بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف استفاده از پساب شهری در آب آبیاری بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

علیرضا عامری[۱] و نجمه یزدان پناه[۲*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

۲- مرکز تحقیقات ایمن سازی مواد غذایی و کشاورزی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

*** ایمیل نویسنده مسئول:** nyazdanpanah@iauk.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۵/۱۵- تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/٦/۳۰)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات استفاده از ترکیب‌های مختلف پساب و آب چاه با رویکرد استفاده از آب‌های نامتعارف بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد. به این منظور، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه فاکتور اجرا شد. فاکتور اول ترکیب نسبت پساب با آب چاه بود که در ۵ سطح شامل سطح اول: ۱۰۰٪ آب چاه، سطح دوم: ۷۵٪ آب چاه و ۲۵٪ پساب، سطح سوم ۵۰٪ آب چاه و ۵۰٪ پساب، سطح چهارم ۲۵٪ آب چاه و ۷۵٪ پساب و سطح پنجم: ۱۰۰٪ پساب)، فاکتور دوم شامل دو عمق خاک (۰-۳۰ و ۳۰-٦۰ سانتی‌متر) و فاکتور سوم شامل مدت زمان آبیاری در ۵ سطح (صفر، ۱، ۲، ۳ و ٤ ماه) بود. نتایج نشان داد که شوری، pH و کربن آلی خاک با افزایش مدت زمان آبیاری افزایش یافت. بیشترین افزایش شوری، بعد از ٤ ماه و در تیمار ۱۰۰٪ پساب با حدود ۳۷ درصد افزایش نسبت به تیمار ۱۰۰٪ آب چاه مشاهده شد. میزان کربن آلی در ترکیب‌های سطوح چهارم و پنجم در لایه سطحی نسبت به لایه زیرسطحی حدود ٦۰ درصد افزایش نشان داد. با این وجود، مصرف پساب در مقایسه با آب چاه هدایت هیدرولیکی اشباع را بهبود بخشید، به‌طوریکه میزان آن در تیمار ۱۰۰٪ پساب، در عمق سطحی و زیرسطحی به‌ترتیب ۷٦/۷ و ۸۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از پساب تصفیه‌شده فاضلاب به‌عنوان یکی از منابع آبی نامتعارف به رغم افزایش شوری خاک، می‌تواند باعث افزایش ذخیره کربن آلی و در نتیجه بهبود وضعیت نفوذپذیری خاک شود.

واژه‌های کلیدی: هدایت هیدرولیکی، شوری، کربن آلی خاک، نفوذپذیری خاک، آبیاری

مقدمه

رشد جمعیت شهر از سویی و بالا رفتن سطح بهداشت از سوی دیگر میزان مصرف آب را افزایش داده است مصرف بالای آب، افزایش میزان فاضلاب را به همراه خواهد داشت. رهاسازی فاضلاب خام در طبیعت باعث آلوده کردن محیط زیست شده و تاثیر بدی در کیفیت جریانات سطحی و زیرزمینی

می‌گذارد و آن‌ها را به شدت آلوده می‌کند (Abedi *et al.*, 2003). تصفیه فاضلاب شهرها ضمن حفظ محیط زیست باعث بهره‌برداری از فاضلاب و استحصال آب مصرف شده می‌شود خصوصاً در آبیاری مزارع کشاورزی این موضوع یک ضرورت اجتناب ناپذیر است. هم اکنون در نقاطی از جهان و از جمله ایران فاضلاب‌های شهری به صورت مستقیم و غیرمستقیم در مزارع مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از پساب مخصوصاً در شهرهای حاشیه کویر مرکزی ایران نظیر کرمان که در مناطق نسبتا خشک با بارندگی متوسط کمتر از ۱۵۰ میلیمتر در سال واقع شده‌اند، می‌تواند بسیار مفید باشد. در این مناطق آب مورد نیاز جهت مصارف خانگی عمدتاً از منابع آب زیرزمینی برداشت و پس از تصفیه در شبکه آب شهری توزیع می‌گردد (Ghanbari *et al.*, 2007). این آب‌ها پس از استفاده، وارد سیستم‌های سنتی فاضلاب که همان چاه‌های جذبی هستند، شده و مجددا به سفره‌های آب زیرزمینی که ممکن است مورد استفاده باشند بر می‌گردد. با توجه به اینکه چرخه فاضلاب به این ترتیب می‌تواند باعث افزایش آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی مورد استفاده گردد، لذا در سال‌های اخیر طرح‌های جمع‌آوری، تصفیه و خروج این آب‌ها به خارج از محدوده‌های شهری در حال اجرا می‌باشد. برخی معتقدند اگر آلودگی شیمیایی و میکروبی این فاضلاب‌ها مشکلاتی را در جهت ایجاد آلودگی خاک‌های کشاورزی بوجود نیاورند، می‌توان از آن‌ها برای کشاورزی استفاده نمود. (Alizadeh, 2001).

