

بررسی اثرات تاثیر کم آبیاری با استفاده از آب فاضلاب تصفیه شده شهری بر

عملکرد و ویژگی های فیزیولوژیکی گیاه ارزن (دم روباهی)

عباس خاشعی سیوکی^۱، محمدحسن سیاری^۲، علی شهیدی^۳ و سمانه اطمینان^۴

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۱۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۱

مقاله پژوهشی

چکیده

علاوه بر خشکسالی، عدم اعمال روش های صحیح مدیریتی سبب کمبود آب در بحث مدیریت مزارع و باغات شده است. از راهکارهای ارائه شده در این راستا، کاربرد فاضلاب شهری می باشد. این پژوهش با هدف بررسی اثر مدیریت فاضلاب شهری و روش کم آبیاری بر عملکرد و ویژگی های فیزیولوژیکی گیاه علوفه ای ارزن دم روباهی انجام شد. از این رو، طرح پلات خرد شده با سه منبع آبیاری (فاضلاب I1، آب چاه I2 و تناوب I3) به عنوان تیمار اصلی و سه روش کم آبیاری (C1، C2، C3 و C4) به عنوان تیمار فرعی با ۳ تکرار با کشت گیاه ارزن دم روباهی در مزرعه شرکت آب و فاضلاب شهرستان بیرجند در تابستان ۱۳۹۷ اجرا شد. نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد فاضلاب شهری به عنوان یک منبع آبیاری تاثیر معنی داری بر ویژگی های فیزیولوژیکی گیاه ارزن از جمله عملکرد بوته، وزن هزار دانه و میزان کارایی آب مصرفی دارد. میزان ارتفاع بوته در تیمار تناوب با بهترین عملکرد نسبت به شاهد ۲۰ درصد روند افزایشی نشان داد در حالی که در تیمار تنش آبی در سطح نیاز آبی ۳۰ درصد نسبت به شاهد ۵ درصد روند کاهش مشاهده شد. روند تغییرات وزن خوشه بر حسب گرم در تیمار فاضلاب نسبت به شاهد ۱۸ درصد دارای روند افزایشی بود. همچنین با اعمال تنش آبی نیز مشاهده شد که در سطح نیاز آبی ۵۰ و ۳۰ درصد در تیمارهای با منبع آبیاری تناوب نسبت به شاهد میزان کارایی آب مصرفی ۵ درصد روند افزایشی دارد. نتایج حاصل بیانگر نقش اثر گذار فاضلاب شهری توأم با آب چاه در روند رشد گیاه علوفه ای ارزن است که سبب بهبود ویژگی های فیزیولوژیکی و همچنین منجر به افزایش عملکرد گیاه ارزن دم روباهی می گردد. نتایج کلی نشان داد که استفاده از فاضلاب شهری در جهت مدیریت منابع آب در کشاورزی حائز اهمیت است.

واژه های کلیدی: ارزن دم روباهی، فاضلاب شهری، مدیریت کم آبیاری، عناصر غذایی گیاه.

^۱ دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، (نویسنده مسول) (abbaskhashei@birjand.ac.ir)

دانشیار گروه زراعت، اصلاح نباتات و علوم خاک، دانشگاه بیرجند، (msayari@birjand.ac.ir).

^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، (ashahidi@birjand.ac.ir).

^۴ دانشجوی دکترای فیزیک و حفاظت خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، (etminan.s@agr.uk.ac.ir).

مقدمه

امروزه رشد روزافزون جمعیت و افزایش تقاضا برای تهیه مواد غذایی و همچنین تغییر شرایط اقلیمی مطرح می‌باشد که سبب تغییراتی در میزان بارندگی و افزایش خشکسالی در مناطق مختلف شده است. از این رو کاهش منابع آب شیرین و افزایش بهره‌وری از منابع آب زیرزمینی مطرح می‌باشد که سبب افت سطح آب‌های زیرزمینی و به دنبال آن مسائل گوناگون زیست محیطی مطرح می‌گردد. یکی از راهکارهای ارائه شده توسط متخصصین دیگر در جهت مدیریت منابع آب، تصفیه و بهره‌وری از فاضلاب‌های شهری و صنعتی در جهت مصارف کشاورزی است. علاوه بر تامین منبع آب باید این مسئله نیز در نظر گرفته شود که فقط طی تولید بیشتر محصول به ازای هر واحد آب مصرفی در واحد سطح می‌توان مصرف بهینه آب و تولید مواد غذایی مورد نیاز جامعه را مدیریت نمود. یکی از روش‌های مدیریتی برای بهره‌وری بیشتر از منابع آب، روش‌های کم‌آبیاری با دیدگاه افزایش تولید محصولات کشاورزی به ازای هر واحد آب مصرفی می‌باشد (English and Raja. 1996). استفاده از فاضلاب تصفیه شده به عنوان یک منبع آبیاری علاوه بر این که آب مورد نیاز برای آبیاری مزارع را فراهم می‌کند به دلیل دارای بودن عناصر مغذی می‌توان از آن به عنوان یک منبع کود آلی برای تامین عناصر مورد نیاز گیاه برای رشد و نمو و همچنین یک منبع با ارزش در جهت بهبود ویژگی‌های ساختاری خاک نام برد، مشروط بر این که طبق روش‌های استاندارد تصفیه گردد و طبق یک روش اصولی مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا، مطالعه کاربرد فاضلاب شهری به عنوان یک منبع آبیاری و اثرات آن بر منابع محیط زیست امری ضروری و اجتناب ناپذیر است (آشتیانی و همکاران، ۱۳۹۰).

