

امکان سنجی رشد و تیور گراس، پامپاس گراس، نخل مرداب، آلوئه ورا، سرو نقره‌ای، حوحوبا با استفاده از پساب صنعتی کارخانه صنایع شیمیایی فارس

نگیسا درجه^۱، مهرداد محمدنیا^۲، علی فرزادیان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۹/۲۸

چکیده

منابع آب در مناطق خشک محدود بوده و می‌توان از پساب‌ها برای آبیاری فضای سبز استفاده کرد. برای بهره‌گیری مجدد از پساب‌ها، نیاز است که به کیفیت آن توجه داشته و برای کاربرد آن در بخش‌های گوناگون روال درستی در نظر گرفته شود. هدف از انجام این تحقیق امکان‌سنجی استفاده از درصد‌های مختلف پساب حاوی فرمالدئید و سولفات صنایع شیمیایی فارس در ایجاد فضای سبز با ۶ گونه‌ی گیاهی و تیورگراس، پامپاس‌گراس، نخل مرداب، آلوئه‌ورا، سرو نقره‌ای و حوحوبا در یک خاک رسی - شنی متوسط بود. این تحقیق به صورت کاملاً تصادفی و در قالب طرح فاکتوریل با ۳ تکرار انجام شد. مشخص گردید که پساب از لحاظ شوری و نفوذپذیری دارای محدودیت شدید است. غلظت فرمالدئید و سولفات آن به ترتیب ۴۵ و ۳ برابر حد مجاز برای آبیاری است. نتایج نشان داد که تیمارهای ۵۰٪ و ۱۰۰٪ تمامی گونه‌ها و تیمار ۲۰٪ نخل مرداب از بین رفتند، اما سایر تیمارها به خوبی رشد کرده و همگی خود را با شرایط تطبیق دادند. کمترین میزان جذب سولفات از خاک مربوط به گونه‌های پامپاس‌گراس با غلظت ۲۰٪ و آلوئه‌ورا با غلظت ۱۰٪ بود و بیشترین اندازه‌ی جذب سولفات مربوط به تیور با غلظت ۱۰٪ بود. بیشترین افزایش کلر در خاک نسبت به شاهد مربوط به پامپاس‌گراس با غلظت ۲۰٪ بود و کمترین افزایش مربوط به حوحوبا با غلظت ۱۰٪ بود.

واژه‌های کلیدی: پساب فرمالدئید، ۶ گونه گیاهی (آلوئه ورا، پامپاس گراس، حوحوبا، سرو نقره‌ای، نخل مرداب، تیور)، سولفات.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، فارس، ایران.

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس.

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد.

* نویسنده‌ی مسوول: aphrodit_d@yahoo.com

مقدمه

بی‌تردید فضای سبز و محیط زیست شهری را باید در زمره‌ی اساسی‌ترین عوامل پایداری حیات طبیعی و انسانی در شهرنشینی نوین به شمار آورد. کمبود آب در مناطق خشک به‌ویژه ایران، یکی از عوامل محدودکننده‌ی ایجاد فضای سبز است (تراپیان و هاشمی، ۱۳۷۸).

رشد جمعیت در دهه‌های اخیر و گسترش نیازهای انسانی و بالا رفتن سطح بهداشت، باعث گردیده‌اند که منابع آب شیرین سطحی و زیرزمینی بیش از حد مصرف شده و در وضعیت‌های بحرانی قرار گیرند. این مسئله در دوره‌های خشکسالی بسیار تشدید می‌گردد و برای کشورهایی چون ایران که بر روی کمر بند خشک زمین قرار دارند، محسوس‌تر بوده و نیاز به توجهی بیشتر دارد. برای حل این مشکل بایستی به منابع آب نامتعارف، از جمله فاضلاب‌ها برای آبیاری روی آورد تا باعث آزدسازی منابع بالقوه‌ی آب برای سایر مصارف گردد. باتوجه به رشد روزافزون صنایع و آلاینده‌ی شدید پساب‌های صنعتی، همجواری مراکز صنعتی، شهری و کشاورزی در بیشتر نقاط کشور و ورود آلاینده‌های آلی و معدنی به خاک و همچنین نفوذ آنها به آب‌های سطحی و زیرزمینی به یک نگرانی ملی تبدیل شده است. لذا یافتن راه‌حلی برای رفع این خطرات پیش از بروز فاجعه‌ای زیست محیطی در بسیاری از نقاط کشور ضروری است (دامیادی و همکاران، ۱۳۸۲).

استفاده مجدد از فاضلاب‌های خانگی و صنعتی برای آبیاری گیاهان زراعی و همچنین آب موردنیاز پارک‌های شهری و جنگلی حاشیه شهرها و افزایش فضای سبز، به‌عنوان یکی از موارد مهم زیست محیطی مطرح است (شارما و همکاران، ۲۰۰۷).

