Possibility of Applying Municipal Wastewater of Baharestan City to Remediate Saline and Sodic Soils of Margh Plain of Isfahan

Naser Honarjoo [1*], Amineh Mardiha [2]

[1] Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran

[2] MA, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran

Abstract

The soils of Margh plain in Isfahan have become extremely saline and sodic and some soils are abandoned and unusable for agriculture. Considering the shortage of water resources, in this study, the possibility of applying municipal wastewater of Baharestan city for the leaching of extremely saline and sodic soils of Margh plain was studied. The designed leaching treatments were 60 cm water resources including: well water of the region, Baharestan municipal wastewater in one stage, Baharestan municipal wastewater in 6 stages, using well water and wastewater alternatively in 6 stages, using blended well water and wastewater in 6 stages (without any leaching) as control. This was designed using a factorial design with 5 replications. The results indicated that employing 60 cm of wastewater in one step had the most significant effect on leaching of salinity. Soil salinity decreased from 26 to 4.6, from 21 to 6 and from 15 to 9.8 dS/m. Sodicity in the soils was significantly reduced significantly in all treatment up to 30 cm depth. At a depth of 30-60 cm, the treatment with 60 cm of wastewater in one step significantly reduced the amount of soil sodium uptake ratio. With applying municipal wastewater in one step, SAR value decreased from 36.7 to 2.7 (92%), and from 16 to 7 (56%) in the two first layers of the soils. None of the treatments could decrease SAR of the soils significantly up to 90 cm depth. It appears to be due to the leaching of Na from the surface soils to the sub-soils.

Key words: Electrical Conductivity, Sodium Absorption Ratio (SAR), Leaching, Sustainable Agricultural Economy.

* nhonarjoo@khuisf.ac.ir

جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سال ۳۰، پیـاپی ۷٤، شـماره ۲، تابسـتان ۱۳۹۸

امکان‌سنجی استفاده از پساب فاضلاب شهری بهارستان برای اصلاح اراضی شور و سدیمی دشت مرق اصفهان

ناصر هنرجو *: **استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه آزاد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران**
آمنه مردیها: دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی (خوراسگان)، اصفهان، ایران

وصـول: ۱۳۹۸/۰۱/۰۵ پـذیرش: ۱۳۹۸/۰٤/۱۰، صص ۱-۱۷

چکیده

با کاهش منابع آب در دشت مرق اصفهان مشکل شور و سدیمی‌شدن خاک‌ها تشدید شده است؛ به طوری که بخش‌هایی از اراضی این منطقه بدون استفاده رها شده‌اند. با توجه به کمبود منابع آب، امکان استفاده از پساب فاضلاب شهری بهارستان برای آب‌شویی و اصلاح این اراضی مطالعه و ارزیابی شد. به این منظور تیمارها، ٦۰ سانتی‌متر منابع آب گوناگون شامل آب چاه منطقه، پساب فاضلاب شهری بهارستان در یک مرحله، پساب فاضلاب در شش مرحله، تناوب آب چاه و پساب در شش مرحله، مخلوط آب چاه و پساب در شش مرحله و شاهد (بدون آب‌شویی) در قالب طرح فاکتوریل با ۵ تکرار در نظر گرفته شد. مؤثرترین تیمار، استفاده از ٦۰ سانتی‌متر پساب در یک مرحله، شوری خاک را در سه عمق خاک به ترتیب از ۲٦ به ٤/٦، ۲۱ به ٦ و ۱۵ به ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر کاهش داد. سدیمی‌بودن خاک با اعمال همهٔ تیمارها تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک به‌طور معناداری کاهش یافت. در عمق ۳۰- ٦۰ سانتی‌متری فقط تیمار ٦۰ سانتی‌متر پساب در یک مرحله مقدار نسبت جذب سطحی سدیم خاک را به‌طور معناداری کاهش داد. در این تیمار مقدار نسبت جذب سطحی سدیم خاک در عمق اول از ۳٦/۷ به ۲/۷ (۹۲درصد) و در عمق دوم از ۱٦ به ۷ (٥٦درصد) کاهش یافت. هیچ‌کدام از تیمارها نتوانستند مقدار نسبت جذب سطحی سدیم خاک را تا عمق ۹۰ سانتی‌متری خاک به‌طور معناداری کاهش دهند. به نظر می‌رسد علت آن، شست‌وشوی سدیم از لایه‌های بالاتر و انتقال آن به لایه‌های زیرین خاک باشد.

واژه‌های کلیدی: قابلیت هدایت الکتریکی، نسبت جذب سطحی سدیم، آب‌شویی، اقتصاد کشاورزی پایدار.

*نویسنده مسؤول: nhonarjoo@khuisf.ac.ir

مقدمه

آب‌ها و خاک‌هایی که در آنها املاح محلول تجمع کرده‌اند، آب‌ها و خاک‌های شور می‌نامند. کاتیون‌ها و آنیون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم، کلرید، سولفات، بی‌کربنات، کربنات، نیترات و ... و نمک‌های محلول متشکل از این یون‌ها باعث شوری منابع آب و خاک می‌شوند (هنرجو، ۱۳۸۹: ۱۱). وجود نمک زیاد در منطقهٔ فعالیت ریشه‌های گیاه در خاک برای سلامت گیاه مضر است (Haghverdi and Laosheng, 2018: 1). به طور کلی مشکلات خاک‌های شور، کاهش آب قابل استفادهٔ گیاه، کاهش درصد جوانه‌زنی بذر، مسمومیت گیاه و نامتعادل‌بودن عناصر غذایی در گیاه است (هنرجو، ۱۳۸۹: ٦٤). بافت خاک، وضعیت ژئومورفولوژی منطقه، مقدار شوری آب زیرزمینی، مقدار آب آبیاری، غلظت املاح و ترکیب کاتیونی و آنیونی آب آبیاری ازجمله عوامل مؤثر در شورشدن اراضی است (برزگر، ۱۳۸۷: ۲۲).

آب‌ها و خاک‌هایی که نسبت مقدار سدیم در آنها نسبت به سایر کاتیون‌ها زیاد باشد، سدیمی می‌نامند (هنرجو، ۱۳۸۹: ٦۹). در خاک‌های سدیمی مشکل اصلی، کاهش نفوذپذیری خاک نسبت به ورود آب، هوا و ریشهٔ گیاه، کاهش تهویه در اطراف ریشهٔ گیاه، افزایش PH خاک و درنتیجه غیرقابل استفاده‌شدن بعضی عناصر غذایی لازم برای گیاه مانند فسفر، آهن، روی، مس، منگنز و ... و تشدید فرسایش در خاک است (همان، ۷۰).

برای اصلاح و به‌کارگیری اراضی شور و سدیمی در دهه‌های اخیر، انواع ترکیبات آلی به‌ویژه ضایعات، پساب‌ها، پسماندها و فاضلاب‌های شهری آزمایش شده است (Leogrande and Vitti, 2018: 9). یکی از اصلی‌ترین عملیات اصلاحی، آب‌شویی به‌تنهایی یا به همراه احداث شبکه‌های زهکشی برای شوری‌زدایی خاک‌های شور است. درواقع برای بهسازی خاک‌های شور، چاره‌ای جز آب‌شویی نمک‌ها از ناحیهٔ رشد ریشهٔ گیاهان نیست. نیاز آب‌شویی خاک براساس تعریف، کمترین آب لازم است تا نمک اضافه را از منطقهٔ فعالیت ریشه به بخش‌های پایین‌تر خاک منتقل کند و گیاه به فعالیت و رشد خود ادامه دهد (Haghverdi and Laosheng, 2018: 1).