فاضلاب علاوه بر این که یک منبع آبی با دبی دائم است که به ندرت تحت تاثیر شرایط خشکسالی قرار می‌گیرد، یک منبع کود آلی برای گیاهان است که طی استفاده از این منبع آبی می‌توان عناصر غذایی گیاه را طی فصل زراعی تامین نمود و از استفاده بی‌رویه کودهای شیمیایی اجتناب نمود. مطالعات احمدی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی گیاه ارزن دم روباهی نشان داد که تیمارهای آبیاری شده با پساب

فاضلاب و محلول پاشی کود کامل دارای بیشترین میزان علوفه در طول فصل رویشی، بیشترین عملکرد دانه در کل دوره رشد و افزایش عملکرد علوفه نسبت به دانه گردید. Khan et al., (2012) برای آبیاری ارزن از فاضلاب تحت شرایط مزرعه استفاده نمودند، نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد فاضلاب به طور معنی‌داری باعث افزایش طول ساقه، تعداد برگ، وزن خشک عملکرد در واحد سطح و شاخص سطح برگ می‌گردد و بیان نمودند که در مناطقی که با کمبود آب شیرین مواجه هستند کاربرد فاضلاب به عنوان یک منبع مغذی و آبی برای گیاهان مناسب می‌باشد. در کنار استفاده از منابع آب نامتعارف، یکی دیگر از روش‌های مدیریتی که در مناطق خشک-نیمه خشک مورد توجه قرار گرفته است، روش مدیریتی کم‌آبیاری است. کاربرد این روش مدیریتی گرچه سبب کاهش عملکرد محصول در واحد سطح می‌گردد، اما یکی از راهکارهای مدیریتی در جهت افزایش بهره‌وری از منابع آب مصرفی است که دارای اهمیت بالای در مناطق خشک-نیمه خشک به دلیل بالا بودن آب مصرفی در بخش‌های کشاورزی می‌باشد (ابراهیمی پاک و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به شرایط موجود در منابع آب، از موارد مدیریتی که باید در بخش کشاورزی در نظر گرفته شود، به حداکثر رساندن تولیدات کشاورزی در برابر میزان آب مصرفی است. به عبارت دیگر با برنامه‌ریزی دقیق میزان کارایی آب تخصص یافته به بخش کشاورزی بهینه شود (Kirda. 2002). در روش کم‌آبیاری میزان آب مصرفی در فرآیند آبیاری نسبت به سطوح آبیاری به طور کامل کاهش می‌یابد و یک تنش رطوبتی که حداقل تاثیر سوء بر تولید محصولات دارد، اعمال می‌شود. در مناطق خشک و نیمه خشک که به شدت تحت تاثیر خشکسالی و تغییرات اقلیمی هستند بکار بردن روش کم‌آبیاری با تولید حداکثری محصول به ازای هر واحد آب آبیاری، سبب افزایش راندمان اقتصادی می‌گردد (Kirda and Kanber. 1999). هدف اصلی در روش کم‌آبیاری عمدتاً افزایش کارایی مصرف آب با کاهش نیاز آبیاری گیاه و حذف آن قسمت از آب آبیاری است که تاثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد ندارد. از دیدگاه اقتصادی زمانی که انرژی، سرمایه، نیروی کار و



بهره‌وری آب در ابتدا دارای روند افزایشی و سپس کاهش نشان داد. حداکثر بهره‌وری آب در تیمار آبی ۸۰ درصد نیاز آبی بدست آمد. (Alva et al., 2012) به مطالعه تنش آبی بر میزان عملکرد سیب‌زمینی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که تنش آبی باعث افزایش غلظت نیترات سیب زمینی می‌گردد. تنش آبی بعد از آغاز هفته چهارم جوانه‌زنی اثر منفی و معنی‌داری بر عملکرد غده سیب‌زمینی می‌گردد. با توجه به این‌که طی اعمال تنش آبی از درصد رطوبت خاک کاسته می‌گردد و سبب اثرات نامطلوبی در میزان عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه می‌شود. مطالعه و ارزیابی تنش آبی بر پایه میزان واکنش گیاه به تنش آبی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است (Veysi et al., 2017). با توجه به مطالعات صورت گرفته، هدف از این تحقیق ارزیابی استفاده از آبهای نامتعارف و بررسی تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر میزان عملکرد، ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه علوفه‌ای ارزن دمروباهی و بهره‌وری مصرفی به منظور دستیابی به حداکثر عملکرد و بهره‌وری از آب‌های نامتعارف می‌باشد.

مواد و روش

این پژوهش در طول یک فصل زراعی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت اسپلیت‌پلات در مزرعه تحقیقاتی سازمان آب و فاضلاب شهرستان بیرجند که در فاصله ۵ کیلومتری غرب شهر بیرجند در مسیر جاده بیرجند- طبس، مجاور روستای امیرآباد با عرض جغرافیایی $32^{\circ}53'$ شمالی و طول جغرافیایی $55^{\circ}13'$ شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا واقع شده انجام شد (شکل ۱). تصفیه‌خانه از سال ۱۳۸۴ راه‌اندازی و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است که به روش برکه تبخیر تصفیه می‌گردد. خاک منطقه تحقیقاتی به دلیل عدم وجود پوشش گیاهی، درجه حرارت بالا و میزان بارندگی کمتر از ۳۰ میلی‌متر در سال از نظر مواد آلی و سایر عناصر غذایی خاک فقیر است. خاک‌های منطقه عمدتاً در رده Entisol و Aridisols و تحت رده Calcids قرار می‌گیرند. از این‌رو خاک منطقه شور و آهکی است. به منظور ارزیابی اولیه خاک منطقه مورد مطالعه، از عمق ۰ الی ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک به طور تصادفی از نقاط مختلف نمونه‌برداری شد و پس از هوا

منبع تامین‌کننده دارای محدودیت‌های است، سطح بهینه اقتصادی آن کالا یا نهاده نه در نقطه حداکثر تولید بلکه مقداری پایین‌تر از سطح حداکثر قرار دارد. در مصارف کشاورزی آب مهم‌ترین نهاده اقتصادی است. سطح بهینه مصرف آب از نظر اقتصادی، در حداکثر عملکرد زراعی قرار ندارد بلکه در سطحی است که میزان مصرف آن و حاصل سود بدست آمده از این میزان مصرف آب دارای توجیه اقتصادی برای کشاورز باشد. بنابراین در این روش مدیریتی، هرچند که میزان عملکرد در واحد سطح کاسته می‌شود ولی با صرفه‌جویی در مصرف آب، سطح بیشتری زیرکشت می‌رود و میزان کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. مدیریت کم‌آبیاری با مدیریت آبیاری کامل متفاوت است. در روش کم‌آبیاری، سطح بهینه کاهش آب که به ازای آن سود و کارایی مصرف آب بیشتر می‌گردد برای هر محصول زراعی تعیین نمود. این روش مدیریتی می‌تواند به دو شکل بکار گرفته شود؛ کشاورز می‌تواند در مرحله‌ای از رشد از میزان آب مصرفی مزرعه بکاهد و در سایر مراحل دوره رشد آبیاری به طور کامل براساس نیاز آبی گیاه تامین گردد و یا می‌تواند در هر دوره آبیاری مقدار آب کمتری از نیاز آبی گیاه به کار برده شود تا استفاده بهینه از میزان آب مصرفی صورت گیرد (دهقان و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج پژوهش قمرنیا و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که میزان عملکرد دانه گشنیز، روغن، اسانس و میزان کارایی مصرف آب به طور معنی‌داری تحت تاثیر تنش خشکی قرار دارد. همچنین میزان بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب به ترتیب مربوط به ۲۵ درصد نیاز آبی و ۵۰ درصد نیاز آبی بر حسب عملکرد دانه بدست آمد. مطابق تحقیقات رضای تولائی و همکاران (۱۳۹۵) تنش خشکی باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای پنبه گردید.

تنش خشکی اثر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر دارد ولی بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تاثیری ندارد. مطالعات احمدی و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که با اعمال تنش آبی از میزان عملکرد گیاه سویا کاسته شده است. به طوری که با اعمال تنش آبی شدید (۶۰ درصد نیاز آبی) میزان عملکرد نسبت به حالت شاهد ۷۵ درصد کاهش داشته است. از سوی دیگر با اعمال تنش آبی، میزان



منطقه به منظور آنالیز آب تهیه گردید و گزارش کاملی از ویژگی‌های فاضلاب تصفیه شده شهری نیز از سازمان آب و فاضلاب شهرستان بیرجند تهیه شد (جدول ۲).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی، تصفیه‌خانه فاضلاب شهری، شهرستان بیرجند (منطقه مورد مطالعه)

نیز در طول فصل رشد ارزن مشاهده نشد. تا مرحله چهار برگی آبیاری براساس نیاز آبی کامل (۱۰۰ درصد C1) تمام کرت‌ها با آب چاه آبیاری شدند. بعد از این مرحله به طور کاملاً تصادفی کرت‌ها بین تیمار اصلی (منابع مختلف آبیاری) و همچنین تیمار فرعی (تیمارهای آبیاری) تقسیم‌بندی شدند و دو روش مدیریت مورد نظر (استفاده از فاضلاب شهری به عنوان منبع آبیاری و روش کم آبیاری) اعمال شدند. از این مرحله به بعد تنش آبی اعمال گردید. برای تعیین عمق آبیاری، رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم طی نمونه‌گیری در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری قبل از آغاز آبیاری با استفاده از دستگاه صفحه فشاری در فشارهای ۳۳۰ و ۱۵۰۰ بار اندازه‌گیری شد. زمانی که میزان رطوبت خاک به حد مجاز تخلیه برای گیاه ارزن دمروباهی رسید، آبیاری صورت گرفت. برای تعیین میزان آبیاری از رابطه (۱) استفاده شد.

$$d_s = (\theta_{F.C} - \theta_{PWP}) \times \rho_b \times D_r \quad (1)$$

$\theta_{F.C}$ و θ_{PWP} به ترتیب رطوبت وزنی خاک در نقطه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم، ρ_b : وزن مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3) و D_r : عمق توسعه ریشه (cm) می‌باشد. بدین ترتیب دور آبیاری با توجه به تیمار بدون تنش آبی

خشک نمودن و عبور از الک ۲ میلی‌متری برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد (جدول ۱). همچنین نمونه آب از چاه موجود در

