

ارزیابی آثار آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر برخی خصوصیات خاک

اعظم ابوالحسنی زرجوع^۱، غلامرضا زهتابیان^۲، ناصر مشهدی^۱، حسن خسروی^{۲*}، مهدی سلطانی گردفرامرز^۳

۱. تهران، دانشگاه تهران، مرکز تحقیقات بین الملل بیابان، گروه همزیستی با بیابان، محیط زیست و منابع طبیعی

۲. تهران، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی

۳. یزد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد

(تاریخ تحویل: ۹۳/۰۴/۳۱ - تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱۵)

چکیده

بحران آب از مسائل اساسی مناطق خشک مانند ایران است که به تازگی به دلیل خشکسالی‌های پی در پی شدت یافته است. بنابراین استفاده از آب‌های نامتعارف، در مناطقی که آب با کیفیت مناسب در دسترس نیست، رو به فزونی است. یکی از این منابع، پساب شهری است که می‌تواند نیاز غذایی گیاه را نیز تأمین کند و در صورتی که تأثیر منفی بر خاک و آب نداشته باشد، می‌تواند در آبیاری توأم با طرح‌های بیابان‌زدایی استفاده شود. در این تحقیق، آثار فاضلاب تصفیه شده شهری بر برخی خصوصیات خاک در محدوده تصفیه‌خانه شهر یزد بررسی شد. به این منظور، نمونه‌های خاک از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر از سه منطقه شاهد، منطقه درختکاری شده و آبیاری شده با پساب و نیز منطقه بدون پوشش گیاهی متأثر از پساب (اراضی رها شده)، برداشت شد. نتایج نشان داد که مواد آلی، SAR و شوری در مناطق متأثر از پساب به ترتیب حدود ۰/۴۵، ۱۱۲/۸۰ و ۶/۲۵ درصد کمتر از منطقه شاهد بود، اما غلظت پتاسیم، فسفر، ازت و اسیدیته خاک در مناطق متأثر از پساب به ترتیب حدود ۱۲۲ ppm، ۱۲/۸۳ ppm، ۰/۰۰۴ درصد بود که ۰/۴ بیشتر از منطقه شاهد بود. آهک در اراضی رها شده به مقدار ۰/۵۲ درصد بیشتر از منطقه شاهد بود و در منطقه درختکاری و آبیاری شده با پساب به مقدار ۱/۶ درصد کمتر از منطقه شاهد بود.

واژه‌های کلیدی: آب‌های نامتعارف، آبیاری، بحران آب، فاضلاب تصفیه شده، یزد.

۱. مقدمه

به شرط آنکه استفاده اصولی از آن به همراه تصفیه مناسب پساب باشد [۲]. در واقع، استفاده از فاضلاب در آبیاری را می‌توان راهکاری برای جبران کمبود آب قابل دسترس در نظر گرفت. در این راستا، بررسی پیامدهای کاربرد فاضلاب تصفیه شده شهری بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در راستای پایداری اراضی امری ضروری است [۳].

لزوم بهره‌گیری از منابع آبی غیر متعارف، موضوعی است که امروزه خود را به عنوان یک ضرورت اجتناب ناپذیر به‌ویژه برای کشور ما نمایان ساخته است. برخی کارشناسان استفاده از پساب‌های خانگی در کشاورزی و فضای سبز را به عنوان راه حلی مناسب برای دفع فاضلاب می‌دانند [۴]. تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از آب‌های نامتعارف از جمله فاضلاب در امر آبیاری و آثار آن بر خاک، در مناطق مختلف جهان صورت

رشد جمعیت و افزایش نیاز آبی، کشور ما را که جزء مناطق خشک جهان محسوب می‌شود در مرز شرایط بحران آب قرار داده است [۱]. کمبود آب یکی از چالش‌هایی است که امروزه جهان با آن مواجه شده است. محدودیت منابع آبی توجه محققان و مسئولان را به استفاده اصولی از آب‌های غیر متعارف مانند آب‌های شور و پساب شهری و صنعتی معطوف ساخته است. پساب شهری علاوه بر تأمین آب می‌تواند نیاز غذایی گیاه را تأمین کند. طرح‌های استفاده از فاضلاب و پساب در مقیاس وسیع در کشورهای صنعتی و در حال توسعه در حال اجراست. به دلیل توسعه شهرها و افزایش مصرف آب، مقدار زیادی فاضلاب تولید می‌شود که پساب این فاضلاب می‌تواند به عنوان یک منبع باارزش در افزایش سطح پوشش گیاهی محسوب شود،

نفوذ نهایی کمتر را در زمین آبیاری شده با پساب نسبت به مزرعه مجاور آبیاری شده با آب چاه گزارش کردند [۹]. صابر از ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های شنی شهر قاهره، تنها ظرفیت نگهداری آب خاک را بررسی کرد و نشان داد که با کاربرد فاضلاب به روش غرقایی به مدت یک تا ۶۰ سال این ویژگی خاک بهبود پیدا کرده است [۱۰].

با توجه به اینکه استان یزد دارای اقلیم گرم و خشک بیابانی است، در معرض فرسایش بادی قرار دارد و نیازمند طرح‌های بیابان‌زدایی است. بنابراین در این تحقیق به بررسی و ارزیابی نقش اصلاحی و یا تخریبی فاضلاب تصفیه‌شده شهری بر برخی خصوصیات مهم خاک در شهر یزد و امکان به‌کارگیری فاضلاب تصفیه‌شده در طرح‌های بیابان‌زدایی در یزد پرداخته شد.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. مواد

۱.۱.۲. منطقه مطالعه‌شده

تصفیه‌خانه یزد در موقعیت جغرافیایی $31^{\circ}9'8''N$ و $54^{\circ}3'11''E$ و در چهار کیلومتری شمال شهرستان یزد واقع شده است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۴۵ متر است (شکل ۱). این تصفیه‌خانه از اوایل دهه ۸۰ راه‌اندازی شد و در حال حاضر بخشی (حدود ۳۰ درصد) از فاضلاب خانگی شهر یزد را در استخرهای هوزری و بی‌هوزری تصفیه می‌کند و به محدوده‌ای به مساحت ۲۰۰ هکتار هدایت می‌کند که ۱۸۰ هکتار آن فضای سبز است. در پی تصفیه فاضلاب و رهاسازی آن در محیط اطراف، تالابی مصنوعی در محیطی ایجاد شده است که قبلاً پوشش گیاهی نداشت و طول آن حدود سه کیلومتر و عرض آن در بیشترین حالت یک کیلومتر است.

گرفته است. مجیری افزایش میزان هدایت الکتریکی، فسفر، درصد مواد آلی، نیتروژن کل، پتاسیم، کلر، سدیم، کادمیم، آهن و روی را در عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری خاک در منطقه آبیاری شده با پساب نسبت به منطقه شاهد گزارش کرد [۵]. لیوی و همکاران بیان کردند آثار ترکیبی شوری، سدیمی و حضور مواد آلی محلول در فاضلاب تصفیه‌شده بر هدایت هیدرولیکی خاک پیچیده است و به کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده، خصوصیات خاک و شرایط موجود در خاک بستگی دارد [۶]. مسعودی‌آشتیانی و همکاران بهبود ساختمان خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک آبیاری‌شده با فاضلاب را به دلیل وجود ترکیبات مختلف شیمیایی و آلی (از جمله غلظت زیاد منیزیم) گزارش کردند [۳]. اسلامیان و همکاران گزارش کردند تأثیر فاضلاب تصفیه‌شده و خام در یک فصل زراعی بر خاک‌های زراعی شهرستان نجف‌آباد اصفهان موجب افزایش مواد آلی خاک به صورت متوسط از $17/4$ به $48/8$ درصد، بهبود ساختمان خاک و افزایش ظرفیت نگهداشت آب خاک شد [۷]. آیللو و همکاران با کاربرد فاضلاب تصفیه‌شده در یک فصل رشد در مزارع گوجه‌فرنگی با خاک شنی و آبیاری قطره‌ای، کاهش هدایت هیدرولیکی، خلل و فرج، ظرفیت نگهداشت آب و افزایش چگالی ظاهری خاک را در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نسبت به مقدار اولیه گزارش کردند [۸]. تحقیقات صالحی و همکاران، ایده بهره‌برداری از فاضلاب شهری به عنوان منبع مهمی برای تأمین آب مورد نیاز جنگل‌کاری را بیش از پیش تقویت و پشتیبانی کرد. تحقیقات آن‌ها گویای افزایش غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک آبیاری‌شده با فاضلاب شهری نسبت به خاک آبیاری‌شده با آب چاه بود [۱]. روحانی شهرکی و همکاران در بررسی اثر آبیاری با پساب فاضلاب بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در شمال اصفهان، جرم مخصوص ظاهری کمتر، درصد رطوبت بیشتر در FC و



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعه‌شده در استان یزد

۱.۱.۱.۲. خصوصیات خاک منطقه

خاک منطقه مطالعاتی به دلیل واقع بودن در اراضی بیابانی، کمبود پوشش گیاهی و همچنین درجه حرارت بالا، از نظر مواد آلی بسیار فقیر بوده و غلظت عناصر غذایی در آن بسیار ناچیز است. شوری خاک بالا بوده و خاک از نوع آهکی است. کمبود رطوبت، مواد آلی و عناصر میکرو از محدودیت‌های اصلی بهره‌برداری کشاورزی از خاک در این منطقه است [۱۱].

۲.۱.۱.۲. پوشش گیاهی منطقه

به دلیل بارش اندک، نوسان شدید درجه حرارت، تبخیر شدید، پایین بودن سطح آب‌های زیرزمینی و نامساعد بودن خاک، استان یزد با کمبود پوشش گیاهی روبه‌روست و درصد زیادی از مساحت استان پوشش گیاهی ندارد. در منطقه مطالعاتی علاوه بر پوشش درختچه‌ای طبیعی (تاغ، سالسولا)، فضای سبز موجود در محدوده تصفیه‌خانه شامل پوشش‌های گیاهی مختلف دست‌کاشت از جمله انار، سنجد، اکالیپتوس، زیتون و پده است که توسط فاضلاب تصفیه شده آبیاری می‌شود.

