مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره هشتم، شماره سی و دوم، تابستان ۱۳۹۷

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۰۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۰۴/۱۰

صص ۴۷-۳۶

بررسی تأثیر پساب تصفیه‌شده‌ی شهری روی خصوصیات خاک مناطق بیابانی (مطالعه‌ی موردی: تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر سبزوار)

عباسعلی ولی*، دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین-دانشگاه کاشان

حسن برآبادی، دانش‌آموخته‌ی دکتری بیابان‌زدایی-دانشگاه کاشان

ابوالقاسم امیراحمدی، استاد ژئومورفولوژی-دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده

یکی از طرح‌هایی که می‌تواند مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب در اکوسیستم‌ها را تأمین نماید و موجبات کاهش اثرات بیابان‌زایی را فراهم آورد، استفاده از آب‌های نامتعارف (پساب فاضلاب شهری) است. در این راستا، بررسی اثرات پساب شهری روی خصوصیات خاک بسیار مهم است. هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر پساب تصفیه‌خانه‌ی شهری سبزوار روی خصوصیات خاک منطقه‌ی بوته‌کاری شده با آن است. جهت انجام این کار، کل منطقه به‌صورت سیستماتیک به دوازده بخش تقسیم و درون هر بخش، نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی انجام گرفت. همچنین به‌صورت هم‌زمان از مناطق شاهد هم‌جوار با هر بخش جهت مقایسات نیز نمونه‌برداری خاک انجام گرفت. نتایج خصوصیات شیمیایی خاک نشان داد که میزان کلسیم، منزیم، اسیدیته و درصد مواد خنثی-شونده بدون تغییرات معنی‌دار و میزان شوری، سدیم، کلر و نسبت جذب سدیم، کاهش معنی‌داری را نسبت به منطقه‌ی شاهد نشان داد. همچنین نتایج مربوط به حاصلخیزی خاک، نشان‌دهنده‌ی افزایش معنی‌دار کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل‌جذب در منطقه‌ی احیاشده نسبت به منطقه‌ی شاهد است. درمجموع، طرح بوته‌کاری با پساب در منطقه‌ی موردمطالعه ازنظر تغییرات خصوصیات خاک اثرات مثبتی را نشان داده است و درنهایت گونه‌ی تاغ نسبت به آتریپلکس و قره‌داغ از نظر بهبود شرایط خاک، مناسب‌تر ارزیابی گردید.

واژگان کلیدی: آب‌های نامتعارف، خصوصیات خاک، نمونه‌برداری سیستماتیک-تصادفی، تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب، شهرستان سبزوار.

نویسنده‌ی مسئول: * Email: Vali@kashanu.ac.ir

این مقاله برگرفته از طرح فرصت مطالعاتی کوتاه‌مدت داخلی با عنوان "ارزیابی کارایی استفاده از پساب شهری در احیای بیابان (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی بیابانی برآباد شهرستان سبزوار)" می‌باشد.

۱- مقدمه

بحران کمبود آب یکی از چالش‌هایی است که امروزه جهان با آن مواجه است. محدودیت منابع آب توجه محققین را به استفاده اصولی از آب‌های غیرمتعارف مانند آب‌های شور و پساب‌های شهری و صنعتی به خود معطوف نموده است. به‌دلیل توسعه شهرها و افزایش مصرف آب، مقدار زیادی فاضلاب تولید می‌شود که پساب این فاضلاب‌ها می‌تواند به عنوان یک منبع با ارزش در افزایش سطح پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گیرد(بهره‌مند و همکاران، ۱۳۸۱: ۱؛ عابدی کوپائی و همکاران، ۲۰۰۳: ۳۴۴؛ بهری، ۱۹۹۹: ۳۳۹). استفاده‌ی صحیح از پساب‌های شهری علاوه بر گسترش پوشش گیاهی، ازیک‌طرف از آلودگی محیط‌زیست جلوگیری می‌نماید و از طرف دیگر با دارا بودن عناصر مغذی، علاوه بر کاهش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، باعث کاهش هزینه‌ی مصرف کودهای شیمیایی می‌شود. به همین علت، به‌عنوان منابع آب و کودی ارزان‌قیمت موردتوجه قرار گرفته است(عرفانی و همکاران، ۱۳۸۱: ۸۹؛ نظری و همکاران، ۱۳۸۵: ۹۷؛ Asano & Levine, 1996: 13). علاوه بر اضافه شدن عناصر غذایی خاک توسط آبیاری با پساب‌ها و فاضلاب‌ها، مواد آلی موجود در آن‌ها نیز پس از ورود به‌وسیله‌ی میکروارگانیزم ها تجزیه شده و باعث افزایش هوموس خاک و درنهایت بهبود خواص فیزیکی- شیمیایی و حاصلخیزی خاک می‌شود(وکیلی، ۱۳۷۴: ۴۲). البته مواردی از کاهش عملکرد محصول درختان میوه‌ی هسته‌دار و مرکبات در اثر آبیاری با پساب نسبت به آبیاری با آب چاه با کود گزارش شده است(Singh & Steinnes, 1994: 223). پساب و لجن فاضلاب حاوی مقادیر زیادی از عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین نیز می باشند. هنگامی‌که این مواد به زمین اضافه می‌شوند، گیاه این عناصر را نیز جذب می‌کند. جذب عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین به مقدار زیاد به‌وسیله‌ی گیاه می‌تواند سبب آلودگی زنجیره‌ی غذایی انسان و دام شود؛ بنابراین کاهش عملکرد می‌تواند در اثر افزایش غلظت املاح و شوری و یا تجمع عناصر سمی در خاک و گیاه باشد(همان، ۲۷۰). مطالعات دلالت بر این دارد که استفاده از پساب که با هدف توسعه‌ی اقتصادی صورت می‌گیرد، فقط زمانی قابل‌اجرا خواهد بود که حفاظت و نگهداری طولانی‌مدت منابع و نیز حفظ سلامت عموم، امکان‌پذیر باشد(دانش و علیزاده، ۱۳۸۷: ۱۲). به‌عنوان نمونه، علیرغم رضایت‌بخش بودن استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری در حوضه‌ی شهری مشهد، نتایج نشان می‌دهد که استفاده‌ی طولانی‌مدت از آن می‌تواند علاوه بر تخریب خاک، روی سلامت مصرف‌کنندگان (انسان) خطرات جدی به همراه داشته باشد(بوستانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۴). همچنین مطالعات انجام‌گرفته در باغستان‌های سنتی قزوین نشان داد که با مدیریت صحیح می‌توان با استفاده از پساب خروجی سامانه‌ی تصفیه‌ی فاضلاب شهر قزوین، ضمن احیای باغات، با تغذیه‌ی آبخوان، بخشی از کمبود آب استان را نیز جبران کرد(رضازاده و غنوی، ۱۳۸۹: ۱۱). یک پژوهش روی زمین‌های تصفیه‌خانه‌ی شمال اصفهان که به مدت ۹ سال با پساب آبیاری شده بودند، نشان داد که تیمارهای پساب نه‌تنها هیچ‌گونه مسئله‌ای ازلحاظ شوری و قلیائیت در منطقه ایجاد ننموده‌اند، بلکه شوری و قلیائیت خاک را نیز کاهش داده‌اند(روحانی و همکاران، ۱۳۸۴: ۲۳). نتایج تحقیقات(ابراهیمی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵: ۷) نیز بیانگر آن است که در اثر آبیاری با پساب در مقایسه با آب متعارف، شوری خاک در لایه‌های ۲ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری و نسبت جذب سدیم و سدیم قابل‌جذب خاک در اعماق ۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۴۰ و ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری افزایش قابل‌توجهی را داشته است. نتایج(ابوالحسنی زرجوع و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۷) در ارزیابی آثار آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده روی برخی خصوصیات خاک نشان داد که میزان شوری، نسبت جذب سدیم و مواد آلی نسبت به منطقه شاهد کاهش و میزان فسفر، ازت و اسیدیته خاک افزایش داشته است.

مهیدا (۱۹۸۱) در تحقیقی با عنوان آلودگی آب و تهدید پساب در زمین در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک از کشور هند، نقش استفاده‌ی درازمدت استفاده از پساب را موردبررسی قرار داده و به این نتایج رسیده که اسیدیته‌ی خاک در مناطق موردمطالعه به دلیل استفاده‌ی طولانی‌مدت از این آب‌ها، افزایش داشته است. صابر (۱۹۸۶) در تحقیقات خود با عنوان اثرات طولانی‌مدت ضایعات انسان بر روی خاک در مصر، نقش استفاده‌ی درازمدت از پساب فاضلاب را مطالعه کرده است. این پژوهشگر در تحقیقات خود نتیجه گرفته که با گذشت زمان، میزان نمک‌های محلول در عمق صفر تا

بیست سانتی‌متری خاک تا سه برابر نسبت به سایر اراضی افزایش داشته است. در تحقیق دیگر نقش استفاده از پساب روی ذخیره‌ی فلزات سنگین در گیاه و خاک مطالعه شد. نتایج پژوهش نشان داد که هشت سال استفاده‌ی مداوم از فاضلاب تصفیه‌شده باعث شده تا شوری و سدیم خاک به طرز معنی‌داری افزایش یابد. فیضی (۲۰۰۱) و آیبلو و همکاران (۲۰۰۷) با کاربرد فاضلاب تصفیه‌شده در یک فصل، رشد در مزارع گوجه‌فرنگی با خاک شنی و آبیاری قطره‌ای، کاهش هدایت هیدرولیکی، خلل و فرج، ظرفیت نگهداشت آب و افزایش چگالی ظاهری خاک را در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نسبت به مقدار اولیه گزارش کردند. مجیری (۲۰۰۱) افزایش میزان هدایت الکتریکی، فسفر، درصد مواد آلی، نیتروژن کل، پتاسیم، کلر، سدیم، کادمیم، آهن و روی را در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک در منطقه‌ی آبیاری‌شده با پساب نسبت به منطقه‌ی شاهد گزارش کرد. همچنین آل عمران و همکاران (۲۰۱۲) بر روی تغییرات مکانی برخی از خواص خاک تحت آبیاری فاضلاب در یک مدت طولانی کار کردند. مزارع تحت آزمایش آن‌ها سه مزرعه بود که دو مزرعه با خاک لومی شنی و یک مزرعه با خاک شنی لومی و در هر سه مزرعه میزان آهک بیش‌تر از ۱۰ درصد بود. نتایج مقایسه‌ی این مزارع با منطقه‌ی شاهد (تحت آبیاری با آب چاه) نشان داد میزان شوری، غلظت روی، مس، آهن و نیکل در مزارع تحت آبیاری با فاضلاب بیش‌تر از منطقه‌ی شاهد است، ولی از نظر میزان اسیدیته‌ی خاک تفاوت معنی‌داری نشان نداد. درنهایت گاتا و همکاران (۲۰۱۵) بر روی آبیاری گوجه‌فرنگی تحت تیمار آبیاری با پساب صنعتی کشاورزی و تأثیر آن بر خصوصیات کمی و کیفی تولید و نیز خواص میکروبیولوژیکی خاک کار کردند. نتایج میکروبیولوژیکی خاک تحت آبیاری با پساب، میزان بالاتر از نتایج آبیاری با آب چاه و همچنین دستورالعمل‌های ایتالیا برای استفاده‌ی مجدد از پساب را نشان داد.

به‌عنوان جمع‌بندی از مرور منابع در تحقیقات مختلف داخلی و خارجی می‌توان گفت که در برخی تحقیقات، تخریب و در برخی دیگر تقویت خصوصیات خاک گزارش شده است. علت نتایج متفاوت، وجود تفاوت در کیفیت پساب مورداستفاده، تفاوت در ویژگی‌های خاک مناطق مختلف، تفاوت در نحوه‌ی مدیریت استفاده از پساب و سایر عوامل مؤثر در نحوه‌ی آبیاری ازجمله شرایط جوّی و... است.

هدف از این تحقیق، بررسی اثرات ترکیبی استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌ی شهری شهر سبزوار و بوته‌کاری با گونه‌های شورپسند در منطقه‌ی بیابانی برآباد شهرستان سبزوار روی خصوصیات شیمیایی و حاصلخیزی خاک این مناطق است.

