Archive of SID

مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد هفتم، شماره دوم، ۱۳۹۸
۱۱۵-۱۳۰
www.jcri.ir

ارزیابی عملکرد پنبه تحت آبیاری با پساب تصفیه شده خانگی

یحیی چوپان[1*]، عباس خاشعی سیوکی[2]، علی شهیدی[2]
[1]دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی ، گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان
[2]دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پساب تصفیه‌شده خانگی شهر تربت‌حیدریه بر عملکرد پنبه رقم ورامین (*Gossypium hirsutum* L.)، پژوهشی به‌صورت آزمایش‌های مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار آب آبیاری و سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل T_1 (آب چاه به‌عنوان تیمار شاهد)، T_2 (فاضلاب تصفیه‌شده)، T_3 (ترکیب حجمی ۵۰٪ آب چاه و ۵۰٪ فاضلاب تصفیه‌شده)، T_4 (آبیاری یک در میان آب چاه و آب فاضلاب تصفیه‌شده) و T_5 ((ترکیب حجمی ۳۳٪ آب چاه و ۶۶٪ فاضلاب تصفیه‌شده (مورد استفاده کشاورزان منطقه))، می‌باشند. نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای آب آبیاری بر عملکرد کل در سال اول و دوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین و کمترین عملکرد کل در سال اول به‌ترتیب مربوط به تیمارهای T_3 و شاهد با وزن‌های ۳۹۰۸ و ۲۳۴۳ کیلوگرم در هکتار بود. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد کل در سال دوم به‌ترتیب در تیمارهای T_3 و شاهد با وزن‌های ۴۱۷۳ و ۳۱۰۷ کیلوگرم در هکتار طبق نتایج، مشاهده شد. در مجموع، نتایج نشان دادند تیمارهای پژوهش در سال دوم در مقایسه با سال اول از عملکرد بالاتری برخوردار بوده، به‌نحوی که تیمار T_3 به‌عنوان تیمار حداکثر عملکرد کل در سال اول و دوم، دارای بیش‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب به میزان ۰/۶۱۶ و ۰/۶۵۸ کیلوگرم محصول تولیدی بر مترمکعب آب مصرفی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد کل، پساب، کارآیی مصرف آب، رقم ورامین

*نویسنده مسئول: yahyachoopan68@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت جهان و نیاز بیش‌تر به تولیدات کشاورزی از مسائل مهمی است که امروزه بشر با آن روبرو است. در این میان آب اصلی‌ترین نهاده‌ی تولیدات کشاورزی است که حجم قابل توجهی را در بخش کشاورزی به‌خود اختصاص می‌دهد. این مسئله هنگامی به یک چالش بزرگ جهانی تبدیل شده که پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ تعداد ۶۵ کشور جهان با جمعیتی بالغ بر ۷ میلیارد نفر با کمبود آب مواجه خواهند بود (سپاسخواه و همکاران، ۲۰۰۶). فاضلاب‌های خانگی از فاضلاب دستگاه‌های بهداشتی و یا فاضلاب به‌دست آمده از شستشوی قسمت‌های مختلف منازل تشکیل شده‌اند. در این نوع پساب‌ها انواع موجودات ریز، میکروب‌ها، ویروس‌ها و چند نوع مواد شیمیایی معین وجود دارد که از عمده‌ترین آن‌ها می‌توان به آمونیاک و نیز مقداری اوره اشاره نمود. این فاضلاب‌ها باید از مسیرهای سربسته به محل تصفیه هدایت گردند. جهت خنثی‌سازی محیط قلیایی این فاضلاب‌ها که محیط مناسب برای رشد و نمو میکروب‌ها هستند، ازکلر استفاده می‌شود (منزوی، ۱۹۹۹).

از نظر غذایی پساب حاوی سه عنصر ضروری پتاسیم، فسفر و نیتروژن می‌باشد و علاوه بر آن عناصر ریزمغذی لازم برای رشد گیاهان نیز اغلب در پساب وجود دارد. وجود این عناصر از مزایا و فاکتورهای استفاده از پساب در کشاورزی تلقی می‌شود و صرفه‌جویی قابل‌توجهی در مصرف کودهای شیمیایی در مقابل استفاده از پساب صورت می‌پذیرد. مقدار نیتروژن و پتاسیم موجود در پساب غالبا نیاز گیاهان به این عناصر را طی دوره رشد برآورده می نماید. اما در بعضی مواقع نیتروژن و پتاسیم موجود در پساب بیش‌تر از حد مورد نیاز گیاهان می‌باشد و بنابراین باعث رشد بیش از حد، تأخیر در زمان رسیدن و کاهش کیفیت محصول می‌شود (پاپادوپولوس و استیلیان، ۱۹۸۸؛ پاپادوپولوس و استیلیان، ۱۹۹۱؛ آسانو و لوین، ۱۹۹۶؛ السالم، ۱۹۹۶).

