نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۵، خرداد - تیر ۱۴۰۰، ص. ۴۱۳-۴۰۲

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 15, Jan.-Jul. 2021, p. 402-413

مقاله پژوهشی

اثر استفاده از پساب شهری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت مدیریت کم‌آبیاری (مطالعه موردی: شهرستان مرودشت)

پدرام عباسی[۱]، حسین بابازاده[۲]*، بهمن یارقلی[۳]، حسین باخدا[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۲

چکیده

در مواجهه با افزایش حجم فاضلاب‌های شهری و این واقعیت که منابع آب کشور نه تنها محدود بلکه رو به کاهش است، افزایش بهره‌وری مصرف آب و استفاده مجدد از پساب شهری امری اجتناب‌ناپذیر است. این پژوهش به‌منظور بررسی کاربرد پساب شهری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای با دو فاکتور : الف- استفاده از پساب در سه سطح (۱- آب چاه (W)، ۲- مخلوط یک به یک آب چاه و پساب (۵۰:۵۰) و ۳- پساب (WW)) ب- مدیریت کم‌آبیاری سنتی در چهار سطح (آبیاری معمولی (۱۰۰ درصد نیاز آبیاری) و کم‌آبیاری در سطوح ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در مزرعه‌ی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری مرودشت، در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. از شاخص‌های آماری مانند حداکثر خطا، ضریب تعیین، میانگین ریشه دوم مربعات خطا، بهره‌وری مدل‌سازی و ضریب باقیمانده برای ارزیابی کمی توابع استفاده گردید. ضریب حساسیت گیاه (K_y) برای ماده خشک در سه مرحله رویشی، گل‌دهی و رسیدن دانه به‌ترتیب ۰/۳۸، ۰/۵۲ و ۰/۶۳ به‌دست آمد و مشخص گردید که حساس‌ترین مرحله رشد ذرت به کمبود آب در مرحله رسیدن دانه می‌باشد. آنالیز اثرات متقابل نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد ماده خشک در مراحل رویشی و گلدهی و عملکرد دانه در مرحله رشد دانه به‌ترتیب مقادیر ۷۲۶۰، ۹۸۵۷ و ۳۱۵۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار WW-FI (آبیاری کامل با پساب) و کم‌ترین مقدار عملکرد با مقادیر ۵۰۵۲، ۶۰۶۹ و ۱۵۰۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار W-DI60 (کم آبیاری ۶۰ درصد با آب چاه) به‌دست آمد. نتایج نشان داد که استفاده از پساب در شرایط کم آبیاری سنتی برای گیاه ذرت علوفه‌ای مفید بوده و می‌توان آنرا پیشنهاد داد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری مصرف آب، پساب شهری مرودشت، توابع تولید، ذرت علوفه‌ای، ضریب حساسیت گیاه، کلیفرم مدفوعی

مقدمه

یکی از اهدافی که توسط محققین در سیستم‌های زراعی دنبال می‌شود، ایجاد پایداری است. برای رسیدن به این هدف، راهکارهای متفاوتی ارائه شده است. از مهم‌ترین اقدامات لازم در این زمینه بهره‌داری مناسب از منابع آبی موجود، استفاده صحیح از آب‌های نامتعارف و استفاده از ارقام گیاهی کارآمد به‌حساب می‌آید. ذرت یکی از ارقام گیاهی است که تولید آن نقش مهمی در کشاورزی جهان دارد و در بسیاری از کشورها بعد از گندم و برنج رتبه سوم را دارا می‌باشد (Abd-El-Wahed and Ali, 2013). دسترسی به آب کافی یکی از نیازهای اولیه این گیاه برای رشد و تولید محصول می‌باشد. یکی از چالش‌هایی که جهان با آن مواجه می‌باشد بحران کمبود آب است. عواملی از قبیل گسترش نیازهای انسان در زمینه کشاورزی، رشد سریع جمعیت، خشکسالی‌های پی‌درپی در سال‌های اخیر، و بالارفتن سطح بهداشت عمومی سبب شده که منابع موجود آب شیرین سطحی و زیرسطحی به اوج بهره‌برداری خود رسیده و فشار بیش از اندازه‌ای به منابع آب وارد آید (Arvandi and Moqadas, 2001). این مسئله در دوره‌های خشکسالی تشدید شده و در کشورهایی مانند ایران محسوس‌تر است و باعث شده تا نظر اکثر متخصصین به استفاده

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی سیستم‌های کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استاد گروه مهندسی سیستم‌های کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- استادیار پژوهشی علمی موسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- استادیار گروه مهندسی سیستم‌های کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: h_babazadeh@hotmail.com
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.2.15.7

مجدد از فاضلاب‌ها و منابع آب‌های نامتعارف در کشاورزی جلب شود. توجه به‌کاربرد فاضلاب و پساب در کشاورزی به علل نیاز روزافزون به آب، بالا بودن مواد مغذی موجود در آن برای رشد گیاهان، و حفظ محیط زیست با کنترل آلودگی‌های فاضلاب و پساب روز به‌روز بیش‌تر می‌شود (Moradmand and Harchegani, 2009; Torabiyan and matlabi, 2003).

با توجه به شرایط موجود و کمبود آب در کشور، یکی از راهکارهای افزایش بهره‌وری مصرف آب کم آبیاری است. کم‌آبیاری یک روش یا یک سیستم آبیاری نیست، بلکه یک نوع مدیریت کارا و پویای بهره‌برداری به‌شمار می‌رود که اثرات ویژه‌ای در مدیریت منابع آب، استحصال آب، انتقال آب و مصرف آن و نهایتا در اقتصاد کشاورزی (افزایش عملکرد و یا سود خالص به‌ازای واحد آب مصرفی) دارد (Haouari and Azaiez, 2001). کم‌آبیاری سنتی معمولا به‌صورت کاهش عمق آبیاری یا افزایش دور آبیاری اعمال می‌شود که هر کدام به نوعی باعث صرفه‌جویی در آب مصرفی و تحمیل تنش به گیاه می‌شوند. از طرفی استفاده از پساب که نوعی کود آبیاری به‌حساب می‌آید باعث بهبود عملکرد در شرایط تنش آبی می‌گردد و می‌تواند اثر مثبتی بر کم‌آبیاری داشته باشد (کاریزان، ۱۳۹۰). هم‌چنین به‌کارگیری پساب و اختلاط آن با سایر منابع آب موجود مانند آب‌های زیرزمینی، زمینه‌ساز ارتقای کیفی زراعی و بازدهی محصولات می‌شود (Al-khamisi et al., 2013). تاکنون پژوهش‌های مختلفی در مناطق مختلف جهان و ایران، در زمینه ارزیابی توابع آب–عملکرد، استفاده از آب‌های نامتعارف، و تکنیک‌های مدیریتی آبیاری از جمله کم آبیاری بر روی محصول ذرت انجام گرفته است.

