

## پیامد آبیاری با پساب پالایشگاه فاضلاب شمال اصفهان بر برخی از ویژگیهای شیمیایی خاکهای ناحیه برخوار

علی اکبر صفری سنجانی<sup>۱</sup> و شاپور حاج رسولیها<sup>۲</sup>

۱ - دانشجوی دوره دکتری و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ پذیرش مقاله ۷۹/۷/۱۳

### خلاصه

در بسیاری از مناطق خشک جهان فاضلابهای پالایش شده شاید تنها منبع آب آبیاری برای بخش کشاورزی باشد. برای بررسی پیامد هفت سال آبیاری با پساب پالایشگاه فاضلاب شمال اصفهان بر برخی از ویژگیهای شیمیایی خاکهای ناحیه برخوار این شهر، دو کشتزار یونجه و دو زمین آبیاری نشده در نزدیکی هم انتخاب شد و از لایه‌های گوناگون نیمرخ آنها، در سه تکرار نمونه برداری شد. میانگین داده‌های بدست آمده از آزمایشهای شیمیایی خاکهای آبیاری شده و آبیاری نشده به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در پایه آماری ۵٪ مقایسه شد. نتایج نشان داد که با کارفرمایی کشاورزان منطقه، هفت سال آبیاری کرتی با پساب توانسته است خاکهای شور و سدیمی منطقه را به یک خاک مناسب برای کشاورزی تبدیل کند. از سوی دیگر توانسته است مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی نیتروژن کل، فسفر کل، فسفر قابل جذب لایه‌های بالایی (۰-۴۰ سانتی متری) خاک را به اندازه چشمگیری افزایش دهد. ولی نیتروژن آمونیاکی، نیتروژن نیتراتی + نیتریتی و پتاسیم قابل جذب خاکهای آبیاری شده تغییر چشمگیری نداشته است. اگر چه pH لایه‌های بالایی خاکهای آبیاری شده و آبیاری نشده نزدیک هم بوده است، ولی نابرابری چشمگیر شوری نیمرخ خاکها و نیز دوگانگی چشمگیر pH لایه‌های پایین (۴۰-۱۰۰ سانتی متری)، گواه کاهش pH لایه‌های بالایی در خاکهای آبیاری شده می‌باشد. آبیاری با پساب توانسته است تغییر چشمگیری در اندازه عناصر سنگین خاک ایجاد کند و برداشت گیاهی عناصر آهن و روی از لایه‌های بالایی خاکهای آبیاری شده بیش از آن چیزی بوده است که به وسیله پساب به خاک افزوده شده است. به استثنای آهن، خاکهای بررسی شده در منطقه برخوار اصفهان غنی از عناصر سنگین به ویژه سرب و نیکل بوده و نیکل آنها به مرز بحرانی این عنصر در خاکها رسیده است.

**واژه‌های کلیدی:** پساب فاضلاب، شوری و قلیائیت خاک، حاصلخیزی خاک، عناصر سنگین خاک

### مقدمه

برآوردن نیاز آبی مردم در سرزمین‌های خشک و نیمه خشک است (۲). بکاربردن فاضلابهای پالایش شده در آبیاری کشتزارها، بسته به خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن،

پالایش و بهره‌گیری دوباره از فاضلابها یکی از سودمندترین راههای جلوگیری از آلودگی زیستگاهها و

آبیاری شده با پساب بیش از خاکهای آبیاری شده با آب چاه بوده است. کربن آلی و نیتروژن کل خاکهای آبیاری شده با پساب در مقایسه با خاکهای آبیاری شده با آب چاه تنها در ۲ سال نخست آبیاری بیشتر بوده است. ولی pH این خاکها چندان تفاوتی نداشته است. به هر حال، آنها در پژوهش خود تأثیر آبیاری با پساب را بر کیفیت خاک مفید ارزیابی کرده‌اند.

از آنجایی که تنها منبع آب آبیاری بسیاری از کشاورزان منطقه برخوار اصفهان پساب پالایشگاه فاضلاب شمال این شهر بوده و تنها تیمار به کار رفته بر روی خاکهای این منطقه از زمان راه اندازی پالایشگاه (۱۳۶۶) تا زمان نمونه برداری از خاکها (بهمن ۱۳۷۲) کشت و کار و آبیاری با پساب بوده است، این پژوهش با هدف ارزیابی پیامد آبیاری با پساب بر برخی از ویژگیهای شیمیایی خاکها انجام شد.