در بیشتر نقاط جهان منابع آب مناسب برای بهره‌گیری در آبیاری و نیز به‌منظور آب‌شویی خاک‌های شور رو به کاهش است و با توجه به مصارف روزافزون آن در جوامع شهری و صنعتی و افزایش سرانهٔ مصرف آب، محدودیت مزبور تشدید شده است. در چنین مناطقی، استفاده از آب‌های غیرمتعارف در مرکز توجه قرار می‌گیرد. پساب فاضلاب که زمانی به‌مثابهٔ منبع آلودگی تلقی می‌شد، هم‌اکنون در جهان به‌مثابهٔ منبع جدید تأمین آب مطرح است که زمینه‌ساز تأمین نیازهای آبی در کشاورزی و گسترش گیاهان غیرمثمر می‌شود.

نتایج مطالعات کابوسی (۱۳۹۳) نشان داد براساس روش آزمایشگاه شوری آمریکا، راهنمای آیرز و وستکات، راهنمای استفاده از آب هندوستان، راهنمای تقسیم‌بندی کیفی آب ایران، استانداردهای خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری، راهنمای نشریهٔ شمارهٔ ۵۳۵ وزارت نیرو و استاندارد ملی استرالیا، پساب خروجی تصفیه‌خانهٔ شهر بندر گز برای مصارف آبیاری مناسب است.

همچنین کاربرد میان‌مدت پساب براساس طبقه‌بندی ریچاردز، شینبرگ و اوستر، رودز و

همکاران، آزمایشگاه شوری ایالات متحدهٔ آمریکا و راهنمای طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری در ایران در مقایسه با اراضی آبیاری‌شونده با آب معمولی، محدودیتی درزمینهٔ رشد گیاهان و افزایش شوری و مشکلات سدیمی خاک به وجود نمی‌آورد.

در پژوهش‌های ولی و همکاران (۱۳۹۷) دربارهٔ استفاده از پساب فاضلاب شهر سبزوار به‌منظور احیای اراضی منطقهٔ بیابانی برآباد نتیجه‌گیری شد امکان استفاده از پساب به‌منظور جایگزینی یا تقویت منابع آب زیرزمینی و کاهش فشار بر این منابع و کم‌کردن آثار خشکسالی وجود دارد.

در مطالعات مقبل و همکاران[1] (۲۰۱۷) انواع مختلف پساب فاضلاب شهری به‌منظور آبیاری و آب‌شویی اراضی زیر کشت ذرت به کار رفت. این پژوهشگران دریافتند استفاده از پساب فاضلاب شهری علاوه بر تأمین آب لازم برای گیاه و نیاز آب‌شویی خاک، باعث افزایش عملکرد گیاه ذرت می‌شود.

باتارسه[2] (۲۰۱۷) برای اصلاح اراضی شور-سدیمی آهکی دشتی در جنوب اردن برای آب‌شویی این اراضی اقدام کرد. نتایج این پژوهشگر حاکی از موفقیت عملیات آب‌شویی اراضی و کاهش شوری خاک در لایه‌های سطحی از ۱٤٤- ٦٨ به ۱/۱۸- ۰/۹٤ دسی‌زیمنس بر متر پس از عملیات آب‌شویی است.

دشت مرق در جنوب شهر اصفهان با مشکل شوری و سدیمی‌بودن شدید خاک‌ها مواجه است؛ به طوری که اقتصاد این دشت که از سالیان بسیار دور برمبنای کشاورزی بوده، ناپایدار شده است (حاتمی شهماروندی و قربانی، ۱۳۹٤: ۹). کمبود منابع آب غیرشور در دشت مرق مانع از شست‌وشوی این اراضی و زدودن نمک از خاک‌هاست؛ به این علت بسیاری از اراضی حاصلخیز آن برای کشاورزی کاربردی ندارد و این امر به ناپایداری اقتصاد کشاورزی در منطقه انجامیده است. با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک اصفهان و خشکسالی و بحران کمبود آب، وجود شوری شدید در منابع آب زیرزمینی منطقه و محدودیت‌های اراضی شدیداً شور و سدیمی دشت مرق در اصفهان برای کشاورزی، اصلاح این خاک‌ها بسیار لازم است. هدف از انجام پژوهش حاضر، امکان‌سنجی کاربرد پساب تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهری بهارستان (به‌منزلهٔ یکی از منابع آب نامتعارف موجود در منطقه) برای آب‌شویی و احیای خاک‌های دشت مرق اصفهان است.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در اراضی شرکت کشت و دام فکا واقع در دشت مرق در جنوب شهر اصفهان انجام شد که بین طول‌های جغرافیایی ″۱۵ ′٤۳ °۵۱ تا ′٤۵ °۵۱ و عرض‌های جغرافیایی ′۳۱ °۳۲ تا ″۵۳ ′۳۱ °۳۲ واقع شده است.

منطقه، اقلیم خشک و بسیار گرم دارد. آمار ادارهٔ کل هواشناسی استان اصفهان (۱۳۹٤) در بازهٔ زمانی ۱۹۷۷ تا ۲۰۱۵، میانگین دمای سالیانهٔ هوا را ۱۵/۳ درجهٔ سلسیوس و میانگین بارندگی سالیانهٔ منطقه را ۱۰۵/٤ میلی‌متر نشان می‌دهد.

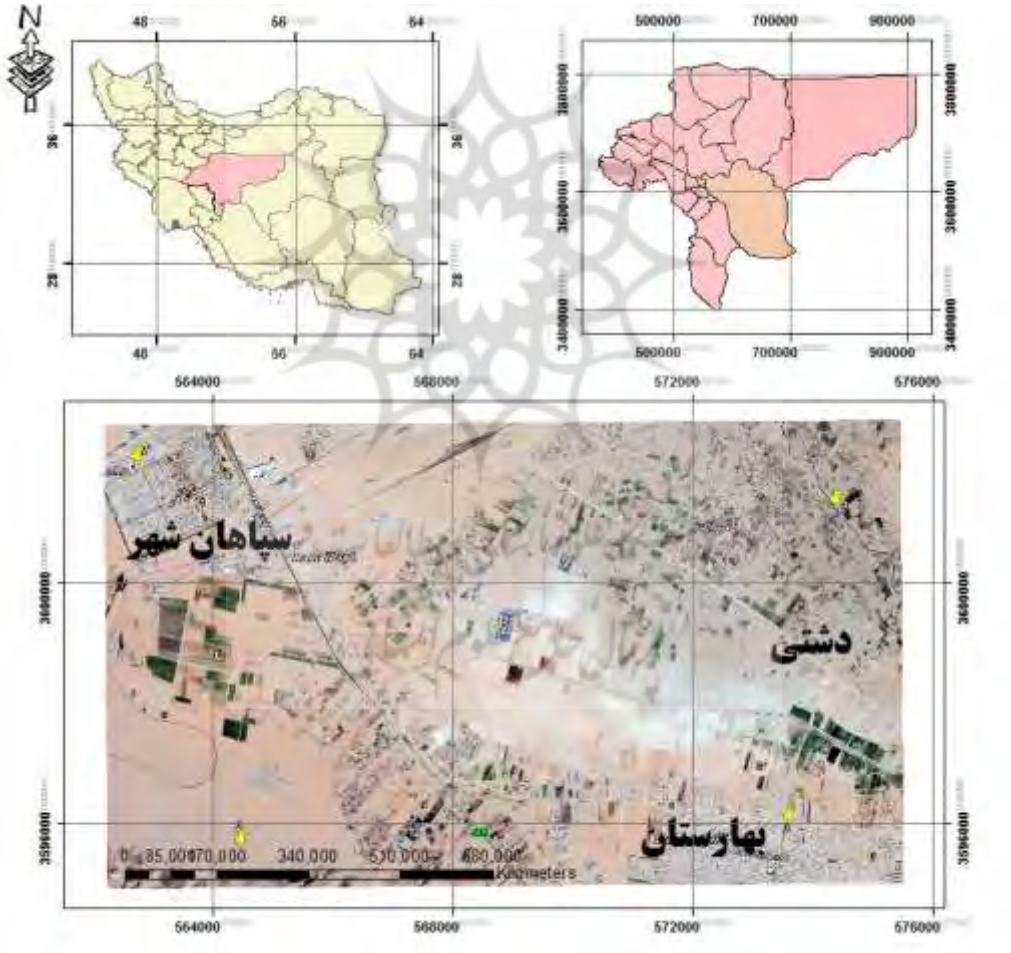
مشکل اراضی دشت مرق، شوری و سدیمی‌بودن شدید خاک‌ها به علت زیادبودن سفره‌های آب زیرزمینی تا سال‌های حدود ۱۳۸۰ است. پس از این سال‌ها به علت مصرف بی‌رویهٔ آب‌های زیرزمینی برای آبیاری اراضی کشاورزی و توسعه‌های شهری و صنعتی

[1] Moghbel et al.
[2] Batarseh

و نیز کاهش بارندگی‌ها در منطقه، سطح آب زیرزمینی کاهش یافت؛ در حالی که نمک‌ها در خاک باقی ماندند و کشاورزی در این اراضی با محدودیت شدید شوری و قلیایی روبه‌رو شد؛ به حدی که امکان ادامهٔ فعالیت کشاورزی برای شرکت کشت و دام فکا و اراضی اطراف آن بسیار محدود شده است و بیم متوقف‌شدن فعالیت‌های اقتصادی در کل دشت مرق وجود دارد.

