اثر مقادیر مختلف پساب شهری بر عملکرد پنبه با آبیاری قطره‌ای

محمد ذونعمت کرمانی، رسول اسدی [۱*] و حسین دهقانی سانیج

استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
mohammad.zounemat@gmail.com
مدرس گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران .
rakh_802@yahoo.com
دانشیار پژوهش، دیسیپلین آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
dehghanisanij@yahoo.com

چکیده

به‌دلیل محدود بودن منابع آب، استفاده از آب‌های نامتعارف در بخش کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر است. در این راستا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی جوپار طی دو سال متوالی (۱۳۸۹ و ۱۳۹۰) به اجرا درآمد. هدف از انجام این پژوهش مقایسه سه سطح نیاز آبی (۱۰۰٪، ۸۰٪ و ۶۰٪) به‌عنوان عامل اصلی و دو کیفیت آب آبیاری (آب چاه و پساب حاصل از فاضلاب شهری تصفیه شده) به‌عنوان عوامل فرعی بود. نتایج حاصل از تجزیه خاک نشان دادکه به دلیل بالا بودن غلظت کاتیون‌هایی نظیر Na و K در پساب، شوری خاک افزایش یافت. همچنین میانگین دو ساله نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که سطح آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی در شرایط استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری با میزان آب مصرفی ۷۱۰۰ مترمکعب در هکتار و با صرفه‌جویی ۱۸۰۰ مترمکعب آب در هکتار نسبت به تأمین نیاز کامل آبی گیاه، در شرایطی ، افزایش ۱۸ درصدی کارایی مصرف آب را در پی داشت که با کاهش ۱/۵٪، ۲/۱٪، ۲/۹٪، ۱۵/۲ ٪ و ۱۱/۶ درصدی به‌ترتیب در عملکرد، تعداد غوزه و وزن غوزه، ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ همراه بود. لذا، با توجه به نتایج بدست آمده برای مقابله با بحران کمبود آب در کشور و افزایش راندمان آبیاری، استفاده از فاضلاب تصفیه شده و برای صرفه‌جویی در مصرف آب، اعمال ۲۰ درصد کم آبیاری نسبت به تأمین نیاز کامل آبی گیاه در کشت پنبه در استان کرمان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کارایی مصرف آب، اجزای عملکرد، فاضلاب تصفیه شده شهری ، کم‌آبیاری.

---

۱ - آدرس نویسنده مسئول: گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*- دریافت: شهریور ۱۳۹۳ و پذیرش:اسفند ۱۳۹۳

مقدمه

بحران کمبود آب و محدودیت منابع آب شیرین در کشور از چالش‌هایی است که توجه ذینعفان را به استفاده از منابع آب جدید از جمله آب‌های نامتعارف را به خود معطوف نموده است. به دلیل توسعه شهرها و افزایش مصرف آب، روزانه حجم زیادی پساب حاصل از تصفیه فاضلاب تولید می‌شود. رهاسازی فاضلاب خام در طبیعت و آلوده کردن محیط زیست، می‌تواند تأثیرات سوئی در خصوصیات کیفی جریان‌های سطحی و زیرزمینی داشته باشد. تصفیه فاضلاب، ضمن حفظ محیط زیست، باعث بهره‌برداری از فاضلاب و بازیافت آب می‌شود.

البته حجم پساب حاصل از تصفیه فاضلاب در مقایسه با حجم آب آبیاری مورد نیاز، مقدار کمی را شامل می‌شود، ولی همین مقدار کم باعث می‌شود که آب‌های با کیفیت بالاتر را بتوان در موارد با اهمیت‌تری استفاده کرد (نجفی و همکاران، ۲۰۰۵). از آن‌جایی که پساب فاضلاب جزء آب‌های با کیفیت پایین محسوب می‌شود، کاربرد آن در کشاورزی توصیه شده و نیازمند مدیریت خاصی است که مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی را برای انسان، خاک، گیاه و منابع آب سطحی و زیر سطحی به حداقل برساند. در صورتی که بتوان کاربرد پساب را با روش‌های مناسب آبیاری در هم آمیخت، هم‌زمان می‌توان در راستای مرتفع ساختن مشکلات بهداشتی، آلودگی و بحران آب گام مهمی برداشت. آبیاری قطره‌ای، از جمله روش‌هایی است که با کم‌ترین تماس بین خاک، گیاه و انسان می‌تواند مخاطرات زیست‌محیطی کاربرد پساب را به حداقل رساند (ملکیان و همکاران، ۱۳۸۷).

در همین راستا، علی‌خاص و کوچک‌زاده (۱۳۸۹)، به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری با پساب بر عملکرد پنبه در سیستم آبیاری جوی پشته‌ای، پژوهشی را با هشت تیمار که شامل نسبت‌های مختلف آب چاه و پساب می‌گردید، اجرا نمودند. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان عملکرد محصول به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل با پساب (۲۲٤۷ کیلوگرم در هکتار) و آبیاری کامل با آب چاه (۷۸۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد.پیرصاحب و همکاران (۱۳۹۱) طی تحقیقی به بررسی اثر پساب بر میزان محصول‌دهی گندم پرداختند. این محققین نتیجه گرفتند که پساب حاصل تصفیه فاضلاب شهری می‌تواند منبع مهم و جایگزین مطلوبی برای تأمین نیازهای آبی بخش کشاورزی باشد. زیرا وجود مواد مغذی مانند فسفر و ازت در پساب شهری نسبت به منابع آب زیرزمینی سبب افزایش تولید محصول می‌شود و می‌تواند از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی جلوگیری نماید.همچنین توسلی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیق خود به بررسی اثرات کاربرد پساب در کشت ذرت، دو کیفیت آب چاه و فاضلاب تصفیه شده را در قالب پنج سطح کودی، مورد مقایسه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که آبیاری با فاضلاب تصفیه شده تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه ذرت داشت. این محققین مهم‌ترین دلیل آن را مربوط به تأثیر مثبت عناصر غذایی موجود در فاضلاب تصفیه شده دانستند.

