

بررسی اثرات کاربرد پساب فاضلاب تصفیه شده شهری در روش‌های مختلف آبیاری سیب‌زمینی

پیام نجفی^۱، سید فرهاد موسوی^۲ و محمد فیضی^۳

^۱گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، ^۲گروه زراعت دانشگاه صنعتی اصفهان، ^۳مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان
تاریخ دریافت: ۸۱/۱۰/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۳/۵/۵

چکیده

با توجه به کمبود آب با کیفیت خوب، مصرف آب‌های غیرمعارف نظیر پساب فاضلاب شهری، برای استفاده در کشاورزی اهمیت دارد. در این مطالعه، از پساب فاضلاب تصفیه شده ثانویه تصفیه‌خانه جنوب اصفهان برای آبیاری سیب‌زمینی (ارقام مارفونا و نویتا) در فصل زراعی ۸۰-۱۳۷۹ استفاده شد. پنج تیمار مختلف آبیاری شامل آبیاری جوی و پشته با آب چاه (T1)، آبیاری قطره‌ای سطحی با پساب فاضلاب (T2)، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی‌متری زیرسطح خاک با پساب فاضلاب (T3)، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۳۰ سانتی‌متری زیرسطح خاک با پساب فاضلاب (T4) و آبیاری جوی و پشته با پساب فاضلاب (T5) اعمال گردید. نیاز آبی گیاهان براساس مدل ET- HS تعیین و برخی از شاخص‌های آلودگی در آب و محصول اندازه‌گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی منجر به کنترل بیشتر آلودگی‌های زیست‌محیطی شده و در مقایسه با روش آبیاری سطحی مشکلات آلودگی خاک را کاهش داده است. بیشترین عملکرد در تیمار سوم (T3) مشاهده شد (۴۶ تن در هکتار برای رقم مارفونا و ۲۲/۵۶ تن در هکتار برای رقم نویتا). بخشی از این افزایش عملکرد به ابعاد بزرگتر غده‌ها، با رطوبت مناسب‌تر و افزایش نیتروژن قابل استفاده در محیط ریشه نسبت داده شد. تیمار T3 باعث افزایش کارایی مصرف آب شده و براساس آزمون دانکن با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داده است. به لحاظ آلودگی میکروبیولوژیک، تیمارهای T1 و T4 کمترین آلودگی را در سطح غده نسبت به سایر تیمارها نشان داده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پساب فاضلاب، آبیاری قطره‌ای، کارایی مصرف آب

مقدمه

با توجه با بحران کمبود منابع آب و لزوم بهره‌برداری از منابع آب غیرمعارف، بهره‌گیری مطلوب و بهینه از پساب فاضلاب شهری یکی از مباحث مهم تحقیقاتی می‌باشد. در ایران تاکنون در مورد امکان بهره‌برداری از این منبع، تحقیقاتی صورت گرفته است ولی به نظر می‌رسد که در زمینه اعمال مدیریت صحیح در بهره‌برداری

از پساب فاضلاب تصفیه شده در راستای حفظ شرایط زیست‌محیطی و افزایش راندمان بهره‌برداری لازم است تحقیقات جامع‌تری صورت گیرد. سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) گیاهی یکساله است که دارای غده‌های خوراکی است. این محصول، بعد از گندم، برنج، ذرت و جو به‌عنوان مهمترین محصول غذایی جهان طبقه‌بندی شده است (فاجریا و



میزان آلودگی ویروسی محصول را کاهش می‌دهد. میزان مصرف فسفر اغلب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است. همچنین محصول سیب‌زمینی به کمبود کلسیم و منیزیم و پتاسیم حساس است (بیوکما و اندرزاک، ۱۳۷۵). همگی این عناصر، در پساب فاضلاب شهری به میزانی که در طول یک دوره رشد نیاز غذایی گیاه را تأمین کنند، وجود دارند.

وقتی که منبع آب آبیاری، پساب فاضلاب باشد، آنگاه نگرانی‌هایی از بابت آلودگی محصولات برداشتی، تماس کارگران مزارع با عوامل بیماری‌زا و تنش‌های زیست‌محیطی در سطح مزرعه وجود دارد. در این شرایط توجه به روش آبیاری در کنار لحاظ کردن استانداردهای زیست‌محیطی بسیار مهم است. ارون و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که در میان روش‌های مختلف آبیاری، روش قطره‌ای مشکلات کمتری در ارتباط با کاربرد پساب در آبیاری محصولات کشاورزی دارد.

لاور (۲۰۰۰) در تحقیق خود بیان جرمی نیتروژن را در منطقه آریزونا مورد مطالعه قرار داده و امکان آلودگی نیتراتی منابع آبی زیرزمینی را در اثر کاربرد بدون کنترل فاضلاب مذکور زیاد دانسته، در حالیکه فن و راسکین (۱۹۹۸) نشان دادند که کاربرد روش قطره‌ای سطحی و زیرزمینی در زمینه کنترل حرکت نترات، بسته به شرایط توسعه ریشه گیاهان تحت آبیاری موفق است.

ارون و همکاران (۱۹۹۲) با بکار بردن پساب فاضلاب در مزارع آزمایشی واقع در فلسطین اشغالی به این نتیجه رسیدند که در مواقعی که از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود، آلودگی سطوح خاک و گیاه حداقل و زمانی که از سیستم بارانی استفاده می‌شود، مقدار آلودگی حداکثر خواهد بود. همچنین نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در سیستم آبیاری زیرسطحی مقدار نیتروژن در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی کمتر بوده و بنابراین نیتروژن و فسفر وقتی که منبع آب نزدیک ریشه گیاه واقع شده باشد، بهتر جذب می‌شوند. همچنین ارون و همکاران (۱۹۹۹)

همکاران، ۱۳۷۸). سیب‌زمینی، به کمبود آب کاملاً حساس است و وجود آب کافی از زمان ظهور غده‌ها تا رسیدگی کامل، برای عملکرد بالا و کیفیت خوب ضروری می‌باشد (هانگ و همکاران^۱، ۱۹۸۶). در مقابل، دوره‌هایی از تنش می‌تواند بر عملکرد تأثیر منفی داشته باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با کاهش پتانسیل آب برگ، کمتر از ۰/۲- مگاپاسکال، رشد برگ کاهش یافته و در پتانسیل ۰/۵- مگاپاسکال عملاً متوقف می‌شود. زمانی که پتانسیل آب برگ کمتر از ۰/۷- مگاپاسکال باشد، رشد برگ و غده متوقف می‌گردد (تی‌یر و پی^۲، ۱۳۷۶).

وجود تهویه مناسب، رطوبت در دسترس و کوددهی در محل از مزایای خاص روش قطره‌ای است (داسبرگ و ار^۳، ۱۹۹۹) و همین عوامل این فرضیه را زمینه‌سازی می‌کند که روش قطره‌ای بهترین سازگاری را با محصول سیب‌زمینی خواهد داشت. احتیاجات گیاه سیب‌زمینی به عناصر غذایی از دیگر پارامترهای حائز اهمیت در این محصول است و غنی بودن عناصر غذایی در خاک در افزایش عملکرد تأثیر بسزایی دارد. در یک زراعت سیب‌زمینی با عملکرد ۳۰ تن در هکتار ممکن است سیب‌زمینی در خلال رشد خود به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، ۶۰ کیلوگرم اکسید فسفر (P_2O_5)، ۵۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم (K_2O)، ۹۰ کیلوگرم اکسید کلسیم (CaO) و ۳۰ کیلوگرم اکسید منیزیم (MgO) را از خاک خارج کند (بیوکما و اندرزاک، ۱۳۷۵).

مقدار نیتروژن لازم برای کشت سیب‌زمینی بسته به شرایط خاک از ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم متغیر است. مصرف مقدار زیاد نیتروژن، شاخ و برگ را تحریک کرده و تشکیل غده را به تأخیر می‌اندازد. فسفر از دیگر عناصر غذایی مورد نیاز است که اگر مصرف نیتروژن و پتاسیم در محصول افزایش یابد، مصرف فسفر نیز افزایش پیدا می‌کند. گزارش شده است که فسفر تعداد غده‌های تولید شده به ازای هر بوته را افزایش می‌دهد. همچنین فسفر

- 1 - Hang et al
- 2- Ti-yer & Pieth
- 3 - Dasberg & Or



منظور شستشوی سیستم صافی، یک خط شستشوی برگشتی^۱ منظور شد.

در این تحقیق پنج تیمار آبیاری به شرح زیر اعمال گردید:

۱- آبیاری جوی و پشته با عرض پشته ۹۰ سانتی متر با آب معمولی (T1)

۲- آبیاری قطره‌ای سطحی با پساب فاضلاب (T2)

۳- آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی متر با پساب فاضلاب (T3)

۴- آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۳۰ سانتی متر با پساب فاضلاب (T4)

۵- آبیاری جوی و پشته با عرض پشته ۹۰ سانتی متر با پساب فاضلاب (T5)

از میان تیمارهای فوق، تنها در تیمار ۱ معادل ۸۰، ۴۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار NPK در اوایل رشد کوددهی شد. همچنین نتایج آنالیز آب تیمار اول نشان داد که شوری آن در حدود ۰/۴۹ دسی‌زیمنس برمتر و میزان نسبت جذب سدیم اصلاح شده حدود ۱/۸ است که از این لحاظ برای آبیاری محصول سیب‌زمینی مناسب است. به علاوه نتایج تجزیه خاک نشان داد که شوری آن به طور متوسط ۶/۶ دسی‌زیمنس برمتر، SAR آن ۶/۱ و میزان کلر آن ۳۶ میلی‌اکی‌والان بر لیتر است. در تیمارهای آبیاری قطره‌ای، قطر با لوله‌های فرعی ۱۶ میلی‌متر و فاصله قطره چکان‌ها ۳۰ سانتی متر طراحی گردید و نوع در پیرها از نوع داخل خط IEM انتخاب شد. دبی قطره چکان‌ها در ۲/۵ لیتر در ساعت تنظیم گردید. اختلاف آبدهی در ابتدا و انتهای خط ناچیز بود.

آزمایش با ارقام سیب‌زمینی مارفونا^۲ و نویتا^۳ انجام شد. غده‌های سیب‌زمینی در تاریخ ۱۵ اسفند ۱۳۷۹ کشت گردید و در اول تیر ماه ۱۳۸۰ برداشت شد. در هر پشته دو ردیف غده کشت گردید. فاصله پشته‌ها ۹۰ سانتی متر از هم، فاصله غده‌ها در ردیف ۲۰ سانتی متر و عمق کاشت

در تحقیق دیگری نشان دادند روش قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با روش قطره‌ای سطحی آلودگی‌های بیولوژیک کمتری را وارد محیط خاک سطحی نموده است و در نتیجه نگرانی‌های ناشی از تماس مستقیم کارگران با خاک سطحی کاهش می‌یابد.

هدف از این تحقیق، بررسی اثرات استفاده از پساب فاضلاب تصفیه شده در آبیاری محصول سیب‌زمینی در شرایط استفاده از روش آبیاری قطره‌ای است و به این منظور روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در دو عمق متفاوت با روش آبیاری قطره‌ای سطحی، آبیاری جوی و پشته با فاضلاب و آبیاری جوی و پشته با آب معمولی (چاه) به‌عنوان شاهد مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه اصفهان دارای اقلیم خشک با دوره خشکی نسبتاً طولانی است و غالباً در تابستان فاقد بارندگی است. متوسط بارندگی منطقه ۱۲۰ میلی‌متر و متوسط دمای حداکثر و حداقل به ترتیب ۲۳/۱ و ۹/۵ درجه‌سانتی‌گراد می‌باشد. به منظور اجرای این تحقیق، قطعه زمین آزمایشی در محل تصفیه‌خانه جنوب اصفهان به نحوی انتخاب شد که پساب تصفیه شده خروجی برای آبیاری محصولات مورد آزمایش به راحتی قابل دسترسی باشد. این تصفیه‌خانه مجهز به سیستم لجن فعال است و فرایند تصفیه ثانویه در آن به طور کامل انجام می‌شود. بافت خاک، به غیر از لایه اول که لومی است، بقیه لایه‌ها لوم شنی می‌باشد. پس از انتخاب زمین، ایستگاه پمپاژ آبیاری قطره‌ای طراحی شد و فیلترهای شنی و توری به صورت سری نصب گردید. فیلتر شنی در دو لایه ریز و متوسط (لایه فوقانی با قطر مؤثر ۰/۵ میلی‌متر و به ضخامت ۶۰ سانتی‌متر و لایه تحتانی با قطر مؤثر ۱ میلی‌متر و ضخامت ۳۰ سانتی‌متر) طراحی گردید. جهت جریان در این فیلتر از بالا به پائین است. فیلتر توری نیز با توری فلزی ۱۰۰ میکرون، بعد از فیلتر شنی نصب گردید. حداکثر بار هیدرولیکی $2/5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ طراحی گردید. به‌علاوه، به

1- Backwash
2- Marfona
3- Novita



نمونه‌برداری شد و براساس استاندارد متد سال ۱۹۹۵
آنالیز شد (APHA, ۱۹۹۵).

نتایج و بحث

میانگین نتایج تجزیه پساب فاضلاب در طول چندین
مرحله در طول مدت اجرای تحقیق در جدول ۱ ارائه شده
است. جدول ۲ نتایج حاصل از اثرات کاربرد صافی
قطره‌ای را روی برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده نشان
می‌دهد. لازم به ذکر است در طول مدت آبیاری یک مرتبه
در اواسط کشت، شستشوی صافی انجام شد.

براساس توصیه EPA (۱۹۹۲) مقدار BOD_5
به‌عنوان یک شاخص آلودگی پساب باید کمتر از ۳۰
میلی‌گرم در لیتر باشد. مقدار متوسط BOD_5 در پساب
خروجی این تصفیه‌خانه اندکی بیشتر از این مقدار است و
این بدان معنی است که بدون تصفیه تکمیلی، پساب
مذکور از لحاظ استاندارد EPA کیفیت مطلوب را ندارد.
در جدول ۲ مشاهده می‌شود که کاربرد صافی آبیاری
قطره‌ای منجر به حذف ۵۰ درصد BOD_5 در پساب مورد
مطالعه شده است.

میزان مواد معلق موجود در پساب خروجی
تصفیه‌خانه در طول مدت اجرای تحقیق در نوسان بوده و
به طور متوسط مقداری معادل ۵۲ میلی‌گرم در لیتر داشته
است. این مقدار بیش از توصیه EPA برای کاربرد پساب
فاضلاب در آبیاری محصولات غیرسالادی است. در این
حالت نیز کاربرد فیلتر منجر به حذف حدود ۵۴ درصد از
مواد معلق شده و مقدار متوسط آن را به ۲۴ میلی‌گرم در
لیتر رسانده است.

سه پارامتر نیتروژن نیتراسته، نیتروژن آمونیاکی و
نیتروژن کل پساب فاضلاب کمتر از مقادیر استاندارد بوده،
هر چند مقدار نیتروژن آمونیاکی در حدود حد آستانه آن
قرار داشت. بررسی‌های این تحقیق نشان داد که کاربرد
فیلتر به واسطه تشکیل بستر بیولوژیک در سطح فیلتر و
محل نازل‌ها تأثیر قابل توجهی روی میزان نیتروژن
آمونیاکی و نیتروژن کل فاضلاب داشته است، بطوریکه

غده مطابق توصیه مرتضوی (۱۳۷۹)، ۱۰ سانتی‌متر در نظر
گرفته شد. میزان آب موردنیاز گیاه و زمان‌بندی آبیاری
براساس مدل ET-HS انجام شد. میزان آبیاری در تیمار
اول ۷ درصد و در تیمارهای فاضلابی ۱۴ درصد منظور
شد. همچنین با فرض مدل نرمال جذب آب توسط ریشه
(۴۰ درصد در اول، ۳۰ درصد در دوم، ۲۰ درصد در سوم
و ۱۰ درصد در چهارم) و میزان آب سهل‌الوصول، عمق
بحرانی محاسبه و زمان‌بندی آبیاری تعیین گردید (نجفی،
۱۳۸۱).

علاوه بر مدل مذکور، پیاز رطوبتی آبیاری
قطره‌ای براساس معادلات شوارتزمن و زور^۱ تعیین و
حداقل زمان آبیاری در هر دوره تا زمانی در نظر گرفته
شد که خط رطوبتی طول پشته تکمیل گردد (داسبرگ و
اور، ۱۹۹۹).

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 سانتی‌متر حفر و در سه عمق ۳۰-
۶۰-۳۰، ۶۰-۹۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری صورت
گرفت. نمونه‌برداری از خاک قبل از کاشت محصول و
بلافاصله بعد از برداشت محصول صورت گرفت.

پس از برداشت، عملکرد غده تیمارهای مختلف تعیین
گردید. همچنین پارامترهای مختلف در غده سیب‌زمینی از
جمله غلظت عناصر غذایی، عناصر سنگین و شاخص‌های
بیولوژیک (تخم انگل، تعداد کل کلیفرم، تعداد کلیفرم‌های
مدفوعی و تعداد کل باکتری‌ها) در تیمارهای مختلف
آنالیز شد (غازان شاهی، ۱۳۷۶). در طول مدت رشد گیاه،
از آب در سه مرحله ابتدا، اواسط و انتهای کشت



یکی از نگرانی‌های کاربرد پساب فاضلاب، احتمال تجمع عناصر سنگین در خاک و گیاه است. در این تحقیق شش پارامتر کادمیم، سرب، آهن، منگنز، مس و روی مورد آنالیز شد. مقایسه مقادیر این عناصر با حد آستانه سمیت آنها در جدول ۱ نشان‌دهنده حذف قابل توجه عناصر سنگین در پساب ثانویه تصفیه‌خانه مورد مطالعه است.

براساس جدول ۱، میانگین غلظت فسفر کل ۶۶/۶ میلی‌گرم در لیتر و غلظت پتاسیم ۲۳ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شده است. همچنین غلظت نیتروژن در پساب خروجی ۳۳/۹ میلی‌گرم بوده که پس از عبور از سیستم صافی این مقدار به ۶/۵ میلی‌گرم در لیتر رسیده است. بر این اساس در تیمارهای آبیاری قطره‌ای با توجه به کل آب مصرفی، معادل ۵۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و فسفر و معادل ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به خاک وارد شده است. در تیمار آبیاری سطحی با فاضلاب نیز مقدار NPK به ترتیب ۸۳، ۸۳ و ۱۵۵ تن در هکتار برآورد شده است.

میانگین عملکرد تیمارهای مختلف آبیاری و کنارآبی مصرف آب در جدول ۲ ارائه شده است. مقایسه نتایج عملکرد نشان می‌دهد که در رقم مارفونا تیمارهای سوم و پنجم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته و در رده اول قرار دارند. تیمارهای اول و دوم نیز اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته و در رده دوم قرار دارند و تیمار چهارم در رده آخر قرار گرفته است. در رقم نویتا تیمار سوم با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داده و در رده اول قرار دارد. تیمار پنجم با تیمارهای اول و دوم اختلاف معنی‌داری ندارد و در رده بعدی قرار داشته و تیمار چهارم ضمن آنکه با تیمارهای اول و

میزان نیتروژن آمونیاکی بعد از فیلتراسیون به ۴/۶۲ و مقدار نیتروژن کل به ۶/۵ میلی‌گرم در لیتر رسیده است. همچنین مقدار نیتروژن نیتراسته بعد از صافی و در محل قطره چکان‌ها حدود ۵۱ درصد کاهش یافته است. این مقادیر نشان می‌دهد که کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای به همراه فیلتراسیون مذکور می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش نگرانی‌های ناشی از آلودگی نیتراتی در محیط خاک و منابع آب زیرزمینی در شرایط کاربرد پساب فاضلاب شهری در آبیاری محصولات کشاورزی داشته باشد.

از آنجا که در تصفیه‌خانه جنوب اصفهان گندزدایی اجرا نمی‌شود، مقادیر شاخص‌های بیولوژیک آن بسیار بیشتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی می‌باشد، بطوریکه میانگین مقدار کلیفرم مدفوعی آن برحسب MPN/100ml حدود $10^6 \times 6/2$ بوده است، در حالی که حد آن برای محصولات بدون فرآوری ۱۰۰۰ می‌باشد. همچنین مقدار تخم انگل در پساب خروجی ۳/۵ عدد در لیتر بوده است در حالی که توصیه سازمان بهداشت جهانی، ۱ عدد در لیتر می‌باشد. در مورد این پارامترها نیز کاربرد فیلتراسیون منجر به تعدیل خطرات ناشی از کاربرد پساب فاضلاب شده است. جدول ۲ نشان می‌دهد که مقدار کل باکتری‌ها بعد از فیلتراسیون حدود ۹۹، کل کلیفرم ۹۸، کلیفرم مدفوعی ۹۳، و تخم انگل ۵۷ درصد کاهش یافته است، هر چند بدین لحاظ هنوز شرایط قابل قبول فراهم نشده است.

مقادیر EC، SARadj و یون‌های ویژه (Na, Cl, B) همگی گویای شرایط قابل قبول و مناسب پساب در آبیاری سیب‌زمینی است (جدول ۱).



جدول ۱- میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در پساب فاضلاب و آب شبکه مقایسه آنها با مقادیر استاندارد.

پارامتر	واحد	آب معمولی	پساب فاضلاب	حد آستانه
EC	dS/m	۰/۴۹۸	۱/۴۵	۱/۷ ^۱
SAR _{adj}	-	۱/۸	۷/۹۸	۴-
N	mg/l	-	۳۳/۹	۵۰ ^۲
P	mg/l	-	۶۶/۶	-
K	mg/l	-	۲۳/۰۳	-
Na	mg/l	۱/۴	۶/۳	۹ ^۳
Cl	mg/l	۱/۴	۵/۰۶	۱۵ ^۱
B	mg/l	۰/۱۳	۰/۴۲	۱-۲ ^۱
Cd	mg/l	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱ ^۳
Cu	mg/l	۰/۰۶	۰/۱	۰/۲ ^۳
Fe	mg/l	۰/۰۱	۰/۰۵	۵ ^۳
Pb	mg/l	۰/۰۲۸	۰/۰۲	۰/۱ ^۲

Mn	mg/l	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲ ^۳
Zn <th>mg/l</th> <td>۰/۰۵</td> <td>۰/۰۵</td> <td>۲^۳</td>	mg/l	۰/۰۵	۰/۰۵	۲ ^۳
SO4 <th>meq/l</th> <td>۱/۶</td> <td></td> <td>۵^۲</td>	meq/l	۱/۶		۵ ^۲
HCO3 <th>meq/l</th> <td>۲</td> <td>۶/۸</td> <td>۸/۵^۳</td>	meq/l	۲	۶/۸	۸/۵ ^۳
Mg <th>meq/l</th> <td>۱/۲</td> <td>۲/۳۵</td> <td>۱۲/۵^۲</td>	meq/l	۱/۲	۲/۳۵	۱۲/۵ ^۲
Ca <th>meq/l</th> <td>۲/۴</td> <td>۴/۹</td> <td>-</td>	meq/l	۲/۴	۴/۹	-
pH <td>-</td> <td>۷/۴</td> <td>۷/۴۸</td> <td>-۸/۵^۳</td>	-	۷/۴	۷/۴۸	-۸/۵ ^۳
				۶/۵

۱- با فرض ۲۰ درصد آبشویی برای محصول سیب‌زمینی
(Ayers and Westcot, 1985)
۲- ROWE (1996)
۳- FAO (1995)
۴- میزان نسبت جذب سدیم با توجه میزان شوری قابل قبول است.

جدول ۲- اثرات کاربرد صافی روی برخی از پارامترهای خاص پساب فاضلاب تصفیه شده.

پارامتر	واحد	قبل از صافی	بعد از صافی	بازده حذف برحسب درصد	حد آستانه
BOD ₅	mg/l	۳۴/۴۳	۱۷/۱۵	۵۰/۱۸	۳۰ ^۱
TSS	mg/l	۵۲	۲۴	۵۳/۸۴	۳۰ ^۱
N-NO ₃	mg/l	۱/۲۸	۰/۶۱	۵۲/۳۴	۳۰ ^۲
N-NH ₄	mg/l	۲۹/۱۶	۴/۶۲	۸۴/۱۵	۳۰ ^۲
N-NO ₂	mg/l	-	-	-	۱ ^۱
TN	mg/l	۳۳/۹	۶/۵	۸۱	۵۰ ^۳
تعداد کل باکتریها	N/ml	۸/۶×۱۰ ^۶	۹/۳×۱۰ ^۴	۹۸/۹۲	۱۰۰۰۰ ^۵
تعداد کل کلیفرم	MPN/100ml	۴/۶×۱۰ ^۴	۱/۱×۱۰ ^۵	۹۷/۶۱	-
کلیفرم مدفوعی	MPN/10ml	۳/۴×۱۰ ^۴	۲/۳×۱۰ ^۳	۹۳/۲۴	۱۰۰۰ ^۴
تعداد تخم انگل	N/L	۳/۵	۱/۵	۵۷/۱۴	۱ ^۴

WHO -۴
Nakayama -۵

۱- براساس استاندارد US-EPA (۱۹۹۲)
۲- Ayers and Westcot
۳- Rowe



داشته است. در مقابل، با افزایش عمق قطره چکان‌ها به ۳۰ سانتی‌متر (تیمار چهارم) و نبود رطوبت کافی در محل رشد ریشه، خصوصاً در اوایل رشد، عملکرد کاهش یافته است.

با توجه به میزان کل آب مصرفی و عملکرد تیمارهای مختلف، میزان کارایی مصرف آب (WUE) برای ارقام سیب‌زمینی در جدول ۳ مورد مقایسه قرار گرفته است.

دوم اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد، اما در رده آخر قرار گرفته است. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از پساب فاضلاب به دلیل تزریق تدریجی عناصر غذایی به خاک باعث افزایش عملکرد شده است ضمن آنکه در شرایط آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی‌متر به واسطه مطلوبیت پیاز رطوبتی و تزریق عناصر غذایی در محل توسعه ریشه، این افزایش عملکرد نمود بیشتری

لازم به ذکر است که میزان Cd و Pb موجود در غده‌ها در حد حساسیت دستگاه نبوده است. شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهند که بین تیمار اول، که شرایط استفاده از آب معمولی است، با سایر تیمارهای مربوط به استفاده از پساب فاضلاب هیچگونه اختلاف قابل توجهی مشاهده نمی‌شود. همچنین بین تیمارهای فاضلابی، تیمار سوم کمتر از سایر تیمارها این عناصر را جذب نموده است.

ارزیابی ویژگی‌های میکروبیولوژیک محصول، یکی از مسائل اساسی در هنگام کاربرد فاضلاب در آبیاری محصولات کشاورزی است. در این تحقیق چهار پارامتر کل کلیفرم، مقدار کلیفرم‌های مدفوعی، تعداد تخم انگل و تعداد کل باکتری‌ها در نمونه‌های غده محصول اندازه‌گیری شد (جدول ۴). براساس این جدول، تعداد تخم انگل در تیمار پنجم میزان قابل توجهی نسبت به سایر تیمارها افزایش نشان می‌دهد در حالی که سایر تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. از سوی دیگر از لحاظ کلیفرم‌های مدفوعی، تیمار پنجم به واسطه تماس بدون کنترل فاضلاب با محصول بیشترین آلودگی را داشته، تیمار سوم در رده بعدی قرار دارد و تیمارهای اول، دوم و چهارم با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهند.

نتایج حاصل نشان می‌دهد که تیمار سوم با سایر تیمارها در هر دو رقم اختلاف معنی‌داری دارد. در رقم مارفونا تیمارهای اول و پنجم در رده دوم، تیمار اول در رده سوم و تیمار چهارم در رده آخر از لحاظ پارامتر WUE قرار دارند. ولی در مورد رقم نوبتا بجز تیمار سوم، اختلاف سایر تیمارها معنی‌دار نیست. به‌علاوه، تیمار سوم به دلیل تأمین شرایط مطلوب رشد غده در زیر سطح خاک از قبیل رطوبت در دسترس و تهویه مناسب‌تر، بخصوص در مقایسه با روش جوی و پشته در شرایط فیزیکی بهتری بوده است.

میزان نیتروژن نیتراتی تجمع یافته در نمونه‌های تر غده سیب‌زمینی در تیمارهای استفاده از فاضلاب حائز اهمیت است. حد بحرانی سمیت نیترات تجمع یافته در وزن تر غده سیب‌زمینی ۲۵۰ میلی‌گرم ذکر شده است (ملکوتی، ۱۳۷۸). نتایج حاصل از تجزیه غده‌ها نشان می‌دهد که مقادیر موجود در غده‌های سیب‌زمینی اختلاف قابل توجهی با مقدار مذکور دارد. به‌علاوه بجز تیمار چهارم در رقم مارفونا، بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری از لحاظ تجمع نیترات در غده سیب‌زمینی مشاهده نمی‌شود (جدول ۳).

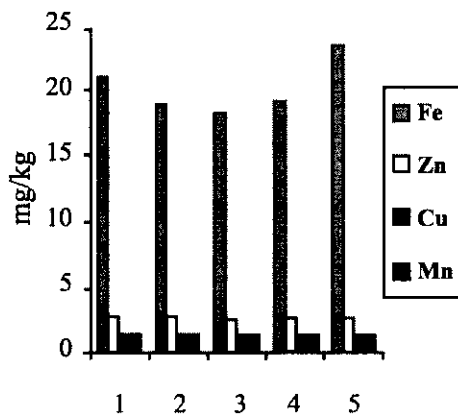
شکل‌های ۱ و ۲ مقادیر Fe, Cu, Mn و Zn را در تیمارهای مختلف دو رقم مارفونا و نوبتا نشان می‌دهند.

جدول ۳- میانگین عملکرد، کارایی مصرف آب و نیتروژن نیتراته موجود در ارقام سیب‌زمینی در تیمارهای مختلف آبیاری^۱

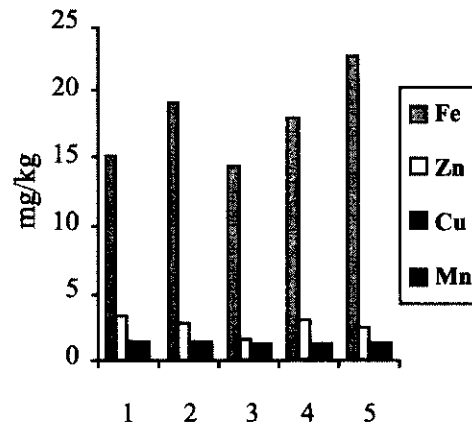
رقم	تیمار	میانگین عملکرد tons/ha	WUE kg/m ³	N-NO ₃ mg/l
مارفونا	T1	۲۷/۵۶ ^b	۲/۲۴ ^b	۱۹/۹۷ ^a
	T2	۲۸/۱۲ ^b	۴/۷۹ ^b	۲۹/۹۳ ^{ab}
	T3	۴۶/۰۲ ^a	۷/۸۴ ^a	۲۸/۴۰ ^{ab}
	T4	۷/۳۷ ^c	۱/۲۶ ^d	۳۸/۲۳ ^b
	T5	۴۵/۱۱ ^a	۵/۳۰ ^b	۲۳/۷۰ ^{ab}
نوبتا	T1	۹/۱۱ ^{bc}	۱/۰۷ ^b	۱۷/۴۶ ^a
	T2	۸/۰۶ ^{bc}	۱/۳۷ ^b	۲۲/۸۶ ^a
	T3	۲۲/۵۶ ^a	۳/۸۴ ^a	۲۲/۸۰ ^a
	T4	۵/۵۲ ^c	۰/۹۴ ^b	۲۳/۶۰ ^a
	T5	۱۱/۶۱ ^b	۱/۳۶ ^b	۲۲/۲۰ ^a

^۱ مقادیری که حروف مشترک دارند، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.





شکل ۱- مقایسه تجمع فلزات سنگین در غده تیمارهای مختلف رقم مارفونا.



شکل ۲- مقایسه تجمع فلزات سنگین در غده تیمارهای مختلف رقم نوینا.

جدول ۴- مقادیر پارامترهای میکروبیولوژیک موجود در غده‌های سیب زمینی در تیمارهای مختلف^۱.

تعداد کل کلیفرم MPN/100ml	کلیفرمهای مدفوعی MPN/100ml	تعداد کل باکتریها N/ml	تخم انگل N/Kg	تیمار
۱۱۵۰۰۰ ^a	۹۰۰ ^a	۱۴۴۶۷۰۰ ^a	۱۷۲ ^a	۱
۱۶۸۳۳۰۰ ^a	۱۹۱۷ ^a	۱۶۵۳۳۰۰ ^a	۲۵۷ ^a	۲
۳۳۶۶۷۰۰ ^b	۴۱۶۷ ^b	۴۳۰۰۰۰۰ ^a	۳۸۳ ^a	۳
۱۵۳۳۰۰۰ ^a	۱۹۳۳ ^a	۲۹۷۳۳۰۰ ^a	۲۲۹ ^a	۴
۷۳۳۳۰۰۰ ^c	۷۱۰۰ ^c	۴۱۹۰۰۰۰ ^a	۱۱۶۷ ^b	۵

^۱ مقادیری که حروف مشترک دارند، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

سیب‌زمینی، پساب فاضلاب تصفیه‌خانه جنوب اصفهان شرایط قابل قبولی دارد، ولی برخی از شاخص‌های آلودگی و بیولوژیک پساب مذکور از حد توصیه شده در استانداردها بالاتر است. در این صورت کاربرد صافی آبیاری قطره‌ای، در کاهش این مقادیر بسیار مؤثر بوده است.

۲- استفاده از پساب فاضلاب در آبیاری سیب‌زمینی منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. هر دو رقم سیب‌زمینی سازگاری بسیار مطلوبی را با روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی‌متر نشان دادند، بخصوص از لحاظ کارایی مصرف آب، استفاده از روش قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی‌متر منجر به اختلاف معنی‌دار با سایر روش‌های آبیاری مورد مطالعه شده است.

از لحاظ تعداد کل باکتری در یک گرم نمونه محصول، هیچیک از محصولات با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. در نهایت از لحاظ تعداد کل کلیفرم بیشترین مقدار مربوط به تیمار پنجم است و تیمار سوم، دوم و چهارم در رده‌های بعدی قرار دارند. این موارد همگی نشان‌دهنده این است که اولاً استفاده از روش قطره‌ای باعث کنترل بیشتر آلودگی در سطح خاک و گیاه شده است و ثانیاً نشان می‌دهد که در تیمارهای دوم و چهارم که محل قطره چکان با محل غده اندکی فاصله داشته است، فیلتر خاک باعث کاهش آلودگی در محل محصول شده است.

نتیجه گیری

۱- در مجموع نتایج حاصل از تجزیه پساب نشان داد که به لحاظ شاخص‌های کیفی آب برای آبیاری محصول



۳۰ سانتی متری شرایط بهتری را نسبت به آبیاری قطره‌ای ۱۵ سانتی متری دارد. بنابراین، با توجه به این که سیب‌زمینی یک محصول غده‌ای است، استفاده از دو مخزن فیلتر به صورت سری برای سیب‌زمینی توصیه می‌شود.

همچنین این بررسی نشان داد که رقم نویتا سازگاری بهتری را با روش قطره‌ای نسبت به رقم مارفونا دارد. ۳- کاربرد روش قطره‌ای باعث بهبود کیفیت محصول از لحاظ خصوصیات میکروبیولوژیک می‌گردد. در بین تیمارهای آبیاری، قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی

منابع

۱. بیوکما، ا.ج. و دی. واندرزاگ. ۱۳۷۵. زراعت سیب‌زمینی. ترجمه عبدالمجید رضایی و افشین سلطانی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۷۹ صفحه.
۲. تی. پر، آی. دی. و ام. ام. پیت. ۱۳۷۶. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. ترجمه عوض کوچکی و محمد حسینی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ صفحه.
۳. غازان شاهی، ج. ۱۳۷۶. آنالیز خاک و گیاه. انتشارات همای تهران، ۳۱۱ صفحه.
۴. فاجریا، ان. کا. بالیگار، دی. سی. واج. ا. جونز. ۱۳۷۸. رشد و تغذیه گیاهان زراعی. ترجمه قدرت ا... فتحی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۷۲ صفحه.
۵. مرتضوی، م. ۱۳۷۹. بررسی اثرات عمق و زمان کاشت بر عملکرد ارقام مختلف سیب‌زمینی در منطقه اصفهان. گزارش پژوهشی موسسه بذر و نهال سازمان تحقیقات کشاورزی استان اصفهان.
۶. ملکوئی، م. ج. ۱۳۷۸. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی. ۴۶۰ صفحه.
۷. نجفی، پ. ۱۳۸۱. بررسی مدل بهره برداری از فاضلاب در آبیاری. رساله دکتری در رشته آبیاری و زهکشی واحد علوم و تحقیقات. ۳۰۴ صفحه.
8. Ayers, R.S., and D.W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. FAO, irrigation and Drainage Paper 29, Rev. 1, FAO, Rome, 174 p.
9. APHA. 1995. Standard methods for the Examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington D. C. 1566 p.
10. Dasberg, S., and D. Or. 1999. Drip irrigation. Springer – Verlag, Heidelberg, Germany, 162 p.
11. EPA. 1992. Guideline for water reuse (manual). U.S.EPA, Washington D.C., 247 p.
12. Hang, A.N., and D. E. Miller. 1986. Yield and physiological responses of potato to deficit, high frequency sprinkler irrigation. Agronomy Journal 78: 436-440.
13. Lauer, L. 2000. Nitrogen mass balance for municipal wastewater. Practice Periodical of Hazardous, Toxic and Radioactive Waste Management 4(1):36-38.
14. Nakayama, F.S. 1989. Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. Proc. Irrigation Association Conference, 21-24 February 1989, Portland Oregon.
15. Oron, G., C., Campos, I., Gillerman, and M. Salgot. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Agricultural Water Management 38: 223-234.
16. Oron, G., Y., Demalach, Z., Hoffman, and Y. Manor. 1992. Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control. Water Science. Tech. 26(7/8):1593-1601.
17. Pescode, M.B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO, Irrigation and Drainage Paper 47, 118 pp.
18. Phene, C.J., and R. Ruskin. 1998. Nitrate management of wastewater with subsurface drip irrigation. Geoflow Inc. Available on Internet (www.Geoflow.com).
19. Rowe, D.R., and I.M. Abdel. 1995. Handbook of wastewater reclamation and reuse. CRC Publisher, 576 p.
20. WHO. 1989. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture. Technical Report No. 778, World Health Organization, Geneva, 74 p.



Effects of using municipal wastewater in irrigation of potato

P. Najafi¹, S. F. Mousavi² and M. Faizi³

¹Dept. of Agronomy, Islamic Azad University, Khorasgan Campus, ²Dept. of Agronomy, Isfahan University of Technology, ³Agriculture Research Center, Isfahan, Iran

Abstract

Whenever good quality water is scarce, water of marginal quality, such as treated municipal wastewater, will be considered for using in agriculture. In this study, secondary treated municipal wastewater effluent of Isfahan Wastewater Treatment Plant is used to irrigate two varieties of potato (Morfona and Navita) in 2000-2001 cropping season. Five irrigation treatments including: furrow irrigation with well water (T1), drip irrigation with treated wastewater (T2), subsurface drip irrigation (at a depth of 15 cm) with treated wastewater (T3), subsurface drip irrigation (at a depth of 30 cm) with treated wastewater (T4) and furrow irrigation with treated wastewater (T5) were considered. Crop water requirement was determined by ET-HS model and some contamination indices were measured in irrigation water and potato tubers. The results showed that surface and subsurface drip irrigation has decreased soil pollution as compared to furrow irrigation. T3 had highest yield (46 tons per hectare for Marfona and 22.56 tons per hectare for Navita). Part of this increase in the yield over other treatments was attributed to better soil moisture and more available nitrogen. T3 had the highest water use efficiency, too. T1 and T4 treatments had the least microbiologic contamination.

Keywords: Wastewater effluent; Drip irrigation; Water use efficiency

۷۰