شکل (۱) اراضی غیرقابل کشت بر اثر تجمع نمک در دشت مرق را (رنگ سفید) نشان می‌دهد. برای اصلاح و آب‌شویی این اراضی به منابع آب نیاز است؛ ولی منابع آب زیرزمینی منطقه بسیار کاهش یافته است؛ علاوه بر این منابع شدیداً شور و غیرقابل استفاده برای آب‌شویی املاح است.

ایجاد شهر جدید بهارستان و گسترش آن در سال‌های اخیر به تشکیل منابع جدید آب غیرمتعارف یعنی پساب فاضلاب شهری بهارستان منجر شده است. در پژوهش حاضر اثر پساب فاضلاب شهری بهارستان در مقایسه با آب چاه شرکت فکا بر خاک‌های این مزرعه در دشت مرق در قالب یک طرح فاکتوریل مطالعه شد.



شکل ۱. نقشهٔ دشت مرق در استان اصفهان – ایران

در اراضی این شرکت قطعه زمینی به ابعاد ۲۰×۲۰ مترمربع انتخاب و در آن کرت‌های ۲×۲ مترمربع ایجاد شد؛ به طوری که کرت‌ها در ۱۰ ردیف و ۱۰ ستون قرار گرفتند. به‌منظور جلوگیری از خطای ناشی

از نشت آب به کرت‌های مجاور، کرت‌های ردیف‌ها و ستون‌ها یکی در میان برای اجرای طرح انتخاب و در آنها به‌طور کاملاً تصادفی ۵ تکرار از هر تیمار آب‌شویی قرار داده شد. تیمارهای آب‌شویی به ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر آب به‌صورت زیر برنامه‌ریزی شدند:

تیمار اول: آب‌شویی با آب چاه منطقه در ٦ مرحله (هر مرحله ١٠ سانتی‌متر)

تیمار دوم: آب‌شویی با پساب فاضلاب شهری بهارستان در یک مرحله

تیمار سوم: آب‌شویی با پساب فاضلاب در ٦ مرحله (هر مرحله ١٠ سانتی‌متر)

تیمار چهارم: آب‌شویی با تناوب پساب و آب چاه در ٨ مرحله (هر مرحله ٧/٥ سانتی‌متر پساب یا آب چاه)

تیمار پنجم: آب‌شویی با اختلاط آب چاه و پساب به میزان ٥٠درصد از هر کدام در ٦ مرحله (هر مرحله ١٠ سانتی‌متر)

تیمار ششم: شاهد (بدون اعمال آب‌شویی)

آب‌شویی در مدت دو ماه، هفته‌ای یک‌بار در روزهای اول هر هفته انجام شد؛ به طوری که تا شروع هفتهٔ دیگر به خاک فرصت داده می‌شد رطوبت آن حدوداً به حد رطوبت ظرفیت زراعی برسد. در عمل نخست میزان رطوبت خاک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری[1] در پتانسیل منفی ٠/٣ بار اندازه‌گیری شد. مقدار آن برای خاک لوم رسی ٣٣درصد و برای خاک رسی ٤٤درصد حجمی به دست آمد. پس از آبیاری، رطوبت خاک مرتب به کمک دستگاه TDR اندازه‌گیری می‌شد و زمانی که مقدار آن کاهش می‌یافت و به ٣٣درصد می‌رسید، آبیاری بعدی صورت می‌گرفت (Klute, 1986: 901). پس از اتمام دورهٔ آب‌شویی، از عمق‌های ٣٠-٠، ٦٠-٣٠ و ٩٠-٦٠ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری صورت گرفت و بعضی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک اندازه‌گیری شد؛ علاوه بر این از منابع آب چاه و پساب استفاده‌شده و نیز از نمونه‌های سه عمق خاک پیش از اعمال تیمارها نمونه‌برداری و تجزیه‌های آزمایشگاهی صورت گرفت. PH با استفاده از دستگاه PH متر مدل ٢٦٢ (Baruah and Barthakur, 1997: 108)، قابلیت هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج اهم‌متر مدل ٦٤٤ (Page et al., 1982: 172) و سدیم محلول خاک با دستگاه فلیم‌فتومتر در عصارهٔ گل اشباع اندازه‌گیری شد (همان، ٢٣٨). کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون با EDTA (همان، ٢٥٢)، بی‌کربنات به روش تیتراسیون با اسیدسولفوریک ٠/٠١ نرمال (همان، ٣٤٥)، مقدار کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره (همان، ٤٥٨)، کربن آلی به روش اکسیداسیون سرد با دی‌کرومات پتاسیم و اسیدسولفوریک غلیظ و تیتراسیون با سولفات فرو (همان، ٥٨٤)، نیتروژن به روش کلدال (همان، ٦٠٢)، پتاسیم به روش جانشینی یونی و با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (همان، ٢٢٨)، فسفر به روش اولسن و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Olsen et al., 1954: 406)، بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتر (Klute, 1986: 404) و هدایت هیدرولیکی خاک به روش بارافتان (همان، ٦٩٤) تعیین و مقدار نسبت جذب سطحی سدیم (SAR[2]) خاک با استفاده از معادلهٔ ١ محاسبه شد (Ayers and Westcot, 1994: 34):

$$SAR = \sqrt{\frac{Na}{\frac{Ca+Mg}{2}}} \qquad (١)$$

[1] Perssure plate

[2] Sodium Absorption Ratio

همچنین مقادیر عناصر سنگین روی، مس، سرب، آهن، منگنز، کبالت، کادمیوم در پساب با دستگاه ICP پرکین‌المر مدل ۳۰۳۰ خوانده شد (American Public Health Association, 2005). سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ١٦ آنالیزهای آماری طرح انجام گرفت.

یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل آنها

ویژگی‌های شیمیایی خاک، آب و پساب استفاده‌شده

ویژگی‌های شیمیایی پساب فاضلاب شهری بهارستان و آب چاه استفاده‌شده در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های شیمیایی پساب و آب چاه استفاده‌شده

پارامتر	واحد	آب چاه	پساب	استاندارد پساب	
				ایران*	FAO**
PH	–	۷/۲	۷/۸	٦–۸/٥	٦/٥–۸
EC	dS/m	۱۲/۸	۲/۰۲	_	۰/۷
سدیم	me/l	٥٦/۳	٥/۹	_	_
کلسیم	meq/l	٤۰	٦	۷٥	_
منیزیم	meq/l	۳۱/٦	۷/۲	۱۰۰	_
نسبت جذب سطحی سدیم	$(meq/l)^{0.5}$	۹/٤	۲/۳	_	_
کلر	meq/l	۸۸/۹	۳/٦	٦۰۰	٤
بی‌کربنات	meq/l	۲/٦	۳/٦	_	_
مادهٔ آلی	٪	ناچیز	٥/٤۳	_	_
پتاسیم	meq/l	٤۰/٦	۹۹/٥	_	۳
ازت	mg/l	ناچیز	۳۱/٥	٥۰	٥
فسفر	mg/l	ناچیز	٤٦/۷	_	_
منگنز	mg/l	۰	۰/۰۱٥	۱	۰/۲
آهن	mg/l	۰/۲۷	۰/٤۰۹	۳	٥
مس	mg/l	۰	۰/۰۰۷	۰/۲	۰/۲
کبالت	mg/l	۰/٥۱	۰/٤۲	۰/۰٥	۰/۰٥
کادمیوم	mg/l	۰/۰۰٦	۰/۰۰۷	۰/۰٥	۰/۰۱
روی	mg/l	۰/۰۱٦	۰/۰۰۲	۲	۲
سرب	mg/l	۰	۰/۰۰۷	۱	٥

* سازمان محیط زیست ایران (۱۳۷۳) – ** Ayers and Westcot, 1994، گزارش FAO

ویژگی‌های مزبور با دستورکارهای فائو برای آب آبیاری که در کتاب آیرز و وست کات[1] (۱۹۹٤) آمده است، مقایسه و ارزیابی شد. اسیدیتهٔ آب چاه و پساب استفاده‌شده در حد طبیعی بود. شوری آب چاه و پساب به ترتیب برابر با ۱۲/۸ و ۲ دسی‌زیمنس بر متر

[1] Ayers and Westcot

بوده است که براساس استانداردهای فائو، استفاده از آب چاه ازنظر شوری محدودیت شدید دارد، ولی کاربرد پساب در آبیاری محدودیت متوسط دارد.

ازنظر تأثیر آب آبیاری بر نفوذپذیری خاک که با توجه به شوری و نسبت جذب سطحی سدیم (SAR) آب آبیاری تعیین می‌شود، در مقایسه با استانداردهای فائو، آب چاه و پساب استفاده‌شده هر دو بدون محدودیت محسوب می‌شوند.

ازنظر میزان کلر و سدیم، مقدار این دو عنصر در آب چاه در حد سمی است، ولی در پساب فاضلاب بدون محدودیت است. غلظت عناصر غذایی اصلی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در پساب جالب توجه بوده است؛ ضمن اینکه براساس استاندارد سازمان محیط زیست ایران (۱۳۷۳) در محدودهٔ مجاز برای استفادهٔ آبیاری و کشاورزی قرار دارد.

با توجه به استانداردهای ارائه‌شده در جدول (۱) ملاحظه می‌شود آب چاه و پساب استفاده‌شده ازنظر فلزات سنگین نظیر منگنز، آهن، مس، کادمیوم، روی و سرب در حد مجاز استاندارد سازمان محیط زیست ایران (۱۳۷۳) و فائو (۱۹۸۵) قرار دارند؛ ولی مقدار کبالت بیش از محدودهٔ مجاز استانداردهای بیان‌شده است. بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه پیش از اعمال تیمارها در جدول (۲) ارائه شده است. خاک سطحی منطقه بافت ریز و اسیدیتهٔ عصارهٔ اشباع ۷/۸، قابلیت هدایت الکتریکی بیش از ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر و نسبت جذب سطحی سدیم ۳۶/۷ دارد (جدول ۲) که آن را جزو خاک‌های به‌شدت شور و سدیمی قرار می‌دهد (هنرجو، ۱۳۸۹: ۶۲؛ Richards, 1954: 23).

جدول ۲. بعضی ویژگی‌های **شیمیایی و فیزیکی خاک پیش از اجرای پروژهٔ آب‌شویی**

پارامتر	واحد	عمق		
		۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰
PH	-	۷/۸	۷/۸	۷/۵
ECe	dS/m	۲۵/۵	۲۱/۳	۱۵/۲
نسبت جذب سطحی سدیم (SAR)	$(meq/l)^{0.5}$	۳۶/۷	۱۶	۱۷
کربنات کلسیم معادل	٪	۲۱/۹	۲۹	۴۰
مادهٔ آلی	٪	۱/۴۷	۱/۲۸	۰/۸۸
هدایت هیدرولیکی اشباع	cm/h	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۰
بافت خاک	-	CL	CL	C

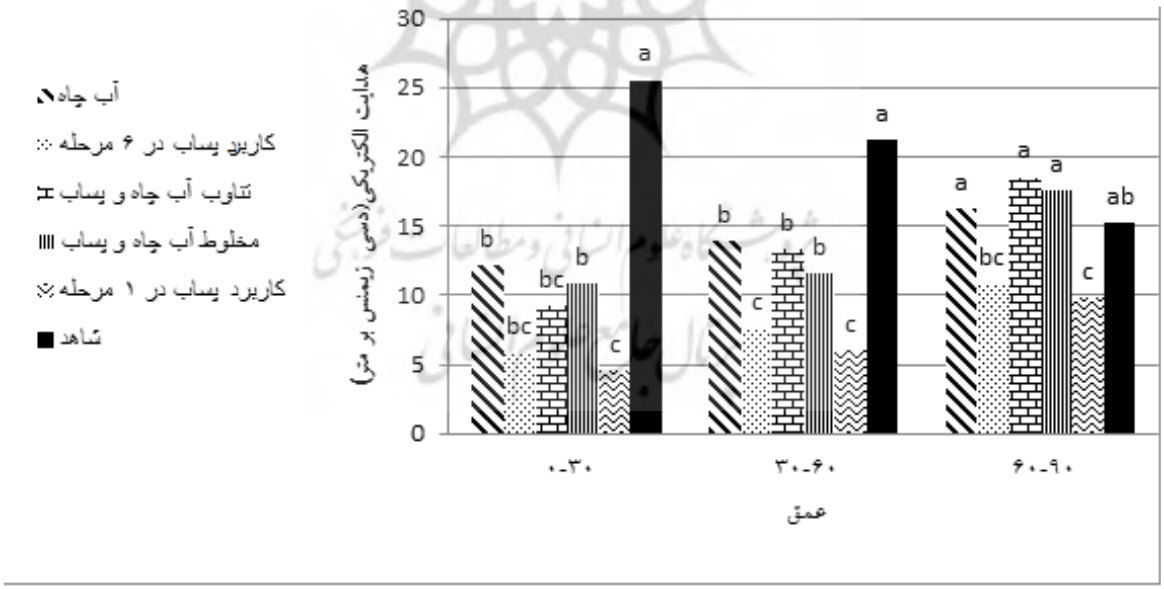
در جدول (۲) CL بافت لوم رسی، C بافت رسی، cm/h سانتی‌متر بر ساعت، dS/m دسی‌زیمنس بر متر، ECe قابلیت هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک، PH اسیدیتهٔ خاک است.

تأثیر تیمارها بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک

۱- تأثیر بر شوری

شوری پساب و آب چاه به ترتیب ۲ و ۱۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر است (جدول ۱). نتایج کاربرد

تیمارهای گوناگون آبیاری نشان داد استفاده از پساب در یک مرحله، بیشترین تأثیر معنادار را بر کاهش شوری خاک داشته است؛ به طوری که شوری خاک در تیمار پساب در یک مرحله در عمق اول از ۲٦ به ٤/٦، در عمق دوم از ۲۱ به ٦ و در عمق سوم از ۱۵ به ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافته است. نتایج نشان داد بین دو روش استفاده از پساب یعنی کاربرد مقدار پساب در یک مرحله و کاربرد آن در شش مرحله، تفاوت معناداری وجود نداشته است (شکل ۲). بیشترین تأثیر آب‌شویی بر کاهش شوری خاک با کاربرد پساب در یک مرحله و کاربرد پساب در شش مرحله در عمق ۳۰-۰ خاک بوده است؛ ضمن اینکه کاربرد آب چاه و تناوب آب چاه و پساب و مخلوط آب چاه و پساب نیز باعث کاهش معنادار شوری خاک در این عمق شده است. همین روند نیز در عمق ٦۰-۳۰ سانتی‌متری خاک دیده می‌شود. شکل (۲) نشان می‌دهد فقط کاربرد پساب در یک مرحله توانسته است شوری خاک را در عمق ۹۰-٦۰ به‌طور معناداری کاهش دهد، ولی سایر تیمارها نتوانسته‌اند شوری خاک را در حد معناداری کم کنند. علت کاهش شوری خاک بر اثر کاربرد پساب، زیادبودن قابلیت هدایت الکتریکی خاک پیش از کاربرد پساب (ECe =۱۵-۲۵) و کم‌بودن قابلیت هدایت الکتریکی پساب فاضلاب شهری (EC=۲/۰۲) است. درواقع با واردشدن پساب فاضلاب که قابلیت هدایت الکتریکی آن نسبت به خاک بسیار کمتر است، محلول خاک رقیق شده و همراه با آب‌شویی نمک محلول در آب خاک از منطقهٔ فعالیت ریشه‌های گیاه به لایه‌های پایین‌تر خاک منتقل می‌شود. به این ترتیب شوری خاک در منطقهٔ فعالیت ریشه‌های گیاه کاهش می‌یابد.



شکل ۲. مقایسهٔ میانگین تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در تیمارهای گوناگون در خاک

از آنجا که کاربرد ٦۰ سانتی‌متر پساب در یک مرحله توانسته است شوری خاک را در عمق‌های ۳۰-۰، ٦۰-۳۰ و ۹۰-٦۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب به مقدار ۸۲، ۷۱ و ۳۵درصد (جدول ۳) کاهش دهد، نتیجه‌گیری می‌شود این مقدار پساب برای آب‌شویی خاک‌های منطقه تا عمق ۹۰ سانتی‌متری مؤثر بوده است.

جدول ۳. درصد کاهش (-) یا افزایش (+) قابلیت هدایت الکتریکی خاک در سه عمق خاک مطالعه‌شده پس از اعمال تیمارهای گوناگون

تیمار	cm ۰-۳۰	cm۳۰-۶۰	cm۶۰-۹۰
آب چاه	-۵۲	-۳٤	+۷
کاربرد پساب در شش مرحله	-۷۷	-٦٤	-۲۸
تناوب آب چاه و پساب	-٦۳	-۳۷	+۲۱
مخلوط آب چاه و پساب	-۵۷	-٤۵	+۱۵
کاربرد پساب در یک مرحله	-۸۲	-۷۱	-۳۵

فیضی[1] (۲۰۰۱) نشان داد استفاده از پساب فاضلاب در آبیاری مزارع باعث کاهش قابلیت هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک شد.

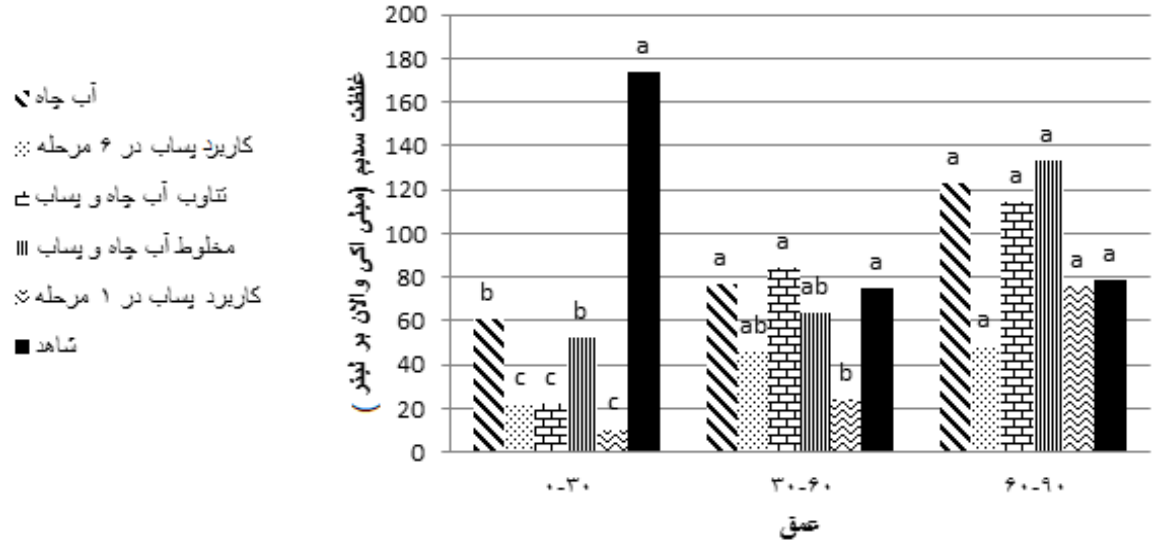
ابوالحسنی زرجوع و همکاران (۱۳۹۳) آزمایش‌هایی با تیمارهای پساب تصفیه‌خانهٔ شاهین‌شهر اصفهان و آب چاه برای محصولات چغندرقند، ذرت و آفتابگردان انجام دادند. نتایج آنها نشان داد استفاده از پساب به‌طور معناداری کاهش شوری خاک را در پی داشته است. در مطالعهٔ این پژوهشگران بهره‌گیری از پساب برای آبیاری باعث شده است خاک‌های شور و سدیمی منطقه با قابلیت هدایت الکتریکی بیش از ٦ به خاکی با شوری بین ۱/۲۵ تا ۲/٤۹ دسی‌زیمنس بر متر تغییر یابند.

۲- تأثیر بر میزان سدیم خاک

مقدار سدیم پساب فاضلاب شهر بهارستان و آب چاه کاربردی در منطقه به ترتیب ۵/۹ و ۵٦/۲ میلی‌اکی‌والان بر لیتر بوده است (جدول ۱). نتایج کاربرد تیمارهای گوناگون آبیاری نشان داد استفاده از پساب فاضلاب در یک مرحله بیشترین تأثیر معنادار را بر کاهش مقدار سدیم خاک داشته است؛ به طوری که مقدار سدیم خاک در تیمار پساب در یک مرحله در عمق اول از ۱۷۳ به ۱۰/۲، در عمق دوم از ۷۵ به ۲٤ و در عمق سوم از ۷۸ به ۷۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر کاهش یافته است. به نظر می‌رسد آب‌شویی عمق اول خاک باعث کاهش یون سدیم در این عمق و انتقال آن به لایه‌های زیرین شده است (شکل ۳).

کاربرد پساب در یک مرحله، کاربرد پساب در شش مرحله و کاربرد متناوب آب چاه و پساب به ترتیب اثربخشی، بیشترین تأثیر معنادار را بر کاهش سدیم خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری داشته است؛ اما این تأثیر در عمق ٦۰-۳۰ سانتی‌متری کاهش یافته است؛ اگرچه کاربرد پساب در یک مرحله کاهش معناداری را در این عمق خاک نیز داشته است. در عمق ۹۰-٦۰ سانتی‌متری خاک نوع آبیاری تأثیر معناداری بر کاهش مقدار سدیم خاک نداشته است (شکل ۳).

[1] Feizi



شکل ۳. مقایسهٔ میانگین تغییرات غلظت سدیم در تیمارهای گوناگون در خاک

همان‌گونه که جدول (٤) نشان می‌دهد کاربرد پساب، بیشترین تأثیر را بر کاهش سدیم خاک داشته است؛ به طوری که کاربرد ٦٠ سانتی‌متر پساب در یک مرحله باعث کاهش ۹٤درصد و کاربرد پساب در ٦ مرحله باعث کاهش ۸۷درصد مقدار سدیم در لایهٔ سطحی خاک شده است. کاربرد ٦٠ سانتی‌متر پساب در یک مرحله توانسته است غلظت سدیم خاک را در عمق ٦٠-۳۰ سانتی‌متری به مقدار ٦۷درصد و در عمق ۹۰-٦٠ سانتی‌متری به مقدار ۳درصد کاهش دهد. کاربرد پساب در ٦ مرحله، مقدار سدیم خاک را در عمق ٦٠-۳۰ سانتی‌متری، ۳۹درصد و در عمق ۹۰-٦٠ سانتی‌متری از سطح به میزان ۳۸درصد کاهش داده است؛ در حالی که اعمال بقیهٔ تیمارها نتوانسته است سدیم را در عمق ٦٠-۳۰ سانتی‌متر کاهش دهد و با انتقال سدیم از لایه‌های بالایی به این عمق باعث افزایش میزان سدیم این لایهٔ خاک شده است (جدول ٤).

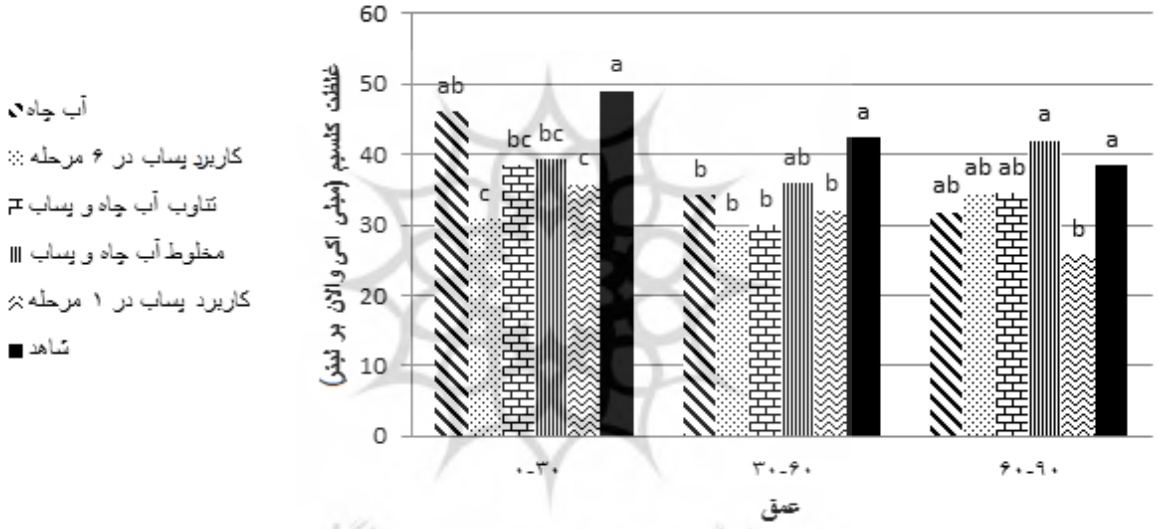
جدول ٤. درصد کاهش (-) یا افزایش (+) سدیم خاک در سه عمق مطالعه‌شده پس از اعمال تیمارهای گوناگون

تیمار	۰-۳۰ cm	۳۰-٦٠cm	٦٠-۹۰cm
آب چاه	-٥٦	+۱/٦	+٥٦
کاربرد پساب در شش مرحله	-۸۷	-۳۹	-۳۸
تناوب آب چاه و پساب	-۸۷	-۱۲	+٤٥
مخلوط آب چاه و پساب	-۷۰	-۱٤	+٦۹
کاربرد پساب در یک مرحله	-۹٤	-٦۷	-۳

۳- تأثیر بر میزان کلسیم خاک

میزان کلسیم پساب و آب چاه کاربردی به ترتیب ٦ و ٤٠ میلی‌اکی‌والان بر لیتر است (جدول ۱). نتایج کاربرد تیمارهای گوناگون آبیاری نشان می‌دهد استفاده از پساب در یک مرحله بیشترین تأثیر معنادار را بر کاهش مقدار کلسیم خاک داشته است؛ به طوری که

میزان کلسیم خاک در این تیمار در عمق اول از ۵۰ به ۳۶، در عمق دوم از ٤۲/۵ به ۳۲ و در عمق سوم از ۳۸/۵ به ۲۵/٤ میلی‌اکی‌والان بر لیتر کاهش یافته است (شکل ٤). به نظر می‌رسد اضافه‌کردن پساب به خاک و کم‌بودن مقدار کلسیم پساب نسبت به کلسیم خاک باعث رقیق‌شدن محلول خاک و آب‌شویی کلسیم خاک در هر سه عمق خاک شده است. در شکل (٤) مقدار کلسیم خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در همهٔ تیمارها به‌جز کاربرد آب چاه، کاهش معناداری داشته و بیشترین تأثیر نوع آبیاری بر کاهش مقدار کلسیم نسبت به شاهد را کاربرد پساب در شش مرحله و پس از آن کاربرد پساب در یک مرحله داشته است. در عمق ٦۰-۳۰ سانتی‌متری نیز تأثیر نوع آبیاری بر مقدار کلسیم خاک، کاهش معناداری را نسبت به شاهد برای تمام تیمارها به‌جز مخلوط پساب و آب چاه نشان می‌دهد؛ ولی در عمق ۹۰-٦۰ سانتی‌متری فقط در کاربرد پساب در یک مرحله، کاهش معناداری در مقدار کلسیم خاک نسبت به شاهد داشته است.



شکل ٤. مقایسهٔ میانگین تغییرات غلظت کلسیم در تیمارهای گوناگون در خاک

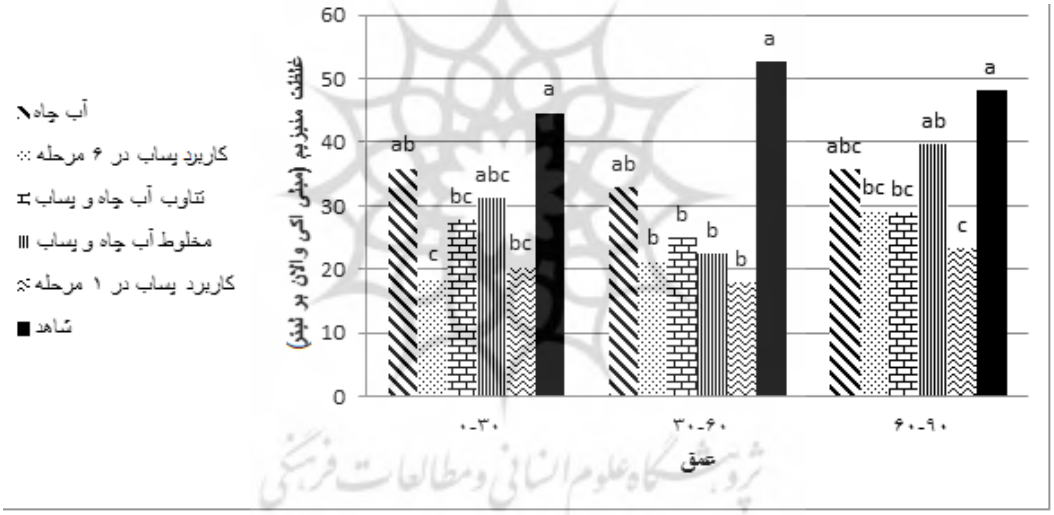
نتایج ارائه‌شده در جدول (۵) نشان می‌دهد استفاده از پساب در شش مرحله و استفاده از پساب در یک مرحله به ترتیب باعث ۳۸ و ۲۸درصد کاهش مقدار کلسیم خاک در لایهٔ سطحی خاک شده است.

جدول ۵. درصد کاهش (-) یا افزایش (+) کلسیم خاک در سه عمق مطالعه‌شده پس از اعمال تیمارهای گوناگون

تیمار	۰-۳۰ cm	۳۰-٦۰cm	٦۰-۹۰cm
آب چاه	-۷	-۱۹	-۱۷
کاربرد پساب در شش مرحله	-۳۸	-۳۰	-۱۰
تناوب آب چاه و پساب	-۲۲	-۲۹	-۱۰
مخلوط آب چاه و پساب	-۲۱	-۱۵	+۹
کاربرد پساب در یک مرحله	-۲۸	-۲٤	-۳۳

٤- تأثیر بر میزان منیزیم خاک

مقدار منیزیم پساب و آب چاه کاربردی به‌ترتیب ۷/۲ و ۳۱/٦ میلی‌اکی‌والان بر لیتر بوده است (جدول ۱). نتایج کاربرد تیمارهای گوناگون آبیاری نشان می‌دهد استفاده از پساب در یک مرحله، بیشترین تأثیر معنادار را بر کاهش منیزیم خاک داشته است؛ به طوری که منیزیم خاک در این تیمار در عمق اول از ٤٦/۷ به ۲۰/٤، در عمق دوم از ۵۲/٦ به ۱۸ و در عمق سوم از ٤۸ به ۲۳ میلی‌اکی‌والان بر لیتر کاهش یافته است. در شکل ۵ دیده می‌شود در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری، کاربرد پساب در شش مرحله و کاربرد پساب در یک مرحله، بیشترین تأثیر معنادار را بر کاهش مقدار منیزیم خاک نسبت به شاهد داشته‌اند. در عمق ٦۰-۳۰ سانتی‌متری، کاربرد پساب در یک مرحله، بیشترین تأثیر معنادار را بر کاهش مقدار منیزیم خاک داشته است؛ ضمن اینکه تیمارهای پساب در شش مرحله، مخلوط پساب و آب چاه و تناوب پساب و آب چاه نیز باعث کاهش معنادار منیزیم در این عمق خاک شده است. در عمق ۹۰-٦۰ سانتی‌متری خاک کاربرد پساب در یک مرحله و کاربرد پساب در شش مرحله و کاربرد متناوب آب چاه و پساب، کاهش معناداری را نسبت به شاهد نشان می‌دهد.



شکل ۵. مقایسهٔ میانگین تغییرات غلظت منیزیم در تیمارهای گوناگون در خاک

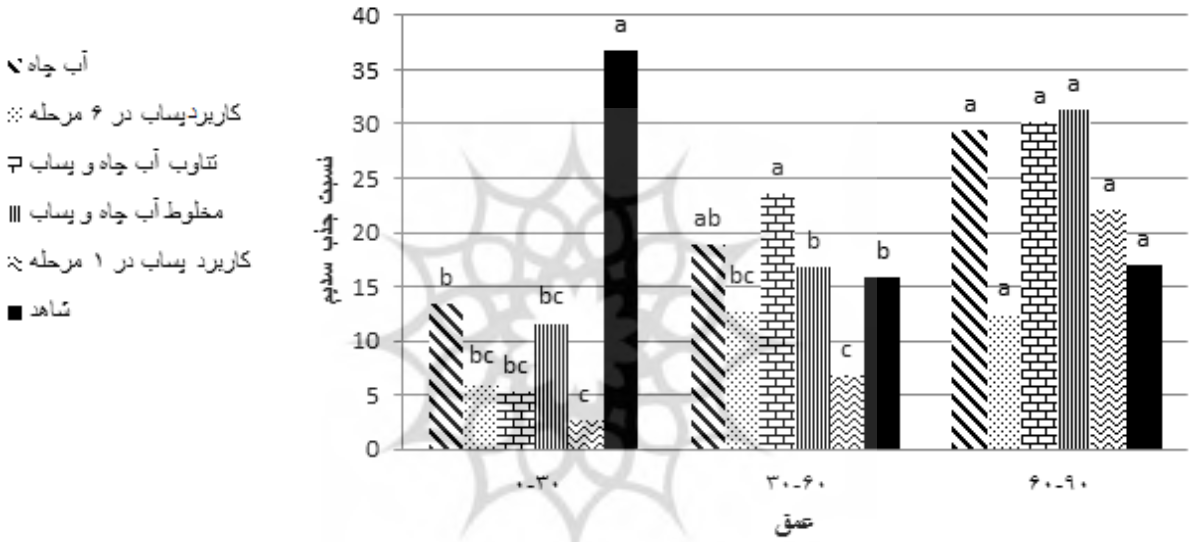
همان‌طور که در جدول (٦) دیده می‌شود کاربرد پساب در شش مرحله و پساب در یک مرحله به ترتیب باعث ۵٦درصد و ٦۰درصد کاهش مقدار منیزیم در لایهٔ سطحی خاک شده است.

جدول ٦. درصد کاهش (-) یا افزایش (+) منیزیم خاک در سه عمق مطالعه‌شده پس از اعمال تیمارهای گوناگون

تیمار	۰-۳۰ cm	۳۰-٦۰cm	٦۰-۹۰cm
آب چاه	-۲۳	-۳۷	-۲۵
کاربرد پساب در شش مرحله	-٦۰	-٤٤	-۳۹
تناوب آب چاه و پساب	-٤۰	-۵۲	-۳۹
مخلوط آب چاه و پساب	-۳۳	-۵۷	-۱۷
کاربرد پساب در یک مرحله	-۵٦	-٦۵	-۵۱

۵- تأثیر بر نسبت جذب سطحی سدیم خاک (SAR)

نسبت جذب سطحی سدیم پساب و آب چاه کاربردی به ترتیب ۲/۳ و ۹/٤ بوده است (جدول ۱). همان‌طور که در شکل (۵) دیده می‌شود، در عمق اول نسبت جذب سطحی سدیم خاک در تمامی تیمارها کاهش معناداری داشته است؛ به‌ویژه کاربرد پساب در یک مرحله، تناوب پساب و آب چاه و کاربرد پساب در شش مرحله بیشترین کاهش نسبت جذب سطحی سدیم خاک را در لایه‌های سطحی نسبت به شاهد داشته‌اند. در عمق ٦۰-۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک فقط کاربرد پساب در یک مرحله توانسته است نسبت جذب سطحی سدیم خاک را به‌طور معناداری کاهش دهد. در عمق ۹۰-٦۰ سانتی‌متری خاک هیچ‌کدام از تیمارها نتوانسته‌اند نسبت جذب سطحی سدیم را به‌طور معناداری کاهش دهند و در بعضی از تیمارها این نسبت افزایش هم داشته است (شکل ٦).



شکل ٦. مقایسهٔ میانگین تغییرات نسبت جذب سطحی سدیم در تیمارهای گوناگون در خاک

نتایج جدول (۷) نشان می‌دهد کاربرد تیمارهای پساب در یک مرحله، تناوب آب چاه و پساب و پساب در شش مرحله به ترتیب باعث ۹۲، ۸۵ و ۸۳درصد کاهش نسبت جذب سطحی سدیم خاک در لایهٔ سطحی خاک شده است. نسبت جذب سطحی سدیم خاک در عمق ۹۰-٦۰ سانتی‌متری خاک در بیشتر تیمارها افزایش داشته است، اگرچه این تغییرات نسبت به شاهد معنادار نبوده است (شکل ٦)؛ برای نمونه در تیمار پساب در یک مرحله، مقدار نسبت جذب سطحی سدیم خاک در عمق اول از ۳٦/۷ به ۲/۷ (یعنی ۹۲درصد) و در عمق دوم از ۱٦ به ۷ (یعنی ٥٦درصد) کاهش یافته، ولی در عمق سوم از ۱۷ به ۲۲ (یعنی ۲۹درصد) افزایش یافته است (شکل ٦ و جدول ۷). علت این افزایش احتمالاً انتقال سدیم با آب آب‌شویی از لایه‌های بالایی خاک به عمق ٦۰-۹۰ سانتی‌متری خاک بوده است.

جدول ۷. درصد کاهش (-) یا افزایش (+) نسبت جذب سطحی سدیم خاک در سه عمق مطالعه‌شده پس از اعمال تیمارهای گوناگون

تیمار	۰-۳۰ cm	۳۰-٦۰cm	٦۰-۹۰cm
آب چاه	-٦۳	+۱۸	+۷۳
کاربرد پساب در شش مرحله	-۸۳	-۱۹	-۲۷
تناوب آب چاه و پساب	-۸٥	+٤۸	+۷٦
مخلوط آب چاه و پساب	-٦۸	+٥	+۸۳
کاربرد پساب در یک مرحله	-۹۲	-٥٦	+۲۹

کابوسی (۱۳۹۳) در پژوهشی تأثیر استفاده از پساب فاضلاب شهری را بر اصلاح خاک‌های شور و سدیمی قسمتی از اراضی جنوب تهران بررسی کرد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد استفاده از ۱۰۰ سانتی‌متر پساب برای آب‌شویی خاک باعث کاهش شوری در کل خاک‌رخ به میزان ٥٦درصد و همچنین استفاده از ۱۰۰ سانتی‌متر پساب باعث کاهش سدیم تبادلی خاک به میزان ٤۸درصد شده و خاک از حالت سدیمی خارج می‌شود.

نتیجه‌گیری

استفاده از ٦۰ سانتی‌متر پساب فاضلاب شهری توانسته است ضمن آب‌شویی نمک‌ها، محدودیت‌های شوری خاک را به‌شدت کاهش دهد. مؤثرترین تیمار در آب‌شویی نمک‌ها و اصلاح شوری خاک، تیمار استفاده از ٦۰ سانتی‌متر پساب فاضلاب شهری بهارستان در یک مرحله بوده است. این تیمار توانست شوری خاک را در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر به مقدار ۸۲درصد، در عمق ٦۰-۳۰ سانتی‌متر به مقدار ۷۱درصد و در عمق ۹۰-٦۰ سانتی‌متر به مقدار ۳٥درصد کاهش دهد.

سدیمی‌بودن خاک با کاربرد ٦۰ سانتی‌متر پساب تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک، کاهش معناداری داشت؛ به طوری که با کاربرد پساب در شش مرحله، مقدار نسبت جذب سطحی سدیم در این عمق ۸۳درصد کاهش یافت، ولی در عمق ٦۰-۳۰ سانتی‌متری فقط تیمار پساب در یک مرحله توانست نسبت جذب سطحی سدیم خاک را به‌طور معناداری به مقدار ٥٦درصد کاهش دهد. در عمق ۹۰-٦۰ سانتی‌متری در همهٔ تیمارها تفاوت معناداری در تغییرات نسبت جذب سطحی سدیم خاک دیده نشد. در بیشتر تیمارها نسبت جذب سطحی سدیم خاک کاهش نیافته، بلکه مقدار آن افزایش هم یافته است؛ اگرچه این تغییرات نسبت به شاهد تفاوت معناداری نداشته است. به نظر می‌رسد علت افزایش مقدار نسبت جذب سطحی سدیم در این عمق خاک، انتقال سدیم از لایه‌های سطحی به لایه‌های زیرین خاک در اثر آب‌شویی باشد. مقدار ٦۰ سانتی‌متر آب برای آب‌شویی سدیم تا عمق ۹۰ سانتی‌متری کافی نیست و آب بیشتری برای رفع یا کاهش مشکل سدیمی‌بودن خاک‌ها تا این عمق لازم است.

پژوهش‌های بیشتری نیاز است تا مشخص کند مقدار پساب فاضلاب شهری لازم برای رفع مشکل سدیمی‌بودن خاک‌های منطقه تا عمق ۹۰ سانتی‌متری چقدر است.

منابع

ابوالحسنی زرجوع، اعظم، زهتابیان، غلامرضا، مشهدی، ناصر، خسروی، حسن، سلطانی گردفرامرزی، مهدی، (۱۳۹۳). **ارزیابی آثار آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده بر برخی خصوصیات خاک**، بازیافت آب، دورهٔ ۱، شمارهٔ ۱، ۱۷-۲٤.

ادارهٔ کل هواشناسی استان اصفهان، (۱۳۹٤). **نمایهٔ اقلیمی شرق اصفهان**، http://www.isfahanaeromet.ir (۵ خرداد ۱۳۹۸).

برزگر، عبدالرحمان، (۱۳۸۷). **خاک‌های شور و سدیمی: شناخت و بهره‌وری**، چاپ اول، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

حاتمی شهمارووندی، اشکان، قربانی، بهنام، (۱۳۹٤). **بررسی و ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقهٔ مرق استان اصفهان و اثرات استفادهٔ آن در مزارع**، دومین همایش ملی آب، انسان و زمین، اصفهان، شرکت توسعه‌سازان گردشگری اصفهان، https://www.civilica.com/Paper-WHEC02-WHEC02_079.html (۵ خرداد ۱۳۹۸).

کابوسی، کامی، (۱۳۹۳). **ارزیابی اثر میان‌مدت آبیاری با پساب تصفیه‌شده بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (مطالعهٔ موردی: تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر بندر گز)**، نشریهٔ مدیریت اراضی، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۲، ۹۵-۱۱۰.

هنرجو، ناصر، (۱۳۸۹). **خاک‌ها و آب‌های شور و سدیمی**، چاپ اول، اصفهان، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان.

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، (۱۳۷۳). **استانداردهای خروجی فاضلاب (به استناد مادهٔ ۵ آیین‌نامهٔ جلوگیری از آلودگی آب)**، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، معاونت سلامت مرکز سلامت محیط و کار.

ولی، عباسعلی، برآبادی، حسن، امیراحمدی، ابوالقاسم، (۱۳۹۷). **ارزیابی کارایی استفاده از پساب شهری در مدیریت مخاطرهٔ بیابان‌زایی (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ بیابانی برآباد شهرستان سبزوار)**، اکوهیدرولوژی، دورهٔ ۵، شمارهٔ ۱، ۲۷۹-۲۹۲.

Asadi Kapourchal, S., Homaee, M., Pazira, E., (2011). **Desalinization Model for Large Scale Application**, International Journal of Agricultural Science and Research, (IJASR), 1 (2), Pp 25-32.

Ayers, R.S., Westcot. D.W., (1994). **Water Quality for Agriculture**, Irrigation and Drainage paper 29 Rev. 1. FAO. Rome, 174 P.

American Public Health Association, (2005). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21th Ed, Washington DC: APHA. AWWA. WEF.

Baruah, T.C., Barthakur, H.P., (1997). **A Textbook of Soil Analysis**, Vikas publishing hous pvt ltd, 334 p.

Batarseh, M., (2017). **Sustainable Management of Calcareous Saline-Sodic Soil in Arid Environments: The Leaching Process in the Jordan Valley**, Applied and Environmental Soil Science, vol. 2017, Article ID 1092838, 9 pages, https://doi.org/10.1155/2017/1092838 (5 Khordad 1398).

Research and Management, Volume 33, Issue 1, Pp 1-22, https://doi.org/10.1080/15324982.2018.1498038 (5 Khordad 1398).

Moghbel, F., Mostafazadeh-Fard, B., Mirmohammady Maibody S.A.M., Landi, E., (2017). **Salinity Management for Irrigation with Saline-Sodic Wastewater under Corn Cultivation**, Soil Environ, 36 (2), Pp 120-130.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., (1954). **Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate**. U.S. Dep of Agric. Circ, 939 p.

Page, Al., Miller, RH., Keenly, DR., (1982). **Method of Soil Analysis**, Part 2: Chemical and Microbiological Properties Agronomy, 2 ed. Soil. SCI. Am, 1159 p.

Richards, L.A., (Editor). (1954). **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils**, Agriculture Handbook, No 60, United States Department of Agriculture, Washington DC, USA, 160 p.

Feizi, M., (2001). **Effect of Treated Wastewater on Accumulation of Heavy Metals in Plants and Soils**, ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management, Korea, Pp 19-20.

Haghverdi, A., Laosheng, W., (2018). **Accounting for Salinity Leaching in the Application of Recycled Water for Landscape Irrigation**, White Paper prepared for the California WateReuse Association by the Southern California Salinity Coalition, Fountain Valley, CA, 29 P.

Jalali, M., Ranjbar., F., (2009). **Effects of Water on Soil Sodicity and Nutrient Leaching in Poultry and Sheep Manure Amended Soils**, Geoderma, 153, Pp 194-204.

Klute, A., (1986). **Method of Soil Analysis**, Part I: Physical and Mineralogical Methods, 2 Ed, Soil. SCI. SC. AM. Agronomy Madison, 1189 p.

Leogrande, R., Vitti., C., (2018). **Use of Organic Amendments to Reclaim Saline and Sodic Soils: A Review**, Arid Land

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی