



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و چهارم، شماره چهارم، ۱۳۹۶

<http://jwsc.gau.ac.ir>

ویژگی‌های شیمیایی آب‌های درون‌ریز و پیامد آن‌ها بر خاک‌های تالاب میقان اراک

*علی اکبر صفری سنجان^۱ و محبوبه صفری سنجان^۲

^۱استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه بوعلی سینا، دانشجوی دکتری گروه خاکشناسی، دانشگاه بوعلی سینا

تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۱۳

چکیده

سابقه و هدف: آب‌های فرورفته و یا به جریان افتاده در روی خاک‌های بالادست، به‌ویژه به هنگام ریزش‌های آسمانی می‌تواند مایه آلودگی آب‌های زیرزمینی و روزمینی در زمین‌های پایین‌دست شود. پایش و ارزیابی پیامد آب‌های سرزمین‌های خشک که به تالاب‌ها زندگی می‌بخشند، بسیار مهم است. پژوهش کنونی با هدف ارزیابی کیفیت آب‌های رهاشده در تالاب میقان اراک و پیامد آن‌ها بر ویژگی‌های شیمیایی خاک تالاب انجام شده است.

مواد و روش‌ها: از آب‌های سه جایگاه رهاشده پساب شهری اراک، رودخانه شهرباب و پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم به تالاب میقان در اردیبهشت و آبان سال ۱۳۹۳ نمونه‌برداری شد. شوری، غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها، جامدهای محلول و معلق، نیتروژن، فسفر و کربن آلی آب‌ها اندازه‌گیری و آزمون شد. همچنین از دو لایه رویین (۰-۳۰ سانتی‌متری) و زیرین (۳۰-۶۰ سانتی‌متری) خاک تالاب در ۴ جایگاه رهاسازی پساب شهری، رودخانه شهرباب، رودخانه فراهان و پساب کارخانه در دو زمان یاد شده نمونه‌برداری شد و برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک‌ها آزمایش شد.

یافته‌ها: این پژوهش نشان داد که پساب شهری اراک شوری، نسبت جذب سطحی سدیم، کاتیون، آنیون و جامدهای بسیار کمتری از دو آب دیگر دارد ولی کربن آلی، فسفر و نیتروژن آن به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر است که مایه کاهش پی-اچ، شوری و افزایش کربن آلی، فسفر و نیتروژن خاک به‌ویژه در لایه رویین در جایگاه رهاسازی آن شده است. بهبود ویژگی‌های خاک می‌تواند با افزایش رشد گیاهان آب‌دوست تالاب مایه آلودگی آب آن به مانده‌های گیاهی و مواد آلی شود. در برابر آن پساب کارخانه فرآوری سولفات دارای اندازه فراوانی از جامدهای محلول یا نمک‌ها، نسبت جذب سطحی سدیم و به‌ویژه جامدهای معلق است. هر چند ویژگی‌های خاک آزمایش شده در این جایگاه نشان می‌دهد که برای رشد گیاهان ناشایست است ولی این آب با ویژگی‌های یاد شده می‌تواند مایه دگرگونی ویژگی‌های فیزیکی خاک در این جایگاه شود. ویژگی‌های شیمیایی آب و خاک لایه رویین و زیرین در جایگاه رودخانه شهرباب بهم نزدیک است و نشان از هماهنگی و پایداری آب و خاک این جایگاه دارد. ولی بررسی ویژگی‌های لایه رویین و زیرین خاک در جایگاه رسیدن رودخانه فراهان به تالاب نشان داد که خاک لایه رویین آن دارای کربن آلی، نیتروژن، فسفر بیش‌تر و شوری کمتری در برابر خاک جایگاه رودخانه شهرباب است که می‌تواند زیستگاه خوبی برای رشد گیاهان در این تالاب شور فراهم کند و مایه افزایش آلودگی آن به مانده‌های گیاهی و مواد آلی شود.

* مسئول مکاتبه: aa-safari@basu.ac.ir

نتیجه‌گیری: فاضلاب شهری اراک کیفیت بالایی داشته و ویژگی‌های شیمیایی خاک را بهبود داده است. در برابر آن، کیفیت بد فاضلاب کارخانه فرآوری سولفات سدیم ویژگی‌های شیمیایی خاک را بدتر کرده است. بنابراین پیش از رهاسازی آن‌ها در تالاب میقان اراک ترکیب این دو فاضلاب و آمیختن آن‌ها می‌تواند پیشنهاد خوبی باشد. به هر گونه این پیشنهاد نیاز به بررسی ویژه‌ای دارد.

واژه‌های کلیدی: آب رودخانه، پساب شهری، دریاچه میقان، خاک تالاب

مقدمه

و نیز پساب پالایشگاه فاضلاب شهری اراک است (۱۱). نزدیکی تالاب به شهر اراک و بخار آب برخاسته از رویه تالاب مایه کاهش خشکی هوا، افزایش بخار و مه و کاهش جابجایی ریزگردهای این شهر شده است. پوشش گیاهی زمین‌های این تالاب بیش‌تر از گیاهان شورپسند است. گونه‌های گیاهی آن بیش‌تر از خانواده‌های گندمیان، گون و شاهی (چلیپیان) است. در خاک‌های پیرامون تالاب میقان نزدیک ۵۰ گونه گیاهی سازگار با شوری خاک شناسایی و گزارش شده است. افزون بر آن با رهاسدن پساب فاضلاب شهر اراک در تالاب، شوری خاک در بخش جنوب‌غربی تالاب کاهش پیدا کرده و پوشش گیاهی اویارسلام در این بخش از تالاب گسترش یافته است. به هر روی، ۱۶ خانواده گیاهی یک‌ساله و چندساله به ریخت بوته‌ای، علفی، درختچه‌ای و درختی در این سرزمین شناسایی و گزارش شده است که از این گیاهان می‌توان سیاه‌شور، اسفناج باغی، جگن، قره‌داغ، شور مرغ، گوریک، شورسراج و بننه را نام برد (۲).

آب این تالاب بیش‌تر از بارش‌های سالانه، چشمه‌های فصلی پیرامون آن و نیز رودخانه‌های فصلی پیرامون آن مانند رودخانه فراهان، شهراب و قره‌کهریز می‌باشد. افزون بر آن در سال‌های گذشته پساب فاضلاب شهر اراک به اندازه ۷۰۰ لیتر در ثانیه به تالاب ریخته می‌شود که می‌تواند ویژگی‌های آب و خاک این تالاب را دگرگون سازد. اندازه پساب فاضلاب رهاسده در تالاب به ۳۱ میلیون مترمکعب در پی سال می‌رسد. به هر گونه در سال‌های گذشته در پی

مردم در گذشته تالاب‌ها را زمین‌هایی ناشایست و زیانبار می‌دانستند. تالاب‌ها بستری برای زندگی ریزجانداران بیماریزا و جانوران درنده شناخته می‌شد. این زمین‌ها در دید مردم زمین‌هایی بلاخیز و بی‌بار بود. بنابراین تلاش می‌شد که با مهار آب‌های درون ریزتالاب‌ها و با خشک کردن آن‌ها زمین‌های کشاورزی بیش‌تری به دست آورند و یا دست‌کم جلوی بیماری‌ها را بگیرند. در آن روزگار کم‌تر کسی از سود این زیستگاه‌ها برای زندگی مردم پیرامون آن‌ها آگاهی داشت و سخن می‌گفت (۱ و ۲۹). تالاب میقان یکی از تالاب‌های کویری ایران در استان مرکزی است. این تالاب در ۱۵ کیلومتری شمال‌شرقی اراک است. پهنه تالاب نزدیک ۲۵،۰۰۰ هکتار است. این تالاب یک دریاچه دارد که سه جزیره در میانش و دشت‌های پیرامون آن را فرامی‌گیرد (۲). از دیدگاه دیرینه‌شناسی پیدایش آن به دوره پالئوسن باز می‌گردد که در آن دوره با جابجایی صفحه‌های تکتونیک پیرامون آن پدید آمده است. این تالاب در سال‌های با بارندگی خوب، از تالاب‌های زنده کشور به‌شمار می‌رود. ولی در سال‌های کم‌آب، گاهی رویه آب در تالاب خشک شده و در پایان تابستان به گونه کویری در می‌آید (۱۰ و ۱۱). بلندای زمین تالاب از رویه دریا‌های آزاد ۱۷۰۰ متر است و آب آن بسته به زمان سال از مانداب شدن با ژرفای بسیار کم تا مانداب شدن به ژرفای ۱/۴ متر می‌رسد. خاستگاه آب تالاب بارش‌های جوی، و آب سه رودخانه قره‌کهریز، فراهان و شهراب

آگاهی چندانی در دست نیست. بنابراین با هدف شناخت پیامد آب‌های درون‌ریز تالاب بر ویژگی‌های شیمیایی خاک، از آب‌های پساب شهری پالایش شده اراک، رودخانه فراهان و پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم در دو زمان بهار و پاییز و همچنین لایه‌های رویین و زیرین خاک، در چهار جایگاه رهاشدن پساب فاضلاب شهری، پساب کارخانه، رودخانه‌های فراهان و شهرباب در دو فصل بهار و پاییز نمونه‌برداری شد و ویژگی‌های شیمیایی خاک اندازه‌گیری و آزمون گردید.

مواد و روش‌ها

جایگاه نمونه‌برداری: در این پژوهش از آب جایگاه رهایی پساب فاضلاب شهری (اراک)، رودخانه شهرباب و پساب کارخانه (فرآوری سولفات سدیم) به تالاب در دو زمان بهار (۱۳۹۳/۲/۱۹) و پاییز (۱۳۹۳/۸/۸) نمونه‌برداری شد. رودخانه شهرباب یکی از رودخانه‌های استان مرکزی است که از کوه‌های تفرش سرچشمه می‌گیرد و پس از آب دادن به چند روستا، در بهار و پاییز که آب آن فراوان‌تر است به تالاب میقان می‌ریزد. پساب پالایش شده شهر اراک دبی یک هزار لیتر بر ثانیه دارد که بر پایه مجوز وزارت نیرو ۷۰۰ لیتر در ثانیه از آن در تالاب کویری میقان اراک رها می‌شود. این آب هر چند می‌تواند مایه زنده ماندن این تالاب کویری باشد ولی رهاسازی آن پیامدهایی دارد که در این پژوهش در برابر آب رودخانه شهرباب بررسی و آزمون شده است. پساب کارخانه سولفات سدیم نیز پس از فرآوری این نمک به تالاب برگردانده می‌شود که بسیار تیره بوده و لجن فراوانی دارد. این آب نیز می‌تواند ویژگی‌های خاک تالاب را دگرگون سازد که ویژگی‌های آن و خاک‌های جایگاه رهاسازی آن در برابر آب و خاک جایگاه رهاسازی رودخانه شهرباب بررسی و آزمون شده است. رودخانه فصلی فراهان در هنگام نمونه‌برداری

کاهش ریزش‌های آسمانی و برداشت بیش از اندازه آب از زمین‌های بالادست رویه سفره‌های آب زیرزمینی در این تالاب ۱۳ متر افت داشته است که این می‌تواند به شور شدن آب‌های زیرزمینی و پیامدهای زیانبار دیگری بیانجامد (۱).

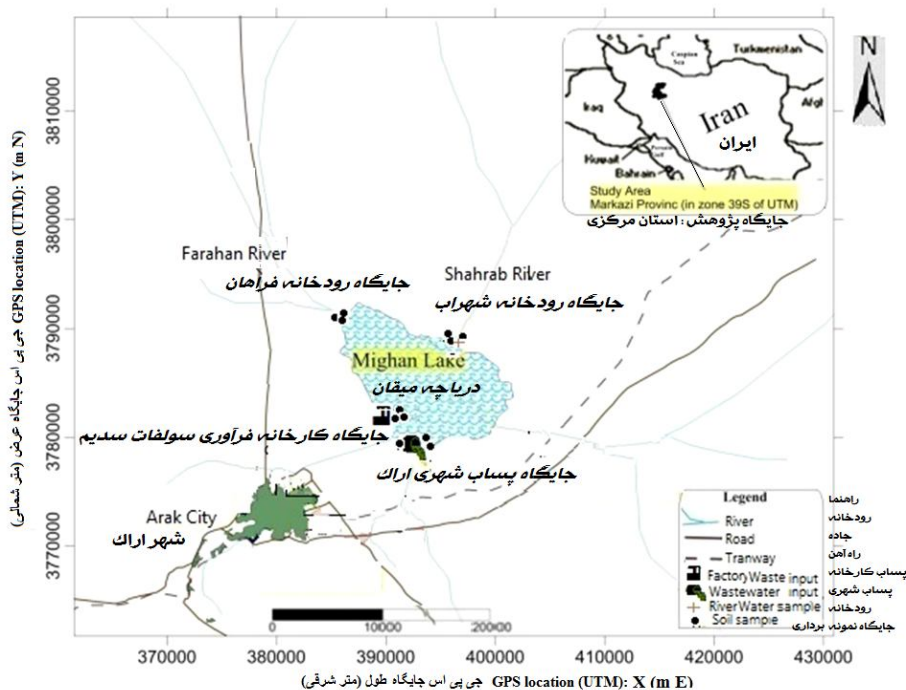
درباره پیامد آب‌های آلوده به نمک به‌ویژه در سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک گزارش‌های بسیاری شده است (۵ و ۱۶). درباره پیامد غلظت بالای نترات نیز در آب‌های زیرزمینی و روزمینی، به‌ویژه خاک‌های پیرامون این گونه آب‌ها گزارش‌های بسیاری در دست است (۵، ۱۷ و ۲۲). همچنین گزارش‌هایی در دست است که آلودگی آب‌های روزمینی و زیرزمینی ایران به نترات و نمک‌های دیگر را نشان می‌دهد (۱۴-۱۶). آبیاری در سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک بخش بزرگی از آب‌ها را به‌کار می‌برد. به هر گونه آب‌های فرورفته در زیرخاک‌های کشاورزی و یا به جریان افتاده در روی خاک‌ها می‌تواند مایه آلودگی آب‌های زیرزمینی و روزمینی این سرزمین‌ها شود (۷). بنابراین، پایش و ارزیابی کیفیت این آب‌ها بسیار مهم است. از این‌رو، پژوهش کنونی با هدف ارزیابی کیفیت آب‌های رهاشده به تالاب میقان و پیامد آن بر ویژگی‌های شیمیایی خاک تالاب در جایگاه رهاسازی آن‌ها انجام شده است.

خاک این تالاب بسته به شوری آب‌های درون‌ریز آن، دارای لایه‌های نمکی فراوانی در نیم‌رخ خود است و این تالاب بزرگ‌ترین اندوخته سولفات سدیم در کشور را دارا است که شرکت املاح معدنی ایران حق برداشت آن را گرفته است (۹). به هر گونه این کارخانه خود می‌تواند مایه آلودگی خاک دریاچه شود. اگرچه زمین‌شناسی و آلودگی خاک و آب آن به فلزهای سنگین (۹-۱۰)، پرندگان (۲۹) و همچنین پوشش گیاهی این زیستگاه به‌خوبی بررسی و گزارش شده است (۲)، ولی درباره پیامد آب‌های ورودی این تالاب بر ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک آن

ساختگی هستند که می‌توانند پس از رهاشدن در تالاب ویژگی‌های خاک را دگرگون سازند. برای گردآوری نمونه‌های آب از ظرف‌های پلی‌اتیلنی ۳۰۰ میلی‌لیتری بهره‌گیری شد (۳). ظرف‌های پلی‌اتیلنی که با مواد شوینده شسته شده بودند، در آغاز با آب اسید گرم که دارای HCl ۰/۱ نرمال بود، شستشو داده شده و سپس سه بار با آب مقطر شسته شدند. نمونه‌های آب از سه جایگاه پساب شهری اراک، رودخانه شهراب و پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم هر کدام در سه ظرف پلی‌اتیلنی گردآوری شدند، سپس نمونه‌ها بی‌درنگ به آزمایشگاه رسانده شد و در یخچال (۴ درجه سلسیوس) تا زمان آزمایش نگهداری شدند. بر این پایه ۹ نمونه آب در ظرف‌های پلی‌اتیلنی ۳۰۰ میلی‌لیتری برداشت شد. سپس نمونه‌های آب از پالایه‌های ۰/۴۵ میکرومتری گذرانده شدند.

از آب‌های دیگر آب نداشت و در این پژوهش تنها از خاک‌های جایگاه رسیدن آن به دریاچه میقان نمونه‌برداری شد (شکل ۱).

در این پژوهش از دو لایه رویین (۰-۳۰ سانتی‌متر) و زیرین (۳۰-۶۰ سانتی‌متر) تالاب در ۴ جایگاه رهاسازی پساب پالایش شده شهر اراک در تالاب میقان، رودخانه شهراب و فراهان و پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم در دو زمان بهار و پاییز نمونه‌برداری با بیل و اگر نیاز می‌شد با کلنگ دستی انجام شد (شکل ۱). این چهار جایگاه نمونه‌برداری از خاک، جایگاه رسیدن آب‌های درون‌ریز به تالاب است و بررسی خاک آن‌ها و سنجش دگرگونی‌های لایه رویین آن‌ها در برابر لایه زیرین نشان‌دهنده پیامد آب‌های درون‌ریز دریاچه خواهد بود. یادآور شود که آب رودخانه شهراب طبیعی است و پساب شهری اراک و پساب کارخانه فرآوری سولفات مردم‌زاد^۱ و



شکل ۱- جایگاه‌های نمونه‌برداری از خاک و آب‌های درون‌ریز دریاچه میقان اراک.

Figure 1. Sampling sites of soil and surface water-inflows of Meyghan Lake in Arak.

اندازه‌گیری شدند (۲۴). گنجایش تبادل کاتیونی به روش استات آمونیم یک نرمال، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی اسید مانده با هیدروکسید سدیم (۲۴ و ۲۸)، کربن آلی خاک (SOC) به روش اکسایش تر (۲۰)، همه نیتروژن خاک (TN) به روش هضم کجلدال، همه فسفر خاک (TP) به روش آمونیوم مولبیدات پس از هضم اسیدی اندازه‌گیری شد و پتاسیم محلول و تبدالی که در این پژوهش به آن فراهم گفته می‌شود، به کمک استات آمونیوم، یون آمونیوم و نترات خاک با عصاره‌گیری از آن با کلرید پتاسیم ۱ نرمال و به روش رنگ‌سنجی اندازه‌گیری شد (۶، ۱۹-۲۱ و ۲۴).

داده پردازی و آزمون آماری داده‌ها: این پژوهش دو آزمایش بود. آزمایش نخست بررسی ویژگی‌های آب درون ریز تالاب در ۳ جایگاه نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۳ بود که به گونه فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور یکم در این آزمایش جایگاه نمونه‌برداری از آب در سه سطح (پساب پالایش‌شده شهر اراک، رودخانه شهراب و پساب کارخانه سولفات پتاسیم) و فاکتور دوم ماه نمونه‌برداری در دو سطح (اردیبهشت، آبان) بود.

آزمایش دوم بررسی خاک‌ها بود که به گونه فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در ۴ جایگاه نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۳ انجام شد. فاکتور یکم در این بخش جایگاه نمونه‌برداری از خاک در ۴ سطح (جایگاه رهاسازی پساب شهری، رودخانه شهراب، روخانه فراهان و پساب کارخانه سولفات پتاسیم) و فاکتور دوم ماه نمونه‌برداری در دو سطح (اردیبهشت، آبان) بود.

داده‌های خام به کمک نرم‌افزار Excel 2103، پردازش و بررسی‌های آماری تجزیه واریانس و آزمون میانگین‌ها به کمک نرم‌افزار SAS 9.2، انجام شد. برای آزمون میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در پایه آمار ۰.۵٪ بهره‌گیری شد.

