مجله علوم کشاورزی ایران
جلد ۳۶، شماره ۵، سال ۱۳۸۴ (۱۲۲۲-۱۲۱۵)

مقایسه خصوصیات آفتابگردان، ذرت و چغندرقند تحت سیستم‌های مختلف آبیاری با پساب

بهروز مصطفی‌زاده‌فرد[۱]، سید علی‌محمد میرمحمدی میبدی[۲] و محمد یاریان‌کوپائی[۳]
۱، ۲، ۳، دانشیاران و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
تاریخ پذیرش مقاله ۸۳/۱۱/۲۱

خلاصه

این مطالعه به منظور درک اثر پساب (فاضلاب تصفیه شده) در دو نوع سیستم آبیاری سطحی و بارانی بر عملکرد چغندرقند، ذرت وآفتابگردان انجام شد. از دو قطعه آزمایشی برای اعمال تیمارهای آبیاری با پساب و آب چاه استفاده شد. در هر قطعه به طور مجزا آبیاری به صورت بارانی و سطحی روی سه محصول ذرت، آفتابگردان و چغندرقند هر یک در ۹ تکرار اجرا شد. آبیاری با پساب در مقایسه با آب چاه باعث افزایش معنی‌دار عملکرد، کاهش درصد قند و افزایش عملکرد ناخالص قند در چغندرقند شد. در ذرت و آفتابگردان اختلاف معنی‌داری بین تیمار پساب و تیمار آب چاه مشاهده نشد. همچنین تفاوت عملکرد چغندرقند، ذرت و آفتابگردان از نظر آماری در دو سیستم آبیاری اعمال شده معنی‌دار نبود. اندازه‌گیری عناصر ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، سدیم، آهن، مس، روی ، نیکل و کادمیوم در شاخ و برگ گیاهی نشان داد بین تیمارها از نظر جذب این عناصر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. پساب به دلیل غنی‌بودن از نظر ازت، فسفر و دیگر عناصر پرمصرف و کم‌مصرف می‌تواند به عنوان یک منبع آب برای آبیاری در منطقه استفاده شود و کاربرد کودهای تجاری را کاهش دهد. آبیاری با پساب فاضلاب، هیچ گونه اثر زیان‌آور روی گیاهان این مطالعه نداشت.

واژه‌های کلیدی: فاضلاب تصفیه‌شده، سیستم‌های آبیاری، عملکرد محصول

مقدمه

استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری در بخش کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک که با کمبود آب روبرو هستند مهم می‌باشد. امروزه این منبع در بخش کشاورزی توانسته است از طریق رفع بخشی از مشکلات کم‌آبی و کودهای مصرفی باعث افزایش تولید گردد و در بازیافت فاضلاب شهری به مسائل زیست محیطی کمک نماید (۷، ۸، ۱۳). تاریخچه استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری گیاهان به تمدنهای غربی و یونان باستان و به زمانهای خیلی قبل نسبت داده شده است. این امر در آلمان قدمتی بیشتر از ۳۰۰ سال دارد (۱۴، ۱۹). استفاده از فاضلاب برای آبیاری در بسیاری از کشورها بخصوص در نواحی گرم و خشک متداول است. در هندوستان اولین مزرعه در سال ۱۸۹۵ با فاضلاب آبیاری گردید. در سال ۱۹۸۶ بیشتر از ۱۵۰ مزرعه با وسعت ۱۲۰۰۰ هکتار با استفاده از حداقل ۵۰۰ میلیون متر مکعب فاضلاب در سال آبیاری می‌شد. در سال ۱۹۳۹ فاضلاب شهری حاصل از فعالیت ۷ میلیون نفر در آلمان به مصارف کشاورزی رسید و در سال ۱۹۶۱ حدود ۱۲۰ تا ۳۰۰ میلیون متر مکعب فاضلاب به این طریق استفاده گردید (۱۲). در ژاپن استفاده مجدد از پسابها در کشاورزی از سال ۱۹۶۸ آغاز شد و هر روز بر حجم آن افزوده می‌شد. بطوری که تا سال ۱۹۹۶ نزدیک به ۱۳ میلیون متر مکعب در سال پساب به منظور آبیاری استفاده می‌شد (۳). در قرن نوزدهم طرح‌های استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در مقیاس وسیع در بسیاری از کشورهای در حال توسعه و پیشرفته اجرا و سیستم‌های

مکاتبه کننده: بهروز مصطفی زاده فرد
E-mail:behrouz@cc.iut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

جمع‌آوری فاضلاب شهری در اروپا و آمریکا و برخی از شهرهای ایران برای آبیاری معمول شد.