با توجه به آنالیز جدول ۲ و شرایط اقلیمی حاکم در منطقه، گیاه ارزن دمروباهی که یک گیاه مقاوم به شوری و کم آبی است و در خاک‌های سبک از شنی تا لومی با اسیدیته بین ۵/۵ تا ۷ به‌خوبی رشد می‌کند، می‌تواند یک گیاه زراعی - علوفه‌ای قابل کشت در مناطقی با اقلیم خشک - نیمه خشک باشد. از این رو این گیاه علوفه‌ای به عنوان گیاه قابل کاشت در این طرح در نظر گرفته شد. طرح استفاده شده در این پژوهش پلات‌های خرد شده با سه منبع آبیاری (فاضلاب I1، آب چاه I2 و تناوب I3) به عنوان پلات اصلی و سه روش کم آبیاری (C1، C2، C3) به عنوان پلات فرعی در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. برای اجرای این طرح ۳۶ کرت با ابعاد ۲×۲ متر ایجاد شد. فاصله بین هر کرت نیز ۱ متر در نظر گرفته شد. برای کاهش شوری خاک و از بین رفتن سله خاک سطحی، بعد از طراحی و اجرای کرت‌ها طی سه دوره به فاصله ۵ روز آبیاری کرتی صورت گرفت. سپس شیاهای در خاک ایجاد و بذر ارزن به روش دستی در ۵ تیرماه ۱۳۹۷ کاشته شد. قابل ذکر است که هیچ کودی (شیمیایی یا آلی) قبل از کاشت بذر در مراحل آماده‌سازی کرت‌ها و همچنین در طول دوره رشد به خاک اضافه نشده است و در طول آزمایش کنترل علف هرز نیز با دست صورت گرفت و هیچ‌گونه بیماری یا آفاتی

نرم افزاری SAS 9.4 و مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت

تعیین شد و هم‌زمان تمامی تیمارهای طرح با دور آبیاری یکسان و اعماق متفاوت آبیاری شدند. از آنجایی که حجم مورد نیاز آب برای هر تیمار به طور دقیق محاسبه شده و با استفاده از کنتور حجمی دقیق میزان حجم آب به هر کرت داده شد. در اواخر شهریور ماه دوره‌های آبیاری به اتمام رسیدند و پس از حدود ۱۵ روز از آخرین دوره آبیاری مرحله برداشت انجام شد. از آنجایی که گیاه ارزن یک گیاه علوفه‌ای است که از ساقه، برگ و دانه آن در جهت تامین مواد غذایی دام و طیور استفاده می‌گردد، در این تحقیق میزان عملکرد ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه ارزن دم‌روبه‌ای از جمله ارتفاع بوته، نسبت وزن بوته به ریشه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در هر خوشه، عملکرد بوته و همچنین میزان کارایی آب مصرفی مورد ارزیابی قرار گرفت. ارتفاع بوته در مراحل گوناگون رشد و همچنین در زمان برداشت با اندازه‌گیری ارتفاع ۲۰ ساقه که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند از سطح خاک تا انتهای سنبله بدست آمد. تعداد دانه در هر سنبله و همچنین اندازه‌گیری وزن هزار دانه نیز با انتخاب ۲۰ سنبله صورت گرفت. نسبت وزن بوته به ریشه نیز در دو مرحله، بلافاصله بعد از برداشت (وزن تر) و پس از انتقال به آزمایشگاه و خشک نمودن در آون فن‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بعد از گذشت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد بوته، به طور تصادفی از هر کرت ۱۰ بوته بعد از حذف حاشیه‌ها انتخاب شد و به آزمایشگاه انتقال داده شد و به مدت ۴۸ ساعت در آون فن‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. با توجه به اطلاعات هواشناسی موجود از ایستگاه هواشناسی دانشگاه بیرجند، میزان تعرق و تبخیر گیاه محاسبه گردید و براساس بیومس تر و خشک گیاه میزان ماده خشک گیاه بدست آمد و براساس اطلاعات حاصل میزان کارایی مصرف آب محاسبه گردید. بهره‌وری یا میزان کارایی آب مصرفی (WUE)، به مقدار عملکرد (یا ارزش عملکرد) گفته می‌شود که به ازای واحد حجم آب مصرفی بدست می‌آید.

$$WUE = \frac{D}{I} \quad (2)$$

D: جرم ماده خشک تولید شده و I: جرم آب مصرف شده توسط گیاه است. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های در محیط



جدول (۱): ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

بافت خاک	Ec (ds/m)	pH	کلسیم (mg/l)	منیزیم (mg/l)	سدیم (ppm)	مواد آلی (درصد)	Pb (gr/cm ³)	MWD (mm)	K _s (cm/min)
لوم رسی	۵/۵۱	۷/۴۵	۸/۴	۲۴/۴	۳۱۰۰	۰/۰۱۹۵	۱/۵	۵	۰/۰۷۰۲

جدول (۲): ویژگی‌های آب چاه و آب فاضلاب

پارامتر	واحد	آب چاه	آب فاضلاب
Ec	(ds/m)	۵/۸۲	۲/۸۴
pH		۷/۹۳	۸/۰۷
نیتروژن کل	mg/l	-	۶۰
فسفر	mg/l	-	۰/۴۱
پتاسیم	mg/l	۲۴۵	-
سدیم	mg/l	۳۸۰	۳۲۵
کلسیم	mg/l	۰/۳۰۵	۴۴/۸
منیزیم	mg/l	۱/۲۸	-
آهن	mg/l	۰/۰۱۱	۰/۱۱۹
روی	mg/l	۰/۰۰۹	۰/۰۴۵
BOD ^۱	mg/l	-	۸۴
COD ^۲	mg/l	-	۱۷۴

در نیاز آبی ۳۰ (C3) است. نتایج حاصل از بررسی اثرات متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب مربوط به تیمارهای (I3C1) و (I3C3) می‌باشد. بین تیمارهای I1C3، I1C2 و I2C2 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. هر چند که نسبت به تیمارهای I2C2 و I2C3 دارای عملکرد بهتری می‌باشند و در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دارند. مطالعه احمدی آغ‌تپه (۱۳۹۲) نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته گیاه ارزن دم‌روباهی در روش آبیاری با پساب و کمترین ارتفاع بوته در روش آبیاری با آب معمولی بدست آمده است. از آنجا که اندام‌های هوایی حساسیت بیشتری به تنش کم‌آبی دارند و محدودیت نمود گیاه در اثر کمبود رطوبت خاک در قسمت‌های هوایی زودتر اتفاق می‌افتد. هر گونه کمبود آب موجب تقلیل بیشتر آماس سلولی، کاهش تقسیم و توسعه سلولی به خصوص در

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که منابع آبیاری در سطح ۱ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۳) اثر سطوح کم‌آبیاری

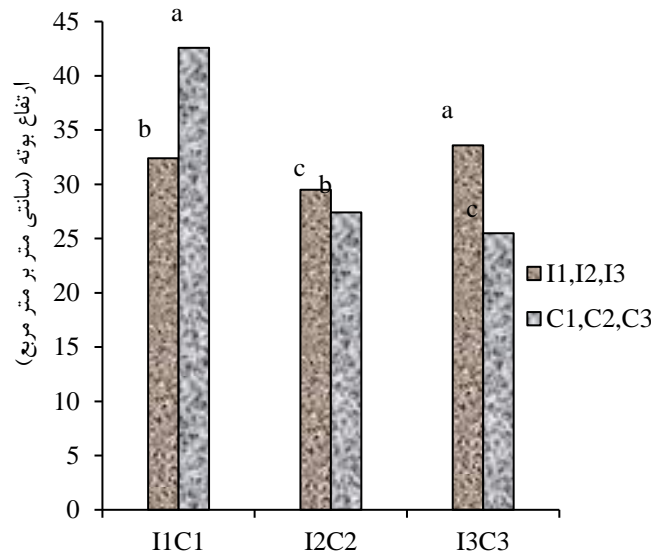
نیز در سطح ۱ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۴). برپایه نتایج حاصل نوع منبع آبیاری و همچنین مدیریت کم‌آبیاری در تمام دوره رشد بر ارتفاع بوته اثر معنی‌داری داشته است. با توجه به شکل (۲) بیشترین ارتفاع بوته در روش آبیاری تناوبی (I3) و کمترین ارتفاع در روش آبیاری با آب چاه مشاهده گردید. از نظر روش مدیریت کم‌آبیاری نیز بیشترین ارتفاع برابر با ۴۲/۵۸ سانتی‌متر در نیاز آبی ۱۰۰ درصد (C1) و کمترین ارتفاع برابر با ۲۵/۴۹ سانتی‌متر

1- Biological oxygen demand

2 - Chemical oxygen demand

کوچک تر برگها تشخیص داد(رضائی چپانه و پیرزاد، ۱۳۹۳).

ساقه و برگها می‌شود. به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی روی گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع یا اندازه



شکل ۲- روند تغییرات ارتفاع بوته تحت تاثیر منابع آبیاری و سطوح مختلف تنش آبی

میزان گستردگی سطح ریشه نسبت به دو تیمار دیگر روند افزایشی داشته است.

نسبت وزن بوته به ریشه

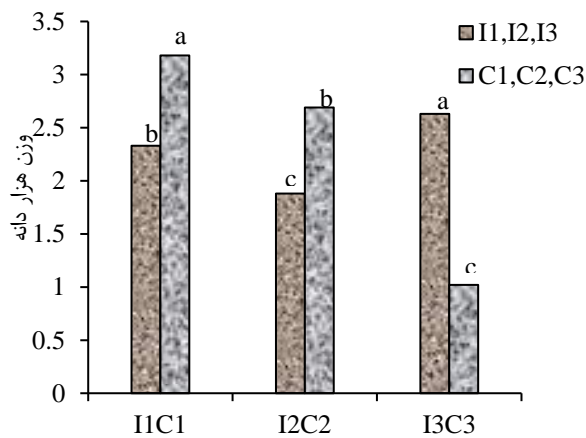
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که استفاده از منابع آب گوناگون با کیفیت متفاوت سبب تغییرات معنی‌داری در نسبت وزن بوته به ریشه شده‌اند. با توجه به شکل (۳) آب چاه بیشترین تاثیر بر نسبت وزن بوته به ریشه داشته و کمترین تاثیر مربوط به تیمار فاضلاب می‌باشد. از نظر مدیریت کم‌آبیاری و اعمال تنش آبی در تمام دوره رشد، بیشترین نسبت وزن بوته به ریشه در نیاز آبی ۵۰ درصد (C₂) و کمترین نسبت وزن بوته به ریشه در نیاز آبی (C₁) مشاهده شد. مقایسه میانگین اثر متقابل بین تیمارها نشان داد که بیشترین و کمترین نسبت وزن بوته به ریشه به ترتیب مربوط به تیمارها I2C3 و I1C1 است. همچنین قابل ذکر است مقدار این نسبت در تیمارهای تحت آبیاری با نیاز آبی ۵۰ و ۳۰ درصد نسبت به تیمارهای تحت آبیاری با نیاز آبی ۱۰۰ درصد بیشتر می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل می‌توان بیان نمود با اعمال تنش آبی، از گستردگی سطح ریشه کاسته شده است، در مقابل در تیمار فاضلاب

وزن هزار دانه و تعداد دانه در هر خوشه

وزن هزار دانه و تعداد دانه در هر خوشه در سطح ۱ درصد از نظر منابع آبیاری دارای اختلاف معنی‌دار بودند. بیشترین وزن هزار دانه و بیشترین تعداد دانه در هر خوشه در منبع آبیاری تناوبی (I3) و کمترین مقدار آن دو در منبع آبیاری آب چاه مشاهده شد (شکل ۴ و ۵). البته قابل ذکر است از نظر تعداد دانه در هر خوشه بین منبع آبیاری فاضلاب و تناوب تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و از این نظر دارای عملکرد یکسانی هستند. مقایسه میانگین اثر متقابل بین تیمارها نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد دانه در هر خوشه به ترتیب در تیمارهای I3C1 و I2C3 بدست آمد. در سطح نیاز آبی ۵۰ درصد، از نظر تعداد دانه در هر خوشه بین تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد که بیشترین مقدار در تیمار I3C2 و کمترین مقدار در تیمار