#### مواد و روشها

برای بررسی اثر پساب بر خاکهای منطقه برخوار اصفهان از دو کشتزار یونجه (سه ساله) که به مدت هفت سال زیر کشت گندم، ذرت، جو و یونجه بوده است، از پنج لایه ۰-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰ و ۶۰-۱۰۰ در سه تکرار به فواصل حداکثر ۵۰ متر با آگر فلزی نمونه برداری شد. همچنین برای ارزیابی تغییرات شیمیایی خاکهای آبیاری شده در کنار هر یک از آنها یک زمین آبیاری نشده به عنوان شاهد، برگزیده و با همان روش نمونه برداری شد. نمونه‌های خاک در کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل، در هوا خشک کرده، با چکش چوبی خرد و با الک ۲ میلیمتری غربال شد.

بافت خاک به وش پیپت (۱۱)، کربن آلی (مواد آلی) به روش اکسایش‌تر (۱۷)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور

می‌تواند برخی از ویژگیهای خاک و گیاه را دگرگون سازد (۲)، ۳، ۶ و ۸). مهیدا (۱۴) با بررسی فاضلابهای شهری نواحی مختلف هند نشان داد که بهره برداری از این آبها در آبیاری کشتزارها نیازی به رقیق نمودن آن نیست. بهره برداری از فاضلاب در مقایسه با آب کانال، سبب بهبود وضعیت فیزیکی و از جمله نفوذپذیری، تخلخل و ساختمان خاک شده است. همچنین شوری و pH خاک را بیشتر کاهش داده و ظرفیت تبادل کاتیونی، مواد آلی، نیتروژن کل، فسفر محلول و پتاسیم کل خاک را بیشتر افزایش داده است. از سوی دیگر صابر (۱۸) گزارش کرده است که با افزایش سالهای آبیاری با فاضلاب، کربن آلی، اشکال گوناگون نیتروژن و فسفر، ظرفیت تبادل کاتیونی، عناصر سنگین مانند آهن، روی و مس کل خاکهای شنی شهر قاهره در یک دوره صفر تا ۶۰ ساله افزایش و pH خاک کاهش داشته است. ولی کاردوس و سویر (۲۱) گزارش کرده‌اند که بکاربردن پساب در آبیاری کشتزارها در یک دوره ۶ ساله افزایش pH لایه ۳۰ سانتی متری خاک سطحی را به دنبال داشته است. همچنین کاردوس و هوک (۱۰) با آزمایش خاکهایی که با صفر، ۲/۵ و ۵ سانتی متر در هفته در یک دوره ۶ ساله آبیاری شده‌اند، گزارش کرده‌اند که کلسیم تبدلی آنها تفاوت چشمگیری ندارد. هایز و همکاران (۸) با کشت چمن گندمی در خاکهای جنوب شرق آمریکا و آبیاری آنها با آب چاه و پساب فاضلاب شهری به مدت ۱۶ ماه نشان دادند که آبیاری با پساب شوری، نیتروژن نیتراتی، فسفر، پتاسیم، سدیم، مجموع کلسیم و منیزیم و درصد سدیم تبدلی خاک را بیش از آبیاری با آب چاه افزایش داده است؛ ولی pH خاکها تغییر چشمگیری نکرده است. منکینو و پیر (۱۵) با ارزیابی پیامد دراز مدت آبیاری با پساب نشان دادند که پس از ۳/۳ سال آبیاری، هدایت الکتریکی، سدیم محلول، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب خاکهای

داده‌های دو لایه ۴۰-۶۰ و ۶۰-۱۰۰ سانتی متری خاکها در سه تکرار است. بافت خاک در همه لایه‌ها رسی سیلتی و در لایه‌های بالایی کمی سنگین‌تر است. قابلیت رسانایی الکتریکی خاکهای آبیاری شده و نشده به ترتیب از ۱/۱ تا ۱/۲ و از ۲۴/۶ تا ۳۱/۰ دسی زمینس بر متر می‌باشد و آشکارا میان آنها نابرابری چشمگیری دیده می‌شود. بنابراین آبیاری با پساب سبب کاهش شدید شوری خاکهای منطقه شده است. این یافته‌ها با گزارش مهیدا (۱۴) همخوانی خوبی نشان می‌دهد ولی صابر (۱۸) گزارش کرده است که با افزایش سالهای آبیاری با فاضلاب شهر قاهره بر مقدار نمکهای محلول خاکهای شنی منطقه افزوده می‌شود. آبیاری با پساب توانسته است نسبت جذب سدیمی (SAR) عصاره اشباع لایه ۰-۴۰ سانتیمتری خاک را از ۴۹/۳ به ۲/۳ و درصد سدیم تبادلی آن را از ۴۰/۲ به ۵/۳ برساند. این نتایج با یافته‌های هیز و همکاران (۸) و منکینو و پپر (۱۵) همخوانی دارد. آنها گزارش کرده‌اند که آبیاری با پساب سبب افزایش شوری و درصد سدیم تبادلی خاک شده است.