رابطه بین عملکرد و آب مصرفی در برخی از پژوهشها برای ذرت بصورت خطی گزارش شده است (Yazar Irmak and et al, 2000; Oktem and et al., 2003; and et al, 1999) پاندی و همکاران در آزمایشی بر روی ذرت رابطه آب–عملکرد را بصورت تابع درجه اول گزارش کردند(Pandey and et al, 2000) . استانبولوگلو و همکاران در پژوهش خود مقدار فاکتور پاسخ محصول را برای مرحله گل‌دهی که حساس‌ترین مرحله به کم آبی بود، ۰/۷۶ برآورد کردند. آن‌ها هم‌چنین تابع خطی آب–عملکرد را برای ذرت در شرایط آب و هوایی ترکیه به‌دست آوردند(Istanbulluoglu and et al, 2002). نتایج آن‌ها نشان داد که بعد از یک مقدار معین آب آبیاری و رطوبت در خاک، تولید محصول نمی‌تواند افزایش یابد و ذرت در کل مراحل رشد به‌طور یکسان از آب استفاده می‌کند. فریدونی و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر فاضلاب تصفیه شده شهری و نیتروژن را بر عملکرد کمی و کیفی دانه ذرت شیرین و برخی ویژگی‌های خاک در منطقه یاسوج بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد پساب باعث کاهش مصرف کود نیتروژن در تولید ذرت شیرین گردید. نظری و همکاران (۱۳۸۵) گزارش نمودند که کاربرد پساب شهری، غلظت نیتروژن ذرت را افزایش داد. به‌دلیل بالا بودن نیاز ذرت به نیتروژن، استفاده از کود شیمیایی نیتروژن در آبیاری با پساب مدنظر قرار گرفت، به‌طوری که آبیاری با پساب در تولید ذرت، کاهش مصرف کود نیتروژن را به‌همراه داشت. کاریزان (۱۳۹۰) در بررسی خود بر روی ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس (۷۰۴) کم‌ترین بهره‌وری مصرف آب را با مقادیر ۲/۳۱ و ۲/۲۶ کیلوگرم بر مترمکعب در آبیاری کامل و کم آبیاری سنتی (80 درصد آب مورد نیاز گیاه) با استفاده از آب چاه و بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب را به‌ترتیب در تیمارهای اختلاط ۵۰ درصد آب و ۵۰ درصد پساب شهری با ۸۰ درصد و ۶۰ درصد نیاز آبی با آبیاری بخشی با مقادیر ۳/۳۶ و ۳/۳ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آورد. اترک و کارا در سال ۲۰۱۳ تأثیر کم آبیاری بر عملکرد ذرت را در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و در ۵ سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی (آبیاری کامل)، ۸۵، ۷۰، ۵۵ و ۴۰ درصد نیاز آبی انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که بالاترین و پایین ترین عملکرد مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد و ۴۰ درصد نیاز آبی بوده است. رضوانی مقدم و میرزایی نجم‌آبادی (۱۳۸۸) تفاوت معنی‌دار بین نسبت‌های مختلف آب چاه و فاضلاب بر عملکرد علوفه‌ی خشک ذرت به‌دست آوردند و هم‌چنین نتیجه گرفتند که با افزایش میزان فاضلاب عملکرد علوفه‌ی خشک ذرت افزایش نشان داد که این بیانگر نقش فاضلاب در تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاهان می‌باشد.

از آن‌جایی‌که استان فارس یکی از استان‌های مهم در تولید محصول ذرت به‌شمار می‌رود و دارای اقلیمی نیمه‌خشک بوده و با مشکل کم‌آبی در بخش کشاورزی مواجه است؛ فلذا تاثیر استفاده از پساب شهری تصفیه شده بر عملکرد گیاه ذرت تحت مدیریت کم آبیاری می‌تواند در این منطقه مورد بررسی قرار گیرد. اهداف این پژوهش عبارتند از: ۱) بررسی امکان استفاده از پساب شهری مرودشت به‌منظور کشت ذرت علوفه‌ای؛ ۲) پایش اثرات استفاده از پساب بر عملکرد گیاه؛ ۳) به‌دست آوردن توابع تولید آب–عملکرد و بررسی کاهش نسبی عملکرد نسبت به کاهش نسبی مصرف آب و ۴) بررسی اثرات فاضلاب تصفیه شده شهری بر کیفیت و آلودگی باکتریایی ذرت علوفه‌ای و خاک تحت آبیاری با پساب.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تصفیه‌خانه فاضلاب شهری در جنوب غربی مرودشت با عرض و طول جغرافیایی ′۴۷ °۲۹ و ″۴۳ °۵۲، در ارتفاع ۱۶۰۴ متری از سطح دریا انجام شد. آب و هوای این منطقه نیمه‌خشک معتدل است و متوسط بارش سالیانه آن ۱۸۰ میلی‌متر، حداکثر درجه حرارت مطلق آن ۴۱ درجه سانتی‌گراد و کمینه دمای مطلق آن ۱۳- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. به‌منظور تعیین یکنواختی مزرعه از نظر عناصر غذایی موجود و سایر خصوصیات فیزیکی و

شیمیایی خاک، در ابتدا و انتهای فصل زراعی، نمونه‌هایی از خاک محل اجرای آزمایش از عمق ۰ تا ۵۰ سانتی‌متری تهیه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بررسی شد. نمونه‌ها پس از خشک‌شدن با چکش پلاستیکی تا حدی خرد شدند و بعد از عبور از الک ۲ میلی‌متری پارامترهای شیمیایی و فیزیکی در آن اندازه‌گیری شدند. برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک قطعه آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق (cm)	بافت	EC (dS/m)	pH	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	رطوبت حجمی FC (%)	رطوبت حجمی PWP (%)
۵۰ - ۰	سیلتی رسی	۷	۷/۹	۱/۴۰	۲۷	۱۸

جدول۲- خصوصیات بارز پساب خانگی (اسپلمن، ۲۰۰۳)

خصوصیت پساب	واحد	محدوده
رنگ	_____	خاکستری
بو	_____	بوی کپک
pH	_____	۶/۵ -۹/۰
اکسیژن محلول (DO)	mg/l	۱/۰<
مجموع جامدات معلق (TSS)	mg/l	۱۰۰-۳۵۰
اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی(BOD)	mg/l	۱۰۰-۳۰۰
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)	mg/l	۲۰۰-۵۰۰
نیتروژن کل	mg/l	۲۰-۸۵
فسفرکل	mg/l	۶-۲۰
کلی‌فرم مدفوعی	10^3×MPN 100m/L	۵۰۰-۳۰۰۰

طرح آزمایشی پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در قالب کرت‌های خرد شده طراحی شد که دارای دو فاکتور کیفیت و مدیریت آب بود به نحوی که سه سطح کیفیت آب، کرت-های اصلی را تشکیل می‌دهند. اسامی تمامی تیمارها در جدول ۳ آورده شده است. این پژوهش با دو فاکتور : الف- استفاده از پساب در سه سطح (۱- آب چاه (W)، ۲- مخلوط یک به یک آب چاه و پساب (5050) و ۳- پساب (WW)) ب- مدیریت کم آبیاری سنتی در چهار سطح (آبیاری معمولی (۱۰۰ درصد نیاز آبیاری) و کم آبیاری در سطوح ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. در این پژوهش با توجه به تعداد تیمارها، ۳۶ کرت آزمایشی به ابعاد ۴ × ۳ متر در سه تکرار در یک زمین به مساحت حدود ۷۰۰ مترمربع در نظر گرفته شد. جدول ۳ نام تیمارها و علائم اختصاری آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۳ - تیمارهای آزمایش