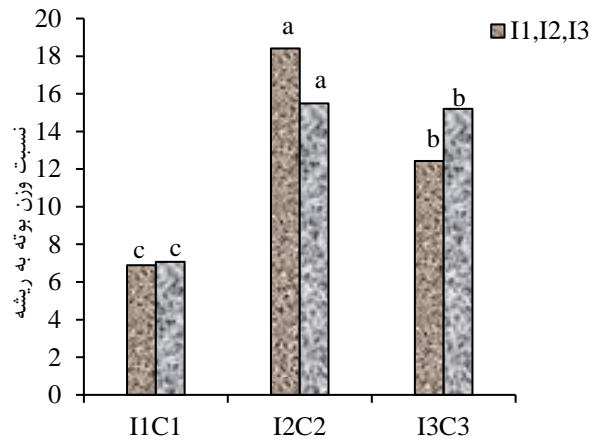


دانه در هر خوشه در نیاز آبی (C1) و کمترین مقدار آن دو در نیاز آبی (C3) مشاهده شد (شکل ۵و۴). طباطبای و دهقانی هراتی (۱۳۹۱) نشان دادند که طی اعمال تنش آبی، عملکرد دانه روند کاهشی دارد اما وزن صد دانه فاقد روند تغییرات است. نتایج تحقیق قمرنیا و همکاران (۱۳۹۱) نیز نشان داد با افزایش تنش آبی از میزان عملکرد دانه کاسته می‌شود که کمترین عملکرد دانه مربوط به نیاز آبی ۲۵ و بیشترین عملکرد دانه در نیاز آبی ۱۰۰ درصد بدست آمد.

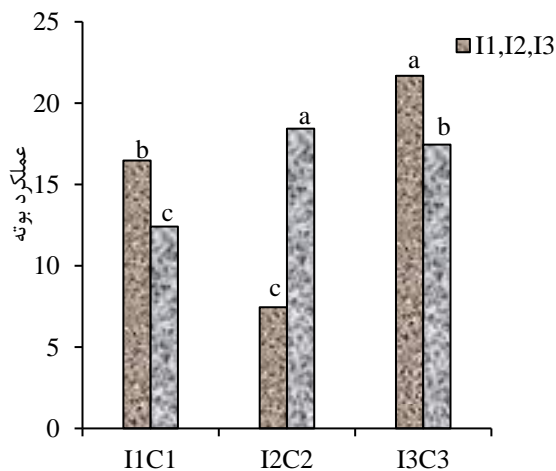


شکل ۴- روند تغییرات وزن هزار دانه تحت تاثیر منابع آبیاری و سطوح مختلف تنش آبی

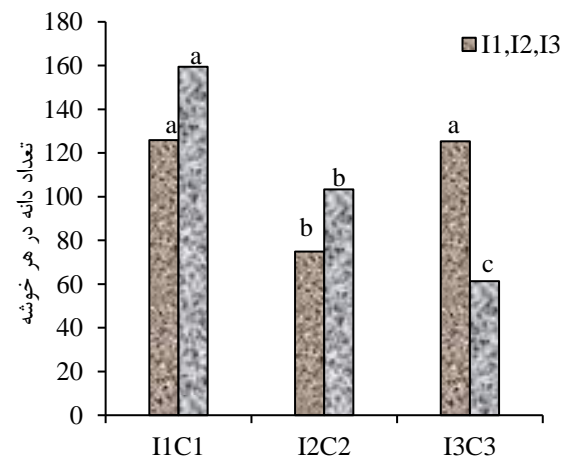
I2C2 بدست آمد. در سطح نیاز آبی ۳۰ درصد نیز تعداد دانه در هر خوشه در تیمار I1C3 نسبت به تیمار I3C3 بهتر است. مطالعات اصغری پور (۱۳۹۱) نشان داد که منابع آبیاری (رودخانه، فاضلاب رقیق شده و نشده) اثری بر وزن هزار دانه نداشته است. اما در عملکرد دانه، بیشترین مقدار در فاضلاب رقیق نشده مشاهده گردید. نتایج تحقیق احمدی آغ‌تپه (۱۳۹۲) نشان داد که کاربرد پساب فاضلاب به عنوان یک منبع آبیاری سبب افزایش عملکرد دانه شده است. از دیدگاه تنش آبی، بیشترین وزن هزار دانه و تعداد



شکل ۳- روند تغییرات نسبت وزن بوته به ریشه تحت تاثیر منابع آبیاری و سطوح مختلف تنش آبی



شکل ۶- روند تغییرات عملکرد بوته تحت تاثیر منابع آبیاری و سطوح مختلف تنش آبی



شکل ۵- روند تغییرات تعداد دانه در هر خوشه تحت تاثیر منابع آبیاری و سطوح مختلف تنش آبی



عملکرد بوته

همکاران (۱۳۹۱) نیز نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب در تنش آبی ۲۵ درصد بدست آمد و کمترین کارایی مصرف آب مربوط به نیاز آبی ۱۰۰ درصد بود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه ارزن به ترتیب در تیمارهای تناوب و فاضلاب دارای بهترین عملکرد نسبت به تیمار آب چاه است. فقط از نظر عملکرد کل و طول خوشه تفاوت معنی‌داری بین منابع آبیاری مشاهده نشد و نسبت وزن بوته به ریشه در تیمار آب چاه بیشتر از دو تیمار تناوب و فاضلاب بود. در مدیریت کم آبیاری، بین تیمار ۱۰۰ و ۵۰ درصد در ویژگی عملکرد کل تفاوت مشاهده نشد و دو ویژگی عملکرد بوته و نسبت وزن بوته به ریشه در تیمار ۵۰ درصد نسبت به دو تیمار دیگر (۱۰۰ و ۳۰ درصد) دارای بهترین روند است. ضریب کارایی مصرف آب نشان داد که با استفاده از منابع آبی نامتعارف با رعایت نکات ایمنی با توجه به این که از نظر تامین عناصر غذایی غنی هستند قادر به جبران کمبود آب نمود و به رشد و نمو گیاه تحت تنش آبی کمک شایانی می‌کند و می‌تواند منبع مناسبی برای آبیاری می‌باشد.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغ ۱۳۹۷/۵/۱۳۴۵۸ مورخ ۱۳۹۷/۷/۱۵ و با استفاده از اعتبارات دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود. در ضمن از شرکت آب و فاضلاب استان خراسان جنوبی نیز بدلیل در اختیار قرار دادن امکانات لازم تحقیق سپاسگزاری میشود

میزان عملکرد بوته تحت مدیریت منابع گوناگون آبیاری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین و کمترین عملکرد بوته به ترتیب در منبع آبیاری تناوب (I3) و آب چاه (I1) مشاهده شد (شکل ۶). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب در تیمارهای I3C1 و I2C3 مشاهده شد. در سطح نیاز آبی ۵۰ درصد، تیمار I3C2 دارای بیشترین عملکرد است در حالی که تیمارهای I1C2 و I2C2 دارای عملکرد یکسانی هستند. همچنین در سطح نیاز آبی ۳۰ درصد، عملکرد تیمار I1C3 بهتر از تیمار I3C3 می‌باشد. مطالعه احمدی آغ‌تپه (۱۳۹۱) نشان داد که میزان عملکرد علوفه در حالت تر و خشک طی آبیاری با پساب و تناوبی (پساب - آب معمولی) نسبت به عملکرد علوفه در آبیاری با آب چاه بیشتر است. با اعمال تنش آبی نیز میزان عملکرد بوته در سطح ۱ درصد روند تغییرات نشان داد که بیشترین عملکرد بوته در نیاز آبی ۵۰ درصد (C2) مشاهده شد.

میزان کارایی مصرف آب

با توجه به جدول تجزیه واریانس (۳) بین تیمارهای گوناگون آبیاری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین و کمترین میزان آب مصرفی برابر با ۰/۵۵۲ و ۰/۰۰۹ است که به ترتیب به I3 و I1 است. همچنین براساس جدول تجزیه واریانس (۴) بین تیمارهای تنش آبی اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد مشاهده شد که بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار (C3) و (C2) مشاهده گردید. بیانگر حداکثر بهره‌بردن آب در تنش آبی ۳۰ درصد و ۵۰ درصد است. مقایسه میانگین اثر متقابل بین تیمار بیانگر بیشترین میزان کارایی مصرف آب در تیمار I3C3 و کمترین مقدار در تیمار I2C1 است. مطالعات قمرنیا و



جدول (۳): جدول تجزیه واریانس ویژگی‌های گیاه مورد مطالعه (ارزن دم‌روباهی) در سطح منابع آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی آب مصرفی	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بوته (گرم)	وزن ۱۰۰۰ دانه	میانگین		تعداد دانه در هر خوشه
						قطر بوته	مربعات	
منابع آبیاری	۲	۰/۱۳۳**	۳۳۴۷/۸ ^{n.s}	۴۶۶/۸۸**	۱/۳۰۴**	۱/۶۹**	۴۰۳۸۴ ^{n.s}	۲۹۸/۶۲**
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۰۴	۳۴۶۴۹/۷	۰/۰۷۳	۰/۰۰۳۱	۰/۰۱۵	۴۰۳۳	۰/۰۰۵۹
ضریب تغییرات		۲/۵۵	۴۲/۳۳	۱/۷۸	۲/۴۴	۶/۴۳	۵۱/۴۳	۰/۶۱۴

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد و n.s: عدم وجود اختلاف معنی دار است.

جدول (۴): جدول تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه در سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی آب مصرفی	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بوته (گرم)	وزن ۱۰۰۰ دانه	میانگین		تعداد دانه در هر خوشه
						قطر بوته	مربعات	
سطوح آبیاری	۲	۰/۲۵۷**	۲۱۵۶۷/۸ ^{n.s}	۸۲/۸۱**	۱۱/۲۱**	۱۳۵/۳۲**	۴۰۴۵۵ ^{n.s}	۲۰۴/۹۸**
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۰۴	۳۴۶۴۹/۷	۰/۰۷۳	۰/۰۰۳۱	۰/۰۱۵	۴۰۳۳	۰/۰۰۵۹
ضریب تغییرات		۲/۵۵	۴۲/۳۳	۱/۷۸	۲/۴۴	۶/۴۳	۵۱/۴۳	۰/۶۱۴

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد و n.s: عدم وجود اختلاف معنی دار است

