

تأثیر کاربرد آبیاری قطره‌ای زیر سطحی با پساب فاضلاب در آبیاری دو محصول گوجه فرنگی و بادمجان

پیام نجفی، سیدفرهاد موسوی و محمد فیضی^{۱*}

چکیده

وقتی که آب با کیفیت خوب کمیاب باشد، منابع آب غیرمتعارف جهت استفاده در کشاورزی مورد توجه قرار می‌گیرد. فاضلاب شهری از جمله منابع غیرمتعارف آب است که استفاده از آن در آبیاری محصولات کشاورزی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک بسیار حائز اهمیت است. در این مطالعه از پساب تصفیه شده ثانویه حاصل از فرآیند لجن فعال تصفیه خانه جنوب اصفهان جهت آبیاری دو محصول گوجه‌فرنگی و بادمجان استفاده شد. به منظور بررسی تأثیر اعمال روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در سال‌های ۸۰ و ۸۱، ۵ تیمار مختلف شامل آبیاری جوی و پشته با آب چاه (FN)، آبیاری قطره‌ای سطحی با پساب فاضلاب (DI)، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتیمتری زیر سطح خاک با پساب فاضلاب (SDI₁₅)، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۳۰ سانتیمتری زیر سطح خاک با پساب فاضلاب (SDI₃₀) و آبیاری جوی و پشته با پساب فاضلاب (FW) اعمال گردید. نیاز آبی گیاه بر اساس مدل ET-HS تعیین شد. همچنین برخی خصوصیات کیفی خاک، گیاه و آب مطالعه شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کاربرد SDI منجر به کاهش معنی‌دار کلیفرمهای مدفوعی خاک سطحی و اندام هوایی گیاه شده است، ضمن آنکه در مقایسه با سایر تیمارهای مورد مطالعه، در تیمار SDI₁₅ کارایی مصرف آب بطور معنی‌داری افزایش داشته است بطوریکه میزان آن ۱۳/۱۵ و ۱۱/۶۴ کیلوگرم بر متر مکعب به ترتیب برای گوجه‌فرنگی و بادمجان بوده است. بخشی از این افزایش کارایی مصرف آب می‌تواند به رطوبت بهتر خاک در عمق توسعه ریشه و افزایش نیتروژن در دسترس مرتبط باشد. همچنین نتایج این بررسی نشان می‌دهد که کاربرد پساب فاضلاب تصفیه شده شهری در تصفیه خانه مذکور در محصولات مورد مطالعه آلودگی غیر مجاز ناشی از تجمع عناصر سنگین و ازت نیتراته را بوجود نیاورده است.

واژه‌های کلیدی: پساب فاضلاب تصفیه شده، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، گوجه فرنگی، استفاده مجدد از پساب فاضلاب، کارایی مصرف آب، آلودگی زیست محیطی

مقدمه

نسبت به میانگین ریزش سالانه سالهای ۱۹۹۰-۱۹۶۱، در سال ۲۰۰۰ میلادی داشته است (اروندی و کامیاب، ۱۳۷۹). مضافاً اینکه ایران جزو کشورهایی است که برداشت آب از منابع آب زیرزمینی آن بیش از معیارهای استانداردهای بین‌المللی است (اروندی و کامیاب، ۱۳۷۹).

لذا در شرایطی که کشور به شدت از لحاظ کمبود منابع آب شیرین رنج می‌برد و در دراز مدت مسأله بحران منابع آب به صورت یک مسأله جدی مطرح است، توجه به منابع غیرمتعارف آب یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است

رشد روزافزون جمعیت جهان، همگام با گسترش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی در جهت افزایش تأمین مواد غذایی از یک سو و خشکسالی‌های پی در پی در سالهای اخیر از سوی دیگر، موجب شده است که منابع موجود آب شیرین سطحی در اکثر کشورهای واقع در کمربند مناطق خشک به اوج بهره‌برداری خود برسد و بالطبع فشار بیش از اندازه به منابع آب وارد آید. ایران جزو کشورهای خاورمیانه است که بین ۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش بارش سالانه نسبت به میانگین ریزش سالانه

۱- به ترتیب استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، استاد گروه آبیاری دانشگاه صنعتی اصفهان و عضو هیئت علمی بخش

تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات کشاورزی استان اصفهان

ذرت در روش قطره‌ای زیرسطحی بیشتر از حالت قطره‌ای سطحی برآورد شده است.

افزون بر این، در ارتباط با اثر کاربرد پساب فاضلاب در آبیاری محصول گوجه فرنگی، عرفانی و همکارانش (۱۳۸۰) در تحقیقی نشان دادند که کاربرد پساب فاضلاب تصفیه شده خانگی باعث افزایش عملکرد در مقایسه با آبیاری متعارف محصول با آب چاه شده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که آلودگی میکروبی محصول در شرایط کاربرد فاضلاب در مقایسه با شرایط متعارف افزایش یافته است.

مواد و روشها

تصفیه خانه جنوب اصفهان در ضلع جنوب شرقی شهر اصفهان واقع است و فاضلاب جمعیتی بالغ بر ۸۰۰/۰۰۰ نفر را تصفیه و بخشی از پساب خروجی را به رودخانه زاینده رود تخلیه و بخش کوچکتری را برای آبیاری باغها و مزارع اطراف مصرف می‌نماید. این تصفیه خانه مجهز به روش تصفیه لجن فعال است و فرآیند تصفیه ثانویه در آن به طور کامل انجام می‌شود.

