاد نکرد. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها در جدول۳ مشاهده شده است که فاکتورهای مدیریت آبیاری و تمام اثرات متقابل آن‌ها روی وزن هزاردانه از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۳) نشان داد که اثر روش آبیاری بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است اما اثر نوع آب (معمولی و پساب) و اثر اصلاح آب (مغناطیس و غیرمغناطیس) بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود. اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب، اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب و اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین ارائه شده در جدول (۵)، اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب بر عملکرد بیولوژیک نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک در ترکیب تیماری آبیاری سطحی با پساب با مقدار ۲۸۷۷۷/۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی با آب معمولی با مقدار ۲۷۴۰۷/۲ کیلوگرم در هکتار، حدود ۵ درصد افزایش داشت. نتایج مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر عملکرد بیولوژیک نشان داد که کم‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک در ترکیب تیماری آبیاری زیرزمینی غیرمغناطیس با مقدار ۲۲۸۵۱/۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی غیرمغناطیس با مقدار ۲۷۵۴۳ کیلوگرم در هکتار، حدود ۱۷ درصد کاهش داشت. از طرفی نتایج مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر عملکرد بیولوژیک نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک در ترکیب تیماری OWB با مقدار ۲۹۸۳۴/۳۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد و کم‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک در ترکیب تیماری MWS و MCS به ترتیب با مقادیر ۲۲۴۷۹ و ۲۳۲۲۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که به ترتیب نسبت به تیمار شاهد حدود ۹ درصد افزایش، ۲۷ و ۱۵ درصد کاهش نشان داد (شکل۵).



شکل(۵): مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر عملکرد بیولوژیک

با توجه به اینکه ترکیب تیماری OWB از لحاظ مقایسه میانگین در سطح بالاتری از شاهد قرار گرفته است بنابراین می‌تواند جایگزین مناسبی برای شاهد باشد و ترکیبات تیماری MWS و MCS در سطح پایین‌تری از شاهد قرار دارد. نشان داده شد که با کاهش میزان آب در دسترس گیاه، سطح برگ و میزان فتوسنتز گیاه کاهش یافته و در نتیجه عملکرد بیولوژیک کاهش می‌یابد.

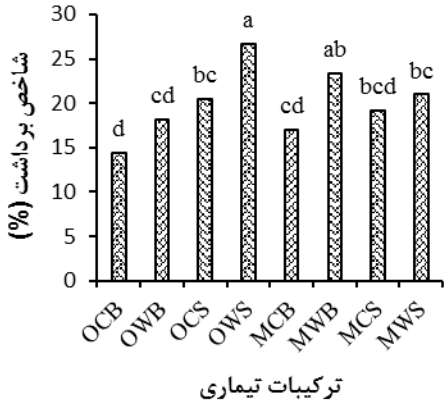
به گزارش بدیعی و همکاران (۱۳۹۵) مقدار عملکرد بیولوژیک در تیمار آب معمولی بیش‌تر از مقدار آن در پساب تصفیه شده است. نتایج آزمایشات ما نشان می‌دهد به جز تیمار (OWB) مابقی تیمارها آبیاری با آب معمولی از لحاظ میزان عملکرد بیولوژیک بیش از مقدار آبیاری با پساب می‌باشد، ولی این تفاوت‌های از لحاظ آماری در یک سطح قرار گرفته‌اند.

