

The Effect of Different Irrigation Levels with Urban Treated Wastewater on Yield and Water Use Efficiency of Corn in Pakdasht Region

AZRA KARAMI¹, SEYYED EBRAHIM HASHEMI GARMDAREH^{1*}, MAJID GHORBANI JAVID², MARYAM VARAVIPOUR¹

1. Irrigation and Drainage Department, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Agronomy and Plant Breeding Department, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran
(Received: July. 29, 2018- Revised: June. 12, 2019- Accepted: June. 26, 2019)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of irrigation with urban treated wastewater on yield, yield components and water use efficiency of maize (Single cultivar 704) at the research field of Aburaihan Campus, University of Tehran in Pakdasht during the year of 2017. The experiment was carried out as split plots and based on the randomized completely block design with main factor (type of irrigation water) and sub factor (three levels of water requirement) with three replications. Type of Irrigation treatments included well water and treated wastewater that were used in three levels of water requirement including 100 (D₁), 75 (D₂) and 55 (D₃) percent of maize water requirement. The results showed that the type of applied water caused a significant difference in dry matter, so that the highest yield (2090.18 kg/ha) was obtained in wastewater treatment and the lowest yield (17231/15 kg/ha) was obtained in well water treatment. In terms of different amounts of water, the highest water use efficiency based on dry matter (3.52 kg/m³) was obtained by D₁ treatment (100%) and the lowest ones (3.46 and 3.44 kg/m³) were obtained by D₂ (75%) and D₃ (55%) treatments, respectively. Analysis of variance showed that irrigation with urban treated wastewater had a significant effect on dry matter yield, ear length and water use efficiency based on dry matter. Therefore, the refined wastewater at level of 75% water requirement can be suggested as a suitable irrigation practice for corn in Pakdasht area.

Key words: Deficit irrigation levels, Maize, Refined wastewater, Water use efficiency

*Corresponding author's Email: Sehashemi@ut.ac.ir

تأثیر سطوح مختلف آبیاری با پساب تصفیه شده شهری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت در منطقه

پاکدشت

عذرا کرمی^۱، سیدابراهیم هاشمی گرم‌دره^{۱*}، مجید قربانی جاوید^۲ و مریم وراوی‌پور^۱

۱. گروه آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۷ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۳/۲۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۴/۵

چکیده

تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴، در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در شهرستان پاکدشت انجام گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با فاکتور اصلی (نوع آب) و فاکتور فرعی (سطوح کم آبیاری) در سه تکرار انجام شد. تیمارهای نوع آبیاری شامل آب چاه (FW^۱) و پساب (W^۲) بودند که در سه سطح ۱۰۰ (D₁)، ۷۵ (D₂) و ۵۵ (D₃) درصد نیاز آبی گیاه ذرت اعمال گردیدند. نتایج نشان داد که نوع آب کاربردی باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری در مقدار عملکرد ماده خشک گردید و بیشترین عملکرد ماده خشک در تیمار پساب با مقدار ۲۰۹۰۴/۱۸ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار در تیمار آب چاه با مقدار ۱۷۲۳۱/۱۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. از لحاظ مقادیر مختلف آب، تیمار D₁ (۱۰۰٪) با ۳/۵۲ کیلوگرم ماده خشک بر متر مکعب بیشترین کارایی مصرف آب و تیمار D₂ (۷۵٪) و D₃ (۵۵٪) به ترتیب با ۳/۴۶ و ۳/۴۴ کیلوگرم بر متر مکعب کمترین کارایی مصرف آب را داشتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری، تأثیر معنی‌داری بر صفات عملکرد ماده خشک، طول بلال و همچنین کارایی مصرف آب براساس عملکرد ماده خشک داشت. بنابراین می‌توان پساب تصفیه شده در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی در منطقه پاکدشت را به عنوان یک راهکار مدیریتی برای آبیاری پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: پساب تصفیه‌شده، سطوح کم آبیاری، ذرت، کارایی مصرف آب

مقدمه

دسترسی به آب کافی یکی از نیازهای اولیه گیاه برای رشد و تولید محصول می‌باشد. در اغلب مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله اراضی وسیعی از ایران (بیش از ۸۰ درصد) مسئله بحران آب به عنوان یکی از اصلی‌ترین معضلات در مسیر ایجاد کشاورزی پایدار مطرح است (Maleki and Bidabadi, 2016). با توجه به پراکنش نامتعادل منابع آب، میزان تقاضای آب در مناطقی که بیش از چهل درصد جمعیت زمین را دارا می‌باشند، از میزان منابع آب موجود در این مناطق پیشی گرفته است. همچنین داده‌ها و اطلاعات گزارش شده در سال‌های اخیر، از شرایط بحران آب در چنین مناطقی در بسیاری از کشورها حکایت می‌کند (Qadir et al, 2007). کشت ذرت در دنیا به دلیل ویژگی‌های خاص این گیاه به لحاظ گرما پسنندی، تطابق نزدیکی با مناطق خشک و نیمه خشک دارد (Ramírez et al, 2005). موارد متعدد مصرف ذرت

در تغذیه انسان، دام، طیور و استخراج حدود ۱۵۰۰ فراورده متفاوت و کاربرد آن‌ها در صنایع مختلف موجب شده که تولید ذرت نقش مهمی را در کشاورزی جهان داشته باشد و تولید آن در بسیاری از کشورها بعد از گندم و برنج در رتبه سوم قرار گیرد (El-Wahed and Ali, 2013). افزایش عملکرد ذرت مستلزم شناخت روش‌های مدیریتی مناسب است که از جمله مهم‌ترین آنها روش و رژیم مناسب آبیاری می‌باشد (Najafinejad and maddahian, 2003). برای ایجاد پایداری در یک سیستم زراعی راه کارهای متفاوتی ارائه شده است که استفاده از ارقام گیاهی کارآمد، بهره‌برداری مناسب از منابع آبی موجود، استفاده صحیح از آب‌های نامتعارف از مهمترین اقدامات لازم به حساب می‌آیند. از این رو اجرای تحقیقاتی به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح آبیاری در مزارع کشاورزی به عنوان یکی از گزینه‌های به‌زراعی، امری لازم و اجتناب ناپذیر است. امروزه به دلیل رشد شهرنشینی،