به منظور اجرای تحقیق، در مجاورت تصفیه خانه مذکور، قطعه زمینی انتخاب گردید به نحوی که پساب خروجی تصفیه خانه قابل دسترس باشد. ایستگاه پمپاژ آبیاری قطره‌ای طراحی و به شبکه خروجی پساب فاضلاب متصل گردید. فیلتراسیون آبیاری قطره‌ای به ترتیب شامل فیلتر شنی و فیلتر توری بوده و فیلتر شنی در دو لایه زیر و متوسط که لایه فوقانی با قطر موثر ۰/۵ میلی متر و به ضخامت ۶۰ سانتی متر و لایه تحتانی با قطر موثر ۱ میلی متر و به ضخامت ۳۰ سانتی متر طراحی گردید. فیلتر توری نیز با توری فلزی ۱۰۰ میکرون، بعد از فیلتر شنی نصب گردید. حداکثر بار هیدرلیکی $2/5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ و تعداد قطره چکان در واحد سطح $4/75$ عدد در متر مربع منظور گردید.

به منظور بررسی اثرات روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی تیمارهای زیر هرکدام در سه تکرار طراحی شد:

FN : آبیاری جوی و پشته با عرض پشته ۷۵

سانتی متر با آب معمولی

DI : آبیاری قطره‌ای سطحی با پساب فاضلاب

SDI₁₅ : آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) در

عمق ۱۵ سانتی متری با پساب فاضلاب

SDI₃₀ : آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) در

عمق ۳۰ سانتی متری با پساب فاضلاب

FW : آبیاری جوی و پشته با عرض پشته ۷۵

سانتی متر با پساب فاضلاب

از سوی دیگر، متمرکز شدن مراکز جمعیتی و صنعتی در نقاط مختلف، باعث شکل‌گیری حجم بالایی از پساب فاضلاب می‌گردد که عدم توجه به یافتن بهترین شیوه‌های دفع آن، مشکلات زیست محیطی زیادی را در اطراف این نقاط به همراه خواهد آورد. بررسی‌ها نشان داده است که بهترین شیوه دفع پساب فاضلاب، پس از انجام مراحل قراردادی تصفیه، کاربرد آن در کشاورزی است (عابدی و نجفی، ۱۳۸۰).

از آنجایی که پساب فاضلاب جزو منابع غیرمتعارف آب محسوب می‌شود، کاربرد آن در کشاورزی نیازمند مدیریت خاصی است که ضمن بهره‌گیری مطلوب از آن، مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی را در خاک، گیاه و منابع آب سطحی و زیرزمینی به همراه نداشته باشد (عابدی و نجفی، ۱۳۸۰). در این زمینه پسکوت^۱ (۱۹۹۲) مزایا و معایب کاربرد روش‌های مختلف آبیاری را در هنگام بهره‌برداری از پساب فاضلاب مورد مقایسه قرار داده و نتیجه گرفته است که روش آبیاری قطره‌ای تنها روشی است که مشکلات خاصی ناشی از کاربرد پساب را مرتفع می‌نماید.

علاوه بر آن لاور^۲ (۲۰۰۰) در تحقیقی موازنه جرمی ازت در اثر کاربرد پساب فاضلاب شهری در منطقه آریزونا آمریکا را مورد مطالعه قرار داده و امکان آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی را در اثر کاربرد بدون کنترل فاضلاب مذکور را زیاد دانسته است. همچنین، کروم و جیپسون^۳ (۱۹۹۴) در یک مطالعه موردی نشان می‌دهند که در هنگام استفاده از روش آبیاری سطحی با پساب فاضلاب، ۲۴ درصد از ازت کل موجود در پساب فاضلاب آبشویی و از دسترس گیاه خارج شده است.

ارون و همکاران (۱۹۹۲) با بکار بردن پساب فاضلاب در مزارع آزمایشی واقع در فلسطین اشغالی به این نتیجه رسیده‌اند که در مواقعی که از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود، آلودگی سطوح خاک و گیاه حداقل و زمانی که از سیستم آبیاری بارانی استفاده می‌شود، مقدار آلودگی حداکثر خواهد بود.

در بررسی دیگری ارون و همکاران (۱۹۹۹) با بکار بردن دو روش قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در شرایط استفاده از پساب فاضلاب حاصل از برکه تثبیت در آبیاری ذرت، نشان دادند که در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، آلودگی خاک سطحی کمتر از روش قطره‌ای سطحی است. همچنین در همین بررسی عملکرد محصول

1- Pescod

2 -Lauver

3 - Koron and Jepson

آرایش تیمارها مطابق طرح بلوک‌های کامل تصادفی طراحی شد. فواصل کشت در تیمارهای مختلف به نحوی طراحی شد که اثرات متقابل بر روی یکدیگر نداشته باشند. برای هر تیمار سه ردیف و هر ردیف معادل ۵ متر در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری از خاک و گیاه در هر تیمار از ردیف‌های وسط انجام شد، به طوری که یک متر از هر طرف حذف و از سه متر باقیمانده نمونه‌برداری انجام گردید. برای خاک نیز در وسط ردیف وسط هر تیمار پروفیلی به عمق ۹۰ سانتی متر حفر و در سه عمق ۳۰-۶۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌برداری از خاک قبل از کاشت محصول و بلافاصله بعد از برداشت محصول صورت گرفت.