شواهد تاریخی نشان می‌دهد که فاضلاب و لجن تولید شده از آن در چین و سایر کشورهای آسیایی از زمان‌های بسیار دور به‌عنوان یک منبع کودی به‌منظور حاصلخیز کردن زمین استفاده می‌شده است (آنجلاکیس و همکاران، ۱۹۹۶).

امروزه در بسیاری از نقاط دنیا کشاورزان بیش از هر زمان دیگر به پساب‌های شهری به‌عنوان منبع آب آبیاری چشم دوخته‌اند. مهم‌ترین علت‌های این توجه، کاهش روزافزون آب و لزوم انتقال آن از فواصل بسیار طولانی می‌باشد

(حسن اقلی و همکاران، ۱۳۸۱؛ جبلی، ۱۳۷۸؛ زای و همکاران، ۱۹۹۳).

در زمینه‌ی آبیاری با پساب آلوده به فرمالدئید تاکنون پژوهشی انجام نگرفته است، گرچه پژوهش‌هایی در زمینه‌ی فرمالدئید موجود در هوا و جذب آن به‌وسیله‌ی گیاهان صورت گرفته است؛ لذا در بررسی و مروری بر منابع، از پژوهش‌هایی که در مورد پساب‌های صنعتی به نسبت مشابه و گونه‌های مختلف گیاهی صورت گرفته است، استفاده می‌شود. باتوجه به قابلیت جذب فرمالدئید موجود در هوا به‌وسیله‌ی گیاهان، انتظار می‌رود که این توانایی نیز برای جذب از درون آب وجود داشته باشد. ولورتون و همکاران (۱۹۸۴) مشاهده کردند که گیاه برگ گندمی می‌تواند غلظت فرمالدئید گازی را بسیار کاهش دهد.

جیس و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که فرمالدئید گازی به‌وسیله‌ی برگ‌های آفتابگردان و شاخساره‌ی گیاه برگ گندمی جذب می‌شود.

کاندو و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که اندازه‌ی جذب فرمالدئید به‌وسیله‌ی خرزهره شبیه به نرخ جذب NO_2 در اتمسفر است.

حسین و همکاران (۱۹۹۶) اثر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده و نیتروژن را بر عملکرد و بهره‌وری مصرف نیتروژن در گندم در عربستان سعودی بررسی کرده و نتیجه گرفتند که بهره‌وری از نیتروژن در کرت‌هایی که با فاضلاب تصفیه شده آبیاری می‌شدند، نسبت به کرت‌هایی که آب چاه دریافت می‌کرده و نیتروژن را به‌مقدار مشابهی دریافت کرده بودند، بسیار بیشتر بود. عرفانی و همکاران (۱۳۸۱) گزارش کردند که عملکرد گوجه فرنگی در آبیاری کامل با فاضلاب ۴۷/۸٪ بیشتر از تیمار شاهد با استفاده از آب چاه بود.

وائقی و همکاران (۱۳۸۲) نیز گزارش کردند که افزودن لجن فاضلاب به خاک باعث افزایش رشد گیاه ذرت شد. افیونی و همکاران (۱۳۷۷) با بررسی تاثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب بر عملکرد کاهو و اسفناج گزارش کردند که با افزایش حجم فاضلاب عملکرد کاهو و اسفناج به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. آنها نتیجه گرفتند که این افزایش احتمالی ناشی از نیتروژن و فسفر زیاد موجود در لجن فاضلاب بوده است.

Hack DR 2500 تعیین گردیدند؛ نتایج در جدول (۱) نشان داده شده است.

پارامتر	نتیجه
EC (ds/m)	74/0
CL ⁻ (mmol/lit)	0/126
SO ₄ ⁻² (mmol /lit)	0/013
SAR	2/63

منبع آب آبیاری، آب آشامیدنی کارخانه و پساب تولید شده در کارخانه بود. خصوصیات آب آبیاری مصرفی و پساب کارخانه قبل از شروع تحقیق بررسی گردیده و نتایج آن در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند.

جدول ۲- تجزیه آب آبیاری صنایع شیمیایی فارس

پارامتر	نتیجه
EC (ds/m)	0.7
CL- (mmol/lit)	37/28
SO ₄ -2 (mmol /lit)	84
TDS (mg/lit)	541
SAR	1/49

جدول ۳- تجزیه پساب صنایع شیمیایی فارس

پارامتر	نتیجه
EC (ds/m)	5.01
CL- (mmol/lit)	547/85
SO ₄ -2 (mmol /lit)	1469/23
TDS (mg/lit)	2510
SAR	8/61

این پژوهش، گلدانی و به‌صورت آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن، آب پساب عامل اول (شامل ۵ سطح صفر، ۲۰٪ پساب و ۱۰۰٪ آب آبیاری، ۱۰٪ پساب و ۹۰٪ آب آبیاری، ۲۰٪ پساب و ۸۰٪ آب آبیاری، ۵۰٪ پساب و ۵۰٪ آب آبیاری و ۱۰۰٪ پساب) که با F20%، F10% نشان داده می‌شوند و عامل دوم گونه‌های گیاهی وتیورگراس (*Vetiveria zizanioides*)، پامپاس گراس (*Cortaderia selloana*)، نخل مرداب (*Cyperus alternifolius*)، آلوئه‌ورا (*Aloe vera*)، حووبا (*Simmondsia chinensi*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) بود (شکل ۱ تا ۶).

بهره‌گیری از منابع آبی غیرمتعارف، امروزه به‌عنوان ضرورتی اجتناب ناپذیر، به‌ویژه در کشور ما، نمایان شده است. از همزمان با توسعه‌ی مصارف مجدد فاضلاب تصفیه شده، مقررات و قوانینی هم از نظر چگونگی کیفیت فاضلاب تصفیه شده و هم از نظر نوع تصفیه‌ی موردنیاز برای تامین کیفی مورد نظر، به‌خصوص در مواردی که بهداشت افراد در معرض و کاربران فاضلاب تصفیه شده مربوط می‌شود، وضع گردیده‌اند.

تخلیه‌ی روزانه‌ی ۶۰ مترمکعب پساب کارخانه صنایع شیمیایی فارس، به حوضچه‌های روباز تا تبخیر کامل، اگرچه تاکنون گزارشی را دال بر آلودگی جدی زیست محیطی در پی نداشته است، اما با نگرش منطقی و دیدگاه علمی مدیریت کارخانه مذکور و توصیه سازمان محیط زیست، قرار شد در صورت امکان این پساب صرف تامین آب لازم جهت ایجاد فضای سبز در محل گردد. در صورت موفقیت در انجام این کار، خطر نفوذ تدریجی پساب به سفره آب زیرزمینی تا حد زیادی کاهش می‌یابد.

در این پژوهش به سوالات زیر پاسخ داده می‌شود:

۱- ترکیب شیمیایی غالب پساب و غلظت فرمالدئید و سولفات در آن چیست؟

۲- کدام گونه‌های گیاهی مناسب استفاده در فضای سبز با آبیاری با پساب توصیه می‌گردند؟

مواد و روش‌ها

این پژوهش در کارخانه‌ی صنایع شیمیایی فارس واقع در ۲۵ کیلومتری شمال غرب شیراز در منطقه‌ی زرقان انجام شده است. خاک مورد مطالعه نیز از همان منطقه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه گردید. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده با استفاده از روش‌های شناخته شده و مورد تایید قابلیت هدایت الکتریکی خمیر اشباع خاک با دستگاه شوری‌سنج Metro ohm سوئیس؛ کلر با روش تیتراسیون با نیترات نقره؛ سولفات با افزودن کلرور باریم و با استفاده از اسپکتروفتومتر با طول موج ۵۳۰ نانومتر دستگاه



شکل ۲- پامپاس گراس



شکل ۱- و تیور گراس



شکل ۴- آلوئه ورا



شکل ۳- نخل مرداب



شکل ۶- سرو نقره ای



شکل ۵- جوجوبا

لیتر آب دریافت کرده بود، ادامه پیدا کرد؛ پس از آن برای تجزیه‌ی خاک و بررسی ریشه گیاهان با نمونه‌ی شاهد، گلدانها باز و ریشه‌ها به‌طور کامل از خاک خارج شدند. نمونه‌ی خاک هرگونه برای تعیین فراسنج‌هایی که در نمونه‌ی شاهد اندازه‌گیری شده بودند به آزمایشگاه منتقل گردید. نتایج به‌کمک نرم‌افزارهای SAS و Excel مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و میانگین‌های به‌دست آمده با آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۵٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

کیفیت آب آبیاری و پساب:

با توجه به جداول ۲ و ۳ آب آبیاری از لحاظ شوری با $TDS = 541 \text{ mg/lit}$ و $EC = 0.7 \text{ ds/m}$ و از لحاظ

برای انتخاب گونه‌ها باید شرایط اقلیمی منطقه را در نظر گرفت؛ با توجه به این‌که زرقان در منطقه‌ی گرم و خشک قرار داشته و در طول سال چند روز دما به زیر صفر می‌رسد و منطقه دارای خاک آهکی می‌باشد و همچنین پساب مورد استفاده برای آبیاری نیز دارای آلودگی است، لذا باید گونه‌هایی انتخاب می‌شدند که با این شرایط تطبیق پیدا کنند. تیمار صفر درصد پساب و ۱۰۰٪ آب آبیاری به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. گونه‌ها در اسفندماه ۸۸ کاشته شده و تا خردادماه ۸۹ به‌صورت دو روز در میان با آب پاک آبیاری شدند تا فرصت کافی برای توسعه و استقرار ریشه‌ها در گلدان‌ها فراهم گردد؛ سپس اعمال تیمارهای آبیاری آغاز گردید. آبیاری تا شهریورماه ۸۹ به مدت ۳ ماه، یعنی زمانی که هرگونه در هر تکرار ۳۰

۱۰٪ کمترین میزان EC را دارا می‌باشد. شاهد با تمام تیمارها تفاوت معنایی دارد و مقدار آن از تمامی تیمارها کمتر است.

کامرون (۱۹۹۷) در بررسی خاک‌های منطقه‌ی *Moose Jaw* در ایالت ساسکاچوان کانادا که از سال ۱۹۸۲ با پساب در مساحتی حدود ۱۲۰۰ هکتار آبیاری می‌شد، نشان داد که شوری خاک به میزان قابل توجهی افزایش یافته، به طوری که میانگین EC خاک از ۰/۷۵ ds/m به ۱/۶ ds/m در سال ۱۹۹۷ رسیده است. تجمع شوری بیشتر در لایه‌ی یک‌متری سطحی خاک گزارش شده است. نتایج بررسی‌ها در مورد آب‌های زیرزمینی کم‌عمق در منطقه‌ی مذکور نیز دلالت بر افزایش غلظت‌های سدیم، کلرور، سولفات و بیکربنات داشته است. همچنین کامرون (۱۹۹۷) در طرح بزرگ دیگری که در *Swift Current* همان ایالت در سال ۱۹۷۸ در مساحتی حدود ۳۳۸ هکتار آغاز شد، بیانگر آن است که در برخی نقاط شوری خاک افزایش معنی‌داری داشته است. با توجه به شوری بالای پساب مورد استفاده، خاک تمامی گونه‌ها افزایش شوری داشته‌اند که خاک مربوط به پامپاس گراس ۲۰٪ بیشترین میزان شوری را دارا بوده، ولی این افزایش شوری تاثیری در میزان رشد آن نسبت به گونه شاهد نداشته است. کمترین شوری مربوط به وتیور ۱۰٪ می‌باشد که نشان از موفقیت این گونه در جذب بالای شوری و کاهش آن در خاک است.

نفوذپذیری با $SAR = 1/49$ دارای محدودیت کم تا متوسط است. با توجه به جداول ۳ و ۴ پساب از لحاظ شوری با $EC = 5/01 \text{ ds/m}$ و $TDS = 2510 \text{ mg/L}$ دارای محدودیت شدید و از لحاظ نفوذپذیری $SAR = 8/61$ بدون محدودیت است.

تاثیر پساب بر هدایت الکتریکی خاک (EC):

با توجه به جدول تجزیه‌ی واریانس (جدول ۵) مشخص می‌گردد که غلظت فرمالدئید بر میزان EC در سطح ۱٪ و همچنین گونه‌ها و اثرات متقابل آنها در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌دار به وجود می‌آورد.

باتوجه به آزمون مقایسه‌ی میانگین دانکن (جدول ۶) در سطح معنی‌داری ۵٪ در می‌یابیم تاثیر غلظت فرمالدئید بر اندازه‌ی EC در تیمار ۲۰٪ بیش از ۱۰٪ بوده و در طبقه A قرار می‌گیرد.

مقایسه‌ی میانگین سطوح مختلف گونه‌ها (جدول ۶) نیز از برتری خاک گونه‌ی وتیور و بالارفتن EC خاک پامپاس گراس نسبت به خاک شاهد حکایت دارد، با توجه به این که این دو گونه از یک خانواده می‌باشند، این اختلاف در میزان شوری نکته‌ی مهمی به حساب می‌آید. بعد از وتیور به ترتیب گونه‌های نخل مرداب، سرو حوحوبا و آلئوئورا قرار دارند.

در نهایت، مقایسه‌ی میانگین اثرات متقابل (جدول ۶) نشان‌دهنده‌ی آن است که خاک گونه‌ی پامپاس گراس با غلظت ۲۰٪ بیشترین میزان EC و خاک وتیور با غلظت

جدول ۴- رهنمودهای کیفیت آب آبیاری

میزان محدودیت			واحد	مشکلات آبیاری	
بدون محدودیت	محدویت کم تا متوسط	محدودیت شدید			
شوری (تاثیر بر میزان فراهمی آب برای گیاه)					
< ۰/۷	۰/۷-۳	> ۳	ds/m	EC	

< ۴۵۰	۴۵۰-۲۰۰۰	> ۲۰۰۰	Mg/L	TDS	
نفوذپذیری (تاثیر بر سرعت نفوذ آب به داخل خاک)					
> ۰/۷	۰/۲-۰/۷	< ۰/۲	و	SAR	
> ۱/۲	۰/۳-۱/۲	< ۰/۳			۰-۳
> ۱/۹	۰/۵-۱/۹	< ۰/۵			۳-۶
> ۲/۹	۱/۳-۲/۹	< ۱/۳			۶-۱۲
> ۵	۲/۹-۵	< ۲/۹			۱۲-۲۰
			۲۰-۴۰		

جدول ۵- تجزیه‌ی واریانس

منابع تغییر	EC	CL ⁻	SO ₄ ⁻²
اثر غلظت فرمالدئید (A)	** ۲/۹۹۵۷	**۱۷۹/۰۹۶۳	** ۳۶۶/۶۶۰۵
اثر گونه	**۱/۶۵۶۶ (B)	**۷۵/۹۸۸۷۱	**۹۱/۶۲۷۹۹
اثر متقابل غلظت فرمالدئید ۶ گونه	**۱/۴۶۸۱	**۱۹/۵۷۲۱۳	**۱۳۷/۸۶۰۸
خطای آزمایش	۰/۰۳۳۹	۰/۳۲۹۸۰۹	۲/۲۰۹۶۲۱
ضریب تغییر	۷/۳۴	۸/۸۱	۸/۷۱

** معنی داری در سطح ۱ درصد

جدول ۶- میانگین اثر غلظت فرمالدئید، میانگین گونه‌ها، میانگین \pm انحراف معیار اثرات متقابل EC.

میانگین غلظت فرمالدئید	جوجوبا	نخل مرداب	آلوئه ورا	سرو نقره ای	پامپاس گراس	وتیور گراس	شاهد
							۰/۷۴ \pm ۰/۰۱ F
۲/۲۰ \pm ۰/۵۸ B	۲/۷۶ \pm ۰/۳۳۷ C	۲/۰۲ \pm ۰/۱۶۶ D	۲/۷۷ \pm ۰/۲۷۸ C	۱/۸۷ \pm ۰/۱۲۵۳ D	۲/۵۴ \pm \pm ۰/۰۱۴۸ C	۱/۲۵ \pm \pm ۰/۱۵۲ E	F۱۰%
۲/۸۷ \pm ۰/۸۰۶ A	۱/۸۷ \pm ۰/۰۸۶ D	—	۳/۱۲ \pm ۰/۱۳۱ B	۲/۵۹ \pm \pm ۰/۳۲۸ C	۴/۱۸ \pm \pm ۰/۱۹۶ A	۲/۵۹ \pm \pm ۰/۰۳۷ C	F۲۰%
	۲/۳۲ \pm \pm ۰/۵۱ C	۲/۰۲ \pm \pm ۰/۱۶ DE	۲/۹۴ \pm \pm ۰/۲۷ B	۲/۲۳ \pm \pm ۰/۴۵ CD	۳/۳۶ \pm \pm ۰/۰۹ A	۱/۹۲ \pm \pm ۰/۷۳ E	میانگین گونه‌ها

* آن دسته از میانگین‌ها که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵٪ تفاوت آماری ندارند.

تأثیر پساب بر میزان کلر خاک (CL⁻):

کلر یکی از آنیونهای زیان‌بار در خاک‌های شور است. کلر در خاک تثبیت شده و همراه با جریان آب به عمق خاک می‌رود. کلر از طریق ریشه‌های گیاه همراه با جریان آب به راحتی جذب شده و به اندام‌های هوایی منتقل می‌گردد. کلر معمولاً از روزنه‌های آبی موجود در حاشیه‌ی برگ‌ها بر اثر تعرق خارج شده و سبب سوختگی در حاشیه‌ی آنها می‌شود. کمبود کلر باعث پژمردگی گیاه و کلروزه شدن نامنظم آن می‌گردد. پساب استفاده شده در آبیاری، حاوی ۵۴۷/۸۵ ppm کلر می‌باشد. باتوجه به جدول تجزیه‌ی واریانس (جدول ۵)، مشخص می‌گردد که غلظت فرمالدئید بر میزان کلر در سطح ۱٪ و همچنین گونه‌ها و اثرات متقابل آنها در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌دار به وجود می‌آورد. باتوجه به آزمون مقایسه‌ی میانگین دانکن (جدول ۷) در سطح معنی داری ۵٪، درمی‌یابیم تأثیر غلظت فرمالدئید

بر میزان کلر در تیمار ۲۰٪ بیشتر از ۱۰٪ بوده و در طبقه‌ی A قرار دارد. مقایسه‌ی میانگین سطوح مختلف گونه‌ها (جدول ۷) نیز از برتری گونه‌ی وتیور، در جذب بیشترین میزان کلر و بعد از آن به ترتیب سرو، آلوئه‌ورا، نخل مرداب و پامپاس‌گراس قرار دارند. جوجوبا با توجه به ریشه‌ی بسیار کوچک و ضعیفی که داشت کمترین میزان جذب کلر را دارا بود. در نهایت، مقایسه‌ی میانگین اثرات متقابل (جدول ۷) نشان‌دهنده‌ی آن است که تیمارهای وتیور با غلظت ۱۰٪ و ۲۰٪ و سرو با غلظت ۱۰٪ بیشترین میزان جذب کلر و جوجوبا ۲۰٪ و پامپاس‌گراس ۱۰٪ کمترین میزان جذب کلر را داشته‌اند. شاهد با تیمارهای وتیور ۲۰٪ و سرو ۱۰٪ تفاوت معنی‌داری نداشت، اما با سایر تیمارها متفاوت بود. آبیاری با پساب به‌خصوص به علت فرایند کلرزنی در تصفیه‌خانه‌ها، می‌تواند غلظت این عنصر را در خاک

مقایسه‌ی میانگین سطوح مختلف گونه‌ها (جدول ۸) نیز از برتری نخل مرداب و تیور، در جذب بیشترین میزان سولفات و بعد از آنها به ترتیب حووبا، سرو، آلوئه‌ورا و پامپاس قرار دارند.

در نهایت مقایسه‌ی میانگین اثرات متقابل (جدول ۸) نشان‌دهنده‌ی آن است که تیور با غلظت ۱۰٪ بیشترین میزان جذب سولفات و پامپاس گراس ۲۰٪ کمترین میزان جذب سولفات را دارا می‌باشند. شاهد با تمام تیمارها تفاوت معنی‌دار دارد و میزان آن از همه کمتر است.

پساب مورد استفاده حاوی ۱۴۶۹/۲۳ ppm سولفات بود که تقریباً ۳ برابر حد مجاز است؛ با این وجود، تمامی گونه‌ها رشد مناسبی داشتند و خاک گونه‌ی پامپاس گراس ۲۰٪ با بیشترین افزایش اما زنده مانی کامل و رشد خوب نسبت به شاهد از گونه‌های موفق و تیور در تیمار ۱۰٪ نیز با کمترین افزایش سولفات نسبت به خاک شاهد موفق‌ترین گونه در جذب بالای سولفات شناخته می‌شود.

افزایش داده و به حد سمیت برای گیاهان برساند. گیاهان زراعی و درختان میوه به یون کلر حساس بوده و چنانچه مقدار این عنصر در عصاره‌ی اشباع خاک، به حدود ۱۰ meq/lit برسد، برای بسیاری از گیاهان ایجاد مسمومیت می‌کند (آپرس و وستکات، ۱۹۸۵).

پروان (۱۳۸۵) در کار تحقیقاتی خود در مورد اثرات طولانی مدت پساب، افزایش میزان کلر را در اعماق مختلف خاک گزارش کرده است.

تأثیر پساب بر میزان سولفات خاک (SO_4^{2-}):

با توجه به جدول تجزیه‌ی واریانس (جدول ۵)، مشخص می‌گردد که غلظت فرمالدئید بر میزان سولفات در سطح ۱٪ و همچنین گونه‌ها و اثرات متقابل آنها در سطح ۱٪، تفاوت معنی‌دار آماری به وجود می‌آورد.

باتوجه به آزمون مقایسه‌ی میانگین دانکن (جدول ۸) در سطح معنی‌داری ۵٪ درمی‌یابیم که تأثیر غلظت فرمالدئید بر اندازه‌ی سولفات در تیمار ۱۰٪ بیشتر از ۲۰٪ بوده و در طبقه B قرار دارد.

جدول ۷- میانگین اثر غلظت فرمالدئید، میانگین گونه‌ها، میانگین \pm انحراف معیار اثرات متقابل CL^- .

میانگین غلظت فرمالدئید	حوووبا	نخل مرداب	آلوئه‌ورا	سرو نقره‌ای	پامپاس گراس	تیور گراس	شاهد
							۴/۵ \pm ۰/۱F
F۱۰%	۱/۰۹ \pm ۰/۴۰H	۵/۵۷ \pm ۰/۵۶E	۴/۹ \pm ۰/۹۹EF	۴/۵۲ \pm ۰/۷۶F	۷/۵۴ \pm ۰/۴۶C	۲/۷۶ \pm ۰/۴۱G	
F۲۰%	۴/۴۱ \pm ۰/۵۴F	_____	۹/۰۲ \pm ۰/۲۸B	۶/۵۲ \pm ۰/۴۱D	۱۸/۷۲ \pm ۰/۶A	۶/۵۷ \pm ۰/۵۱D	
میانگین گونه‌ها	۲/۷۵ \pm ۱/۸۶E	۵/۵۷ \pm ۰/۵۶C	۶/۹۶ \pm ۰/۳۴B	۵/۵۲ \pm ۱/۲۲C	۱۳/۱۳ \pm ۶/۱۴A	۴/۶۶ \pm ۲/۱۳D	

* آن دسته از میانگین‌ها که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵٪ تفاوت آماری ندارند.

جدول ۸- میانگین اثر غلظت فرمالدئید، میانگین گونه‌ها، میانگین \pm انحراف معیار اثرات متقابل SO_4^{2-} .

میانگین غلظت فرمالدئید	حوووبا	نخل مرداب	آلوئه‌ورا	سرو نقره‌ای	پامپاس گراس	تیور گراس	شاهد
							۱/۲۵ \pm ۰/۰۲G
F۱۰%	۱۸/۰۳ \pm ۱/۰۹C	۱۲/۴۹ \pm ۰/۸۲DE	۱۹/۷۷ \pm ۱/۱۴C	۱۱/۵۸ \pm ۰/۵۶E	۱۴/۲۸ \pm ۰/۶۶D	۶/۵۵ \pm ۱/۳F	
F۲۰%	۱۰/۰۷ \pm ۰/۰۷E	_____	۲۴/۰۵ \pm ۲/۸۵B	۲۰/۰۵ \pm ۱/۷C	۳۰/۶۶ \pm ۲/۵۶A	۲۰/۳۴ \pm ۱/۰۶C	
میانگین گونه‌ها	۱۴/۰۵ \pm ۴/۴۱ BC	۱۲/۴۹ \pm ۰/۸۲ C	۲۱/۹۱ \pm ۳/۰۴A	۱۵/۸۱ \pm ۴/۷۷B	۲۲/۴۷ \pm ۱/۲A	۱۳/۴۷ \pm ۷/۶۳C	

* آن دسته از میانگین‌ها که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵٪ تفاوت آماری ندارند.

جدول ۹ - میانگین میزان رشد گونه‌ها

گونه	وتیور شاهد	وتیور گراس ۱۰٪	وتیور گراس ۲۰٪	پامپاس گراس شاهد	پامپاس گراس ۱۰٪	پامپاس گراس ۲۰٪
میانگین میزان رشد	۲۰	۸/۶۷	۱۱/۶۷	۷۶/۶۷	۷۶/۶	۵۷/۶
گونه	سرو شاهد	سرو ۱۰٪	سرو ۲۰٪	آلوئه ورا شاهد	آلوئه ورا ۱۰٪	آلوئه ورا ۲۰٪
میانگین میزان رشد	۴	۳/۳۳	۳/۶۷	۱۱/۶۷	۸/۶۷	۶/۶۷
گونه	حوجوبا شاهد	حوجوبا ۱۰٪	حوجوبا ۲۰٪	نخل مرداب شاهد	نخل مرداب ۱۰٪	نخل مرداب ۲۰٪
میانگین میزان رشد	۲/۶۷	۳/۶۷	۳	۲۴/۳۳	۱۹	-

است، اما از جنبه‌ی نفوذپذیری بدون محدودیت می‌باشد. پساب صنعتی با $pH=4/53$ ، ۲ واحد کمتر از حد مجاز است و از آب‌های اسیدی محسوب می‌گردد. فرمالدئید موجود در پساب ۴۵ برابر و سولفات تقریباً ۳ برابر حدمجاز برای مصارف کشاورزی و آبیاری است.

باتوجه به این محدودیت‌ها گونه‌های مورد استفاده با غلظت‌های ۱۰٪ و ۲۰٪ به خوبی با شرایط پساب خود را تطبیق داده و رشد کردند. بیشترین میزان رشد (جدول ۹) مربوط به پامپاس گراس و موفق‌ترین گونه در جذب زیاد عوامل مضر موجود در پساب و تیور گراس بود.

برای انجام طرح‌های همانند، گونه‌هایی کاشته شوند که نیاز آبی زیادی داشته و فرآورده‌ی آنها در سایر امور، مانند علوفه‌ی دام، کاربرد در صنایع دستی و موارد مشابه مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

- ۱- افیونی، م.، رضایی نژادی،، خیامباش، ب. ۱۳۷۷. اثر لجن فاضلاب بر عملکرد و جذب فلزات سنگین به‌وسیله‌ی کاهو و اسفناج. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد دوم، شماره اول، ص ۱۹-۳۰.
- ۲- آقابرانی، ا.، ۱۳۸۵. اثر آبیاری با پساب شهری بر ویژگی‌های شیمیایی خاک و رشد زیتون در فضای سبز شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، ص ۱۰۰.
- ۳- پروان، م. ۱۳۸۳. اثرات آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر روی خصوصیات خاک. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۴- ترابیان، ع.، و هاشمی، ف. ۱۳۷۸. آبیاری فضای سبز با پساب تصفیه شده تصفیه خانه‌های تهران. مجله آب و فاضلاب. ۲۹: ۳۶ - ۳۱.

نتیجه‌گیری

استفاده از پساب در کشاورزی برای اهداف توسعه اقتصادی، فقط زمانی قابل اجرا خواهد بود که حفاظت و نگهداری طولانی مدت منابع و همچنین پایداری و تندرستی عموم امکان‌پذیر باشد. بررسی چالش‌های توأم با کاربرد پساب در کشاورزی نشان می‌دهند که بسیاری از این دشواری‌ها را می‌توان با برنامه‌ریزی‌های اصولی و اعمال روش‌های مدیریتی صحیح، برطرف کرد. در این‌گونه روش‌ها از سامانه‌ی تلفیقی مهار کردن (مجموعه‌ای از راهکارهای مختلف) جهت جلوگیری، کاهش و جبران زیان‌های زیست محیطی و بهداشتی استفاده می‌شود که نتیجه‌ی آن، کاهش هزینه‌ها، بی‌نیازی به معیارهای سختگیرانه و تضمین موفقیت برنامه‌ریزی‌ها است. در سامانه‌ی مدیریت تلفیقی کاربرد پساب در کشاورزی، مجموعه‌ای از گزینه‌های مختلف به کار گرفته می‌شود که اهم آنها عبارتند از:

- ۱- استفاده از معیارها و رهنمودهای مناسب.
 - ۲- به‌کارگیری روش‌های بهینه‌ی تصفیه.
 - ۳- کاربرد الگوهای کشت مناسب.
 - ۴- به‌کارگیری روش‌های کاشت و آبیاری مناسب.
 - ۵- اعمال روش‌های لازم به منظور محدودسازی تماس و در معرض قرار گرفتن کارگران و عموم مردم.
 - ۶- تدوین و اجرای دستورالعمل‌های لازم (برای گروه‌های مختلف ذی‌ربط مانند کشاورزان و عوامل اجرایی مهارکننده).
 - ۷- ایجاد و اجرای سامانه‌ی پایش دقیق و کارآمد.
- با بررسی پساب تولیدی کارخانه مشخص گردید که پساب از لحاظ شوری و $TDS (mg/lit)$ دارای محدودیت شدید

Canada-Saskatchewan, Agriculture Green Plan.

15-Giese, M., Bauer-Doranth, U., Langebartels, C., Sandermann, H. 1994. Detoxification of Formaldehyde by the Spider Plant (*Chlorophytum comosum* L.) and by Soybean (*Glycine max* L.) Cell-Suspension Cultures. *Plant Physiol.* 104: 1301-1309.

16- Kondo, T., Hasegawa, K., Uchida, R., Onishi, M., Mizukami, A., and Omasa, K. 1996. Absorption of formaldehyde by deciduous broad-leaved, evergreen broad-leaved, and coniferous tree species. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 69:3673-3679.

17- Hussain, G.H., Al -jaloud, A.A., and karimulla, S. 1996. Effect of treated effluent irrigation and nitrogen on yield and nitrogen use efficiency of wheat. *Agric. Water Manage.* 30: 175-184.

18- Kwang, J.K., Kil, M.J., Song, J.S., Ha., Yoo, E. 2008. Efficiency of volatile formaldehyde removal by indoor plants: contribution of aerial plant parts versus the root zone. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 133: 521-526.

19- Sharma, R., Grawal, M.A., and Marshall, F. 2007. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 66: 258-266.

20- Wolverton, B., McDonald, R.C., Watkins, E.A. 1984. Foliage plants for removing indoor air pollutants from energy-efficient homes. *Econ. Bot.* 38:224-228.

21- Xie, M., Kuffer, U., Moigne, L. 1993. Using water efficiently. World Bank Technical Paper Number 206. The World Bank, Washington D.C. Soybean (*Glycine max* L.) Cell-Suspension Cultures. *Plant Physiol.* 104: 1301-1309 coniferous tree species. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 69:3673-3679.

۵- جلی، س.ج. ۱۳۷۸. تجارب جهانی به‌کارگیری پساب‌ها در آبیاری. مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۸: ۳۵-۵۲.

۶- حسن اقلی، ع.، لیاقت، ع.، و میراب زاده، م. ۱۳۸۱. تغییرات میزان مواد آلی خاک در نتیجه آبیاری با فاضلاب‌های خانگی و خود پالایی آن. *مجله آب و فاضلاب*، ۴۲: ۲۰-۱۱.

۷- ذامیادی، آ.، لیاقت، ع.، و حسن اقلی، ع. ۱۳۸۲. بررسی امکان تصفیه آب‌های آلوده به فلز روی توسط خاک تحت کشت آفتابگردان، یولاف و نی (پالایش سبز) *مجله آب و فاضلاب*، ۴۸: ۱۱-۳.

۸- عرفانی، ع.، حق نیا، غ.، علیزاده، ا. ۱۳۸۱. تاثیر آبیاری با فاضلاب بر عملکرد و کیفیت کاهو و برخی ویژگی‌های خاک. *علوم و فنون و کشاورزی و منابع طبیعی*، ۶(۱): ۷۱-۹۰.

۹- معاضد، ه.، حنیفه لو، ا. ۱۳۸۵. ارزیابی کیفیت فاضلاب‌های ورودی و خروجی تصفیه خانه فاضلاب غرب شهر اهواز برای استفاده مجدد در کشاورزی. *مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زه‌کشی، اهواز*.

۱۰- منزوی، م. ۱۳۷۲. فاضلاب شهری. چاپ چهارم، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۰۳.

۱۱- واثقی، س.، افیونی، م.، شریعتمداری، ح.، مبلی، م. ۱۳۸۲. اثر لجن فاضلاب و pH خاک بر قابلیت جذب عناصر کم مصرف و فلزات سنگین *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۷(۳): ۱۰۶-۹۵.

12- Angelakis, A.N., Marecos Do Monte M. H. F, Bontoux L, Asano T. 1999. The Status of Wastewater Reuse Practices in the Mediterranean Basin: Need for Guidelines. *Wat. Res.* 33: 10. pp. 2201-2217.

13- Ayers, R.S., and Westcot D.W. 1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 29, FAO, Rome, Italy.

14-Cameron, D.R. 1996. Sustainable Effluent Irrigation Phase I: Literature Review, International Perspective and Standards. Tech. Rept. Prepared for Irrigation Sustainability. Committee,