منابع

- آشتیانی، م.، س. پارس‌نژاد و ف. عباسی. ۱۳۹۰. اثرات استفاده کوتاه مدت از فاضلاب خانگی بر تعدادی از خصوصیات فیزیکی مهم خاک. مجله پژوهش‌های خاک (علوم آب و خاک). ۳، ۲۵.
- ابراهیمی پاک، ن. ع.، ا. اگدرنژاد و د. خدادادی دهکردی. ۱۳۹۷. ارزیابی مدل Aquacrop در شبیه‌سازی عملکرد ذرت تحت تیمارهی کم آبیاری و کاربرد سطوح مختلف سوپر جاذب. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۳۱: ۱۸۴-۱۶۶.
- احمدی آغ تپه، ا.، ا. قنبری، ع. سیروس مهر، ب. سیاه سر و م. اصغری پور. ۱۳۹۲. اثر آبیاری با پساب و محلول پاشی کود کامل بر عملکرد و اجزای عملکرد علوفه ارزن دم‌روباهی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۱(۱): ۲۰۰-۲۰۷.
- احمدی، ح.، ع. حیدر نصرالهی، م. شریفی پور و ح. عیسوند. ۱۳۹۷. تعیین شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) سوپا برای مدیریت آبیاری جهت حداکثر عملکرد و بهره‌وری آب. ۳۲: ۱۳۰-۱۲۰.
- اصغری پور، م.، ا. قنبری بنجار، ح. عزیزمقدم، ع. سیروس مهر، م و حیدری. ۱۳۹۱. اثر فاضلاب تصفیه شده شهری همراه با محلول پاشی عناصر ریزمغذی بر رشد و جذب عناصر غذایی در منطقه زابل. مجله طبیعی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۶۲: ۴۷-۳۵.
- دهقانی سانج، حسین، م. م. نخجوانی مقدم و ف. سهراب. ۱۳۸۶. کم آبیاری و ارتقاء کارایی مصرف آب کشاورزی. اولین همایش سازگاری با کم آبی.



- رضائی تولای، م.، ع. خاشعی سیوکی، م.ح. نجفی مود و ر. مظلوم شهرکی. ۱۳۹۵. بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای تولید گیاه پنبه تحت شرایط تنش کم‌آبی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. (۳) ۹ : ۳۰۷-۳۱۳.
- رضائی چیانه، ا.، و ع. پیرزاد. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در شرایط تنش کم‌آبی، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، (۳) ۱۲: ۴۲۷-۴۳۷.
- قمرنیا، ه.، بشی پور، م. و قبادی، م. ا. ۱۳۹۱. ارزیابی سطوح مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد بذر و کارایی مصرف آب گیاه دارویی گشنیز در اقلیم نیمه خشک. مدیریت آب و آبیاری. (۱) ۲: ۱۵-۲۴.
- Alva, A. K., Moore, A. D., & Collins, H. P. (2012). Impact of deficit irrigation on tuber yield and quality of potato cultivars. *Journal of crop improvement*, 26(2), 211-227.
- English, M., & Raja, S. N. (1996). Perspectives on deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 32(1), 1-14.
- Khan, M. A., Shaukat, S. S., Shahzad, A., & Arif, H. (2012). Growth and yield responses of pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.) irrigated with treated effluent from waste stabilization ponds. *Pakistan Journal of Botany*, 44(3), 905-910.
- Kirda, C. (2002). Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. *Food and Agricultural Organization of the United Nations, Deficit Irrigation Practices, Water Reports*, 22, 102.
- Kirda, C., & Kanber, R. (1999). Water, no longer a plentiful resource, should be used sparingly in irrigated agriculture. *Crop yield response to deficit irrigation*, 1-20.
- Veysi, S., Naseri, A., Hamzeh, S., and Bartholomeus, H. 2017. A satellite based crop water stress index for irrigation scheduling in sugarcane fields. *Agricultural Water Management* 189 :70-86.



Investigating the effects of deficit irrigation by using purified urban wastewater on the yield and physiological characteristics of millet

AbbasKhashei siuki¹, Mohamadhasan Sayari², Ali Shahidi³, Samaneh Etminan⁴.

Abstract

Additionally drought, unused management methods in applied of water resource in agriculture lead to shortage of water in different subjects such as farm and garden management. One of the solutions water source management about shortage water problem in agriculture is applied urban wastewater. This research was conducted to investigate the effect of urban wastewater management and water deficit method on the yield and physiological characteristics of millet. Therefore, a Completely randomized block design with split plot arrangement with Irrigation source is at three levels (I1 and I2 and I3: wastewater, the well and the well-wastewater alternate respectively, irrigation at three levels (C1, C2 and C3: irrigation with 100%, 50% and 30% water requirement respectively), with three replications at the research farm of the water and sewage company of Birjand. The result of this research was indicated that using of urban wastewater as irrigation source had significant effect on physiological characteristics of millet such as plant performance, 1000 seed weight and water use efficiency. The plant height value in alternative treat with the best yield to test treat was indicated 20% increasing of variation of course under deficit irrigation in 30 level percent demand water was observed 5 % decreasing of variation. The weight of each cluster (gr) in wastewater treat to test treat had 18 % increasing of variation. Also, under deficit irrigation, the water use efficiency of the well-wastewater alternate to test had increased to 5 at the 50 and 30 level percent demand water. The obtained results represent the effective role of urban wastewater with the well on growth of the plant millet grass that lead to improve physiological characteristics and also increase yield of millet. So, use of urban wastewater is a valuable to Management of water resources in agriculture.

Keyword: millet, urban wastewater, water deficit management, plant nutrient element

¹ Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, (abbaskhashei@birjand.ac.ir) Corresponding Author

² Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding and soil science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, (msayari@birjand.ac.ir).

³ Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, (ashahidi@birjand.ac.ir).

⁴ Ph.D. candidate, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, (etminan.s@agr.uk.ac.ir).