دو محصول فوق در سه مرحله برداشت شد و میزان عملکرد تیمارهای مختلف تعیین گردید و سپس باتوجه به میزان کل آب آبیاری در هر تیمار کارایی مصرف آب نیز تعیین شد. همچنین پارامترهای غلظت نترات، عناصر سنگین و شاخصهای بیولوژیک (تخم انگل، تعداد کل کلیفرم، تعداد کلیفرم‌های مدفوعی و تعداد کل باکتریها) در تیمارهای مختلف آنالیز شد. در طول مدت رشد گیاه، از آب در سه مرحله ابتدای، اواسط و انتهای کشت نمونه‌برداری شد و آنالیز کامل از پارامترهای مختلف آن به عمل آمد. آنالیز آب بر اساس استاندارد متد سال ۱۹۹۵ انجام شد (APHA, 1995).

نتایج و بحث

پس از سه مرحله برداشت از تیمارهای مختلف محصول گوجه فرنگی و بادمجان در نهایت عملکرد کلیه تیمارها تعیین شد. جدول (۱) نتایج حاصل از عملکرد تیمارهای فوق را برحسب تن در هکتار نشان می‌دهد که بر اساس آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. بر اساس این جدول در محصول گوجه‌فرنگی تیمار FN کمترین عملکرد را در مقایسه با سایر تیمارها داشته و در مقابل تیمارهای DI و SDI₁₅ بیشترین عملکرد را داشته‌اند. مقایسه آماری این مقادیر نشان می‌دهد که عملکرد تیمار DI و SDI₁₅ با عملکرد تیمارهای FN و SDI₃₀ اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته است. در مورد محصول بادمجان روند اندکی تفاوت دارد به این معنی که تیمار SDI₁₅ به لحاظ عملکرد در بالاترین سطح قرار دارد و در مقابل تیمار SDI₃₀ کمترین عملکرد را داشته است. در مجموع هر دو محصول عکس‌العمل مثبتی نسبت به تیمار SDI در عمق ۱۵ سانتی متر نشان داده‌اند.

با توجه به میزان آب آبیاری و عملکرد محصول، میزان WUE در هر یک از تیمارها محاسبه شد. جدول (۱) مقادیر میانگین WUE در تیمارهای مورد

از میان تیمارهای فوق، تنها در تیمار FN معادل ۱۶۰، ۴۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار NPK در اوایل رشد کوددهی شد. مقادیر مذکور بر اساس تجزیه خاک تعیین شد. همچنین نتایج آنالیز آب معمولی مربوط به تیمار اول نشان داد که شوری آن در حدود ۰/۴۹ دسی زیمنس بر متر و میزان نسبت جذب سدیم اصلاح شده حدود ۱/۸ است. همچنین پساب فاضلاب نیز شوری ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر، SAR_{adj} ۷/۹۸ برآورد شد. بعلاوه نتایج تجزیه خاک نشان داد که بافت خاک از جنس لومی بوده و شوری آن به طور متوسط ۶/۶ دسی زیمنس بر متر، SAR آن ۶/۱ و میزان کلر آن ۳۶ میلی اکی والان بر لیتر بوده است. در تیمارهای آبیاری قطره‌ای، قطر با لوله‌های فرعی ۱۶ میلی‌متر و فاصله قطره چکانها ۳۰ سانتی متر طراحی گردید و نوع درپرها از نوع داخل خط انتخاب شد. دبی قطره چکان در ۲/۵ لیتر در ساعت تنظیم گردید. اختلاف آبدهی در ابتدا و انتهای خط ناچیز بود.

مطابق تیماربندی فوق گیاه گوجه‌فرنگی و بادمجان در مدت اجرای تحقیق (۱۳۸۰-۱۳۸۱) از اول خرداد لغایت ۱۵ مهرماه کشت گردید. میزان آب مورد نیاز گیاه (CWR) و زمان بندی آبیاری بر اساس مدل ET-HS انجام شد (نجفی، ۱۳۸۱). در این مدل تبخیر و تعرق گیاه مرجع به کمک روش اصلاح شده هارگریوز-سامانی تعیین و پس از اعمال ضرایب گیاهی، ضرایب مربوط به تنش شوری و خشکی و منظور نمودن نیاز آبتی، نیاز آبی گیاهان تعیین می‌گردد. نیاز آبتی با توجه به میزان EC، SAR و CI در آب آبیاری و عصاره اشباع خاک برای تیمارهای آبیاری با فاضلاب ۲۰ درصد برای تیمارهای آبیاری با آب شبکه ۶ درصد منظور شد. همچنین با فرض مدل نرمال جذب زمان آب توسط ریشه (۴۰ درصد ربع اول، ۳۰ درصد ربع دوم، ۲۰ درصد ربع سوم و ۱۰ درصد ربع چهارم) و میزان آب سهل الوصول در طول دوره رشد، عمق بحرانی محاسبه و زمان بندی آبیاری تعیین گردید. بدین ترتیب، تنها داده اقلیمی ورودی به مدل در طول مدت اجرای تحقیق، دمای حداکثر و حداقل روزانه است که طریق نصب یک عدد دماسنج حداقل و حداکثر در محل مزرعه این اندازه‌گیری صورت گرفت.

علاوه بر مدل مذکور، پیاز رطوبتی آبیاری قطره‌ای بر اساس معادلات شوارتزمن و زورا (به نقل از Dasberg and Or, 1999) تعیین و حداقل مدت آبیاری در هر بار آبیاری تا زمانی در نظر گرفته شد که خط رطوبتی طول پشته تکمیل گردد.

شکل ۴ مقادیر تخم انگل موجود در محصول را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. در این شکل نیز همانطور که مشهود است با افزایش عمق نصب دیرپیرها مقادیر تخم انگل موجود در روی محصول کاهش یافته است. همچنین مشابه وضعیت کلیفرمهای مدفوعی، در اینجا نیز تیمارهای SDI_{15} و SDI_{30} با FN یا شرایط متعارف اختلاف معنی‌دار نداشته‌اند. ضمن آنکه در مورد این پارامتر، به واسطه شرایط خاص سیستم قطره‌ای از قبیل فیلتراسیون و تزریق تدریجی پساب فاضلاب، تیمار قطره‌ای سطحی نیز با تیمار جوی و پشته یا تیمار FW اختلاف قابل توجه و معنی‌دار نشان داده است.

آلودگی خاک سطحی به لحاظ آنکه اندام هوایی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همچنین احتمال آلودگی کارگران مزارع تحت شرایط آبیاری با پساب فاضلاب شهری را افزایش می‌دهد باید مورد توجه قرار گیرد. در این تحقیق به منظور مطالعه اثر تیمارهای مختلف روی آلودگی خاک سطحی مزرعه مورد مطالعه، میزان کلیفرم و کلیفرم مدفوعی خاک سطحی مطالعه شد و نتایج آن در شکل های ۵ و ۶ بر حسب حداکثر تعداد احتمالی در ۱۰۰ میلی لیتر (MPN/100ml) ارائه شده است. این نتایج نیز نشان می‌دهد در شرایط استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی میزان این دو پارامتر اختلاف معنی‌داری با شرایط استفاده از آب معمولی ندارد. در حالی که در شرایط استفاده از روش آبیاری قطره‌ای سطحی و آبیاری جوی و پشته به واسطه تزریق سطحی پساب به خاک میزان این دو پارامتر افزایش قابل توجهی داشته است.

یکی دیگر از پارامترهایی که در هنگام کاربرد پساب فاضلاب در کشاورزی حائز اهمیت است، میزان عناصر سنگین موجود ورودی به خاک و تجمع آن در محصول است. جدول ۲ با توجه به میزان آب آبیاری و غلظت عناصر آهن، مس، روی، منگنز، سرب و کادمیوم میزان ورودی این عناصر به خاک را در کنار حد مجاز ورود سالیانه این عناصر بر اساس استاندارد US-EPA را نشان می‌دهد (USEPA, 1993). با مقایسه کلیه مقادیر با استاندارد می‌توان مجاز بودن میزان ورودی این عناصر را نتیجه گرفت. همچنین در بین تیمارهای فاضلابی تیمار سوم کمترین میزان تزریقی عناصر سنگین را به خاک داشته است. همین عناصر در محصول گوجه‌فرنگی نیز آنالیز شده و بر اساس نتایج بدست آمده، در تمامی تیمارها غلظت عناصر مذکور کمتر از حد بحرانی آن بوده است و هیچگونه تجمع غیرمجاز عناصر مشاهده نمی‌شود (جدول ۲).

مطالعه را نشان می‌دهد. بر اساس این مقادیر تیمار سوم بیشترین کارایی مصرف آب را در تولید هر دو محصول داشته بطوریکه با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داده است. وقوع این پدیده را می‌توان به تزریق مناسب آب و مواد غذایی در عمق توسعه ریشه در روش SDI با عمق ۱۵ سانتی متر دانست و به همین دلیل تیمارهای DI و SDI_{30} در رده بعدی قرار گرفته‌اند. این جدول همچنین نشان می‌دهد که دو تیمار FN و FW که هر دو از روش جوی و پشته استفاده می‌کنند، کمترین کارایی مصرف آب را داشته‌اند.

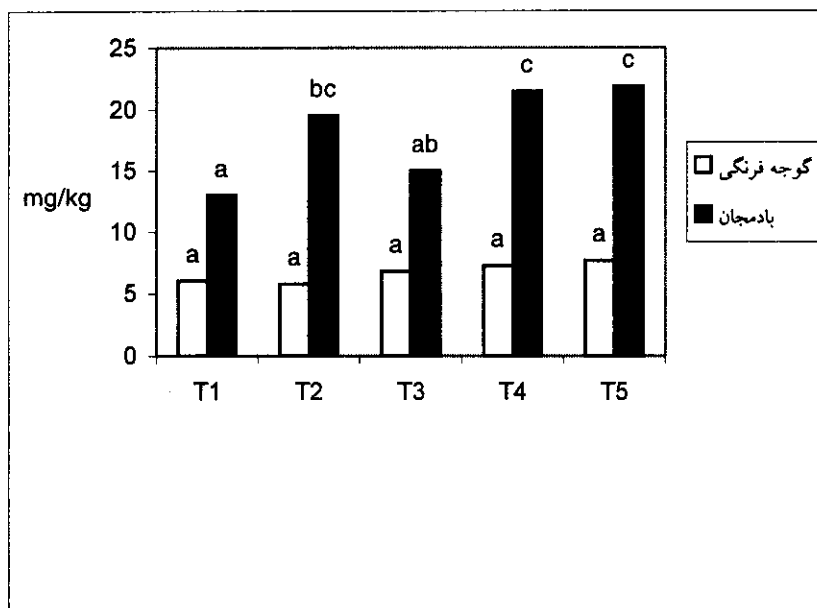
بررسی‌های این تحقیق نشان داد که به لحاظ تجمع ازت نیتراته در محصول گوجه فرنگی بین هیچیک از تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نمی‌شود (شکل ۱). در مقابل در محصول بادمجان با توجه به جذب بالاتر نیترات توسط گیاه تفاوت‌ها معنی‌دار شده است. بر اساس شکل ۱، در تیمار SDI_{15} میزان جذب ازت نیتراته در محصول بادمجان با شرایط متعارف آن (تیمار اول) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مقابل دو تیمار SDI_{30} و FW دارای بیشترین مقادیر ازت نیتراته جذب شده هستند. وقوع این پدیده نیز به واسطه شرایط مطلوب رطوبتی در تیمار SDI_{15} در مقایسه با سایر تیمارها است. در هر صورت مقادیر بدست آمده از حد آستانه سمیت نیترات (به نقل از ملکوتی، ۱۳۷۹) در دو محصول مورد مطالعه کمتر است. همچنین شکل ۲ وضعیت میانگین ازت نیتراته را در لایه های مختلف خاک تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل در شرایطی در تیمارهای DI و SDI_{15} بیشترین تجمع نیترات تا عمق ۳۰ سانتی متری دارند، در تیمار FW که از روش جو و پشته استفاده شده، نیترات تا زیر ناحیه ۹۰ سانتی متری آبیویی شده است.

شکل ۳ مقادیر کلیفرمهای مدفوعی در روی محصولات مورد مطالعه را در تیمارهای پنجگانه را بر حسب حداکثر تعداد احتمالی در ۱۰۰ میلی لیتر (MPN/100ml) نشان می‌دهد و براساس آزمون دانکن مورد مقایسه قرار داده است. این شکل نشان می‌دهد که بین تیمارهای FN، SDI_{15} و SDI_{30} اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. این در حالی است که تیمارهای DI و FW با سه تیمار دیگر اختلاف معنی‌دار و قابل توجهی را نشان داده‌اند. این بدین معنی است که قرار دادن قطره چکانها در عمق خاک باعث کاهش قابل توجه مقادیر کلیفرم مدفوعی روی سطح محصول شده است.

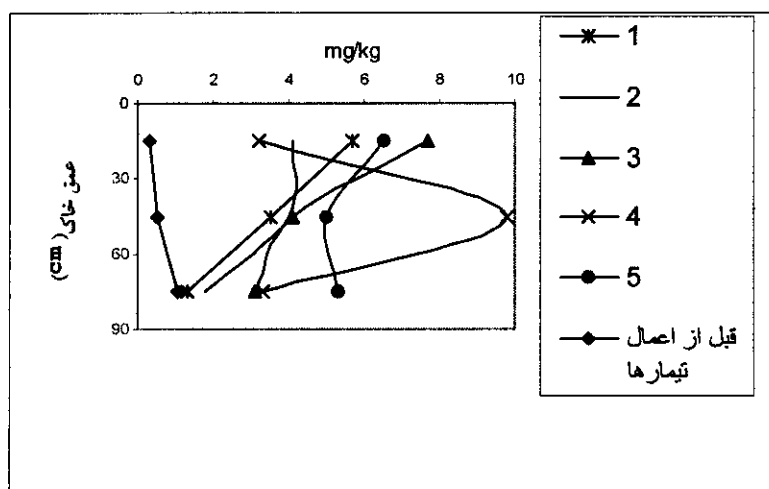
جدول ۱- میانگین عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمار های گوجه فرنگی و بادمجان و مقایسه آن به روش دانکن

FW	SDI ₃₀	SDI ₁₅	DI	FN	پارامتر	محصول
(ab)۴۴	(bc)۳۷,۴	(a)۵۲,۴	(a)۵۲,۸	(c)۳۴,۵	عملکرد	گوجه فرنگی
(c)۶,۵۲	(b)۱۰,۶۵	(a)۱۳,۱۵	(b)۱۰,۷۱	(c)۵,۱۱	WUE	
(ab)۳۷	(c)۲۵,۴	(a)۴۶,۴	(ab)۳۱,۳	(bc)۳۱,۹	عملکرد	بادمجان
(c)۵,۴۸	(bc)۷,۳۲	(a)۱۱,۶۴	(b)۸,۳۸	(d)۴,۷۷	WUE	