WW-FI	5050-FI	W-FI
WW-DI20	5050-DI20	W-DI20
WW-DI40	5050-DI40	W-DI40
WW-DI60	5050-DI60	W-DI60

W: صد درصد آب چاه WW: صد درصد پساب 5050: اختلاط یک به یک آب چاه و پساب FI: آبیاری کامل

DI: کم آبیاری 20: ۸۰ ٪ نیاز آبی (۲۰٪ کم آبیاری)، 40: ۶۰ ٪ نیاز آبی (۴۰ ٪ کم‌آبیاری 60: ۴۰ ٪ نیاز آبی (۶۰ ٪ کم‌آبیاری)

برای اجرای طرح از سیستم آبیاری قطره‌ای با نوارهای تیپ استفاده شد. نوارهای تیپ مورد استفاده به قطر ۱۶ میلی‌متر و با فاصله روزنه‌های ۲۰ سانتی‌متری و دبی هریک از خروجی‌ها ۲/۷ لیتر در ساعت در فشار کاری یک اتمسفر بودند (شکل ۱). تأمین پساب از حوضچه‌های انتهایی تصفیه‌خانه صورت گرفت. برای تأمین فشار نیز از ایستگاه پمپاژ تصفیه‌خانه استفاده گردید. آب معمولی مورد نیاز نیز از چاه تامین می‌شد. برخی خصوصیات شیمیایی آب چاه و پساب تصفیه شده در جدول ۴ ارائه شده که همه مقادیر در محدوده مجاز بوده و مشکلی در استفاده از پساب این تصفیه خانه وجود نداشت.

شکل ۱-نوار تیپ نصب‌شده در مزرعه

جدول ٤- خصوصیات شیمیایی آب چاه و پساب شهری تصفیه‌شده مرودشت (بهار و تابستان ۱۳۹۷)

معیار اندازه گیری‌شده	حد مجاز برای آبیاری	آب چاه	پساب	نتیجه
نیترات (mg/l)	۵۰	۱۰/۵۲	۵/۴۷	بدون محدودیت
فسفات (mg/l)	۶	۸/۷۸	۱۰/۷۶	بدون محدودیت
پتاسیم (mg/l)	–	۴/۱	۷/۴	بدون محدودیت
BOD (mg/l)	۱۰۰	–	۹۲	بدون محدودیت
COD (mg/l)	۲۰۰	–	۱۸۳	بدون محدودیت
مجموع مواد جامد محلول (TDS) (mg/l)	–	۲۲۶	۷۱۲	بدون محدودیت
مجموع مواد جامد معلق (TSS) (mg/l)	۱۰۰	–	۹۵	بدون محدودیت
PH	۶-۸/۵	۷/۶	۷/۶۲	بدون محدودیت
EC (dS/m)	۲/۹۷	۲/۰۲	۱/۵	بدون محدودیت
کل کلیفرم (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)	۱۰۰۰	–	۳۵	بدون محدودیت

برای جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها یک فیلتر دیسکی ۱۳۰ مش AZUD در مسیر نصب گردید که بعد از هر پنج یا شش آبیاری نیاز به شستشوی دستی آن بود. حجم آب مصرفی هر تیمار با توجه به میزان تبخیر از تشت، مساحت آن و ضریب اعمال شده قابل محاسبه بود. مقدار آب مصرفی تیمار آبیاری کامل، تیمار آبیاری ۸۰ درصد، تیمار آبیاری ۶۰ درصد و تیمار آبیاری ۴۰ درصد به‌ترتیب ۶۵۸، ۵۲۶، ۳۹۵ و ۲۶۳ میلی‌متر بود. حجم آب و پساب توسط یک حجم‌سنج (با خطای کم‌تر از یک لیتر در متر مکعب) اندازه‌گیری شد. شکل ۲ حجم‌سنج و فیلتر دیسکی مورد استفاده در طرح را نشان می‌دهد.

ارزیابی از بهره‌وری سیستم آبیاری به عمل آمد که به‌علت کوچک بودن ابعاد سیستم راندمان آن بالای ۹۰ درصد و اختلاف کم‌ترین و بیش‌ترین دبی مشاهده‌ای کم‌تر از پنج درصد بود. شکل (۳) سیستم آبیاری یکی از بلوک‌های طرح آزمایشی را به‌طور شماتیک نشان می‌دهد.

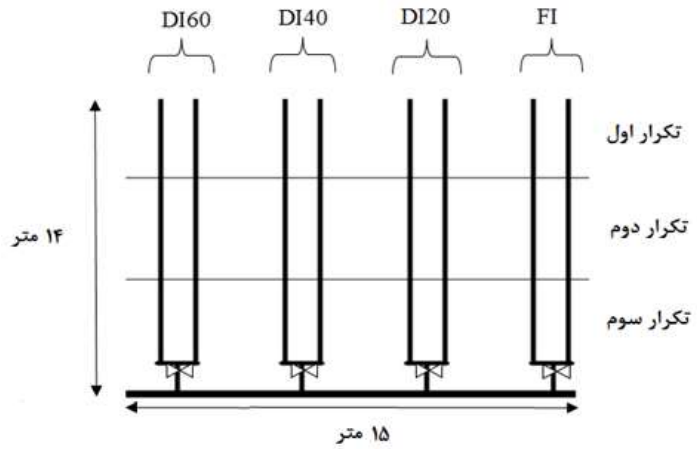
به‌منظور ارزیابی و اعتبارسنجی نتایج حاصل از پژوهش نیاز به تحلیل‌های آماری بر روی داده‌های اندازه‌گیری شده از تیمارهای آزمایشی است. تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS و SPSS انجام شد و در مدیریت داده‌ها و برای محاسبات آماری و رسم شکل‌ها و توابع تولید از نرم‌افزار Excel کمک گرفته شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در مراحل مختلف رشد گیاه

نتایج تجزیه واریانس اجزاء عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای در مراحل رشد رویشی و گل‌دهی در جدول (۵) ارائه شده است. نتایج نشان داد که عملکرد زیست‌توده و بهره‌وری مصرف آب در مرحله رشد رویشی و گل‌دهی تحت تأثیر مقدار آب آبیاری و نوع آب قرار گرفته است. میانگین اثرات متقابل تیمارهای مختلف نوع آب و مقادیر مختلف آب مصرف شده در ادامه آورده شده است.

شکل ۲- فیلتر دیسکی و حجم‌سنج



شکل ۳- نمای یک بلوک از تیمارها

لترال آبیاری: DI: کم‌آبیاری سنتی FI: آبیاری کامل (تیمار شاهد) والو:

جدول ۵- تجزیه واریانس (F) عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در مراحل رشد رویشی و گل‌دهی

منابع تغییر	درجه آزادی	رشد رویشی (مرحله اول رشد)		گل‌دهی (مرحله دوم رشد)	
		عملکرد زیست توده (kg/ha)	بهره‌وری مصرف آب (kgm^{-3})	عملکرد زیست توده (kg/ha)	بهره‌وری مصرف آب (kg/m^3)
تکرار	۲	۰/۳۸^{ns}	۱/۱۷^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۱^{ns}
نوع آب (A)	۲	۱۲۳/۰۱**	۹۵/۸۱**	۸۴/۵۸**	۹۲/۴۹**
خطای a	۴	۰/۱۷	۰/۲۸	۱/۶۱	۱/۹۰
مقدار آب (B)	۳	۶۰۵/۶۸**	۳۱۹۷/۸۶**	۱۳۱۲/۲۴**	۲۴۳۱/۲۸**
اثر متقابل A×B	۶	۵/۸۴^{ns}	۱۰/۳۰**	۲۵/۹۰**	۳۴/۷۷**

*معنی‌دار در سطح پنج درصد ** معنی‌دار در سطح یک درصد

مقایسه میانگین تیمارهای کیفی و کمی آبیاری بر عملکرد کل ماده خشک و بهره‌وری مصرف آب بر اساس آزمون کم‌ترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد در جدول (۶) نشان داده شده است. از نظر عملکرد زیست توده و بهره‌وری مصرف آب در مرحله رویشی و عملکرد زیست‌توده و بهره‌وری مصرف آب در مرحله گل‌دهی بین تیمارهای مقادیر آب در سطح پنج درصد اختلاف

معنی‌داری وجود داشت. با افزایش مقدار مصرف آب در مرحله رویشی و گلدهی بین تیمارهای کمی، عملکرد زیست‌توده افزایش و بهره‌وری مصرف آب کاهش یافت (جدول ۶). برخی محققان نیز تأکید می‌کنند که تنش آبیاری ارتفاع گیاهان را کوتاه کرده که به‌تبع آن وزن گیاه نیز کم خواهد شد (Stone & et al, 2001؛ Pandey & et al, 2000). به‌نظر می‌رسد که ذرت در مرحله رویشی و رسیدن دانه به کم آبی مقاوم باشد و بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه مربوط به کمبود آب در دوره‌ی گل‌دهی است (Doorenbos J. and Kassam, 1979). کمبود آب در این دوره موجب کاهش تعداد دانه در هر بلال می‌گردد. در پژوهشی که ایهرابید و همکاران در آرژانتین انجام دادند، نتیجه گرفتند که کم‌آبیاری در طول مرحله گل‌دهی باعث کاهش عملکرد ذرت می‌شود (Eyherabide et al., 1997). . هم‌چنین کاترجی و همکاران بیان کردند که بیش‌ترین حساسیت خشکی در چرخه زندگی گیاه ذرت در مرحله گلچه‌ها و باروری گلچه‌ها می‌باشد و تنش آبی در این مرحله حتی در زمانی کوتاه باعث کاهش عملکرد می‌گردد (Katerji et al., 2004). چنانچه ذرت در مرحله رشد رویشی با کمبود آب مواجه شود، اثر آن بر کاهش تعداد دانه در هر بلال کم‌تر خواهد بود (Gifford and Evans, 1981). در مرحله گل‌دهی با افزایش مقدار آب مصرفی، بهره‌وری مصرف آب کاهش یافته است و بیش‌ترین مقدار آن (۲/۶۰) در تیمار DI60 و کم‌ترین مقدار آن (۱/۴۹) در تیمار FI به‌دست آمد. فری و فسی در پژوهش خود با مقایسه عملکرد زیست‌توده بیان کردند که زیست‌توده در تیمارهای تحت تنش در کل مراحل رویشی، گل‌دهی و دانه‌بستن از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود(Farre and Faci, 2009) .

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر عملکرد کل ماده خشک و بهره‌وری مصرف آب

تیمار		مرحله رشد رویشی		مرحله گل‌دهی	
		عملکرد زیست‌توده kg/ha	بهره‌وری مصرف آب kg/m^3	عملکرد زیست‌توده kg/ha	بهره‌وری مصرف آب kg/m^3
کیفی	W	۵۹۴۰d	۱/۲۹d	۸۳۶۷c	۱/۸۲d
	5050	۶۲۲۰bc	۱/۳۵c	۸۴۸۰bc	۱/۸۴d
	WW	۶۴۴۸ab	۱/۴۰bc	۸۷۶۱b	۱/۹۰c
کمی	FI	۶۶۶۱a	۱/۰۱f	۹۸۲۹a	۱/۴۹f
	DI20	۶۱۵۰cd	۱/۱۷e	۸۷۰۰b	۱/۶۵e
	DI40	۵۶۸۰e	۱/۴۴b	۷۷۸۰d	۱/۹۷b
	DI60	۵۱۵۵f	۱/۹۶a	۶۸۵۰e	۲/۶۰a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

همان‌طور که در جدول ۶ نشان داده شده است در مرحله رویشی از نظر عملکرد ماده خشک و بهره‌وری مصرف آب بین تیمارهای کیفی در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار بود. تیمار استفاده کامل از پساب با ۶۴۴۸ کیلوگرم در هکتار و تیمار استفاده کامل از آب چاه با ۵۹۴۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد زیست توده را داشتند. بیش‌ترین مقدار بهره‌وری مصرف آب در تیمار WW با مقدار ۱/۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب و کم‌ترین آن با مقدار ۱/۲۹ کیلوگرم بر متر مکعب برای تیمار W به‌دست آمد. در مرحله گل‌دهی بین تیمارهای کیفی در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید و تیمار WW با ۸۷۶۱ کیلوگرم در هکتار زیست‌توده بیش-ترین عملکرد و تیمار W با ۸۳۶۷ کیلوگرم در هکتار زیست‌توده کم-ترین عملکرد را به خود اختصاص دادند. در این مرحله بیش‌ترین مقدار بهره‌وری مصرف آب (۱/۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار WW و کم‌ترین مقدار آن (۱/۸۲ کیلوگرم بر متر مکعب) در تیمار W مشاهده گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده تیمارهایی دریافت کننده پساب از نظر میزان ماده خشک بالاترین عملکرد را نشان دادند. در واقع پساب که نوعی کود آبیاری است توانسته بدون مصرف کود شیمیایی عملکرد زیست‌توده را بالا ببرد. زیرا وجود مقادیر مناسب عناصر غذایی همانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در پساب می‌تواند بر افزایش عملکرد تأثیر مثبتی داشته باشد. ولی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۱) در بررسی خود نتایج مشابهی را در افزایش عملکرد ذرت دانه‌ای تحت آبیاری با پساب تصفیه‌شده شاهین‌شهر گزارش کرده‌اند. مونیر و همکاران با بررسی اثر آبیاری با پساب بر گیاهان علوفه‌ای در اردن به‌مدت ۲، ۵ و ۱۰ سال دریافتند که وزن گیاه جو با کاربرد پساب افزایش یافته و پساب عناصر غذایی گیاه را فراهم نموده است (Munir et al., 2007). نتایج این پژوهش با بسیاری از مطالعات که نشان دادند آبیاری با پساب موجب افزایش رشد رویشی و عملکرد محصول می‌شود هماهنگی دارد.

عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در مرحله دانه بستن و پرشدن دانه

نتایج تجزیه واریانس اجزاء عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در

گیاه ذرت علوفه‌ای در مرحله نهایی رشد در جدول ۷ ارائه شده است. این جدول بیانگر این است که عملکرد ماده خشک، زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت (نسبت دانه به زیست‌توده) و بهره‌وری مصرف آب آبیاری تحت تأثیر مقدار آب آبیاری و نوع آب آبیاری استفاده شده قرار گرفته است.

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس (F) اجزاء عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در مرحله نهایی رشد

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ماده خشک (kg/ha)	بهره‌وری مصرف آب کل(kg/m^3)	شاخص برداشت
تکرار	۲	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۱۸/۵۲**
نوع آب (A)	۲	۲۱۶/۷۶**	۸۹/۱۸**	۲۰/۴۳**
خطای a	۴	۱/۰	۰/۳۳	۱/۰۹
مقدار آب (B)	۳	۴۲۱۳/۵۷**	۲۵۳۳/۲۷**	۴/۸۹ ^{ns}
اثر متقابل A×B	۶	۱۱۹/۹۵**	۶۵/۰۱**	۳/۷۹ ^{ns}

*معنی‌دار در سطح پنج درصد ** معنی‌دار در سطح یک درصد.

مقایسه میانگین تیمارهای کیفی و کمی آب آبیاری بر عملکرد کل ماده خشک، دانه، زیست توده و بهره‌وری مصرف آب بر اساس آزمون کم‌ترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد در جدول (۸) نشان داده شده است.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر تیمار کیفی و کمی آب آبیاری بر عملکرد کل ماده خشک، دانه و بهره‌وری مصرف آب

تیمار		عملکرد kg/ha				بهره‌وری مصرف آب بر اساس kg/m^3		
		ماده خشک	زیست‌توده	دانه	شاخص برداشت	ماده خشک	زیست‌توده	عملکرد دانه
کیفی	W	۱۶۶۴۹b	۱۴۱۴۳b	۲۵۰۷b	۰/۱۸b	۳/۶۱b	۳/۰۷c	۰/۵۴b
	5050	۱۵۸۰۹c	۱۳۶۷۷c	۲۱۳۲	۰/۱۶d	۳/۴۳c	۲/۹۷d	۰/۴۶d
	WW	۱۵۹۱۴c	۱۳۴۰۹d	۲۵۰۵b	۰/۱۹a	۳/۴۶c	۲/۹۱e	۰/۵۴b
کمی	FI	۱۹۰۵۵a	۱۶۲۲۵a	۲۸۲۹a	۰/۱۷b	۲/۹۰e	۲/۴۷f	۰/۴۳e
	DI20	۱۶۷۰۳b	۱۲۹۶۶e	۲۱۱۷c	۰/۱۶c	۳/۱۷d	۲/۴۶f	۰/۴۰f
	DI40	۱۴۲۶۶d	۱۲۲۶۱f	۲۰۰۸d	۰/۱۶c	۳/۶۱b	۳/۱۱b	۰/۵۱c
	DI60	۱۲۲۰۸e	۱۰۶۰۷g	۱۶۰۰e	۰/۱۵d	۴/۶۴a	۴/۰۳a	۰/۶۱a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

اثر تیمارهای کیفی و کمی آب آبیاری بر عملکرد گیاه و بهره‌وری مصرف آب

نتایج به‌دست آمده در جدول ۸ نشان می‌دهد که اختلاف بین تیمارهای کم‌آبیاری از نظر عملکرد ماده خشک، زیست‌توده و عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار است. بیش‌ترین عملکرد ماده خشک (۱۹۰۵۵ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد زیست توده (۱۶۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۲۸۲۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری کامل با آب چاه به‌دست آمد. تیمار DI60 یعنی اعمال ۶۰ درصد کم آبیاری با ۱۲۲۰۸ کیلوگرم در هکتار ماده خشک، ۱۰۶۰۷ کیلوگرم در هکتار زیست‌توده و ۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار دانه کم‌ترین عملکرد را نشان داد. بنابراین نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که برای دستیابی به عملکرد بالای ذرت باید آب کافی در اختیار گیاه قرار گیرد و عملکرد رابطه‌ی نزدیکی با قابلیت دسترسی آب دارد. از نظر تولید ماده خشک ذرت یک گیاه مصرف‌کننده آب با بازده خوب است به‌طوری‌که در میان غلات دارای بالاترین میزان عملکرد دانه می‌باشد (Doorenbos and Kassam, 1979). مقایسه میانگین عملکرد دانه برای مقادیر مختلف آب نشان می‌دهد که در زمان تأمین کامل نیاز آبی گیاه نسبت به زمان تنش در تأمین۴۰ درصد نیاز آبی گیاه افزایش داشته است (جدول ۹). در شرایط کم آبی به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک که رطوبت نسبی کم و درجه حرارت زیاد است گیاه روزنه‌های خود را می‌بندد، در نتیجه به‌علت کاهش جذب دی‌اکسیدکربن لازم برای فرآیند فتوسنتز تجمع ماده خشک گیاهی کاهش و احتمالاً عملکرد گیاه کاهش می‌یابد.

نتایج پژوهشی که توسط پاندی و همکاران انجام شد نشان داد که عملکرد زیست توده در تیمارهای آبیاری با افزایش آب مصرفی، افزایش یافت. آن‌ها عملکرد زیست‌توده را در تیمارهای کمی آبیاری ۵۸۴۶-۸۸۷۲ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند که با نتایج این پژوهش از نظر میانگین عملکرد زیست‌توده در تیمارهای کمی آبیاری ۱۰۶۰۷-۱۶۲۲۵ کیلوگرم در هکتار تطابق نداشت. علت این تفاوت به‌میزان آب مصرفی، کود، روش کوددهی و روش آبیاری بستگی دارد

(Pandey et al., 2000). مطالعات دگدلن و همکاران نشان داد که تنش آبیاری عملکرد ذرت را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. آن‌ها مقدار مصرف آب ذرت را در تیمارهای مورد مطالعه ۱۷۴ تا ۵۵۸ میلی‌متر در هکتار و عملکرد را از ۲۸۸۰ تا ۱۱۳۴۰ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای آبیاری گزارش کردند (Dagdelen et al., 2006). روند تغییرات ذرت در این پژوهش با روند تغییرات گزارش شده توسط آن‌ها همخوانی داشت.

تیمارهای کیفی آب اثر خیلی معنی‌داری (در سطح پنج درصد) بر عملکرد ماده خشک، زیست‌توده و دانه نشان ندادند (جدول ۸). تیمار W (۱۰۰ درصد آب چاه) با ۱۶۶۴۹ کیلوگرم در هکتار ماده خشک و تیمار 5050 (۵۰ درصد آب چاه + ۵۰ درصد پساب) با ۱۵۸۰۹ کیلوگرم در هکتار ماده خشک به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد را نشان دادند. عملکرد دانه در تیمارهای W و WW (اعداد بسیار نزدیک به‌هم) بیش‌ترین و در تیمار 5050 کم‌ترین مقدار را داشت. تاماتسیدیس و همکاران در بررسی خود بیان کردند که آبیاری با فاضلاب همراه با کود به‌طور مؤثری باعث افزایش عملکرد ذرت و شبدر گردید هرچند تفاوت معنی‌داری بین عملکردها با آب چاه همراه کود دیده نشد و در زمان مصرف نکردن کود به‌همراه فاضلاب، میزان عملکرد ذرت ۷۳/۹۵ درصد افزایش نشان داد (Tamoutsidis et al., 2009).

جدول ۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمار نوع آب × تیمار مقادیر مختلف آب مصرف‌شده

تیمار	عملکرد کل ماده خشک گیاه kg/ha	عملکرد دانه kg/ha	شاخص برداشت	بهره‌وری مصرف آب kg/m^3
W-FI	۱۹۳۶۱a	۲۹۲۵b	۰/۱۸۰abcd	۲/۹۴g
W-DI20	۱۸۰۷۸c	۲۸۳۷c	۰/۱۸۶abc	۳/۴۳e
W-DI40	۱۴۷۸۹f	۱۹۴۰g	۰/۱۵۳def	۳/۷۵fc
W-DI60	۱۱۲۴۲j	۱۶۹۲h	۰/۱۷۶abcd	۴/۲۷b
5050-FI	۱۷۸۰۱d	۲۵۸۲d	۰/۱۷۰bcde	۲/۷۱j
5050-DI20	۱۶۰۹۵e	۱۹۴۳g	۰/۱۳۶edf	۳/۰۶f
5050-DI40	۱۳۵۶۹h	۱۶۵۶hi	۰/۱۳۶f	۳/۴۴e
5050-DI60	۱۱۶۲۴i	۱۵۰۸j	۰/۱۴۳ef	۴/۴۲a
WW-FI	۱۸۸۸۱b	۳۱۵۸a	۰/۲۰۳a	۲/۸۷h
WW-DI20	۱۴۷۴۰f	۲۱۰۶f	۰/۱۶۶cde	۲/۸۰i
WW-DI40	۱۴۴۸۴g	۲۴۰۹e	۰/۱۹۶ab	۳/۶۷d
WW-DI60	۱۱۳۹۰ij	۱۶۰۱i	۰/۱۶۳cdef	۴/۳۳b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

ملکی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند که رشد گیاه ذرت در تیمارهای آبیاری با پساب نسبت به آبیاری با چاه افزایش نشان داد هرچند تفاوت بین آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود و این افزایش را به حضور عناصر غذایی و وجود مواد آلی موجود در پساب که بهبود دهنده ساختمان خاک و فراهمی عناصر غذایی بود، نسبت دادند. هم‌چنین بیان کردند که با مصرف پساب حاوی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان می‌توان با مدیریت صحیح در منطقهٔ مورد مطالعه استفاده از کود شیمیایی را کاهش داد (با این استدلال که پساب نوعی کود آبیاری است). با توجه به نتایج به‌دست آمده این پژوهش از نظر میزان ماده خشک، زیست توده و عملکرد دانه و با توجه به دارا بودن عناصر غذایی در پساب می‌توان بیان کرد که می‌توان از پساب در این منطقه استفاده و در مصرف کود صرفه‌جویی نمود. بررسی اثر متقابل تیمارهای کیفی و کمی آب آبیاری در جدول ۹ برای اجزاء عملکرد، شاخص برداشت و بهره‌وری مصرف آب ذرت علوفه‌ای ارائه شده است. همانطور که جدول نشان می‌دهد تیمار WW-FI با ۰/۲۰۳ بیش‌ترین و تیمارهای 5050-DI20 و 5050-DI40 با مقدار ۰/۱۳۶ کم‌ترین مقدار شاخص برداشت را دارند. در حقیقت در تیمار WW-FI مقدار عملکرد کل افزایش یافته و عملکرد دانه نیز نسبت به تیمارهای دیگر زیاد و باعث افزایش شاخص برداشت در این تیمار شده است. نتایج پژوهش تاماتسیدیس و همکاران نشان داد که تیمار پساب شهری جهت آبیاری ذرت و شبدر مناسب بوده و تجمع عناصر غذایی و سمی در خاک و توده گیاهی گونه‌های مختلف در حد پایین بودند و سبب افزایش عناصر غذایی و سمی در گیاهان نشد. علاوه‌براین نشان دادند که تیمار پساب شهری سبب افزایش عملکرد گونه‌های شبدر شده، که احتمالاً این امر به‌دلیل عناصر غذایی موجود در پساب بوده، اگرچه از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است (Tamoutsidis et al., 2009). هم‌چنین علی محمدی (۱۳۸۵) در بررسی تاثیر پساب تصفیه خانه فاضلاب شهرکرد روی کشت یونجه گزارش نمود عملکرد علوفه‌ی تر در تیمارهای آبیاری شده با پساب نسبت به تیمارهایی که از آب معمولی استفاده کرده‌اند

بیشتر بوده است.

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد کل ماده خشک در تیمار W-FI (آبیاری کامل با آب چاه) با ۱۹۳۶۱ کیلوگرم در هکتار و در W-DI60 (کم آبیاری ۶۰ درصد با آب چاه) با ۱۱۲۴۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. عملکرد دانه نیز در تیمار WW-FI (آبیاری کامل با پساب) با ۳۱۵۸ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین و در 5050-DI60 (کم آبیاری ۶۰ درصد با اختلاط ۵۰ درصد آب چاه و ۵۰ درصد پساب) با ۱۵۰۸ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین مقدار را نشان داد. بهره‌وری مصرف آب تحت تأثیر مقدار آب آبیاری، نوع آب آبیاری و اثر متقابل بین این دو عامل قرار گرفته است. بهره‌وری مصرف آب بر اساس عملکرد ماده خشک، زیست‌توده و عملکرد دانه به‌ازاء آب مصرف‌شده به‌صورت آبیاری محاسبه شده است. نتایج نشان داد که تیمارهای مقادیر آب در سطح پنج درصد اثر معنی‌داری بر بهره‌وری مصرف آب بر اساس عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و زیست توده دارند. در بین تیمارهای مقادیر مختلف آب، تیمار 5050-DI60 با ۴/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب و تیمار 5050-FI با مقدار ۲/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین بهره‌وری مصرف آب را بر اساس عملکرد ماده خشک به‌ازاء آب مصرف شده نشان دادند. نتایج بیانگر این است که با افزایش عملکرد، بهره‌وری مصرف آب در ذرت نیز افزایش یافته است. که با نتایج اکبری نودهی (۱۳۹۳) مطابقت دارد.

طباطبائی و همکاران نیز نشان دادند که تیمار کم آبیاری (۲۰ درصد) با اختلاط یک به یک آب چاه با پساب مناسبترین شرایط برای عملکرد گیاه و بهره‌وری مصرف آب بوده است (Tabatabaei et al., 2017). هم‌چنین اخوان و همکاران (۱۳۹۳) نیز نشان دادند که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به آبیاری کامل و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۵۰ درصد کم آبیاری بوده است درحالیکه بیش‌ترین میزان بهره‌وری مصرف آب در تیمار آبیاری ۵۰ درصد کم آبیاری بدست آمده است و نتایج آن‌ها با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. اوکتم و همکاران بهره‌وری مصرف آب ذرت را ۱/۵۶، ۱/۶۶، ۱/۶۴، و ۱/۴۰ kg/m^3 به‌ترتیب برای دور آبیاری ۲، ۴، ۶ و ۸ روز به‌دست آوردن (Oktem et al., 2003). دگدلن و همکاران بهره‌وری مصرف آب ذرت را ۲/۳۰-۱/۹۵ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش کردند (Dagdelen et al., 2006). آن‌ها بیشترین بهره‌وری را در تیمار ۷۰ درصد آبیاری و کم‌ترین آن را در تیماری که بیش‌ترین تنش آبیاری را داشت گزارش کردند. در این پژوهش کم‌ترین مقدار بهره‌وری مصرف آب بر اساس عملکرد ماده خشک مربوط به آبیاری کامل و بیش‌ترین مقدار بهره‌وری مصرف آب آبیاری مربوط به تیمار ۶۰ درصد کم آبیاری بوده است (جدول ۸). کاریزان (۱۳۹۰) در بررسی خود با استفاده از پساب و کم آبیاری مدیریت شده بر روی ذرت علوفه‌ای کم‌ترین بهره‌وری مصرف آب را در آبیاری کامل ۲/۴۷ گزارش کرد. او هم‌چنین در تیمار ۶۰ درصد و ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی آبیاری بهره‌وری مصرف آب را به‌ترتیب ۲/۹۷ و ۲/۸۶ کیلوگرم بر هکتار بیان نمود که از نظر عددی با نتایج این پژوهش که بهره‌وری مصرف آب در تیمار کامل آبیاری ۲/۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد، هم‌خوانی نداشت. هم‌چنین این پژوهش‌گر بیش‌ترین مقدار بهره‌وری مصرف آب را در تیمار ۶۰ درصد آبیاری بخشی (۳/۰۹۵ کیلوگرم در هکتار) گزارش کرد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده، عملکرد زیست‌توده و بهره‌وری مصرف آب ذرت علوفه‌ای در مراحل رشد رویشی و گلدهی، به‌طور معنی داری (در سطح پنج درصد) تحت تاثیر کیفیت و کمیت آب و اثرات متقابل آن‌ها قرار گرفتند. با افزایش مقدار مصرف آب در مرحله رشد رویشی و زایشی بین تیمارهای کمی، میزان عملکرد زیست توده افزایش و بهره‌وری مصرف آب کاهش نشان داد. در مرحله رشد رویشی از نظر عملکرد ماده خشک و بهره‌وری مصرف آب بین تیمارهای کیفی نیز در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار بود. در صورتی‌که در مرحله گل‌دهی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. در مراحل رویشی و گلدهی بیش‌ترین مقدار عملکرد زیست توده و بهره‌وری مصرف آب مربوط به تیمار استفاده کامل از پساب (WW) بوده در حالیکه کم‌ترین مقدار عملکرد زیست توده و بهره‌وری مصرف آب مربوط به تیمار استفاده کامل از آب چاه (W) بوده است. در واقع پساب توانسته است بدون مصرف کود شیمیایی عملکرد زیست‌توده را بالا ببرد. زیرا وجود مقادیر مناسب عناصر غذایی همانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در پساب می‌تواند بر افزایش عملکرد تأثیر مثبتی داشته باشد. در مرحله رشد نهایی، از نظر عملکرد ماده خشک، زیست‌توده و عملکرد دانه اختلاف بین تیمارهای مقادیر اب آبیاری (در سطح پنج درصد) معنی‌دار است درصورتی که تیمارهای کیفی آب اثر خیلی معنی‌داری (در سطح پنج درصد)بر عملکرد ماده خشک، زیست‌توده و دانه نشان ندادند. در همه تیمارهای کیفی و کمی بیش‌ترین عملکرد ماده خشک، عملکرد زیست توده و عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل با آب چاه به‌دست آمد. تیمار ۶۰ درصد کم آبیاری کم‌ترین عملکرد اجزاء را بدست داد. مقایسه میانگین عملکرد دانه برای مقادیر مختلف آب نشان داد که در زمان تأمین کامل نیاز آبی گیاه نسبت به زمان تنش در گیاه (تأمین فقط۴۰ درصد نیاز آبی) عملکرد به‌میزان ۴۳/۴۳ درصد افزایش داشته است. بنابراین نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که برای دستیابی به عملکرد بالای ذرت باید آب کافی در اختیار گیاه قرار گیرد و عملکرد رابطه‌ی نزدیکی با قابلیت دسترسی آب دارد. هم‌چنین عملکرد دانه در تیمارهای W و WW (اعداد بسیار نزدیک به‌هم) بیش‌ترین و در تیمار 5050 کم‌ترین مقدار را داشت.

بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده این پژوهش از نظر میزان ماده خشک، زیست‌توده و عملکرد دانه و با توجه به دارا بودن عناصر غذایی در پساب می‌توان بیان کرد که می‌توان از پساب در این منطقه استفاده کرد.

منابع

اخوان ک.، شیری م.ر. و کاظمی‌آذر ف. ۱۳۹۳. اثر میزان آب آبیاری قطره‌ای و آرایش کاشت بر عملکرد ذرت دانه‌ای. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸ (۱): ۱۰۵-۹۷.

اکبری نودهی د، ۱۳۹۳. تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و کم آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در مازندران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۸ (۷۰): ۲۵۴-۲۴۵.

رضوانی‌مقدم م. و میرزایی نجم‌آبادی م.، ۱۳۸۸، تأثیر نسبت‌های مختلف آب چاه و فاضلاب تصفیه شده بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، سورگوم و ارزن علوفه‌ای. مجله‌ی پژوهش‌های زراعی ایران. ۷ (۱): ۷۵-۶۳.

علی محمدی ر.، ۱۳۸۵. استفاده مجدد از خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب (پساب) در آبیاری اراضی و بررسی تغییرات حاصله در خاک و گیاه، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

فریدونی، م. ج.، فرجی ه. و اولیایی ح. ر.، ۱۳۹۲. تأثیر پساب شهری تصفیه شده و نیتروژن بر عملکرد کمی، کیفیت دانه ذرت شیرین و برخی ویژگی‌های خاک در منطقه یاسوج. نشریه دانش آب و خاک. ۲۳ (۳): ۵۶-۴۳.

کاریزان م.م. ۱۳۹۰. استفاده از تکنیک‌های کم آبیاری (DI و PRD) در آبیاری با پساب شهری شهرکرد در گیاه ذرت تحت آبیاری قطره‌ای نواری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد.

ملکی ع. و عالی نژادیان ا. ۱۳۹۵. اثر آبیاری با سطوح مختلف پساب شهری بر کارآیی مصرف آب و عملکرد ذرت. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۹ (۲): ۱۴۸-۱۳۹

نظری م ع، شریعتمداری ح، افیونی م، مبلی م و رحیلی ش، ۱۳۸۵. اثر کاربرد پساب و لجن فاضلاب صنعتی بر غلظت برخی عناصر و عملکرد گندم، جو و ذرت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۲): ۱۰۱-۹۶.

Abd-El-Wahed, M. H. and E. A. Ali. 2013. Effect of irrigation systems, amounts of irrigation water and mulching on corn yield, water use efficiency and net profit. Journal of Agricultural Water Management. 120: 64-71.

Al-khamisi, S., Prathapar S.A., Ahmed, M. (2013)."Conjunctive use of reclaimed water and groundwater in crop rotations" Agricultural Water Management. 116: 228-234.

Arvandi S and Moqadas k, 2001. One of the solutions to confront with water scarcity, the optimal use of urban sewage. 1st National Conference on Drought Mitigation and Water Shortage, Kerman.

Dagdelen N. Yilmaz E. Sezgin F. and Gurbuz T. 2006. Water-yield relation and water use efficiency of cotton and second crop corn in western Turkey. Agricultural water management. 82: 63-85.

Doorenbos J. and Kassam A.H. 1979. Yield response to water FAO. Irrigation and Drainage. Paper No.33, FAO, Rome, Italy, 193.

Eyherabide G.H. Guevara E. and Totis-de-zeljkovich L. 1997. Effect of the hydro stress in maize production in Argentia. Developing driught and low N-tolerant maize, Mexico. 41: 889-895.

Farre I. and Faci J.M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. Agricultural water management. 96: 383-394.

Gifford R.M. and Evans L.T. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning, and yield. Annu. Rev. Plant physiology journal. 32: 485-509.

Haouari, M. and M. N. Azaiez. 2001. Optimal cropping pattern under water deficits. Europen Journal of Operation Research. 130: 133-146.

Irmak S. Haman D.Z. and Bastug R. 2000. Determination of crop water stress index for irrigation timing and yield estimation of corn. Agronomy journal. 92: 1221-1227.

Istanbulluoglu, A., Kocaman, I. and F. Konukcu. 2002. Water use-production relationship of maize under Tekirdag conditions in Turkey. Pakistan Journal Biology Science. 5: 287-291.

Katerji N. Horn J.W. Hamdy and Mastrorilli A. 2004. Comparison of corn yield response to plant water stress caused by salinity and by drought. Agricultural water management. 65: 95-101.

Moradmand, M., Begay Harchegani, H. 2009. Effect of irrigation with treated wastewater on distribution in the limbs of lead and nickelGreen peppers and soil. Journal of Water Research. 3 (5): 63 -70.

Munir J. Rusan M. Hinnawi S. and Rousan L. 2007. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. J.

Nazem Z. 2017. Comparison of traditional and modern deficit irrigation techniques in corn cultivation using treated municipal wastewater. Int J Recycl Org Waste Agricult. 6: 47–55.

Tamoutsidis E. Lazaridou M. Papadopoulos I. Spanos T. Papathanasiou F. Tamoutsidou M. Mitlianga P. and Vasiliou G. 2009. The effect of treated urban wastewater on soil properties plant tissue composition and biomass productivity in berseem clover and corn. Journal of Food Agriculture & Environmental. 7 (3&4): 782-786.

Torabiyan, A., Matlabi, M. 2003. reuse management plan of treated wastewater (case study: Ekbatan). Ecology. 29 (32): 57-62.

Yazar A. Howell T.A. Dusek D.A. and Copeland K.S. 1999. Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn. Irrigation science. 18: 171-180.

Desalination. 215: 143-152.

Oktem A. Simsek M. and Oktem A.G. 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn (Zea mays saccharata Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region water-yield relationship. Agricultural water management. 61(1): 63-74.

Pandey R.K. Mranville J.W. and Admou A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment, I. Grain yeild and yeild components. Agricultural water management. 46: 1-13.

Stone P.J. Wilson D.R. Reid J.B. and Gillespie R.N. 2001. Water deficit effects on sweet corn, I. Water use, radiation use efficiency, growth and yeild. Australian journal of agricultural research. 52: 103-113.

Tabatabaei S.H. Fatahi R. Najafi P. Karizan M.M. and

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 15, Jan.-Jul. 2021, p. 402-413

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۵، خرداد - تیر ۱۴۰۰، ص. ۴۱۳-۴۰۲

The Effect of Treated Municipal Wastewater Usage on Corn Yield and Yield Component under Deficit Irrigation Management (Case Study: Marvdasht, Fars Province)

P. Abbasi[1], H. Babazadeh[2]*, B. Yargholi[3], H. Bakhoda[4]

Recived: Dec.07, 2020 Accepted: Feb.10, 2021

Abstract

In the face of increasing urban wastewater and the fact that the country's water resources are not only limited but also declining, increasing water use efficiency and reuse of municipal wastewater is inevitable. This study was conducted to investigate the use of municipal wastewater on yield, yield components and water use efficiency in forage maize with two factors: a) Use of wastewater in three levels (1- well water (W), 2- One to one mixture of well water and wastewater (50 50) and 3- Wastewater (WW) b) Management of traditional low irrigation at four levels (normal irrigation (100% irrigation requirement)) and low irrigation at 40, 60 and 80% levels of water requirement) in the form of a randomized complete block design with 12 treatments and three replications in the field of Marvdasht municipal wastewater refinery plant in 2018. Statistical indicators such as maximum error, coefficient of determination, mean square root of the error, modeling efficiency and residual coefficient were used to quantitatively evaluate the functions. Plant susceptibility coefficient (Ky) for total dry matter in three stages of vegetation, flowering and grain ripening were 0.38, 0.52 and 0.63, respectively, and it was found that the most sensitive stage of corn growth to water deficiency is the stage of grain ripening. Analysis of interactive effects showed that the highest total dry matter yield in vegetative and flowering stages and grain yield in grain growth stage were 7260, 9857 and 3158 kg/ha in WW-FI treatment (complete irrigation with wastewater) and the lowest yield with the values of 5052, 6069 and 1508 kg/ha were obtained in W-DI60 treatment (60% low irrigation with well water). The results showed that the use of wastewater in low traditional irrigation conditions is useful for forage maize and can be recommended.

Keywords: Fecal coliform, Forage maize, Marvdasht municipal wastewater, Plant susceptibility coefficient, Production functions, Water use efficiency

1 - Ph.D. Student of Irrigation and Daiange, Department of Agricultural Engineering Systems, College of Agriculture and Food Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2 - Professor, Department of Agricultural Engineering Systems, College of Agriculture and Food Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3 - Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research ,Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4 - Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Systems, College of Agriculture and Food Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: h_babazadeh@hotmail.com)