از مهمترین ویژگی‌های خاک که در اثر آبیاری با فاضلاب دستخوش تغییرات می‌گردد هدایت هیدرولیکی و شدت نفوذ پذیری نهایی خاک است. (Mathan, 1994) مطالعاتی در مورد تاثیر طولانی مدت آبیاری با فاضلاب بر روی ضریب هدایت آبی خاک انجام داد و دریافت که ضریب هدایت هیدرولیکی خاک آبیاری شده به مدت ۱۰ و ۱۵ سال با فاضلاب به ترتیب ۴۹ و۸۱ درصد نسبت به خاک آبیاری شده با آب چاه افزایش داشت. در مورد آبیاری با پساب تصفیه شده خانگی(Mahida, 1981) نشان داده است که استفاده از فاضلاب به جای آب رودخانه سبب بهبود برخی ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک مانند نفوذ پذیری، تخلخل کل و پیدایش ساختمان اسفنجی شد. در پژوهش دیگری(Boyle et al., 1989) به این نتیجه رسیدند که افزایش ماده آلی خاک در اثر آبیاری با پساب موجب پایداری خاکدانه‌ها، بهبود نفوذپذیری آ و تهویه بهتر خاک می‌شود. همچنین(Alizadeh *et al.*, 2001) نشان دادند که آبیاری با پساب تصفیه شده شهری بر خصوصیات هیدرولیکی خاک و نفوذپذیری تاثیر منفی نداشته است. (Bahremand *et al.*, 2002)بررسی خاک‌های اصفهان نتایجی مبنی بر افزایش نفوذ پذیری خاک در هنگام افزایش سطح پساب را گزارش کردند. (Salehi et al., 2008)

برخی از ویژگی‌های فاضلاب شهری تهران و تاثیر طولانی مدت آبیاری با آن (۱۵ سال) بر ویژگی‌های فیزیکی و- شیمیایی خاک را مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که خاک تیمار شده با فاضلاب شهری نسبت به خاک تیمار شده با آب چاه از نظر EC، pH، کربن آلی و عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر به طور معنی‌داری از سطوح بالاتری برخوردار است.

(Munther, 2001)گزارش داد که وجود املاح فراوان در فاضلاب شهری و اضافه شدن آن‌ها در طول زمان به خاک سبب افزایش هدایت الکتریکی خاک می شود. با این وجود (Abedi *et al.*, 2001) در پژوهش خود نشان دادند که آبیاری با فاضلاب باعث کاهش شوری خاک گردیده است. این محققان گزارش کردند آبیاری بارانی تاثیر معنی داری در کاهش شوری خاک داشته است و پس از گذشت چهار سال در نتیجه کاهش درصد آبشویی، شوری افزایش یافته است. همچنین (Rusan *et al.*, 2007) بیان کردند که کاربرد دراز مدت فاضلاب افزایش مقدار نمک‌ها، کربن آلی و عناصر غذایی را بدنبال داشته است. (Hasanoghli *et al.*, 2000) نیز گزارش کردند که میزان کربن آلی خاک در نتیجه آبیاری با فاضلاب به طور معنی داری افزایش یافته و باعث بهبود ساختمان خاک گردیده است. نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که آبیاری با فاضلاب و استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کود آلی در اراضی کشاورزی باعث افزایش میزان ماده آلی خاک می‌شود (Bahremand *et al.*, 2002). با در نظر گرفتن شرایط خشک اقلیمی ایران و به خصوص کرمان که در سال‌های اخیر با پدیده خشکسالی مواجه است، استفاده بهینه از فاضلاب امری اجتناب‌ناپذیر است. در این راستا، هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثر کاربرد ترکیبهای مختلف پساب فاضلاب و آب چاه و نیز مدت زمانهای مختلف آبیاری بر ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک در دو عمق مختلف بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ای در محدوده شهر کرمان انجام شد. فاکتورهای اصلی شامل تیمارهای آبیاری با پساب در ۵ سطح می باشد: I_1: شاهد (آبیاری با آب چاه)، I_2: آبیاری با آب حاصل از ترکیب ۷۵٪ آب چاه و ۲۵٪ پساب، I_3: آبیاری با آب حاصل از ترکیب۵۰٪ آب چاه و ۵۰٪ پساب، I_4: آبیاری با آب حاصل از ترکیب ۲۵٪ آب چاه و ۷۵٪ پساب و I_5: آبیاری با ۱۰۰٪ پساب. آب مصرفی در تیمار شاهد از چاه حفرشده در محدوده زمین زراعی تامین گردید. پساب محدوده کرمان بعد از جمع‌آوری و از طریق شبکه ثقلی به تصفیه خانه که از نوع لجن فعال بطریقه هوادهی گسترده است انتقال و پس از ضد عفونی شدن در مزرعه مورد مطالعه، بکار گرفته شد. فاکتور دوم شامل دو عمق خاک (۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک) و فاکتور سوم شامل ۵ سطح مدت زمان آبیاری (صفر، ۱، ۲، ۳ و ٤ ماه) بود.

در ابتدا، زمین تسطیح و کرت‌بندی صورت گرفت. ابعاد هر کرت یک در دو متری در نظر گرفته شد. کرت‌های فرعی با یکدیگر یک متر فاصله داشتند. سپس برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه، نمونه برداری به صورت مرکب از نقاط مختلف در دو عمق ۳۰-۰ و۶۰-۳۰ سانتی‌متری انجام شد و جهت آنالیز به آزمایشگاه منتقل گردید. نتایج این آزمایش‌ها در جدول ۱ و ۲ درج گردیده است. جهت جلوگیری از اختلاط آب مازاد برای خروج هر کرت، جوی هرزآب در نظر گرفته شد. برای هر نوبت آبیاری مقدار آب با توجه به سطوح مختلف و بر اساس اندازه گیری درصد

رطوبت حجمی خاک و اعمال ٦٥ درصد راندمان کاربرد آب در مزرعه تعیین گردید. همچنین آبیاری کرت‌ها به صورت غرقابی انجام شد. نمونه‌برداری از خاک کرت در دو نوبت قبل از شروع زمان آبیاری و بعد از پایان هر آبیاری انجام شد. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و اسیدیته در عصاره گل اشباع به ترتیب توسط دستگاه هدایت سنج و pH متر تعیین گردید. در اندازه گیری کربن آلی از روش والکی بلک استفاده شد. همچنین در هر نوبت از تیمارها در دو عمق ۳۰-۰ و ٦۰ -۳۰ سانتی‌متر، هدایت هیدرولیکی و نفوذ پذیری به شرح زیر اندازه گیری گردید:

برای اندازه گیری هدایت هیدرولیکی اشباع، از روش چاهک معکوس و نیز رابطه (۱) در شرایط مزرعه استفاده شد (Baibordi, 1999).

رابطه (۱)

$$\tan\alpha = \frac{\log\left[h(t_i) + r/2\right]}{t_n - t_i} - \frac{\log\left[h(t_n) + r/2\right]}{t_n - t_i}$$

$$k_s = 1.15.r.\tan\alpha$$

که در آن، k_s هدایت هیدرولیکی بر حسب سانتی‌متر بر ثانیه، t زمان برحسب ثانیه، r قطر چاهک برحسب سانتی‌متر، $h(t_i)$ ارتفاع چاهک در زمان t_i (زمان اندازه‌گیری اول) بر حسب سانتی‌متر و $h(t_n)$ ارتفاع آب چاهک در زمان t_n (زمان نهایی) بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

عمق آب قابل نفوذ به داخل خاک در زمان معین (سرعت نفوذ) به کمک دو استوانه متحدالمرکز اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان نفوذ آب در خاک از مدل کاستیاکوف استفاده گردید. کاستیاکوف در سال ۱۹۳۲ معادله نفوذ تجمعی عمودی آب در خاک را طبق رابطه (۲) ارائه داد (Baibordi, 1999).

رابطه (۲) $D=at^b$

که در آن D نفوذ تجمعی (سانتی‌متر)، t زمان نفوذ (دقیقه)، a میزان نفوذ آب در اولین بازه زمانی و b آهنگ کاهش نفوذ تجمعی با گذشت زمان است. اگر از معادله نفوذ تجمعی کاستیاکوف نسبت به زمان مشتق گرفته شود، معادله سرعت نفوذ لحظه‌ای طبق رابطه (۳) بدست می‌آید:

رابطه (۳) $I=At^B$

که در آن I سرعت نفوذ لحظه‌ای (سانتی‌متر)، A و B ضرایب معادله سرعت نفوذ که به صورت A=a.b و B=b-1 هستند که با ضرایب معادله نفوذ تجمعی در ارتباط می باشد.

در پایان تمامی داده‌های بدست آمده که شامل داده‌های مربوط به پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک که به روش‌های صحرایی و آزمایشگاهی به دست آمده بود، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای MSTATC و اکسل انجام شد و همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

جدول ۱ – برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

عمق خاک	۳۰-۰	۶۰-۳۰
درصد شن	۶۱	۶۱
درصد سیلت	۲۱	۲۱
درصد رس	۱۶	۱۶
pH	۷/۵	۷/۵
هدایت الکتریکی(dS/m)	۰/۶۷	۰/۶۵
سدیم(g/kg)	۱/۲	۱/۱
پتاسیم(g/kg)	۲/۸	۲/۲
کلسیم(g/kg)	۱۵/۸	۱۵/۱
منیزیم(mg/l)	۰	۰
درصد نیتروژن	۰/۰۱۹۷	۰/۰۱
فسفر قابل جذب(mg/kg)	۱۰	۸/۲
کربن آلی (٪)	۰/۳	۰/۲
جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	۱/۴	۱/۱
هدایت هیدرولیکی(cm/h)	۱/۳	۱/۲

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب و پساب مورد استفاده در آبیاری

نوع آب	پساب	آب چاه
pH	۷/۶۳	۷/۳۳
هدایت الکتریکی	۱/۹۱	۰/۵۹
نسبت جذب سدیم	۱۷/۲۸	۳/۰۶
سدیم محلول (mg/l)	۱۴۰/۴۵	۳۵/۱۸
کلسیم محلول (mg/l)	۲۲/۲۵۵	۹۶/۷۷
منیزیم محلول (mg/l)	۱۰۹/۸۵	۳۵/۲
کربن آلی (٪)	۰/۹۱	۰/۵۹

نتایج و بحث

۱- ویژگی‌های شیمیایی

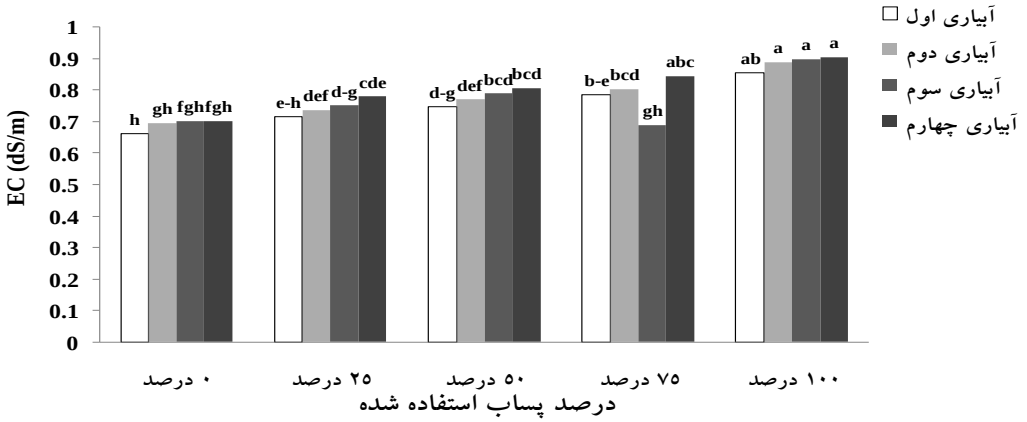
مقایسه ویژگی‌های شیمیایی آب و پساب مورد استفاده در آبیاری (جدول ۲) نشان می دهد که هدایت الکتریکی پساب سه برابر نسبت به آب چاه بوده و کربن آلی پساب نیز نسبت به آب چاه بالاتر است. نکته قابل توجه در این است که SAR پساب بیش از پنج برابر SAR آب چاه است. زیرا سدیم در پساب حدود ۱۴۰ میلی گرم بر لیتر است و همچنین کلسیم موجود در پساب نسبت به آب چاه ۴/۳ برابر می باشد. درصد کربن آلی در پساب نیز ۱/۵۴ برابر آب چاه است

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف پساب بر ویژگی‌های خاک مورد مطالعه
(اعداد جدول میانگین مربعات را نشان می‌دهند)

منبع تغییرات	درجه آزادی	pH	EC	کربن آلی	هدایت هیدرولیکی	نفوذپذیری
عمق (A)	۱	۰/۱۲۸**	۰/۰۵۹**	۱/۲۸۰**	۰/۸۲۷**	۰/۰۴۲**
زمان (B)	٤	۰/۷۱۵**	۰/۰۹۳**	۰/۲۸۹**	۱/۵۵۹**	۰/۱۳۰**
پساب (C)	٤	۰/۳۰٤*	۰/۰۹۹**	۰/٤۸۸**	۲/۹۲۲**	۰/۰۸٤**
عمق × زمان(A×B)	٤	۰/۰۱۰**	۰/ ۰۰٦^{ns}	۰/۰۲۰**	۰/۰۰٦**	۰/۰۰۱^{ns}
پساب × عمق(A×C)	٤	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰٦^{ns}	۰/۰٦۹**	۰/۰۱٤**	۰/۰۰٦**
پساب × زمان (B×C)	۱٦	۰/۰۲۲**	۰/۰۱۰**	۰/۰۳۳**	۰/۱۸۵**	۰/۰۰٦**
پساب ×عمق× زمان (A×B×C)	۱٦	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱**
تکرار	۲	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطا	۹۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰٤	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات	۸/٤۲	٦/۲۵	۳/۰۹	٤/۸۵	۱/۲۵	۷/۳٤

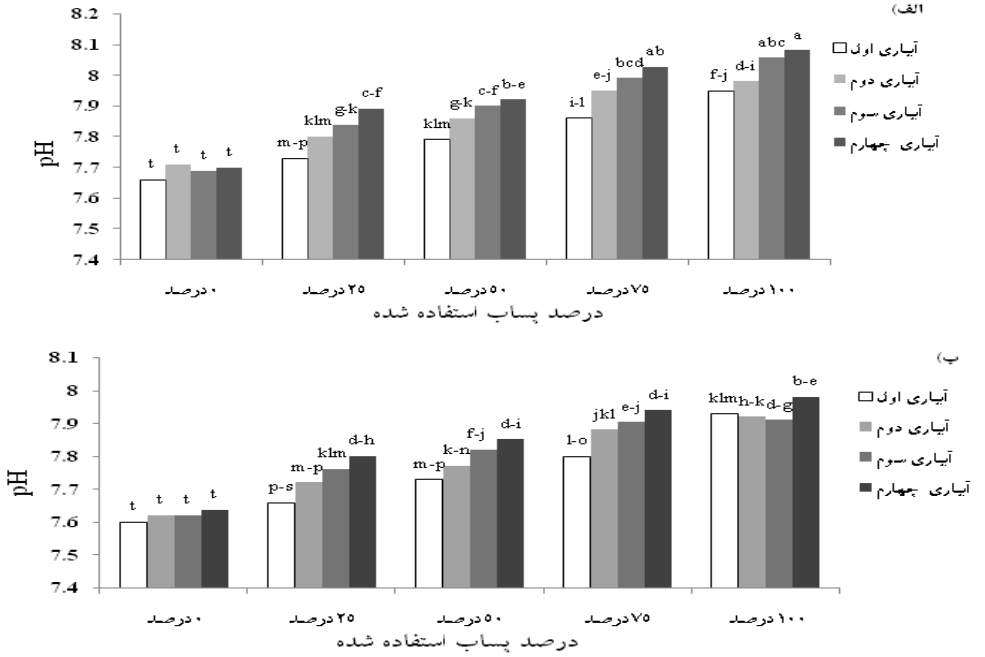
ns و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱٪

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر پساب، عمق خاک و زمان آبیاری بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، اثر تکی هر سه فاکتور بر تمامی ویژگی‌های مورد مطالعه معنی‌دار بود. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین (شکل ۱) مشخص شد کاربرد پساب باعث روند افزایشی هدایت الکتریکی خاک شده است که تغییرات این ویژگی متناسب با افزایش مقدار پساب استفاده شده، می باشد. بطوریکه در همان اولین مرحله آبیاری با ۱۰۰ درصد پساب، سبب افزایش ۲۹ درصدی هدایت الکتریکی نسبت به شاهد شده است. علت این افزایش، احتمالا آزاد سازی کاتیون‌ها و آنیون‌های آلی و معدنی و ورود آن‌ها به محلول خاک، همچنین وجود املاح فراوان در پساب می باشد. این درحالیست که میزان هدایت الکتریکی در تیمار ۱۰۰ درصد پساب در آبیاری چهارم ۵ درصد افزایش نسبت به آبیاری اول داشته است. در مراحل مختلف آبیاری در تیمار شاهد اختلاف معنی داری در هدایت الکتریکی مشاهد نشد. در همین راستا، پژوهش‌های دیگری هم بیان کردند که وجود املاح در فاضلاب شهری و اضافه شدن آن‌ها در طول زمان به خاک سبب افزایش هدایت الکتریکی خاک می شود (Munther, 2001).



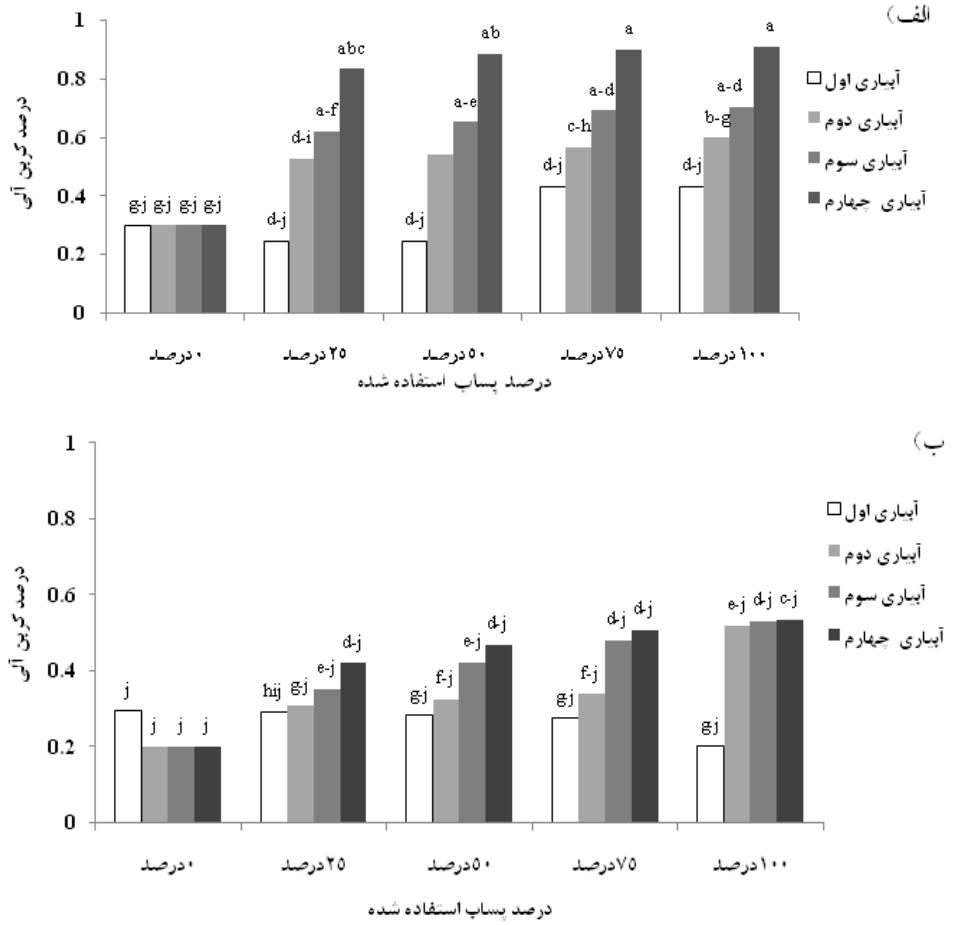
شکل۱- تاثیر نسبت‌های مختلف پساب بر هدایت الکتریکی خاک در مراحل مختلف آبیاری

با توجه به جدول ۳، pH در تیمارهای مختلف از نظر اثر دوگانه عمق و زمان، اثر دوگانه زمان و پساب و اثر سه گانه در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی داری می‌باشد. همانگونه که در شکل ۲ مشخص است، pH درتیمار I_5 درعمق اول در آبیاری مرحله چهارم نسبت به I_5 همان عمق در آبیاری اول افزایش معنی داری داشته است. همچنین تیمار I_5 درعمق اول نسبت به عمق دوم افزایش معنی داری داشته است و نیز pH در تیمار I_1 (آب چاه) در پنج مرحله آبیاری عمق اول نسبت به عمق دوم تغییر نکرد. به طور کلی pH درعمق ۳۰ سانتی‌متر ۳/٤ درصد و در عمق ٦۰ سانتی‌متر ۳/۳۲ درصد افزایش داشته است. در تحقیقی، (Bahati & Singh, 2003) با بررسی اثرات آبیاری با پساب دریافتند که پساب باعث افزایش pH خاک می‌گردد.



شکل۲- مقایسه میانگین مقدار pH بین سطوح مختلف پساب در مراحل متفاوت آبیاری در عمق الف) صفر تا ۳۰ سانتی متر ب) ۳۰ تا ٦۰ سانتی‌متر

به دلیل درصد بالای کربن آلی موجود در پساب، میزان کربن آلی خاک با افزایش سطح پساب بیشتر شد (شکل ۳). این مواد آلی از نوع ناپایدار بوده و دارای منشاء انسانی، حیوانی و گیاهی است که در صورت آبیاری با پساب به خاک اضافه می گردد. همچنین بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر همه فاکتورها به صورت تکی، دوگانه و سه گانه بر درصد کربن آلی در سطح یک درصد معنی دار شد. باتوجه به شکل ۳ (الف و ب) مقایسه آبیاری پنجم نسبت به سایر مراحل آبیاری در عمق اول نشان داد که درصد کربن آلی افزایش معنی داری داشته است. بیشترین افزایش کربن آلی در عمق اول در تیمار I_5 مرحله چهارم آبیاری مشاهده شد که با درصد کربن آلی تیمارهای I_2، I_3 و I_4 در مرحله چهارم آبیاری، اختلاف معنی داری نداشت. درصد کربن آلی در عمق دوم نسبت به عمق اول در تیمارهای مشابه کمتر بود بطوریکه در تیمار I_5 درصد کربن آلی با اعمال چهارمین آبیاری، ۳۵ درصد کاهش یافت. نتایج تحقیقات پژوهشگران نشان می دهد که آبیاری با فاضلاب و با استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کود آلی در اراضی کشاورزی باعث افزایش میزان ماده آلی خاک می‌گردد (Bahremand *et al.*, 2002).

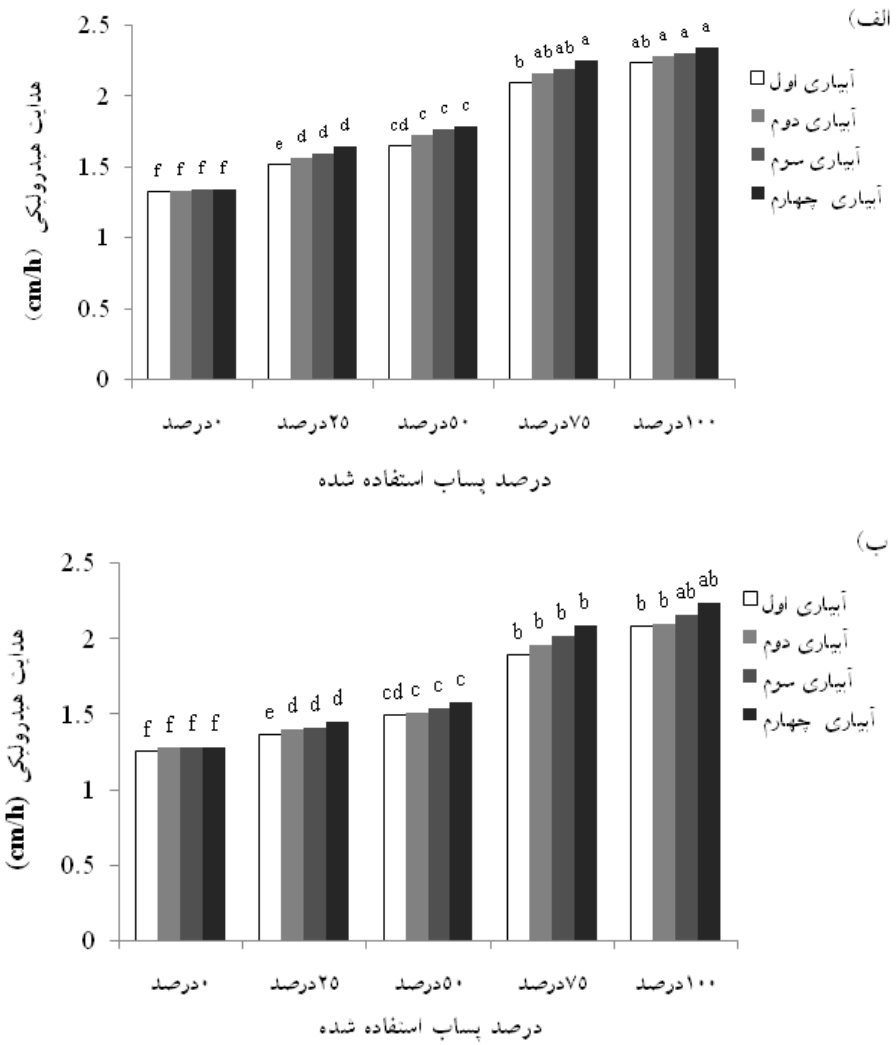


شکل۳- مقایسه میانگین مقدار درصد کربن آلی بین سطوح مختلف پساب در مراحل متفاوت آبیاری در عمق الف) صفر تا ۳۰ سانتی متر ب) ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر

۲- ویژگی‌های فیزیکی

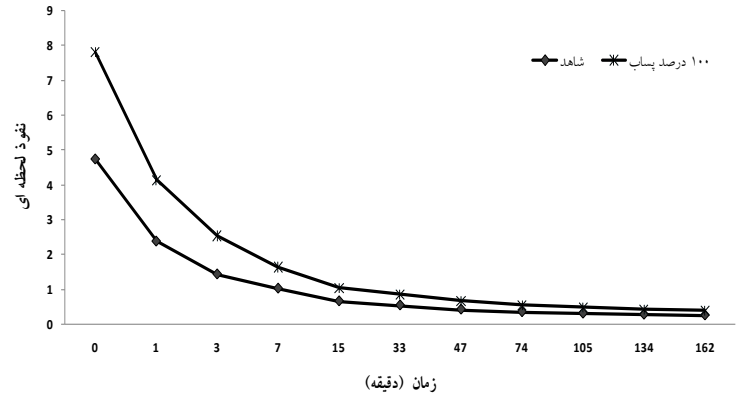
بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۳، اثرات تکی، دوگانه و سه گانه زمان، عمق و سطح پساب بر هدایت هیدرولیکی تیمارهای مختلف، اختلاف معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد. با توجه به شکل ٤ هدایت هیدرولیکی در آبیاری اول تا چهارم در تمام سطوح مختلف استفاده از پساب افزایش معنی داری داشته است. بطوریکه هدایت هیدرولیکی در تیمار I_5 در عمق اول به طور میانگین مقدار آن ٦٤ درصد نسبت به شاهد افزایش یافته است. تغییرات هدایت هیدرولیکی در عمق دوم از الگویی شبیه به عمق اول پیروی می‌کند و مقدار آن در هر دو عمق در تیمارهای یکسان مشابه بوده و اختلاف معنی داری مشاهده نمی‌شود.

مواد آلی فاضلاب پس از افزوده شدن به خاک باعث فعال شدن میکروارگانیسم‌های خاک و به دنبال آن پایداری خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین میسلیوم قارچ‌ها و باکتری‌ها در اثر رشد سریع، حفره‌هایی در سطح خاک ایجاد کرده و باعث افزایش ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک گردیده است. (Londra & Aggelides 2000) اثرآبیاری با مخلوط فاضلاب شهری و لجن فاضلاب را بر روی خصوصیات هیدرولیکی یک خاک رسی و یک خاک لومی در یونان بررسی کردند و نشان دادند که خصوصیات هیدرولیکی خاک‌های مورد مطالعه تا حدود زیادی بهبود یافته‌اند. آنها دریافتند که افزایش کاربرد مخلوط لجن فاضلاب و فاضلاب شهری، ضریب هدایت آبی اشباع خاک را نیز افزایش می دهد. یکی از اثرات کاربرد پساب فاضلاب، افزوده شدن ذرات و کلوئیدهای آلی به خاک تحت تیمار است. در واقع، افزایش میزان کربن آلی از یک طرف باعث بهبود وضعیت ساختمان خاک شده که افزایش ظرفیت نگهداشت رطوبت و نفوذ آب در خاک و تخلیه نمکهای اضافی از نیمرخ خاک را در پی دارد. از طرف دیگر، به دلیل تشکیل خاکدانه‌های درشت و پایدارتر، شرایط تهویه‌ای بهتری در خاک بوجود می‌آید که در نهایت سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود.

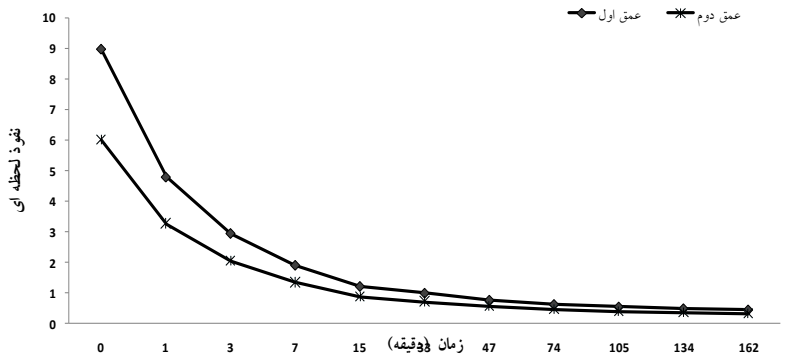


شکل ٤- مقایسه میانگین مقادیر هدایت هیدرولیکی بین سطوح مختلف پساب در مراحل متفاوت آبیاری در عمق الف) صفر تا ۳۰ سانتی‌متر ب) ۳۰ تا ٦۰ سانتی متر

با توجه به گذشت زمان، نفوذپذیری در تیمار I_5، ۸۱/٦ درصد نسبت به شاهد روند افزایشی داشته است. اضافه نمودن ماده آلی از جمله فاضلاب موجب بهبود ساختمان و به دنبال آن بهبود نفوذ-پذیری خاک می‌گردد. با توجه به شکل شماره ۵ با افزایش مقدار پساب نفوذ پذیری خاک نیز افزایش می یابد. همچنین طبق شکل ٦ با افزودن مقدار مشخص پساب همراه با آب آبیاری به دو عمق (۳۰-۰ و ٦۰-۳۰ سانتی‌متر)، مقدار نفوذ پذیری در عمق اول بیشتر از عمق دوم شده است. (Boyle *et al.*, 1989) در یک تحقیق به این نتیجه رسیدند که افزایش ماده آلی در اثر آبیاری با فاضلاب موجب پایداری خاکدانه‌ها، نفوذ پذیری بهتر آب در خاک و تهویه بهتر می‌شود.



شکل ۵- مقایسه نفوذ پذیری لحظه‌ای در دو تیمار شاهد و ۱۰۰ درصد پساب



شکل ٦- مقایسه نفوذ پذیری لحظه‌ای در دو عمق اول و دوم

نتیجه‌گیری

یافته های این پژوهش نشان داد که استفاده از پساب فاضلاب به عنوان یکی از منابع آب نامتعارف در مناطق خشک و نیمه خشک در صورت رعایت ملاحظات فنی و تعیین سطوح بهینه از ترکیب آب چاه و پساب می تواند تا حدی از بحران کمبود منابع آب و خشکسالی بکاهد. از طرفی مشخص شد که بسته به عمق خاک، برخی از ویژگی های خاک (بویژه هدایت الکتریکی) به دلیل افزوده شدن نمکهای محلول موجود در پساب افزایش می یابد در حالی که با توجه به افزایش کربن آلی به خاک تحت تیمار، وضعیت نفوذپذیری خاک نسبت به تیمار شاهد وضعیت بهتری پیدا می‌کند. نتیجه آنکه با افزایش نفوذپذیری خاک امکان مدیریت املاح اضافی از طریق آبشویی فراهم شده و لذا پیشنهاد می شود در پژوهشهای آتی این موضوع در بلندمدت و نیز با توجه به اثرگذاری بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف (بسته به عمق توسعه ریشه) مورد بررسی قرار گیرد.

REFRENCES

Abedi, J., Afyuni, M., Mostafazadeh, b., Mousavi, S.F. and Bagheri, M.R. 2003. The effect of sprinkler and spill irrigation with treated wastewater on soil salinity. *Journal of Water and Wastewater*. 45: 2-11. (In Farsi)

Aggelides, S.M. and Londra, P.A. 2000. Effects of compost Produced from town wastes and sewage sludge on the Physical properties of loamy and a clay soil. *Bioresource Technology Journal*. 71, 253-259.

Alizadeh A., Bazari M.E., Velayati S., Hasheminia M. and Yaghmaie A. 2001. Irrigation of corn with wastewater. In: Ragab R, Pearce G, Changkim J, Nairizi S and Hamdy A (Eds), pp. 147-154. *ICID International Workshop on Wastewater Reuse and Management. Seoul, South Korea*.

Bahremand, M.R., Opium, M., Haj Abbasi, M.A. and Rezainejad, Y. 2002. Effect of sewage sludge on some physical properties of soil. *Agricultural Science and Technology and Natural Resources*. 6 (4): 1-10. (In Farsi)

Bibordi, M. 1999. Soil drainage and improvement. *University of Tehran Press*. Iran.

Boyle, M., Frankenberger, W.T. and Stolzy, L.H. 1989. The influence of organic matter on soil aggregation and water infltration. *JPA*. 2(4):290-299.

Ghanbari, A., Abedi Koupai, J. and Taie Semiromi, J. 2007. Effect of Municipal Wastewater Irrigation on Yield and Quality of Wheat and Some Soil Properties in Sistan Zone. *JCPP*. 10 (4): 59-75. (In Farsi)

Hasanoghli. A.R., Liaqat, A. and Mirabzadeh. A. 2000. Changes in soil organic matter as a result of irrigation with domestic wastewater and its self-purification. *Journal of Water and Sewerage*. 42. (2-11).

Mahida, U.N. 1981. Water pollution and disposal of waste water on land. *Tata McGrow-Hill publishing company limited New Delhi*. P. 323.

Mathan, k.k. 1994. Studies on the influence of long-term municipal sewage-effluent irrigation on soil physical proporties. *Bioresource Technolog J*. 48, 275-276.

Munther, K. 2001. Use of treated wastewater for Irrigation in Madaba. *Environmental Health*. 201:299-302.

Rusan, M.J., Hinnawi, S. and Rousan, L. 2007. Long term effect of waste water irrigation forange crops on soil and plant quality parameters. *Journal of Desalination*. 215:143-152.

Salehi, A., Tabari, M., Shahsavari Pour, N. and Taheri Azad, L. 2008. Long-term effect of irrigation with Tehran municipal wastewater on physico-chemical properties of soil under afforestation (Tehran pine). *Proceedings of the 3rd National Congress on*

Recycling and Utilization of Renewable Organic Resources in Agriculture, Khorasgan, Isfahan, May 16-26. (In Farsi)

Singh, G. and Bahati, M. 2003. Growth and mineral accumulation in Eucalyptus camaldulensis seedlings irrigated with mixed industrial effluents. *Bioresource Technology*. 88:221-228.

Sustainable Agricultural Science Research /Vol. 1/No.2/Summer 2021/P: 34-47

https://www.sarj.iauk.ac.ir

The Effect of Different Ratios Municipal Wastewater Applied in Irrigation Water on Some Physical and Chemical Properties of Soil

Alireza Ameri [1] and Najmeh Yazdanpanah [2*]

[1]Graduated from the Department of Water Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran

[2]Associate Professor, Department of Water Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran

[2] Food and Agricultural Safety Research Center, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran

*Corresponding Author's Email: nyazdanpanah@iauk.ac.ir

(Received: August. 6, 2021 – Accepted: September. 21, 2021)

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of using different combinations of waste water and well water with the approach of using unconventional water on some physical and chemical properties of soil. For this purpose, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three factors. The main factors include irrigation with waste water to well water ratio in 5 levels including I_1 (control: irrigation with well water), I_2 (75% well water and 25% waste water), I_3 (50% well water and 50% waste water), I_4 (25% well water and 75% waste water) and I_5 (irrigation with 100% waste water), the second factor includes two soil depths (0-30 and 30-60 cm) and the third factor includes the duration of irrigation in 5 levels (zero, 1, 2, 3 and 4 months). The results showed that soil salinity, pH and organic carbon increased with increasing irrigation time. The highest increase in salinity was observed after 4 months in I_5 treatment with about 37% increase compared to the control treatment. The amount of organic carbon in treatments I_4 and I_5 in the surface layer increased by about 60% compared to the subsurface layer. However, waste water consumption improved hydraulic conductivity compared to well water, so that its amount increased in I_5 treatment, at surface and subsurface depth by 76.7% and 80%, respectively, compared to the control treatment. The findings of this study showed that the use of treated wastewater as one of the unconventional water sources, despite increasing soil salinity, can increase organic carbon and improve soil permeability.

Keywords: Hydraulic Conductivity, Salinity, Soil Organic Carbon, Soil Infiltration