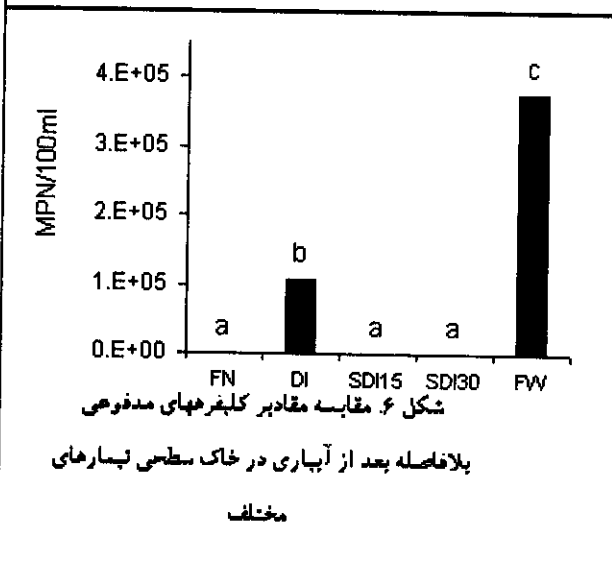
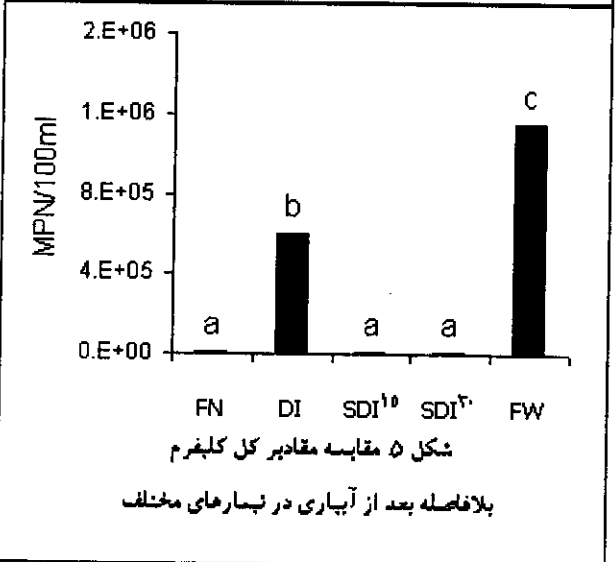
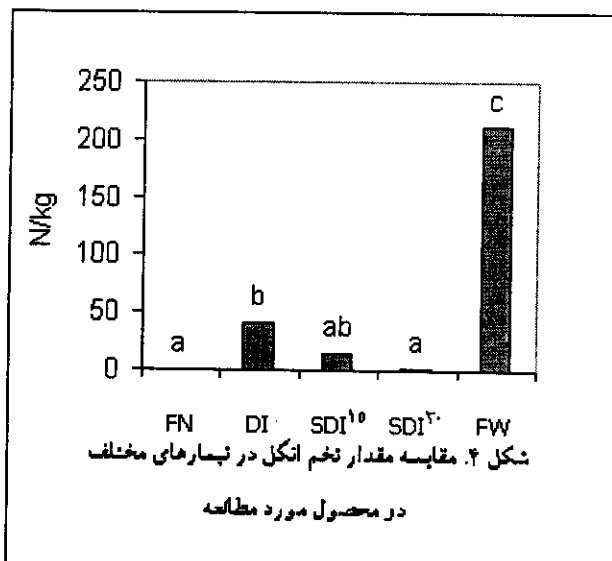
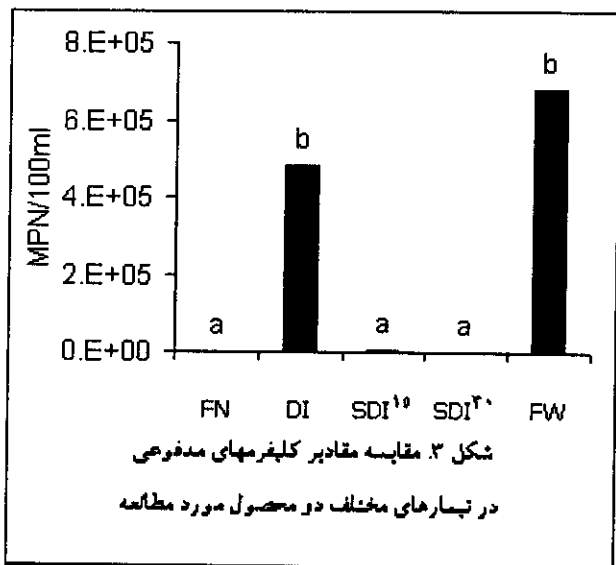
* مقادیری که حروف مشترک دارند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار نداشته اند.



شکل ۱ - میانگین غلظت نیترات در نمونه های گوجه فرنگی و بادمجان بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم

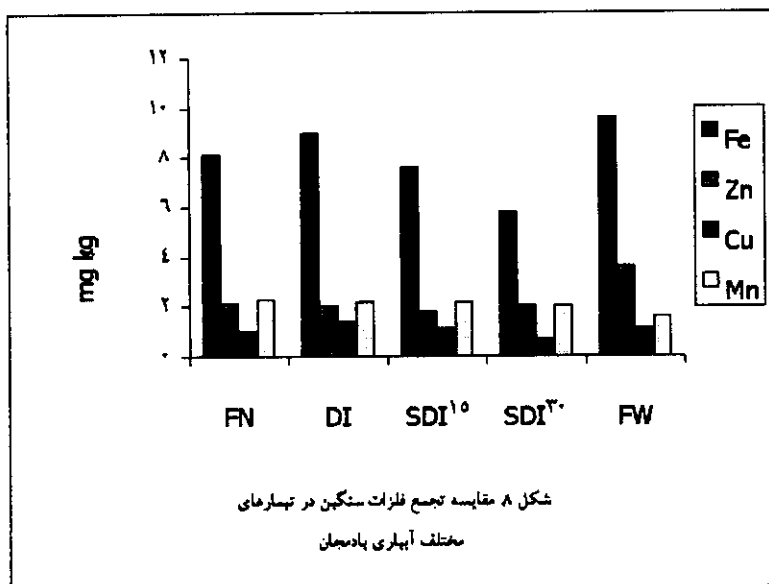
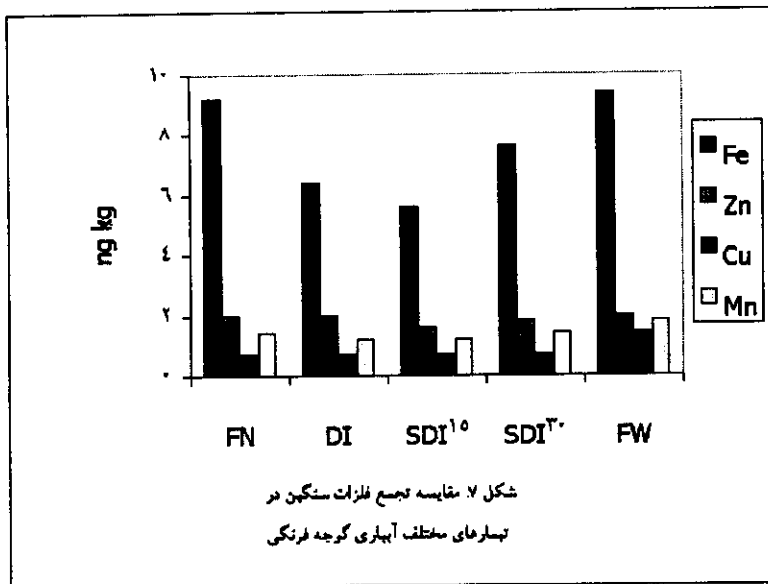


شکل ۲ - نمودار میانگین تغییرات ازت نیترات در لایه های خاک در تیمار های مختلف



جدول ۲- میانگین غلظت فلزات سنگین تزریق شده به خاک در طول مدت آبیاری محصولات مورد مطالعه بر حسب گرم در هکتار در سال

حد مجاز ^۱	FW	SDI ₃₀	SDI ₁₅	DI	FN	پارامتر
-	۳۳۸	۱۷۶	۱۹۹	۲۴۶	۳۳۸	Fe
۱۴۰۰۰۰	۳۳۸	۱۷۶	۱۹۹	۲۴۶	۳۳۸	Zn
-	۶۸	۲۵	۲۰	۲۹	۶۸	Mn
۷۵۰۰۰	۶۸	۲۵	۲۰	۲۹	۶۸	Cu
۱۹۰۰	۶۸	۲۵	۲۰	۲۹	۶۸	Cd
۱۵۰۰۰	۱۳۵	۷۰	۸۰	۹۹	۱۳۵	Pb



جمع بندی و پیشنهادها

افزایش می‌یابد. همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در صورت کاربرد روش آبیاری قطره‌ای با توجه به اینکه آبشویی نیترا تی حد اقل می‌شود، شیوع آلودگی ناشی از کاربرد پساب به اعماق خاک و منابع آب زیرزمینی حد اقل می‌شود.

به علاوه در شرایطی که رطوبت کافی در محیط ریشه وجود داشته باشد ازت موجود در فاضلاب جذب گیاه شده و منجر به افزایش رشد رویشی و عملکرد محصول می‌شود.

بعلاوه نتایج این بررسی نشان می‌دهد که در صورت کاربرد روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی آلودگی خاک سطحی و آلودگی محصول حد اقل می‌شود. در این

با بررسی نتایج حاصل از عملکرد محصول می‌توان نتیجه گرفت که اولاً کاربرد پساب فاضلاب به واسطه وجود عناصر غذایی همراه آب آبیاری، باعث افزایش عملکرد محصول در شرایط متعارف شده است، ثانیاً در بین تیمارهای فاضلابی بیشترین عملکرد محصول در تیمارهای آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی متری مشاهده می‌شود که نشان دهنده تأمین شدن رطوبت و عناصر غذایی در محیط توسعه ریشه است. ثالثاً با توجه به اینکه میزان تبخیر سطحی در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی کاهش می‌یابد، در نتیجه کارایی مصرف آب در تیمار سوم یا آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی متر با اختلاف معنی‌داری

در یک جمع‌بندی می‌توان نتیجه گرفت که روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی‌متر در شرایط طراحی و کاربرد مدل ET-HS در تعیین نیاز آبی گیاه بهترین شرایط را در هنگام کاربرد پساب فاضلاب شهری در آبیاری محصول گوجه فرنگی داشته است. با توجه به اینکه در حال حاضر در اطراف مراکز بزرگ جمعیتی از پساب فاضلاب شهری در آبیاری محصولات کشاورزی استفاده می‌شود، گسترش نتایج این تحقیق در نقاط مختلف و برای محصولات متفاوت توصیه می‌شود.

حالت بخشی از نگرانی‌های کاربرد پساب فاضلاب در آبیاری محصولات خاص کاهش می‌یابد و همچنین تماس کارگران مشغول کاربرد در سطح مزرعه با فاضلاب حداقل خواهد شد.

همچنین هرچند غلظت عناصر سنگین موجود در پساب فاضلاب بسیار کمتر از حد آستانه سمیت این عناصر در خاک و گیاه بوده است ولی نتایج این مطالعه نشان داد که با توجه به افزایش کارآیی مصرف آب میزان غلظت عناصر سمی نظیر سرب و کادمیوم به خاک حداقل است.

فهرست منابع:

۱. اروندی، سعید و رضا کامیاب. ۱۳۷۹. یکی از راهکارهای مقابله با کم آبی، استفاده بهینه از فاضلاب شهری. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان، ۹ تا ۱۰ اسفند. صفحات ۵۵ تا ۶۴.
۲. عابدی، محمدجواد و پیام نجفی. ۱۳۸۰. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۲۴۸ صفحه.
۳. عرفانی، علی، حق‌نیا، غلامحسین و امین علیزاده. ۱۳۸۰. تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده خانگی بر عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۱۵، شماره ۱، صفحه ۶۵ تا ۷۶.
۴. ملکوتی، محمد جعفر. ۱۳۷۹. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی، ۴۶۰ صفحه.
۵. نجفی، پیام. ۱۳۸۱. بررسی مدل بهره‌برداری از فاضلاب در آبیاری. رساله دکتری در رشته آبیاری و زهکشی واحد علوم و تحقیقات، ۳۰۴ صفحه.
6. APHA. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington D. C. 1566 p.
7. Dasberg, S. and D. Or. 1999. Drip irrigation. Springer Verlag, Heidelberg, Germany, 162 p.
8. Korom, S.F. and R.W. Jepsson. 1994. Nutrient leaching from alfalfa irrigation with municipal wastewater. ASCE, J. Environ. Eng. 120 (5): 1067-1081.
9. Lauver, L. 2000. Nitrogen mass balance for municipal wastewater. Practice periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive waste Management, 4(1): 36-38.
10. Oron, G., Demalach, Y., Hoffman, Z. and Y. Manor. 1992. Effect of effluent quality and application method on agricultural Productivity and environmental control. Water Sci. Tech. 26(718): 1593-1601.
11. Oron, G., Campos, C., Gillerman, L. and M. Salgot. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Agricultural water Management, No. 38, PP. 223-234.
12. Pescod, M.B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO, Irrigation and Drainage paper, No. 47, 113 P.
13. USEPA. 1993. Standard for use or disposal of sewage sludge. Final Rules, 40 CER Parts 257, 403 and 503, Fed. Reg. 58: 9248-9412.

Effects of Using Sub Surface Drip in Irrigation of Tomato and Eggplant with Treated Municipal Wastewater

P. Najafi, S. F. Mousavi and M. Feizi¹

Abstract

for agriculture. Municipal wastewater is marginal quality water and using this for irrigation can be an important consideration when its disposal is being planned in arid and semi-arid regions. In this study, secondary municipal effluent was used for irrigation of tomato. Five different irrigation treatments were designed with three replications. The treatments were: furrow irrigation with normal water (FN); surface drip irrigation with treated wastewater (DI); subsurface drip irrigation in 15 cm depths with treated wastewater (SDI₁₅); subsurface drip irrigation in 30 cm depths with treated wastewater (SDI₃₀); furrow irrigation with treated wastewater (FW). Crop water requirements were determined by ET-HS model. Also, chemical and microbiological characteristics of soil, water and crops were analyzed. The results indicated that SDI treatments could control environmental contamination and in comparison with surface irrigation, decrease the pollution problems in the soil such as total coliform and Fecal coliform. The highest water use efficiency (WUE) was obtained with SDI₁₅, which were about 13.15 and 11.64 kg/m³ for tomato and eggplant respectively. A part of this increased yield can be related to better soil moisture and increased available nitrogen in the root zone. Finally, among the sewage treatments, SDI₁₅ produced the least amount of leaching nitrate and heavy elements into the soil. The concentration of these elements in tomato and eggplants samples show that based on the obtained results, and the critical limits, no excess accumulation of these elements was observed. Whenever good quality water is sca

Keywords: Municipal wastewater, Subsurface drip irrigation, Tomato, Eggplant, Wastewater reuse, Water use efficiency, Environmental contamination.

1 -Assistant Professor of Azad University, Khorasan Branch, Isfahan, Iran, P.O. 81585-158, Professor of Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran member of Scientific Board of Isfahan Soil and Water Research Center, Isfahan, Iran, respectively.