سنتی (۸۰ درصد آب مورد نیاز گیاه) با استفاده از آب چاه و بیشترین کارایی مصرف آب را به ترتیب در تیمارهای اختلاط ۵۰ درصد آب و ۵۰ درصد پساب شهری با ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی با آبیاری ناقص ریشه (PRD^1) با مقادیر $3/3$ و $3/36$ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آورد. *Alizadeh et al.* (2001) گزارش دادند که تیمار آبیاری با پساب شهری در تمام مراحل رشد گیاه منجر به حصول بیشترین عملکرد دانه (۱۲ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۴۵ تن در هکتار) گیاه ذرت می‌گردد. همچنین مشخص شد که غلظت نیتروژن در تیمار آبیاری با فاضلاب در تمام مراحل رشد گیاه بیشتر از سایر تیمارها بود. این محققین گزارش کردند میزان پروتئین دانه و غلظت عناصر سنگین در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. *Lack et al.* (2008) در بررسی تأثیر سه رژیم آبیاری (آبیاری در زمان ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس) بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ مشاهده نمودند که تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه مهم‌ترین صفات موثر در کاهش عملکرد ذرت، طی تنش خشکی بودند. با توجه به تاثیر پساب بر عملکرد گیاه و کارایی مصرف آب، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربرد پساب ثانویه تصفیه‌خانه جنوب تهران در مقایسه با آب چاه در شرایط اعمال تیمارهای مختلف سطوح آبیاری روی برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی موثر بر رشد گیاه ذرت با استفاده از روش آبیاری سطحی انجام گردید.

مواد و روش ها

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر پساب شهری بر آبیاری ذرت در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، واقع در شهرستان پاکدشت در جنوب شرقی تهران (طول جغرافیایی ۵۱ درجه ۴۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۰۲۷ متر) انجام شد. میانگین سالانه دمای هوای منطقه در حدود ۱۹ درجه سانتیگراد می‌باشد. متوسط بارندگی در این منطقه ۱۶۵ میلی‌متر و بر اساس طبقه بندی دومارتن دارای اقلیمی خشک است. این پژوهش بر روی ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با فاکتور اصلی (نوع آب) و فاکتور فرعی (سطوح کم آبیاری) در سه تکرار انجام شد. تیمارهای نوع آب شامل آبیاری با آب چاه (FW^2) و پساب (W^3) بودند که در سه سطح ۱۰۰ (D_1)، ۷۵ (D_2) و ۵۵ (D_3) درصد نیاز آبی اعمال گردید. پساب مورد استفاده از طریق کانال موجود در پردیس ابوریحان که پساب تصفیه‌خانه جنوب تهران از آن می‌گذرد، تأمین

مصرف آب با کیفیت مطلوب نیز افزایش یافته است که نتیجه آن تولید حجم عظیمی از فاضلاب‌ها می‌باشد. به دنبال این مسئله دفع صحیح فاضلاب تولیدی، یکی از نگرانی‌های عمده زیست‌محیطی به شمار می‌آید (Ehsani and Khaledi, 2003; Pescod, 1992; Singh and Agrawal, 2010). در خصوص تعریف آب‌های با کیفیت پایین، نمی‌توان تعریف جامع و قابل قبول عمومی ارائه نمود، زیرا بسته به مورد استفاده آن و با توجه به ویژگی‌های مشخص مورد مصرف، تعاریف آن متفاوت خواهد بود. فاضلاب شهری نیز به دلیل آنکه مصرف آن در آبیاری از لحاظ بهداشتی با مخاطراتی همراه است، به عنوان یک آب با کیفیت پایین شناخته می‌شود (Abedi and Najafi, 2001). فاضلاب به دلیل دارا بودن مواد آلی مورد نیاز برای حاصل‌خیزی و بهره‌وری خاک، مخصوصاً در مناطق خشک می‌تواند پس از انجام تصفیه های لازم، در عملیات آبیاری گیاهان مورد استفاده قرار گیرد (Kiziloglu et al, 2008; Pescod, 1992; Singh and Agrawal, 2010). تولید غذا و استفاده از آب با یکدیگر مرتبط هستند و افزایش جهانی تقاضا برای آب و محدودیت این منابع حیاتی محققین را بر آن داشته که به فکر تولید غذای بیشتر از آب کمتر باشند (Tennakoon and Milroy, 2003). کارایی مصرف آب می‌تواند به وسیله عملیات کم آبیاری، بهبود روش‌های آبیاری، برنامه ریزی آبیاری، بهبود عملیات کشاورزی و استفاده از ارقام گیاهی اصلاح‌شده که منجر به بالا رفتن عملکرد می‌شود، افزایش یابد. افزایش کارایی مصرف آب در کشاورزی تحت آبیاری با هدف تولید بیشتر به ازای واحد مصرف آب کمتر به عنوان یکی از گزینه های راهبردی موثر در مدیریت آبیاری و بهبود کشاورزی تحت شرایط کم آبی قلمداد می‌گردد (Deng et al, 2006). مطالعاتی که Zwart and Bastiaanssen (2004) بر روی کارایی مصرف آب محصولات مختلف انجام داده‌اند نشان داد که کارایی مصرف آب دارای دامنه تغییرات گسترده‌ای برای گیاهان مختلف است. آن‌ها کارایی مصرف آب ذرت را بین $2/7-1/1$ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش کردند.