رنجبر و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که اعمال میدان مغناطیسی روی آب آبیاری بر عملکرد بیولوژیک گندم معنی‌دار نبود. تیمارهای غیرمغناطیس در عملکرد بیولوژیک بر خلاف نتایج رنجبر و همکاران در گندم نسبت به تیمارهای مغناطیس از سطح آماری بالاتری بر عملکرد بیولوژیک بوده است.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۳) نشان داد که اثر روش آبیاری و اثر نوع آب بر شاخص برداشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است اما اثر اصلاح آب (مغناطیس و غیرمغناطیس) بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود. اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب و اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود ولی اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر شاخص برداشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر شاخص برداشت معنی‌دار شد.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین ارائه شده در جدول (۴) بین تیمار آب معمولی و پساب اختلاف معنی‌داری مشاهده شد به‌طوری‌که مقدار شاخص برداشت برای تیمار پساب با مقدار ۲۲/۳۲ درصد نسبت به تیمار آب معمولی با مقدار ۱۷/۷۵ درصد، حدود ۲۶ درصد بیش‌تر بود. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب بر شاخص برداشت نشان داد که بیش‌ترین مقدار شاخص برداشت در ترکیب تیماری آبیاری زیرزمینی با پساب، آبیاری سطحی با پساب و آبیاری زیرزمینی با آب معمولی با مقادیر به ترتیب ۲۳/۸۳، ۲۰/۸۰ و ۱۹/۸۳ درصد می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی با آب معمولی با مقدار ۱۵/۶۷ درصد، به ترتیب حدود ۵۲، ۳۲ و ۲۶ درصد افزایش داشت (جدول۵). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر شاخص برداشت نشان داد ترکیب تیماری آبیاری زیرزمینی مغناطیس با مقدار ۲۳/۵۸ درصد نسبت به آبیاری سطحی مغناطیس با مقدار ۱۶/۳۰ درصد که دارای کم‌ترین مقدار است حدود ۴۵ درصد افزایش داشت (جدول۵). از طرفی نتایج مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر شاخص برداشت نشان داد که بیش‌ترین مقدار این پارامتر در ترکیب تیماری OWS با مقدار ۲۶/۷۰ درصد می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد با مقدار ۱۴/۴۰ درصد، ۸۵ درصد افزایش داشته است. از آنجایی‌که شاهد دارای کم‌ترین مقدار شاخص برداشت می‌باشد، بنابراین ترکیب تیماری OWS می‌تواند جایگزین مناسبی برای آن باشد. علاوه بر آن می‌توان نتیجه گرفت آبیاری زیرزمینی با حجم آب مصرفی کم‌تر منجر به افزایش شاخص برداشت شد (شکل ۶).



شکل(۶): مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر شاخص برداشت

نتایج حاصل از این تحقیق در شکل ۶ نشان می‌دهد که آبیاری زیرزمینی (S) نسبت به ترکیبات مشابه با آبیاری سطحی (B) به جز در ترکیب تیماری پساب مغناطیس شاخص برداشت را افزایش داده است. که با نتایج Yang and Zhang (۲۰۱۰) که اعلام نمودند، تنش متوسط ناشی از آبیاری و زهکشی متناوب، سبب بهبود فعالیت ریشه، کاهش رشد رویشی و در نهایت منجر به افزایش شاخص برداشت می‌گردد، در توافق بود.

هم‌چنین با توجه به نتایج این پژوهش بر شاخص برداشت تیمار غیرمغناطیس نسبت به تیمار مغناطیس ترکیب تیماری آبیاری زیرزمینی با پساب از سطح آماری بالاتری قرار داشته است و در بقیه ترکیبات تیماری در یک سطح آماری قرار دارد. این نتیجه در تحقیق رنجبر و همکاران (۱۳۹۱) نیز که بر شاخص برداشت گندم انجام شده بود، نیز مشاهده شد.

در خصوص شاخص برداشت طبق نتایج این تحقیق مشخص گردید که تیمار آبیاری با پساب (W) نسبت به آب معمولی (C) سبب افزایش شاخص برداشت گردیده است، نتایج مشابهی نیز در تحقیق ولی‌نژاد و همکاران

(۱۳۸۱) در خصوص اثر معنی‌دار افزایش شاخص‌برداشت در تیمار آب آبیاری با پساب برای گیاه ذرت، اعلام شده است.