پس از آن ویژگی‌های شیمیایی آب در آزمایشگاه بر پایه روش‌های استاندارد پیشنهاد شده اندریو و همکاران (۲۰۰۵) بررسی شد (۳). پی-اچ (pH) و رسانندگی الکتریکی (EC)، به کمک دستگاه pH متر و EC متر، ای-اچ (Eh) به کمک الکتروود پلاتین، کلسیم (Ca^{2+}) و منیزیم (Mg^{2+}) با روش کمپلکسومتری، پتاسیم (K^+) و سدیم (Na^+) به کمک دستگاه فلیم‌فتمتر، نترات (NO_3^-)، آمونیوم (NH_4^+)، فسفات (PO_4^{3-}) و فسفر (P) به روش رنگ‌سنجی و به کمک دستگاه اسپکتروفتمتر (۳ و ۲۰)، نسبت جذب سدیم (SAR) با بهره‌گیری از معادله آیزر و وستکات (۱۹۸۵) و کربن آلی به روش اکسیداسیون تر اندازه‌گیری و برآورد شدند (۳، ۴ و ۲۰). همه مواد جامد^۱ (TS) با خشک کردن ۵۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های آب پالایش‌نشده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. همه مواد جامد آب‌آویز یا معلق^۲ (TSS) با پالایش ۵۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های آب پالایش‌نشده بر کاغذ پاله شسته شده و اندازه‌گیری وزن خشک مواد مانده بر روی آن اندازه‌گیری شد (۳ و ۲۷). همه مواد جامد محلول^۳ (TDS) نیز با بهره‌گیری از رابطه زیر برآورد شد:

$$TDS (ppm) = TS - TSS$$

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: برای بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها، در آغاز آن‌ها هوا خشک شدند. سپس با گذراندن خاک‌ها از الک ۲ میلی‌متری، بافت خاک و دانه‌بندی آن به روش هیدرومتری (۸) بررسی شد. پی-اچ خاک (pH)، رسانندگی الکتریکی (EC) و ای-اچ (Eh) آن در سوسپانسیون نسبت ۱ به ۲، خاک به آب به ترتیب به کمک دستگاه pH متر، EC متر و الکتروود پلاتینی

- 1- Total solid
- 2- Total suspended solid
- 3- Total dissolved solids

نتایج و بحث

جدول ۱ جایگاه نمونه‌برداری از آب و خاک و دانه‌بندی و گنجایش تبادل کاتیونی خاک‌های نمونه‌برداری شده را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در جدول دیده می‌شود، بلندی خاک در جایگاه‌های خاوری و جنوبی (جایگاه رهاشدن رودخانه شهراب و پساب شهری) کم‌تر از جایگاه‌های رهاشدن پساب کارخانه در جنوب باختری و رودخانه فراهان در شمال باختری است و آب این بخش‌ها کم‌تر خود را به بخش‌های باختری تالاب می‌رسانند. خاک بخش‌های باختری که کمی بالا دست‌تر هستند، بافتی درشت‌تر و گنجایش تبادل کاتیون کم‌تری دارند.

یادآور شود که خاک جایگاه‌های رهاسازی رودخانه شهراب و پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم به اندازه‌ای پر نمک بود که بخش بزرگی از آن‌ها هنگام اندازه‌گیری درصد شن، سیلت و رس حل شده و بخش کوچک مانده از خاک هم بهم چسبیده و به تندی ته‌نشین می‌شد. بنابراین داده‌های آن‌ها گزارش نشده است. در بخش‌های زیر نخست در باره ویژگی‌های آب‌های درون‌ریز تالاب و سپس درباره پیامد آن‌ها بر خاک پیرامون تالاب که در دو زمان بهار (۱۳۹۳/۲/۱۹) و پاییز (۱۳۹۳/۸/۸) نمونه‌برداری شده‌اند، پرداخته می‌شود.

جدول ۱- جایگاه نمونه‌برداری از آب و خاک و برخی از ویژگی‌های خاک‌های نمونه‌برداری شده[©].

Table 1. Soil sampling sites and some of the sampled soil properties[©].

Sampling site	Depth	GPS location (UTM)		Elevation	CEC	Clay	Silt	Sand	Soil Texture
جایگاه نمونه‌برداری	ژرفا	موقعیت جایگاه		بلندی		رس	سیلت	شن	بافت خاک
	cm	X (m E)	Y (m N)	M	Cmolc/ kg soil	%	%	%	
1	0-30	390312	3779164	1660	28.6	20	43.6	36.4	رسی Clay
	30-60				29.3	14	45.6	40.4	رسی Clay
2	0-30	396597	3788876	1660	-	-	-	-	-
	30-60				-	-	-	-	-
3	0-30	385342	3791903	1662	24.5	34	37.6	28.4	لوم رسی clay loam
	30-60				17.5	26	27.6	46.4	لوم رسی شنی sandy clay loam
4	0-30	388599	3781049	1662	-	-	-	-	-
	30-60				-	-	-	-	-

[©] 1) پساب شهری، 2) رودخانه شهراب، 3) رودخانه فراهان، 4) پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم.

[©] 1) Municipal Wastewater, 2) Shahrab River, 3) Farahan River and 4) Sodium sulfate Factory Wastewater.

سوی دیگر در هر جایگاه نمونه‌برداری پی-اچ آب در پاییز کم‌تر از بهار است. بالاترین پی-اچ اندازه‌گیری شده در پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم در بهار (۸/۹۰) و کم‌ترین آن در پساب شهری در پاییز (۷/۵۵) بوده است که از دیدگاه آماری این ناهمبندی‌ها در پایه ۵ درصد چشم‌گیر هستند.

بررسی و آزمون ویژگی‌های آب‌های درون‌ریز تالاب: جدول ۲ آزمون میانگین ویژگی‌های شیمیایی آب‌های درون‌ریز تالاب میقان را در دو فصل بهار و پاییز نشان می‌دهد. روی هم‌رفته پی-اچ پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم بالا و پی-اچ پساب شهری اراک رهاشده در تالاب پایین‌ترین است. از

جدول ۲- آزمون میانگین پی-اچ (pH)، پتانسیل رداکس (Eh)، رسانندگی الکتریکی (EC)، نسبت جذب سطحی سدیم (SAR)، همه مواد جامد (TS)، مواد جامد معلق (TSS) و مواد جامد محلول (TDS) و در سه جایگاه و دو زمان نمونه برداری از آب تالاب میقان[©].

Table 2. Mean test of water pH, Eh, electrical conductivity (EC), Sodium adsorption ratio (SAR), total solids (TS), total suspended solids (TSS), total dissolved solids (TDS) and total hardness (TH) in 3 sites and 2 sampling times from the Mighan lake[©].

Sampling site	Sampling time	pH		Eh (mV)		EC (dS m ⁻¹)		SAR (mmol/l) ^{0.5}	
		بی اچ		ای اچ		رسانندگی الکتریکی		نسبت جذب سطحی سدیم	
جایگاه	زمان	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
نمونه برداری	نمونه برداری	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
1	Spring	8.00 ^d	0.10	171.33 ^b	22.74	3.45 ^d	0.21	2.99 ^c	0.02
	Autumn	7.55 ^c	0.01	265.00 ^a	1.00	2.40 ^d	0.13	3.14 ^c	0.42
2	Spring	8.44 ^b	0.05	91.67 ^d	4.73	61.47 ^a	7.47	663.37 ^a	99.16
	Autumn	8.25 ^c	0.08	150.67 ^c	10.02	44.27 ^b	1.26	104.37 ^c	10.96
3	Spring	8.90 ^a	0.10	104.00 ^d	5.29	60.71 ^a	1.26	596.62 ^{ab}	1.00
	Autumn	8.53 ^b	0.15	179.67 ^b	3.51	38.37 ^c	0.73	499.53 ^b	147.86
Continued		TS (g l ⁻¹)		TSS (g l ⁻¹)		TDS (g l ⁻¹)			
ادامه جدول		همه جامدها		همه جامدهای آب آویز		همه جامدهای محلول			
Site	Time	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
جایگاه	زمان	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
1	Spring	4.05 ^d	0.16	0.05 ^d	0.00	4.00 ^c	0.16		
	Autumn	0.70 ^d	0.17	0.00 ^d	0.00	0.70 ^c	0.17		
2	Spring	437.13 ^b	2.80	39.61 ^c	1.36	386.95 ^a	4.99		
	Autumn	147.47 ^c	18.58	3.13 ^d	0.64	144.33 ^b	18.04		
3	Spring	694.98 ^a	18.74	531.16 ^a	24.85	104.33 ^c	3.48		
	Autumn	410.27 ^b	34.95	324.00 ^b	24.45	86.27 ^d	11.03		

[©] 1) پساب شهری، 2) رودخانه شهراب، 3) پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم

[©] در هر ستون میانگین‌های با حرف یکسان از دیدگاه آماری ناهمانندی چشم‌گیری ندارند.

[©] 1) Municipal Wastewater, 2) Shahrab River and 3) Sodium sulfate Factory Wastewater

[©] Means in each column with the same letter are not significantly different.

برابر ۲۶۵ میلی‌ولت بود و پایین‌ترین پتانسیل رداکس در آب‌های شور رودخانه شهراب و پساب کارخانه در بهار اندازه‌گیری شد که به ترتیب برابر ۹۱/۶۷ و ۱۰۴ میلی‌ولت بود (جدول ۲).

شوری پساب شهری اراک در هر دو زمان نمونه‌برداری از دیدگاه آماری در پایه آماری ۵ درصد

اندازه‌گیری پتانسیل رداکس و توان اکسیدکنندگی آب‌ها نشان داد که آب‌هایی که پی-اچ پایین‌تری دارند، توان اکسیدکنندگی بیشتر و وارونه آن آب‌هایی که پی-اچ بالاتری داشته‌اند، پتانسیل رداکس پایین‌تری داشتند. بالاترین پتانسیل رداکس در پساب شهری نمونه‌برداری شده در پاییز اندازه‌گیری شد که

وابسته به کاهش پی-اچ در پاییز و حل شدن کربنات‌های کلسیم و منیزیم در بستر و خاک‌های پیرامون آبراهه‌ها وابسته باشد که نیاز به بررسی ویژه‌ای دارد.

بررسی مواد جامد آب‌ها نشان داد که پساب شهری رسیده به تالاب در برابر دیگر آب‌ها این دشواری را نیز نداشته و همه مواد جامد، جامدهای آب آویز، جامدهای محلول و سختی آن در هر دو زمان نمونه‌برداری شده به اندازه چشم‌گیری کم‌تر از دو آب دیگر است. هر چند این ویژگی‌های پساب همانند ویژگی‌های یاد شده در بالا در بهار بیش‌تر از پاییز است ولی ناهمانندی آن‌ها در دو زمان بررسی شده از دیدگاه آماری چشم‌گیر نشد. شاید چشم‌گیر نشدن این ناهمانندی وابسته به ناهمانندی آب‌های نمونه‌برداری شده تالاب باشد. ناهمانندی ویژگی‌های آب‌های نمونه‌برداری شده از سه جایگاه یاد شده به اندازه‌ای بالا است که این ناهمانندی پساب در بهار و پاییز در برابر آن‌ها بسیار اندک و ناچیز است. به هر گونه بخش بزرگی (نزدیک ۱۰۰ درصد) از همه مواد جامد پساب در بهار و پاییز (که به ترتیب برابر ۴/۰۵ و ۰/۷ گرم بر لیتر بود) را مواد محلول در آب (که در بهار و پاییز به ترتیب برابر ۴/۰۰ و ۰/۷ گرم بر لیتر است)، می‌سازد. ناهمانندی جامدهای یاد شده در آب‌های رودخانه شهراب و پساب کارخانه در دو زمان بهار و پاییز به‌خوبی نمایان و از دیدگاه آماری چشم‌گیر است. این ویژگی آب‌ها در بهار به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر از آن‌ها در پاییز است. هر چند میانگین شوری پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم بالا است ولی در برابر رودخانه شهراب این اندازه‌ها چندان بالا نیست و رهاشدن این آب در تالاب شور می‌قان از این دیدگاه دشواری چندان به همراه ندارد. از سوی دیگر بخش بزرگی (نزدیک ۷۶ و ۷۹ درصد) از همه مواد جامد پساب کارخانه در هر

به اندازه چشم‌گیری کم‌تر از دو آب دیگر تالاب می‌قان بود. رسانندگی الکتریکی این آب کم‌تر از ۴ دسی‌زیمنس بوده و به مرز شوری نمی‌رسد و بر پایه مرزهای پذیرفته شده مانند پی-اچ و پتانسیل رداکس آن برای رهاشدن در این تالاب دشواری‌ساز نیست. در برابر آن شوری دو آب رودخانه شهراب و پساب کارخانه بسیار بالاتر از توان بسیاری از گیاهان برای زیستن در چنین آبی است و به‌ویژه در بهار که به نزدیک ۶۰ دسی‌زیمنس بر متر رسیده‌اند.

بسته به تبخیر آب و رسیدن ریزش‌های آسمانی در بهار به آب‌های روزمینی، پیش‌بینی می‌شد که رسانندگی الکتریکی آب‌های رسیده به تالاب در بهار (۱۹ اردیبهشت) کم‌تر از آن‌ها در پاییز (۸ آبان) باشد و این جای شگفتی بود که در این پژوهش شوری آب‌های رسیده به تالاب در بهار بیش‌تر از پاییز بود.

داده‌های به‌دست آمده از برآورد نسبت جذب سطحی سدیم که نشان‌دهنده پیامد بد آب بر ویژگی‌های فیزیکی و نفوذپذیری خاک است که در جدول ۲ گزارش شده است. این ویژگی در پساب شهری اراک رسیده به تالاب کم‌تر از ۳/۵ (میلی‌مول بر لیتر)^{۰/۵} است و به مرز زیان‌بار نرسیده و از این دیدگاه هم بر پایه استانداردهای ارزیابی کیفیت آب، این آب دشواری چندان برای رهاشدن در آب‌های روزمینی یا بهره‌گیری در زمین‌های کشاورزی ندارد (۴). در برابر آن در بهار نسبت جذب سطحی سدیم آب رودخانه شهراب رسیده به تالاب به ۶۶۳/۳۷ و پساب کارخانه به ۵۹۶/۶۲ (میلی‌مول بر لیتر)^{۰/۵} می‌رسند که به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر نسبت جذب سطحی سدیم دیگر نمونه‌ها هستند. روه‌م‌رفته همه آب‌ها در پاییز نسبت جذب سطحی سدیم کوچک‌تری در برابر نمونه‌های بهاری خود دارند که این ناهمانندی برای آب رودخانه شهراب از دیدگاه آماری چشم‌گیر بود. این دگرگونی زمانی شاید

دو زمان بهار و پاییز (۶۹۴/۹۸ و ۴۱۰/۲۷ گرم در لیتر) را مواد جامد آب آویز (۵۳۱/۱۶ و ۳۲۴ گرم در لیتر) می‌سازد. به هر گونه مواد جامد آب آویز در آب رودخانه شهرباب بسیار کم‌تر است و این بخش نزدیک ۹/۱ و ۲/۱ درصد از مواد جامد آن را می‌سازد. این یافته‌ها با آنچه که هنگام نمونه‌برداری دیده شده هماهنگ است. پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم سیاه‌رنگ و بسیار گل‌آلود بود در برابر آن پساب شهر اراک رسیده به تالاب بسیار روشن و بدون تیرگی بود.

چنانچه آبی سرشار از عناصر غذایی شود، زیستگاه شایسته‌ای برای جلبک‌ها و گیاهان آبی شده که پس از رشد آن‌ها آلودگی آب به کربن آلی را به دنبال خواهد داشت که نیاز به اکسیژن را بالا خواهد برد و با فروزینگی بی‌هوازی مواد آلی و تنفس نیتراتی و سولفات‌های بوهای بدی بسته به گازهایی که پدید می‌آید، تالاب را خواهد گرفت. تجزیه واریانس ویژگی‌هایی که مایه سرشار شدن آب‌ها از عناصر غذایی و رخداد یوتریفیکاسیون^۱ آب‌ها می‌شود، نشان داد که دگرگونی کربن آلی آب‌ها در برابر فسفر و ریخت‌های گوناگون نیتروژن کم بود. کربن آلی در پساب شهری اراک در برابر دیگر آب‌های رسیده به تالاب چندان بالا نیست. همان‌گونه که در جدول ۳ دیده می‌شود، کربن آلی پساب شهری و پساب کارخانه فرآوری سولفات به اندازه چشم‌گیری کم‌تر از آن در رودخانه شهرباب است. در همه نمونه‌های بررسی شده کربن آلی آب‌ها در بهار بیش‌تر از آن در پاییز است ولی این ناهمبندی تنها در نمونه‌های برداشت شده از رودخانه شهرباب از دیدگاه آماری چشم‌گیر بود ($P < 0/05$). بالاترین میانگین کربن آلی (۲۳/۵۳ گرم در لیتر) در نمونه آب رودخانه شهرباب برداشت‌شده در بهار اندازه‌گیری شد و کم‌ترین آن

(۵/۲۳ گرم در لیتر) در پساب شهری رسیده به تالاب در پاییز اندازه‌گیری شد که با بهار و آنچه در بهار و پاییز پساب کارخانه اندازه‌گیری شد ناهمبندی چشم‌گیر ندارد.

همه نیتروژن، نیترون نیتراتی و به‌ویژه نیتروژن آمونیاکی پساب شهری رسیده به تالاب به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر از آن‌ها در آب رودخانه شهرباب و پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم است. پساب‌های شهری تیمار شده دارای اندازه فراوانی نیتروژن به‌ویژه به ریخت آمونیاکی، فسفر و پتاسیم است که غلظت آن‌ها بستگی به خوارک مردم و سرانه کاربرد آب دارد (۲۵). در همه آب‌های بررسی‌شده نیتروژن اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های پاییزه بیش‌تر از بهار است. بالاتر بودن نیتروژن آب‌ها در پاییز شاید به پی-اچ پایین‌تر آن و فرار کم‌تر نیتروژن آمونیاکی وابسته باشد (۲۶). این یافته در برابر آنچه بود که در اندازه‌گیری شوری دیده شد، زیرا با شگفتی شوری آب‌ها در بهار بیش‌تر اندازه‌گیری شد. به هر گونه بیش‌ترین نیتروژن اندازه‌گیری‌شده (۹۱/۳۳ میلی‌گرم در لیتر) در نمونه پساب شهری در پاییز و کم‌ترین آن (۷/۹۰ میلی‌گرم در لیتر) در نمونه آب رودخانه شهرباب در بهار اندازه‌گیری شد. نیتروژن نیتراتی و نیتروژن آمونیاکی نیز در نمونه پساب شهری در پاییز بیش‌ترین و به‌ترتیب برابر (۷۹/۳۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر) بود و کم‌ترین آن‌ها (۷ و صفر میلی‌گرم در لیتر) در نمونه آب رودخانه شهرباب در بهار و پاییز اندازه‌گیری شد.

آزمون میانگین فسفر فسفات (محلول) اندازه‌گیری شده در آب‌ها نشان داد که میانگین این عنصر غذایی در پساب شهری به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر از دو آب دیگر است و این عنصر هم مانند بسیاری از ویژگی‌های بررسی شده در نمونه‌های بهاره همه آب‌ها بیش‌تر از پاییزه بود که این ناهمبندی برای

1- Euttrification

میانگین فسفر فسفاتی (۶/۰۳ میلی‌گرم در لیتر) در نمونه پساب شهری برداشت شده در بهار اندازه‌گیری شد و کم‌ترین آن (۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر) در پساب کارخانه در پاییز اندازه‌گیری شد که با بهار و آن‌چه در بهار و پاییز رودخانه شهراب اندازه‌گیری شده است، ناهمانندی چشم‌گیر ندارد.

پساب شهری از دیدگاه آماری چشم‌گیر بود. گزارش شده است که پساب‌های شهری تیمار شده دارای اندازه فراوانی فسفر فسفاتی است که غلظت آن‌ها بستگی به خوارک مردم و سرانه کاربرد آب دارد (۲۵). بالاتر بودن غلظت فسفر فسفاتی این آب‌ها در بهار نیاز پژوهش ویژه‌ای دارد. به هر گونه بالاترین

جدول ۳- آزمون میانگین همه کربن آلی (TOC)، همه نیتروژن (TN)، نیتروژن نیتراتی (N-NO₃⁻), نیتروژن آمونیاکی (N-NH₄⁺) و فسفر فسفاتی (P-PO₄³⁻) آب‌های درون‌ریز تالاب میقان[©].

Table 3. Mean test of total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), N-NO₃, N-NH₄ and P-PO₄ in the waters reached to the Mighan lake[©].

Sampling site	Sampling time	TOC (g l ⁻¹)		TN (mg l ⁻¹)		N-NO ₃ ⁻ (mg l ⁻¹)		N-NH ₄ ⁺ (mg l ⁻¹)		P-PO ₄ ³⁻ (mg l ⁻¹)	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
جایگاه نمونه‌برداری	زمان نمونه‌برداری	همه کربن آلی	انحراف معیار	همه نیتروژن	انحراف معیار	نیتروژن نیتراتی	انحراف معیار	نیتروژن آمونیاکی	انحراف معیار	فسفر فسفاتی	انحراف معیار
1	Spring بهار	6.37 ^c	0.55	45.33 ^b	3.21	41.33 ^b	3.21	2.50 ^b	0.30	6.03 ^a	0.15
	Autumn پاییز	5.23 ^c	0.21	91.33 ^a	7.77	79.33 ^a	9.29	6.00 ^a	1.00	5.40 ^b	0.10
2	Spring بهار	23.53 ^a	2.37	7.90 ^d	0.85	7.00 ^d	1.00	0.17 ^c	0.06	0.87 ^c	0.02
	Autumn پاییز	18.65 ^b	4.69	45.50 ^b	4.77	35.0 ^{bc}	5.00	0.20 ^c	0.00	0.37 ^c	0.06
3	Spring بهار	6.02 ^c	0.86	29.47 ^c	1.38	28.67 ^c	1.53	0.13 ^c	0.06	0.67 ^d	0.07
	Autumn پاییز	5.50 ^c	0.52	32.13 ^c	1.21	31.00 ^c	1.00	0.17 ^c	0.06	0.25 ^e	0.02

[©] ۱) پساب شهری، ۲) رودخانه شهراب، ۳) پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم

[©] در هر ستون میانگین‌های با حرف یکسان از دیدگاه آماری ناهمانندی چشم‌گیری ندارند.

[©] 1) Municipal Wastewater, 2) Shahrab River and 3) Sulfate Factory Wastewater

[©] Means in each column with the same letter are not significantly different.

(P<۰/۰۵). درباره جایگاه رهاسازی پساب شهری آن را نمی‌توان پیامد رهاسازی آب دانست، زیرا همان‌گونه که در بالا دیده شد، پی-اچ و نسبت جذب سطحی سدیم پساب رهاسازی شده بسیار کم‌تر از آب‌های دیگر است. بالا بودن پی-اچ خاک این جایگاه بیشتر وابسته به مواد مادری خاک و آهکی بودن (نزدیک ۶۹٪) آن است. بالا بودن پی-اچ در

بررسی و آزمون ویژگی‌های شیمیایی خاک: در این پژوهش افزون بر ویژگی‌های آب درون‌ریز تالاب، برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک وابسته به هر آب نیز بررسی و آزمون شد. آزمون میانگین پی-اچ خاک‌ها (جدول ۴) نشان داد که روه‌رفته خاک‌های برداشت شده از جایگاه‌های رهاسازی پساب شهری و پساب کارخانه به اندازه چشم‌گیری پی-اچ بالاتری دارند

گونه این یافته نیاز به بررسی بیشتر دارد. بالاترین پی-اچ اندازه‌گیری شده در این پژوهش در لایه ۳۰ سانتی‌متری رویین خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم در بهار (۹/۰۷) و کم‌ترین پی-اچ اندازه‌گیری شده در لایه ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری زیرین خاک جایگاه رهاسازی رودخانه شهراب در پاییز (۸/۱۸) بود.

اندازه‌گیری و آزمون پتانسیل رداکس خاک‌ها نشان داد این ویژگی خاک در جایگاه‌ها، لایه‌ها و زمان‌های نمونه‌برداری بسیار گوناگون است (جدول ۴). روه‌م‌رفته خاک نمونه‌برداری شده از جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان در هر دو زمان نمونه‌برداری بهار و پاییز بالاترین پتانسیل رداکس (۱۵۷/۸۳ و ۲۲۲/۶۷ میلی‌ولت) را داشت. از سوی دیگر همان‌گونه که پیش‌بینی می‌شد بسته به کاهش توان پخش و رسیدن اکسیژن به لایه‌های زیرین خاک، پتانسیل رداکس همه خاک‌ها در لایه زیرین به اندازه چشم‌گیری کم‌تر از لایه رویین آن‌ها است ($P < 0.05$). همچنین در این بخش دیده شد که پتانسیل رداکس هر لایه از خاک‌ها در بهار به اندازه چشم‌گیری کم‌تر از آن در پاییز بود. شاید ساخت ماده آلی در گیاهان و جلبک‌ها به‌ویژه در بهار و رهاشدن ریخت محلول آن‌ها به‌ویژه در لایه رویین خاک مایه این دگرگونی‌ها شده باشد. به هر گونه از پیامد نمناکی خاک و آب آن بر پخش اکسیژن در نیمرخ خاک در بهار نیز نباید چشم پوشید که هر چه آب خاک بیش‌تر باشد پتانسیل رداکس آن کم‌تر خواهد بود (۲۷). بالاترین پتانسیل رداکس در این پژوهش ۲۳۰/۳۳ میلی‌ولت بود که در لایه رویین خاک جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان و در پاییز اندازه‌گیری شد. کم‌ترین آن ۵۹ میلی‌ولت بود که در لایه زیرین خاک جایگاه رهاسازی رودخانه شهراب در بهار اندازه‌گیری شد.

جایگاه رهاشدن پساب کارخانه سولفات می‌تواند وابسته به رهاسازی این آب باشد. همان‌گونه که در بالا دیده شد، پساب کارخانه پی-اچ و نسبت جذب سطحی سدیم بالای دارد. از سوی دیگر خاک این جایگاه گنجایش بافری کم‌تری دارد زیرا بافتی درشت‌تر داشته و اندازه آهک و گنجایش تبادل کاتیونی آن در برابر جایگاه‌های دیگر نمونه‌برداری شده کم‌تر است.

گذشته از خاک جایگاه رهاسازی پساب شهری، پی-اچ لایه رویین همه خاک‌های نمونه‌برداری شده بیش‌تر از لایه زیرین آن‌ها است. این نشان می‌دهد که بالا بودن پی-اچ خاک‌های کویر میقان زمین‌زاد (ژئوژنیک) و وابسته به مواد مادری آن نیست. آب‌های رسیده به تالاب با داشتن پی-اچ بالا و اندازه فراوانی از کاتیون‌های سدیم و منیزیم و همچنین نسبت جذب سطحی سدیم (مانند آنچه که در رودخانه شهراب دیده شد) مایه افزایش پی-اچ لایه رویین خاک این جایگاه‌ها شده است. در برابر آن‌ها پی-اچ لایه رویین خاک در جایگاه رهاسازی پساب شهری در هر دو زمان بهار و پاییز به‌ترتیب برابر ۸/۶۷ و ۸/۴۷ بود که به اندازه چشم‌گیری ($P < 0.05$) کم‌تر از آن‌ها در لایه زیرین (به‌ترتیب ۸/۹۳ و ۸/۷۳) بود. این نیز پیامدی از رهاشدن پساب شهری بر خاک تالاب است. در میان آب‌های رسیده به تالاب پساب شهری کم‌ترین پی-اچ و نسبت جذب سطحی سدیم را دارد. از سوی دیگر شوری این آب به اندازه‌ای کم است که می‌تواند از راه بهینه‌سازی رشد گیاهان آبی با افزایش مواد آلی (همان‌گونه که در زیر خواهد آمد) در لایه رویین خاک مایه کاهش پی-اچ شود.

در این پژوهش پی-اچ هر لایه از خاک‌ها در بهار بیش‌تر از پی-اچ همان لایه در پاییز بود ($P < 0.05$). کاهش پی-اچ در پاییز شاید به رهاشدن اسیدهای آلی وابسته به فروزینگی مواد آلی وابسته باشد. به هر

چشم‌گیری بیش‌تر از خاک‌های دیگر است ($P < 0/05$) (جدول ۴).

پس از آن‌ها خاک‌های جایگاه رهاسازی رودخانه شهراب و فراهان است و کم‌ترین آن در خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه اندازه‌گیری شد. همان‌گونه که پیش‌بینی می‌شد کربن آلی لایه رویین خاک‌ها بسته به رشد گیاه و ریزش اندام‌های هوایی گیاه و مرگ ریشه در این لایه، به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر از لایه زیرین آن‌ها بود. از سوی دیگر کربن آلی خاک‌ها در بهار به اندازه چشم‌گیری کم‌تر از آن در پاییز است ($P < 0/05$). زیرا مواد آلی که در پاییز از مرگ اندام‌های هوایی و ریشه به خاک افزوده می‌شود بسیار چشم‌گیر است و در خاک‌های خیس و با تهویه بد با گذشت زمان مواد آلی هم‌زمان با رشد گیاه در خاک انباشته خواهد شد (۲۶). بدین‌گونه همان‌گونه که پیش‌بینی می‌شد بالاترین کربن آلی در لایه رویین خاک جایگاه رهاسازی پساب شهری در پاییز (۱/۳۷ درصد) اندازه‌گیری شد و کم‌ترین آن در لایه زیرین خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه در بهار (۰/۱۶ درصد) اندازه‌گیری شد.

آزمون میانگین همه فسفر خاک‌ها در جدول ۵ گزارش شده است. یافته‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری و آزمون فسفر ناهمانند با کربن آلی است. میانگین همه فسفر در هر دو زمان نمونه‌برداری در خاک جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر از خاک‌های دیگر است ($P < 0/05$). پس از آن‌ها خاک‌های جایگاه رهاسازی پساب شهری و رودخانه شهراب است و کم‌ترین آن در خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه اندازه‌گیری شد. بالا بودن فسفر در خاک جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان همانند نیتروژن به کاربرد کودهای فسفره در زمین‌های بالادست و آبشویی و به‌ویژه جابجایی آن همراه دانه‌های خاک به این جایگاه از تالاب وابسته است.

بررسی و آزمون رسانندگی الکتریکی خاک‌ها نشان داد که در هر دو زمان نمونه‌برداری رسانندگی الکتریکی خاک در جایگاه رهاسازی پساب شهری کم‌ترین است. پس از آن رسانندگی الکتریکی خاک در خاک جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان است که از دو جایگاه دیگر به اندازه چشم‌گیری کم‌تر است ($P < 0/05$). خاک نمونه‌برداری‌شده از جایگاه رهاسازی پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم بالاترین شوری را دارد. در این پژوهش بسته به فراوانی تبخیر و کاهش ریزش‌های آسمانی پیش‌بینی می‌شد که شوری لایه رویین همه خاک‌ها در پاییز بیش‌تر باشد ولی این ویژگی در بهار به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر از آن‌ها در پاییز بود. شوری لایه زیرین خاک‌ها اگرچه در بهار بیش‌تر بود ولی دگرگونی زمانی آن کم‌تر و ناهمانندی آن در بهار و پاییز از دیدگاه آماری چشم‌گیر نبود (جدول ۴).

از سوی دیگر گذشته از خاک جایگاه رهاسازی پساب شهری، شوری همه خاک‌ها در هر دو زمان بهار و پاییز در لایه رویین به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر از لایه زیرین آن‌ها بود. در برابر آن‌ها رسانندگی الکتریکی لایه رویین خاک در جایگاه رهاسازی پساب شهری در بهار و پاییز به ترتیب ۱/۵۷ و ۰/۳۳ دسی‌زیمنس بر متر بود که به اندازه چشم‌گیری کم‌تر از آن‌ها در لایه زیرین (۲/۵۰ و ۲/۰۱ دسی‌زیمنس بر متر) بود. بالاترین رسانندگی الکتریکی اندازه‌گیری‌شده ۳۶/۰۰ دسی‌زیمنس بر متر در لایه رویین خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه فرآوری سولفات در بهار بود و کم‌ترین آن ۰/۳۳ دسی‌زیمنس بر متر در لایه رویین خاک جایگاه رهاسازی پساب شهری در پاییز بود.

اندازه‌گیری و آزمون کربن آلی خاک‌ها نشان داد که در هر دو زمان نمونه‌برداری کربن آلی خاک جایگاه رهاسازی پساب شهری به اندازه

جدول ۴- آزمون میانگین پی-اچ (pH)، پتانسیل رداکس (Eh, mV) رسانندگی الکتریکی (EC, dS m⁻¹) و همه کربن آلی (TOC, %) دو لایه از خاک‌ها در ۴ جایگاه بررسی شده از تالاب میقان در دو زمان بهار و پاییز[©].

Table 4. Mean test of pH, redox potential (Eh, mV), electrical conductivity (EC, dS m⁻¹) and total organic carbon (TOC, %) values in 2 layers of 4 sampled soils from Mighan lake in spring and fall[©].

Sampling		pH		Eh		EC		TOC		
نمونه برداری		بچاچ		ایاچ		رسانندگی الکتریکی		همه کربن آلی		
Site	Time	Depth	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
جایگاه	زمان	ژرفا	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
Site 1 ۱	بهار Spring	0-30	8.67 ^{de}	0.06	101.00 ^{hi}	1.73	1.57 ^{hi}	0.3	0.98 ^{bc}	0.02
Site 1 ۱	بهار Spring	30-60	8.93 ^{ab}	0.21	92.33 ^{ij}	2.52	2.50 ^{hi}	0.1	0.88 ^c	0.02
Site 2 ۲	بهار Spring	0-30	8.90 ^{abc}	0.1	84.00 ^{ik}	3.61	22.43 ^d	2.14	0.87 ^c	0.02
Site 2 ۲	بهار Spring	30-60	8.28 ^{ghi}	0.02	59.00 ^l	6.56	11.43 ^f	0.51	0.40 ^{fg}	0.03
Site 3 ۳	بهار Spring	0-30	8.70 ^d	0.1	164.33 ^f	5.13	5.83 ^g	0.76	0.88 ^c	0.02
Site 3 ۳	بهار Spring	30-60	8.38 ^{fgh}	0.08	151.33 ^f	10.26	3.63 ^h	0.71	0.54 ^c	0.06
Site 4 ۴	بهار Spring	0-30	9.07 ^a	0.06	105.67 ^h	5.13	36.00 ^a	1	0.27 ^{hi}	0.02
Site 4 ۴	بهار Spring	30-60	8.73 ^{cd}	0.06	94.67 ⁱ	4.16	27.00 ^{bc}	2	0.16 ⁱ	0.02
Site 1 ۱	پاییز Fall	0-30	8.47 ^f	0.06	204.33 ^c	5.13	0.33 ⁱ	0.18	1.37 ^a	0.11
Site 1 ۱	پاییز Fall	30-60	8.73 ^{cd}	0.15	173.33 ^d	4.16	2.01 ^{hi}	0.21	1.04 ^b	0.11
Site 2 ۲	پاییز Fall	0-30	8.51 ^{ef}	0.1	130.67 ^g	6.03	17.15 ^e	2.29	1.05 ^b	0.1
Site 2 ۲	پاییز Fall	30-60	8.18 ⁱ	0.03	77.67 ^k	2.52	10.33 ^f	0.38	0.51 ^{ef}	0.07
Site 3 ۳	پاییز Fall	0-30	8.42 ^{fg}	0.07	230.33 ^a	5.51	3.73 ^h	0.25	1.06 ^b	0.1
Site 3 ۳	پاییز Fall	30-60	8.22 ^{hi}	0.07	215.00 ^b	5	2.14 ^{hi}	0.15	0.72 ^d	0.14
Site 4 ۴	پاییز Fall	0-30	8.80 ^{bcd}	0.1	174.00 ^d	3.61	28.59 ^b	0.76	0.33 ^{gh}	0.05
Site 4 ۴	پاییز Fall	30-60	8.50 ^{ef}	0.1	153.67 ^f	3.51	25.51 ^c	2.75	0.25 ^{hi}	0.05

[©] ۱) پساب شهری، ۲) رودخانه شهراب، ۳) رودخانه فراهان، ۴) پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم

[©] در هر ستون میانگین‌های با حرف یکسان از دیدگاه آماری ناهمانندی چشم‌گیری ندارند.

[©] 1) Municipal Wastewater, 2) Shahrab River, 3) Farahan River and 4) Sodium sulfate Factory Wastewater

[©] Means in each column with the same letter are not significantly different.

خاک‌ها گذشته از خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه بیش‌تر از لایه زیرین آن‌ها است ولی این ناهمانندی تنها در خاک جایگاه فراهان که در بهار نمونه‌برداری شده از دیدگاه آماری چشم‌گیر بود ($P < 0.05$).

از سوی دیگر گزارش شده است که پساب‌های شهری با داشتن اندازه فراوانی فسفر محلول همان‌گونه که در بالا دیده شد می‌توانند فسفر خاک را افزایش دهند. هر چند میانگین همه فسفر در لایه رویین همه

نیترژن آمونیاکی (۶۴/۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) را داشت. در برابر آن لایه روئین خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه در بهار کم‌ترین نیترژن آمونیاکی (۱۵/۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) را داشت.

آزمون میانگین همه نیترژن خاک‌ها نیز نشان داد که خاک‌های برداشت‌شده از جایگاه رهاسازی پساب شهری در هر دو لایه خود بیش‌ترین نیترژن (۰/۱۳۷ و ۰/۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) را در برابر جایگاه‌های دیگر این تالاب دارند. نیترژن خاک‌های برداشت‌شده از جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان نیز بالا بود (۰/۱۲۳ و ۰/۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) و با نمونه‌های جایگاه پساب شهری ناهمانندی چشم‌گیری نداشت. پس از آن خاک برداشت‌شده از جایگاه رودخانه شهرباب (۰/۰۹ و ۰/۰۷۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و در پایان کم‌ترین نیترژن در خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه (۰/۰۴ و ۰/۰۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) اندازه‌گیری شد. بالا بودن همه نیترژن در خاک جایگاه رهاسازی پساب شهری اراک به تالاب پیامدی از این رخداد است. همان‌گونه که پیش‌تر یاد شد، نیترژن پساب به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر از آب‌های دیگر بود ($P < 0/05$) که این به افزایش نیترژن خاک در جایگاه رهاسازی پساب انجامیده است. از سوی دیگر رودخانه فراهان همانندی زهکشی است که آب زمین‌های کشاورزی بالادست را گردآوری می‌کند و به تالاب می‌رساند. از آنجایی‌که در زمین‌های کشاورزی اندازه فراوانی کودهای نیترژنی به کار می‌رود، بالا بودن نیترژن خاک این جایگاه از تالاب، هم رخدادی وابسته به کارکرد مردمی و کشاورزی است. به هر گونه اندازه همه نیترژن در لایه روئین هر یک از خاک‌های بررسی شده بیش‌تر از لایه زیرین آن‌ها بود. هر چند از دیدگاه آماری این ناهمانندی لایه روئین و زیرین خاک چشم‌گیر نبود ولی این یافته چندان شگفت نیست. بخش بزرگی از نیترژن

در این پژوهش بالاترین فسفر در لایه روئین خاک جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان در بهار (۴۰۹/۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) اندازه‌گیری شد و کم‌ترین آن در لایه زیرین خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه در پاییز (۱۶/۳۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) اندازه‌گیری شد.

روهم‌رفته میانگین نیترژن نیتراتی خاک‌ها به‌ویژه در جایگاه رهاسازی پساب کارخانه در پاییز به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر از آن‌ها در بهار بود ($P < 0/05$) (جدول ۵). از سوی دیگر نیترژن نیتراتی در لایه روئین بیش‌تر خاک‌ها بیش‌تر از لایه زیرین آن‌ها بود. ولی نیترژن نیتراتی در لایه روئین و زیرین خاک در جایگاه رهاسازی رودخانه فراهان ناهمانندی چشم‌گیری نداشت ($P < 0/05$). بالاتر بودن نیترژن نیتراتی در لایه روئین این خاک‌ها وابسته با توان جابجایی و جنبش این یون به همراه آب خاک و بالا بودن نرخ تبخیر سالیانه در خاک‌های کویری این سرزمین است (۱۱). لایه روئین خاک جایگاه رهاسازی پساب شهری در پاییز بالاترین نیترژن نیتراتی (۹۵/۹۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) را داشت. در برابر آن لایه زیرین خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه در بهار کم‌ترین نیترژن نیتراتی (۳/۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) را داشت.

نیترژن آمونیاکی نیز در خاک‌ها به‌ویژه در جایگاه رهاسازی پساب کارخانه در پاییز به اندازه چشم‌گیری بیش‌تر از آن‌ها در بهار بود ($P < 0/05$) (جدول ۵). نیترژن آمونیاکی خاک‌ها در بهار در لایه روئین و لایه زیرین خاک‌ها ناهمانندی چشم‌گیری نداشت ولی در پاییز در بیش‌تر خاک‌ها به‌ویژه خاک جایگاه رهاسازی پساب شهری در لایه زیرین بیش‌تر بود. در خاک جایگاه رهاسازی پساب کارخانه روندی وارونه داشت. ناهمانند با نیترژن نیتراتی لایه زیرین خاک جایگاه رهاسازی پساب شهری در پاییز بالاترین

جانداران و گیاهان تالاب بسیار خوب بوده که می‌تواند مایه افزایش کارکرد گیاهان و ریزجانداران این جایگاه شود. درباره پیامد سودمند بهره‌گیری دوباره از پساب‌های شهری در آبیاری گیاهان کشاورزی و فضای سبز گزارش‌هایی بسیاری شده است (۱۲، ۱۸ و ۲۶).

خاک‌ها به ریخت آلی بوده و از آنجایی که فراوانی مواد آلی در لایه‌های رویین خاک بیش‌تر است، همه نیتروژن خاک‌ها در لایه رویین نیز بیش‌تر است. این پژوهش نشان داد که کیفیت پساب شهری پالایش شده شهر اراک از دیدگاه شیمیایی در برابر آب‌های دیگری به تالاب می‌رسد برای زندگی

جدول ۵- آزمون میانگین همه فسفر ($TP, mg\ kg^{-1}$)، نیتروژن نیتراتی ($N-NO_3^-, mg\ kg^{-1}$) و نیتروژن آمونیاکی ($N-NH_4^+, mg\ kg^{-1}$) دو لایه از خاک‌ها در ۴ جایگاه بررسی شده از تالاب میقان در دو زمان بهار و پاییز[©].

Table 5. Mean test of total phosphorus ($TP, mg\ kg^{-1}$), $N-NO_3^-$ ($mg\ kg^{-1}$) and $N-NH_4^+$ ($mg\ kg^{-1}$) values in 2 layers of 4 sampled soils from Mighan lake in spring and fall[©].

Sampling		TP		N-NO ₃ ⁻		N-NH ₄ ⁺		
Site	Time	Depth	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
جایگاه ۱	بهار	۰-۳۰	177.59 ^{de}	5.04	18.33 ^f	3.8	22.37 ^{fgh}	0.91
جایگاه ۱	بهار	۳۰-۶۰	150.72 ^e	22.72	6.47 ^{fg}	6.93	24.60 ^{fgh}	0.53
جایگاه ۲	بهار	۰-۳۰	197.74 ^{de}	10.08	54.93 ^{cd}	3.8	25.63 ^{efg}	1.46
جایگاه ۲	بهار	۳۰-۶۰	192.70 ^{de}	5.04	37.23 ^e	1.85	24.53 ^{fgh}	3.2
جایگاه ۳	بهار	۰-۳۰	409.34 ^a	8.73	45.80 ^{de}	0.52	24.43 ^{fgh}	2.89
جایگاه ۳	بهار	۳۰-۶۰	281.71 ^{bc}	2.91	54.90 ^{cd}	0.52	28.33 ^{def}	2.08
جایگاه ۴	بهار	۰-۳۰	24.53 ^f	10.68	12.00 ^{fg}	0.52	15.20 ^h	1.31
جایگاه ۴	بهار	۳۰-۶۰	30.44 ^f	4.91	3.13 ^g	3.46	17.77 ^{gh}	5.11
جایگاه ۱	پاییز	۰-۳۰	295.14 ^{bc}	64.19	95.93 ^a	10.71	35.83 ^{cd}	8.27
جایگاه ۱	پاییز	۳۰-۶۰	244.76 ^{cd}	79.07	39.77 ^e	8.66	64.07 ^a	11.65
جایگاه ۲	پاییز	۰-۳۰	233.01 ^{cde}	28.05	55.40 ^{cd}	16.08	25.13 ^{efg}	1.03
جایگاه ۲	پاییز	۳۰-۶۰	160.80 ^{de}	79.07	41.17 ^e	12.2	34.70 ^{cde}	3.96
جایگاه ۳	پاییز	۰-۳۰	395.74 ^a	104.67	66.33 ^{bc}	8.71	34.57 ^{cde}	6.41
جایگاه ۳	پاییز	۳۰-۶۰	358.96 ^{ab}	58.1	69.53 ^b	6.12	49.97 ^b	9.55
جایگاه ۴	پاییز	۰-۳۰	29.65 ^f	8.66	77.07 ^b	10.16	43.60 ^{bc}	4.06
جایگاه ۴	پاییز	۳۰-۶۰	16.36 ^f	3.58	56.03 ^{cd}	3.07	32.00 ^{def}	3

[©] (۱) پساب شهری، (۲) رودخانه شهراب، (۳) رودخانه فراهان، (۴) پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم
[©] در هر ستون میانگین‌های با حرف یکسان از دیدگاه آماری ناهمانندی چشم‌گیری ندارند.

[©] 1) Municipal Wastewater, 2) Shahrab River, 3) Farahan River and 4) Sodium sulfate Factory Wastewater
[©] Means in each column with the same letter are not significantly different.

نمک‌ها و لجن (مواد جامد آب‌اوز) توانسته است ویژگی‌های خاک را در جایگاه رهاسازی خود به گونه چشم‌گیری دگرگون سازد.

پیامد بد این آب به‌گونه‌ای است که می‌تواند از رشد گیاهان شورپسند در این جایگاه جلوگیری کند. شاید آمیختن آگاهانه پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم با پساب شهری با نسبتی ویژه بتواند ویژگی‌های هر دو را به گونه همسنگ و متعادل کند که پیامد بد آن‌ها بر این تالاب کاهش یابد و آب آمیخته ویژگی‌های نزدیک به آب شهراب پیدا کند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که بر چگونگی آمیختن این پساب‌ها و شیوه رهاسازی آن‌ها برای زنده ماندن این تالاب و جلوگیری از کویری شدن و افزایش ریزگردها در کشور پژوهش‌های ویژه‌ای انجام شود.

نتیجه‌گیری پایانی

(۱) بررسی و سنجش ویژگی‌های آب‌های درون‌ریز به تالاب نشان داد که ویژگی پساب شهری و پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم با ویژگی‌های رودخانه شهراب بسیار ناهمسانند است. هر چند از دیدگاه شوری و سدیمی بودن و جامدهای محلول پساب شهری بسیار شایسته‌تر از دو آب دیگر است ولی با داشتن نیتروژن، فسفر و پتاسیم فراوان پس از رهاسازی زیستگاه ویژه‌ای برای گیاهان به‌ویژه گیاهان آبدوست مانند نی و جگن و اویارسلام فراهم می‌کند. این فرایند می‌تواند مایه رخداد پدیده یوتروفیکشن و آلودگی آب تالاب در بخش‌های جنوب خاوری آن شود. از سوی دیگر با کاهش ریزش‌های آسمانی شاید همین آب مایه زنده ماندن و کویری نشدن تالاب نیز شده است. پساب کارخانه فرآوری سولفات بسیار شور و سرشار از جامدهای محلول همین زیستگاه است که می‌تواند به شوری هرچه بیشتر آب کمک کند که رهاسدن آن در یک جایگاه کوچک با داشتن مواد جامد فراوان زیان‌هایی را به‌دنبال خواهد داشت.

به‌ویژه این‌که این آب‌ها شوری کم داشته و با دارا بودن اندوخته فراوانی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول می‌تواند همانند یک کود مایع با غلظت شایسته عناصر غذایی در آبیاری گیاهان گوناگون به‌کار رود (۲۵). کاربرد این آب‌ها به‌ویژه در زمین‌های شور و سدیمی و آلوده با بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک زیستگاه رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (۱۳، ۲۳ و ۲۶). بررسی ویژگی‌های خاک تالاب میقان در جایگاه رهاسازی پساب شهری نشان داد که این آب توانسته است ویژگی‌های شیمیایی خاک را در برابر جایگاه‌های دیگر به سود گیاهان بهبود بخشد. بهبود ویژگی‌های خاک به رشد بهتر گیاهان در این جایگاه به اندازه‌ای انجامیده است که حتی در عکس‌های هوایی این دریاچه بدون اندازه‌گیری به‌خوبی نمایان شده است. این پیامد هر چند برای رشد گیاهان سودمند است ولی برای دریاچه‌ای کویری می‌تواند با دگرگونی گوناگونی زیستی گیاهان، جانوران و ریزجانداران زیانبار باشد. گیاهان این زیستگاه بدون رهاسدن این آب بیش‌تر از گونه‌های شورپسند بوده است (۲) که با رهاسازی این آب و بهبود ویژگی‌های خاک گونه‌های نوینی مانند اویارسلام پا گرفته و فراوان شده است که می‌تواند مایه دگرگونی جانوران و ریزجانداران این دریاچه شود. به هر گونه نباید از پیامد سودمند این آب بر زنده ماندن تالاب به‌ویژه در این سال‌ها که ریزش‌های آسمانی بسیار کاهش یافته است، چشم‌پوشی کرد.

در این پژوهش دیده شد که ویژگی‌های آب رودخانه شهراب بسیار سازگارتر از آب‌های دیگر با این بوم‌سازگان است. بررسی خاک نشان داد که آب این رودخانه پیامد دگرگون‌کننده‌ای بر ویژگی‌های این خاک کویری در جایگاه رهاسازی خود نداشته است. در برابر آب‌های یادشده، پساب کارخانه فرآوری سولفات سدیم است که با داشتن اندازه فراوانی از

تالاب کمترین کرین آلی، نیتروژن و فسفر را دارد. فراوانی مواد جامد آب آویز (معلق) و همچنین نسبت جذب سطحی سدیم در این آب گل آلود با رهاشدن آن در تالاب می تواند به دگرگونی ویژگی های فیزیکی خاک بیانجامد و تهویه آن را دشوار سازد. این می تواند به کاهش پتانسیل رداکس خاک و افزایش زیست فراهمی فلزهای سنگین و آلودگی تالاب بیانجامد که خود نیاز به بررسی ویژه ای دارد.

۳) بالا بودن کیفیت پساب شهری اراک برای رشد گیاهان (بسته به شوری، نسبت جذب سطحی، جامدهای معلق پایین در آن و از سوی دیگر بسته به فراوانی بودن عناصر نیتروژن و فسفر در آن) با بهبود ویژگی های شیمیایی خاک در جایگاه رهاسازی آن و از سوی دیگر بد بودن کیفیت پساب کارخانه برای رشد گیاهان و پیامد بد آن بر خاک تالاب نیاز به کارفرمایی بهتر این دو آب را نمایان می سازد. شاید آمیختن این دو پساب، ویژگی آب آمیخته را به آب این تالاب نزدیک تر کند و کاربرد آن از خشک شدن این تالاب کویری و پیدایش ریزگردها جلوگیری کند. به هر گونه گزینش شیوه شایسته آمیختن و کاربرد آن ها نیاز به پژوهش ویژه ای دارد.

۲) بررسی ویژگی های خاک در ۴ جایگاه رهاسازی آب به تالاب نشان داد که رهاسازی پساب شهری مابه دگرگونی ویژگی های شیمیایی خاک به سود گیاهان شده است. از سوی دیگر آب رودخانه شهراب با شوری بالایی که دارد با این زیستگاه سازگار است و می تواند به پایداری این زیستگاه شور کمک کند. ویژگی های بررسی شده خاک در این جایگاه در لایه روین و زیرین دگرگونی چندانی ندارد و یکنواخت تر است. هر چند رودخانه فصلی فراهان به هنگام نمونه برداری از آب های دیگر خشک بود و در این پژوهش آب آن آزمایش و بررسی نشد، ولی بررسی خاک این جایگاه نشان داد که آب های رسیده به این جایگاه نیز توانسته است ویژگی های خاک را هماهنگ با خود کند. شوری خاک در این جایگاه نیز مانند جایگاه رهاسازی پساب شهری، در برابر دو جایگاه دیگر بسیار کم تر بود و خاک این جایگاه برای زندگی گیاهان ویژگی های بهتری دارد. در برابر آن، بررسی خاک جایگاه رهاشدن پساب کارخانه فرآوری سولفات نشان داد که این خاک شوری بالا داشته و با کانی های رسی و توان بافری کمتری که دارد، بسیار ناپایدارتر از بخش های دیگر است. این بخش از

منابع

1. Abdinejad, Gh.A., and Nateghi, D. 2010. Critical factors affecting Meyghan desertification and practical solutions for achieving its sustainable development. The first national conference on combating desertification and sustainable development of desert wetland Iran, 16 to 17 June. Country Forests and Rangelands Organization. Arak, Iran. (In Persian)
2. Akhane Senejani, H. 1999. Attitudinal on vegetation and flora of the desert Meyghan Arak. J. Sci. (University of Tehran). 18: 1-4 .17-84. (In Persian)
3. Andrew, D., Lenore, S., Eugene, W., and Arnolr, E. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. Vol. 1 (21st Edition). Published by American Public Health Association.
4. Ayers, R.S., and Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. FAO irrigation and drainage paper. 29: 1. 1-144.
5. Fernández-Cirelli, A., Arumí, J.L., Rivera, D.W., and Boochs, P. 2009. Environmental effects of irrigation in arid and semi-arid regions. Chile. J. Agric. Res. 69: 27-40.
6. Forster, J.C. 1995. Soil sampling, handling, storage and analysis. P 49-121, In: K. Alef and P. Nannipieri (Eds.), Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press London.

7. Fuhriman, D.K., and Barton, J.R. 1971. Groundwater pollution in Arizona, California, Nevada and Utah, Water Pollution Control Research Series. 16060 ERU, U.S. (Environment Protection Agency, Washington D.C), 249p.
8. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. P 383-411, In: A. Klute (Ed.), Method of soil analysis, part 1: Physical and mineralogical methods, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin USA.
9. Ghadimi, F. 2014. Assessment of the sources of chemical elements in sediment from Arak Mighan Lake. *Inter. J. Sed. Res.* 29: 159-170.
10. Ghadimi, F., and Ghomi, M. 2013. Assessment of the effects of municipal wastewater on the heavy metal pollution of water and sediment in Arak Mighan Lake, Iran. *J. Tethys.* 1: 205-214.
11. Ghahroudi Tali, M., Mirzakhani, B., and Asgari, A. 2012. Desertification and playa expansions in Everglades of Iran (Case study: Meghan Lake). *Geography and Environmental Hazards.* 1: 4. 97-112. (In Persian)
12. Ghasemi, S.A., and Danesh, Sh. 2012. Application of wastewater treatment plants' effluent in agriculture and evaluation of potential impacts on soil and crops. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. (Water and Soil Science).* 16: 61. 109-124. (In Persian)
13. Hosseinpur, A., Haghnia, G.H., Alizadeh, A., and Fotovat, A. 2007. Effect of irrigation with raw and treated wastewaters on soil chemical properties of soil in different depths under continuously and intermittent flood conditions. *Iran. J. Irrig. Drain.* 1: 2. 73-85. (In Persian)
14. Jalali, M. 2005. Nitrates leaching from agricultural land in Hamadan, western Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 10: 210-218.
15. Jalali, M. 2009. Phosphorous concentration solubility and species in the groundwater in a semi-arid basin southern Malayer western Iran. *Environmental Geology.* 57: 1011-1020.
16. Jalali, M., and Kolahchi, Z. 2008. Groundwater quality in an irrigated, agricultural area of northern Malayer, western Iran. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* 18: 1. 95-105.
17. Jeyaruba, T., and Thushyanthy, M. 2009. The Effect of Agriculture on Quality of Groundwater: A Case Study. *Mid.-East J. Sci. Res.* 4: 2. 110-114.
18. Kabusi, K. 2014. The Assessment of medium- term application of treated wastewater on soil physical and chemical properties (Case study: Bandargaz wastewater treatment plant). *J. Land Manage.* 2: 2. 95-110. (In Persian)
19. Klute, A. 1986. Method of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin USA. 1188p.
20. Nelson, D.W., and Somers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. P 961-1010, In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods.* Madison, Wisconsin. USA.
21. Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. P 403-430, In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2.* 2nd ed. Agronomy No. 9. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
22. Rodvang, J., and Simpkins, W.W. 2001. Agricultural contaminants in Quaternary aquitards. a review of occurrence and fate in North America. *Hydrogeol. J.* 9: 44-59.
23. Rohani Shahraki, F., Mahdavi, R., and Rezaee, M. 2005. Effect of irrigation with wastewater on certain soil physical and chemical properties. *J. Water Wastewater.* 16: 1. 23-29. (In Persian)
24. Rowell, D.L. 1994. *Soil Science: Methods and Applications.* Longman Group, Harlow, 350p.
25. Safari Sinigani, A.A., and Hajrasuliha, Sh. 2000. Evaluation of the quality of effluent of north Isfahan sewage refinery for agriculture. *J. Water Wastewater.* 33: 20-26. (In Persian)
26. Safari Sinigani, A.A., and Hajrasuliha, Sh. 2001. Effects of irrigation with secondary effluent of north Isfahan sewage refinery on some chemical properties of Borkhar region soils. *Iran. J. Agric. Sci.* 32: 1. 79-88. (In Persian)

27. Sawyer, N.N., MC Carty, P.L., and Parkin, G.F. 2003. Chemistry for environmental engineering and science. (5th ed.). New York, McGraw-Hill, 752p.
28. Sims, J.T. 1996. Lime requirement. P 491-515, In: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Madision, Wisconsin. USA.
29. Tohidifar, M., Kaboli, M., Karami, M., and Sadough, M.B. 2009. Observations on breeding birds of Meyghan wetland and adjacent areas, Markazi Province, West-Central Iran. Podoces. 4: 2. 124-129.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(4), 2017
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Chemical properties of surface water-inflows and their effects on soils of Meyghan Lake in Arak

***A.A. Safari Sinigani¹ and M. Safari Sinigani²**

¹Professor, Dept. of Soil Science, Bu-Ali Sina University,
²Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Bu-Ali Sina University

Received: 04/07/2017; Accepted: 11/04/2017

Abstract

Background and Objectives: Infiltrated or runoff waters from uplands especially after raining can cause groundwater and water pollution in lowlands which affect soil quality. Monitoring and assessment of surface waters in dry lands that have the wetlands is very important. The objectives of this study were to assess the quality of surface water-inflows to the Meyghan Lake and their consequences on the chemical characteristics of Meyghan wetland soils.

Materials and Methods: Municipal wastewater of Arak, Shahrab River and wastewater of processing plant of sodium sulfate were sampled in May and November, 2014. Electrical conductivity, different solids, major cations and anions, nitrogen, phosphorus and organic carbon were measured and tested in the waters. Two layers (0-30 cm and 30-60 cm) of soils were sampled in the release sites of municipal wastewater, Shahrab River, Farahan River and sodium sulfate plant wastewater in May and November, 2014. Soil chemical properties were measured and statistically analyzed for these 4 sampling sites.

Results: The study showed that municipal wastewater of Arak has significantly lower salinity, sodium adsorption ratio, cations and anions concentrations and solids as compared to other sampled waters. But organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations were higher in this water that significantly decreased the salinity and increase organic carbon, phosphorus and nitrogen contents of the soil sampled from this site. The improvement of soil properties can increase aquatic plant growth, which will be the source of water pollution with plant residues and organic materials. In contrast the wastewater of sodium sulfate processing plant has markedly high concentrations of soluble salts, sodium adsorption ratio and particularly suspension solids. It is not suitable for plant growth and can change soil physical properties in this site. Chemical properties of water of Shahrab River were close to the chemical properties of surface and bottom layers of soil in this place. It shows that the harmony and stability of soil and water environment in this sampling site. But study of surface and bottom layers of wetland soil in the release site of Farah River shows that the surface soil has higher organic carbon, nitrogen and phosphorus contents and lower salinity compared to those measured in the soil sampled from Shahrab River site. It may be related to anthropogenic effect in agricultural uplands, creating a good environment for plants growing in this salty lake, increasing its pollution by plant residues and organic matters.

Conclusion: The high quality of urban wastewater of Arak may improve soil chemical properties for growing of plants. In contrast the low quality of wastewater of sodium sulfate processing plant worsened soil chemical properties. So combining of two waste waters and mixing them before releasing into the Meyghan Lake may be a good suggestion. However this proposal needs a special research.

Keywords: Meyghan Lake, Municipal wastewater, River water, Wetland soil

* Corresponding Author; Email: aa-safari@basu.ac.ir