مارکو دومونت و سیلوارا سوسا (۱۹۹۲) به‌کارگیری موفقیت‌آمیز پساب فاضلاب تصفیه شده را برای آبیاری سورگوم، ذرت و آفتابگردان گزارش و نشان دادند عملکرد سورگوم آبیاری شده با پساب در مقایسه با عملکرد سورگوم آبیاری شده با آب معمولی اختلافی حدود ۴/۴۵ تن در هکتار داشت، بدون اینکه در ترکیب شیمیایی عناصر درونی گیاه تغییرات زیادی صورت گیرد و یا باعث آلودگی در گیاه شود. در آبیاری مزارع علوفه و چغندرقند علوفه‌ای آلمان با پساب فاضلاب تصفیه شده در مقایسه با مزارع تحت آبیاری معمولی نیز موجب تولید محصول بیشتر شده است. تجربیات مشابهی نیز در نیوجرسی آمریکا گزارش شده است (۱۷). کاربرد فاضلاب تصفیه شده در سال ۱۹۶۳ در پنسیلوانیا موجب افزایش ۱۳۵ درصد محصول علوفه و افزایش ۱۹ تا ۳۰ درصدی مقدار نیتروژن دانه گندم، ۵۰ درصدی عملکرد ذرت دانه‌ای، ۱۰۳ تا ۱۳۶ درصدی عملکرد ذرت علوفه‌ای و ۱۷ تا ۵۱ درصدی عملکرد جو شده است (۱۷).

عابدی و همکاران (۱۳۸۲) در مطالعه‌ای تأثیر آبیاری بارانی و سطحی با پساب تصفیه شده بر شوری خاک را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که استفاده از پساب کاهش شوری خاک را در پی دارد. ولی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۱) تأثیر پساب تصفیه شده بر رشد و عملکرد ذرت را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه ذرت تحت تیمار آبیاری با پساب فاضلاب افزایش می‌یابد و استفاده از پساب نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد.

اگرچه دفع زیرزمینی فاضلاب شهری و صنعتی یک عمل متعارف است ولی اثرات سوء زیست محیطی حاصل از کاربرد بعضی از فاضلاب‌ها وجود دارد (۱۶). استفاده مجدد از فاضلاب در آبیاری به دلیل وجود میکروارگانیسم‌ها و مواد سمی شیمیایی در فاضلاب می‌تواند با مخاطرات بهداشتی همراه باشد که معمولاً در دو بخش خطرات بهداشتی فردی و خطرات بهداشتی محصولات کشاورزی قابل پیش‌بینی است. خطرات بهداشتی فردی اغلب از میکروارگانیسم‌های بیماریزا، انگل و مواد سمی شیمیایی موجود در فاضلاب ناشی می‌گردد. در حالی که خطرات بهداشتی محصولات کشاورزی در نتیجه فعل و انفعالات برخی از اجزاء فاضلاب با خاک و گیاه اتفاق می‌افتد (۹، ۱۵). در شهر تبریز طی سال‌های ۷۵ و ۷۶ به علت آبیاری مزارع صیفی‌جات و سبزیجات توسط فاضلاب خام شهری مرگ و میر تعدادی از شهروندان را به دنبال داشت (۲). علیزاده و همکاران (۱۳۷۴) در تحقیقات خود، بکارگیری پساب فاضلاب را در زراعت هویج و کاهو به لحاظ بهداشتی مردود دانسته و استفاده از پساب را در زراعت خیار و گوجه‌فرنگی توصیه می‌نماید.

با توجه به کمبود آب آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک و نیاز به استفاده از پساب به عنوان تأمین بخشی از آب آبیاری ضرورت دارد در مورد اثرات آبیاری محصولات زراعی با پساب فاضلاب تصفیه شده و تغییرات احتمالی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این محصولات و جذب عناصر غذایی و فلزات سنگین تحت سیستم‌های مختلف آبیاری مطالعه شود.

ارزیابی عملکرد سه محصول آفتابگردان، ذرت و چغندرقند شامل بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی هر یک از سه محصول تحت دو سیستم آبیاری بارانی و سطحی با دو تیمار آب زیرزمینی و پساب تصفیه خانه فاضلاب شاهین شهر اصفهان از اهداف این مطالعه است .

مواد و روش‌ها

جهت انجام آزمایش‌ها از دو قطعه زمین آزمایشی موجود در محدوده زمینهای زراعی تصفیه‌خانه فاضلاب‌شاهین شهر اصفهان با نفوذپذیری نهائی حدود ۲ سانتی‌متر در ساعت استفاده شد (۱). طرح آماری استفاده شده، طرح آشیانه‌ای (کاملا تصادفی با نمونه‌برداری) بود. خاک قطعه آزمایشی ۱ با پساب آبیاری و خاک قطعه آزمایشی ۲ با آب چاه آبیاری گردید. هر قطعه به ۲ بلوک مجزا تقسیم و دو سیستم آبیاری جویچه‌ای و بارانی اعمال گردید. سپس سه محصول ذرت، چغندرقند و آفتابگردان هر یک در ۹ تکرار به طور تصادفی کشت شد. کرت‌ها (تکرار) هر یک ۲۰ مترمربع مساحت داشتند. روش آبیاری بارانی از نوع نیمه متحرک با جابجایی دستی بود. این کار از طریق نصب لوله اصلی پلی اتیلنی با قطر ۷۵ میلی‌متر در زیرزمین در امتداد طولی مزارع آزمایشی و قراردادن شش شیر آبگیر با فواصل ۱۵ متر