هزینه‌های مربوط به استحصال آب و تأمین کود از جمله مهم‌ترین هزینه‌های تولید فرآورده‌های کشاورزی به‌شمار می‌آیند. از این رو کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌تواند از طریق تأمین آب و بخشی از کود مورد نیاز محصولات، بهره اقتصادی فعالیت‌های کشاورزی را افزایش دهد. پساب‌های خانگی از ۹۹/۹ درصد آب و ۰/۱ درصد ناخالصی که عمدتا شامل مواد جامد معلق، کلوئیدی و معلق هستند، تشکیل شده‌اند. گازها و میکروارگانیسم‌ها و سایر مواد نیز بخش بسیار اندکی از پساب‌ها را تشکیل می‌دهند (ندافی و نبی‌زاده، ۱۹۹۶). یکی از راه‌کارهای جبران کمبود آب در بخش کشاورزی، استفاده از پساب در آبیاری است (حاج‌هاشمی‌خواه و همکاران، ۲۰۱۴). پنبه پرمصرف‌ترین لیف طبیعی و مهم‌ترین گیاه صنعتی دو منظوره جهان است که در ۷۹ کشور جهان، موجب اشتغال بیش از میلیون‌ها نفر در صنایع الیاف و روغن گردیده و در میان دانه‌های روغنی جهان پس از سویا،

www.SID.ir

Archive of SID

مقام دوم را به‌خود اختصاص داده است. علاوه بر دلایل بیان شده، گیاه پنبه معمولا به‌عنوان محصولی مقاوم به خشکی در بین محصولات زراعی شناخته شده استر(محمد و همکاران، ۱۹۸۲).

تاکنون مطالعات بسیاری در خصوص کاربرد پساب در کاشت محصولات کشاورزی از جمله پنبه انجام شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به پژوهش‌های حسن‌اوغلی (۲۰۰۲)، صفری و فتحی (۲۰۰۸)، حسن‌پور درویشی، (۲۰۱۰)، رجبی سرکانی و قائمی (۲۰۱۲) و شفق کول‌ونق و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد. موجیدا و همکاران (۲۰۰۷) طی تحقیقی در بنگلادش در سه سال برای تعیین اثر متقابل آبیاری با فاضلاب و کود معدنی با اعمال تیمارهای آب چاه، ترکیب آب و فاضلاب با درصدهای ۲۵، ۵۰، ۷۵ و فاضلاب خام به این نتیجه رسیدند که تیمار ترکیب ۷۵ درصد آب و فاضلاب، بالاترین عملکرد و کیفیت محصول را به‌دست داد (موجیدا و همکاران، ۲۰۰۷). هم‌چنین تیمار فاضلاب خام بیش‌ترین رشد برگ را به خود اختصاص داد. اثر پساب فاضلاب بر عملکرد تعدادی گیاه علوفه‌ای در چند ایالت آمریکا نشان داد که تأثیر پساب در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی نیترات آمونیوم از نقطه نظر تأمین نیاز کودی گیاه قابل مقایسه می‌باشد (کلاپ و همکاران، ۲۰۰۷). محققان گزارش کردند که محصول آبیاری شده با فاضلاب، از رشد بیش‌تر و رنگ سبز تیره‌تری برخوردار بود (آسانو و پتیگرو، ۱۹۸۷). بر اساس پژوهشی که جهت بررسی مزایای اقتصادی استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری پنبه انجام گرفت، نشان داده شد که مقدار عملکرد تیمار فاضلاب تصفیه‌شده بدون افزودن کود با تیمارهای دارای کود، تفاوت معنی‌داری نداشتند (تاسادیلاس و واکالیس، ۲۰۰۳). در تحقیقی به بررسی تأثیر آبیاری قطره‌ای با فاضلاب تصفیه‌شده خانگی بر روی گیاه پنبه پرداخته شد و نتایج نشان داد که وزن قوزه در کلیه تیمارها غیر معنی‌دار ولی عملکرد معنی‌دار بود (اورون و دمالاهج، ۱۹۸۷). در پژوهشی دیگر جهت بررسی تأثیر آبیاری قطره‌ای با فاضلاب تصفیه‌شده شهری بر گیاه پنبه نشان داده شد که با افزایش مقدار نیتروژن دریافتی، مقدار عملکرد در مقایسه با بقیه تیمارها کاهش و رشد رویشی گیاه افزایش پیدا کرد (بیلورال و همکاران، ۱۹۸۴). محققین گزارش کردند در تیمارهای دارای فاضلاب، مقدار عملکرد الیاف و دانه پنبه نسبت به تیمارهای آب سالم افزایش داشته است (کلاپ و همکاران، ۱۹۸۴). در پژوهشی تأثیر فاضلاب تصفیه‌شده و نیتروژن بر خصوصیات شیمیایی خاک و گیاه پنبه بررسی شد. تیمارهای اصلی شامل ۴ سطح آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس خاک) و ۴ سطح نیتروژن (صفر، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌-علاوه تیماری با تأمین ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس خاک با آب و افزایش ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌عنوان شاهد درنظرگرفته شد. نتایج نشان داد اثر سطوح مختلف نیتروژن بر کلیه پارامترها معنی‌دار بود (آلوس و همکاران، ۲۰۰۳). محققان طی پژوهشی به بررسی اثر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهر تربت‌حیدریه بر عملکرد مورفولوژیک پنبه رقم ورامین اقدام کردند. نتایج نشان داد، میانگین

www.SID.ir

Archive of SID

مربعات صفات، نوع آب آبیاری در صفات عملکرد چین نخست، عملکرد چین دوم، عملکرد کل و وزن ۱۰ قوزه معنی‌دار بود (چوپان و همکاران، ۲۰۱۷). ایشان بیان کردند تیمار ترکیب حجمی ۵۰ درصد آب چاه و ۵۰ درصد فاضلاب تصفیه‌شده با عملکرد کل و وزن ۱۰ قوزه بالاتر نسبت به بقیه تیمارها برای کشت در منطقه توصیه می‌شود. در تحقیقی دیگر محققان تأثیر پساب فاضلاب و زئولیت را بر عملکرد وش و برخی اجزای عملکرد پنبه مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد نوع آب آبیاری بر شاخص بذر، عملکرد وش، وزن پنبه‌دانه، تعداد برگ در بوته و درصد کیل اثر معنی‌داری داشت. هم‌چنین مقدار زئولیت بر هیچ‌کدام از صفات درصد کیل، شاخص بذر، وزن پنبه دانه، تعداد برگ در بوته و عملکرد وش اثر معنی‌داری نشان نداد (چوپان و خاشعی سیوکی، ۲۰۱۸).