۲.۲. روش تحقیق

۱.۲.۲. نمونه‌برداری از خاک

برای بررسی خصوصیات خاک در محدوده تصفیه‌خانه آب وفاضلاب شهر یزد در سال ۱۳۹۲، سه منطقه مطالعاتی شامل منطقه شاهد، منطقه اراضی رهاشده (بدون پوشش گیاهی و متأثر از پساب) و منطقه درختکاری شده انتخاب شد که به مدت سه تا چهار سال با فاضلاب تصفیه شده آبیاری شده است. در هر منطقه تعداد چهار تکرار در دو عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری (شایان‌جزی و همکاران، ۱۳۸۹) صورت گرفت [۱۲]. در منطقه آبیاری نیز سه سایت مطالعاتی (پوشش‌های گیاهی انار، سنجد و اکالیپتوس) انتخاب شد و در هر سایت چهار تکرار صورت گرفت (در مجموع ۴۰ پروفیل خاک). نمونه‌های خاک توسط اوگر برداشت شد و پس از خشک شدن در هوای آزاد از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و برای آزمایش و تجزیه‌های مختلف آماده شد.

۲.۲.۲. عملیات آزمایشگاهی

آزمایش‌های فیزیکی شامل اندازه‌گیری بافت خاک (درصد شن، رس و سیلت) و آزمایش‌های شیمیایی شامل تعیین

اسیدیتته، هدایت الکتریکی، پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب، ماده آلی، آهک، میزان سدیم قابل جذب و ازت بود. تعیین بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتر صورت گرفت و درصد ذرات رس، سیلت و شن مشخص شد. برای تعیین خصوصیات شیمیایی خاک، پس از تهیه گل اشباع و اندازه‌گیری اسیدیتته آن با دستگاه پی اچ متر، عصاره‌گیری نمونه‌های خاک انجام گرفت، سپس میزان هدایت الکتریکی عصاره با دستگاه هدایت‌سنج قرائت شد. میزان کلسیم و مجموع کلسیم و منیزیم موجود در عصاره اشباع نیز با تیتراسیون محلول EDTA محاسبه شد. برای تعیین سدیم محلول خاک و پتاسیم قابل جذب روش فلیم‌فتمتری به کار گرفته شد و پس از رقیق کردن عصاره‌ها، مقدار سدیم و پتاسیم بر حسب میلی‌اکی‌والان در لیتر محاسبه شد. میزان آهک موجود در خاک با روش حجم‌سنجی (کلسیمتری) اندازه‌گیری شد. مقدار ازت خاک نیز به روش کلدال یا کجلدال اندازه‌گیری شد که شامل سه بخش هضم، تقطیر و تیتراسیون است. از طریق احتراق به روش مرطوب نیز برای اندازه‌گیری کربن آلی و در نهایت میزان مواد آلی خاک استفاده شد. اندازه‌گیری فسفر خاک نیز با روش اسپکتوفتومتری صورت گرفت.

۳.۲.۲. تجزیه و تحلیل آماری

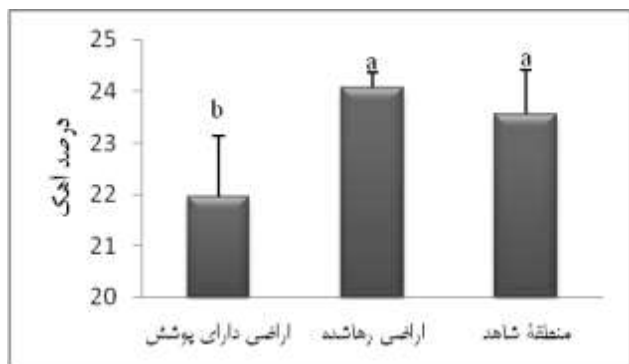
پس از انجام آزمایش‌های لازم و تعیین پارامترهای مورد نظر در نمونه‌های خاک، تجزیه و تحلیل‌های آماری در قالب طرح فاکتوریل با نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. در ابتدا آزمون نرمال‌سازی داده‌ها (کولموگروف- اسمیرنوف) انجام گرفت و مشخص شد که داده‌ها به صورت کلی از توزیع نرمال تبعیت می‌کردند، سپس داده‌ها در قالب طرح فاکتوریل و با استفاده از آزمون دانکن تجزیه و تحلیل شد.

۳. نتایج

نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که استفاده از فاضلاب تصفیه شده در عمق سطحی و تحتانی خاک سبب کاهش میزان مواد آلی، SAR و هدایت الکتریکی خاک نسبت به منطقه شاهد شده است، اما میزان ازت، پتاسیم، فسفر و اسیدیتته خاک در منطقه درختکاری و آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده بیشتر از منطقه شاهد و اراضی رهاشده بود. میزان آهک خاک نیز در اراضی رهاشده نسبت به منطقه شاهد افزایش داشت، اما در منطقه درختکاری شده کاهش دیده می‌شد.

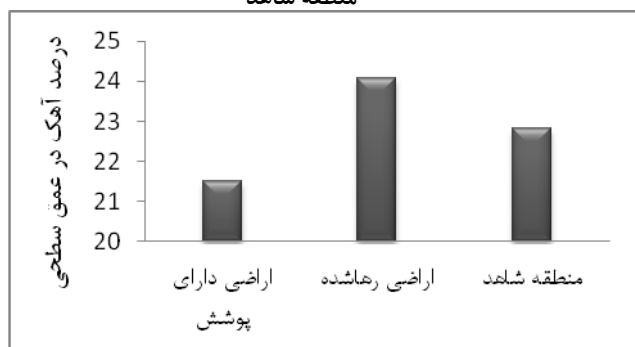
۱.۳. بافت

بر اساس نتایج طرح فاکتوریل، کاربری اراضی و نوع گونه‌های گیاهی تأثیر معنی‌داری بر بافت خاک نداشت، اما با تأثیر از عمق خاک، بافت خاک تفاوت معنی‌داری را نشان داد. به این صورت که بافت خاک در عمق سطحی به شکل معنی‌داری ریزتر از بافت در عمق تحت‌الارضی بود که می‌تواند در نتیجه جابه‌جایی خاک و حرکت ذرات تپه‌های ماسه‌ای اطراف به همراه باد باشد.

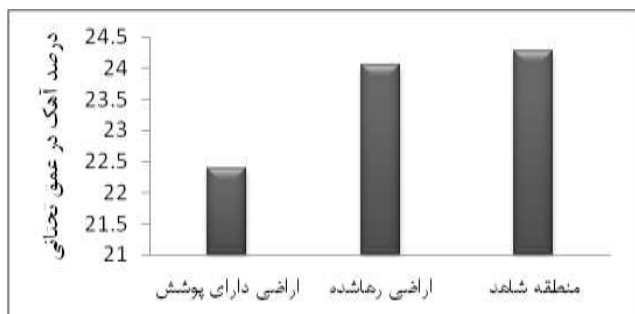


شکل ۲. درصد آهک خاک در مناطق متأثر از پساب نسبت به

منطقه شاهد



شکل ۳. درصد آهک در اعماق سطحی خاک در مناطق مطالعاتی



شکل ۴. درصد آهک در اعماق تحتانی خاک در مناطق مطالعاتی

۲.۳. آهک

تجزیه آماری داده‌ها و نتایج طرح فاکتوریل نشان داد که اثر متقابل عوامل عمق و نوع اراضی بر درصد آهک خاک در منطقه معنی‌داری نبود، اما عامل‌های نوع اراضی مطالعاتی و عمق خاک تأثیر معنی‌داری بر درصد آهک خاک در منطقه داشت (جدول ۱) و درصد آهک در اراضی درختکاری‌شده در محدوده تصفیه‌خانه که با فاضلاب تصفیه‌شده آبیاری می‌شود نسبت به منطقه شاهد کاهش داشت و در اراضی رها شده، پوشش گیاهی ندارد و متأثر از پساب است، افزایش داشته است (شکل ۲). همچنین درصد آهک در سه منطقه مطالعاتی در عمق تحتانی خاک بیشتر از عمق سطحی بود (شکل ۳ و ۴، جدول ۲).

جدول ۱. نتایج تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده بر درصد آهک خاک

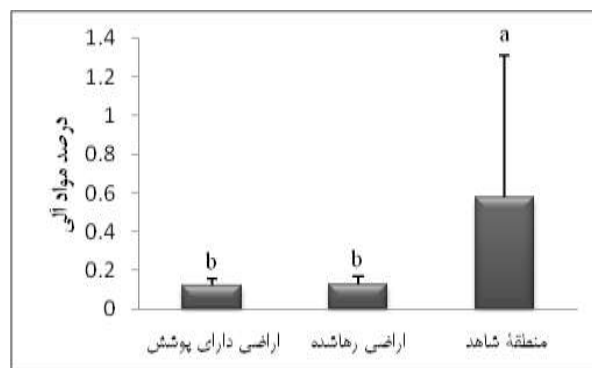
منبع تغییرات	df	F	Sig
نوع اراضی مطالعاتی	۲	۱۹/۷۳۱	۰/۰۰۰
عمق خاک	۱	۵/۵۱۵	۰/۰۲۵
عمق خاک* نوع اراضی	۲	۱/۲۷۹	۰/۲۹۱

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار آهک در اعماق سطحی و تحتانی

نوع منطقه	عمق	Mean	Std. Deviation	N
دارای پوشش	سطحی	۲۱/۴۹	۱/۰۴۴	۱۲
	تحتانی	۲۲/۳۹	۱/۲۰۶	۱۲
	کل	۲۱/۹۴	۱/۱۹۶	۲۴
اراضی رها شده	سطحی	۲۴/۰۷	۰/۲۱۰	۴
	تحتانی	۲۴/۰۶	۰/۳۹۸	۴
	کل	۲۴/۰۶	۰/۲۹۴	۸
شاهد	سطحی	۲۲/۸۱	۰/۵۲۴	۴
	تحتانی	۲۴/۲۷	۰/۲۰۵	۴
	کل	۲۳/۵۴	۰/۸۶۵	۸

۳.۳. مواد آلی

آنالیزها نشان داد که نوع اراضی اثر معنی داری بر درصد مواد آلی خاک داشت و مواد آلی در خاک آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده نسبت به خاک منطقه شاهد کاهش داشت، اما عوامل عمق و اثر متقابل عمق و نوع اراضی تأثیر معنی داری بر میزان مواد آلی خاک نداشت (شکل ۵، جدول ۳). مجبیری؛ و نیز قنبری و همکاران افزایش میزان مواد آلی را در خاک آبیاری شده با فاضلاب نسبت به منطقه شاهد گزارش کردند که با نتیجه تحقیق حاضر مغایرت دارد [۵، ۱۳].



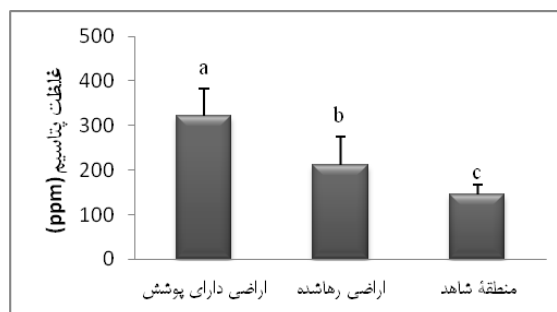
شکل ۵. درصد ماده آلی خاک در مناطق متأثر از پساب نسبت به منطقه شاهد

جدول ۳. نتایج تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر مقدار ماده آلی خاک

منبع تغییرات	df	f	Sig
نوع اراضی مطالعاتی	۲	۵/۷۲۲	۰/۰۰۹
عمق خاک	۱	۳/۴۲۴	۰/۰۷۶
عمق خاک * نوع اراضی	۲	۳/۱۳۳	۰/۰۶۰

۴.۳. پتاسیم

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد، عامل نوع اراضی تأثیر معنی داری بر میزان پتاسیم قابل جذب خاک در منطقه تصفیه خانه داشت و میزان پتاسیم در مناطق متأثر از پساب نسبت به منطقه شاهد افزایش داشت (شکل ۶، جدول ۴).



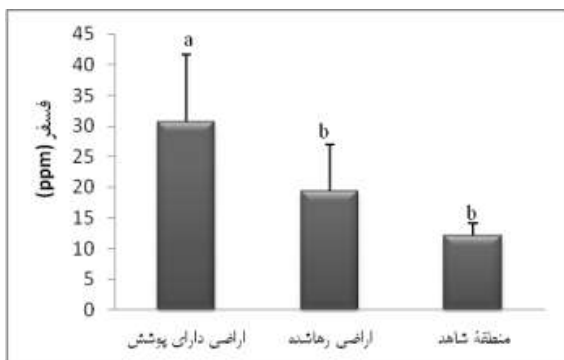
شکل ۶. تغییرات پتاسیم خاک در مناطق متأثر از پساب نسبت به منطقه شاهد

جدول ۴. نتایج تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر مقدار پتاسیم موجود در خاک

منبع تغییرات	df	f	Sig
نوع اراضی مطالعاتی	۲	۳۱/۲۱۲	۰/۰۰۰
عمق خاک	۱	۰/۸۰۰	۰/۳۷۸
عمق خاک * نوع اراضی	۲	۰/۴۹۰	۰/۶۱۷

۵.۳. فسفر

تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که عوامل عمق و اثر متقابل عمق و نوع اراضی تأثیر معنی داری بر میزان فسفر خاک نداشت، اما عامل نوع اراضی اثر معنی داری بر میزان فسفر خاک در منطقه داشت و میزان فسفر در مناطق متأثر از پساب، نسبت به منطقه شاهد افزایش داشت (شکل ۷، جدول ۵).



شکل ۷. تغییرات فسفر خاک در مناطق متأثر از پساب نسبت به منطقه شاهد

جدول ۵. نتایج تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر مقدار فسفر موجود در خاک

منبع تغییرات	df	F	Sig
نوع اراضی مطالعاتی	۲	۱۴/۷۳۰	۰/۰۰۰
عمق خاک	۱	۱/۴۲۷	۰/۲۴۱
عمق خاک * نوع اراضی	۲	۱/۵۷۴	۰/۲۲۲

۶.۳. ازت

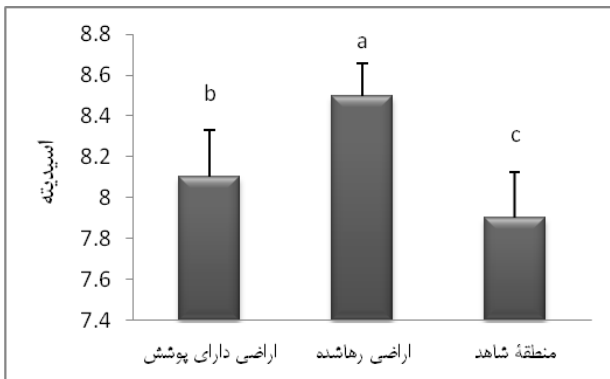
به دلیل معنی دار بودن اثر متقابل عمق و نوع اراضی بر میزان ازت خاک، تجزیه داده‌ها با روش ANOVA انجام گرفت و نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه نشان داد که بیشترین میزان ازت مربوط به عمق سطحی (۰-۳۰ سانتی متر) در کاربری درختکاری و آبیاری بود. کمترین مقدار ازت خاک نیز مربوط به منطقه شاهد و اراضی رهاشده بود و کاربری آبیاری در عمق تحت الارضی (۳۰-۶۰ سانتی متر) دارای مقدار حد واسط بود (شکل‌های ۸ و ۹).

جدول ۶. نتایج تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر مقدار هدایت

الکتریکی موجود در خاک			
sig	f	df	منبع تغییرات
۰/۰۰۰	۴۶/۰۰۰	۲	نوع اراضی مطالعاتی
۰/۸۸۰	۰/۰۲۳	۱	عمق خاک
۰/۹۵۶	۰/۰۴۵	۲	عمق خاک * نوع اراضی

۸.۳. اسیدیته

نتایج نشان دهنده نداشتن تأثیر معنی دار عاملهای عمق و اثر متقابل عمق و نوع اراضی مطالعاتی بر میزان اسیدیته در منطقه مطالعاتی بود، اما اثر نوع اراضی بر اسیدیته خاک معنی دار بود و آبیاری با فاضلاب تصفیه شده موجب افزایش میزان pH در منطقه شد (شکل ۱۱، جدول ۷). تحقیقات شایان جزی و همکاران (۱۳۸۹) در اصفهان گویای افزایش اسیدیته خاک در اثر کاربرد پساب بود که با نتیجه این پژوهش همخوانی داشت [12].



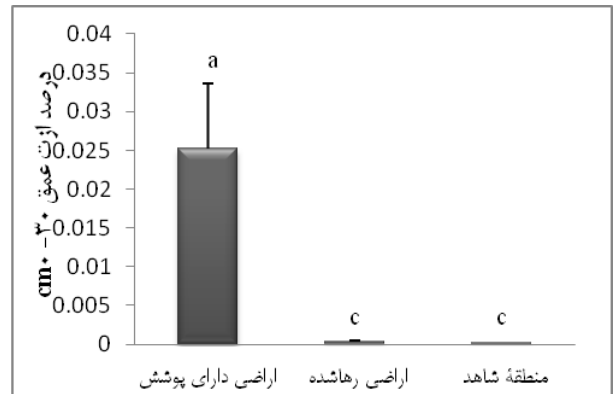
شکل ۱۱. تغییرات اسیدیته خاک در مناطق متأثر از پساب نسبت به منطقه شاهد

جدول ۷. نتایج تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر اسیدیته موجود در خاک

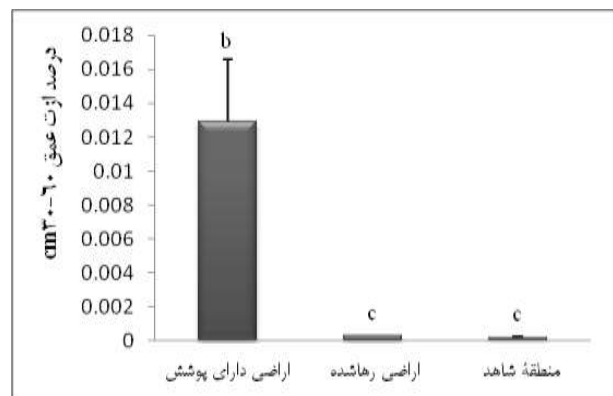
Sig	F	df	منبع تغییرات
۰/۰۰۰	۱۵/۸۹۷	۲	نوع اراضی مطالعاتی
۰/۱۱۴	۲/۶۳۸	۱	عمق خاک
۰/۳۸۲	۰/۹۸۹	۲	عمق خاک * نوع اراضی

۹.۳. نسبت جذب سدیم (SAR)

نتایج در مورد سدیم قابل جذب نشان داد که عامل نوع اراضی مطالعاتی اثر معنی داری بر میزان سدیم قابل جذب خاک در منطقه داشت، اما عوامل عمق و اثر متقابل عمق و نوع اراضی تأثیر معنی داری بر میزان SAR نداشت (شکل ۱۲، جدول ۸).



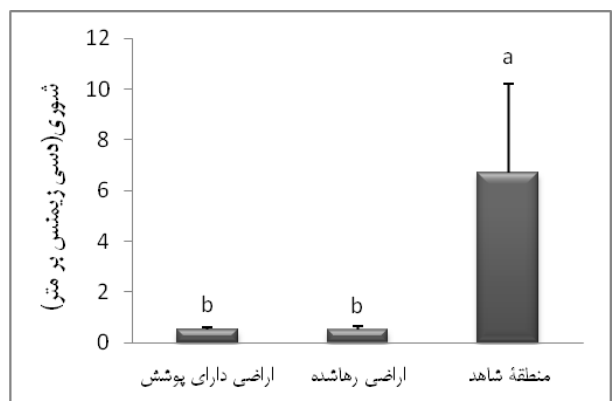
شکل ۸. تغییرات درصد ازت خاک در مناطق متأثر از پساب نسبت به منطقه شاهد (عمق سطحی)



شکل ۹. تغییرات درصد ازت خاک در مناطق متأثر از پساب نسبت به منطقه شاهد (عمق تحتانی)

۷.۳. هدایت الکتریکی

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که عاملهای عمق و اثر متقابل عمق و نوع اراضی، تأثیر معنی داری بر میزان هدایت الکتریکی در منطقه مطالعاتی نداشت، اما عامل نوع اراضی تأثیر معنی داری بر هدایت الکتریکی داشت و استفاده از فاضلاب تصفیه شده به کاهش هدایت الکتریکی در منطقه منجر شد (شکل ۱۰، جدول ۶).



شکل ۱۰. تغییرات هدایت الکتریکی خاک در مناطق متأثر از پساب نسبت به منطقه شاهد

مواد آلی خاک نسبت به منطقه شاهد منجر شد. مجیری، و نیز قنبری و همکاران افزایش میزان مواد آلی را در خاک آبیاری شده با فاضلاب نسبت به منطقه شاهد گزارش کردند که با نتیجه تحقیق حاضر مغایرت دارد [۵، ۱۳].

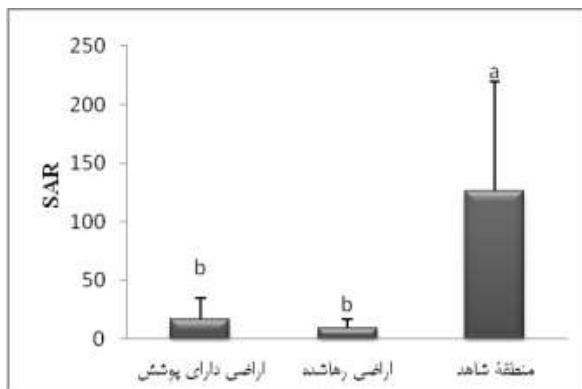
آبیاری با فاضلاب تصفیه شده به افزایش غلظت عناصر غذایی ازت، فسفر و پتاسیم در خاک منجر شده است. از آنجا که این عناصر جزء عاملهای اصلاحی خاک محسوب می شوند، استفاده از پساب موجب بهبود وضعیت خاک از لحاظ عوامل مورد نظر شده است. افزایش عناصر غذایی خاک در نتیجه آبیاری با پساب می تواند به دلیل ورود فاضلاب خانگی و فاضلاب واحدهای تولید و صنعتی کوچک به فاضلاب شهری در طول مسیر باشد. این یافته ها با نتایج تحقیقات صالحی و همکاران، مجیری، صابر و مهیدا مطابقت دارد [۱، ۵، ۱۰، ۱۴].

استفاده از پساب نه تنها آثار تخریبی بر EC و SAR در منطقه نداشته است بلکه EC و SAR خاک را کاهش داده و موجب بهبود شرایط شده است. صالحی و همکاران کاهش سدیم قابل جذب در مناطق متأثر از پساب را نسبت به منطقه شاهد گزارش کردند [1]. نتایج تحقیقات شایان جزی و همکاران، جمای و همکاران، و آبیلو و همکاران نیز در مورد تغییرات هدایت الکتریکی خاک در اثر استفاده از پساب با نتایج این تحقیق همخوانی داشت [۸، ۱۲، ۱۵].

آبیاری با فاضلاب تصفیه شده به افزایش اسیدیته در خاک منجر شد. خاک منطقه به طور طبیعی مقداری قلیایی بوده و دارای pH حدوداً هشت است با این وجود آبیاری با پساب موجب افزایش pH تا حدود ۰/۷ شده است. در واقع، استفاده از پساب اثر منفی بر اسیدیته در منطقه داشت. مجیری؛ و نیز جمای و همکاران کاهش اسیدیته خاک را در در دشت سگری اصفهان گزارش کرده اند که با نتایج این پژوهش مغایرت داشت [۵، ۱۵]. نتیجه تحقیقات شایان جزی و همکاران در اصفهان گویای افزایش اسیدیته خاک در اثر کاربرد پساب بود که با نتیجه اسیدیته این پژوهش همخوانی داشت [12].

تشریح و قدردانی

این تحقیق بدون یاری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد میسر نبود. از همکاری جناب آقای غلمانی مدیر تصفیه خانه آب و فاضلاب شهر یزد نیز سپاسگزاریم.



شکل ۱۲. تغییرات SAR خاک در مناطق متأثر از پساب نسبت به منطقه شاهد

جدول ۸. نتایج تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر SAR موجود در خاک

منبع تغییرات	df	f	sig
نوع اراضی مطالعاتی	۲	۱۳/۰۱۷	۰/۰۰۰
عمق خاک	۱	۰/۰۴۱	۰/۸۴۱
عمق خاک * نوع اراضی	۲	۱/۰۱۱	۰/۳۷۴

۴. بحث و نتیجه گیری

در پیش بینی آثار کوتاه مدت و طولانی مدت کاربرد فاضلاب شهری بر خاک، بررسی خصوصیات خاک و کیفیت فاضلاب هر منطقه مهم است. نتایج اثر کاربرد فاضلاب تصفیه شده شهری بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شهر یزد گویای موارد زیر است:

بافت خاک و درصد ذرات رس، شن و سیلت در اراضی آبیاری شده با پساب نسبت به منطقه شاهد تغییری نداشت و آبیاری با پساب موجب تغییر در بافت خاک نشد. به عبارتی به کارگیری فاضلاب در آبیاری اثری بر نوع بافت نداشت. در این زمینه، نتیجه تحقیقات روحانی شهرکی و همکاران با نتیجه این پژوهش همخوانی دارد [9].

به کارگیری فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری با حضور پوشش گیاهی در منطقه مورد نظر، موجب کاهش میزان آهک خاک شده و در زمینه این عامل، شرایط خاک را بهبود بخشیده است.

به دلیل حاکم بودن اقلیم خشک، درجه حرارت زیاد و نبودن پوشش گیاهی، منطقه مورد نظر به صورت طبیعی از نظر مواد آلی فقیر است. با این حال آبیاری با پساب اثر تخریبی بر مواد آلی در منطقه داشت و به کاهش یافتن میزان

منابع

- [۱]. صالحی، آ.، طبری، م.، محمدی، ج. و علی‌عرب، ع. (۱۳۸۷). "اثر آبیاری با فاضلاب شهری بر خاک و رشد درختان کاج تهران"، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۱۶، شماره ۲، ۱۹۶-۱۸۶.
- [۲]. شهریار، ع.، نوری، س.، عابدی کوپایی، ج. و آصالح، ف. (۱۳۸۹). "اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده بر رشد گیاه قره‌داغ تحت شرایط گلخانه"، علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال اول، شماره چهارم، ۲۱-۱۳.
- [۳]. مسعودی آشتیانی، س.، پارسی نژاد، م. و عباسی، ف. (۱۳۹۰). "اثرات استفاده کوتاه مدت از فاضلاب خانگی بر تعدادی از خصوصیات فیزیکی مهم خاک"، مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) جلد ۲۵، شماره ۳.
- [۴]. سوری، ح. و الوندی، ل. (۱۳۸۶). "بررسی امکان استفاده از پساب‌های خانگی در کشاورزی"، اولین همایش سازگاری با کم‌آبی. تهران.
- [5]. Mojiri, A. (2011). "Effects of Municipal Wastewater on Physical and Chemical Properties of Saline Soil". *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 5(14), 71-76.
- [6]. Levy, G.J., Rosenthal, A., Shainberg, I., Tarchitzky, J. and Chen, Y. (1999). "Soil Hydraulic Conductivity Changes Caused by Irrigation with Reclaimed Wastewater". *Journal of Environmental Quality*, 28: 1658- 166
- [۷]. اسلامیان، س.، حجاززاده، ب.، گوهری، ع. و زارعیان، م. (۱۳۸۶). "تأثیر استفاده از پساب فاضلاب در خاک‌های زراعی شهرستان نجف‌آباد". دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.
- [8]. Aiello, R., Luigi Cirelli, G. and Consoli, S. (2007). "Effect of Reclaimed Wastewater Irrigation on Soil and Tomato fruits". *Agricultural Water Management*, 93 (2007) 65-72
- [۹]. روحانی‌شهرکی، ف.، مهدوی، ر. و رضایی، م. (۱۳۸۴). "اثر آبیاری با پساب بر برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک"، فصلنامه علمی- پژوهشی آب و فاضلاب، شماره ۵۳، ۲۹-۲۳.
- [10]. Saber, M.S.M. (1986). "Prolonged Effect of Land Disposal of Human Wastes on Soil Condition". *Water Science and Technology*, (18), 371- 374
- [۱۱]. رضائیان، ع.، عذارمناف زاده، س.، قانع، م.، اسماعیلی، ع.ا.، زارع زاده مهریزی، ج.، میراکبری، ش. و فتاحی، ف. (۱۳۹۱). استان‌شناسی یزد، چاپ دوم، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- [۱۲]. شایان‌جزی، م.، فیضی، م. و قربانی، ه. (۱۳۸۹). "تأثیر استفاده از پساب در کشاورزی بر برخی خواص شیمیایی خاک"، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب. مشهد.
- [۱۳]. قنبری، ا.، عابدی کوپایی، ج. و طایب‌سمیرمی، ج. (۱۳۸۵). "اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده شهری روی عملکرد و کیفیت گندم و برخی ویژگی‌های خاک در سیستان"، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره چهارم (الف)، ۷۵-۵۹.
- [14]. Mahida, N.U. (1981). "Water Pollution and Disposal of Wastewater on Land". Tata McGraw – Hill Publishing Company limited, New Delhi, 325.
- [15]. Jemai, L., Ben Aissa, N., Gallali, T. and Chenini, F. (2013). "Effect of Municipal Reclaimed Wastewater on Organic and Inorganic Composition of Soil and Groundwater in Souhil wadi Area (Nabeul, Tunisia)", *Hydrology: Current research*, 4:4.