Archive of SID

www.SID.ir

روی لوله اصلی به منظور انتقال آب از لوله اصلی به لوله‌های فرعی سیستم آبیاری بارانی اجرا شد. لوله‌های فرعی هر یک ۳ اینچ قطر داشته و از قطعات آلومینومی ۶ متری اتصال سریع تشکیل شده بودند. آبپاش‌ها از نوع VYR مدل ۳۵ با دبی متوسط ۰/۵۳ لیتر در ثانیه در فشار ۳ اتمسفر که در فواصل ۱۲ متری توسط علمک روی لوله‌های فرعی نصب گردیده بودند. هر آبیاری با چهار آبپاش انجام شد و دبی کل سیستم برابر ۲/۱۲ لیتر بر ثانیه بود. برای توضیح بیشتر در مورد مشخصات سیستم آبیاری و آبپاش‌های مورد استفاده به مرجع (۱۱) رجوع شود. پمپ مورد استفاده برقی و از نوع پمپیران مدل KL-40-4 با قدرت ۳ اسب بخار بود. به منظور ذخیره آب برای سیستم آبیاری بارانی استخر مکعبی شکل‌بتونی به ابعاد ۱/۷ × ۳ × ۵ متر در نزدیکی کرت‌های آزمایشی احداث گردید تا بتوان آب را از استخر به لوله اصلی پمپاژ و سپس به لوله‌های فرعی و آبپاش‌ها انتقال داد. در قطعه آزمایشی ۲ استخر ذخیره بتونی در بالادست کرت‌های آزمایشی از قبل موجود بود که از آن برای آبیاری سطحی و بارانی با آب چاه استفاده شد. برای کنترل دبی به کرت‌ها از فلومWSC تیپ ۲ استفاده گردید. جهت برآورد نیاز آبی گیاه و برنامه‌ریزی آبیاری از نرم‌افزار CROPWAT استفاده گردید. دور آبیاری با توجه به آب مورد نیاز گیاه در دوره حداکثر نیاز برای آفتابگردان و ذرت ۱۰ روز و برای چغندرقند ۸ روز در نظر گرفته شد. برای آبیاری بارانی راندمان ۶۷ درصد و برای آبیاری سطحی راندمان ۴۷ درصد تخمین زده شد. سپس برای هر یک از سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی، با توجه به راندمان آبیاری، عمق توسعهٔ ریشه و کمبود رطوبت خاک میزان آب آبیاری در هر آبیاری محاسبه و اعمال گردید. توضیح بیشتر در مورد برآورد نیاز آبی گیاه و محاسبات آبیاری در مرجع (۱۱) ارائه شده است.

قطعه‌های آزمایشی قبل از کاشت توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و ضمن اضافه نمودن ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیم به زمین توسط دیسک و ماله هموار گردید. در کرت‌های مربوط به کشت آفتابگردان و ذرت جویچه‌هایی به فواصل ۷۵ سانتیمتر ایجاد گردید. به منظور کنترل علف‌های هرز، مقدار ۲ لیتر در هکتار سم تریفلورالین به آب آبیاری اضافه گردید و زمین قبل از کشت آبیاری شد. بذرهای آفتابگردان حدود ۱۲ ساعت قبل از کاشت در محیطی اشباع، مرطوب نگه داشته، سپس به فواصل ۳۰ سانتی متر و عمق حدود ۵ سانتی‌متر روی پشته‌ها با دست در کرت‌های مربوط کشت‌گردید. در هر حفره ۳ بذر قرار داده شد که پس از استقرار کامل در مرحله ۴ برگی بوته‌های اضافی حذف شد. بذرهای ذرت روی پشته‌ها به عمق ۵ سانتیمتر و به فواصل ۱۵ سانتی متر با دست کشت شد و بلافاصله آبیاری انجام گرفت. بذرهای چغندرقند ۲۴ ساعت قبل از کاشت در محیطی اشباع، مرطوب نگه داشته، سپس در ردیفهای ۵۰ سانتی‌متری با فاصله بذرها ۲۵ سانتی‌متر به صورت دستی در عمق تقریباً ۳ سانتی‌متری روی ردیف‌ها کشت گردید و در مرحله ۶ برگی تنک شد. علفهای هرز مزرعه در طول فصل رشد به طور دستی وجین شد. قبل از شروع دوره زایشی ذرت و آفتابگردان و همچنین در مرحله ۸ برگی چغندرقند مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بر اساس آزمایشات خاک به صورت سرک داده شد. با توجه به وجود عناصر کافی در پساب، به خاک کرت‌های تحت آبیاری با پساب کود شیمیایی اضافه نشد. در آفتابگردان صفات ارتفاع گیاه، اندازه و قطر طبق، عملکرد در واحد سطح (از تقسیم وزن دانه بر سطح برداشت)، شاخص برداشت (از تقسیم وزن خشک دانه به وزن کل خشک نمونه)، دانه و شاخه برگ اندازه‌گیری شدند. در چغندرقند پارامتر طول و قطر غده، درصد قند به کمک دستگاه ساکارومتر و عملکرد محصول در واحد سطح اندازه‌گیری شد. در ذرت صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ، عملکرد در واحد سطح، طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در ستون و تعداد دانه در ردیف بلال و شاخص برداشت تعیین گردید. همچنین میزان جذب عناصر غذایی و فلزات سنگین نظیر مس، روی، کادمیوم، آهن، کلسیم، نیکل و فسفر در نمونه‌های شاخ و برگ گیاهان مورد مطالعه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی و عناصر سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری صفات فوق یک ردیف از هر کرت به خاطر اثر حاشیه‌ای حذف و تعداد ۱۰ گیاه به طور تصادفی از هر کرت انتخاب شد و میانگین اندازه هر صفت و برای هر یک از گیاهان به طور جداگانه ثبت شد و بقیه محصول

Archive of SID

www.SID.ir

جهت تعیین عملکرد برداشت شد. از کیسه‌های پلاستیکی و آون (دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت) برای جمع‌آوری و خشک‌کردن نمونه‌ها و از ترازو برای توزین آنها استفاده شد. نمونه‌های چغندرقند قبل از اندازه‌گیری پارامترها توسط آب شستشو و با کمپرسور باد خشک گردید. جهت تعیین عملکرد محصول در واحد سطح تعداد کل غده در مساحتی به ابعاد ۳×۴ متر در هر کرت شمارش شدند. از حاصلضرب تعداد کل غده‌ها در متوسط وزن کل غده‌ها، عملکرد محصول بدست آمد. جهت تعیین درصد قند از ۳ قسمت مختلف هر غده مقداری توسط دستگاه برش برداشت شد و مقدار ۲۶ گرم از خمیر چغندرقند با ۱۷۷ میلی لیتر استات سرب به‌مدت ۳ دقیقه مخلوط و صاف گردید و درجه پلاریزاسیون آن به وسیله دستگاه ساکارومتر قرائت شد.

نتایج و بحث

مقدار اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD) و شیمیایی (COD) موجود در پساب فاضلاب خروجی شاهین‌شهر (جدول ۱) از حد استاندارد پیشنهاد شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) و سازمان حفاظت از محیط زیست ایران کمتر و در نتیجه برای مصارف کشاورزی در حد قابل قبول تلقی شد. با این حال بیشتر از حد مجاز بودن مجموع مواد جامد معلق (TSS) و کدورت فاضلاب تصفیه شده، از حد مجاز ارائه شده بین‌المللی در دراز مدت ممکن است موجب گرفتگی آبپاش‌ها، قطره چکانها و کاهش نفوذپذیری خاک و در نتیجه افزایش تجمع رسوب این ذرات در سطح خاک شود. مقایسه کیفیت آب چاه و پساب (جدول ۱) نشان داد تفاوت مقدار پ-هاش آب چاه و فاضلاب تصفیه شده از نظر آماری معنی‌دار نبوده و هر دو در محدوده مناسب برای آبیاری بودند. شوری پساب در حد متوسط (EC = ۱/۸۱ dS/m) ولی شوری آب چاه (EC = ۴/۷۸ dS/m) که در منطقه برای آبیاری استفاده می‌شد بالا بود. نسبت جذب سدیم (SAR) برای آب چاه و پساب فاضلاب به ترتیب ۶/۳۳ و ۳/۷ بود که مقدار این پارامتر برای آب چاه ازمقدار پیشنهاد شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) بیشتر بود (۱۴). استفاده از آب چاه با کیفیت فوق برای آبیاری بارانی تا حدی موجب سوختگی برگها شد. مقدار غلظت کلر در آب آبیاری برای درختان میوه که به روش بارانی آبیاری می‌شوند، نباید از ۵-۲ میلی‌اکی والان در لیتر تجاوز نماید (۵). غلظت عناصر سنگین، آهن، روی و منگنز در پساب کمی بیشتر از آب چاه است ولی غلظت بقیه عناصر تقریباً باهم مشابه بودند.

جدول ۱- کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه شاهین‌شهر و آب چاه استفاده شده

پارامتر	واحد اندازه‌گیری	مقدار (پساب)	مقدار (آب چاه)
اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)	mg/l	۲۸/۹	—
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)	mg/l	۵۸/۴۳	—
کل مواد محلول (DS)	mg/l	۸۵۰/۶۶	—
مواد جامد معلق (SS)	mg/l	۳۷/۱۲	—
کل مواد جامد (TS)	mg/l	۸۷۵/۱	—
هدایت الکتریکی (EC)	dS/m	۱/۸۱	۴/۷۸
کدورت		۱۰/۴۲	—
درجه حرارت	C°	۲۱/۹۵	—
پ هاش (pH)	ـــــ	۷/۸۳	۷/۴۸
فسفر (P)	mg/l	۱۰/۷۶	—
پتاسیم (K)	mg/l	۲۵/۶۴	—
ازت کل (N)	mg/l	۲۷/۶۷	—
کادمیوم (Cd)	mg/l	۰/۰۱	۰/۰۱
مس (Cu)	mg/l	۰/۰۱	۰/۰۱
آهن (Fe)	mg/l	۰/۰۶۶	۰/۰۱
منگنز (Mn)	mg/l	۰/۰۹	۰/۰۵
نیکل (Ni)	mg/l	۰/۰۱	۰/۰۲
سرب (Pb)	mg/l	۰/۰۱۶	۰/۰۲
روی (Zn)	mg/l	۰/۰۵۴	۰/۰۱
کلسیم (Ca)	meq/l	۴/۳	۱۳/۹۳
کلر (Cl)	meq/l	۶/۳۴	۳۳/۹۲
منیزیم (Mg)	meq/l	۳/۶۸	۱۲/۳۲
سدیم (Na)	meq/l	۷/۴۱	۲۲/۹۵
سولفات (SO4)	meq/l	۳/۲۶	۲۲/۳۴

جدول ۲ تأثیر نوع آب آبیاری و سیستم آبیاری را بر عملکرد چغندرقند نشان می‌دهد. تفاوت عملکرد چغندرقند در آبیاری با پساب در مقایسه با آبیاری با آب چاه از نظر آماری در سطح ۵

Archive of SID

www.SID.ir

درصد معنی‌دار بود. بیشتر بودن عملکرد چغندرقند در آبیاری با پساب را احتمالاً می‌توان به خاطر وجود عناصر غذایی مختلف مورد نیاز چغندرقند و بالاخص غلظت بالای ازت، فسفر و پتاسیم در پساب و همچنین پایین بودن میزان کلر و سولفات (جدول ۱)، مرتبط دانست. نوع سیستم آبیاری بر عملکرد چغندرقند در واحد سطح تأثیر قابل توجهی نداشت (جدول ۲)، اگرچه عملکرد چغندرقند در سیستم آبیاری بارانی بیشتر از سیستم آبیاری سطحی بوده ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

اختلاف میزان درصد قند تولیدی در آبیاری با آب چاه در مقایسه با میزان درصد قند در آبیاری با پساب در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشتر بودن درصد قند در آبیاری با آب چاه به دلیل رشد رویشی بیشتر این گیاه در شرایط آبیاری با پساب که عناصر مختلف از جمله نیتروژن از ابتدای فصل تا انتهای فصل رشد به وفور در اختیار گیاه بود، توجیه می‌شود. تحقیقات اخیر (۱) در مورد آنالیز عناصر خاک قطعات آزمایشی وفور عناصر مختلف از جمله نیتروژن در قطعه آزمایشی تیمار شده با پساب شاهین‌شهر را تأیید می‌نماید.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء عملکرد چغندرقند تحت دو نوع آب آبیاری و سیستم آبیاری متفاوت

تیمار / صفت	واحد	سطحی پساب	بارانی پساب	سطحی چاه	بارانی چاه
عملکرد غده تن در هکتار		۸۰/۲ a*	۸۳/۲ a	۶۱/۳ b	۶۲/۷ b
درصد قند گرم در ۱۰۰ گرم		۱۱/۸۳ a	۱۱/۶۸ a	۱۴/۴۹ b	۱۳/۳۶ c
عملکرد قند تن در هکتار		۹/۴۸ a	۹/۷ a	۸/۸۸ b	۸/۳۷ b
طول غده سانتی‌متر		۴۱/۹ a	۴۲/۹ a	۳۴/۸ b	۳۷/۵ b
قطر غده سانتی‌متر		۱۴ a	۱۳/۹ a	۱۱/۷ b	۱۲/۴ b

* اعدادی که در هر ردیف حروف مشابه گرفته‌اند در سطح ۵ درصد آزمون t-test اختلافشان معنی‌دار نیست.

نوع سیستم آبیاری اثر معنی‌داری بر میزان درصد قند نداشت، اما اگر درصد قند بر مبنای واحد آب مصرفی محاسبه شود، با توجه به راندمان بالای سیستم آبیاری بارانی و مصرف کمتر آب در مقایسه با سیستم آبیاری سطحی، چنین به نظر می‌رسد که اثر قابل توجه باشد. جدول ۲ نشان می‌دهد طول غده چغندرقند و قطر آن در آبیاری با پساب در مقایسه با طول غده چغندرقند و قطر آن در آبیاری با آب چاه بیشتر و از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. این افزایش عمدتاً بواسطه وجود عناصر غذایی از جمله نیتروژن در پساب بود که موجب افزایش رشد ریشه را فراهم نموده است. این افزایش می‌تواند موجب کاهش درصد قند و افزایش عملکرد در واحد سطح شود. طول و قطر غده چغندرقند در آبیاری بارانی در مقایسه با طول و قطر غده در آبیاری سطحی مشابه و از نظر آماری اختلاف معنی‌دار نداشتند.

غلظت برخی از عناصر غذایی و فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در ریشه چغندرقند در جدول ۳ ارائه شده است. عناصر غذایی موجود در ریشه چغندرقند در آبیاری با پساب و آبیاری با آب چاه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند. مقدار روی در چغندرقند آبیاری شده با پساب کمتر از میزان روی در چغندر قند آبیاری‌شده با آب چاه بود. به نظر می‌رسد دلیل این مسئله فراوانی مقدار فسفر در پساب و کاهش قابلیت جذب روی در شرایط حضور مقدار زیاد فسفر قابل جذب در خاک به دلیل اثر متقابل دو عنصر روی و فسفر باشد.

جدول ۳- برخی عناصر غذایی و فلزات سنگین موجود در چغندرقند آبیاری شده با آب چاه و پساب

تیمار / ترکیب	واحد	سطحی پساب	بارانی پساب	سطحی چاه	بارانی چاه
ازت کل	درصد	۱/۲۸	۱/۱۴	۱/۲۲	۱/۲۵
پروتئین	درصد	۸	۷/۲	۷/۶	۷/۸
پتاسیم	درصد	۳/۷	۳/۷	۲/۹	۳/۱
سدیم	درصد	۰/۸۸	۰/۷۸	۰/۶۹	۰/۸۳
فسفر	درصد	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۳
کلسیم	درصد	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۴۴	۰/۰۵
آهن	ppm	۶۳/۳	۶۶/۵	۵۹/۵	۶۸/۵
روی	ppm	۲۱	۲۴	۲۶/۵	۲۹
نیکل	ppm	۳	۳/۳	۳/۶	۳/۳
مس	ppm	۱۴/۶۷	۱۴/۶۷	۱۴/۳	۱۶
کادمیوم	ppm	۰	۰	۰	۰

Archive of SID

www.SID.ir

در جدول ۴ نتایج اثر نوع آب آبیاری و سیستم آبیاری بر عملکرد و شاخص برداشت ذرت ارائه شده است. عملکرد دانه ذرت در آبیاری با پساب در مقایسه با آب چاه از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. احتمالاً عناصر غذایی پر مصرف موجود در پساب نظیر ازت، فسفر و پتاسیم به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی عمل کرده است. شاخص برداشت ذرت برای نوع آب آبیاری و سیستم آبیاری از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری نداشتند. در جدول ۵ میزان برخی از عناصر جذب شده و تجمع فلزات سنگین در ترکیب دانه ذرت ارائه شده است. ترکیب این عناصر در تیمارهای مختلف نوع آب آبیاری و سیستم آبیاری از لحاظ آماری معنی‌دار نبود و پساب تأثیری در تغییر ترکیب ذرت نداشت. مارکو دومونت و سیلوارا سوسا (۱۹۹۲) نیز با به کارگیری فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری ذرت، آفتابگردان و سورگوم نیز به نتایج مشابهی مبنی بر ایجاد تغییرات خیلی کمی در ترکیب گیاه به واسطه آبیاری با فاضلاب تصفیه شده دست یافتند.

جدول ۴- مقایسه عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت تحت دو نوع آب آبیاری و سیستم آبیاری متفاوت

صفت / تیمار	واحد	سطحی پساب	بارانی پساب	بارانی چاه
عملکرد در واحد سطح	تن در هکتار	*۷/۰۷ a	۷/۱۶ a	۶/۹۵ a
شاخص برداشت	درصد	۴۶/۸ a	۴۵/۳ a	۴۲ a
ارتفاع گیاه	سانتی‌متر	۲۲۷/۲ a	۲۳۱ a	۲۲۷/۹ a
ارتفاع گل تاجی	سانتی‌متر	۴۰ a	۴۱/۱۱ a	۴۰/۳۳ a
تعداد برگ	عدد	۱۴/۶۸ a	۱۴/۴۴ a	۱۴/۳۳ a
تعداد بلال	عدد	۱ a	۱ a	۱ a
طول بلال	سانتی‌متر	۱۷/۱۱ a	۱۷/۳۳ a	۱۷/۲۲ a
قطر بلال	سانتی‌متر	۴/۷۸ a	۴/۸۹ a	۴/۶۷ a
تعداد دانه در ردیف	عدد	۱۵/۲ a	۱۵/۳ a	۱۵/۱ a
تعداد دانه در ستون	عدد	۳۹ a	۳۸/۸ a	۳۷/۷ a

* اعدادی که در هر ردیف حروف مشابه گرفته‌اند در سطح ۵ درصد آزمون t-test اختلافشان معنی‌دار نیست.

اثر نوع آب آبیاری و سیستم آبیاری بر عملکرد دانه و شاخص برداشت آفتابگردان در جدول ۶ نشان داده شده است. عملکرد آفتابگردان در تیمارهای پساب و آب چاه در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. همچنین شاخص برداشت آفتابگردان در تیمار پساب و تیمار آب چاه و در تیمارهای آبیاری سطحی و بارانی از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبودند.

جدول ۵- برخی عناصر غذایی و فلزات سنگین موجود در دانه ذرت آبیاری شده با آب چاه و پساب

ترکیب / تیمار	واحد	سطحی پساب	بارانی پساب	بارانی چاه
ازت	درصد	۱/۵۶	۱/۵۲	۱/۵۹
پروتئین	درصد	۹/۷۷	۹/۵۳	۹/۹۵
پتاسیم	درصد	۰/۴	۰/۴	۰/۴
سدیم	درصد	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۴
فسفر	درصد	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۳۳
کلسیم	درصد	۰/۰۲۴	۰/۰۲	۰/۰۲
آهن	ppm	۸۸	۱۰۷	۱۰۰/۳
روی	ppm	۴۱	۳۸	۲۴
نیکل	ppm	۱۱	۱۱	۱۴
مس	ppm	۱۳/۳	۱۳/۶	۱۴

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء عملکرد آفتابگردان تحت دو نوع آب آبیاری و سیستم آبیاری متفاوت

صفت / تیمار	واحد	سطحی پساب	بارانی پساب	بارانی چاه
عملکرد	تن در هکتار	۲/۵ a	۲/۶ a	۲/۳ a
شاخص برداشت	درصد	۳۰ a	۲۹/۶ a	۲۸/۱ a
ارتفاع گیاه	سانتی‌متر	۲۱۷/۲ a	۲۰۶/۹۵ a	۲۰۷/۸ a
قطر طبق	سانتی‌متر	۲۳/۴۷ a	۲۳/۲۵ a	۲۲/۵۶ a

* اعدادی که در هر ردیف حروف مشابه گرفته‌اند در سطح ۵ درصد آزمون t-test اختلافشان معنی‌دار نیست.

میزان برخی از عناصر جذب شده و فلزات سنگین توسط گیاه آفتابگردان در تیمارهای آب چاه و پساب تقریباً یکسان بود (جدول ۷). بنابراین آبیاری با پساب در این آزمایش تغییراتی را در ترکیب گیاه ایجاد نکرد، اما مقدار روی جذب شده توسط گیاه در تیمار پساب کمتر از مقدار روی جذب شده توسط گیاه در تیمار آب چاه بود. این امر احتمالاً به دلیل فراوانی میزان فسفر در پساب بوده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- برخی عناصر غذایی و فلزات سنگین موجود در دانه آفتابگردان آبیاری شده با آب چاه و پساب

تیمار / ترکیب	واحد	سطحی پساب	بارانی پساب	بارانی چاه
ازت کل	درصد	۳/۵۶	۳/۴۲	۳/۸
پروتئین	درصد	۲۲/۳	۲۱/۴۵	۲۳/۷
پتاسیم	درصد	۱/۸	۲/۰۴	۲/۱
سدیم	درصد	۰/۱۲	۰/۱۲۵	۰/۱۴
فسفر	درصد	۰/۰۲۵	۰/۰۳	۰/۰۲۹
کلسیم	درصد	۰/۹۷	۱/۰۲	۰/۹۰۸
آهن	ppm	۱۱۶	۱۴۷	۱۳۰
روی	ppm	۵۶	۶۳/۶	۷۰
نیکل	ppm	۱۶	۱۷	۱۳
مس	ppm	۱۸	۱۷	۲۰

جدول ۸- برخی عناصر غذایی و فلزات سنگین موجود در شاخ و برگ آفتابگردان آبیاری شده با آب چاه و پساب

تیمار / ترکیب	واحد	سطحی پساب	بارانی پساب	بارانی چاه
ازت کل	درصد	۱/۱۱	۱/۲	۱/۳۶
پروتئین	درصد	۶/۹۴	۷/۵	۸/۵
پتاسیم	درصد	۶/۲۶	۵/۵۲	۶/۱۹
سدیم	درصد	۰/۲۳	۰/۶۵	۰/۷۷
فسفر	درصد	۰/۱۸	۰/۲۴	۰/۲۲
کلسیم	درصد	۶/۴	۴/۳۸	۵/۱
روی	ppm	۳۱	۳۳	۳۹
نیکل	ppm	۱	۲	۱
مس	ppm	۲۲	۲۳	۲۶

برخی از عناصر غذایی و فلزات سنگین جذب شده توسط اندام هوایی آفتابگردان در جدول ۸ ارائه شده است. مقدار سدیم جذب شده توسط آفتابگردان در تیمار آب چاه در مقایسه با تیمار پساب بیشتر بوده که دلیل آن احتمالاً وجود سدیم بیشتر در آب چاه است. همچنین‌میزان سدیم جذب شده توسط اندام هوایی در تیمار آبیاری بارانی بیشتر از میزان سدیم جذب شده در تیمار آبیاری سطحی است که دلیل آن جذب مستقیم سدیم توسط اندام هوایی است. در ضمن‌چون در سیستم آبیاری بارانی آب مستقیماً روی اندام هوایی گیاه ریخته می‌شود سدیم جذب برگ گیاه می‌گردد و در صورتی که گیاه حساس باشد می‌تواند به گیاه صدمه بزند. میزان روی جذب شده توسط گیاه نیز درتیمار پساب کمتر از تیمار آب چاه است که دلیل آن فراوانی میزان فسفر در پساب است. سایر عناصر جذب شده توسط گیاه در تیمار آب چاه و پساب تقریباً مشابه یکدیگربوده و تغییرات قابل ملاحظه‌ای دیده نشد. بنابراین آبیاری با پساب تغییری در ترکیب گیاه بوجود نمی‌آورد. لازم به ذکر است با توجه به شرایط و ساختمان نامناسب خاک در قسمت آبیاری سطحی با آب چاه برای پلات‌های تحت کشت ذرت و آفتابگردان در این پلات‌ها اندازه‌گیری صورت نگرفت.

نتیجه‌گیری کلی

آبیاری با پساب (فاضلاب تصفیه شده شهری) در مقایسه با آب چاه باعث افزایش عملکرد، کاهش درصد قند و افزایش عملکرد ناخالص قند در چغندرقند شد که این افزایش عملکرد که در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود و کاهش درصد قند که در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود، عمدتاً بدلیل وجود عناصر غذایی، بالا بودن میزان نیتروژن و پائین بودن میزان کلر و سولفات موجود در پساب بوده است. عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت و آفتابگردان در تیمارهای آبیاری با پساب و آب چاه اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشتند . این موضوع نشان می‌دهد عناصر غذایی پر مصرف موجود در پساب نظیر ازت، فسفر و پتاسیم می‌توانند جایگزین کودهای شیمیایی گردند که علاوه بر برداشت قابل قبول محصول در هزینه نیز صرفه‌جویی گردد. تفاوت قابل توجهی در جذب عناصر غذایی و فلزات سنگین در گیاه چغندرقند، آفتابگردان و ذرت بین‌تیمارهای آب چاه و پساب مشاهده نشد. بنابراین آبیاری با پساب تأثیری در ترکیب گیاه نخواهد گذاشت. علاوه بر این سیستم آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه چغندرقند، آفتابگردان و ذرت ندارد.

سپاسگزاری

این پروژه تحقیقاتی از طریق طرح ملی تحقیقات شماره M58 و با حمایت شورای پژوهشهای علمی‌کشور انجام یافته است. از مسئولین دانشگاه صنعتی اصفهان به خاطر تأمین بخشی از امکانات مورد نیاز طرح، از مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان، مدیریت تصفیه‌خانه شاهین شهر و مدیریت کشت و دام قیام شاهین شهر به خاطر همکاری در اجرای طرح تشکر می‌گردد .

Archive of SID

www.SID.ir

منابع مورد استفاده **REFERENCES**

۱. باقری، م. ۱۳۷۹. اثرات پساب و سیستم‌های آبیاری بر برخی خواص فیزیکی، شیمیایی و آلودگی خاک تحت کشت چند محصول زراعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۶۶ صفحه.

۲. بندری، خ.، قدوسی، ف. و ع. سمیعی. ۱۳۷۸. جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب تبریز در آبیاری. نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۲۸، صفحات ۱۰۴-۹۵.

۳. توکلی، م. و م. طباطبائی. ۱۳۷۸. آبیاری با فاضلاب- تصفیه شده. نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۲۸، صفحات۲۶-۱.

۴. عابدی کوپایی، ج.، افیونی، م.، مصطفی‌زاده، ب.، موسوی، ف. و م. ر. باقری. ۱۳۸۲. تأثیر آبیاری بارانی و سطحی با پساب تصفیه شده بر شوری خاک. مجله آب و فاضلاب، شمارهٔ ۴۵، صفحات ۱۲-۲.

۵. علیزاده، ا. مترجم. ۱۳۶۸. کیفیت آب در آبیاری، انتشارات آستان قدس رضوی. ۹۳ صفحه.

۶. علیزاده، ا. ۱۳۷۴. استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب‌های خانگی در آبیاری سبزیجاتی که بصورت خام مصرف می‌شوند. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۷. عرفان منش، م. ۱۳۷۶. اثر تیمارهای لجن فاضلاب بر برخی خصوصیات خاک و جذب و تراکم عناصرسنگین به وسیله اسفناج و گوجه فرنگی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی‌اصفهان .

۸. منزوی، م. ۱۳۶۷. فاضلاب شهری، جلد دوم: تصفیه فاضلاب، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۶۶ صفحه.

۹. ناصری، س. ۱۳۷۸. اثرات بهداشتی استفاده از پساب‌ها در کشاورزی. نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شمارهٔ ۲۸، صفحات ۳۴-۲۷.

۱۰. ولی‌نژاد، م.، مصطفی‌زاده، ب. و ع. م. میرمحمدی میبدی. ۱۳۸۱. اثر پساب تصفیه شده شاهین‌شهر بر خصوصیات زراعی و شیمیایی ذرت تحت سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شمارهٔ ۱، صفحات ۱۱۵-۱۰۳.

۱۱. یاریان کوپائی، م. ۱۳۷۹. اثرات پساب و سیستم‌های آبیاری بر عملکرد چند محصول زراعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۱۳ صفحه.

12. Arceivala. S. J. 1981. Wastewater treatment for pollution contol. Tata McGrow-Hill, publishing company limited New Delhi.
13. Crites, R., & G. Tchobanoglous. 1998. Small and decentralized wastewater management systems, McGrow-Hill.
14. Hespanhol, I., & A. M. E. Prost. 1994. WHO guidelines and national standards for reuse and water quality. Wat. Res. 28 (1): 119-124.
15. Kirkham, M. B. 1986. Problems of using wastewater on vegetable crops. Hort Science. 21 (1): 24-27.
16. Levey, D. B., & W. F. Kearncy. 1999. Irrigation of native rangeland using treated wastewater from in situ uranium processing. J. Env. Qual., Vol. 28. pp. 208-217.
17. Mahida, U. N. 1981. Water pollution and disposal of wastewater on land. Tata McGrow-Hill Publishing Company limited. New Delhi, 323 P.
18. Marecos do Monte, M. H., & M. E. Silva e Sousa. 1992. Effects on crops irrigation with faculative pond effluent. Wat. Sci. Tech. 26 (7-8): 1603-1613.
19. Metcalf & Eddy. 1979. Wastewater engineering: treatment disposal, reuse. McGrow - Hill, Inc., New York, N. Y.

Archive of SID

www.SID.ir