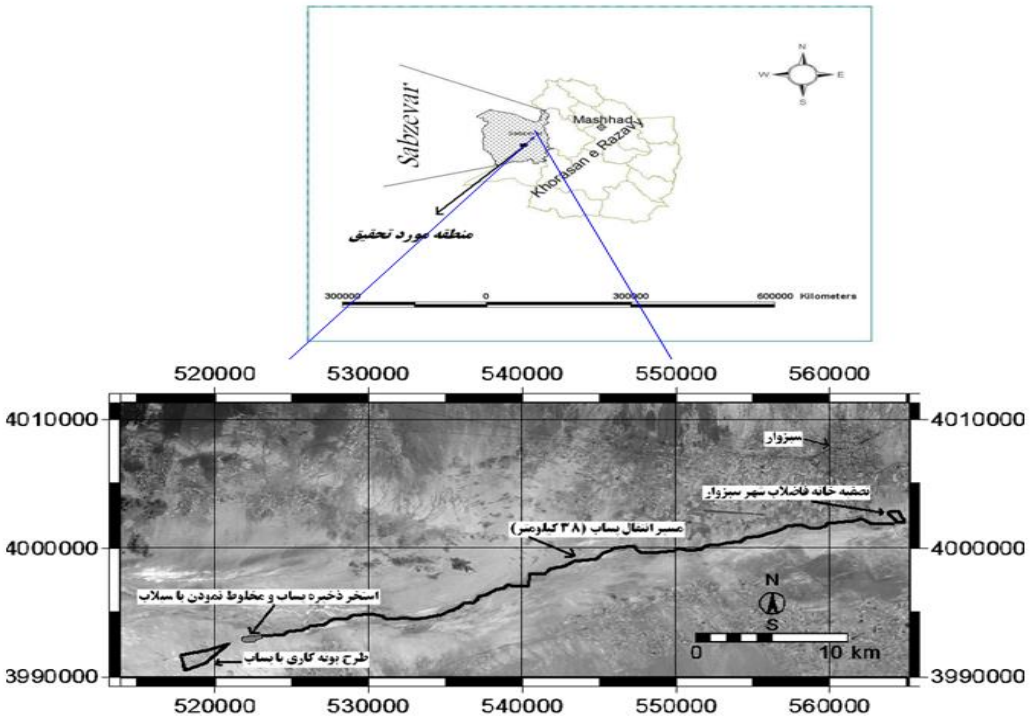
۲- منطقه‌ی موردمطالعه

۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه‌ی موردمطالعه در جنوب غربی شهرستان سبزوار و در منطقه‌ی دروک، در حدفاصل″۵۰′۳ °۳۶ عرض شمالی و ″۳۰ ′۱۲ °۵۷ طول شرقی واقع گردیده است. ارتفاع متوسط منطقه ۸۵۰ متر بالاتر از سطح دریا و متوسط شیب آن حدود یک درصد است. تغییرات سالانه و ماهانه بارش بسیار بالاست. با توجه به بررسی داده‌های بلندمدت (۳۰ ساله) به‌دست‌آمده از ایستگاه سینوپتیک شهرستان سبزوار، تغییرات سالانه‌ی بارش بین ۳۰۰-۱۰۰ میلی‌متر است و درمجموع بارندگی متوسط سالانه در منطقه حدود ۱۹۱ میلی‌متر در سال است. تغییرات ماهانه‌ی بارش نیز تغییرات زیادی دارد که توزیع فصلی آن از حدود صفر میلی‌متر در تابستان تا حدود ۹۵ میلی‌متر در زمستان متغیر است. اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه و ضریب به‌دست‌آمده بر اساس این روش (عدد ۱۳/۸) دارای اقلیم خشک و سرد است. بر اساس روش دمارتن، شاخص خشکی برای منطقه‌ی مذکور ۶/۸۲ است که جز اقلیم خشک طبقه‌بندی می‌شود(ایستگاه سینوپتیک شهرستان سبزوار، ۱۳۹۰).

رودخانه‌ی کالشور سبزوار مهم‌ترین رودخانه‌ی حوضه‌ی آبریز ایران مرکزی به شمار می‌آید که به‌عنوان بزرگ‌ترین رود شمال شرق حوضه‌ی ایران مرکزی از حاشیه‌ی منطقه‌ی اجرای طرح عبور و از طریق دشت خارتوران، به دشت کویر منتهی می‌گردد. پساب تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر سبزوار پس از تخلیه به درون کالشور سبزوار در زمان فعالیت رودخانه

با آمیخته شدن با سیلاب رودخانه و در زمان خشکیده شدن رودخانه به‌تنهایی از طریق بند انحرافی و کانال انتقال آب به محدوده‌ی بوته‌کاری منتقل می‌شود. گسترش منطقه‌ی موردمطالعه به‌صورت شرقی- غربی بوده و مناطق بوته‌کاری شده در حدفاصل رودخانه‌ی کالشور و ارتفاعات جنوبی منطقه را تشکیل می‌دهد. هرساله در جهت غرب منطقه با توجه به کمیت منابع آبی، وسعتی از منطقه توسط اداره‌ی منابع طبیعی و آبخیزداری سبزوار بوته‌کاری و احیا می‌شود. مناطق موردمطالعه نیز اراضی بوته‌کاری شده در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۹ توسط پساب از طریق حمل پساب با تانکر است. شکل ۱ موقعیت منطقه‌ی تحقیق را نسبت به تصفیه‌خانه‌ی شهر سبزوار نشان می‌دهد. همچنین مسیر انتقال پساب تا محل اجرای تحقیق در این شکل نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی اجرای طرح در استان خراسان رضوی و تصفیه‌خانه و شهر سبزوار و مسیر انتقال پساب

۲-۲- تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر سبزوار

برای تصفیه‌ی فاضلاب در دنیا، روش‌های متعددی طراحی و ارائه شده است که استفاده از هر روش به میزان زیادی به شرایط اقلیمی و توانمندی‌های اجرایی منطقه‌ی موردنظر بستگی دارد. به دلیل شرایط گرم و خشک منطقه‌ی تحقیق و وجود زمینِ موردنیاز فراوان در منطقه، روش برکه‌ی تثبیت (لاگون تثبیت) در تصفیه‌خانه‌ی شهر سبزوار مورداستفاده قرار گرفته است. برکه‌های تثبیت، استخرهایی با عمق‌های متفاوت و انسان‌ساز بوده که فاضلاب در آن‌ها تجمع و پس از زمان‌ماند چند روز، پسابی با درجه‌ی تصفیه‌ی بالا از آن خارج می‌شود(شرکت آب و فاضلاب سبزوار و شرکت مهندسی مشاور کاوش پی، ۱۳۹۰: ۱۰). فاضلاب واردشده در تصفیه‌خانه‌ی شهرستان سبزوار پس از تصفیه، وارد رودخانه‌ی کالشور شده و پس از طی مسافت حدود ۳۸ کیلومتر و مخلوط شدن با آب رودخانه کالشور وارد عرصه‌ی بوته‌کاری شده و بوته‌های کشت‌شده توسط این منبع آبی مورد آبیاری قرار می‌گیرند. بوته‌های کشت‌شده در منطقه شامل گونه‌های تاغ[1]،

1- Haloxylon aphyllum

آتری‌پلکس[۲] و قره‌داغ[۳] بوده و نحوه‌ی کاشت گونه‌ها بر روی یک ردیف و به فاصله‌ی ۸ متر از ردیف کناری کشت است. آرایشِ کشت بر روی هر ردیف به‌صورت دو بوته‌ی آتری‌پلکس، دو گلدان تاغ و دو بوته‌ی قره‌داغ، به فواصل منظم چهارم‌تری است. تصاویری از گونه‌های کشت‌شده در منطقه در شکل ۲ نشان داده شده است.

شکل ۲: گونه‌های کشت‌شده در منطقه‌ی موردمطالعه

۳- مواد و روش‌ها

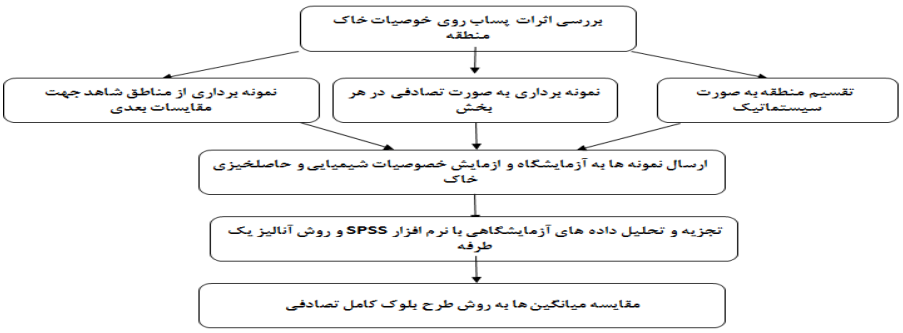
در تحقیق حاضر جهت بررسی اثرات پساب روی خصوصیات خاک مناطق تحت آبیاری با پساب، نیاز به نمونه‌برداری از خاک مناطق تحت آبیاری با پساب و نیز مناطق شاهد (بدون آبیاری با پساب) است. برای رسیدن به این هدف، اقدام به نمونه‌برداری از خاک در اواسط اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۶ گردید. همان‌طور که گفته شد، منطقه‌ی موردمطالعه در سه سال بوته‌کاری شده و جهت نمونه‌برداری از مناطق بوته‌کاری شده در سه سال متوالی به‌عنوان سه فاز نمونه‌برداری به‌صورت مجزا در نظر گرفته شد. جهت بررسی بهتر و منطقی‌تر خصوصیات خاک، هر فاز به‌صورت سیستماتیک به چهار منطقه‌ی شمال شرقی، جنوب شرقی، شمال غربی و جنوب غربی تقسیم گردید؛ بنابراین درمجموع کل منطقه به ۱۲ بخش جهت نمونه‌برداری‌ها تقسیم گردید. سپس درون هر بخش، نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی انجام گرفت. بدین‌صورت که با پرتاب سنگ و محل برخورد آن با زمین، نقطه‌ای به‌صورت تصادفی مشخص شد و نزدیک‌ترین بوته‌ی کشت‌شده از هر یک از گونه‌های کشت‌شده‌ی سه‌گانه (تاغ، آتریپلکس و قره‌داغ) به نقطه‌ی موردنظر انتخاب گردید. سپس اقدام به نمونه‌برداری از پای بوته‌های موردنظر در هر بخش گردید. همچنین به‌صورت هم‌زمان از مناطق شاهد هم‌جوار با بوته‌ها در هر بخش (مناطق بین ردیف‌های بوته‌کاری) نیز نمونه‌برداری خاک انجام گرفت؛ بنابراین از هر بخش، چهار نمونه خاک و درمجموع از کل مناطق بوته‌کاری ۴۸ نمونه خاک به‌صورت سیستاتیک-تصادفی برداشت گردید.

نمونه‌های برداشت‌شده از مرحله‌ی قبل، جهت بررسی خصوصیات شیمیایی و حاصلخیزی خاک در اواخر اردیبهشت-ماه ۱۳۹۶ به آزمایشگاه آب، خاک و گیاه شهرستان سبزوار منتقل گردید.

پس از دست‌یابی به نتایج آزمایش نمونه‌های خاک، جهت مقایسه‌ی تغییرات خصوصیات خاک مناطق بوته‌کاری شده با پساب با یکدیگر و با مناطق شاهد، داده‌های به‌دست‌آمده مورد آزمون آماری قرار گرفت. جهت تجزیه‌وتحلیل آماری

2- Atriplix canesences
3- Nitraria Schoberi

داده‌های آزمایشگاهی از مرحله‌ی قبل، از نرم‌افزار SPSS و آنالیز واریانس یک‌طرفه[۴] استفاده گردید. با توجه به این‌که عرصه‌های بوته‌کاری با پساب، از نظر شرایط اکولوژیکی، گونه‌های کشت‌شده، میزان پساب دریافتی و سایر پارامترها با یکدیگر تفاوت داشته دارند، از طرح بلوک کامل تصادفی جهت تجزیه‌وتحلیل آماری استفاده گردید. بدین‌صورت که اثرات ترکیبی پساب و گونه‌های کشت‌شده و نیز مناطق شاهد به‌عنوان چهار تیمار و مناطق ۱۲ گانه‌ی نمونه‌برداری شده به‌عنوان ۱۲ بلوک یا تکرار در نظر گرفته شدند. طرح‌واره‌ی پژوهش حاضر به شرح شکل ۳ است.



شکل ۳: طرح‌واره‌ی پژوهش حاضر به‌صورت سلسله مراتبی

۴- بحث و نتایج

مقادیر اندازه‌گیری‌ها و مقایسه‌ی میانگین‌های نقاط نمونه‌برداری با عرصه‌ی شاهد در جدول ۱ و جدول تجزیه‌ی واریانس داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری‌های خصوصیات خاک در مناطق بوته‌کاری با پساب و مناطق شاهد در جدول ۲ آورده شده است:

جدول ۱: میانگین و مقایسه میانگین مقادیرخصوصیات خاک مناطق بوته‌کاری با پساب و مناطق شاهد

گونه‌ی گیاهی / خصوصیات خاک	تاغ	قره داغ	آتریپلکس	شاهد
EC(ds/m)	۳۰/۳۳^{b}	۳۸/۳۰^{b}	۳۷/۷۰^{b}	۵۵/۰۱^{a}
PH	۷/۷۳^{a}	۷/۶۹^{a}	۷/۷۲^{a}	۷/۹۰^{a}
Cl(meq/lit)	۲۵۸/۳۳^{b}	۳۴۲/۲۲^{b}	۳۵۳/۸۶^{b}	۵۴۱/۱۷^{a}
Na(meq/lit)	۲۳۶/۳۵^{b}	۳۱۴/۹۹^{ab}	۳۰۱/۵۰^{ab}	۴۸۳/۵۸^{a}
Ca(meq/lit)	۲۶/۹۷^{a}	۲۷/۲۸^{a}	۲۸/۳۰^{a}	۲۷/۷۹^{a}
Mg(meq/lit)	۳۴/۳۸^{a}	۳۴/۵۱^{a}	۳۶/۳۱^{a}	۳۹/۶۹^{a}
TNV%	۲۲/۵۱^{a}	۲۲/۳۹^{a}	۲۲/۶۰^{a}	۲۳/۵۳^{a}
K(P.P.M)	۴۹۹/۱۷^{a}	۳۳۷/۶۲^{b}	۳۹۶/۰۲^{b}	۲۳۱/۵۰^{c}
P(P.P.M)	۷/۶۸^{b}	۷/۵۳^{b}	۱۰/۵۲^{a}	۵/۹۹^{b}
O.C.%	۰/۴۲۷^{a}	۰/۳۶۱^{b}	۰/۳۶۶^{b}	۰/۲۳۲^{c}
SAR(meq/lit)	۳۷/۱۸^{b}	۴۷/۹۰^{ab}	۴۷^{ab}	۷۱/۳۵^{a}

جدول ۲: جدول تجزیه‌ی واریانس داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری‌های خصوصیات خاک در مناطق بوته‌کاری با پساب و مناطق شاهد

4- One-Way ANOVA

خصوصیات خاک	Df	Sum of Squares	Mean Square	F–value	Sig.
EC(ds/m)	۳	۳۹۱۹/۲۲۸	۱۳۰۶/۴۰۹	۷/۳۶۶	۰/۰۰۰
PH	۳	۰/۳۸۶	۰/۱۲۹	۲/۰۶۷	۰/۱۱۸
Cl(meq/lit)	۳	۵۱۲۸۸۸/۱۸۴	۱۷۰۹۶۲/۷۲۸	۶/۸۲۱	۰/۰۰۱
Na(meq/lit)	۳	۳۹۹۹۲۵/۳۰۷	۱۳۳۳۰۸/۴۳۶	۵/۲۶۳	۰/۰۰۳
Ca(meq/lit)	۳	۱۲/۲۹۵	۴/۰۹۸	۰/۹۰	۰/۹۶۵
Mg(meq/lit)	۳	۲۲۰/۴۶۶	۷۳/۴۸۹	۰/۸۰۱	۰/۵۰۰
TNV%	۳	۹/۸۲۶	۳/۲۷۵	۰/۶۳۴	۰/۵۹۷
K(P.P.M)	۳	۴۵۰۳۵۶/۷۳۹	۱۵۰۱۱۸/۹۱۳	۱۷/۹۸۱	۰/۰۰۰
P(P.P.M)	۳	۱۳۱/۸۵۱	۴۳/۹۵۰	۸/۵۹۳	۰/۰۰۰
O.C.%	۳	۰/۲۴۳	۰/۸۱	۶۷/۹۸۰	۰/۰۰۰
SAR(meq/lit)	۳	۷۵۶۸/۹۳۶	۲۵۲۲/۹۷۹	۲/۹۶۲	۰/۰۴۲

با توجه به جدول ۱ و ۲ نتایج زیر حاصل می‌شود:

۴-۱- نتایج مربوط به مقایسه خصوصیات شیمیایی خاک بین تیمارهای چهارگانه

۴-۱-۱- هدایت الکتریکی

جدول تجزیه‌ی واریانس مربوط به پارامتر هدایت الکتریکی (جدول ۲) در بین گونه‌های آبیاری شده با پساب و نیز مناطق شاهد در جوار هر منطقه نمونه‌برداری نشان داد که تفاوتی معنی‌داری در سطح یک درصد بین نمونه‌ها وجود دارد. اینکه وجود این تفاوت، بین کدام تیمارها (گونه‌های آبیاری شده با پساب و منطقه‌ی شاهد) برقرار است، در جدول ۱ نشان داده شده است. این تفاوت، بین سه گونه‌ی گیاهی آبیاری‌شده با پساب با منطقه‌ی شاهد است و بین سه گونه‌ی گیاهی، هیچ تفاوت معنی‌داری دیده نشد. بیش‌ترین میزان شوری در بین سه گونه‌ی گیاهی، مربوط به گونه‌ی قره‌داغ با شوری ۳۷/۷۰ دسی زیمنس بر متر و کم‌ترین آن مربوط به گونه‌ی تاغ با شوری ۳۰/۳۳ دسی زیمنس بر متر است. منطقه‌ی شاهد نیز با شوری حدود دو برابری (۵۵/۰۱ دسی زیمنس بر متر) نسبت به گونه‌ی تاغ، تفاوت بارز و معنی‌داری را نشان داد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه‌ی موردمطالعه، طرح بوته‌کاری با پساب تصفیه‌خانه‌ی سبزوار باعث کاهش شوری در مناطق آبیاری‌شده و کشت‌شده با گونه‌های شورپسند بیابانی شده است.

۴-۱-۲- اسیدیته

نتایج مربوط میزان میانگین اسیدیته در بین مناطق آبیاری‌شده با پساب و نیز مناطق شاهد نشان داد که بیش‌ترین اسیدیته‌ی مربوط به منطقه‌ی شاهد با اسیدیته‌ی ۷/۹۰ و کم‌ترین آن مربوط به مناطق کشت‌شده با قره‌داغ با اسیدیته‌ی ۷/۶۹ است؛ بنابراین آبیاری با پساب به همراه گونه‌های کشت‌شده در منطقه، باعث کاهش اسیدیته نسبت به منطقه‌ی شاهد شده است. ولی جدول تجزیه‌ی واریانس مربوط به این تغییرات، نشان‌دهنده‌ی عدم تغییرات معنی‌دار بین تمامی مناطق چهارگانه (مناطق کشت‌شده با سه گونه‌ی گیاهی و منطقه‌ی شاهد) است. درمجموع می‌توان گفت، طرح احیای منطقه‌ی موردمطالعه با پساب در میزان اسیدیته تأثیر بارز و معنی‌داری نداشته است.

۴-۱-۳- میزان سدیم

در مورد سدیم، تفاوت‌های زیادی در میانگین سدیم نمونه‌های خاک برداشت‌شده از مناطق چهارگانه دیده شد. این تغییرات بر اساس جدول تجزیه‌ی واریانس، در سطح یک درصد معنی‌دار است. بر اساس جدول میانگین و مقایسه‌ی میانگین، بیش‌ترین میزان سدیم مربوط به منطقه‌ی شاهد با میزان ۴۸۳/۵۸ و کم‌ترین آن مربوط به خاک مناطق کشت‌شده با تاغ به میزان ۲۳۶/۳۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر است که بین این دو منطقه تفاوت معنی‌داری به دست آمد. مناطق آبیاری و کشت‌شده با گونه‌ی آتریپلکس و قره‌داغ، به ترتیب با میزان ۳۰۱/۵۰ و ۳۱۴/۹۹ میلی‌اکی‌والان بر لیتر بعد از گونه‌ی تاغ، کم‌ترین میزان سدیم را نشان دادند. بر اساس جدول مقایسه‌ی میانگین‌ها، بین این دوگونه با هم و نیز با گونه‌ی تاغ و منطقه‌ی شاهد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. درمجموع می‌توان گفت آبیاری با پساب به همراه کاشت گونه‌های تاغ، آتریپلکس و قره‌داغ باعث تغییرات بارزی در منطقه شده و این تغییرات در گونه‌ی تاغ با تفاوت چشم‌گیرتر و در سایر گونه‌های گیاهی با تفاوت کم‌تر نسبت به منطقه‌ی شاهد ارزیابی گردید.

۴-۱-۴- میزان کلر

جدول تجزیه‌ی واریانس مربوط به پارامتر کلر همانند هدایت الکتریکی نشان داد که تفاوتی معنی‌داری بین مناطق احیاشده با پساب با مناطق شاهد در سطح یک درصد وجود دارد. این تفاوت‌ها بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها، بین مناطق کشت‌شده با گونه‌های گیاهی، بدون تفاوت معنی‌دار و بین این مناطق با منطقه‌ی شاهد، تفاوت معنی‌دار به دست آمد. کم‌ترین میزان کلر در بین تیمارهای چهارگانه به ترتیب مربوط به گونه‌ی تاغ، قره‌داغ، آتریپلکس و منطقه‌ی شاهد است؛ بنابراین درمجموع آبیاری منطقه با پساب فاضلاب تصفیه‌خانه‌ی سبزوار باعث تفاوت معنی‌دار در جهت کاهش این پارامتر در منطقه شده است.

۴-۱-۵- نسبت جذب سدیم

وجود تفاوت معنی‌دار در نسبت جذب سدیم، بین مناطق نمونه‌برداری شده در منطقه‌ی موردمطالعه همانند میزان سدیم قابل‌جذب است؛ به گونه‌ای که بین مناطق کشت‌شده با گونه‌ی تاغ با مناطق شاهد، تفاوت معنی‌دار و بین سایر گونه‌ها با گونه‌ی تاغ و نیز با مناطق شاهد، بدون تفاوت معنی‌دار ارزیابی گردید. این تفاوت‌ها در نسبت جذب سدیم نسبت به پارامتر سدیم قابل‌جذب با شدت کم‌تر و در سطح پنج درصد معنی‌دار است که این موضوع در جدول تجزیه‌ی واریانس مربوط به سدیم قابل‌جذب دیده می‌شود. درمجموع، می‌توان گفت آبیاری با پساب باعث تفاوت چشم‌گیر و معنی‌دار در جهت کاهش نسبت جذب سدیم خاک در مناطق آبیارشده با پساب به خصوص به همراه کشت گونه‌ی تاغ، شده است.

۴-۱-۶- میزان کلسیم و منیزیم

در مورد کلسیم و منیزیم، تغییرات زیادی در مناطق چهارگانه‌ی نمونه‌برداری دیده نشد. بر اساس جدول تجزیه‌ی واریانس و جدول مقایسه‌ی میانگین‌ها بین مناطق احیاشده با پساب با هم و بین این مناطق با منطقه‌ی شاهد، تفاوت کم و بدون تفاوت معنی‌دار به دست آمد؛ بنابراین طرح احیای مناطق بوته‌کاری با پساب تأثیر قابل‌توجهی روی کلسیم و منزیم این مناطق نسبت به منطقه شاهد نگذاشته است.

۴-۱-۷- میزان درصد مواد خنثی‌شونده

در نهایت در مورد پارامتر درصد موادخنثی‌شونده همانند پارامترهای کلسیم و منزیم، تفاوت معنی‌داری بین هیچ یک از مناطق آبیاری‌شده با پساب و نیز منطقه‌ی شاهد دیده نشد که این موضوع در جدول تجزیه‌ی واریانس مشهود است. میزان تغییرات این پارامتر در مناطق چهارگانه بسیار کم است و منطقه‌ی احیاشده با پساب، کاهش کمی را نسبت به

منطقه‌ی شاهد نشان داده است. درمجموع، بین خصوصیات شیمیایی، پارامتردرصد مواد خنثی‌شونده به همراه میزان اسیدیته، کلسیم و منزیم تفاوتی معنی‌داری بین مناطق بوته‌کاری با پساب با مناطق شاهد نشان نداد.

۴-۲- نتایج مربوط به مقایسه‌ی حاصلخیزی خاک بین تیمارهای چهارگانه

۴-۲-۱- درصد کربن آلی

جدول تجزیه‌ی واریانس و نیز جدول مقایسه‌ی میانگین مربوط به درصد کربن آلی نشان داد که بین خاک مناطق گونه‌های کشت‌شده در منطقه و نیز بین این مناطق با منطقه‌ی شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. همچنین تفاوت معنی‌دار بین مناطق کشت‌شده با پساب، بین گونه‌ی تاغ با دو گونه‌ی دیگر است. بیش‌ترین درصد کربن آلی مربوط به خاک مناطق کشت‌شده با گیاه تاغ به میزان ۰/۴۲۷ درصد و کم‌ترین آن مربوط به منطقه‌ی شاهد به میزان ۰/۲۳۲ درصد است؛ بنابراین آبیاری با پساب به همراه کشت گونه‌ی تاغ بیش‌ترین تأثیر در افزایش کربن آلی را داشته است و سپس گونه‌های قره‌داغ و آتریپلکس، افزایش کم‌تر، ولی معنی‌دار را نسبت به منطقه‌ی شاهد نشان دادند.

۴-۲-۲- میزان پتاسیم قابل‌جذب

تغییرات مربوط به میزان پتاسیم قابل‌جذب در بین تیمارهای چهارگانه در منطقه‌ی موردمطالعه همانند تغییرات مواد آلی است؛ به گونه‌ای که خاک مناطق کشت‌شده با گونه‌ی تاغ با میزان ۴۹۹/۱۷ میلی اکی‌والان در لیتر، بیش‌ترین افزایش در پتاسیم قابل‌جذب را نسبت به منطقه‌ی شاهد نشان داد. با توجه به جدول تجزیه‌ی واریانس و جدول مقایسه‌ی میانگین‌ها، این افزایش هم نسبت به منطقه‌ی شاهد و هم نسبت به خاک مناطق کشت‌شده با دو گونه‌ی دیگر در سطح یک درصد معنی‌دار است. بعد از گونه‌ی تاغ، مناطق بوته‌کاری با قره‌داغ و آتریپلکس به ترتیب با میزان ۳۳۷/۶۲ و ۳۹۶/۰۲ میلی اکی‌والان در لیتر بیش‌ترین افزایش را در میزان پتاسیم قابل‌جذب نشان دادند که این تفاوت نسبت به منطقه‌ی شاهد در سطح یک درصد معنی‌دار است. درمجموع، آبیاری با پساب به همراه طرح بوته‌کاری تأثیر مثبت در جهت افزایش پتاسیم قابل‌جذب و نیز ماده‌ی آلی خاک داشته که بیش‌ترین تأثیر در گیاه تاغ و سپس مربوط به دوگونه‌ی قره‌داغ و آتریپلکس است.

۴-۲-۳- میزان فسفر قابل‌جذب

تفاوت‌ها در فسفر قابل‌جذب بین مناطق آبیاری‌شده با پساب نسبت به منطقه‌ی شاهد، متفاوت با دو پارامتر قبلی است؛ به گونه‌ای که این تفاوت بین گیاه آتریپلکس با سایر تیمارها است. خاک مناطق بوته‌کاری‌شده با گیاه آتربپلکس بیش‌ترین افزایش را نسبت به منطقه‌ی شاهد نشان داد که این تفاوت با توجه به جدول تجزیه‌ی واریانس و مقایسه‌ی میانگین‌ها، در سطح یک درصد معنی‌دار است. سایر گونه‌ها نیز نسبت به منطقه‌ی شاهد، افزایش کم‌تری را در میزان فسفر قابل‌جذب نشان دادند که این تفاوت معنی‌دار نبوده است؛ بنابراین درمجموع، طرح بوته‌کاری در منطقه با پساب فقط در مورد کشت با گیاه آتریپلکس از منظر فسفر قابل‌جذب تأثیر مثبت و قابل توجه را داشته است.

۵- نتیجه‌گیری

نتایج مربوط به خصوصیات خاک تحت آبیاری با پساب در منطقه‌ی موردمطالعه به همراه بوته‌کاری با گونه‌های شورپسند بیابانی نشان داد که بعد از گذشت حدود ۷-۵ سال از کاشت بوته‌ها، حاصلخیزی خاک افزایش یافته است. به طور کلی حاصلخیزی خاک که شامل عناصر فسفر، ماده‌ی آلی، نیتروژن و پتاسیم می‌باشد، از محدودیت‌های این مناطق به شمار می رود. کمبود درصد پوشش گیاهی به دلیل خشکی منطقه و بالا بودن دمای محیط و تجزیه‌ی سریع مواد آلی از عوامل عمده در ایجاد این محدودیت‌ها هستند. افزایش حاصلخیزی خاک منطقه، شرایط بهبود خاک را فراهم آورده که دلیل این امر مربوط به مواد مغذی همراه پساب و نیز مربوط به کاشت و رشد بوته‌ها بوده است. این تغییرات در مورد

کربن آلی و پتاسیم قابل‌جذب چشم‌گیرتر بوده است. این افزایش چشم‌گیر در مورد مناطق تحت کاشت گونه‌ی تاغ نسبت به سایر گونه‌ها و همچنین منطقه‌ی شاهد بیش‌تر بوده است. از این نظر گونه‌ی تاغ نسبت به دو گونه‌ی دیگر مناسب‌تر ارزیابی گردیده است. در مورد فسفر قابل‌جذب، افزایش آن در مناطق تحت بوته‌کاری توسط گونه‌ی آتریپلکس نسبت به سایر موارد معنی‌دار بوده؛ بنابراین از منظر فسفر قابل‌جذب گونه‌ی آتریپلکس نسبت به سایری موارد برتری داشته است. نتایج این تحقیق با نتایج قنبری و همکارن (۱۳۸۵) و مجیری (۲۰۱۱) همخوانی دارد.

نتایج مربوط به هدایت الکتریکی خاک منطقه نیز نشان‌دهنده‌ی بهبود شرایط خاک در جهت کاهش این پارامتر است. هدایت الکتریکی از خصوصیات بسیار مهم خاک‌ها به شمار می‌رود و نشان دهنده‌ی مجموع املاح محلول در خاک است. هدایت الکتریکی در تحقیق حاضر با تغییرات مقادیر املاح سدیم و کلر خاک همخوانی دارد و سایر املاح از قبیل کلسیم و منزیم تغییراتی را نسبت به منطقه شاهد نشان ندادند. بنابراین کاهش هدایت الکتریکی در منطقه‌ی موردمطالعه متأثر از کاهش کلرید سدیم بوده است که آبیاری منطقه با پساب باعث شست‌وشوی نمک‌ها به اعماق پایین شده است. نتایج این تحقیق با نتایج ابوالحسنی زرجوع و همکاران (۱۳۹۳) و فیضی (۲۰۰۱) مطابقت دارد.

در نهایت، نتایج مربوط به نسبت جذب سدیم نشان‌دهنده‌ی کاهش این پارامتر در منطقه‌ی احیاشده با پساب نسبت به منطقه‌ی شاهد به‌خصوص در مناطق بوته‌کاری با گونه‌ی تاغ شده است. نسبت جذب سدیم بسته به تغییرات کلسیم، منزیم و سدیم خاک قابل تغییر بوده و از عوامل مهم سنجش خاک به حساب می‌آید. افزایش این پارامتر در خاک، تخریب ساختمان و کاهش نفوذپذیری خاک را به دنبال داشته و زمینه‌ی سایر اثرات مخرب خاک را نیز فراهم می‌آورد. در منطقه‌ی موردمطالعه کاهش جذب سدیم با تغییرات میزان سدیم همخوانی داشته و با توجه به عدم تغییرات معنی‌دار کلسیم و منزیم در خاک، نسبت جذب سدیم به کلی متأثر از تغییرات سدیم خاک بوده است؛ بنابراین آبیاری با پساب به همراه کاشت گونه‌های بیابانی در منطقه باعث بهبود شرایط خاک از این نظر نیز شده است که علت آن شست‌وشوی سدیم به اعماق پایینی خاک و در نتیجه کاهش نسبت جدب سدیم است. نتایج این تحقیق با نتایج صالحی (۱۳۸۷) و نتایج ابوالحسنی زرجوع و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت و با نتایج ابراهیمی‌زاده و همکارن (۱۳۸۵) مغایرت دارد.

سایر خصوصیات از جمله اسیدیته، کلسیم، منزیم و درصد مواد خنثی‌شونده تغییرات معنی‌داری را نشان نداد. نتایج تغییرات اسیدیته این تحقیق با نتایج آل عمران و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت و با نتایج مهیدا (۱۹۸۱) که افزایش اسیدیته را گزارش نموده است، مغایرت دارد.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی از تحقیق حاضر می‌توان گفت که آبیاری با پساب سبزوار به همراه کاشت گونه‌های بیابانی شورپسند باعث بهبود شرایط خاک در منطقه شده و در بین گونه‌های بیابانی کشت‌شده در منطقه، گونه‌ی تاغ نسبت به سایر گونه‌های کشت‌شده، بهتر ارزیابی گردیده است. درمجموع، علت برتری گونه‌ی تاغ نسبت به سایر گونه‌ها با توجه به بازدید از منطقه، استقرار اولیه‌ی بیش‌تر به همراه رشد و زنده‌مانی برتر آن در منطقه است که بالتبع توانسته روی خصوصیات خاک منطقه تأثیر گذاشته و باعث بهبود خصوصیات شیمیایی وحاصلخیزی خاک به میزان بیش‌تر نسبت به سایر گونه‌های کشت‌شده شود. از نتایج این تحقیق، می‌توان در طرح‌های بوته‌کاری بعدی در منطقه استفاده‌ی بهینه نمود.

۶- منابع

۱. ابراهیمی‌زاده، محمدعلی، حسن‌لی، علی‌مراد، احمدی‌راد، شهرام (۱۳۸۵). حداقل اثرات زیست‌محیطی پساب فاضلاب شهری بر خاک در کشت ذرت، مجموعه مقالات اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشکده‌ی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران: ایران.

۲. 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، دوره‌ی ۱، شماره‌ی ۱، صص ۲۴-۱۷.

۳. ایستگاه سینوپتیک شهرستان سبزوار (۱۳۹۰). آمار هواشناسی شهرستان سبزوار.

۴. بوستانی، آرمین، انصاری، حسین، اکبرزاده، محمدرضا (۱۳۸۹). تحلیل استفاده از پساب در کشاورزی، معیارها و ارائه‌ی رویکردها، مجموعه مقالات دومین سمینار ملی جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، کاربردها در کشاورزی و فضای سبز، مشهد، ایران.

۵. بهره‌مند، محمدرحیم، افیونی، مجید، حاج‌عباسی، محمدعلی، رضایی‌نژاد، یحیی (۱۳۸۱). اثر لجن فاضلاب بر برخی ویژگی های فیزیکی خاک، مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دوره‌ی ۶، شماره‌ی ۴، صص ۱۰-۱.

۶. دانش، شهناز، علیزاده، امین (۱۳۸۷). کاربرد پساب در کشاورزی، فرصت‌ها و چالش‌ها، مجموعه مقالات اولین سمینار ملی جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۷. رضازاده، سیاوش، غنوی، زهرا (۱۳۸۹). بررسی چالش‌ها و راهکارهای استفاده از فاضلاب خروجی سیستم تصفیه‌ی فاضلاب شهر قزوین در آبیاری باغستان سنتی قزوین، مجموعه مقالات دومین سمینار ملی جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، مشهد، ایران.

۸. روحانی شهرکی، فرزاد، مهدوی، رسول، رضایی، مرضیه (۱۳۸۴). اثر آبیاری با پساب بر برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، مجله‌ی آب و فاضلاب، دوره‌ی ۱۶، شماره ۱ (مسلسل ۵۳)، صص ۲۹-۲۳.

۹. شرکت آب و فاضلاب سبزوار و شرکت مهندسی مشاور کاوش پی، سبزوار (۱۳۹۰). آمار و اطلاعات تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب سبزوار، نشریه‌ی ترویجی سامانه‌ی تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب سبزوار، ۱۰ صفحه.

۱۰. صالحی، آزاده، طبری کوچکسرایی، مسعود، محمدی، جهانگرد، علی عرب، علیرضا (۱۳۸۷). اثر آبیاری با فاضلاب شهری بر خاک و رشد درختان کاج تهران، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، دوره‌ی ۱۶، شماره‌ی ۲، صص ۱۹۶-۱۸۶.

۱۱. عرفانی، علی، حق‌نیا، غلامحسین، علیزاده، امین (۱۳۸۱). تأثیر آبیاری با فاضلاب بر عملکرد و کیفیت کاهو و برخی ویژگی‌های خاک، مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دوره‌ی ۱۶، شماره‌ی ۱، صص ۹۰-۷۹.

۱۲. قنبری، احمد، عابدی کوپایی، جهانگیر، طایی سمیرمی، جواد (۱۳۸۵). اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه‌شده‌ی شهری روی عملکرد و کیفیت گندم و برخی ویژگی های خاک در سیستان، نشریه‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دوره‌ی ۱۰، شماره‌ی ۴، صص ۷۵-۵۹.

۱۳. نظری، محمدعلی، شریعتمداری، حسین، افیونی، مجید، مبلی، مصطفی، رحیلی، شهرام (۱۳۸۵). اثر کاربرد پساب و لجن فاضلاب صنعتی بر غلظت برخی عناصر و عملکرد گندم، جو و ذرت، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دوره‌ی ۱۰، شماره‌ی ۳، صص ۱۰۹-۹۷.

۱۴. وکیلی، بهنام (۱۳۷۴). تصفیه‌ی فاضلاب و استفاده‌ی مجدد آن در کشاورزی. مجله‌ی آب و فاضلاب، شماره‌ی ۴۲، صص ۴۷-۱۶.

15. Abedi Koupai, J., Mostafazadeh fard, B., Afyuni, M., Bagheri, M.R. (2003). Effect of treated wastewater on soil chemical and physical properties in an arid region, Plant Soil and Environ, Volume 52, Number 58, pp 335-344.
16. Asano, T., Levine, A.D. (1996). Wastewater reclamation and resue: Past, present and future, Water Sci. Technol, Volume 33, Number 10-11, pp 1-14.
17. Bahri, A. (1999). Agricultural reuse of wastewater and global water management, Water Sci. and Technol, Volume 40, Number 4-5, pp 339-346.
18. Feizi, M. (2001). Effect of treated wastewater on accumulation of heavy metals in plants and soils, In: ICID In, Workshop on Water Reuse Management
19. Gatta, G., Libutti, A, Gagliardi, A., Beneduce, L., Brusetti, L., Borruso, L., Disciglio, G., Tarantino, E. (2015). Treated agro-industrial wastewater irrigation of tomato crop: Effects on qualitative/quantitative characteristics of production and microbiological properties of the soil, Agricultural Water Management, Volume 149, pp 33-43.
20. Mahida, U.V. (1981). Water pollution and disposal of wastewater on land. New Delhi, Mc Grow-Hill. 323 p.
21. Mojiri, A. (2011). Effects of Municipal Wastewater on Physical and Chemical Properties of Saline Soil, Journal of Biological and Environmental Sciences, Volume5, Number 14, pp 71-76.

22. Monte, H.M., Esousa, M.S. (1992). Effects on crops of irrigation with effluent water, Sci. Technol, Volume 26, Number 7-8, pp 1603-1613.
23. Saber, M.S.M. (1986). Prolonged effect of land disposal of human waste on soil conditions. Water Science and Technology, Volume 18, Number 7-8, pp 371-374.
24. Singh, B.R., Steinnes, E. (1994). Soil and water contamination by heavy metals, PP. 233-271. In: La1, R, Stewarts, B. A. (Eds.), Soil Processes, CRC Press, USA.