

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

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 به نظر 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 تنش آبی طی سال 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) به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار (R) به صورت آزمایشات مزرعه‌ای در اراضی روستای سیوکی شهرستان تربت حیدریه بررسی شد. نتایج به‌دست آمده از تحلیل‌های آماری نشان داد تنش آبی 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 داشته است. بیش‌ترین مقدار یون‌های پتاسیم، فسفر، نیتروژن، شوری و میزان اسیدیته در تیمار T_2L_2 به ترتیب با مقدار ۳۵۴ کیلوگرم و ۷/۹ و کم‌ترین مقدار یون‌های پتاسیم، فسفر، نیتروژن و میزان اسیدیته به ترتیب در تیمارهای T_3L_1 (با مقدار ۱۰۳ کیلوگرم) و T_2L_1 (با مقدار ۷/۲) مشاهده شد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که آبیاری با پساب کارخانه قند در شرایط تنش آبی تا حدودی باعث بهبود شرایط شیمیایی خاک گردید و به دلیل اثرات مثبت آن، جهت آبیاری مزارع جو منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود.

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

مقدمه

فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی منابع اصلی حیات یعنی آب، هوا و خاک به مقداری است که بقا، سلامت انسان و دیگر موجودات را به خطر انداخته و یا فعالیت آن‌ها را محدود سازد (Haj-Rasouliha et al, 2006).

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 عناصر کودی مورد نیاز گیاه به خاک می‌گردد، لیکن ممکن است برخی مخاطرات به‌داشتی

رشد روزافزون جمعیت، افزایش تقاضای مواد غذایی، کاهش کمیت و کیفیت منابع آب و خاک، خشکسالی‌های پیاپی و از طرفی تولید مضاعف فاضلاب‌های تولیدی، موجبات لزوم استفاده از پساب تولیدی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک را فراهم نموده است. هر چند امروزه استفاده مجدد از پساب تولیدی به عنوان یکی از منابع پایدار در کشاورزی حائز اهمیت می‌باشد (Abedi-Kouhpaei, 2005). 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

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)

ریز خاک توسط مواد معلق موجود در پساب در خاک‌های ریزدانه است. همچنین وی نتیجه گرفت 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.

ساچت و مارچنز (۲۰۱۵)، نتیجه گرفتند آبیاری در کشاورزی 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.

حسن و همکاران (۲۰۱۵)، پی بردند که استفاده از پساب برای آبیاری یک استراتژی ارزشمند جهت بالابردن منابع آب در دسترس محسوب می‌شود، اما کیفیت و شرایط این آب می‌تواند چالش‌هایی را در کشاورزی ایجاد نماید.

خدادادی و همکاران (۱۳۹۴)، با بررسی اثر آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی (به مدت هشت سال) و آب رودخانه (بیست سال) بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در زمین‌های کشاورزی منطقه زرین‌شهر لجان گزارش کردند که آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی موجب افزایش جرم مخصوص ظاهری و همچنین، باعث کاهش هدایت هیدرولیکی خاک، نفوذپذیری و دوکوهانه شدن منحنی رطوبتی خاک گردیده است.

یزدانی و همکاران (۱۳۹۳)، به بررسی تأثیر پساب بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پرداختند. در این تحقیق از پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب پرکن‌آباد مشهد و آب چاه به عنوان شاهد استفاده شد. نتایج مطالعه ایشان نشان داد آبیاری با فاضلاب بر چگالی ظاهری خاک تأثیر گذاشت و مقدار آن را کاهش داد. همچنین با افزایش تعداد آبیاری با پساب فاضلاب، مقدار یون‌های سدیم، فسفر، نترات و نیکل افزایش یافت به طوری که بیش‌ترین افزایش در یون نترات (۳۸ درصد) و سدیم (۸۴ درصد) مشاهده شد.

فرمانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۶)، تأثیر آبیاری بلند مدت با فاضلاب تصفیه شده شهری کرمانشاه بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک را 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...

رابه همراه داشته باشد. به همین دلیل تصفیه مناسب فاضلاب قبل از کاربرد زراعی جهت حصول استانداردهای مرتبط با محیط‌زیست و سلامتی ضرورت می‌یابد. میزان تصفیه مورد نیاز و کیفیت پساب تولیدی به نوع مصرف، نوع محصول کشت شده، وضعیت خاک، عمق آب زیرزمینی و سیستم آبیاری انتخاب شده بستگی دارد (Hassanoghli, 2004).

تاکنون در خصوص بررسی پساب و فاضلاب 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:

ایلو و همکاران (۲۰۰۷) 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. نتایج مطالعه حنیفلو و معاضد (۲۰۰۷) با عنوان بررسی عملکرد پساب شهری اهواز بر خواص هیدرولیکی خاک نشان داد ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع و نفوذپذیری لایه سطحی خاک نسبت به آبیاری با آب کارون، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

حیدرپور و همکاران (۲۰۰۷) 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 هرچند، تغییرات مشاهده شده در پارامترهای بافت خاک، چگالی حقیقی، تخلخل و نفوذ آب معنی‌دار نبود.

زو و همکاران (۲۰۱۰)، تأثیر بلند مدت (۲۳ ساله) پساب تصفیه شده را بر روی خاک‌های کشاورزی بررسی کردند. آن‌ها بیان داشتند که استفاده از پساب موجب کاهش pH و افزایش فلزات سنگین در سطح ۱۰ درصد شده است.

نتایج تحقیق رضاپور و همکاران (۲۰۱۲) 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 کربن‌آلی، ۱۰۰ درصدی نیتروژن و ۳۰۰ درصدی پتاسیم گردید. کریم‌زاده و همکاران (۲۰۱۲)، اظهار داشتند که استفاده از پساب در آبیاری موجب کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌گردد.

کریم‌زاده (۲۰۱۲)، در نتایج پژوهشی خود نشان داد 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

لزام بررسی‌های موردی در مناطق مختلف دشت مشهد با توجه به کمبود منابع آب، استفاده از منابع آب غیر متعارف (نظیر پساب‌ها) امری ضروری می‌باشد.

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
بی کربنات	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

یک هکتار کشت جو توصیه شده و برای کلیه تیمارها به میزان یکسان جهت حفظ شرایط برابر استفاده شد (جهاد کشاورزی تربت حیدریه). آنالیز شیمیایی خاک و تعیین بافت خاک قبل از انجام پژوهش در جدول ۲، ارائه شده است (معیار کشت جو در تحقیق حاضر، انجام این کشت در منطقه به وسعت زیاد بود، از این رو، به دلیل 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 به عنوان 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 به وسیله کنتور حجمی و دقیق تحویل کرت‌ها شد. سیستم آبیاری مورد استفاده نیز به صورت 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 ارائه شده است. نتایج حاصله نشان داد که تأثیر تنش آبی 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.

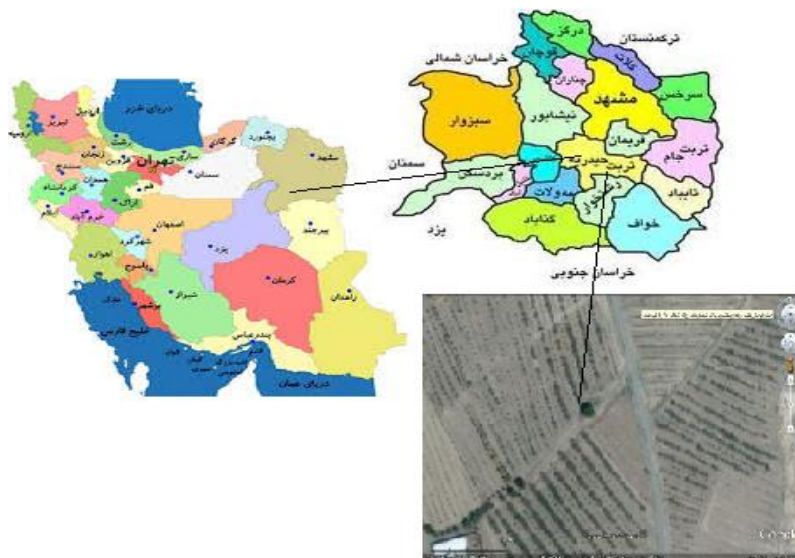
با توجه به مطالعات صورت گرفته، اکثر تحقیقات به بررسی اثرات فاضلاب تصفیه شده بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک پرداخته‌اند، با توجه به این که استفاده از پساب در منطقه مورد مطالعه تحقیق حاضر (تربت حیدریه)، رواج روز افزونی یافته و اثرات پساب بر خصوصیات شیمیایی خاک منطقه، مورد بررسی قرار نگرفته است، لذا هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر آبیاری با پساب خام کارخانه قند در شرایط تنش آبی بر خصوصیات شیمیایی خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری محصول کشت جو رقم یوسف با استفاده از این نوع آب‌های نامتعارف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در اراضی روستای سیوکی شهرستان تربت حیدریه تحت کشت جو رقم یوسف در یک خاک شنی لومی با اسیدیته ۷/۵، درصد مواد آلی ۰/۰۸۱، شوری ۶/۳ دسی‌زیمنس بر متر و درصد آهک ۱۸/۷۵ در قالب طرح فاکتوریل بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. منطقه تربت حیدریه به دلیل 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 ارائه شده است (لازم به ذکر است در جدول ۱، مجموع کاتیون و آنیون تقریباً 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 ۹۳-۱۳۹۲) به صورت 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

جدول ۲- آنالیز شیمیایی و فیزیکی خاک قبل از انجام تحقیق در عمق (۰-۴۰) سانتی متری از سطح زمین

نوع آزمایش	واحد اندازه گیری	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 (-)
T1L1 (شاهد)	۱۰۳ d	۹ f	۰/۴۸ d	۴/۳ b	۷/۵ c
T1L2	۲۲۵/۷ b	۱۴/۲ e	۰/۰۸ b	۴/۱bc	۷/۵ c
T2L1	۲۰۹/۲ b	۳۹ b	۰/۰۵ d	۴/۲bc	۷/۲ d
T2L2	۳۵۴ a	۴۳ a	۰/۰۹ a	۴/۹ a	۷/۹ a
T3L1	۱۶۷/۷ c	۱۹/۲ d	۰/۰۵ d	۳/۹ c	۷/۸۵ ab
T3L2	۲۰۵ b	۲۹ c	۰/۰۷ c	۴/۲ b	۷/۶bc

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

معنی دار بود (جدول ۴).

همچنین نتایج حاکی از آن بود که اثر متقابل تنش آبی و نوع آب آبیاری برای یون های پتاسیم، نیتروژن، شوری و میزان اسیدیته در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، ولی بر یون فسفر فاقد اثر

جدول ۴- 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	۰/۰۰۰۲	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*
تنش آبی * 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

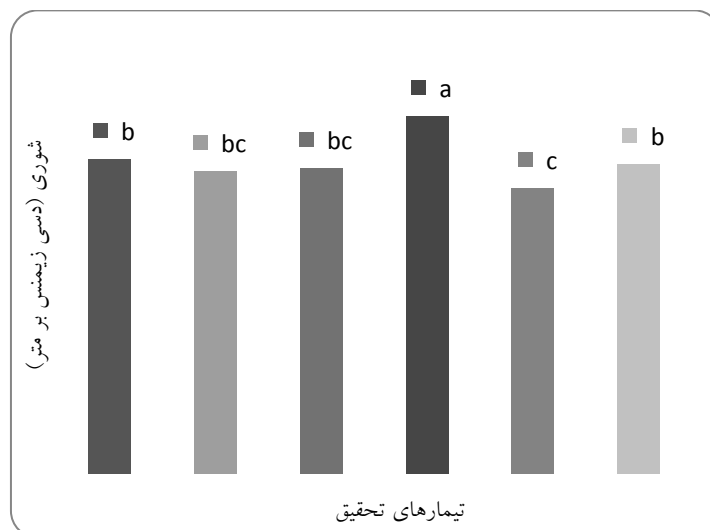
** معنی دار در سطح ۰/۰۱، * معنی دار در سطح ۰/۰۵، ^{ns} فاقد اختلاف معنی دار

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_3L_1 و T_2L_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 تنش آبی و پساب (T_3L_2 و T_2L_2) نسبت به تیمارهای بدون تنش (T_3L_1 و T_2L_1) بیش‌تر مشاهده شد. این پدیده را می‌توان به رطوبت کم‌تر تیمارهای تحت تنش آبی 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 به ترتیب در تیمارهای T_2L_2 و T_3L_1 با مقادیر ۴/۹ و ۳/۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج به‌دست آمده از محققان دیگر همچون آقابرانی و همکاران (۱۳۸۸)، حسین‌پور و همکاران (۱۳۸۶) و چارما و همکاران (۲۰۰۷) هم‌خوانی دارد. هم‌چنین نتایج تحقیقات صفری‌سنجانی و حاجی‌رسولی‌ها (۲۰۰۱)، 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.



شکل ۲- شوری در تیمارهای مورد بررسی

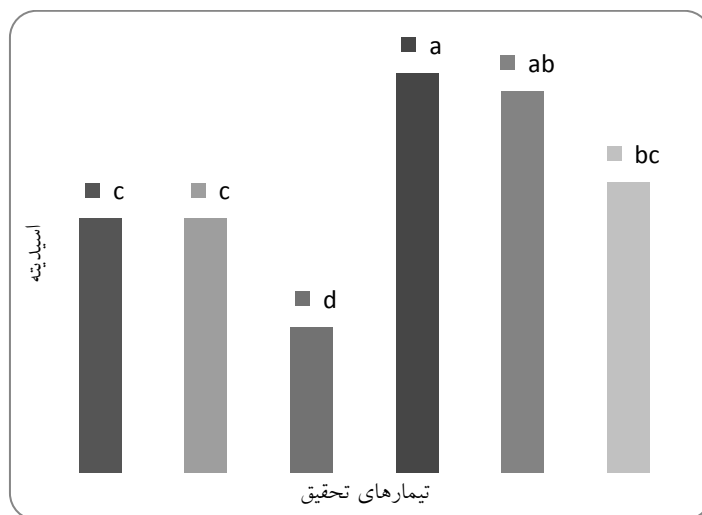
اسیدیته

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

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_1 و T_2L_2 با مقادیر ۷/۹ و ۷/۲ و تیمار شاهد با مقدار ۷/۵ مشاهده گردید (شکل ۳).

هیدروژن به‌جای یون‌های بازی کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم قرار گرفته‌اند (Schumann, 1999). جایگزینی آلومینیوم و هیدروژن به‌جای یون‌ها، باعث می‌گردد این یون‌ها از پروفیل خاک شسته شده و به اعماق پایین‌تر حرکت نمایند. خاک‌های اسیدی دارای pH کم‌تر

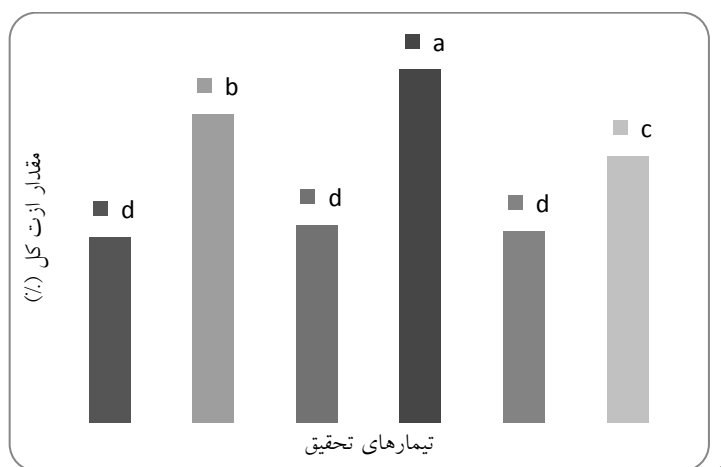


شکل ۳- مقدار اسیدیته در تیمارهای مورد بررسی

نیترژن

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

با توجه به اسیدیته پساب و ترکیب آب پساب (جدول ۱) به نظر می‌رسد 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_1 و T_2L_2 به‌ترتیب با کاهش ۵ درصد و افزایش ۲ درصد مواجه بود.



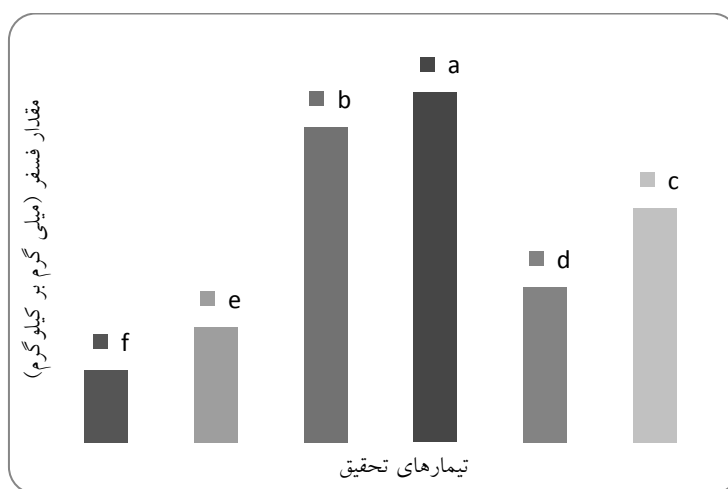
شکل ۴- مقدار نیترژن در تیمارهای مورد بررسی

انحلال نیتروژن در خاک و عدم استفاده آن توسط گیاه باشد (آقابرانی و همکاران، ۱۳۸۸، حسین پور و همکاران، ۱۳۸۶ و شارما و همکاران، ۲۰۰۷).

فسفر و پتاسیم

نتایج نشان داد تیمارهای تحت تنش آبی 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).

بیشترین و کمترین مقدار نیتروژن به ترتیب در تیمارهای T_2L_2 و T_1L_1 با مقادیر ۰/۰۹ و ۰/۰۴۸ مشاهده گردید. قرار گرفتن تیمارهای بدون تنش آبی (T_3L_1 ، T_2L_1 ، T_1L_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 به دلیل نبود مقدار بالای نیتروژن در پساب باشد. هم‌چنین نتایج حاصل تأثیری از پساب بر مقدار نیتروژن را نشان نداد، در حالی که در تیمارهای تحت تنش آبی T_1L_2 ، T_2L_2 و T_3L_2 ، افزایش چشم‌گیر ۳۵ و ۴۰ و ۶۶ درصدی نیتروژن نسبت به تیمارهای T_1L_1 ، T_2L_1 و T_3L_1 مشاهده گردید. این امر می‌تواند به دلیل کاهش رطوبت و



شکل ۵- مقدار فسفر در تیمارهای مورد بررسی

محققین (آقابرانی و همکاران، ۱۳۸۸، حسین پور و همکاران، ۱۳۸۶، شارما و همکاران، ۲۰۰۷ و جلالی و همکاران، ۲۰۰۸) هم‌خوانی دارد.

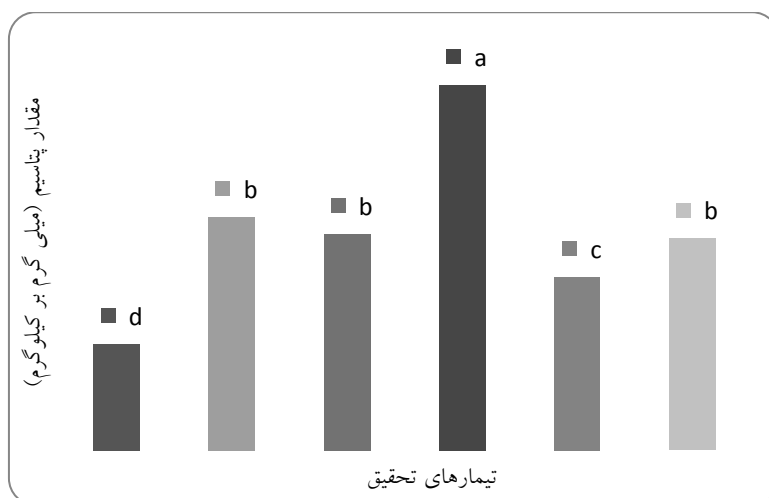
نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر به بررسی خصوصیات شیمیایی خاک با استفاده از آبیاری با پساب خام کارخانه قند در شرایط تنش آبی در اراضی منطقه تربت‌حیدریه پرداخته شد. نتایج نشان داد کاربرد پساب و تنش آبی باعث افزایش مقادیر پتاسیم و فسفر و عدم تغییر شوری و اسیدیته خاک می‌گردد. هم‌چنین اسیدیته آب آبیاری نیز به دلیل خاصیت بافزی 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 تنش آبی به‌دست می‌آید.

نتایج نشان داد که یون‌های پتاسیم و فسفر در تیمارهای دارای پساب از مقدار بیش‌تری برخوردار بوده و این می‌تواند به دلیل وجود مقادیر زیاد عناصر $Mg+$ و Ca در پساب و ترکیب آب و پساب باشد که باعث تجمع این عناصر در خاک شده است (جدول ۱). تجمع عناصر Mg و Ca 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 به دلیل داشتن بار منفی، با ایجاد واکنش با عناصر Mg و Ca 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 به ترتیب در تیمارهای T_2L_2 و T_1L_1 به میزان ۳۵۴ و ۱۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (شکل‌های ۵ و ۶).

در تیمارهای T_2L_1 و T_3L_1 به دلیل وجود این عنصر 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



شکل ۶- مقدار پتاسیم در تیمارهای مورد بررسی

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

Farmanifard, M., Ghamarnia, H., Pirsahab, M and Fatahi, N. 2017. Effect of long-term irrigation with refined urban wastewater from Kermanshah on some physical properties of soil. *Water Research in agriculture*. 31(3): 493-508. (In Persian)

Khodadadi, N., Ghorbani Dashtaki, Sh and Kiani, Sh. 2015. Effect of irrigation water quality on some physical properties of soil in rice cultivated land. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*. 4(3): 15-28. (In Persian)

Haj-Rasouliha, Sh., Amini, H., Houdji, M and Najafi, P. 2006. Biodetection of air and soil pollution in Esfahan region. *Journal of research in agricultural science*. 2: 39-54. (In Persian)

Hasan, H. I., Anwar, M., Battikhi, M and Qrunfleh, M. 2015. Impacts of Treated Wastewater Reuse on Some Soil Properties and Production of *Gladiolus Communis*. *Jordan Journal of Agriculture Science*. 11(4): 1103-1118.

Hanifehlou, A and Moazed, H. 2007. Effects of Ahwaz treated municipal wastewater application on hydraulic characteristics of soil. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 8(2): 47-62. (In Persian)

Hassanoghli, A. 2004. Use of raw and treated domestic wastewater for irrigation of agricultural crops. Final research report, Agricultural Engineering Research Institute (AERI). 83: 806, 231 pages.

Heidarpour, M., Mostafazadeh-Fard, B., Abedi-Koupai, J and Malekian, R. 2007. The effects of treated wastewater on soil chemical properties using subsurface and surface irrigation methods. *Agricultural Water Management*. 90(1- 2): 87-94.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت آبیاری با پساب کارخانه قند در شرایط تنش آبی، نه تنها بر خصوصیات شیمیایی خاک مزارع منطقه مورد مطالعه اثرات نامطلوب نداشته، بلکه به دلیل اثرات مثبت 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 مناطق خشک کشور از جمله منطقه تربت حیدریه، گزینه استفاده از پساب به عنوان یک شیوه جایگزین جهت آبیاری با آب چاه مطرح بوده تا ضمن داشتن توجیحات اقتصادی، در مسائل زیست‌محیطی نیز نقش مثبتی ایفا نماید.

منابع

Abedi-Kouhpaei, M., Afiouni, J., Mousawi, F., Mostafazadeh, B and Bagheri, M. 2005. The effect of sprinkler and surface irrigation with treated wastewater on soil salinity. *Water and wastewater journal*, 45: 2-12. (In Persian)

Agh-Barati, A., Hoseini, S. M., Esmaili, A and 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.

DOI: 10.1515/johh-2015-0010.

Schumann, B. 2007. The causes of soil acidity. New South Wales Acid Soil Action Program.

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

Selivanovskaya, Syu., 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.

Yazdani, V., Ghahrman, B., Davari, K and Fazeli, E. 2014. Effect of wastewater on physical and chemical properties of soil. *Environmental Science and Technology*. 16: 473-485.

<http://areo.ir/>

Hosinpour, A., Haghnia, Q. H., Alizadeh, A and Fotowwat, A. 2007. The irrigation effect of raw and refined sewage on soil chemical properties in various depths in both continuous and alternative conditions. *Irrigation and drainage journal*. 1(2): 73-85.

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

Karimzadeh, M., Alizadeh, A and Mohammadi-Aria, M. 2012. The effects of irrigation with wastewater on soil saturation hydraulics conductivity. *Water and soil journal*, 6: 1547-1553.

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 hydraulic conductivity and aggregate stability of loamy soils in Israel. *Journal of Hydrology and Hydromechanic*. 63(1): 47-54.

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

Y. Choopan¹, S. Emami^{2*}, M. Hesam³

Received: Feb.5, 2018

Accepted: May.04, 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: Wastewater, Water Stress, Soil Chemical Properties, Water Resource Scarcity

1- Ph.D. Candidate of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

2- Ph.D. Student of hydraulic Structures, Department of Water Science and Engineering, University of Tabriz

3- Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

(* - Corresponding Author Email: somayhemami70@gmail.com)