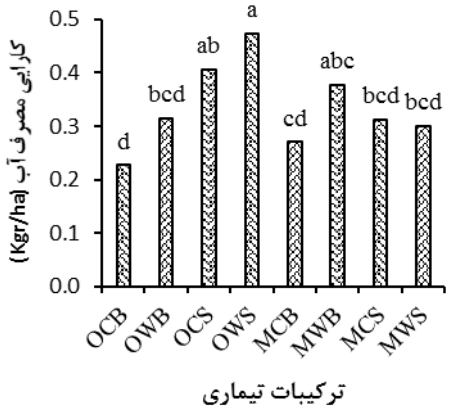
کارایی مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۳) نشان داد که اثر روش آبیاری بر کارایی مصرف آب در سطح ۱ درصد و اثر نوع آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود اما اثر اصلاح آب (مغناطیس و غیرمغناطیس) بر کارایی مصرف آب معنی‌دار نبود. اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب و اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب بر کارایی مصرف آب معنی‌دار نبود اما اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر کارایی مصرف آب در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر کارایی مصرف آب معنی‌دار نبود.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین ارائه شده در جدول (۴) بین هر یک از روش‌های آبیاری زیرزمینی و سطحی اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب مشاهده شد به‌طوری‌که کارایی مصرف آب در روش آبیاری زیرزمینی با مقدار ۰/۳۷ مترمکعب در هکتار نسبت به آبیاری سطحی با مقدار ۰/۲۹ مترمکعب در هکتار، ۲۵ درصد افزایش نشان داد. بین تیمار آب معمولی و پساب اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب مشاهده شد به‌طوری‌که کارایی مصرف آب در پساب با مقدار ۰/۳۷ مترمکعب در هکتار نسبت به آب معمولی با مقدار ۰/۳۰ مترمکعب در هکتار، ۲۰ درصد افزایش داشت. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب بر کارایی مصرف آب نشان داد که بیش‌ترین مقدار مربوط به روش آبیاری زیرزمینی با پساب و آبیاری زیرزمینی با آب معمولی به ترتیب با مقادیر ۰/۳۹ و ۰/۳۶ مترمکعب در هکتار می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی با آب معمولی با مقدار ۰/۲۵ مترمکعب در هکتار، به‌ترتیب حدود ۵۵ و ۴۴ درصد افزایش داشت. نتایج مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر کارایی مصرف آب نشان داد که بیش‌ترین مقدار کارایی مصرف آب در ترکیب تیماری آبیاری زیرزمینی مغناطیس با مقدار ۰/۴۴ مترمکعب در هکتار می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی غیرمغناطیس با مقدار ۰/۳۲ مترمکعب در هکتار، حدود ۳۷ درصد افزایش داشت (جدول۵).

از طرفی با توجه به اینکه نتایج مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر کارایی مصرف آب نشان داد که بیش‌ترین مقدار کارایی مصرف آب در ترکیب تیماری OWS با مقدار ۰/۴۷ مترمکعب در هکتار می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد با مقدار ۰/۲۳ مترمکعب در هکتار، حدود ۱۰۸ درصد افزایش داشت بنابراین می‌تواند جایگزین مناسبی برای شاهد باشد (شکل۷).

تیمار آبیاری سطحی کم‌ترین کارایی مصرف آب را داشته؛ زیرا هم مقدار آب داده شده در این نوع سیستم بیش‌تر است و هم مقدار آب قابل توجهی تبخیر شده است و در کل برتری سیستم آبیاری زیرزمینی به سیستم آبیاری سطحی کاملا" مشهود است. این نتیجه با یافته لیاقت و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد.



شکل(۷): مقایسه میانگین تاثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر کارایی مصرف آب

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایشات نشان داده است که ترکیبات تیماری سه جانبه آبیاری سطحی پساب غیرمغناطیس (OWB) و زیرزمینی پساب غیرمغناطیس (OWS) سبب افزایش ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب گردید و ترکیب (OWB) در

ارتفاع بوته در سطح مشابه تیمار بوده و در صفات دیگر نسبت به تیمار افزایش داشتند.

نتایج این تحقیق نشان داد برای آبیاری برنج نیازی به ایجاد یک لایه ایستابی در سطح خاک وجود ندارد و در مواقع خشکسالی با داشتن آب مطمئن و حتی استفاده از روش‌های دیگر آبیاری می‌توان با صرفه‌جویی در مصرف آب، آب را به مصارف دیگر رساند. بنابراین با استفاده از نتایج این تحقیق و بررسی‌های تکمیلی می‌توان از آبیاری زیرزمینی با پساب غیرمغناطیس به‌عنوان یک روش جایگزین در آبیاری برنج استفاده نمود. به‌رغم جنبه‌های مفید پساب شهری به‌عنوان منبع غنی از عناصر غذایی و ماده آلی، استفاده از این آب‌ها در کشاورزی بدون اعمال مدیریت صحیح باعث وارد آمدن خسارت جبران‌ناپذیر در درازمدت می‌شود. با انجام این پژوهش در کاهش شدید مصرف آب با کیفیت بالا گامی برداشته شد اما ضروری است گام دیگری در بررسی به اثرات سوء محیط‌زیستی نظیر خصوصیات کمی و کیفی گیاه، خصوصیات کمی و کیفی خاک و مشکلات بهداشتی ناشی از عوامل بیماری‌زا برداشته شود تا در نهایت مخاطرات زیست‌محیطی و بهداشتی به حداقل ممکن کاهش یابد تا به خودکفایی تولید برنج با افزایش راندمان و افزایش کارایی مصرف آب برسیم.

گرچه نتایج تحقیق حاضر نشان داد که فاکتور مغناطیسی تاثیری بر بهبود شاخص‌های مورد بررسی در رشد برنج نداشت

منابع

باستانی، ش. ۱۳۹۶. مروری بر تاریخچه ابداعات و نوآوری‌ها در زمینه آبیاری زیرسطحی. نشریه آب و توسعه پایدار، سال چهارم، شماره ۲، ص ۸۰-۶۹.

بدیعی، آ.، ف. کاراندیش و س. م. طباطبائی. ۱۳۹۵. تاثیر آبیاری با فاضلاب خام و تصفیه‌شده شهری بر عملکرد گندم و ویژگی‌های میکروبی خاک و گیاه. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۶، شماره ۲، ص ۲۲۸-۲۱۵.

رنجبر، غ. ح.، م. ج. روستا و س. ع. م. چراغ. ۱۳۹۱. بررسی اثر آب مغناطیسی بر شاخص‌های رشد گندم در شرایط شور. مجله پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۶، شماره۳، ص ۲۷۴-۲۶۳.

صداقت، ن. ا.، ه. ا. پیردشتی.، ر. اسدی و س. ی. موسوی طغانی. ۱۳۹۳. اثر روش‌های آبیاری بر بهره‌وری آب در برنج. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۸، شماره ۱، ص ۱۰-۱.

عالی‌نژادیان، ا.، ا. کریمی، ج. محمدی، ف. نیکوخواه و م. نیمن آندرسون. ۱۳۹۲. بررسی کیفیت باکتریایی خاک و محصول کشاورزی آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده شهری. مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، جلد ۶، شماره ۳، ص ۳۷۷-۳۶۵.

قلی‌پور یوسفیان، ج.، م. ص. ابراهیمی و ج. عابدی کوپایی. ۱۳۹۷. بررسی عوامل مؤثر بر دیدگاه برخی از کشاورزان در استفاده از پساب در شهرستان خرم‌آباد. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، شماره ۳۲، دوره ۴، ص ۶۱۳-۵۹۷.

لیاقت، ع.، م. پورغلام آمیجی و پ. مشهوری‌نژاد. ۱۳۹۷. اثر آبیاری سطحی و زیرسطحی با آب شور و مالچ بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت و توزیع املاح در خاک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۲، شماره ۴، ص ۶۷۴-۶۶۱.

لیموچی، ک.، م. یارنیا، ع. ا. سیادت، و. رشیدی و ع. گیلانی. ۱۳۹۷. بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات فیزیکی دانه ژئوتیپ‌های برنج (Oryza sativa L.,) هوازی در منطقه خوزستان. نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی، جلد ۱۱، شماره ۱، ص ۲۲۶-۲۱۱.

کیانی، ع. ر.، م. خوش‌روش.، ب. مصطفی‌زاده و س. ف. موسوی. ۱۳۸۷. استفاده از روش آبیاری مغناطیسی برای اصلاح آب و خاک و کاهش بحران آب. اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب، زابل، دانشگاه زابل، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، https://www.civilica.com/Paper-ICWC01-ICWC01_144.html.

محمدیان، د.، ر. فتاحی و م. نوری امام‌زاده‌ای. ۱۳۹۵. بررسی تاثیر آب شور مغناطیسی شده بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه فلفل سبز. مجله علوم و مهندسی آبیاری، جلد ۳۹، شماره ۱، ص ۱۳۰-۱۲۱.

میرابوالقاسمی، س م.، م. قبادی نیا، ا. ر. قاسمی و م. ر. نوری امامزاده‌ای. ۱۳۹۵. تأثیر آبیاری زیرزمینی و مدیریت آبیاری بر مشخصه‌های رشد و اجزای عملکرد برنج در منطقه خشک و نیمه‌خشک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۲، شماره ۲، ص ۴۲۱-۴۱۱.

ولی‌نژاد، م.، ب. مصطفی‌زاده و س. ع. م. میرمحمدی میبدی. ۱۳۸۱. اثر پساب تصفیه شده شاهین‌شهر بر خصوصیات زراعی و شیمیایی ذرت تحت سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۹، شماره ۱، ص ۱۰۳-۱۱۵.

Africare Oxfam America. WWF-ICRISAT Project. 2010. More Rice for People, More Water for the Planet. WWF-ICRISAT Project, Hyderabad, India.

Singh, R. P. and M. Agrawal. 2010. Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73: 632-641.

Tuong, T. P. and B. A. M. Bouman. 2003. Rice production in water scarce environments. p.53-67. In J.W. Kijne, R. Barker and D. Molden (eds) Water productivity in agriculture.

Yang, J. and J. Zhang. 2010. Crop management techniques to enhance harvest index in rice. Journal of ExerimentalBotany, 61(12): 3177-3189.

Investigating of the Effect of irrigation management with magnetized urban wastewater on Rice Growth indexes

Leily. GhorbaniMinaei[1], Mehdi. Zakerinia[2]*, Abbas. RezaeiAsl[3] and HamidReza. Mirkarimi[4]

Abstract

For the cultivation of high-yielding rice crops, the use of irrigation systems and low-quality water are ways to reduce water use and overcome the crisis of dehydration. To improve the quality of water, there are different methods such as using magnetic fields. The purpose of this study was to investigate the magnetization effect of wastewater treatment plant in agricultural campus of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in a factorial randomized complete block design with three replications on some rice growth indices in 2018. Experimental treatments include irrigation (underground (S) and surface irrigation (B)), type of irrigation water (ordinary water (C) and Gorgan urban wastewater treatment plant (W)) and magnetization (M) and non-magnetization water treatment method. (O)). The treatment composition was surface irrigation with conventional non-magnetic water treatment. During the experiment, plant height, 1000-grain weight, biological yield, harvest index and water use efficiency were measured. Results showed that application of non-magnetic wastewater increased plant height, 1000-grain weight, biological yield, harvest index and water use efficiency. The results showed that using non-magnetic surface treatment (OWB) and combination non-magnetic wastewater (OWS) increased plant height, 1000-grain weight, biological yield, harvest index and water use efficiency. The combination of (OWB) in plant height was at the same treatment level and increased in other traits compared to treatment, however, the composition (OWS) of harvest index increased with %26.7 and water use efficiency with 0.47 kgr/ha compared to other treatments and especially control. Underground irrigation method in addition to reducing water use compared to surface irrigation, improved harvest index and water use efficiency. According to the results of this study, irrigation of rice does not need to create a water layer on the soil surface and in order to increase production and increase water use efficiency while preserving the quantitative and qualitative characteristics of the plant, the use of abnormal water must be such that the environmental and health risks are minimized?

Keywords: Biological performance, Harvest index, Unconventional water, Water use efficiency.

1 M.Sc. Candidate of Water Engineering, College of water and soil Engineering وGorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (Email: leily.ghorbani.minaei@gmail.com)
2 Associate Professor, Department of Water Engineering, College of water and soil Engineering Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (*-Corresponding Author Email: mzakerinia@gmail.com)
3 Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystem, College of water and soil Engineering Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (Email: abrezaeiasl@gmail.com)
4 Ph.D. Student of Plant Breeding, Islamic Azad University, College of water and soil Engineering وScience and Research Branch of Tehran, Tehran, Iran. (Email: Rezamirkarimi21@gmail.com)

Investigating of the Effect of irrigation management with magnetized urban wastewater on Rice Growth indexes

Leily. GhorbaniMinaei[1], Mehdi. Zakerinia[2]*, Abbas. RezaeiAsl[3] and HamidReza. Mirkarimi[4]

Introduction

Rice is an important agricultural product and the main source of food for about half of the world's population. Drought is one of the major risks to the successful production of crops, especially rice, in the world, which can occur at any time during the growing season. Therefore, one of the main challenges in agriculture is to produce more food with less water.

Groundwater irrigation reduces environmental pollution, resistance to heat and cold, increases crop production efficiency, saves toxins and fertilizers, further root propagation and early maturing, maximizes water conservation and increases irrigation efficiency, drastically reduces weed density and reduces diseases Diseases are applicable to a variety of crops and reduce groundwater aquifer pollution. In the new management, different irrigation methods are applied in accordance with the plant physiology in order to increase the crop, reduce water consumption, and increase irrigation efficiency. Water stress due to non-submerged irrigation of rice while reducing the amount of water consumed or preventing the transfer of salts and nutrients to the plant and reducing photosynthesis reduces the number of tillers, leaf area, dry matter accumulation, number of full grains per panicle, 100-grain weight and Ultimately performance.

Therefore, due to the importance of rice as a high-consumption crop, and due to the importance of water and lack of water resources in the country, the use of available resources correctly and the use of unconventional water is one of the most important goals in agriculture. This research was conducted in order to use unconventional waters such as water of Gorgan urban treatment plant in rice cultivation and compensate for water shortage and use of its magnetization process to improve the quality of these resources.

Methodology

The experiment has been carried out as Three-factor factorial design in the form of completely randomized blocks since May to September of 2011 in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. The factors included irrigation water types including common water (C) as control and Gorgan urban wastewater treatment (W), water correction method including magnetism (M) and non-magnetism (O), and Irrigation method in two levels including surface irrigation (B) and subsurface irrigation (S). The physical and chemical properties of the soil are measured and the results are presented in Table 1. Chemical analyzes of water and wastewater were also measured and presented in Table 2.

[1] M.Sc. Candidate of Water Engineering, College of water and soil Engineering و Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (Email: leily.ghorbani.minaei@gmail.com)

2 Associate Professor, Department of Water Engineering, College of water and soil Engineering و Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (*-Corresponding Author Email: mzakerinia@gmail.com)

3 Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystem, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (Email: abrezaeiasl@gmail.com)

4 Ph.D. Student of Plant Breeding, Islamic Azad University, College of water and soil Engineering و Science and Research Branch of Tehran, Tehran, Iran. (Email: Rezamirkarimi21@gmail.com)

Table 1- Physical and chemical properties of soil

Texture Clas	Clay	Silt (%)	Sand	Ec (ds/m)	pH	Na^+	Ca^{2+} (Meq/l)	Mg^{2+}	K^+
Clay loam	32	30	38	1.48	7.52	19	0.03	8.4	**1.61**

Table 2- chemical properties of water and waste water

Water type	Ec (ds/m)	pH	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+
				(meq/l)		
Common water	0.58	7	0.9	3.1	2.3	**0.09**
Waste water	1.4	8.2	1.2	5.2	4.4	**0.45**

To controll the water level, two tanks were used, one as stabilizer water table and another to measure the amount of water used. The data obtained were analyzed using ْSPSS software and DUNCAN and T-Test test was performed for comparison of means.

Discussion and Conclusion

The results of experiments showed that the three-way treatment of surface irrigation of non-magnetic effluent (OWB) and underground non-magnetic effluent (OWS) increased plant height, 1000-seed weight, biological yield, harvest index and water use efficiency and composition (OWB) in height Plants were treated at the same level and increased in other traits compared to the treatment.

The results of this study showed that there is no need to create a water layer on the soil surface to irrigate rice, and in cases of drought, having safe water and even using other irrigation methods can save water by saving water consumption. Other uses. Therefore, using the results of this study and additional studies, underground irrigation with non-magnetic effluent can be used as an alternative method in rice irrigation. Despite the beneficial aspects of municipal wastewater as a rich source of nutrients and organic matter, the use of these waters in agriculture without proper management causes irreparable damage in the long run. With this study, a step was taken to drastically reduce the consumption of high quality water, but it is necessary to take another step in investigating the adverse environmental effects such as quantitative and qualitative characteristics of plants, quantitative and qualitative characteristics of soil and health problems caused by pathogens. Environmental and health hazards should be minimized to achieve rice self-sufficiency by increasing efficiency and increasing water use efficiency. However, the results of the present study showed that the magnetic factor had no effect on the improvement of the studied indices in rice growth.

Keywords: Biological performance, Harvest index, Unconventional water, Water use efficiency

The most important references

Tuong, T. P. and B. A. M. Bouman. 2003. Rice production in water scarce environments. p.53-67. In J.W. Kijne, R. Barker and D. Molden (eds) Water productivity in agriculture.

Mirabolghasemi, S.M., M. Ghobadinia, A.R. Ghasemi and M.R. Nouri-Emamzadeie. 2017. The Effect of Controlled drainage and Irrigation Management on Growth Characteristics and Rice Yield in the arid and semiarid. Journal of Water and Soil, 31(2): 411-421.