

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 80 و 81، 5 تیمار مختلف شامل آبیاری جوی و پشته با آب چاه (FN) آبیاری قطره‌ای سطحی با پساب فاضلاب (DI) آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق 15 سانتیمتری زیر سطح خاک با پساب فاضلاب (SDI_{15})، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق 30 سانتیمتری زیر سطح خاک با پساب فاضلاب (SDI_{30}) 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 SDI_{15} کارآیی مصرف آب بطور معنی‌داری افزایش داشته است بطوریکه میزان آن 13/15 و 11/64 کیلوگرم بر متر مکعب به ترتیب برای گوجه‌فرنگی و بادمجان بوده است. بخشی از این افزایش کارآیی 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 نیتراژ را بوجود نیاورده است.

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

1- 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

* وصول: 83/2/16 و تصویب: 84/2/25

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

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 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

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 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 (ابدی و نجفی، ۱۳۸۰). در این زمینه پسکوت^۲ (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^۳ (۲۰۰۰) در تحقیقی موازنه جرمی ازت در اثر کاربرد پساب فاضلاب شهری در منطقه آریزنا 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 جیسون^۴ (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

2- Pescod

3 -Lauver

4 - Koron and Jepson

آبی گیاهان تعیین می‌گردد. نیاز آبتی با توجه به میزان SAR، EC و CL در آب آبیاری و عصاره اشباع خاک برای تیمارهای آبیاری با فاضلاب 20 درصد برای تیمارهای آبیاری با آب شبکه 6 در صد منظور شد. همچنین با فرض مدل نرمال جذب زمان آب توسط ریشه (40 درصد ربع اول، 30 درصد ربع دوم، 20 درصد ربع سوم و 10 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 زور5 (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.

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 5 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 90 سانتی متر حفر و در سه عمق 0-30، 30-60، و 60-90 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 با توجه به میزان کل آب آبیاری در هر تیمار کارایی مصرف آب نیز تعیین شد. همچنین پارامترهای غلظت نترات، عناصر سنگین و شاخصهای بیولوژیک (نخم 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 نمونه برداری شد و آنالیز کامل از پارامترهای مختلف آن به عمل آمد. آنالیز آب بر اساس استاندارد متد سال 1995 انجام شد (APHA, 1995).

فیلتر شنی و فیلتر توری بوده و فیلتر شنی در دو لایه زیر و متوسط که لایه فوقانی با قطر موثر 0/5 میلی متر و به ضخامت 60 سانتی متر و لایه تحتانی با قطر موثر 1 میلی متر و به ضخامت 30 سانتی متر طراحی گردید. فیلتر توری نیز با توری فلزی 100 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 75

سانتی متر با آب معمولی

DI : آبیاری قطره‌ای سطحی با پساب فاضلاب

SDI₁₅ : آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) در

عمق 15 سانتی متری با پساب فاضلاب

SDI₃₀ : آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) در

عمق 30 سانتی متری با پساب فاضلاب

FW : آبیاری جوی و پشته با عرض پشته 75

سانتی متر با پساب فاضلاب

از میان تیمارهای فوق، تنها در تیمار FN معادل 160، 40 و 240 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 0/49 دسی زیمنس بر متر و میزان نسبت جذب سدیم اصلاح شده حدود 1/8 است. همچنین پساب فاضلاب نیز شوری 1/4 دسی‌زیمنس بر متر، SAR_{adj} 7/98 برآورد شد. بعلاوه نتایج تجزیه خاک نشان داد که بافت خاک از جنس لومی بوده و شوری آن به طور متوسط 6/6 دسی زیمنس بر متر، SAR آن 6/1 و میزان کلر آن 36 میلی اکوی والان بر لیتر بوده است. در تیمارهای آبیاری قطره‌ای، قطر با لوله‌های فرعی 16 میلی متر و فاصله قطره چکانها 30 سانتی متر طراحی گردید و نوع دریچه‌ها از نوع داخل خط انتخاب شد. دبی قطره چکان در 2/5 لیتر در ساعت تنظیم گردید. اختلاف آبدهی در ابتدا و انتهای خط ناچیز بود.

مطابق تیمار بندی فوق گیاه گوجه‌فرنگی و بادمجان در مدت اجرای تحقیق (1380-1381) از اول خرداد لغایت 15 مهرماه کشت گردید. میزان آب مورد نیاز گیاه (CWR) و زمان بندی آبیاری بر اساس مدل ET-HS انجام شد (نجفی، 1381). 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

نتایج و بحث

پس از سه مرحله برداشت از تیمارهای مختلف محصول گوجه فرنگی و بادمجان در نهایت عملکرد کلیه تیمارها تعیین شد. جدول (1) 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 5 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 15 سانتی متر نشان داده‌اند.

با توجه به میزان آب آبیاری و عملکرد محصول، میزان WUE در هر یک از تیمارها محاسبه شد. جدول (1) مقادیر میانگین WUE در تیمارهای مورد 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 15 سانتی متر دانست و به همین دلیل تیمارهای DI و SDI₃₀ 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 نیتراژ در محصول گوجه فرنگی بین هیچ‌یک از تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد مشاهده نمی‌شود (شکل 1). در مقابل در محصول بادمجان با توجه به جذب بالاتر نیتراژ توسط گیاه تفاوت‌ها معنی‌دار شده است. بر اساس شکل 1، در تیمار SDI₁₅ میزان جذب ازت نیتراژ در محصول بادمجان با شرایط متعارف آن (تیمار اول) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مقابل دو تیمار SDI₃₀ و FW دارای بیشترین مقادیر ازت نیتراژ جذب شده هستند. وقوع این پدیده نیز به واسطه شرایط مطلوب رطوبتی در تیمار SDI₁₅ در مقایسه با سایر تیمارها است. در هر صورت مقادیر بدست آمده از حد آستانه سمیت نیتراژ (به نقل از ملکوتی، 1379) در دو محصول مورد

مطالعه کمتر است. همچنین شکل 2 وضعیت میانگین ازت نیتراژ را در لایه‌های مختلف خاک تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل در شرایطی در تیمارهای DI و SDI₁₅ بیشترین تجمع نیتراژ تا عمق 30 سانتی متری دارند، در تیمار FW که از روش جو و پشته استفاده شده، نیتراژ تا زیر ناحیه 90 سانتی متری آبشویی شده است.

شکل 3 مقادیر کلیفرمهای مدفوعی در روی محصولات مورد مطالعه را در تیمارهای پنجگانه را بر حسب حداکثر تعداد احتمالی در 100 میلی لیتر (MPN/100ML) نشان می‌دهد و براساس آزمون دانکن مورد مقایسه قرار داده است. این شکل نشان می‌دهد که بین تیمارهای FN، SDI₁₅ و SDI₃₀ 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.

شکل 4 مقادیر تخم انگل موجود در محصول را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. در این شکل نیز همانطور که مشهود است با افزایش عمق نصب دیرپرها مقادیر تخم انگل موجود در روی محصول کاهش یافته است. همچنین مشابه وضعیت کلیفرمهای مدفوعی، در اینجا نیز تیمارهای SDI₁₅ و SDI₃₀ 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 شکل‌های 5 و 6 بر حسب حداکثر تعداد احتمالی در 100 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

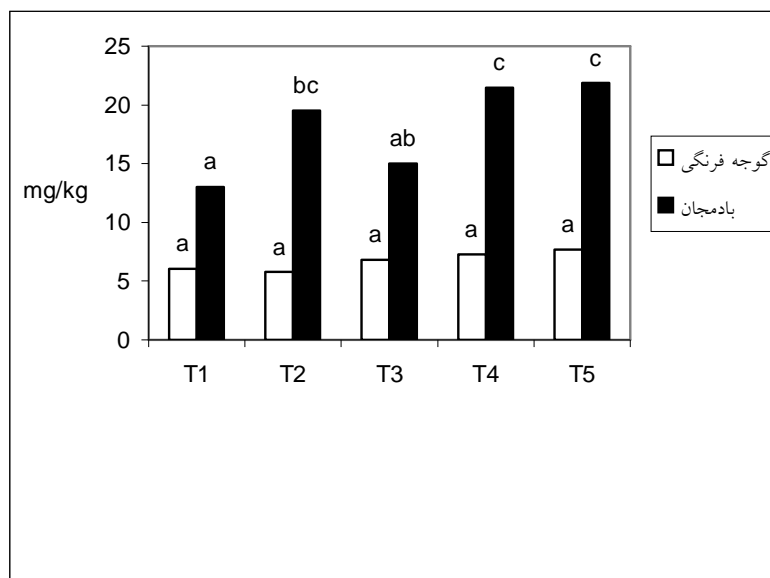
نشان می‌دهد (USEPA, 1993). با مقایسه کلیه مقادیر با استاندارد می‌توان مجاز بودن میزان ورودی این عناصر را نتیجه گرفت. همچنین در بین تیمارهای فاضلابی تیمار سوم کمترین میزان تزریقی عناصر سنگین را به خاک داشته است. همین عناصر در محصول گوجه‌فرنگی نیز آنالیز شده و بر اساس نتایج بدست آمده، در تمامی تیمارها غلظت عناصر مذکور کمتر از حد بحرانی آن بوده است و هیچگونه تجمع غیرمجاز عناصر مشاهده نمی‌شود (جدول ۲).

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

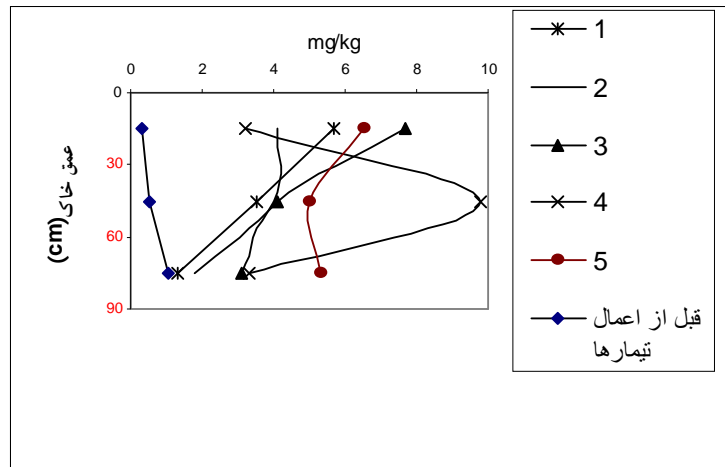
جدول 1- میانگین عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمارهای گوجه فرنگی و بادمجان و مقایسه آن به روش دانکن*

FW	SDI ₃₀	SDI ₁₅	DI	FN	پارامتر	محصول
(AB)44	(BC)37.4	(A)52.4	(A)52.8	(C)34.5	عملکرد	گوجه فرنگی
(C)6.52	(B)10.65	(A)13.15	(B)10.71	(C)5.11	WUE	
(AB)37	(C)25.4	(A)46.4	(AB)41.3	(BC)31.9	عملکرد	بادمجان
(C)5.48	(BC)7.23	(A)11.64	(B)8.38	(D)4.77	WUE	

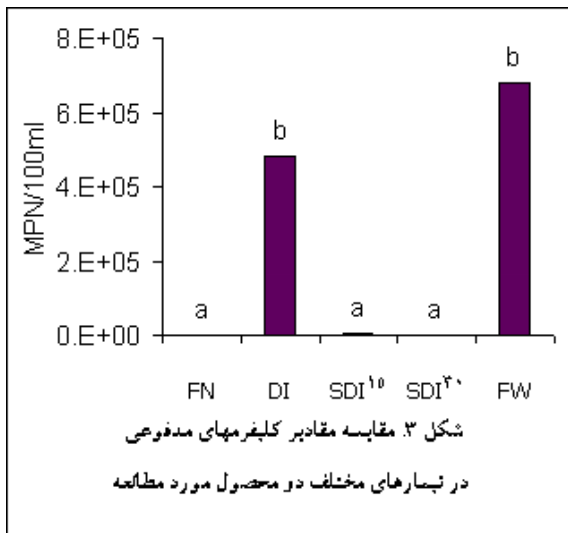
* مقادیری که حروف مشترک دارند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار نداشته اند.



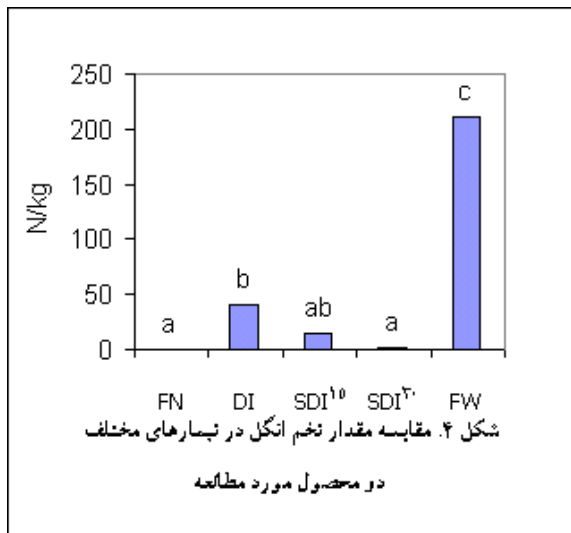
شکل 1 - میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های گوجه فرنگی و بادمجان بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم



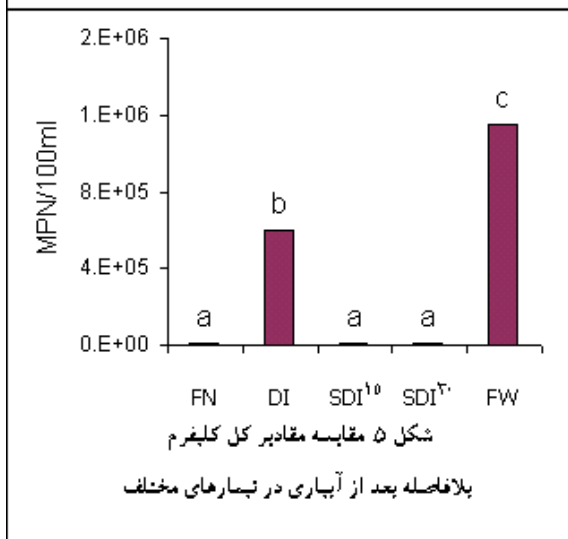
شکل 2 - نمودار میانگین تغییرات ازت نیتراته در لایه های خاک در تیمارهای مختلف



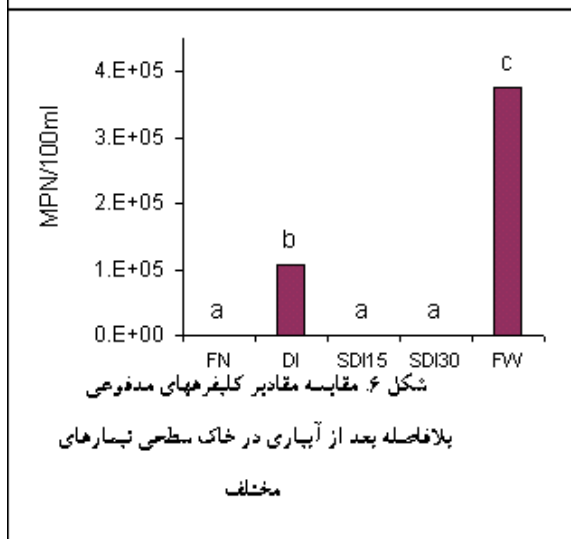
شکل ۳. مقایسه مقادیر کلیفرمهای مدفوعی در تیمارهای مختلف دو محصول مورد مطالعه



شکل ۴. مقایسه مقدار نترن آنکل در تیمارهای مختلف دو محصول مورد مطالعه



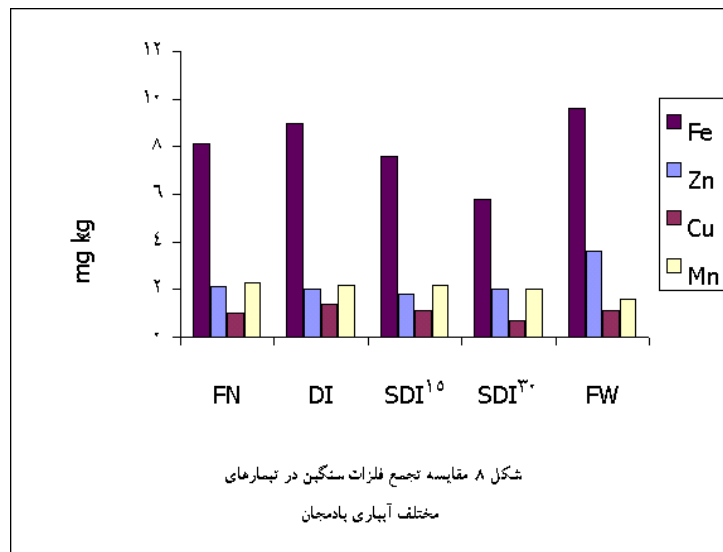
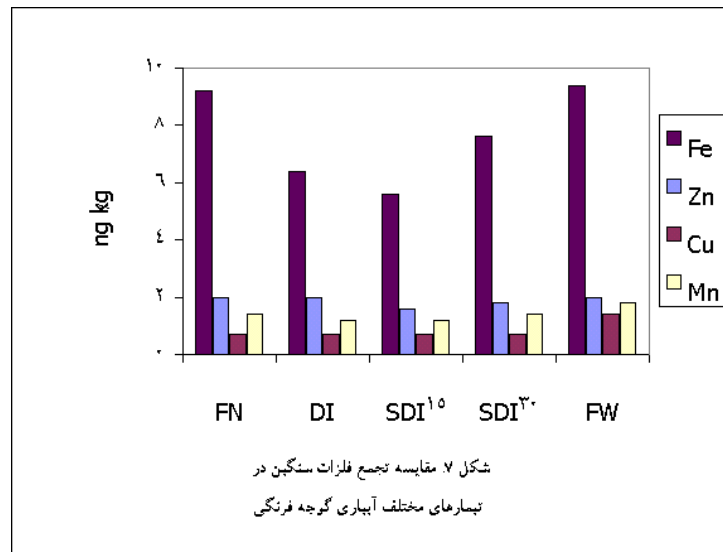
شکل ۵. مقایسه مقادیر کل کلیفرم بلافاصله بعد از آبیاری در تیمارهای مختلف



شکل ۶. مقایسه مقادیر کلیفرمهای مدفوعی بلافاصله بعد از آبیاری در خاک سطحی تیمارهای مختلف

جدول 2- میانگین غلظت فلزات سنگین تزریق شده به خاک در طول مدت آبیاری محصولات مورد مطالعه بر حسب گرم در هکتار در سال

حد مجاز ⁶	FW	SDI ₃₀	SDI ₁₅	DI	FN	پارامتر
-	338	176	199	246	338	Fe
140000	338	176	199	246	338	Zn
-	68	35	40	49	68	Mn
75000	68	35	40	49	68	Cu
1900	68	35	40	49	68	Cd
15000	135	70	80	99	135	Pb



جمع بندی و پیشنهادها

با بررسی نتایج حاصل از عملکرد محصول می توان 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 می شود 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 می یابد، در نتیجه کارآیی مصرف آب در تیمار سوم یا آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی متر با اختلاف معنی داری افزایش می یابد. همچنین نتایج این تحقیق نشان می دهد که در صورت کاربرد روش آبیاری قطره‌ای با توجه به اینکه آیشویی نیرتاتی حداقل می شود، شیوع آلودگی ناشی از کاربرد پساب به اعماق خاک و منابع آب زیرزمینی حداقل می شود.

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 می شود.

بعلاوه نتایج این بررسی نشان می دهد که در صورت کاربرد روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی آلودگی خاک سطحی و آلودگی محصول حداقل می شود. در این حالت بخشی از نگرانی‌های کاربرد پساب فاضلاب در آبیاری محصولات خاص کاهش می یابد 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.

در یک جمع بندی می توان نتیجه گرفت که روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی متر 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 می شود، گسترش نتایج این تحقیق در نقاط مختلف و برای محصولات متفاوت توصیه می شود.

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، حق نیا، 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.