pH گل اشباع خاکهای آبیاری شده و نشده در لایه‌های بالایی دوگانگی چشمگیری ندارند ولی pH لایه‌های پایینی خاکهای آبیاری نشده، بدلیل شوری بیشتر و اثر غلظت تعادلی نمک در کاهش pH (۱۷)، به اندازه چشمگیری کمتر از خاکهای آبیاری شده است. از آنجایی که اختلاف شوری خاکهای آبیاری شده و نشده در لایه‌های بالایی بسیار بیشتر از لایه‌های پایینی است شاید بتوان گفت که آبیاری با پساب مایه کاهش pH لایه‌های بالایی خاکها شده است و در اینجا اثر غلظت تعادلی نمک توانسته باشد خود را در لایه‌های بالایی خاکها نشان دهد. گزارشهای مهیدا (۱۴) و صابر (۱۸) درباره پیامد آبیاری با فاضلاب و کاهش pH خاک با این پژوهش همخوانی دارد. ولی کاردوس و سوپر (۶) گزارش

و همکاران (۵)، pH در گل اشباع به وسیله دستگاه pH متر مدل ۶۲۰ مترام، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع به کمک دستگاه هدایت سنج، یونهای سدیم و پتاسیم در عصاره اشباع با دستگاه فلیم فتومتر، کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون باورسین، نیتروژن کل به روش کجلدال، نیتروژن آمونیاکی و مجموع نیتراتی و نیتریتی به روش اکسید منیزیم-آلیاز دواردا برای خاکها، فسفر قابل جذب به روش اولسن و همکاران، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیم در pH ۷ اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری میزان کل عناصر سنگین آهن، منگنز، روی، مس، نیکل و سرب و نیز فسفر، پتاسیم و سدیم خاک از روش سامرز و نلسون (۲۰) برای هضم و تهیه عصاره خاک استفاده شد. فسفر به روش رنگ سنجی، سدیم و پتاسیم به کمک دستگاه فلیم فتومتر و عناصر سنگین به کمک دستگاه اسپکترومتر جذب اتمی پرکین المر مدل ۳۰۳۰ اندازه‌گیری شد (۱۷). در پایان داده‌های بدست آمده از آزمایشهای گوناگون برای دستیابی به هدفهای پژوهش مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و میانگین‌های بدست آمده به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در پایه آماری ۵٪ مقایسه شد.

### نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از این پژوهش به ترتیب زیر مورد بحث قرار می‌گیرد:

#### ۱- پیامد آبیاری با پساب بر شوری و قلیائیت خاک

در جداول ۱ نتایج آزمایشهای شوری و قلیائیت خاکها نشان داده شده است. هر یک از داده‌های لایه ۰-۴۰ سانتی متری این جدول میانگین داده‌های سه لایه ۰-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی متری خاکها در سه تکرار و هر یک از داده‌های لایه ۴۰-۱۰۰ سانتی متری میانگین

پسآب پالایشگاه فاضلاب شمال اصفهان، توانسته است شوری این خاکها را کاهش داده و خاکهای شور و سدیمی منطقه را به یک خاک مناسب برای کشاورزی تبدیل کند چراکه راندمان آبیاری در این منطقه مانند دیگر مناطق کشور پایین و برخه آبتوری آن بالا است. همچنین پسآب پالایشگاه فاضلاب شهری دارای شکل احیا شده بیشتر عناصر به ویژه نیتروژن و کربن است، که می‌توانند همانند یک ماده بهساز در بهبود ویژگیهای فیزیکوشیمیایی کارآیی بالایی داشته باشد (۳). ورود این مواد به همراه پسآب به خاک و اکسایش آنها، پیدایش یون هیدروژن و

کرده‌اند که آبیاری با پسآب افزایش pH لایه ۰-۳۰ سانتی متری خاک را بدینال داشته است. به نظر این پژوهندگان اگر چه تجزیه و اکسایش مواد آلی و کانی پسآب پیدایش یون هیدروژن را در پی دارد، ولی خاک و پسآب هر دو بافری توانا هستند و می‌توانند در برابر دگرگونی pH ایستادگی کنند (۲۱). هایز و همکاران (۸) و منکینو و پیر (۱۵) نیز به ترتیب گزارش کرده‌اند که ۱۶ ماه و ۳/۳ سال آبیاری با پسآب نتوانسته است pH خاک را دگرگون کند. از سوی دیگر آبیاری خاکهای منطقه برخوار با

جدول ۱- مقایسه برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاکهای آبیاری نشده و آبیاری شده با پسآب\*

ویژگی	واحد	زرفا (cm)	خاکهای آبیاری نشده	خاکهای آبیاری شده
رس	درصد	۴۰-۰	۴۹/۷	۴۷/۳
		۱۰۰-۴۰	۴۸/۳	۴۵/۸
سیلت	درصد	۴۰-۰	۴۰/۱	۴۱/۹
		۱۰۰-۴۰	۴۰/۲	۴۳/۶
شن	درصد	۴۰-۰	۹/۸	۹/۶
		۱۰۰-۴۰	۱۱/۷	۹/۰
بافت	-	۴۰-۰	رسی سیلتی	رسی سیلتی
		۱۰۰-۴۰	رسی سیلتی	رسی سیلتی
مواد آلی	درصد	۴۰-۰	۱/۴ <sup>b</sup>	۱/۶ <sup>a</sup>
		۱۰۰-۴۰	۱/۰ <sup>a</sup>	۰/۹ <sup>a</sup>
pH	-	۴۰-۰	۷/۷ <sup>a</sup>	۷/۷ <sup>a</sup>
		۱۰۰-۴۰	۷/۸ <sup>b</sup>	۷/۹ <sup>a</sup>
قابلیت رسانائی الکتریکی	دسی زمینس بر متر	۴۰-۰	۳۱/۰ <sup>a</sup>	۱/۲ <sup>b</sup>
		۱۰۰-۴۰	۲۴/۶ <sup>a</sup>	۱/۱ <sup>b</sup>
نسبت جذب سدیم	۱/۲ (میلی مول بر لیتر)	۴۰-۰	۴۹/۳ <sup>a</sup>	۲/۳ <sup>b</sup>
		۱۰۰-۴۰	۳۸/۹ <sup>a</sup>	۲/۳ <sup>b</sup>
درصد سدیم تبادل	-	۴۰-۰	۴۰/۲ <sup>a</sup>	۵/۳ <sup>b</sup>
ظرفیت تبادل کاتیونی	سانتی مول در کیلوگرم	۴۰-۰	۱۷/۵ <sup>b</sup>	۲۲/۸ <sup>a</sup>

\* میانگین‌های هر ردیف با حروف همانند در پایه آماری ۵٪ اختلاف چشمگیری ندارند.

جذب (تبادلی + محلول) لایه ۰-۴۰ سانتی متری خاکهای آبیاری شده بسیار کمتر از خاکهای آبیاری نشده است (جدول ۲). در خاکهای آبیاری شده و کشتزارها، جذب گیاهی و برداشت شکل‌های قابل جذب این عناصر به ویژه بالا بودن توان جابجایی نیتروژن نیتراتی در خاک و در نتیجه آبشویی آن (۷، ۸، ۲۱ و ۲۲) از فاکتورهایی است که می‌تواند، با وجود بالا بودن اندازه آنهادر پساب و افزودن پیوسته آن به خاک، مایه کاهش آنهادر خاک باشد. با نگاهی به داده‌های مربوط به ریختهای گوناگون نیتروژن به ویژه در لایه ۰-۴۰ سانتی متری آشکار خواهد شد که بخش بزرگی از نیتروژن خاکهای آبیاری شده بایستی به ریخت آلی باشد (جدول ۲). گزارشهای بسیاری وجود دارد که نشان می‌دهد فرم غالب نیتروژن خاک، شکل آلی آن است (۲۱).

در برابر آنهافسفر در خاک توان جابجایی کمی دارد. کاردوس و هوک (۱۰)، یامایورا و همکاران (۲۴)، سوزوکی و همکاران (۲۲)، هایز و همکاران (۸) و منکینو و پیر (۱۵) نشان دادند که خاک کشتزارها توان بالایی در نگهداری و پالایش فسفر پسابها دارند. آنها گزارش کردند که بیشتر فسفر پساب و فاضلاب در لایه‌های بالایی خاک نگهداشته شده و تنها کمتر از ۱٪ آن بسته به بافت خاک به لایه‌های زیر ۱۲۰ سانتی متری خاک رسیده است. این یافته‌ها با داده‌های پژوهش انجام شده همخوانی خوبی دارد، چرا که با وجود جذب گیاهی و برداشت فسفر در کشتزارها دلیل کم بودن مقدار آبشویی آن، آبیاری با پساب توانسته است فسفر خاک را به اندازه چشمگیری افزایش دهد.

### ۳- پیامد آبیاری با پساب بر عناصر سنگین خاک

نتایج اندازه‌گیری عناصر سنگین خاکها و آزمون آماری آنهادر جدول ۳ آورده شده است. گذشته از دو عنصر آهن و روی که در لایه ۰-۴۰ سانتی متری خاکهای آبیاری شده به اندازه چشمگیری کمتر از خاکهای کشت نشده است، میان

کاهش pH خاک را دنبال دارد که خود سبب افزایش حلالیت کربناتهای کلسیم و منیزیم و در پی آن کاهش درصد سدیم تبادلی خاک می‌شود (۲، ۳ و ۶).

### ۲- پیامد آبیاری با پساب بر حاصلخیزی خاک

مواد آلی خاکهای آبیاری شده در لایه‌های بالایی به اندازه چشمگیری بیش از خاکهای آبیاری نشده است (جدول ۱). گزارشهای زیادی درباره افزایش مواد آلی خاکهای سرزمین‌های خشک و نیمه خشک پس از کشاورزی و آبیاری آنها در دست است. ولی مهیدا (۱۴) با بررسی خاکهای آبیاری شده در نواحی مختلف هند نشان داده است که آبیاری با فاضلاب، دلیل دارا بودن مواد آلی قابل توجه در آن، بیشتر از آبیاری با آب کانال مواد آلی خاک را افزایش می‌دهد. هایز و همکاران (۸) و منکینو و پیر (۱۵) گزارش کرده‌اند که خاکهای آبیاری شده با پساب تا ۱/۳ سال در مقایسه با خاکهای آبیاری شده با آب چاه کربن آلی و نیتروژن کل بیشتری داشته است که پس از آن زمان بهم نزدیک می‌شوند.

از سوی دیگر ظرفیت تبادل کاتیونی خاکهای آبیاری نشده بسیار کمتر از خاکهای آبیاری شده بود و نابرابری آنها از دیدگاه آماری چشمگیر است (جدول ۱). دنبال آبیاری با پساب مواد آلی خاک افزایش یافته که می‌تواند مایه بالا بودن ظرفیت تبادلی کاتیونی خاکهای کشت و کار شده شود (۶، ۱۴ و ۱۸). از میان عناصر پرنیاز گیاهی در خاک و ریختهای گوناگون آنها، آبیاری با پساب و کارهای کشاورزی توانسته است نیتروژن کل، فسفر کل و فسفر قابل جذب لایه ۰-۴۰ سانتی متری خاک را به اندازه چشمگیری افزایش دهد (جدول ۲). نیتروژن آمونیاکی و نیتراتی + نیتریتی در سراسر نیمرخ خاکهای زیر کشت و آبیاری شده بسیار کمتر از خاکهای آبیاری نشده و شور منطقه است. میان پتاسیم کل خاکها دوگانگی چشمگیری دیده نمی‌شود؛ ولی پتاسیم قابل

بررسی خاکهای آبیاری شده با فاضلاب هونگ کونگ نشان داده‌اند که بکارگیری فاضلاب پالایش نشده به انباشتگی عناصر سنگین در لایه‌های بالایی خاک می‌انجامد؛ که در برخی موارد به مرز زیان آوری هم رسیده است. مک فرسون (۱۶) گزارش کرده است که میان اندازه کل پساب بکار رفته در آبیاری چراگاهها و انباشتگی عناصر سنگین در خاک و گیاهان همبستگی چشمگیری دیده می‌شود. در برابر این گزارشها، بول و همکاران (۴) با بررسی خاکهایی که در آلمان به مدت ۱۶ تا ۲۸ سال با پساب آبیاری شده‌اند و فیجین و همکاران (۷) با بررسی خاکهای آبیاری شده با پساب، نشان داده‌اند که بکارگیری فاضلاب پالایش شده و پسابها هیچگونه پیامد چشمگیری بر عناصر سنگین خاک نداشته

عناصر سنگین خاکها دوگانگی چشمگیری دیده نمی‌شود. از آنجایی که بخش بزرگی از عناصر سنگین فاضلابها در هنگام پالایش از آن جدا می‌گردد (۶ و ۲)، شاید عناصر سنگین پساب نتوانسته باشد با برداشت گیاهی این عناصر به ویژه آهن و روی از خاک برابری کند. درباره پیامد آبیاری با فاضلاب و پساب بر عناصر سنگین خاک گزارشهای گوناگونی شده است شالشا و همکاران (۱۹) با بررسی خاکهایی که در شیلی به مدت ۵۰ سال با فاضلاب آبیاری شده‌اند، صابر (۱۸) و همچنین ابولروس و همکاران (۲۳) با بررسی خاکهایی که در مصر به مدت صفر تا ۶۰ سال با فاضلاب آبیاری شده‌اند، ویلیامز و همکاران (۲۳) با بررسی خاکهای آبیاری شده با فاضلاب آمریکا و لو و فانگ (۱۳) با

جدول ۲- پیامد آبیاری با پساب بر ریخته‌های گوناگون نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک (میلی گرم بر گرم)\*

خاکهای آبیاری شده	خاکهای آبیاری نشده	زرفا (cm)	ویژگی
۱/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۹۳ <sup>b</sup>	۴۰-۰	نیتروژن کل
۰/۶۶ <sup>a</sup>	۰/۶۹ <sup>a</sup>	۱۰۰-۴۰	
۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۰۳ <sup>a</sup>	۴۰-۰	نیتروژن آمونیاکی
۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۰۲ <sup>a</sup>	۱۰۰-۴۰	
۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۰۹ <sup>a</sup>	۴۰-۰	نیتروژن نیتراتی+نیترونی
۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۰۵ <sup>a</sup>	۱۰۰-۴۰	
۰/۷۶ <sup>a</sup>	۰/۵۶ <sup>b</sup>	۴۰-۰	فسفر کل
۰/۵۲ <sup>a</sup>	۰/۴۹ <sup>a</sup>	۱۰۰-۴۰	
۰/۱۰ <sup>a</sup>	۰/۰۵ <sup>b</sup>	۴۰-۰	فسفر قابل جذب
۰/۰۸ <sup>a</sup>	۰/۰۷ <sup>a</sup>	۱۰۰-۴۰	
۶/۱۴ <sup>a</sup>	۶/۹۵ <sup>a</sup>	۴۰-۰	پتاسیم کل
۵/۷۳ <sup>a</sup>	۵/۹ <sup>a</sup>	۱۰۰-۴۰	
۰/۴۴ <sup>b</sup>	۰/۵۶ <sup>a</sup>	۴۰-۰	پتاسیم قابل جذب
۰/۴۵ <sup>a</sup>	۰/۴۷ <sup>a</sup>	۱۰۰-۴۰	

\* میانگین‌های هر ردیف با حروف همانند در پایه آماری ۵٪ اختلاف چشمگیری ندارند.

جدول ۳- پیامد آبیاری با پساب بر عناصر سنگین کل خاک (میکروگرم بر گرم)\*

عنصر	زرفا (cm)	خاکهای آبیاری نشده	خاکهای آبیاری شده	میانگین گزارش شده a در خاکهای	دامنه بحرانی b در خاکها
آهن	۴۰-۰	۳۱۵۸۳/۳ <sup>a</sup>	۲۸۶۲۵/۰ <sup>b</sup>	۲۸۰۰۰	-
	۱۰۰-۴۰	۲۷۴۶۶/۷ <sup>a</sup>	۲۸۰۹۱/۷ <sup>a</sup>	-	-
منگنز	۴۰-۰	۷۱۵/۵ <sup>a</sup>	۷۰۱/۷ <sup>a</sup>	۶۰۰	۳۰۰۰-۱۵۰۰
	۱۰۰-۴۰	۷۰۶/۵ <sup>a</sup>	۷۰۷/۱ <sup>a</sup>	-	-
روی	۴۰-۰	۶۹/۷ <sup>a</sup>	۶۲/۵ <sup>b</sup>	۵۰	۴۰۰-۷۰
	۱۰۰-۴۰	۶۰/۰ <sup>a</sup>	۶۰/۶ <sup>a</sup>	-	-
مس	۴۰-۰	۳۳/۱ <sup>a</sup>	۳۱/۷ <sup>a</sup>	۳۰	۱۲۵-۶۰
	۱۰۰-۴۰	۲۹/۲ <sup>a</sup>	۳۱/۳ <sup>a</sup>	-	-
نیکل	۴۰-۰	۷۸/۶ <sup>a</sup>	۷۹/۰ <sup>a</sup>	۴۰	۱۰۰-۵۰
	۱۰۰-۴۰	۷۴/۶ <sup>a</sup>	۷۲/۳ <sup>a</sup>	-	-
سرب	۴۰-۰	۴۰/۵ <sup>a</sup>	۵۲/۹ <sup>a</sup>	۱۰	۴۰۰-۱۰۰
	۱۰۰-۴۰	۳۶/۷ <sup>a</sup>	۵۰/۳ <sup>a</sup>	-	-

\*میانگین‌های هر ردیف با حروف همانند در پایه آماری ۵٪ اختلاف چشمگیری ندارند.

است. نتایج این گزارشها با این پژوهش همخوانی آشکاری دارد.

با نگاهی به جدول ۳ دیده خواهد شد که گذشته از آهن، اندازه عناصر سنگین بررسی شده در خاکهای منطقه بیش از میانگین گزارش شده آنها در خاکهای جهان است. نیکل و سرب در خاکهای بررسی شده بالا و نیکل در همه نمونه‌ها به مرز بحرانی این عنصر در خاکها رسیده است. بالا بود نیکل و سرب خاکها دو دلیل می‌تواند داشته باشد؛ یکی اینکه مواد مادری این خاکها نیکل و سرب فراوان داشته باشد و یا اینکه نیکل و سرب از راههای گوناگون به خاک افزوده شده باشد. گزارش شده است که اندازه سرب، نیکل، منگنز، روی و مس حاصل از ریزشهای جوی در خاک می‌تواند چشمگیر باشد و بسته به دوری و نزدیکی به منابع آلودگی این اندازه متغیر است (۱). به هر گونه، این موضوع

نیاز به تحقیق ویژه‌ای دارد.

در پایان یادآوری می‌شود که در این پژوهش پیامد آبیاری با پساب بروی گیاههای فیزیکی و بیولوژیکی خاک بررسی نشده است، ولی آزمایشهای شیمیائی انجام شده نشان داد که نه تنها آبیاری با پساب پیامد بدی بر نمرخ خاکهای بررسی شده نداشته است، بلکه شوری و سدیمی بودن این خاکها کاهش و توان بارآوری و حاصلخیزی آنها را افزایش داده است.

#### سپاسگزاری

بدین وسیله از کارکنان پالایشگاه فاضلاب شمال اصفهان برای همکاریهای دوستانه در تهیه نمونه‌ها و دادن برخی داده‌ها و پیشنهادهای سودمند و همچنین از سازمان تحقیقات کشاورزی برای تأمین بخشی از هزینه‌های اجرای این تحقیق قدردانی می‌گردد.

## REFERENCES

مراجع مورد استفاده

1. Alloway, B. J. 1990. Heavy metal in soil. Blackie and son Ltd. Glasgow and London.
2. An Institution of Civil Engineers Symposium. 1985. Reuse of sewage effluent. Thomas Telford Ltd, London.
3. Ayers, R. S., and D. W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. Rev. 1, FAO Rome.
4. Boll, R., H. Dernbach, and R. Kayser. 1986. Aspects of land disposal of wastewater as experienced in Germany. Wat. Sci. Tech. 18:383-390.
5. Bower, C. A., R. F. Reitmeir, and M. Fireman. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Sci. 73: 251-261.
6. Elliott, L. F., and F. J. Stevenson. 1986. Soils for management of organic waste and waste waters. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, WI.
7. Feigin, A., H. Bielgorai, J. Shalheret, T. Kipnis, and J. Dag. 1979. The effectiveness of some crops in removing minerals from soils irrigated with sewage effluent. Progress in Water Technology. 11:151-162.
8. Hayes, A. R., C. F. Mancino, and I. L. Pepper. 1990 a. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: I. Soil and leachate water quality. Agron. J. 82: 939-943.
9. Hayes, A. R., C. F. Mancino, W. Y. Forden, D. M. Kopec, and I. L. Pepper. 1990 b. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: II. Turf quality. Agron. J. 82: 943-946.
10. Kardos, L. T., and J. E. Hook. 1976. Phosphorus balance in sewage effluent treated soils. J. Environ. Qual. 5: 87-90.
11. Klute, A. 1986. Methods of soil analysis, part 1- physical and mineralogical methods. 2nd ed. Soil. Sci. Soc. Am. Inc. Madison, WI.
12. Lindsay, W. L. 1992. Chemical equilibria in soils. John Wiley and Sons, Inc. New York, NY.
13. Lo, C. K., and Y. S. Fung. 1992. Heavy metal pollution profiles of dated sediment cores from, Hebe Haven, Hong Kong. Wat. Res. 26: 1602-1619.
14. Mahida, U. N. 1981. Water pollution and disposal of waste water on land. Tata McGraw-Hill publishing Co. Ltd. New Delhi.
15. Mancino, C. F., and I. L. Pepper. 1992. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: Soil quality. Agron. J. 84: 650-654.
16. McPherson, J. B. 1979. Land treatment of wastewaters at Werribee: Past, present and future. Progress



Water Tech. 11: 15-32.

17. Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney. 1982. Methods of soil analysis. part 2: Chemical and microbiological properties. 2nd ed. Soil Sci. Soc. Am. Inc.
18. Saber, M. S. M. 1986. Prolonged effect of land disposal of human wastes on soil conditions. Wat. Sci. Tech. 18: 371-374.
19. Schalscha, E. B., M. Mordes, I. Vergara, and A. C. Chang. 1982. Chemical fractionation of heavy metal in wastewater-affected soils. J. WPCF. 54: 175-180.
20. Sommers, L. E. and D. W. Nelson. 1972. Determination of total phosphorus in soils: A rapid perchloric acid digestion procedure. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36: 902-904.
21. Stevenson, F. J. 1984. Nitrogen in agricultural soils. Am. Soc. Agron. Inc.
22. Susuki, T., K. Katsono, and G. Yamaura. 1992. Land application of waste water using three types of trenches set in lysimeters and its mass balance of nitrogen. Wat. Res. 26: 1433-1444.
23. Uren, N. C. 1992. Forms, reaction, and availability of nickel in soils. Adv. Agron. 48: 141-203.
24. Yamaura, G., T. Suzuki, M. Kobayashi, T. Katsuna, K. Ogiwara, and Y. Taguchi. 1986. Use of soil for disposal of domestic sewage. Wat. Sci. Tech. 18: 375-381.

**Effects of Irrigation with Secondary Effluent of North  
Isfahan Sewage Refinery on Some Chemical Properties of  
Borkhar Region Soils.**

**A. A. SAFARI<sup>1</sup> AND SH. HAG-RASULIHA<sup>2</sup>**

**1, 2 - Ph.D Student and Professor, Faculty of Agriculture Isfahan  
University of Technology.**

**Accepted Oct. 4, 2000**

**SUMMARY**

Reuse of wastewater is one of the most effective methods for decreasing environmental contamination and alleviating water deficiency in arid and semi-arid regions. However, depending on physical, chemical, and biological properties of treated wastewater as a source of irrigation water, soil properties could change. The main objectives of this study were to evaluate the chemical effects of irrigation with secondary effluent of North Isfahan Sewage Refinery on the soils of Borkhar region. Soil samples were taken from two fields which have been irrigated with secondary effluent for seven years and two non-irrigated lands close to the fields as a control. The chemical analyses of soil samples indicated that soil salinity and sodicity had decreased significantly by irrigation with the effluent for seven years. Organic carbon and nitrogen, available phosphorus, total nitrogen, total phosphorus and cation exchange capacity of top layer (0-40 cm) of the irrigated soils with the effluent have increased considerably. However, pH, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, available K, total K and heavy metals of soils irrigated with the effluent did not change. Except iron, the levels of heavy metals (specially the levels of Pb and Ni) in the Borkhar region soils were very high. Indeed, the level of Ni has got close to critical.

**Key words:** Irrigation, Secondary effluent, Sewage refinery, Soil, Chemical properties.