Hassanli et al. (2009) با بررسی تأثیر پساب شهری بر عملکرد ذرت و کارایی مصرف آب در مرودشت شیراز گزارش کردند که آبیاری با پساب باعث افزایش بیشتر کارایی مصرف آب در مقایسه با آب تازه گردید اما تفاوت آن‌ها معنی‌دار نبود. *Karyazan* (2011) در بررسی خود بر روی ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس (۷۰۴) کمترین کارایی مصرف آب را با مقادیر $2/26$ و $2/31$ کیلوگرم بر متر مکعب در آبیاری کامل و کم آبیاری

به صورت سطحی و یکنواخت توزیع گردید. نمونه برداری از تیمارها در پایان دوره رشد و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی انجام گرفت. صفات عملکردی محاسبه و اندازه گیری نمونه های گیاهی به تفکیک به اجزاء مختلف به مدت ۷۲ ساعت در آون تهویه دار و در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک و سپس توزین با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ کیلوگرم انجام شدند. کارآیی مصرف آب با استفاده از رابطه (۱) در زیر بدست آمد (Dehghanianij *et al*, 2014).

$$WUEi = \frac{D_i}{W} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه D_i : مقدار ماده خشک تولیدی هر یک از اجزای گیاه (کیلوگرم در هکتار)، W : مقدار آب تحویلی به قطعات در واحد سطح (مترمکعب در هکتار) و $WUEi$: کارآیی مصرف آب در هر یک از اجزای گیاه (کیلوگرم در مترمکعب) می باشد. برای محاسبات آماری از نرم افزار SAS (Ver. 9.0) و برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

شد. عملیات تهیه زمین در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۷ انجام گردید. ابعاد هر کرت ۹ متر مربع، شامل ۳ ردیف کاشت به طول ۳ متر با فواصل بین ردیف های کاشت و روی ردیف به ترتیب ۷۵ و ۲۰ سانتی متر بود. کوددهی بر اساس تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک (جدول ۱) تعیین گردید و کود نیتروژن مورد نیاز در مرحله ۷-۸ برگی و همزمان با گل دهی به صورت سرک به خاک اضافه گردید. به مدت یک ماه پس از کاشت، تمامی کرت ها با دور آبیاری ثابت چهار روز (مرسوم در منطقه) و بدون اعمال تیمارهای تنش، آبیاری شدند و بعد از آن اعمال تیمارها آغاز گردید. مقدار نیاز آبی با توجه به داده های ایستگاه هواشناسی موجود در مزرعه و با استفاده از رابطه پنمن مونتیت اصلاح شده توسط فائو و اعمال ضریب گیاهی محاسبه گردید. ضریب گیاهی با توجه به منحنی تغییرات ضریب گیاهی ذرت دانه ای در طول فصل رشد برای دوره های آبیاری، با استفاده از دستورالعمل نشریه شماره ۵۶ فائو تعیین شد (Allen *et al*, 1998). حجم آب مورد نیاز هر تیمار پس از محاسبه و با استفاده از کنتور حجمی اندازه گیری و در هر کرت

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق خاک	PH	هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	مواد آلی (درصد)	کلسیم و منیزیم (meq l ⁻¹)	کربنات (meq l ⁻¹)	بی کربنات (meq l ⁻¹)	ازت کل (درصد)	بافت خاک
۰-۲۰	۶/۵	۱/۴	۰/۰۷	۵۰	۱۴	۰/۶	۰/۱۱	سیلتی لوم
۲۰-۴۰	۶/۵	۱	۰/۱۹	۵۸	۰	۲/۶	۰/۱۴	سیلتی لوم
۴۰-۶۰	۶/۵	۱/۳	۰/۲۸	۳۱/۶	۰	۱/۸	۰/۱۲	لوم

نتایج و بحث

مطالعه صورت گرفته تاثیر نوع آب کاربردی و سطوح مختلف آبیاری را بر کارآیی مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس مورد بررسی قرار داد که نتایج آن به تفکیک تجزیه و تحلیل و ارائه شده است.

الف: تاثیر نوع آب کاربردی

کارآیی مصرف آب

مطابق نتایج به دست آمده در جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، بیشترین کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد ماده خشک مربوط به تیمار پساب با مقدار ۳/۷۹ کیلوگرم بر متر مکعب و کمترین مقدار کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد ماده خشک در تیمار آب معمولی با مقدار ۳/۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که نوع آب کاربردی باعث ایجاد تفاوت معنی داری بر کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد ماده خشک در سطح یک درصد گردید (جدول ۲). *et al.*

Hassanli (2009) در مطالعه ای کارآیی مصرف آب گیاه ذرت در آبیاری قطره ای سطحی با پساب و آب معمولی را به ترتیب ۱/۶۹ و ۰/۶۲ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آوردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت نداشت.

ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین نشان داد بیشترین ارتفاع، مربوط به تیمار آبیاری با پساب تصفیه شده با مقدار ۲۴۱ سانتی متر و کمترین مقدار، مربوط به آبیاری با آب چاه با مقدار ۲۱۳ سانتی متر می باشد (جدول ۳). همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که استفاده از پساب باعث ایجاد تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد در بین ارتفاع تیمارها نگردید (جدول ۲). با این حال مطابق شکل (۲) تیمارهای آبیاری با پساب در هر سه سطح آبیاری، دارای بالاترین ارتفاع بوته نسبت به تیمارهای آبیاری با آب چاه بودند. به طوری که استفاده از پساب باعث گردید که ارتفاع بوته به ترتیب در تیمارهای آبیاری W₁₀₀، W₇₅ و W₅₅ برابر با ۲۵۶، ۲۳۸ و ۲۲۸ سانتی متر گردد که همه آنها بیشتر از

تیمار آبیاری شاهد (۲۳۵ سانتی متر) شدند. افزایش ارتفاع گیاه در تیمارهای آبیاری با پساب به دلیل تامین مواد غذایی مورد نیاز برای رشد گیاه از طریق پساب می باشد. نتایج تحقیقات

Alizadeh et al. (2001) نشان داد بیشترین ارتفاع گیاه ذرت ۲۶۱ سانتی متر در تیمار آبیاری با پساب حاصل شد که ۲۲ سانتی متر از تیمار شاهد (آب چاه) بیشتر بود.

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفات عملکردی و کارایی مصرف آب در گیاه ذرت

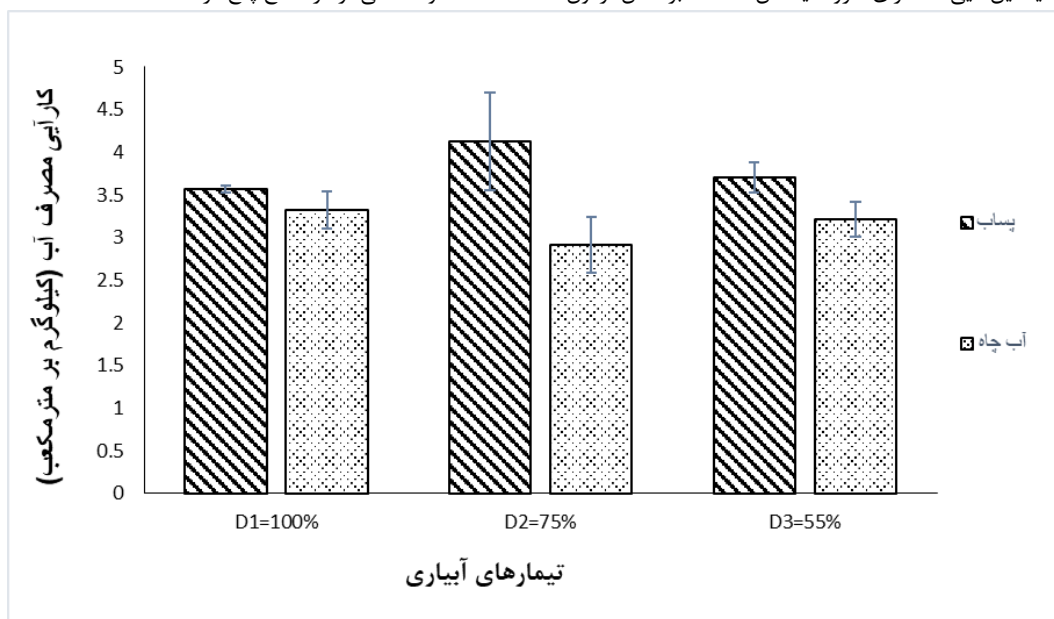
میانگین مربعات (MS)									
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع	عملکرد ماده خشک	وزن بلال	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	قطر بلال	طول بلال	کارایی مصرف آب براساس ماده خشک
تکرار	۲	۳۱۴/۸۸	۲۰۵۶۱۹۴۸/۶۴	۸۰۴۳۷۹۳/۰۷	۱۹۹۹۳۳۹/۰۲	۵۴۲۴/۸۶	۰/۱۱	۱۳/۳۴	۰/۶۱
فکتور اصلی (نوع آب) (K)	۱	^{ns} ۳۳۸۹/۳۸	^{**} ۶۰۶۹۸۱۶۲	^{ns} ۱۹۶۲۵۱۱۲/۵	^{ns} ۱۹۹۹۳۳۹/۰۲	^{ns} ۱۴۹/۰۶	^{ns} ۰/۱	^{**} ۲۰/۶۹	^{**} ۱/۸۹
خطا K	۲	۱۹۳/۵۵	۳۵۵۷/۸۴	۲۸۵۱۲۱۱/۱۳	۱۰۲۱۶۵۸/۸۵	۲۳۲/۳۱	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۰۰۶
فکتور فرعی (مقدار آب) (D)	۲	^{ns} ۱۶۷۰/۸۸	[*] ۴۷۷۷۲۰۲۵/۲۴	[*] ۳۱۱۰۲۰۱۲/۶۳	^{ns} ۱۳۳۶۲۲۸۸/۲۷	^{ns} ۵۴۹۶/۸۹	^{ns} ۰/۲	^{ns} ۸/۶۹	^{ns} ۰/۰۱
نوع آب × مقدار آب	۲	۴۰/۲۲	۹۸۶۸۲۲۳/۲۷	۱۳۰۹۲۶۲۰/۴۱	۶۶۴۶۳۸۶/۴۹	۵۸۷/۹۷	۰/۰۰۲	۱/۶	۰/۳۷
خطا D	۲	۵۸۴/۸۸	۸۵۴۶۴۷۷/۹۲	۲۶۳۲۵۲۰/۴۵	۲۰۸۰۳۴۲/۰۳	۳۴۹/۹	۰/۲۶۵	۱/۳۷	۰/۲۹۹
خطا	۸	۳۵۵/۸۸	۱۰۱۷۲۳۷۳/۱	۵۶۴۵۶۹۹/۶	۳۱۸۰۴۵۳/۱۹	۱۳۰۸/۶۲	۰/۲۳	۳/۲۸	۰/۲
ضریب تغییرات	%	۸/۳	۱۶/۷۲	۱۸/۷۷	۱۹/۶۸	۱۶/۱۷	۱۰/۶۶	۹/۱۶	۱۴/۸۷

ns, **, * به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی دار می باشد.

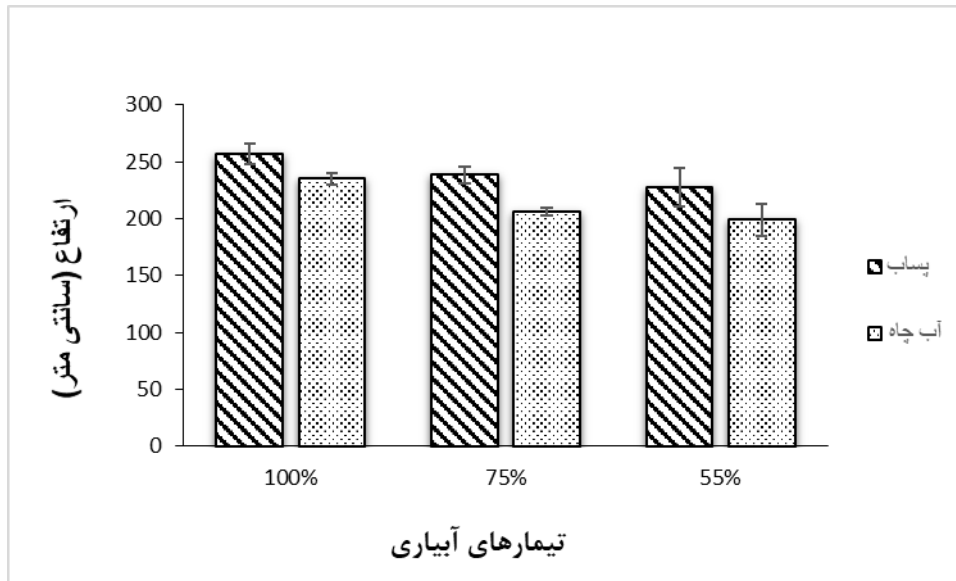
جدول ۳- مقایسه میانگین صفات عملکردی و کارایی مصرف آب در گیاه ذرت

تیمار مقادیر آب	تیمار نوع آب	ارتفاع (cm)	عملکرد ماده خشک (kg ha ⁻¹)	وزن بلال (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)	وزن هزاردانه (gr)	کارایی مصرف آب (عملکرد ماده خشک) (kg m ⁻³)	قطر بلال	طول بلال
تیمار W	۲۴۱ ^a	۲۰۹۰۴/۱۸ ^b	۱۱۶۱۴/۳ ^a	۹۷۰۶/۷ ^a	۲۲۰/۷۱ ^a	۳/۷۹ ^a	۴/۶۱ ^a	۲۰/۸۴ ^a	
تیمار FW	۲۱۳/۵۵ ^a	۱۷۲۳۱/۵۱ ^a	۱۳۷۰۲/۵ ^a	۸۴۰۹/۴ ^a	۲۲۶/۴۷ ^a	۳/۱۵ ^b	۴/۴۵ ^a	۱۸/۷ ^b	
تیمار D ₁	۲۴۵/۸۳ ^a	۲۱۹۳۳ ^a	۱۵۱۵۶ ^a	۱۰۳۶۳ ^a	۲۵۴/۰۳ ^a	۳/۵۲ ^a	۴/۷۳ ^a	۲۰/۶۵ ^a	
تیمار D ₂	۲۲۲/۵ ^{ab}	۱۸۹۷۹ ^{ab}	۱۲۱۲۰ ^{ab}	۹۳۸۳ ^{ab}	۲۲۳/۲۷ ^{ab}	۳/۴۶ ^a	۴/۵ ^a	۲۰/۲۶ ^a	
تیمار D ₃	۲۱۳/۵ ^b	۱۶۲۹۲ ^b	۱۰۶۹۹ ^b	۷۴۳۱ ^b	۱۹۳/۴۸ ^b	۳/۴۴ ^a	۴/۳۶ ^a	۱۸/۴ ^a	

در هرستون میانگین هایی که دارای حروف یکسان هستند، براساس آزمون LSD فاقد تفاوت معنی دار در سطح پنج درصد هستند.



شکل ۱- مقایسه کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد ماده خشک برای تیمارهای پساب و آب چاه در سطوح کاربردی آب

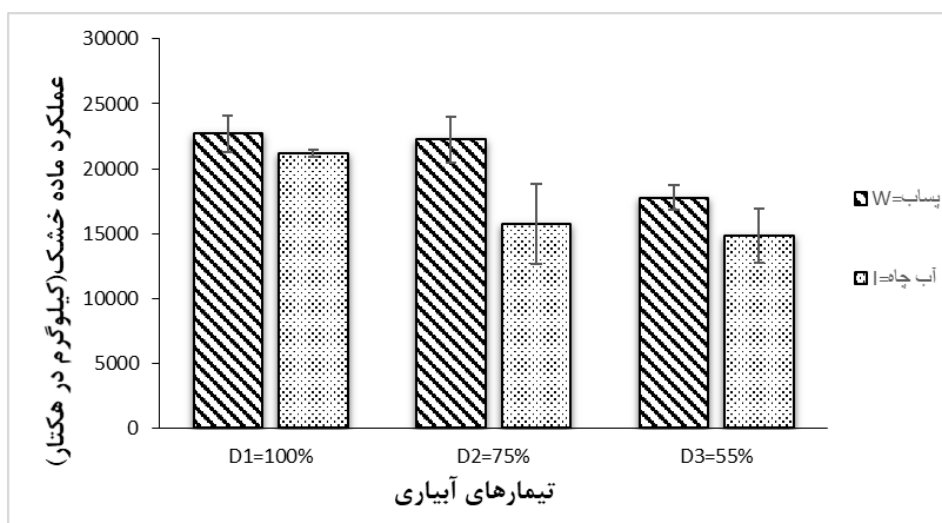


شکل ۲- مقایسه ارتفاع بوته برای تیمارهای پساب و آب چاه در سطوح کاربردی آب

عملکرد ماده خشک

بیشترین عملکرد ماده خشک در تیمار آب آبیاری با پساب تصفیه شده و کمترین مقدار آن در تیمار آبیاری با آب چاه، به ترتیب برابر با ۲۰۹۰۴/۱۸ و ۱۷۲۳۱/۵۱ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۳). مطابق نتایج به دست آمده در جدول (۲) تفاوت بین عملکرد ماده خشک در استفاده از پساب و آب چاه در سطح یک درصد با یکدیگر اختلاف معنی دار داشتند و استفاده از پساب باعث افزایش عملکرد ماده خشک به میزان ۲۱ درصد گردید (جدول ۳). مطابق شکل (۳) میزان عملکرد ماده خشک به ترتیب برای

تیمارهای W_{100} ، W_{75} و W_{55} برابر با ۲۲۲۳۸/۸، ۲۲۷۰۴/۳، ۱۷۷۶۹/۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. همچنین میزان عملکرد برای تیمارهای FW_{100} ، FW_{75} ، FW_{55} برابر با ۲۱۱۶۱/۷، ۱۵۷۱۹، ۱۴۸۱۳/۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نتایج حاصله نشان می دهد که کاربرد پساب در سطح ۷۵ درصد نیاز آبی باعث گردید که عملکرد ماده خشک در این تیمار نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی با آب چاه) به اندازه ۵ درصد بیشتر گردد که نشان دهنده عملکرد مثبت گیاه در استفاده از پساب می باشد.



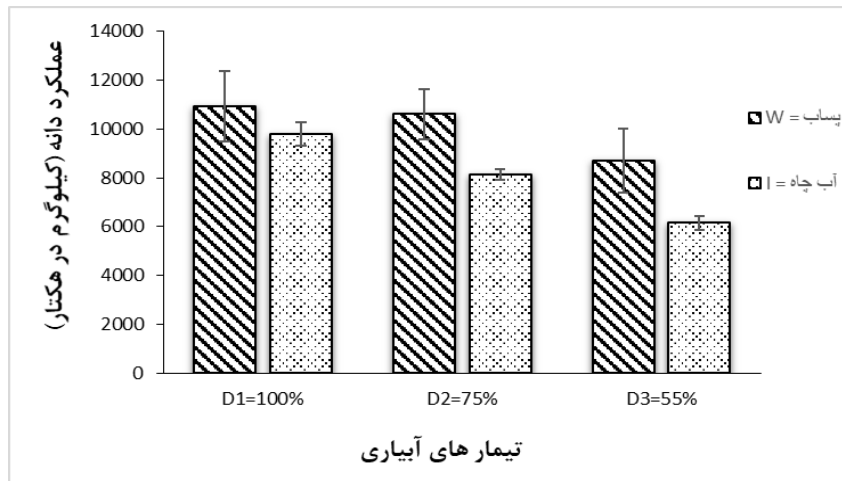
شکل ۳- مقایسه عملکرد ماده خشک برای تیمارهای پساب و آب چاه در سطوح کاربردی آب

وزن هزار دانه و عملکرد دانه و وزن بلال و طول بلال و قطر بلال مطابق نتایج به دست آمده از جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری با پساب برابر با

۹۷۰۶/۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار آبیاری با آب چاه و برابر با ۸۴۰۹/۴ کیلوگرم در هکتار بود اما میزان عملکرد دانه با توجه به کاربرد آب و پساب، تفاوت معنی داری در

(جدول ۳). همچنین جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود نداشت (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد استفاده از پساب تصفیه‌شده شهری تأثیری بر قطر بلال نداشت و بیشترین قطر مربوط به تیمار آبیاری با پساب به مقدار ۴/۶۱ و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار آبیاری با آب چاه به مقدار ۴/۴۵ سانتی‌متر بود (جدول ۳). Do Monte and Sousa (1992) نیز با به‌کارگیری فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری ذرت، سورگوم و آفتابگردان به نتایج مشابهی مبنی بر ایجاد تغییرات خیلی کمی در اجزای عملکرد به واسطه آبیاری با پساب تصفیه‌شده، دست یافتند. مقایسه میانگین‌های طول بلال نشان داد بین تیمارهای آبیاری با پساب و آب چاه، تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود دارد (جدول ۳).

سطح پنج درصد نداشت. کاربرد پساب تصفیه‌شده به عنوان آب آبیاری باعث گردید که عملکرد دانه ذرت در هر سه تیمار نیاز آبی D_1 ، D_2 و D_3 و آبیاری با پساب تصفیه‌شده به ترتیب به مقدار ۱۱، ۳۰ و ۴۱ درصد نسبت به تیمارهای مشابه آبیاری با آب چاه بیشتر شود (شکل ۴). همچنین تاثیر مثبت استفاده از پساب باعث شد میزان عملکرد دانه تیمار W_3 از عملکرد دانه تیمار I_2 به مقدار ۵۶۱/۴ کیلوگرم در هکتار بیشتر گردد (شکل ۴). *Valinejad et al.* (2002) در بررسی خود نتایج مشابهی را در افزایش عملکرد دانه ذرت دانه‌ای تحت آبیاری با پساب شاهین شهر گزارش نمودند. نتایج به دست آمده از جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد بیشترین وزن بلال مربوط به تیمار آبیاری با پساب و کمترین مقدار مربوط به تیمار آبیاری با آب چاه به ترتیب با مقدار ۱۳۷۰۲/۵ و ۱۱۶۱۴/۲ کیلوگرم در هکتار بود



شکل ۴. مقایسه عملکرد دانه برای تیمارهای پساب و آب چاه در سطوح کاربردی آب

درصد با یکدیگر ندارند. بنابراین با توجه به عدم تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف آب به کار برده شده برای کارایی مصرف آب، در نواحی که دچار کمبود آب هستند می‌توان پیشنهاد نمود تا با کاربرد آب کمتر تا ۵۰ درصد نیاز آبی در مصرف آب صرفه‌جویی نمایند.

ارتفاع گیاه

نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) برای ارتفاع بوته در انتهای فصل رشد گیاه نشان داد که بیشترین ارتفاع برای تیمار D_1 و برابر با مقدار ۲۴۵/۸۳ سانتی‌متر و کم‌ترین مقدار آن برابر ۲۱۳/۵ سانتی‌متر و متعلق به تیمار D_3 می‌باشد. مطابق آنالیز انجام شده، D_1 و D_3 در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس تیمارها نشان داد که ارتفاع بوته‌ها با میزان آب کاربردی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر

ب: تاثیر سطوح مختلف آب کاربردی

کارایی مصرف آب

جدول (۳) نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه را نشان می‌دهد. مطابق نتایج به دست آمده در بین تیمارهای مقادیر مختلف آب، تیمار D_1 با ۳/۵۲ کیلوگرم بر متر مکعب بیشترین کارایی مصرف آب را بر اساس عملکرد ماده خشک و تیمار D_2 با ۳/۴۶ کیلوگرم بر متر مکعب و تیمار D_3 با مقدار ۳/۴۴ کیلوگرم بر متر مکعب کمترین کارایی مصرف آب را بر اساس عملکرد ماده خشک نشان دادند. نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های *Yazar et al.* (1999) که نشان داد کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری کامل، ۱/۳۴ کیلوگرم در مترمکعب و کمتر از تیمارهای کم‌آبیاری می‌باشد مطابقت دارد. همچنین نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان داد که تیمارهای مقادیر آب تفاوت معنی‌داری در سطح پنج

نداشت. نتایج تحقیقات Djaman (2011) نشان داد که سطوح مختلف آبیاری ۱۰۰، ۷۵، ۶۰ و ۵۰ درصد نیاز آبیاری، تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته ذرت نداشت.

عملکرد ماده خشک

بیشترین عملکرد ماده خشک مربوط به تیمار D₁ با مقدار ۲۱۹۳۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). با کاهش آب آبیاری در تیمارهای D₂ و D₃ به ترتیب ۱۵ و ۳۴ درصد از عملکرد ماده خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد کاسته شد و عملکرد ماده خشک در تیمارهای D₂ و D₃ به ترتیب به ۱۸۹۷۹ و ۱۶۲۹۲ کیلوگرم در هکتار رسید. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اعمال تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی نتوانست در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد ایجاد نماید، اما اعمال تیمار ۵۵ درصد نیاز آبی باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با تیمار شاهد گردید (جدول ۳). همچنین نتایج تجزیه واریانس‌ها نشان داد که اعمال سطوح مختلف نیاز آبی باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد می‌گردد (جدول ۲). کاهش عملکرد ماده خشک بر اثر کم‌آبیاری در این تحقیق، با نتایج سایر تحقیقات که در آن‌ها نیز با کاهش آب آبیاری از عملکرد ماده خشک گیاه کم شده و عملکرد ماده خشک بین تیمارهای کم آبیاری، اختلاف معنی‌داری وجود داشت، مطابقت دارد (Zare ;Oktem et al 2003; et al, 2018; Rezaei Estakhroeih et al, 2016).

وزن هزار دانه و عملکرد دانه و وزن بلال

با توجه به نتایج نشان داده شده در جدول (۳)، بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار D₁ و برابر با ۲۵۴/۰۲ گرم و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار D₃ و برابر با ۱۹۳/۴۸ گرم بود که با تیمار D₁ در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین وزن هزار دانه تیمار D₂ برابر با ۲۲۳/۲۷ گرم بدست آمده که با تیمار D₁ در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت. نتایج جدول تجزیه واریانس نیز نشان داد که اعمال تیمارهای نوع آبیاری نتوانست اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر روی وزن هزار دانه ایجاد نماید (جدول ۲). با بررسی جدول مقایسه میانگین مشاهده شد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای D₁ و D₃ و برابر با ۱۰۳۶۲ و ۷۴۳۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). با این حال اعمال تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی، اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نشان نداد. بیشترین وزن بلال برای تیمار D₁ (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) با مقدار ۱۵۱۵۶ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن (۱۰۶۹۹ کیلوگرم در هکتار) متعلق به تیمار D₃ بود (جدول ۳) که در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند و با نتایج تحقیقات Hirich et al. (2012) مطابقت دارد.

جدول ۵- همبستگی بین عملکرد و اجزای آن

وزن بلال	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد ماده خشک	ارتفاع بوته	صفت
۰/۵۷۱۵۹*	۰/۱۳۲۷۲*	۰/۵۱۶۷۶*	۰/۶۷۳۰۸**	۱	ارتفاع بوته
۰/۹۰۸۸۲**	۰/۱۰۱۲۵ ^{ns}	۰/۶۹۴۵۳**	۱		عملکرد ماده خشک
۰/۶۸۴۰۵**	۰/۲۹۹ ^{ns}	۱			وزن هزار دانه
-۰/۲۶۴۷۲ ^{ns}	۱				عملکرد دانه
۱					وزن بلال

نتیجه گیری

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر مقادیر مختلف پساب تصفیه‌شده در مقایسه با آب چاه بر عملکرد و کارایی مصرف آب و رساندن آن به مقدار حداکثر خود است. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از ۷۵ درصد نیاز آبی در هر دو تیمار آبیاری با چاه و پساب تأثیر معنی‌داری بر روی اجزاء عملکرد ذرت نداشت. بنابراین می‌توان با اعمال ۷۵ درصد نیاز آبی، صرفه جویی در منابع آبی ایجاد کرد. عدم ایجاد تفاوت معنی‌دار در تیمارهای آبیاری با پساب و آب چاه می‌تواند ناشی از این باشد که کوددهی طبق آنالیز خاک برای هر دو تیمار در طول دوره یکسان صورت گرفته

ج: همبستگی بین عملکرد و اجزای آن

نتایج همبستگی بین عملکرد و اجزاء آن در جدول (۵) ارائه شده است. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۴) می‌توان دریافت که بین ارتفاع بوته و عملکرد ماده خشک، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، وزن بلال در سطح پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد، همچنین بین عملکرد ماده خشک و وزن هزار دانه و وزن بلال در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. با این حال بین عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک، وزن هزار دانه همبستگی مثبت و غیر معنی‌دار و بین وزن بلال و عملکرد دانه همبستگی منفی و غیر معنی‌داری وجود دارد.

در کشور می‌توان با استفاده از پساب در مصرف آب صرفه جویی نمود که دارای اثرات مثبت زیست محیطی و اقتصادی برای کشور می‌باشد.

است و این کوددهی باعث گردیده است که تفاوت استفاده از پساب به صورت معنی‌داری نشان داده نشود. بنابراین با توجه به دارا بودن عناصر غذایی در پساب و در شرایط کنونی کم‌آبی حاکم

REFERENCES

- Abedi, M. C., & Najafi, P. (2001). Use of refined wastewater in agriculture. *Iranian national committee on Irrigation and Drainage publication*, 270 pages
- Alizadeh, A., Bazari, M. E., Velayati, S., Hasheminia, M. & Yaghmai, A. (2001). Using reclaimed municipal wastewater for irrigation of corn. In: *Proceedings of ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management*, Seoul.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, 300(9), D05109.
- Dehghanisanij, H., Zounemat-Kermani, M., & Asadi, R. (2014). Application of Municipal Wastewater in Irrigation of Corn under Furrow and Drip Irrigation Systems. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 8(3), 423-429.
- Deng, X. P., Shan, L., Zhang, H., & Turner, N. C. (2006). Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China. *Agricultural water management*, 80(1-3), 23-40.
- Djaman, K. (2011). Crop evapotranspiration, crop coefficients, plant growth and yield parameters, and nutrient uptake dynamics of maize (*Zea mays* L.) under full and limited irrigation. Doctoral dissertation. The University of Nebraska-Lincoln.
- Do Monte, H. M. (1992). Effects on crops of irrigation with facultative pond effluent. *Water Science and Technology*, 26(7-8), 1603-1613.
- Ehsani, M., & Khaledi, H. (2003). Agricultural water productivity. . *Iranian national committee on Irrigation and Drainage publication*. Tehran
- El-Wahed, M. A., & Ali, E. A. (2013). Effect of irrigation systems, amounts of irrigation water and mulching on corn yield, water use efficiency and net profit. *Agricultural water management*, 120, 64-71.
- Hassanli, A. M., Ebrahimizadeh, M. A., & Beecham, S. (2009). The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. *Agricultural Water Management*, 96(1), 93-99.
- Hirich, A., Allah, R. C., Jacobsen, S. E., El Youssfi, L., & El Homaria, H. (2012). Using deficit irrigation with treated wastewater in the production of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Morocco. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(3), 570-583.
- Karizan, M. M. (2011). Use of irrigation techniques (PRD and DI) in irrigation with Shahrekord municipal wastewater in corn plant under drip irrigation (T-tape). MsC Thesis, Shahrekord University.
- Kiziloglu, F. M., Turan, M., Sahin, U., Kuslu, Y., & Dursun, A. (2008). Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey. *Agricultural Water Management*, 95(6), 716-724
- Lack, S., Naderi, A., Saidat, S. A., Ayenehband, A., Nour-Mohammadi, G. & Moosavi, S. (2008). The Effects of different levels of irrigation, nitrogen and plant population on yield, yield components and dry matter remobilization of corn at climatical conditions of khuzestan. *JWSS*; 11(42) :1-14.
- Maleki, A., Bidabadi, A. A., Khoramabad, I., & Khorramabad, I. (2016). The effect of different levels of municipal effluent irrigation on maize water use efficiency and yield. *Journal of Irrigation Science and Engineering*, 39(2), 139-148.
- Najafinejad, H., & H. Maddahian. (2003). Effects of irrigation regimes and planting density on grain yield and some agronomic traits of corn. *Journal of seed and plant* ,19(2),13-16.
- Oktem, A., Simsek, M., & Oktem, A. G. . (2003). Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region: I. Water-yield relationship. *Agricultural Water Management*, 61(1), 63-74
- Pescod, M. B. (1992). Wastewater treatment and use in agricultur. *FAO irrigation and drainage paper* 47.
- Qadir, M., Sharma, B. R., Bruggeman, A., Choukr-Allah, R., & Karajeh, F. (2007). Non-conventional water resources and opportunities for water augmentation to achieve food security in water scarce countries. *Agricultural water management*, 87(1), 2-22.
- Ramírez, A. A., Martín-Benito, J. M. T., de Juan Valero, J. A., Álvarez, J. F. O., & Maturano, M. (2005). Growth and nitrogen use efficiency of irrigated maize in a semiarid region as affected by nitrogen fertilization. *Spanish journal of agricultural research*, (1), 134-144.
- Rezaei E, A., Irandost, M., & Kambakhsh, M. (2016). Effect of deficit irrigation on water use efficiency, yield and it's components of cotton(varamin cultivar).*Journal of Water and Irrigation Management*, 6(2),205-216.
- Singh, R. P., & Agrawal, M. (2010) . Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(4), 632-641
- Tennakoon, S. B., & Milroy, S. P. (2003). Crop water use and water use efficiency on irrigated cotton

- farms in Australia. *Agricultural Water Management*, 61(3), 179-194
- Valinejad, M., Mostsfzadeh-Fard, B., & Mirmohammadi, M. S. (2002). The effect of shahinshahr treated wastewater on agronomic and chemical characteristic of corn under sprinkler and surface irrigation. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 9(1), 103-115.
- Yazar, A., Howell, T. A., Dusek, D. A., & Copeland, K. S. (1999). Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn. *Irrigation Science*, 18(4), 171-180.
- Zare, R., Sohrabi, T., & Moteshare Zadeh, B. (2018). Effect of deficit irrigation with treated wastewater on corn yield. *Journal of Soil and Water Research*, 49(3), 505-514.
- Zwart, Sander J., & Bastiaanssen, W. G. (2004). Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*, 69(2), 115-133.