نجفی و همکاران (۱۳۸٤) در پژوهش خود به بررسی اثرات کاربرد پساب در کشت سیب‌زمینی، پنج تیمار مختلف آبیاری که شامل آبیاری جوی و پشته‌ای، آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در عمق ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری، با آب چاه و پساب، مورد مقایسه قرار دادند.نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی منجر به کنترل بیشتر آلودگی‌های زیست‌محیطی شده و در مقایسه با روش آبیاری شیاری مشکلات آلودگی خاک را کاهش داده است. اورون و همکاران (۱۹۹۲)، اثر فاضلاب تصفیه شده خانگی را بر عملکرد پنبه، با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای بررسی نمودند. در این پژوهش لوله‌های آبیاری قطره‌ای به‌صورت معمولی و یک در میان برای خطوط کشت، قرار گرفتند. همچنین، در سال دوم اجرای طرح، دو سطح آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی نیز به دو تیمار

دیگر اضافه شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد در آبیاری به‌صورت دو ردیفه، دو روز در هفته و اعمال ۱۰۰ درصد نیاز آبی با مقدار ۲۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و مقدار عملکرد در شرایط یک روز آبیاری در هفته به ۲۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت.

این در حالی است که تأثیر فاضلاب تصفیه شده می‌تواند باعث ایجاد تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شود. در همین راستا، زو و همکاران (۲۰۱۰) تاثیر بلند مدت (۲۰ ساله) پساب تصفیه شده را بر خاک‌های کشاورزی بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که استفاده از پساب موجب کاهش اسیدیته و افزایش فلزات سنگین در سطح پنج درصد می‌شود. بلوم و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات خصوصیات خاک مزرعه نیشکر را پس از آبیاری با فاضلاب تصفیه شده در یک دوره دو ساله مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان‌دهنده تغییرات شدید خصوصیات شیمیایی خاک طی دو سال آزمایش شد.سوداکوره و همکاران (۲۰۱۳) اثرات آبیاری با پساب صنعتی را بر روی خصوصیات خاک مورد کاوش قرار دادند. این پژوهشگران به‌هم‌ریختگی ساختمان خاک و نامناسب بودن شرایط فیزیکی آن پس از آبیاری با پساب را گزارش نمودند.

از سوی دیگر پنبه از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که علاوه‌بر تأمین مواد اولیه صنایع نساجی و روغن‌کشی، در اشتغال‌زائی بخش‌های کشاورزی، صنعت و بازرگانی نقش مهمی ایفا می‌کند. در بازار جهانی از میان پنج دانه روغنی مهم یعنی سویا، آفتاب‌گردان، پنبه، بادام‌زمینی و کلزا، پنبه بعد از سویا در مقام دوم قرار دارد زیرا منبعی غنی از روغن و پروتئین است که بیش از شش درصد پروتئین مورد نیاز دنیا و مواد خام صنایع ریسندگی، بافندگی، روغن‌کشی، نظامی، بهداشتی، تغذیه انسان، کابل‌سازی و غیره را تشکیل داده و بیش از یک قرن است که روغن آن به‌صورت خوراکی مصرف می‌شود (داگدلن و همکاران، ۲۰۰۹). بررسی‌ها نشان می‌دهد که در صورت اعمال مدیریت در مصرف پساب و افزایش راندمان بهره‌برداری، علاوه بر امکان گسترش سطح زیرکشت، شیوع آلودگی‌های خاص پساب محدودتر خواهد شد (آل‌صنافی و اکبر، ۲۰۱۲). لذا، هدف از تحقیق حاضر، مقایسه اثرات آبیاری با دو کیفیت (آب چاه و پساب) در سیستم آبیاری قطره‌ای و در شرایط اعمال کم‌سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب پنبه در استان کرمان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثرات آب چاه و فاضلاب تصفیه شده شهری (پساب شهری) بر عملکرد پنبه در شرایط اعمال سطوح مختلف آبیاری، با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی شهرستان جوپار متعلق به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان در دو سال زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰، بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. در این آزمایش، سه درصد نیاز آبی (I_1= ۱۰۰، I_2= ۸۰ و I_3= ٦۰) و دو کیفیت آب (آب چاه (Q_1) و پساب (Q_2)) به‌ترتیب به‌عنوان عامل‌های اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند. تیمارها در کرت‌هایی به عرض ۳/۵ و طول شش متر (شامل چهار ردیف کشت به‌فاصله ۷۰ سانتی‌متر از یکدیگر) قرار گرفتند. فاصله بوته‌های کشت شده بر روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها که به‌صورت عمودی کنار هم قرار داشتند، ۱/۵ متر بود. تعداد کل کرت‌ها با احتساب تعداد تکرار به ۱۸ کرت رسید.