با توجه به مطالعات انجام شده مشاهده می‌شود که تاکنون پژوهش‌های محدودی در زمینه استفاده از پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی برای کشت پنبه رقم ورامین صورت گرفته است. لذا هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر پساب فاضلاب تصفیه‌شده شهر تربت‌حیدریه بر عملکرد پنبه رقم ورامین می‌باشد که براساس آمارهای هواشناسی شهرستان تربت‌حیدریه جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد، از این‌رو استفاده از آب‌های نامتعارف همچون پساب فاضلاب تصفیه‌شده برای کشاورزی در این منطقه از اهمیت فراوانی برخوردار است.

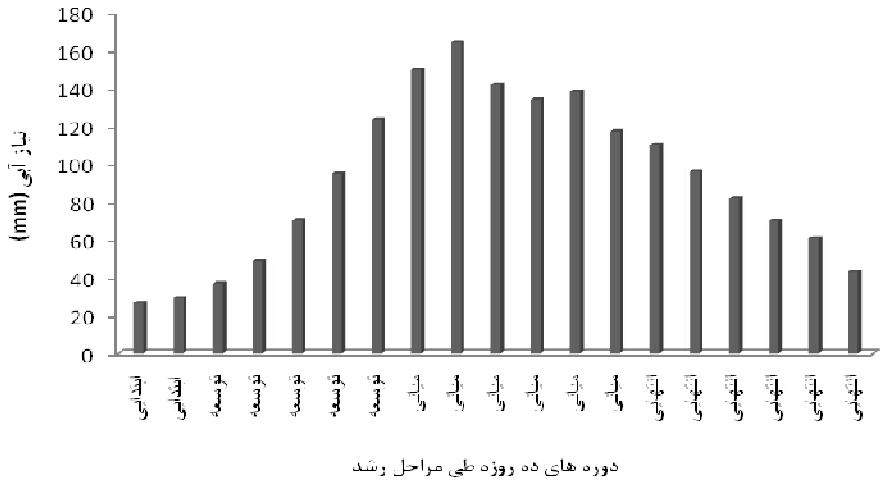
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با پنج تیمار آب آبیاری و سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در اراضی کشاورزی شهرستان تربت‌حیدریه در یک خاک لوم شنی انجام شد. شهرستان تریت‌حیدریه در جنوب غربی مشهد روی مدار ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی در ارتفاع ۱۳۳۳ متر از سطح دریا قرار دارد. وضعیت اقلیمی این ایستگاه بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه، اقلیم خشک سرد و بر اساس طبقه‌بندی دکتر کریمی دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد (اداره کل هواشناسی خراسان رضوی). بر اساس داده‌های هواشناسی آمار ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی شهرستان تربت حیدریه، متوسط درجه حرارت روزانه در ایستگاه تربت حیدریه ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد، حداقل و حداکثر دما به ترتیب برابر ۲۴/۶- و ۴۰/۴ درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی ۴۵٪، متوسط بارش سالانه ۲۵۳ میلی‌متر و متوسط تبخیر سالیانه ۱۱۴۳/۱۳ میلی‌متر می‌باشد (ایستگاه هواشناسی تربت حیدریه). متوسط بارش سالیانه ۲۶۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن ۲۱ درجه می‌باشد. بیش‌تر این بارندگی‌ها در اوایل فصل رشد اتفاق افتاد. بنابراین به علت رطوبت و بارندگی مناسب در اوایل فصل رشد و قبل از گلدهی و نیز جلوگیری از رشد علفی و تعادل بین رشد رویشی و زایشی، آبیاری از مرحله گلدهی به بعد شروع شد. کاشت پنبه رقم ورامین در تاریخ

www.SID.ir

Archive of SID

پنجم خرداد برای هر دو سال به‌صورت دستی و به روش آبیاری کرتی صورت گرفت. با استفاده از مدل کراپ وات میزان تبخیر و تعرق، بارش مؤثر و نیاز آبی محاسبه شد. هم‌چنین نیاز آبی در مقیاس‌های ده روزه برای هر مرحله از رشد گیاه پنبه نیز مورد محاسبه قرار گرفت. برای محاسبه نیاز آبی گیاه در این مدل، داده‌های دمای حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی، میانگین ساعات آفتابی، باد بر حسب متر بر ثانیه، برای محاسبه تبخیر و تعرق به روش پنمن مانتیث (فائو، ۱۹۹۲)، داده‌های بارش برای محاسبه بارش مؤثر بر اساس روش USDA، اطلاعات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، نوع گیاه و ضرایب تعیین شده توسط فائو برای آن‌ها در دوره‌های مختلف رشد، مشخص نمودن نوع و خصوصیات خاک مورد نیاز است. در نهایت می‌توان با ضرب تبخیر و تعرق گیاه در ضریب گیاهی تعیین شده از سوی فائو و تفاضل آن با بارش موثر، نیاز آبیاری را محاسبه نمود. در این تحقیق نیاز آبی در هر مرحله از رشد طی دوره‌ای ۱۰ روزه مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در حالت کلی بیش‌ترین نیاز آبی در مرحله میانی و کم‌ترین نیاز در دوره ابتدایی رشد گیاه می‌باشد. از طرف دیگر نیاز آبی در دوره‌های ۱۰ روزه مورد بررسی در هر مرحله متفاوت می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- برآورد نیاز آبی گیاه پنبه در مراحل مختلف رشد طی دوره‌های ده روزه در ایستگاه تربت‌حیدریه

مقدار نیاز آبی پنبه با استفاده از آمار دو ساله اداره هوا شناسی تربت‌حیدریه، ۶۳۴۰ مترمکعب برای یک فصل زراعی در هکتار محاسبه شد. از نظر زمانی، در مرحله گل‌دهی و رشد غوزه‌ها دور آبیاری حدود ۸ روز یک‌بار و در سایر مراحل حدود ۱۰-۱۲ روز یک‌بار آبیاری انجام گردید (آبیاری، هنگامی‌که رطوبت ناحیه ریشه به ۵۰٪ ظرفیت زراعی رسید، انجام شد. در طی این مدت هیچ‌گونه تنشی به گیاه

www.SID.ir

Archive of SID

اعمال نمی‌گردید). هم‌چنین مقدار یکسان برای هر آبیاری انتخاب شد که به‌وسیله کنتور حجمی با دقت لیتر به کرت‌ها تحویل داده شد.

تیمارهای آبیاری شامل، T_1 (آب چاه به‌عنوان تیمار شاهد)، T_2 (فاضلاب تصفیه‌شده)، T_3 (ترکیب حجمی ۵۰٪ آب چاه و ۵۰٪ فاضلاب تصفیه‌شده)، T_4 (آبیاری یک در میان آب چاه و فاضلاب تصفیه شده) و T_5 (ترکیب حجمی ۳۳٪ آب چاه و ۶۶٪ فاضلاب تصفیه‌شده)، بودند. نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه و پساب تصفیه‌شده خانگی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- تجزیه شیمیایی آب چاه و پساب تصفیه شده خانگی

نوع آزمایش	واحد	آب معمولی	پساب
هدایت الکتریکی	(dS/m)	۲/۵	۲۰
اسیدیته	-	۶/۸	۷/۴
نسبت جذب سدیم	-	۱۳/۰۴	۷/۶۶
کلسیم	(meq/lit)	۱/۲	۵۲/۸
منیزیم	(meq/lit)	۲/۸	۳۵/۵
سدیم	(meq/lit)	۱۸/۴	۶۵/۲
کربنات	(meq/lit)	۰	۱/۵
بی‌کربنات	(meq/lit)	۳/۴	۸/۵
کلر	(meq/lit)	۱۰/۵	۶۰۸
سولفات	(meq/lit)	۱۰/۸	۸۵
کل جامدات محلول	(meq/lit)	-	۱۰۴۴
کدورت	(NTU)	-	۶/۵
اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی	(meq/lit)	-	۵۵

فاصله کرت‌ها یک متر از یکدیگر در نظر گرفته شدند. تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. در این پژوهش به دلیل استفاده از پساب و مشاهده اثرات کودی پساب، از هیچ‌گونه کودی در هیچ یک از تیمارها استفاده نشده است. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از دستگاه نوترون‌متر (Model 503DR HYDROPROBE, Australia) استفاده گردید. رقم مورد استفاده مطابق با مصرف کشاورزان منطقه مورد مطالعه، رقم ورامین می‌باشد. رقم مورد استفاده، تراکم کشت و زمان کشت براساس عرف منطقه تعیین شد. پس از استقرار کامل گیاهچه در خاک عملیات تنک کردن انجام شده و فاصله بوته‌ها از یکدیگر از دو طرف برای تراکم مطلوب ۴۰-۴۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری برای هر کرت آزمایشی به دلیل اثر حاشیه‌ای، از مرکز کرت و به ابعاد یک مترمربع انجام شده است. تجزیه آماری صفات عملکرد کل با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 و EXCEL انجام

www.SID.ir

Archive of SID

شد. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. کارآیی مصرف آب (WUE)، طبق روش استفاده شده توسط هانگ و همکاران (۲۰۰۴) مطابق معادله ۱، تعیین شد:

$$WUE = {}^{Y}/_{ET} \quad (۱)$$

در این معادله Y عملکرد وش و ET تبخیر و تعرق واقعی می‌باشد که برای هر تیمار جداگانه با استفاده از معادله بیلان آب با استفاده از معادله ۲، به‌دست آمد:

$$ET = P + I + \Delta S - Dp \quad (۲)$$

که در آن، ΔS تغییرات ذخیره آب در ابتدا و انتهای فصل رشد (mm)، P بارندگی (mm)، Dp مقدار نفوذ عمقی (mm) و I مقدار آب آبیاری (mm)، می‌باشند. از آن‌جا که مقدار آب آبیاری فقط به اندازه رساندن رطوبت خاک تا رطوبت ظرفیت مزرعه مورد استفاده قرار گرفته است، بنابراین از مقدار آب زهکشی شده صرف‌نظر گردیده است.

جدول ۲- تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه در عمق۴۰-۰ سانتی‌متری

نوع آزمایش	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	شوری	pH -	آهک (%)	ماده آلی (%)	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	درصد اشباع (%)
نتایج آزمایش	۱۳۰	۳/۵	۵/۸	۷/۲	۱۸/۵۵	۰/۰۹	۴۸	۱۷	۳۵	۳۳/۴

نتایج و بحث

تحلیل خصوصیات کیفی خاک: نتایج حاصله نشان داد که تأثیر نوع آب آبیاری بر یون‌های پتاسیم، فسفر، نیتروژن و شوری در سطح احتمال یک درصد و بر میزان اسیدیته در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌دار است (جدول ۳). با افزایش میزان پساب، اسیدیته خاک کاهش می‌یابد. کاهش اسیدیته خاک در تیمارهای دارای پساب، به دلیل تجزیه مواد آلی موجود در پساب است که منجر به تولید عوامل اسیدی شده که کاهش اسیدیته خاک را در پی دارد (عابدی کوپایی و همکاران، ۲۰۰۵؛ ذونعمت کرمانی و همکاران، ۲۰۱۵؛ چوپان و همکاران، ۲۰۱۷).

نتایج مقایسه میانگین صفات شوری، اسیدیته، فسفر، پتاسیم و نیتروژن تحت تیمارهای آزمایشی در جدول ۴، ارائه شده است. لازم به ذکر است نمونه‌گیری‌ها در زمان برداشت محصول (آذر ماه) صورت گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- میانگین مربعات تجزیه واریانس صفات مورد بررسی (شوری، اسیدیته، فسفر، پتاسیم و ازت کل)

منابع تغییرات	درجه آزادی	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	شوری	pH
تکرار	۳	۲۶۰/۲	۹۲/۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۴	۰/۵۸
نوع آب آبیاری	۲	۳۰۲۲۰/۱**	۱۶۹۰**	۰/۰۰۰۱**	۰/۵۱**	۰/۱۳*
خطا	۱۲	۴۸۴۰/۱	۵/۱۵	۰/۰۰۰۳	۰/۳۲	۰/۰۲
ضریب‌تغییرات	_	۷/۴	۸/۷۵	۷/۵	۴/۲	۳/۱

ns عدم اختلاف معنی‌دار، **معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

جدول ۴- مقایسه میانگین آنالیز شیمیایی خاک تحت تیمارهای آزمایشی

پارامتر / تیمارهای آبیاری	pH (-)	شوری (dS/m)	پتاسیم (mg/kg)	نیتروژن (mg/kg)	فسفر (mg/kg)
T_1	۸/۹۲a	۳/۲۳d	۵۰۰a	۱/۲۳a	۷/۸۸c
T_2	۸/۷a	۳/۲d	۴۸۶a	۱/۰۶b	۷/۸۵c
T_3	۸/۸۲a	۳/۵c	۴۹۰a	۰/۹۸c	۸/۰۳c
T_4	۷/۲c	۴/۲a	۲۰۹/۲b	۰/۸۲d	۳۹a
T_5	۷/۸۵b	۳/۹b	۱۶۷/۷c	۰/۸d	۱۹/۲b

اعداد با حروف مشترک در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنادار ندارند.

هم‌چنین سایر خصوصیات شیمیایی خاک نظیر، پتاسیم، نیتروژن، فسفر و شوری تحت تیمارهای حاوی پساب فاضلاب خانگی نیز با روند افزایشی روبه‌رو بودند. دلیل این امر به دلیل بالا بودن غلظت کاتیون‌هایی مانند سدیم، پتاسیم و وجود اشکال مختلف نیتروژن در پساب می‌باشد که باعث افزایش این عناصر شده است. هم‌چنین بر اساس نتایج جدول ۴، پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی بر خواص خاک اثر مخربی نداشته و کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک تغییراتی در حد نرمال و مجاز استاندار آبیاری و کشت گیاهان دارند (مطابق استانداردهای کیفی پساب فاضلاب‌های تصفیه‌شده مورد استفاده در آبیاری (FAO) ارائه شده در جدول ۵). هم‌چنین نتایج حاصله از پژوهش حاضر با نتایج محققین حسین‌پور و همکاران (۲۰۰۷)، شارما و همکاران (۲۰۰۷)، جلالی و همکاران (۲۰۰۸) آق‌براتی و همکاران (۲۰۰۹) و چوپان و همکاران (۲۰۱۷) هم‌خوانی دارد.

جدول ۵- استانداردهای کیفی پساب فاضلاب‌های تصفیه شده مورد استفاده در آبیاری (FAO)

پارامتر	نیتروژن (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	شوری (dS/m)	pH -
مقدار حد مجاز	۵	۱۵	۵۰۰	۷/۲	۶-۸/۵

www.SID.ir

Archive of SID

براساس نتایج جدول ۶، تأثیر نوع آب آبیاری بر عملکرد کل در سال اول و دوم در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد که با نتایج سایر محققین از جمله تاسادیلاس و همکاران (۲۰۰۳)، کلاپ و همکاران (۲۰۰۷) و موجیدا و همکاران (۲۰۰۷) هم‌خوانی دارد. پساب فاضلاب نیز به‌دلیل داشتن خاصیت کودی باعث افزایش عملکرد در تیمار های دارای پساب شده است (پاپادوپولوس و استیلیان، ۱۹۸۸؛ پاپادوپولوس و استیلیان، ۱۹۹۱؛ آسانو و لوین، ۱۹۹۶؛ السلام، ۱۹۹۶).

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نوع آب آبیاری بر عملکرد کل در سال اول و عملکرد کل در سال دوم

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد کل سال اول	عملکرد کل سال دوم
تکرار	۲	۱۶۱۶۸	۷۵۸
نوع آب آبیاری	۴	۱۵۸۷۵**	۵۴۵۳**
خطا	۱۰	۱۶۱۶	۷۵
S.E.M.	_	۲۳	۵
S.E.D.	_	۳۲	۷
LSD($p<0.05$)	_	۷۳	۱۵
ضریب تغییرات	_	۱۲	۲

** معنی دار در سطح ۰/۰۱

عملکرد کل در سال اول: نتایج نشان داد تیمارهای T_2 و T_3 و T_5 در یک گروه آماری و تیمارهای T_1 و T_4 در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند و تفاوت معنی‌دار نداشتند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد کل مربوط به تیمارهای T3 و شاهد با وزن‌های ۳۹۰۸ و ۲۳۴۳ کیلوگرم در هکتار طبق نتایج، به‌دست آمدند (جدول ۷). تیمار T_3 نسبت به تیمار شاهد افزایش عملکرد کل ۶۷٪ و تیمار T_3 نسبت به تیمارهای دارای پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی T_2 و T_4 و T_5 به ترتیب افزایش ۱/۳٪ و ۵۲٪ و ۱۳٪ را نشان داد. تیمارهای دارای پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی دارای عملکرد کل بالاتری از تیمار شاهد طبق نتایج به‌دست آوردند که این نشان‌دهنده اثر مثبت پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی در افزایش عملکرد کل پنبه به‌دلیل وجود مواد آلی، نیتروژن و عناصر مفید برای رشد گیاه در پساب می‌باشد. تیمار T_5 (تیمار مورد استفاه کشاورزان منطقه) نیز از عملکرد بالایی نسبت به تیمار شاهد برخوردار بود و این نتایج می‌تواند برای استفاده کشاورزان جهت کاشت پنبه مورد استفاده قرار گیرد. دلیل کاهش عملکرد تیمار T_4 را می‌توان به این دلیل بیان کرد که گیاه با شرایط فاضلاب در آبیاری اول خود را سازگار کرده و در آبیاری بعدی که با آب سالم آبیاری شده است، دچار ناسازگاری و ایجاد تنش فیزیولوژیکی در رشد و عامل‌های رشد شده و این سبب کاهش عملکرد در تیمار T_4 نسبت به

www.SID.ir

Archive of SID

سایر تیمارهای دارای پساب فاضلاب خانگی T_2، T_3 و T_5) بیان کرد، ولی تیمارهای T_2 و T_3 و T_5 چون با شرایط داشتن پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی سازگار شده‌اند از عملکرد بالاتری برخوردار شدند.

عملکرد کل در سال دوم: نتایج نشان داد که تیمارهای پژوهش در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفته و تفاوت معنی‌دار آماری از خود نشان دادند. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد کل به ترتیب در تیمارهای T_3 و شاهد با وزن‌های ۴۱۷۳ و ۳۱۰۷ کیلوگرم در هکتار طبق نتایج به‌دست آمدند (جدول ۷). تیمار T_3 نسبت به تیمار شاهد دارای افزایش عملکرد ۳۴٪ براساس نتایج نشان داد. طبق نتایج تیمارهای دارای پساب فاضلاب خانگی T_2، T_3، T_4 و T_5 عملکرد کل بالاتری نسبت به تیمار شاهد برخوردار شدند. بنابراین می‌توان بیان کرد پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی به‌دلیل وجود مواد آلی، عناصر مفید رشد گیاه و مقدار نیتروژن بالا موجب افزایش عملکرد در تیمارهای درای پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی شده است. افزایش عملکرد تیمارهای دارای پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی T_2، T_3، T_4 و T_5 نسبت به تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۲۴٪ ، ۳۴٪ ، ۱۸٪ و ۶/۵٪ طبق نتایج به‌دست آمد.

تفاوت عملکرد در سال اول نسبت به سال دوم: نتایج نشان داد تیمارهای پژوهش در سال دوم نسبت به سال اول از عملکرد بالاتری برخوردار بودند که این امر می‌تواند به دلیل آیش بودن زمین در سال قبل از کشت اول و یا این‌که از نظر املاح و مواد مغذی جهت رشد گیاه فقیر بوده است. اما در سال دوم کشت، به دلیل این‌که زمین با پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی آبیاری شده، برای کشت دوم حالت بهتری پیدا کرده است و موجب افزایش عملکرد کل در سال شده است. نتایج در هر دو سال ، تیمار T_3 را به‌عنوان تیمار حداکثر عملکرد نشان داد. تیمار شاهد نیز در سال دوم نسبت به تیمار اول افزایش عملکرد ۳۲٪ نشان داد (جدول ۷).

طبق نتایج حاصله در جدول ۷، تیمار T_4 که در سال اول در بین تیمارهای دارای پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی از عملکرد حداقل برخوردار بود، در سال دوم با افزایش ۴۱٪ نسبت به سال اول و وزن ۳۶۴۶ کیلوگرم در هکتار عملکرد خوبی را به‌دست داده است. دلیل این امر می‌تواند افزایش بهبود شرایط شیمیایی خاک و افزوده شدن مقدار زیادی مواد آلی در اثر استفاده از پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی در سال اول باشد. طبق نتایج تیمار T_2 تغییرات عملکردی از خود نشان نداد و تیمار T_5 نیز با کاهش ۴٪ عملکرد مواجه شد به‌گونه‌ای که این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. تیمارهای شاهد و T_4 تغییرات عملکرد بیش‌تری در سال دوم نسبت به سال اول از خود نشان دادند که بر اساس اطلاعات آماری و هم‌چنین تفاوت عملکرد در سال دوم نسبت به سال اول (افزایش ۴۱٪)، این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۷). بیش‌ترین و کم‌ترین تغییرات عملکرد در سال دوم نسبت به سال اول مربوط به تیمارهای T_4 و T_5 به ترتیب با افزایش ۴۱٪ و کاهش ۴٪ به‌دست آمد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد رقم ورامین تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

تیمارهای آزمایشی	عملکرد کل سال اول (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کل سال دوم (کیلوگرم در هکتار)	تغییرات عملکرد سال اول نسبت به سال دوم (٪)
T1	۲۳۴۳b	۳۱۰۷e	۳۲
T2	۳۸۵۵a	۳۸۵۳b	۰
T3	۳۹۰۸a	۴۱۷۳a	۷
T4	۲۵۷۲b	۳۶۴۶c	۴۱
T5	۳۴۴۷a	۳۳۰۰d	-۴

- اعداد با ضرایب مشترک در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار آماری نشان ندادند.

کارآیی مصرف آب: شاخص کارآیی مصرف آب آبیاری در تعریف به معنای مقدار محصول به حجم آب مصرفی یا منحرف شده به سیستم می‌باشد، یعنی کارآیی مصرف آب به مقدار محصول در قطعه مزرعه‌ای گفته می‌شود که از هر واحد حجم آب آبیاری کاربردی در آن مزرعه به‌دست می‌آید و معمولا به کیلوگرم بر مترمکعب ارائه می‌گردد. کارآیی مصرف آب در تیمارهای پژوهش حاضر، در شکل ۲ نشان داده شده است. منابع کاهش و دلایل پایین بودن کارایی مصرف آب محصولات در مناطق مختلف قطعا به عوامل و پارامترهای زیادی از جمله شرایط اقلیمی، کیفیت آب و خاک، نوع منبع آب و سیستم آبیاری، مسائل مدیریت به‌زراعی و به‌نژادی، ارقام گیاهی، مالکیت و مساحت اراضی و میزان و نوع عملیات و نهاده‌های کشاورزی بستگی داشته است. در این پژوهش میزان آب دریافتی در تمام تیمارها یکسان، ولی نوع منبع آب آبیاری در تیمارها، متفاوت است. تیمارها در این پژوهش در سال اول و دوم از لحاظ شرایط رطوبتی در وضعیت یکسان قرار داشتند. طبق نتایج، تیمار T_3 به عنوان تیمار حداکثر عملکرد کل در سال اول و دوم، دارای بیش‌ترین مقدار کارآیی مصرف آب به میزان ۰/۶۱۶ و ۰/۶۵۸ کیلوگرم محصول تولیدی بر مترمکعب آب مصرفی به ترتیب برای سال اول و سال دوم به‌دست آمد (شکل ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲- کارآیی مصرف آب در تیمارهای پژوهش

نتیجه گیری

با در نظر گرفتن این واقعیت که کاربرد آب‌های نامتعارف در مناطق خشک و نیمه‌خشک در امر کشت محصولات کشاورزی هم‌چون پنبه، اجتناب‌ناپذیر است، لذا بایستی توجه ویژه‌ای به این منابع معطوف گردد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان بیان نمود که نوع آب آبیاری بر پارامترهای عملکرد کل در سال اول و دوم در سطح آماری یک درصد اثر معنی‌داری داشت. پساب در سال دوم اثر مثبت بیش‌تری بر عملکرد کل داشته است که این می‌تواند نشان‌دهنده غنی شدن خاک از نظر کودی باشد. هم‌چنین بیش‌ترین کارآیی مصرف آب، در تیمار T_3 که عملکرد کل بالاتری داشت، مشاهده شد. در حالت کلی می‌توان اظهار کرد سازگاری با شرایط داشتن پساب فاضلاب تصفیه‌شده خانگی موجب افزایش عملکرد بالاتر تیمارها در پژوهش حاضر شد.

منابع

1. Abedi-Kouhpaei, M., Afiouni, J., Mousawi, F., Mostafazadeh, B., and Bagheri, M. 2005. The effect of sprinkler and surface irrigation with treated wastewater on soil salinity. Water and wastewater Journal, 45: 2-12. (in Persian with English Abstract).
2. Asano, T., and Pettygrove, G.S. 1987. Using reclaimed municipal wastewater for irrigation. California Agriculture, 41(3): 15-18.

www.SID.ir

Archive of SID

3. Asano, T., and Levine, A.D. 1996. Wastewater reclamation and reuse. Post, present and future. Water Science and Technology, 33(10-11): 1-14.
4. Agh-Barati, A., Hoseini, S.M., Esmaili, A., and Maralian, H. 2009. Irrigation effect with urban wastewater treatment on physical and chemical properties of soil, the accumulation of nutrients and cadmium in olive trees. Environmental Sciences, 6: 1-10. (In Persian with English Abstract).
5. Al Salem, S. 1996. Environmental consideration for wastewater reuse in agriculture. Water Science and Technology, 33(10-11): 345-355.
6. Alves, W.W., Azevedo, C.V., Neto, J.D., Lima, V.L., and Santon, J.W. 2006. Treated wastewater and nitrogen: Effect on the chemical properties of the soil. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Annual Meeting, Paper Number. 062091.
7. Bieloral, H., Vaisman, I., and Feigin, A. 1984. Drip irrigation of cotton with treated municipal effluents: I. Yield response. Journal of Environmental Quality, 13(2): 231-234.
8. Choopan, Y., Khashei-Siuki, A., and Shahidi, A. 2017. Investigation the effect irrigation with urban refind sewage Torbat Heydarieh city on Varamin cotton morphologic performance. Water Research in Agriculture Journal (In Persian with English Abstract).
9. Choopan, Y., and Khashei-siuki, A. 2018. Effect of wastewater sewage and zeolite on yield, seed index, lint percentage and cotton weight in cotton plant (case study: Torbat-Heydarieh).Water and Soil Journal. (In Persian with English Abstract)
10. Clapp, C.E., Palazzo, A.J. Larson, W.E., marten G.C. and linden, D.R. 1987. Uptake of nutrients by plants irrigated with municipal wastewater effiuent. Pp. 395-404. In: state of knowledge in land treatment of wastewater. army crops of engineers, Hanover.
11. FAO. 1992. CROPWAT a computer program for irrigation planning and management, by M. Smith. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 46. Rome.
12. Feigin, A., Vaisman, I., and Bielorai, H. 1984. Drip irrigation of cotton with treated municipal effluents: II. Nutrient availability in soil. Journal of Environmental Quality, 13(2): 234-238.
13. Jalali, M., Merikhpour, H., Kaledhonkar, M.J., and Vander-Zee, S.E.A.T.M. 2008. Effects of wastewater irrigation on soil sodicity and nutrient leaching in calcareous soils. Agricultural Water Management. 95: 143-153.
14. Hajhashemkhani, M., GhobadiNia, M., Tabatabaei, S.H., Hosseinpour, A., and Houshmand, S. 2014. Influence of Modified Zeolite in Combine with Soil on Permeability and Quality of Urban Wastewater. Journal of Water and Soil, 28(3): 587-595. (In Persian with English Abstract).

www.SID.ir

Archive of SID

15. Hasan-Oghly, A. 2002, Effect of domestic sewage and effluent treatment on agriculture and artificial recharge of aquifers. PhD thesis, University of Tehran. (In Persian)
16. Hasanpoor darvishi, H. 2010. Investigating the possibility of reuse of treated wastewater for irrigation, domestic water wells instead of basil, PhD thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch. (In Persian)
17. Hosinpour, A., Haghnia, Q.H., Alizadeh, A., and Fotowwat, A. 2007. The irrigation effect of raw and refined sewage on soil chemical properties in various depths in both continuous and alternative conditions. Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 1(2): 73-85. (In Persian with English Abstract).
18. Huang, M., Callich, J., and Zhong, L. 2004. Water-yield relationships and optimal water management for winter wheat in the loess plateau of China. Irrigation Science, 23: 47-54.
19. Mojida, M.A., Bismas, S.K., and Wyseure, C.C.L. 2007. Interaction effects irrigation by municipal waste water and inorganic fertilisers on wheat cultivation in bangeladesh. Field crops research, 134: 200-207.
20. Mohamad, K.B., Sappenfield, W.P., and Poehlman, J.M .1982. Cotton cultivar response to plant populations in a short-season, narrow-row cultural system. Agronomy Journal, 74: 619-625.
21. Monzavi, M.T. 1999. Water pollution caused by sewage. http://weblog4u.blogfa.com/post/5. (In Persian).
22. Naddafi, K., and Nabizadeh, V. 1996. Stabilization ponds (design principles and implementation). Press Nasr, 174 p. (In Persian).
23. Oron, G., and DeMalahch, Y. 1987. Response of cotton to treated domestic wastewater applied through trickle irrigation. Irrigation science, 8(4): 291-300.
24. Papadopoulos, L., and Stylianon, Y. 1991. Trickle irrigation of sunflower with municipal wastewater. Agricultural Water Management, 19: 67-75.
25. Papadopoulos, L., and Stylianon, Y. 1988. Trickle irrigation of cotton with treated sewage effluent. Journal of Environmental Quality, 17: 574-580.
26. Rajabisorknani, M., and Ghaemi, A.A. 2012. Consequences of using treated wastewater and chemical fertilizers on Broccoli (*Brassica oleracea*) growth. Journal of Water and Irrigation Management, 2(2): 13-24. (In Persian with English Abstract).
27. Safari, M. and Fathi, H. 2008. Effect of effluent irrigation on yield and quality of bean and some soil properties. 3rd National Congress on recycling and the use of renewable water resources in agriculture, Isfahan, 17-29. (In Persian).
28. Sepaskhah, A., Tavakoli, A., and Mousavi, F. 2006. Principles and Applications deficit. Publications of the National Committee on Irrigation and Drainage Iran, Tehran. (In Persian).
29. Shafagh-Kolvanagh, J., ZehtabSalmasi, S., Alami-Milani, M., Oustan, Sh., and Abdoli, S. 2015. Effect of using wastewater from a yeast production plant on

www.SID.ir

Archive of SID

yield and yield components of wheat in Garamalek area of Tabriz. Journal of Agricultural Science Sustainable Production, 25(2): 65-77. (In Persian with English Abstract).

30. Sharma, R., Agrawal, M., and Marshall, F. 1999. Heavy metal contamination of soil andvegetables in suburban areas of Varanasi, India. Ecotoxicology and Environmental Safety. 66: 258-266.
31. Tasadilas, C. D. and Vakalis, P. S. 2003. Economic benefit from irrigation of cotton and corn with treated wastewater. Water Science and Technology: Water Supply, 3(4): 223-228.
32. Zonemat-kermani, M., Asadi, R., and Dehghani-sanij, H. 2015. Effect of different amounts of municipal wastewater on yield of cotton under drip irrigation. Journal of Water research in Agriculture, 29(1): 63-74. (In Persian with English Abstract).

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir