نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۲، مهر - آبان ۱۳۹۷، ص. ۸۷۱-۸۶۲

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 12, Oct.-Nov. 2018, p. 862-871

بررسی خصوصیات شیمیایی خاک تحت تأثیر آبیاری با پساب صنعتی تصفیه نشده (مطالعه موردی: تربت‌حیدریه)

یحیی چوپان[۱]، سمیه امامی[۲*]، موسی حسام[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۱۴

چکیده

با توجه به کمبود آب و نیاز روز افزون به منابع آب، استفاده از پساب‌ها امری ضروری به‌نظر می‌رسد. در همین راستا، امروزه انجام تحقیقات منطقه‌ای متعدد در زمینه استفاده از پساب‌ها و تأثیر آبیاری با آن از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. در این تحقیق، تأثیر آبیاری با پساب خام کارخانه قند و تنش‌آبی طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک با استفاده از سه روش آبیاری شامل آب چاه (T_1)، پساب خام کارخانه قند (T_2)، ترکیب آب و پساب (با درصد اختلاط یک به هفت) (T_3) با دو سطح آبیاری کامل (L_1) و اعمال ۷۵٪ تنش آبی (L_2) به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار (R) به‌صورت آزمایشات مزرعه‌ای در اراضی روستای سیوکی شهرستان تربت‌حیدریه بررسی شد. نتایج به‌دست آمده از تحلیل‌های آماری نشان داد تنش‌آبی و نوع آب آبیاری بر یون‌های پتاسیم، فسفر، نیتروژن و شوری در سطح احتمال یک درصد و بر میزان اسیدیته در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر معنی‌دار داشت. بیش‌ترین مقدار یون‌های پتاسیم، فسفر، نیتروژن، شوری و میزان اسیدیته در تیمار T_2L_2 به‌ترتیب با مقدار ۳۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۰/۰۹، ۴/۹ و ۷/۹ و کم‌ترین مقدار یون‌های پتاسیم، فسفر و نیتروژن به‌ترتیب در تیمار T_1L_1 با مقادیر ۱۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۰/۰۴۸، کم‌ترین میزان اسیدیته و شوری نیز به‌ترتیب در تیمارهای T_2L_1 (با مقدار ۷/۲) و T_3L_1 (با مقدار۳/۹) مشاهده شد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که آبیاری با پساب کارخانه قند در شرایط تنش‌آبی تا حدودی باعث بهبود شرایط شیمیایی خاک گردیده و به دلیل اثرات مثبت آن، جهت آبیاری مزراع جو منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پساب، تنش آبی، خواص شیمیایی خاک، کمبود منابع آب

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت، افزایش تقاضای مواد غذایی، کاهش کمیت و کیفیت منابع آب و خاک، خشکسالی‌های پیاپی و از طرفی تولید مضاعف فاضلاب‌های صنعتی و شهری، موجبات لزوم استفاده از پساب تولیدی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک را فراهم نموده است. هر چند امروزه استفاده مجدد از پساب تولیدی به‌عنوان یکی از منابع پایدار در کشاورزی حایز اهمیت است (عابدی کوپایی، ۱۳۸۲)، اما استفاده از این منابع بایستی با در نظر گرفتن یک سری تمهیدات و احتیاط‌هایی همراه باشد. زیرا استفاده از این منابع، دارای پتانسیل آلودگی منابع آب و خاک و محیط‌زیست می‌باشند. منظور از آلودگی، ایجاد تغییرات نامطلوب در مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی منابع اصلی حیات یعنی آب، هوا و خاک به مقداری است که بقاء، سلامت انسان و دیگر موجودات را به خطر انداخته و یا فعالیت آن‌ها را محدود سازد (حاجی رسولی‌ها، ۱۳۸۵).

پساب‌ها بسته به نوع منبع تولید آن نه تنها حاوی عناصر غذایی و مواد آلی بوده، بلکه حاوی عناصر سنگینی هستند که می‌توانند برای مدت طولانی در خاک باقی مانده و با گذشت زمان غلظت آن‌ها در خاک زیاد شود (Selivanovskaya et al., 2001). چنان‌چه حتی قسمتی از فاضلاب‌های صنعتی با فاضلاب شهری ادغام شوند، به نسبت میزان آلودگی و نوع صنعت، ممکن است عناصر و مواد سمی گوناگونی وارد فاضلاب شهری شده و از کیفیت آن برای آبیاری اراضی کاسته گردد. تنها غلظت فلزات سنگین در خاک، برای پیش‌بینی وضعیت جذب آن‌ها توسط گیاه کافی نیست، بلکه در بررسی آلودگی سیستم پیچیده گیاه خاک بایستی به ویژگی‌های شیمیایی خاک، نیز توجه داشت. بنابراین کاربرد فاضلاب در کشاورزی، هر چند باعث ورود عناصرکودی موردنیاز گیاه به خاک می‌گردد، ولی ممکن است برخی مخاطرات بهداشتی را به

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه تبریز
۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*-نویسنده مسئول: Email: somayehemami70@gmail.com)

همراه داشته باشد. به همین دلیل تصفیه مناسب فاضلاب قبل از کاربرد زراعی جهت حصول استانداردهای مرتبط با محیطزیست و سلامت ضروری می‌باشد. میزان تصفیه موردنیاز و کیفیت پساب تولیدی به نوع مصرف، نوع محصول کشت شده، وضعیت خاک، عمق آب زیرزمینی و سیستم آبیاری انتخاب شده بستگی دارد (حسن اوقلی، ۱۳۸۲).

تاکنون در خصوص بررسی استفاده از پساب و فاضلاب در مناطق مختلف (ایران و جهان) بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، مطالعات متعددی صورت گرفته است که در این بخش به چندین مورد اشاره می‌گردد.

آیلو و همکاران تأثیر به‌کارگیری پساب تصفیه‌شده را بر روی خصوصیات خاک با استفاده از آبیاری قطره‌ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که استفاده از پساب موجب افزایش میزان آلودگی میکروبی سطح خاک، کاهش تخلخل و هدایت هیدرولیکی می‌شود (Aiello et al.,2007). نتایج مطالعه حنیفه‌لو و معاضد با عنوان بررسی عملکرد پساب شهری اهواز بر خواص هیدرولیکی خاک نشان دادند ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع و نفوذپذیری لایه سطحی خاک نسبت به آبیاری با آب کارون، به‌طور معنی‌داری افزایش داشته است (حنیفه‌لو و معاضد، ۱۳۸۶).

حیدرپور و همکاران با بررسی اثر استفاده از پساب تصفیه‌شده بر روی خصوصیات شیمیایی خاک از جمله، هدایت الکتریکی، سدیم، کلسیم، منیزیم محلول، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دو نوع آبیاری سطحی و زیرسطحی نتیجه گرفتند استفاده از آبیاری زیرسطحی باعث افزایش هدایت الکتریکی، سدیم و منیزیم محلول در لایه سطحی خاک گردیده است. هرچند، تغییرات مشاهده شده در پارامترهای بافت خاک، چگالی حقیقی، تخلخل و نفوذ آب معنی‌دار نبود (Heidarpour et al., 2007).

زو و همکاران تأثیر بلندمدت (۲۳ ساله) پساب تصفیه‌شده را بر روی خاک‌های کشاورزی بررسی کردند. آن‌ها بیان داشتند که استفاده از پساب موجب کاهش pH و افزایش فلزات سنگین در سطح ۱ درصد شده است (Xu et al., 2010). نتایج تحقیق رضاپور و همکاران با عنوان واکنش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پس از یک دوره طولانی مدت آبیاری با پساب در منطقه نیمه‌خشک نشان داد به‌کارگیری پساب به‌منظور آبیاری باعث افزایش ۸۰ درصدی هدایت هیدرولیکی، ۳۵۰ درصدی کربن آلی، ۱۰۰ درصدی نیتروژن و ۳۰۰ درصدی پتاسیم گردید (Rezapour et al., 2012).کریم‌زاده و همکاران اظهار داشتند که استفاده از پساب در آبیاری موجب کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌گردد. هم‌چنین نشان دادند تأثیر آبیاری با پساب بر میزان کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک درشت‌دانه کم‌تر از خاک ریزدانه می‌باشد. دلیل این امر ناشی از گرفتگی منافذ ریز خاک توسط مواد معلق موجود در پساب در خاک‌های ریزدانه است. هم‌چنین ایشان نتیجه گرفتند در صورت استفاده از پساب با غلظت مواد معلق TSS=60 میلی‌گرم بر لیتر، کاهش K_s حتی در خاک‌های ریزدانه کم‌تر از ۱۰ درصد می‌باشد (کریم زاده و همکاران، ۱۳۹۱).

ساچت و مارچنز نتیجه گرفتند آبیاری در اراضی کشاورزی واقع در مناطق مواجه با تنش و کمبود آب، باعث کاهش فشار بر منابع آب موجود شده و اجازه می‌دهد تا منابع آب با کیفیت جهت مصارف دیگر و توسعه زیر ساخت‌های امنیت و سلامت اختصاص یابد (Schacht and Marschner., 2015). حسن و همکاران پی بردند که استفاده از پساب برای آبیاری یک استراتژی ارزشمند جهت بالا بردن منابع آب در دسترس محسوب می‌شود، اما کیفیت و شرایط این آب می‌تواند چالش‌هایی را در کشاورزی ایجاد نماید (Hasan et al., 2015). خدادادی و همکاران با بررسی اثر آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی (به مدت هشت سال) و آب رودخانه (به مدت بیست سال) بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در زمین‌های کشاورزی منطقه زرین‌شهر لنجان گزارش کردندکه آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی موجب افزایش جرم مخصوص ظاهری و هم‌چنین، باعث کاهش هدایت هیدرولیکی خاک، نفوذپذیری و دو کوهانه شدن منحنی رطوبتی خاک گردیده است (خدادادی و همکاران، ۱۳۹۴).

یزدانی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تأثیر پساب بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پرداختند. در این تحقیق از پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب پرکندآباد مشهد و آب چاه به عنوان شاهد استفاده شد. نتایج مطالعه ایشان نشان داد آبیاری با فاضلاب بر چگالی ظاهری خاک تأثیر گذاشته و مقدار آن را کاهش داد. هم‌چنین با افزایش تعداد آبیاری با پساب فاضلاب، مقدار یون‌های سدیم، فسفر، نیترات و نیکل افزایش یافت. به‌طوری‌که بیش‌ترین افزایش در یون نیترات (۳۸ درصد) و سدیم (۸۴ درصد) مشاهده شد. فرمانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر آبیاری بلندمدت با فاضلاب تصفیه‌شده شهری کرمانشاه را بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک مورد بررسی قرار دادند. به این منظور، خصوصیات خاک شامل هدایت هیدرولیکی اشباع، منحنی مشخصه رطوبتی و نقاط رطوبتی، جرم مخصوص حقیقی و ظاهری و تخلخل خاک در سه لایه تا عمق ۹۰ سانتی‌متری، در قالب طرح تجزیه مرکب دو ساله و آزمایش کرت‌های خرد شده در سه تکرار بررسی شد. نتایج نشان داد تحت تأثیر آبیاری با پساب، جرم مخصوص ظاهری لایه سطحی خاک کاهش و جرم مخصوص حقیقی آن افزایش یافت. هم‌چنین، تخلخل کل خاک در لایه‌های اول و دوم نسبت به تیمار شاهد کم‌تر بود، ولی در لایه ۹۰-۶۰ سانتی‌متری افزایش نشان داد.

با توجه به تفاوت‌های بارز در نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده در خصوص استفاده از پساب‌ها، به دلیل عدم یکسانی در خصوصیات پساب مورد استفاده، آب و هوای منطقه مورد مطالعه، مقدار آبیاری و...

لزوم بررسی‌های موردی در مناطق مختلف دشت مشهد با توجه به کمبود منابع آب و استفاده از منابع آب غیر متعارف (نظیر پساب‌ها) امری ضروری می‌باشد. با توجه به مطالعات صورت گرفته، اکثر تحقیقات به بررسی اثرات فاضلاب تصفیه‌شده بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک پرداخته‌اند. لذا با توجه به این‌که استفاده از پساب در منطقه مورد مطالعه تحقیق حاضر (تربت‌حیدریه)، رواج روز افزونی یافته و اثرات پساب بر خصوصیات شیمیایی خاک منطقه، مورد بررسی قرار نگرفته است، هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر آبیاری با پساب خام کارخانه قند در شرایط تنش‌آبی بر خصوصیات شیمیایی خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری کشت جو رقم یوسف با استفاده از آب‌های نامتعارف می‌باشد.

مواد وروش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در اراضی روستای سیوکی شهرستان تربت‌حیدریه تحت کشت جو رقم یوسف در خاک شنی لومی با اسیدیته ۷/۵، درصد مواد آلی ۰/۰۸۱، شوری ۶/۳ دسی زیمنس بر متر و درصد آهک ۱۸/۷۵ به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. منطقه تربت‌حیدریه به‌دلیل قرار گرفتن در مسیر عبور پساب کارخانه قند و استفاده کشاورزان از این منبع آب نامتعارف جهت کشاورزی انتخاب گردید. در جدول ۱، آنالیز شیمیایی آب، پساب و ترکیب آب و پساب ارایه شده است (لازم به ذکر است در جدول ۱، مجموع کاتیون و آنیون تقریبا برابر بوده و اختلاف نابرابری حدود ۵ درصد دارند که از لحاظ شیمیایی قابل قبول می‌باشد). هم‌چنین زمین مورد استفاده در سال‌های قبل (قبل از سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲) به‌صورت آیش بوده و از نظر میزان مواد آلی و عناصر مورد نیاز گیاه ضعیف ارزیابی گردید.

بر اساس آزمایش خاک، مقدار ۳۰ تن کود حیوانی، ۱۸۰ کیلوگرم کود اوره، ۲۵۰ کیلوگرم کود فسفر و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم برای یک هکتار کشت جو توصیه شده و برای کلیه تیمارها به میزان یکسان جهت حفظ شرایط برابر استفاده شد (جهاد کشاورزی تربت‌حیدریه). آنالیز شیمیایی خاک و تعیین بافت خاک قبل از انجام پژوهش در جدول ۲، ارایه شده است (معیار کشت جو در تحقیق حاضر، انجام این کشت در منطقه به وسعت زیاد بود، از این‌رو، به‌دلیل کشت زیاد و استفاده از پساب جهت آبیاری و حصول نتایج، خاک با ۵۸ درصد شن به کشت جو اختصاص یافت).

تیمارهای مورد استفاده شامل آبیاری با آب معمولی (T_1)، پساب خالص (T_2) و ترکیب آب و پساب (با درصد اختلاط یک به هفت) (T_3)، که در دو سطح بدون تنش آبی (L_1) و با اعمال ۷۵ درصد تنش آبی (L_2) انجام و تیمار T_1L_1 به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. هدایت الکتریکی پساب، آب و ترکیب آب و پساب با استفاده از دستگاه EC متر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. هم‌چنین مقدار نیاز آبی با استفاده از نرم‌افزار NETWAT محاسبه و به‌وسیله کنتور حجمی و دقیق تحویل کرت‌ها شد. سیستم آبیاری مورد استفاده نیز به‌صورت کرتی و فاصله کرت‌ها از هم یک متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۲ متر اختیار گردید. در شکل ۱، جایابی طرح مورد بررسی نشان داده شده است.

نتایج و بحث

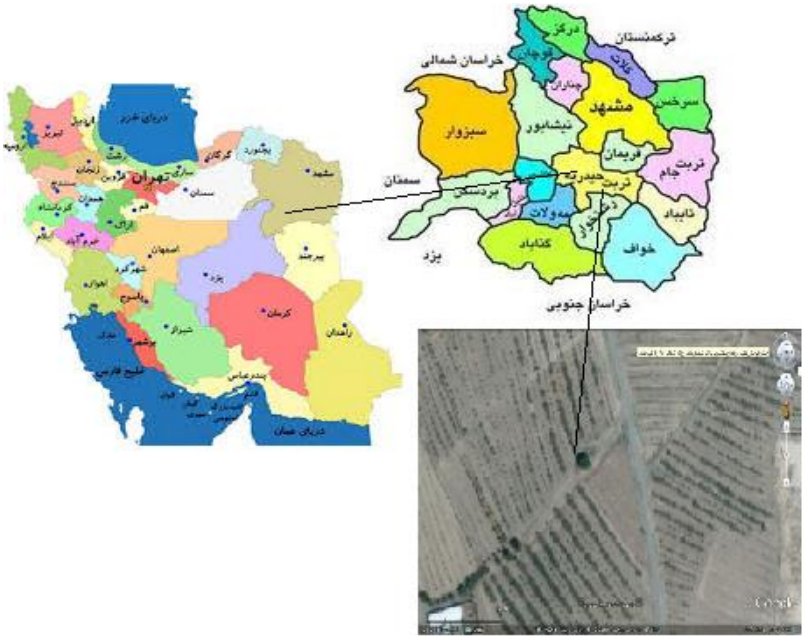
در جدول ۳، نتایج مقایسه میانگین صفات شوری، اسیدیته، فسفر، پتاسیم و نیتروژن تحت تیمارهای آزمایشی ارایه شده است. نتایج حاصله نشان داد که تأثیر تنش‌آبی و نوع آب آبیاری بر یون‌های پتاسیم، فسفر، نیتروژن و شوری در سطح احتمال یک درصد و بر میزان اسیدیته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است.

جدول ۱- آنالیز شیمیایی آب معمولی، پساب و ترکیب آب و پساب (با درصد اختلاط یک به هفت)

نوع آزمایش	واحد	آب معمولی	پساب	ترکیب آب و پساب
هدایت الکتریکی	dS/m	۲/۵	۲۰	۵
اسیدیته	-	۶/۸	۱۲/۱	۱۰/۷
نسبت جذب سدیم	meq/lit	۱۳/۰۴	۸/۴۲	۹/۹۷
کلسیم	meq/lit	۱/۲	۵۸	۱۰
منیزیم	meq/lit	۲/۸	۶۲	۳/۴
سدیم	meq/lit	۱۸/۴	۶۵/۲	۲۵/۷۴
کربنات	meq/lit	۰	۱/۵	۱/۳
بی‌کربنات	meq/lit	۳/۴	۸/۵	۳/۴
کلر	meq/lit	۱۰/۵	۵۷	۳۰/۵
سولفات	meq/lit	۱۰/۸	۱۲۰/۴	۷/۸۳

جدول۲- آنالیز شیمیایی و فیزیکی خاک قبل از انجام تحقیق در عمق (۴۰- ۰) سانتی‌متری از سطح زمین

نوع آزمایش	واحد اندازه‌گیری	نتایج آزمایش
پتاسیم	mg/kg	۱۷۵
فسفر	mg/kg	۵/۳
نیتروژن	٪	۰/۰۱۱
شوری	dS/m	۶/۳
اسیدیته	-	۷/۶
آهک	٪	۱۸/۷۵
مواد آلی	٪	۰/۰۸۱
شن	٪	۵۸
رس	٪	۹
سیلت	٪	۳۳
درصد اشباع	٪	۲۷/۹



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات شوری، اسیدیته، فسفر، پتاسیم و نیتروژن تحت تیمارهای آزمایشی

تیمارهای آزمایشی	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن (٪)	شوری (dS/m)	اسیدیته (-)
T_1L_1 (شاهد)	۱۰۳ d	۹ f	۰/۰۴۸ d	۴/۳ b	۷/۵ c
T_1L_2	۲۲۵/۷ b	۱۴/۲ e	۰/۰۸ b	۴/۱ bc	۷ /۵ c
T_2L_1	۲۰۹/۲ b	۳۹ b	۰/۰۵ d	۴/۲ bc	۷/۲ d
T_2L_2	۳۵۴ a	۴۳ a	۰/۰۹ a	۴/۹ a	۷/۹ a
T_3L_1	۱۶۷/۷ c	۱۹/۲ d	۰/۰۵ d	۳/۹ c	۷/۸۵ ab
T_3L_2	۲۰۵ b	۲۹ c	۰/۰۷ c	۴/۲ b	۷/۶ bc

اعداد با ضرایب مشترک در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری نداشتند.

همچنین نتایج حاکی از آن بود که اثر متقابل تنش‌آبی و نوع آب آبیاری برای یون‌های پتاسیم، نیتروژن، شوری و میزان اسیدیته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی بر یون فسفر فاقد اثر معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ٤- میانگین مربعات صفات مورد بررسی (شوری، اسیدیته، فسفر، پتاسیم و نیتروژن)

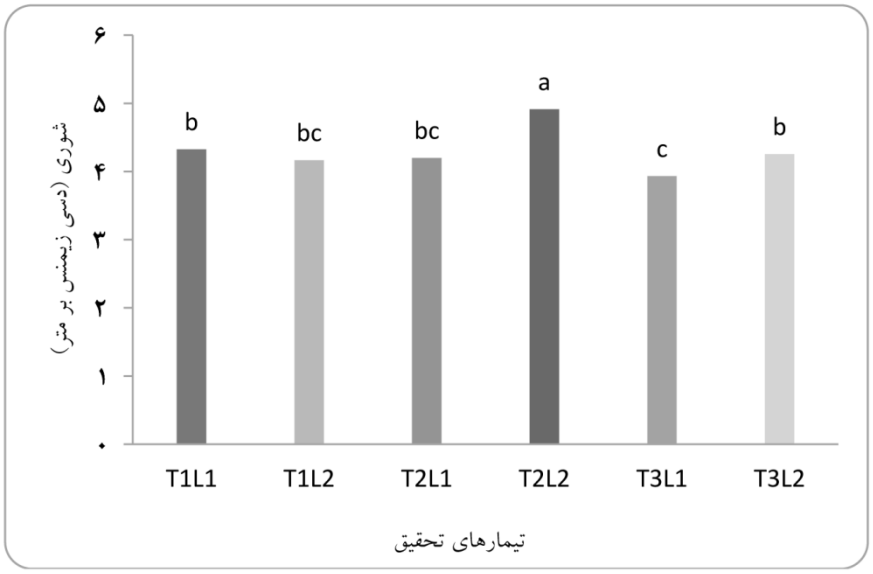
منابع تغییرات	درجه آزادی	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	شوری	اسیدیته
تکرار	۳	۲۷۵/۶	۹۸/۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۳	۰/۵۴
تنش آبی	۱	۶۱۹۱۵**	۲۴۷**	۰/۰۰۵**	۰/۵**	۰/۱۳*
نوع آب آبیاری	۲	۳۱۰۷۲/۲**	۱۷۵۴**	۰/۰۰۰۲**	۰/۴۴**	۰/۱۱*
تنش‌آبی * نوع آب آبیاری	۲	۶۴۵۰/۱**	۱۷/۱۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۲**	۰/۳۸**	۰/۴۸**
خطا	۱۵	۴۹۶۲/۲	۵/۴۵	۰/۰۰۰۴	۰/۶۸	۰/۰۳
ضریب تغییرات	_	۷/۸	۹/۱	۷/۸	۴/۵	۳/۲

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ^{ns} فاقد اختلاف معنی‌دار

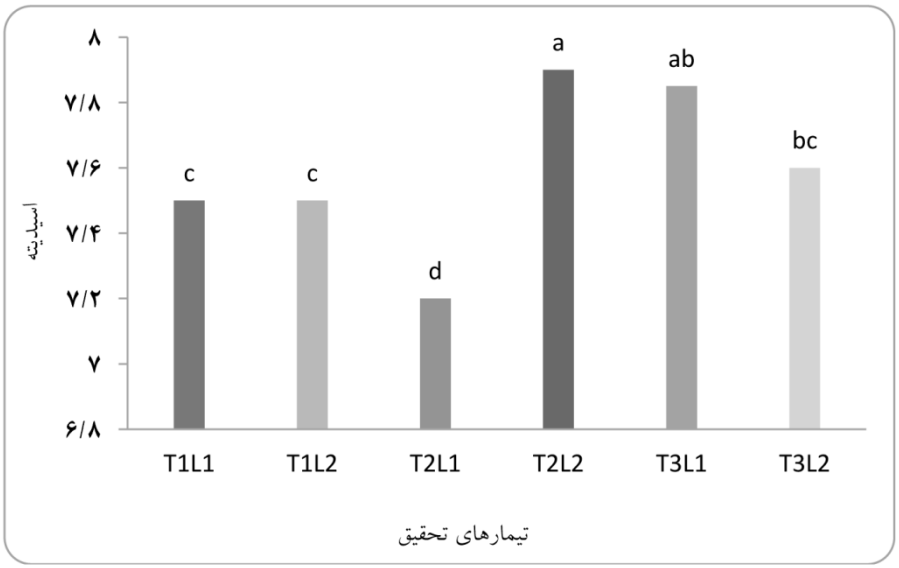
شوری

خاک‌هایی که EC آن‌ها بیش از ۴ds/m باشد، جزو خاک‌های شور طبقه‌بندی می‌شوند. عامل اصلی به‌وجود آمدن شوری عنصر سدیم می‌باشد. نتایج آزمایشات نشان داد تیمارهای دارای پساب (T_2L_1 و T_3L_1) با کاهش شوری همراه بوده که دلیل این امر، می‌تواند به علت جذب عناصر (منیزیم و کلسیم موجود در پساب و ترکیب آب و پساب جایگزین سدیم شده و اثر شوری سدیم را کاهش داده است)، عامل ایجاد شوری در خاک باشد. میزان شوری در تیمارهای دارای تنش‌آبی و پساب (T_2L_2 و T_3L_2) نسبت به تیمارهای بدون تنش (T_2L_1 و T_3L_1) بیش‌تر مشاهده شد. این پدیده را می‌توان به رطوبت کم‌تر تیمارهای تحت تنش‌آبی در اعماق مختلف و ایجاد محیطی شورتر نسبت به تیمارهای بدون تنش نسبت داد. البته بایستی توجه داشت که شوری در تیمارهای تحت مطالعه در یک گروه آماری قرار گرفته و تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نگردید.

بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار شوری به‌ترتیب در تیمارهای T_2L_2 و T_3L_1 با مقادیر ۴/۹ و ۳/۹ دسی زیمنس بر متر به‌دست آمد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج به‌دست آمده از محققین دیگر هم‌چون آقابراتی و همکاران، حسین‌پور و همکاران و شارما و همکاران هم‌خوانی دارد (Aghabarati et al., 2009, Hosseinpour et al., 2009 and Sharma et al., 2007). هم‌چنین نتایج تحقیقات حاجی‌رسولی‌ها و همکاران، نیز نشان داد که آبیاری با پساب باعث شده است که خاک‌های شور و سدیمی، به یک خاک مناسب برای کشاورزی تبدیل شده و این کار باعث افزایش چشم‌گیر مواد آلی، نیتروژن کل و فسفر قابل جذب لایه صفر تا ۴۰ سانتی‌متری خاک گردد (حاجی رسولی‌ها، ۱۳۸۵).



شکل۲- شوری در تیمارهای مورد بررسی



شکل ۳- مقدار اسیدیته در تیمارهای مورد بررسی

اسیدیته

مهم‌ترین نقش اسیدیته خاک کنترل حلالیت عناصر غذایی در خاک می‌باشد. یک خاک را هنگامی می‌توان اسیدی در نظر گرفت که در بخش قابل توجهی از ظرفیت تبادل کاتیونی آن، آلومینیوم و هیدروژن به‌جای یون‌های بازی کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم قرار گرفته باشند (Schumann., 1999). جایگزینی آلومینیوم و هیدروژن به‌جای یون‌های بازی، باعث می‌گردد این یون‌ها از پروفیل خاک شسته شده و به اعماق پایین‌تر حرکت نمایند. خاک‌های اسیدی دارای pH کمتر از ۵/۶ می‌باشند (Cregan., 2006).

با توجه به نتایج آزمایشات انجام شده در این تحقیق، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار اسیدیته در تیمارهای T_2L_2 و T_2L_1 با مقادیر ۷/۹ و ۷/۲ و تیمار شاهد با مقدار ۷/۵ مشاهده گردید (شکل ۳).

با توجه به اسیدیته پساب و ترکیب آب و پساب (جدول ۱) به نظر می‌رسید که تیمارهای حاوی پساب (T_2L_1 و T_3L_1) از اسیدیته بالاتری برخوردار باشند که طبق نتایج حاصله، در این تیمارها میزان اسیدیته بالایی دیده نشد، بلکه در حالت خنثی قرار گرفتند. دلیل این امر، خاصیت بافری خاک می‌باشد. میزان اسیدیته تیمار شاهد نسبت به تیمارهای T_2L_2 و T_2L_1 به‌ترتیب با کاهش ۵ درصدی و افزایش ۲ درصدی مواجه بود.

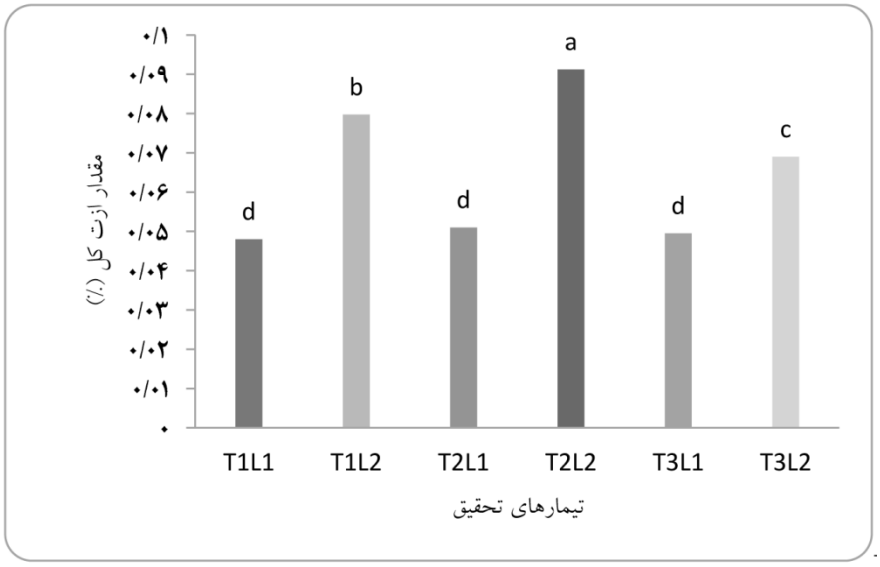
نیتروژن

میزان نیتروژن در خاک‌های زراعی از ۰/۰۶ تا ۰/۵ درصد متغیر است. در تحقیق حاضر، میزان نیتروژن در تیمارهای پساب و ترکیب آب و پساب به‌ترتیب افزایش ۸ درصدی و کاهش ۱۷ درصدی نسبت به تیمار شاهد در شرایط تنش‌آبی نشان داد. این‌گونه می‌توان اظهار نمود که تنش‌آبی سبب افزایش نیتروژن خاک گردیده، در حالی‌که پساب بر نیتروژن خاک تأثیری نداشته است. در شکل ۴، مقدار نیتروژن در تیمارهای مورد بررسی آورده شده است.

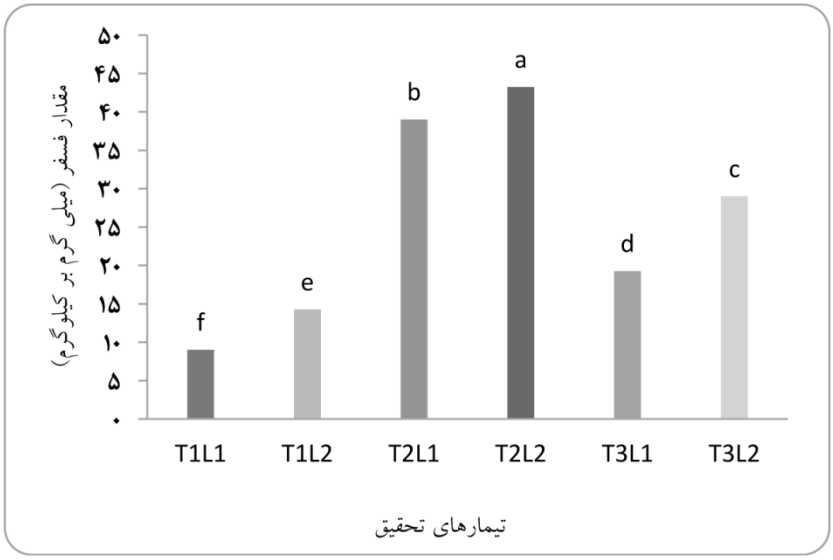
بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار نیتروژن به‌ترتیب در تیمارهای T_2L_2 و T_1L_1 با مقادیر ۰/۰۹ و ۰/۰۴۸ مشاهده گردید. قرار گرفتن تیمارهای بدون تنش‌آبی (T_1L_1، T_2L_1، T_3L_1) در یک گروه آماری، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین آن‌هاست که این عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و تیمارهای T_2L_1 و T_3L_1 می‌تواند به‌دلیل نبود مقدار بالای نیتروژن در پساب باشد. هم‌چنین نتایج حاصل تأثیری از پساب بر مقدار نیتروژن را نشان نداد، در حالی‌که در تیمارهای تحت تنش‌آبی T_1L_2، T_2L_2 و T_3L_2، افزایش چشم‌گیر ۶۶، ۴۰ و ۳۵ درصدی نیتروژن نسبت به تیمارهای T_1L_1، T_2L_1و T_3L_1 مشاهده گردید. این امر می‌تواند به‌دلیل کاهش رطوبت و انحلال نیتروژن در خاک و عدم استفاده آن توسط گیاه باشد (Aghabarati et al., 2009, Hosseinpour et al., 2009and Sharma et al., 2007).

فسفر و پتاسیم

نتایج نشان داد تیمارهای تحت تنش‌آبی T_1L_2، T_2L_2 و T_3L_2 نسبت به تیمارهای بدون تنش T_1L_1، T_2L_1 و T_3L_1 با افزایش فسفر مواجه بوده‌اند و مقدار یون‌های پتاسیم و فسفر خاک تیمارهای تحت مطالعه در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفت (شکل ۵).



شکل ٤- مقدار نیتروژن در تیمارهای مورد بررسی

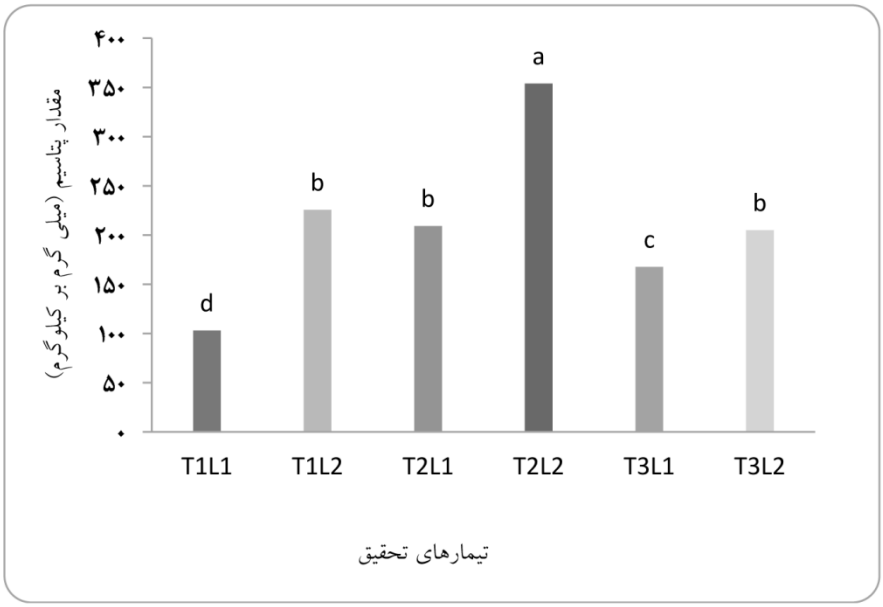


شکل ٥- مقدار فسفر در تیمارهای مورد بررسی

نتایج نشان داد که یون‌های پتاسیم و فسفر در تیمارهای دارای پساب از مقدار بیش‌تری برخوردار بوده و این می‌تواند به‌دلیل وجود مقادیر زیاد عناصر Mg^{2+} و Ca^{2+} در پساب و ترکیب آب و پساب باشد که باعث تجمع این عناصر در خاک شده است (جدول ۱). تجمع عناصر Mg^{2+} و Ca^{2+} در خاک، باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک و رشد گیاه شده، اما موجبات استفاده کم‌تر پتاسیم در واکنش‌های شیمیایی و فعالیت‌های درونی خاک را نیز فراهم می‌نماید. فسفر به‌دلیل داشتن بار منفی، با ایجاد واکنش با عناصر Mg^{2+} و Ca^{2+} موجود در پساب، در خاک تثبیت می‌شود.

با توجه به نتایج حاصل از آزمایشات صورت گرفته مشاهده شد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار یون‌های پتاسیم و فسفر به‌ترتیب در تیمارهای T_2L_2 و T_1L_1 به میزان ۳۵۴ و ۱۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۴۳ و ۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (شکل‌های ۵ و ۶).

در تیمارهای T_2L_1 و T_3L_1، به‌دلیل وجود عناصر Mg^{2+} و Ca^{2+} در پساب باعث افزایش یون پتاسیم در این تیمارها با افزایش ۱۰۳ و ۶۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد شده‌اند. هم‌چنین نتایج حاصله با نتایج محققین دیگر (Aghabarati et al., 2009, Hosseinpour et al., 2009, Sharma et al., 2007 and Jalali et al., 2008) هم‌خوانی دارد.



شکل ٦- مقدار پتاسیم در تیمارهای مورد بررسی

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر به بررسی خصوصیات شیمیایی خاک با استفاده از آبیاری با پساب خام کارخانه قند در شرایط تنش‌آبی در اراضی منطقه تربت‌حیدریه پرداخته شد. نتایج نشان داد کاربرد پساب و تنش‌آبی باعث افزایش مقادیر پتاسیم، فسفر، عدم تغییر شوری و اسیدیته خاک می‌گردد. هم‌چنین اسیدیته آب آبیاری نیز به‌دلیل خاصیت بافری خاک، تأثیری بر اسیدیته خاک نداشت. نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد بیش‌ترین مقادیر یون‌های پتاسیم، فسفر، نیتروژن، شوری و میزان اسیدیته خاک، در شرایط کاربرد همزمان پساب خام و تنش‌آبی به‌دست می‌آید. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت آبیاری با پساب کارخانه قند در شرایط تنش‌آبی، نه تنها بر خصوصیات شیمیایی خاک مزارع منطقه مورد مطالعه اثرات نامطلوب نداشته، بلکه به‌دلیل اثرات مثبتی که ایجاد می‌کند، جهت آبیاری مزارع جو قابل توصیه می‌باشد. در مورد سایر محصولات، بایستی تحقیقات دیگری انجام شده و تأثیرات آن بر خاک و محصول مورد نظر بررسی گردد. در مجموع می‌توان بیان نمود که با توجه به مشکلات کمبود آب در اراضی واقع در مناطق خشک کشور از جمله منطقه تربت‌حیدریه، گزینه استفاده از پساب به‌عنوان یک شیوه جایگزین جهت آبیاری با آب چاه مطرح بوده تا ضمن داشتن توجیهات اقتصادی، در مسایل زیست‌محیطی نیز نقش مثبتی ایفا نماید.

منابع

حاجی‌رسولی‌ها، ش.، امینی،ح.، هودجی م و نجفی،پ. ۱۳۸۵. زیست ردیابی آلودگی هوا و خاک در منطقه اصفهان. نشریه پژوهش در علوم کشاورزی. ۲. ۲: ۳۹-۵۴.

حسن‌اقلی، ا.ر. ۱۳۸۲. استفاده از فاضلاب‌های خانگی و پساب تصفیه‌خانه‌ها در آبیاری محصولات کشاورزی، گزارش پژوهشی نهایی طرح تحقیقاتی مصوب. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۸۳/۸۰۶، ۲۳۱ صفحه.

حسین‌پور،ا.، حق‌نیا،غ.ح.، علیزاده،ا و فتوت،ا. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کیفیت شیمیایی فاضلاب خام و پساب شهری در اثر عبور از ستون‌های خاک، مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۳. ۲۳: ۴۵-۵۶.

حنیفه‌لو،ا و معاضد،ه. ۱۳۸۶. تأثیرات آبیاری با پساب فاضلاب شهر اهواز بر خصوصیات هیدرولیکی خاک، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۲. ۸: ۴۷-۶۲.

خدادای،ن.، قربانی دشتکی،ش و کیانی،ش. ۱۳۹۴. تأثیر کیفیت آب آبیاری بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در اراضی تحت کشت برنج (Oryza Sativa). نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۳،۴: ۱۵-۲۸.

عابدی کوپائی،.افیونی،م.، موسوی،س.ف.، مصطفی‌زاده،ب و باقری،م.ر. ۱۳۸۲. تأثیر آبیاری بارانی و سطحی با پساب تصفیه

شده بر شوری خاک، مجله آب و فاضلاب. ۴۵: ۲-۱۳.

کریم‌زاده،م.، علیزاده،ا و محمدی آریا،م. ۱۳۹۱. اثرات آبیاری با پساب بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، نشریه آب و خاک. ۶ ۲۶: ۱۵۴۷-۱۵۳۳.

فرمانی‌فرد،م.، قمرنیا،ه.، پیرصاحب،م و فتاحی،ن. ۱۳۹۶. تأثیر آبیاری بلند مدت با فاضلاب تصفیه شده شهری کرمانشاه بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک، نشریه علمی-پژوهشی پژوهش آب در کشاورزی. ۳. ۳۱: ۴۹۳-۵۰۸.

یزدانی،و.، قهرمان،ب.، داوری،ک و فاضلی،ا. ۱۳۹۳. تأثیر پساب بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیطزیست. ۱. ۱۶: ۵۴۳-۵۵۸.

Aghabarati, A., Hoseini,S.M., Esmaili,Aand Maralian,H. 2009. Irrigation effect with urban wastewater treatment on physical and chemical properties of soil, the accumulation of nutrients and cadmium in olive trees.Environmental Science Journal. 6: 1-10.

Aiello, R., Cirelli, G.L and Consoli,S. 2007. Effects of reclaimed wastewater irrigation on soil and tomato fruits: A case study in Sicily (Italy). Agricultural water management. 93.1– 2: 65-72.

Cregan, P. 2006. The Acid Soil Problem Defined. New South Wales Department of Agriculture.

Hasan, H.I. Anwar, M., Battikhi,M and Qrunfleh,M.2015. Impacts of Treated WastewaterReuse on Some Soil Properties and Production of Gladiolus Communis.Jordan Journal of Agriculture Science. 11.4: 1103-1118.

Heidarpour, M., Mostafazadeh-Fard,B., Abedi-Koupai,J and Malekian,R. 2007. The effects of treated wastewater on soil chemical propertyes using subsurface and surface irrigation methods.Agricultural Water Management. 90.1- 2: 87-94.

Jalali,M., Merikhpour,H., Kaledhonkar,M.J and Vander-Zee,S.E. 2008. Effects of wastewater irrigation on soil sodicity and nutrient leaching in calcareous soils. Agriculture and Water Management. 95: 143-153.

Rezapour,S., Samadi,A and Khodaverdiloo,H. 2012. Impact of long-term wastewater irrigation on variability of soil attributes along a landscape, semi-arid region of Iran. Environmental Earth Sciences. 67: 1713–1723.

Schacht,K., Marschner,B. 2015.Treated wastewater irrigation effects on soil hydraulicconductivity and aggregate stability of loamy soils in Israel.Journal of Hydrology and Hydromechanic. 63.1: 47–54.

Schumann, B. 1999. The causes of soil acidity.New South Wales Acid Soil Action Program.

Schacht, K., Marschner,B. 2015. Treated wastewater irrigation effects on soil hydraulicconductivity and aggregate stability of loamy soils in Israel.Journal of Hydrology and Hydromechanic. 63.1: 47–54.

Sharma, R., Agrawal,M and Marshall,F. 1999. Heavy metal contamination of soil andvegetables in suburban areas of Varanasi, India.Ecotoxicology and Environmental Safety. 66: 258-266.

Selivanovskaya, S.Y., Latypova,V.Z., Kiyamova,S.N and Alimova,F.K. 2001. Use of microbial parameters to assess treatment methods of municipal sewage sludge applied to grey forest soils of Tatarstan. Agriculture, Ecosystems and Environment. 86: 145-153.

Xu,J., Wu,L., Chang,A.C and Zhang,Y. 2010. Impact of long-term reclaimed wastewater irrigation on agricultural soils: A preliminary assessment. Journal of Hazardous Materials. 183.1-3: 780-786.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 12, Oct.-Nov. 2018, p. 862-871

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۲، مهر - آبان ۱۳۹۷، ص. ۸۷۱-۸۶۲

Study the Effect of Irrigation with Industrial Wastewater on Soil Chemical Properties (Case Study: Torbat-Heydarieh)

Y.Choopan[1], S.Emami[2]*, M.Hesam[3]

Recived: Feb.05, 2018 Accepted: May.05, 2018

Abstract

Due to the scarcity of water and the growing demand for water resources, the use of wastewater is necessary. Therefore, there are numerous regional investigations in the field of wastewater use and the effect of irrigation with it is of great importance. In this study, the effect of industrial waste water on the chemical properties of soil under cultivation of barley in Torbat-Heydarieh was studied. For this purpose, a factorial experiment with a randomized complete block design with four replications (R) was carried out in a field experiment. The treatments in this study were three treatments: well water (T_1), sugar plant wastewater (T_2), water and wastewater (87.5% water and 12.5% wastewater) (T_3) combination with two full irrigation levels (L_1) and 75% water stress (L_2). The results showed that water stress and type of irrigation water had a significant effect on potassium, phosphorus, total nitrogen and salinity at 1% probability level and on acidity at 5% probability level. The highest amount of potassium, phosphorus, total nitrogen, salinity and acidity in T_2L_2 treatment, the lowest amount of potassium, phosphorus and total nitrogen in T_3L_1 treatment and the lowest acidity in T_2L_1 treatment with 7.2 was observed. The overall result of the research is that the irrigation with the sugarcane factory sewage in a water stress condition not only has no adverse effects on the chemical properties of the soils of the studied areas, but because of the positive effects, it is recommended to irrigate the barley grazing area with this water resource.

Keywords: Soil Chemical Properties, Wastewater, Water Resource Scarcity, Water Stress.

1-Ph.D. Candidate of Water Engineering Department of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2-Ph.D. Candidate of Water Engineering Department of Tabriz University
3-Associate Professor of Water Engineering Department of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
(*-Corresponding Author Email: somayehemami70@gmail.com)