نیاز آبی گیاه با استفاده از فرمول پنمن- مونتیت اصلاح‌شده توسط فائو تعیین شد. پارامترهای مورد نیاز فرمول پنمن- مونتیت از ایستگاه هواشناسی شهر کرمان اخذ شد جدول (۱) و ضریب گیاهی با توجه به منحنی تغییرات ضریب گیاهی پنبه در طول فصل رشد، و اعمال روابط اصلاحی بر اساس دستورالعمل نشریه شماره ٥٦ فائو تعیین شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

جدول ۱- میانگین دو ساله مشخصات آب و هوایی در طول دوره آزمایش

ماه	درجه حرارت بیشینه	درجه حرارت کمینه	سرعت باد (متر بر ثانیه)	تبخیر (میلی‌متر در روز)	مقدار بارندگی (میلی‌متر)	درصد رطوبت بیشینه	درصد رطوبت کمینه
اردیبهشت	۳۱/۶	۱۱/۷	۵/۲	۱۲	۰/۷	۳۸/۸	۷/۷
خرداد	۳۵/۱	۱۴/۶	۵	۱۵	۰	۵۲	۱۳/۱
تیر	۳۸/۸	۱۹/۳	۵/۵	۱۶/۵	۰	۴۰/۴	۱۰
مرداد	۳۶/۶	۱۷/۷	۵/۵	۱۵/۳	۰	۴۱/۵	۹/۴
شهریور	۳۴/۷	۱۴/۲	۴/۳	۱۲/۵	۰	۴۴/۶	۸/۳
مهر	۲۹	۸/۳	۴/۳	۱۰	۰	۴۹/۶	۱۱

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب چاه و فاضلاب مورد استفاده و مرز استاندارد آلوده‌کننده فاضلاب برای مصارف کشاورزی [۱]

پارامتر اندازه‌گیری شده	آب چاه	پساب مورد آزمایش	مرز استاندارد آلوده کننده در مصارف کشاورزی
pH	۶/۱	۶/۹	۶-۸/۵
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۵	۱/۱	–
کلسیم (میلی اکی‌والانت بر لیتر)	۲۳/۴	۱۳۵/۲	–
منیزیم (میلی اکی‌والانت بر لیتر)	۱۵/۱	۷۹/۲	۱۰۰
فسفر (میلی اکی‌والانت بر لیتر)	–	۱۷/۶	–
پتاسیم (میلی اکی‌والانت بر لیتر)	–	۲۵/۴	–
سدیم (میلی اکی‌والانت بر لیتر)	–	۱۰/۲	–
کلر (میلی اکی‌والانت بر لیتر)	–	۶/۳	–
نیتروژن کل (درصد)	–	۲۹/۲	–
روی (میلی‌گرم بر لیتر)	–	۰/۰۰۲	۲
کادمیوم (میلی‌گرم بر لیتر)	–	۰/۰۴	۰/۰۵
آهن (میلی‌گرم بر لیتر)	–	۰/۲۹	۳
اکسیژن‌خواهی بیولوژیک (میلی‌گرم بر لیتر)	–	۳۴	۱۰۰
اکسیژن‌خواهی بیولوژیک (میلی‌گرم بر لیتر)	–	۵۱	۲۰۰

۱: استاندارد سازمان محافظت محیط زیست ایران

جدول ۳- نتایج تجزیه برخی خصوصیت‌های شیمیایی خاک عرصه مورد مطالعه

روی میلی‌گرم بر لیتر	کادمیوم میلی‌گرم بر لیتر	آهن میلی‌گرم بر لیتر	پتاسیم میلی اکی‌والانت بر لیتر	کلر میلی اکی‌والانت بر لیتر	سدیم میلی اکی‌والانت بر لیتر	نیتروژن درصد	هدایت الکتریکی دسی‌زیمنس بر متر	اسیدیته
قبل از انجام آزمایش								
۰/۰۳	۰/۰۰	۱/۰۳	۱۴/۶	۵۹۸	۴۹۶	۰/۰۹	۱/۰۷	۷/۳
بعد از انجام آزمایش (در سیستم آبیاری قطره‌ای با آب چاه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی)								
۰/۰۳	۰/۰۰	۱/۰۴	۱۴/۴	۶۰۰	۴۹۳	۰/۰۹	۱/۱۱	۷/۳
بعد از انجام آزمایش (در سیستم آبیاری قطره‌ای با پساب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی)								
۰/۰۷	۰/۰۱	۱/۱۵	۱۶/۴	۶۴۲	۵۴۲	۰/۱۲	۱/۲۶	۷/۱

جدول ۴- میزان آب مصرفی

سطوح آبیاری			سال اجرا	کیفیت آب
۶۰ درصد	۸۰ درصد	۱۰۰ درصد		
۵۳۹۰	۷۱۶۰	۸۹۵۰	۱۳۸۹	آب چاه
۵۳۹۰	۷۱۶۰	۸۹۵۰		فاضلاب تصفیه شده
۵۳۱۰	۷۰۴۰	۸۸۵۰	۱۳۹۰	آب چاه
۵۳۱۰	۷۰۴۰	۸۸۵۰		فاضلاب تصفیه شده
۵۳۵۰	۷۱۰۰	۸۹۰۰	میانگین دو ساله	

آب مورد نیاز آبیاری در تیمارهایی که با آب چاه آبیاری می‌شد، از آب چاه موجود در محل تحقیق تأمین شد و در تیمارهای آبیاری شده با پساب، میزان پساب تصفیه شده شهری مورد نیاز، از تصفیه‌خانه شهر کرمان به محل آزمایش حمل و در یک مخزن در مزرعه مورد مطاله ذخیره شد و برحسب نیاز هر تیمار مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که در تحقیق حاضر دور آبیاری برای همه تیمارها سه روز یک‌بار منظور شد.در این تحقیق نوارهای تیپ مورد استفاده، دارای ضخامت ۲۰۰ میکرون، فاصله مجاری آبده ۳۰ سانتی‌متر و دبی چهار لیتر در ساعت در هر متر از طول لوله بودند.همچنین نوارهای آبده برای هر ردیف کاشت روی پشته و در کنار ساقه گیاه قرار گرفتند.

جدول‌های (۲) و (۳) برخی خصوصیت‌های شیمیایی آب چاه و پساب (همرا با استاندارد) و برخی خصوصیات شیمیایی خاک (قبل و بعد از آزمایش) عرصه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. پارامترهایی که در این مطالعه اندازه‌گیری شد عبارتند از: الف) عملکرد محصول که برای اندازه‌گیری آن در هر کرت از دو ردیف کشت وسط نمونه برداری شد و دو ردیف کناری به‌عنوان حاشیه حذف شد، ب) اجزاء عملکرد که شامل تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه بود؛ که برای اندازه‌گیری از دو ردیف کشت وسط استفاده شد، ج) میزان آب مصرفی که از طریق کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه گیری‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت؛ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. در این تحقیق کارایی مصرف آب از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$WUE = \frac{YT}{VT} \qquad (۱)$$

که در آن: WUE : کارآئی مصرف آب $\frac{kg}{m^3}$، YT: پنبه برداشت‌شده در واحد سطح ($\frac{Kg}{ha}$) و VT: حجم آب تحویلی به قطعات ($\frac{m^3}{ha}$) است.

نتایج و بحث

آب مصرفی

در این تحقیق با توجه به اینکه شرایط آب و هوایی منطقه در طول دوره رشد گیاه در هر دو سال مطالعه دارای تغییرات ناچیزی بود، لذا برای تجزیه و تحلیل میزان آب مصرفی و کارایی مصرف آب از میانگین دو ساله استفاده شد. همچنین از آنجا که میزان آب مصرفی تیمارهای فرعی اعمال‌شده در هر تیمار اصلی یکسان در نظر گرفته شد؛ لذا میزان آب مصرفی در تیمارهای اصلی ۱۰۰، ۸۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی در هر دو کیفیت آب، به‌ترتیب معادل ۸۹۰۰، ۷۱۰۰ و ۵۳۵۰ مترمکعب در هکتار بود جدول (٤). در همین راستا فروزش (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای تحت عنوان افزایش کارایی مصرف آب پنبه با استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری سه درصد نیاز آبی ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ را در سیستم آبیاری شیاری مورد مقایسه قرار داد. نتایج نشان داد که میزان آب مصرفی پنبه در شهر کرمان بین ۹۰۰۰ تا ۱٤۷۰۰ مترمکعب در هکتار متغیر است.

تحلیل خصوصیات کیفی خاک

همانطور که در جدول (۱) مشخص شده است، با افزایش میزان پساب، اسیدیته خاک کاهش می‌یابد.کاهش اسیدیته خاک در تیمارهای استفاده شده از پساب، احتمالاً به دلیل تجزیه مواد آلی موجود در پساب است که منجر به تولید عوامل اسیدی میگردد که کاهش اسیدیته خاک را به‌دنبال دارد (موجیری و همکارن، ۲۰۱۱). عابدی کوپایی و همکاران (۲۰۰٦) و واثقی و همکاران (۱۳۸٤)، اذعان داشتند که کاهش اسیدیته خاک می‌تواند منجر به افزایش آهن و روی موجود در خاک گردد، که با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشد. همچنین در این تحقیق سایر خصوصیات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر آبیاری با پساب افزایش یافتند. به‌طوری‌که افزایش EC خاک آبیاری شده با پساب احتمالاً به دلیل بالا بودن غلظت کاتیون‌های مثل Na و K در پساب بوده که منجر به افزایش EC شده

است (جهانبخش، ۲۰۰۸ و خایی و همکاران، ۲۰۰۸).همچنین این محققین، افزایش نیتروژن کل در خاک آبیاری شده با پساب را به اشکال مختلف نیتروژن در پساب نسبت دادند. نجفی و نصر (۲۰۰۹)، افزایش سدیم و کلر موجود در خاک آبیاری شده با پساب را، به وجود مواد معدنی در پساب نسبت دادند.

تجزیه واریانس طرح

نتایج تجزیه واریانس اثرات تیمارهای مختلف بر صفات مورد بررسی در جدول (۵) نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که اثر تیمارهای سال، سطوح آبیاری و کیفیت آب بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار می‌باشد، اما از بین اثر متقابل‌ها، اثر متقابل سطوح آبیاری و کیفیت آب بر تمامی صفات بجزء صفات ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات)

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	کارایی مصرف آب	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ
سال Y	۱	۲۰۴۱۵۳/۲۸**	۰/۰۰۳۴**	۴۴/۴۵**	۱/۲۱**	۲۴۰/۲۵**	۰/۰۳۲**
خطا (E_1)	۴	۱۷۲۶۳۱/۰۳	۰/۰۰۳۷	۲۰/۸۸	۰/۸۲	۱۹۱/۵۵	۰/۰۰۱۴
سطوح آبیاری I	۲	۲۲۸۲۰۷۲/۵۸**	۰/۰۱۷**	۲۱۱/۰۱**	۷/۸۸**	۳۳۶۶/۸۶**	۰/۱۴**
اثر متقابل YI	۲	۳۳۱۴۱/۶۹^{ns}	۰/۰۰۰۵**	۳/۴۴^{ns}	۰/۲۴**	۴۲/۲۴**	۰/۰۰۱۱^{ns}
خطا (E_2)	۸	۳۰۳۸/۵۳	۰/۰۰۰۲	۱/۰۲	۰/۰۳	۸/۶۸	۰/۰۰۰۳
کیفیت آب Q	۱	۵۷۲۷۹۶/۶۸**	۰/۰۱۲۳**	۱۱۳/۷۷**	۴/۶۴**	۱۱۰۰/۰۲**	۰/۰۹۱**
اثر متقابل IQ	۲	۷۵۵۹/۶۸**	۰/۰۰۰۳۴**	۵/۷۷**	۰/۲۲**	۳۸/۸۶^{ns}	۰/۰۰۱۵^{ns}
اثر متقابل YQ	۱	۵۰۱۹/۳۶^{ns}	۰/۰۰۰۱۶^{ns}	۴/۰۱^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۳/۳۶^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
اثر متقابل YIQ	۲	۳۳۷۴/۳۵^{ns}	۰/۰۰۰۱۲^{ns}	۱/۰۵^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۱۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۱۴^{ns}
خطا (E_3)	۱۲	۱۹۱۲/۸۶	۰/۰۰۰۱	۰/۸۱	۰/۰۴	۱۰/۸۶	۰/۰۰۰۴
CV %		۱/۷۹	۲/۲۳	۴/۲۷	۴/۵۹	۳/۵۵	۳/۴۹

**: معنی‌دار ^{ns}: غیرمعنی‌دار

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر سطوح آبیاری

تیمارها	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص سطح برگ
I_1	۲۳/۶۶ a	۴/۸۹ a	۱۰۹/۵۰ a	۰/۶۹ a
I_2	۲۳/۱۶ a	۴/۷۵ a	۹۲/۹۱ b	۰/۶۱ b
I_3	۱۶/۱۶ b	۳/۴۲ b	۷۵/۸۹ c	۰/۴۶ c

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر سال

تیمارها	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص سطح برگ
Y1	۱۹/۸۸ b	۴/۱۷ b	۹۰/۲۲ b	۰/۵۶ b
Y2	۲۲/۱۱ a	۴/۵۳ a	۹۵/۳۸ a	۰/۶۲ a

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر کیفیت آب

تیمارها	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص سطح برگ
Q1	۱۹/۲۲ b	۳/۹۹ b	۸۷/۲۷ b	۰/۵۸ b
Q2	۲۲/۷۷ a	۴/۷۲ a	۹۸/۳۳ a	۰/۶۴ a

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر اثر متقابل سطوح آبیاری و کیفیت آب

تیمارها	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص سطح برگ
I1Q1	۲۱/۶۶ b	۴/۵۰ b	–	–
I1Q2	۲۵/۶۶ a	۵/۲۸ a	–	–
I2Q1	۲۰/۸۳ b	۴/۲۷ b	–	–
I2Q2	۲۵/۵۸ a	۵/۲۳ a	–	–
I3Q1	۱۵/۱۷ d	۳/۲۲ c	–	–
I3Q2	۱۷/۱۶ c	۳/۶۳ c	–	–

تحلیل صفات مرفولوژیکی

جدول (٦) مقایسه میانگین صفات تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه تحت تأثیر تیمارهای مختلف را که توسط آزمون دانکن بدست آمده است، نشان می‌دهند. با توجه به این جدول می‌توان گفت که تعداد غوزه در بوته تیمارهای ۸۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با اختلاف ۲/۱ و ۳۱/۷ درصد، نسبت به تیمار نیاز آبی کامل گیاه در گروه‌های آماری (a) و (b) قرار گرفتند. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که اعمال کم‌آبیاری شدید، باعث کاهش قابل ملاحظه تعداد غوزه در بوته می‌شود. واکنش‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی پنبه نسبت به تنش آبی نشان می‌دهد که کمبود بیش از حد آب باعث کاهش توسعه برگ، گل‌دهی و عدم توانایی گیاه برای نگه‌داری غوزه می‌شود (آیارز و همکاران، ۱۹۹۹).

مقایسه میانگین تعداد غوزه در بوته حاصل از اثر کیفیت آب آبیاری جدول (٦)، نشان از برتری ۱۵/٦ درصدی تعداد غوزه در بوته، آبیاری با پساب نسبت به آبیاری با آب چاه می‌باشد. علی‌خاص و کوچک‌زاده (۱۳۸۹)، در مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که افزایش کاربرد پساب در آبیاری، تعداد غوزه در بوته را افزایش می‌دهد.

نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد، که مدیریت مناسب آبیاری توان بوته را برای افزایش وزن غوزه بالا می‌برد. به‌طوری‌که صرفه‌جویی ۱۸۰۰ مترمکعبی آب مصرفی، بین دو تیمار ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، اختلاف معنی‌داری بین وزن غوزه این دو تیمار ایجاد نکرده است.لذا پژوهشگران اعلام نموده‌اند که تنش خفیف در طول فصل رشد سبب جذب بهتر مواد فتوسنتزی از طریق مخازن اندام‌های زایشی نسبت به مخازن اندام‌های رویشی می‌شود، این امر باعث بقاء بیشتر غوزه‌ها و در نتیجه افزایش تعداد و وزن می‌شود (وایت و راین، ۲۰۰٤). اما در تیمار ٦۰ درصد نیاز آب اختلاف شدیدی در وزن غوزه ایجاد شده است. مقایسه میانگین صفت وزن غوزه تحت تأثیر تیمار کیفیت آب، نشان از برتری ۷/۹ درصدی وزن غوزه در تیمار آبیاری با پساب می‌دهد جدول (٦).

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سطوح آبیاری و کیفیت آب بر صفات تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه جدول (۵) و همچنین ارزیابی مقایسه میانگین این صفات توسط آزمون دانکن جدول (٦)، می‌توان گفت که دو تیمار I_1Q_2 و I_2Q_2 در صفات تعداد غوزه و وزن غوزه در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته‌اند. لذا این نتایج حاکی از آن است که افزایش میزان مواد غذایی، رشد رویشی و در نتیجه تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه را افزایش داده و باعث افزایش عملکرد می‌شود (علی‌خاص و کوچک‌زاده، ۱۳۸۹).

ارزیابی مقایسه میانگین صفت ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح آبیاری توسط آزمون دانکن جدول (٦)، نشان می‌دهد که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با ارتفاع ۱۰۹/۵۰ سانتی‌متری دارای بهترین جایگاه آماری می‌باشد و بعد از آن تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی با اختلاف ۱۵/۲ درصدی قرار دارد.

کالفونتز و همکاران (۲۰۰۷)، گزارش نمودند که افزایش رطوبت، باعث افزایش رشد رویشی از جمله ارتفاع گیاه شده که در این شرایط بزرگ شدن برگ تقدم بیشتری نسبت به رشد غوزه برای کربوهیدرات موجود دارد. از دیگر نکات جدول (٦) می‌توان به برتری ۱۱/۳ درصدی ارتفاع بوته در آبیاری با پساب نسبت به آب چاه اشاره نمود.

در این پژوهش با توجه به مقایسه میانگین سطوح آبیاری و کیفیت آب بر صفت شاخص سطح برگ، جدول (٦)، می‌توان اذعان داشت که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با اختلاف ۱۱/٦ درصدی نسبت به تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است و از طرف دیگر تیمار آبیاری با پسابت نیز از اختلاف ۹/٤ درصدی نسبت به تیمار آبیاری با آب چاه برخوردار می‌باشد.

تحلیل عملکرد

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین عملکرد پنبه حاصل از اثر تیمار عامل اصلی، در شکل (۱) نشان داده شده است. بر این اساس مشخص می‌شود که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با عملکرد ۲۷۰۳ کیلوگرم در هکتار و با اختلاف ۱/۵ و ۲۸/۷ درصدی به‌ترتیب نسبت به تیمارهای ۸۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی دارای بهترین عملکرد است. عملکرد خوب تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی را می‌توان در راستای اثرات مثبت تنش خفیف در طول فصل رشد بر اجزاء عملکرد گیاه و همچنین اثرپذیری سایر اندام‌های گیاهی مرتبط با اجزاء عملکرد ارزیابی کرد؛ که باعث عملکرد خوب تیمارهای اعمال‌شده تحت تنش خفیف شده است (وایت و راین، ۲۰۰٤).

جدول (۷) بیان می‌کند که تیمار آبیاری با پساب با عملکردی ۲۵۵۸ کیلوگرم در هکتار، در گروه آماری (a) و تیمار آبیاری با آب چاه در گروه آماری (b) قرار گرفته است. به‌عبارت دیگر، به‌رغم یکسان بودن میزان آب مصرفی در تیمار عامل فرعی، میزان عملکرد محصول در تیمار آبیاری با پساب نسبت به تیمار آبیاری با آب چاه در حدود ۱۰ درصد افزایش داشت.

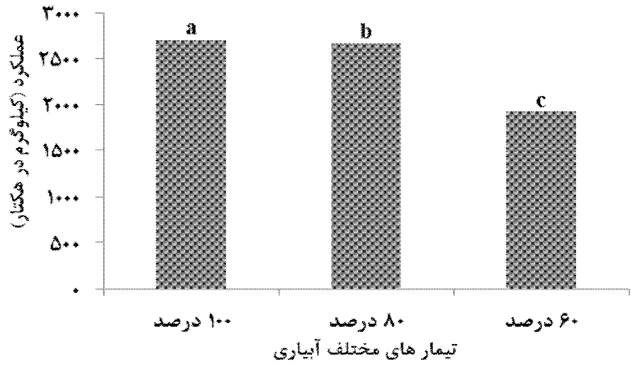
دلیل این امر را می‌توان آن دانست که عناصر غذایی و مواد آلی موجود در پساب، توسط میکروارگانیزم‌ها تجزیه شده و افزایش هوموس خاک و بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و حاصل‌خیزی خاک را در پی دارد که در نهایت باعث افزایش عملکرد می‌گردد (موجیری، ۲۰۱۱). همچنین با توجه به جدول (۷) می‌توان اذعان داشت، عملکرد در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی اعمال شده در پساب (I_1Q_2) دارای افزایش ۰/۲ درصدی نسبت به تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی اعمال شده در پساب (I_2Q_2) می‌باشد. اما از لحاظ آماری در یک جایگاه قرار دارند. از طرف دیگر دو تیمار ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی اعمال شده در آب چاه به‌ترتیب با اختلاف ۸ و ۱۱ درصدی نسبت به تیمار I_1Q_2 در گروه آماری (b) قرار گرفته‌اند.

تحلیل کارایی مصرف آب

در این تحقیق همان‌طور که انتظار می‌رفت تأثیر کم‌آبیاری بر صفت مزبور دارای اثر قابل ملاحظه‌ای بود.جدول (۷) نشان می‌دهد که تیمارهای ۸۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی اعمال شده در آبیاری با پساب (I_2Q_2 و I_3Q_2)، از لحاظ آماری دارای بهترین جایگاه آماری می‌باشند. سایر بررسی‌های انجام‌گرفته در مورد کم‌آبیاری نیز کارآمدی این تکنیک مدیریتی در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص را نشان می‌دهد (باسال و همکاران، ۲۰۰۹).

پژوهش‌گران در تحقیق سه ساله‌ای در شرق ترکیه، تأثیر کم‌آبیاری را بر عملکرد و کارایی مصرف آب پنبه را بررسی کردند. در این مطالعه، سه تیمار ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی کامل گیاه، با تیمار نیاز آبی کامل گیاه در سیستم آبیاری قطره‌ای مقایسه شد. نتایج حکایت از آن داشت که بالاترین کارایی مصرف آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه رخ داده، و بعد از آن تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی دارای بهترین کارایی مصرف آب بوده است.

علاوه بر این، بازده تغییر کارایی مصرف آب در سه سال آزمایش ۰/۲۵ تا ۰/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود (یونلو و همکاران، ۲۰۱۰)؛ که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. از دیگر نکات قابل ذکر در جدول (۷) می‌توان به برتری ۸/۵ درصدی در کارایی مصرف آب، آبیاری با پساب نسبت به آبیاری با آب چاه اشاره کرد. در سایر بررسی‌ها، کارایی مصرف آب در آبیاری با پساب، بیش از ۲۰ درصد نسبت به آب معمولی، بیشتر بوده است (علی‌خاص و کوچک‌زاده، ۱۳۸۹).



جدول ۷- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر سال

تیمارها	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
Y_1	۲۳۵۶ b	۰/۳۴ b
Y_2	۲۵۰۷ a	۰/۳۶ a

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر کیفیت آب

تیمارها	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
Q_1	۲۳۰۵ b	۰/۳۳ b
Q_2	۲۵۵۸ a	۰/۳۶ a

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر اثر متقابل سطوح آبیاری و کیفیت آب

تیمارها	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
I_1Q_1	۲۵۹۳/۵ b	۰/۲۹ d
I_1Q_2	۲۸۱۸/۲ a	۰/۳۲ c
I_2Q_1	۲۵۰۸/۲ b	۰/۳۵ b
I_2Q_2	۲۸۱۲/۳ a	۰/۳۹ a
I_3Q_1	۱۸۱۴/۵ d	۰/۳۴ b
I_3Q_2	۲۰۲۴/۵ c	۰/۳۸ a

جدول ۸- نتایج همبستگی بین صفات در شرایط نرمال

تیمار	عملکرد	کارایی مصرف آب	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ
عملکرد	۱					
کارایی مصرف آب	۱**	۱				
تعداد غوزه در بوته	۰/۸۳	۰/۸۳	۱			
وزن غوزه	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۹۹**	۱		
ارتفاع بوته	- ۰/۴۴	- ۰/۴۴	۰/۱۳	۰/۹	۱	
شاخص سطح برگ	۰/۶	۰/۶	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۴۴	۱

نتایج همبستگی بین صفات در شرایط تنش

تیمار	عملکرد	کارایی مصرف آب	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ
عملکرد	۱					
کارایی مصرف آب	۱**	۱				
تعداد غوزه در بوته	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱			
وزن غوزه	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۷	۱		
ارتفاع بوته	- ۰/۶۶	- ۰/۶۶	- ۰/۶۵	- ۰/۴۵	۱	
شاخص سطح برگ	- ۰/۱۸	- ۰/۱۸	- ۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۸۵	۱

نتایج همبستگی بین صفات در شرایط نرمال (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و در شرایط تنش

با توجه به جدول (۸)، می‌توان اذعان داشت که ضریب همبستگی در شرایط نرمال بین عملکرد با کارایی مصرف آب مثبت و معنی داری می‌باشد. که نشان دهنده این است که هر چه عملکرد افزایش یابد کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. در صورتی که در شرایط تنش، همبستگی عملکرد نه تنها با کارایی مصرف آب بلکه با تعداد غوزه نیز مثبت و معنی‌دار است. علی‌خاص و کوچک‌زاده (۱۳۸۹)، به این نتیجه رسیدند که ضریب همبستگی بین تعداد غوزه در بوته با عملکرد محصول، ۰/۹۶ می‌باشد.از دیگر نکات جدول (۸)، می‌توان اذعان داشت که در شرایط نرمال همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد غوزه و وزن غوزه مشاهده می‌شود، در صورتی‌که این همبستگی در شرایط تنش معنی‌دار نیست، در واقع فراهم بودن آب برای گیاه نه تنها تعداد غوزه بلکه وزن غوزه را نیز افزایش می‌دهد، ولی در شرایط تنش چنین همبستگی مشاهده نمی‌شود. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین کارایی مصرف آب و تعداد غوزه در شرایط تنش، نقش فراهمی آب را بر تعداد غوزه به وضوح نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به بحران کمبود آب در ایران و ارزش بالای این سرمایه بزرگ در بخش کشاورزی، ضروری است که در مصرف این سرمایه ملی صرفه‌جویی به عمل آید و از این سرمایه بزرگ به بهترین نحو استفاده شود. لذا پژوهش حاضر جهت نیل به این هدف اجرا شد به طوری که در عامل اصلی این پژوهش، تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی به رغم کاهش ۱/۵ درصدی عملکرد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی از افزایش ۱۸/۹ درصدی کارایی مصرف آب و صرفه‌جویی ۱۸۰۰ مترمکعب آب در هکتار برخوردار بود. از طرف دیگر مقایسه دو تیمار عامل فرعی (آبیاری با آب چاه و پساب) در شرایط اعمال آب مصرفی یکسان، نشان داد که میزان عملکرد محصول و کارایی مصرف آب، در آبیاری با پساب به ترتیب ۱۰ و ۸/۳ درصد بیش‌تر از آبیاری با آب چاه بود.

همچنین اثر متقابل عوامل اصلی و فرعی نشان داد که اعمال ۲۰ درصد کم آبیاری در شرایط استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری نسبت به تأمین نیاز کامل آبی گیاه، در شرایطی افزایش ۱۸ درصدی کارایی مصرف آب را در پی داشت که کاهش قابل ملاحظه‌ای از نظر عملکرد محصول و صفات مرفولوژیکی را در پی‌نداشت.

نتایج حاصل از تجزیه خاک نشان می‌دهد که به دلیل بالا بودن غلظت کاتیون‌های مثل Na و K در پساب، استفاده از پساب به عنوان آب آبیاری، شوری خاک افزایش می‌یابد همچنین کاهش اسیدیته خاک که منجر به افزایش آهن و روی موجود در خاک می‌گردد را در پی دارد. لذا با توجه به نتایج بدست آمده جهت مقابله با بحران کمبود آب در کشور و افزایش راندمان آبیاری استفاده از فاضلاب تصفیه شده و جهت صرفه‌جویی در مصرف آب اعمال ۲۰ درصد کم آبیاری نسبت به تأمین نیاز کامل آبی گیاه در کشت پنبه در استان کرمان توصیه می‌شود.

فهرست منابع

۱. پیرصاحب، م.، شرفی، ک. و دوگوهر ک. ۱۳۹۱. مقایسه کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اولنگ مشهد و آب چاه برای آبیاری. مجله آب و فاضلاب. شماره ٤: ١١٦-١٢٤.

۲. توسلی، ا.، قنبری، ا.، حیدری، م.، پای‌گذار، ی و اسماعیلیان، ی. ۱۳۸۹. آثر فاضلاب تصفیه شده همراه با مقادیر مختلف کودهای دامی و شیمیایی بر غلظت عناصر و عملکرد ذرت. مجله آب و فاضلاب. شماره ۳: ۳۷-٤٥.

۳. علی‌خاص، م. و کوچک‌زاده، م. ۱۳۸۹. تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده روی خصوصات گیاه پنبه. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۲: ۲۳۵-۲۲۹.

٤. ملکیان، ر.، حیدرپور، م.، مصطفی‌زاده، ب و عابدی، ج. ۱۳۸۷. تأثیر آبیاری سطحی و زیرسطحی با پساب تصفیه شده بر خصوصیات چمن. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. شماره ٤: ١٦-۲۷.

٥. نجفی، پ.، موسوی، ف و فیضی، م. ۱۳۸٤. اثر کاربرد فاضلاب تصفیه شده شهری بر عملکرد و کیفیت گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. شماره ۱: ۱٥-۲٥.

٦. واثقی، س.، افیونی، م.، شریعت‌مداری، ح و مبلی، م. ۱۳۸٤. اثر لجن فاضلاب بر غلظت تعدادی از عناصر غذایی و ویژگی‌های شیمیایی خاک. مجله آب و فاضلاب اصفهان. ۳: ۱٥-۲۳.

7. Abedi-Koupai, J., Mostafazadeh-Fard, B., Afyuni, M., and Bagheri, M. 2006. Effect of treated wastewater on soil chemical and physical properties in an arid region. Plant Soil Environ. 8: 335-344.
8. Allen, R., Pereira, L., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO-56. FAO, Rome, Italy. 11-27.
9. Al-Sanafy, M., and Akba,R A. 2012. Effects of Irrigation with Treated Wastewater on the Physical and Chemical Properties of Soil in Kuwait. International Journal of Science and Technology, 4: 139-151.
10. Ayars, J., Phene, C., Hutmacher, R., Davis, B., Schoneman, R., Vail, S., and Mead, R. 1999. Cotton response to nonuniform and varying depts. Of irrigation. Agricultural Water Management, 19: 151-166.
11. Basal, H., Dagdelen, N., Unay, A., and Yilmaz, E. 2009. Effects of deficit drip irrigation ratios on Cotton (Gossypium Hirsutum) yield and fiber quality. Agronomy and Crop Science, 159: 19–29.
12. Blum, J., Herpin, U., Melfi, A., and Montes C. 2012. Soil properties in a sugarcane plantation after the application of treated sewage effluent and phosphogypsum in Brazil. Agricultural Water Management. 115:203-216.
13. Dagdelen, N., Basal, H., Yılmaz, E., Gurbuz, T. and Akcay, S. 2009. Different drip irrigation regimes affect Cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. Agricultural Water Management, 69: 111–120.
14. Jahantigh, M. 2008. Impact of recycled wastewater irrigation on soil chemical properties in an arid region. Pakistanian Journal of Biological Sciences. 11: 2264-2268.
15. Kalfountzos, D., Alexiou, I., Kotsopoulos, S., Zavakos, G., and Vyrlas, P. 2007. Effect of subsurface drip irrigation on Cotton plantations. Water Resource Management, 21: 1341–1351.
16. Khai, N., Tuan, P., Vinh, C., and Oborn, I. 2008. Effects of using wastewater as nutrient sources on soil chemical properties in peri periurban agricultural systems. Journal of Science, Earth Sciences. 24: 87-95.
17. Mojiri, A. 2011. Effects of municipal wastewater on physical and chemical properties of saline soil. Journal of Biology, Environ Science. 14: 71-76.

18. Najafi, P., and Nasr, S. 2009. Comparison effects of wastewater on soil chemical properties in three irrigation methods. Research on Crops. 10: 277-280.
19. Najafi, P., Mosavi, F., and Feizi, M. 2005. Effect of using municipal wastewater in irrigation of potato. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2: 15-25.
20. Oron, G., Demalach, Y., Hoffman, Z., and Manor, Y. 1992. Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control. Water Science Technology. 26: 1593-1601.
21. SouDakoure, M., Mermoud, A., Yacouba, H., and Boivin, P. 2013. Impacts of irrigation with industrial treated wastewater on soil properties. Geoderma. 200–201:31-39.
22. Unlu, M., Kanber, R., Levent, D., Tekin, S., and Kapur, B. 2010. Effect of deficit irrigation on the yield and yield components of drip irrigation cotton in Mediterranean environment. Agricultural Water Management, 98: 597-605.
23. White, S., and Raine, S. 2004. Identifying the potential to apply deficit irrigation strategies in cotton using large mobile irrigation machines. 4th international crop science congress. Brisbane, Australia, 26 Sep-1 Oct, 2004.
24. Xu, J., Wu, L., Chang, A., and Zhang, Y. 2010. Impact of long-term reclaimed wastewater irrigation on agricultural soils: A preliminary assessment. Journal of Hazardous Materials. 183 (1-3), 780-786.