



دانشگاه گوارن و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و چهارم، شماره پنجم، ۱۳۹۶

<http://jwsc.gau.ac.ir>

## تأثیر فیلترهای حاوی زئولیت، پرلیت و رزین بر اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و بیوشیمیایی پساب (مطالعه موردی: پساب محلات)

احسان صفری<sup>۱</sup> و \* جواد مظفری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک، آستادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۹

### چکیده

**سابقه و هدف:** بحران آب در سال‌های اخیر سبب استفاده از پساب‌ها در سال‌های اخیر در بخش کشاورزی شده است. با توجه به نیاز روزافزون به پساب‌ها در کشاورزی، تصفیه پساب‌ها در کشور با هدف استفاده در کشاورزی در حال اجرا می‌باشد. بنابراین بررسی کاهش آلاینده‌های موجود در پساب‌ها ضروری می‌باشد. در این پژوهش استفاده از فیلترها و جاذب‌های طبیعی مانند زئولیت‌ها، پرلیت و رزین‌های آنیونی برای بهبود ویژگی‌های پساب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش در ۱۸ ستون پی‌وی‌سی به‌منظور بررسی اثر فیلترهای ترکیبی، شامل زئولیت اصلاح‌شده، پرلیت و رزین‌های آنیونی در کاهش آلودگی پساب خروجی انجام شد. واحدهای آزمایشی از لوله‌های پی‌وی‌سی با قطر ۱۰/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر ساخته شدند. برای جلوگیری از خروج ذرات خاک، پنج سانتی‌متر کف هر ستون از فیلتر ماسه‌ای پر شد. بر روی فیلتر ماسه‌ای به ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر، خاک یا خاک ترکیب شده با زئولیت، پرلیت و رزین آنیونی به‌صورت مخلوط یا لایه به لایه پر شده است. آزمایش‌ها در مجموع ۹ تیمار با دو تکرار انجام گردید. طرح آماری شامل دو فاکتور روش کاربرد فیلتر ترکیبی (لایه‌ای و مخلوط) و درصد وزنی ذرات به‌کار رفته در فیلتر می‌باشد. اولین فاکتور، استفاده از زئولیت، پرلیت و رزین در دو حالت مخلوط و لایه به لایه و دومین فاکتور درصد زئولیت، پرلیت و رزین در دو سطح ۲ و ۴ درصد وزنی می‌باشد. تزریق پساب به داخل خاک به طریق غرقابی و ۱۰ مرتبه با تناوب هفتگی تکرار گردید. آب خروجی پس از ۲۴ ساعت از آبیاری جمع‌آوری گردید. اندازه‌گیری اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی زه‌آب خروجی از ستون‌های آزمایش در آزمایشگاه صورت گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که تیمار لایه‌ای شامل زئولیت، پرلیت و رزین با چهار درصد وزنی، بیش‌ترین اثر را در میان تیمارها دارد. به‌طوری‌که مقدار  $BOD_5$  تا بیش از ۴۷ درصد و  $COD$  بیش از ۱۶ درصد کاهش یافته است. تیمار شاهد نیز کم‌ترین تأثیر را با کاهش ۳۶/۲ درصدی برای  $BOD_5$  و ۱۲/۲۶ درصدی برای  $COD$  داراست. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از زئولیت، پرلیت و رزین به شکل مخلوط سبب کاهش  $BOD_5$  و  $COD$  نسبت به تیمار

\* مسئول مکاتبه: javad\_370@yahoo.com

شاهد می‌شوند، اما تیمارهای لایه‌ای توانایی بیشتری در کاهش دارند. علاوه بر این، تأثیر پرلیت بیش‌تر از زئولیت در کاهش  $BOD_5$  و COD زه‌آب خروجی می‌باشد و هرچه درصد وزنی ذرات به‌کار رفته بیش‌تر باشد تأثیر آن بیش‌تر است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد فیلترهای استفاده شده نسبت به تیمار شاهد، سبب کاهش بیش‌تری در مقادیر  $BOD_5$  و COD می‌شوند. اما تغییر درصد وزنی فیلترها از ۲ به ۴ درصد وزنی، تأثیر چندانی بر میزان خروجی  $BOD_5$  و COD نداشته است. بیش‌ترین مقدار کاهش  $BOD_5$  و COD برای فیلتر لایه‌ای حاوی زئولیت، پرلیت و رزین با درصد وزنی ۴ درصد و کم‌ترین آن برای فیلتر زئولیت با درصد وزنی ۲ درصد می‌باشد. یکی از دلایل توانایی بیش‌تر برای جذب  $BOD_5$  و COD در ستون‌های لایه‌ای، سرعت کم‌تر گذر آب از این ستون‌هاست. لایه‌های زئولیت، پرلیت و رزین در ستون‌های خاک، از عبور مواد آلی جلوگیری می‌کنند و با کاهش غلظت این مواد، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و بیوشیمیایی کاهش می‌یابد. مقایسه مقدار خروجی  $BOD_5$  و COD از ستون‌های آزمایشی نسبت به مقدار اجازه داده شده آن‌ها برای استفاده در کشاورزی، نشان داد که پساب خروجی قابلیت استفاده در کشاورزی را پیدا می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** پساب، فیلتر ترکیبی،  $BOD_5$ ، COD

#### مقدمه

زه‌آب‌ها سعی کردند تا از فاضلاب‌های با کیفیت پائین (فاضلاب خام) برای کشاورزی استفاده کنند. بدین ترتیب که ابتدا فاضلاب خام که دارای  $BOD_5$  در حدود  $160\text{ mg/lit}$  بود، جهت آبیاری یک گیاه صنعتی (سویا) استفاده می‌شد. سپس زه‌آب حاصل از سویا جمع‌آوری و جهت آبیاری یک گیاه علوفه‌ای (ذرت علوفه‌ای) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که بسیاری از آلودگی‌های فاضلاب پس از عبور از پروفیل خاک به‌میزان قابل‌توجهی کاهش یافت، به‌گونه‌ای که میزان متوسط  $BOD_5$  از  $160$  میلی‌گرم در لیتر به  $90$  میلی‌گرم در لیتر تقلیل یافت. طی این روند COD فاضلاب نیز از  $237$  میلی‌گرم در لیتر به  $36$  میلی‌گرم در لیتر کاهش یافت (۱). در فصل رشد (ماه‌های معتدل و گرم) مجموعه زمین و گیاه می‌تواند به‌عنوان یک فیلتر زنده برای حذف مواد معلق،  $BOD$ ، نیتروژن، فسفر و پتاسیم باقی‌مانده در فاضلاب تصفیه‌شده عمل نماید که با شروع فصل بهار مواد ذخیره شده به گیاه منتقل شده و رشد بیش‌تر گیاه را باعث می‌شود (۶). زمانیان

با توجه به‌میزان استقبال و هم‌چنین نیاز به استفاده از پساب‌ها و آب‌های برگشتی در کشاورزی، در حال حاضر بیش‌تر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در سطح کشور با هدف استفاده مجدد از پساب موجود در کشاورزی، طراحی و اجرا می‌گردند. از جمله مواد آلی موجود در پساب می‌توان کربوهیدرات‌ها (۲۵ تا ۵۰ درصد)، چربی‌ها (تقریباً ۱۰ درصد)، پروتئین‌ها (۴۰ تا ۶۰ درصد)، مواد قلیایی و مواد پاک‌کننده صنعتی، محصولات حاصل از تجزیه آن‌ها و نیز سایر ترکیبات شیمیایی و آلی طبیعی و مصنوعی حاصل از فرایندهای صنعتی را نام برد. این مواد در مصارف خانگی آب (فرایند تهیه غذا) و یا در مصارف صنعتی به آب اضافه شده است، یا این‌که مواد حاصل از فعالیت‌های بیولوژیکی در طی مراحل دوم تصفیه هستند. عمل تصفیه سبب کاهش میزان مواد آلی می‌شود (۳). بهروز و لیاقت (۲۰۰۳) در پژوهشی در دانشکده کشاورزی کرج، با بهره‌گیری از پروفیل خاک به‌عنوان یک فیلتر بیولوژیکی و استفاده مجدد از

افزایش مقدار زئولیت، میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و بیوشیمیایی پساب کاهش بیشتری می‌یابد (۵).

به‌طورکلی، بررسی استفاده از مواد اصلاحی در خاک که سبب کاهش آلودگی آن می‌گردد، دارای اهمیت می‌باشد. بنابراین، هدف اصلی این پژوهش، بررسی کاهش آلودگی پساب شهری برای استفاده در کشاورزی می‌باشد. برای انجام این هدف، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و بیوشیمیایی پساب مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

### مواد و روش‌ها

خاک استفاده شده در این پژوهش از محدوده تصفیه‌خانه محلات در استان مرکزی تهیه شد. شهر محلات در مختصات جغرافیایی  $33^{\circ} 55' 48''$  شمالی و  $49^{\circ} 25' 12''$  شرقی قرار دارد. خاک موردنظر از چندین قسمت واقع در یک قطعه ۳ هکتاری برداشته شد و بعد از آوردن به محیط سرپوشیده در هوای آزاد خشک و سپس با هم مخلوط شد. ۸۷ درصد بافت سطحی اراضی محدوده مورد مطالعه، بافتی سنگین و بقیه بافتی متوسط دارد. مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

(۲۰۰۸) بیان کرد که زئولیت به‌دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و نیز حفرات و کانال‌های خود می‌تواند بعضی از مواد آلی موجود در شیرابه را در خود جای دهد و از خروج آن‌ها جلوگیری کند و راندمان حذف اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی نسبت به زمان تغییر قابل‌توجهی نداشته و فقط در دور آبیاری آخر، با دیگر دوره‌های آبیاری اختلاف معنی‌داری داشت (۹). کریستن (۲۰۱۰) کاهش ۸۵ درصدی  $BOD_5$  زه‌آب خروجی از زهکش زمین مورد مطالعه را نتیجه گرفت و بیان کرد که  $BOD_5$  زه‌آب خروجی هنوز بیش از حد استاندارد بوده و برای تخلیه به آب‌های شیرین باید تصفیه بیشتری شود (۲). طباطبائی و همکاران (۲۰۱۱) و طاهری‌سودجانی و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که استفاده از زئولیت طبیعی موجب کاهش نفوذپذیری و افزایش SAR زه‌آب خروجی می‌شود که استفاده از آن را با محدودیت مواجه می‌کند، بنابراین برای رفع دو مشکل فوق زئولیت با استفاده از اسیدکلریدریک و کلرید کلسیم اصلاح گردید (۷) و (۸). قبادی‌نیا و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند با استفاده از پساب در خاک، سرعت نفوذ بیش‌تر می‌گردد (۴). میلان و یوگش (۲۰۱۵) به بررسی کاربرد زئولیت در کاهش  $BOD_5$  و COD پرداختند و بیان کردند که با

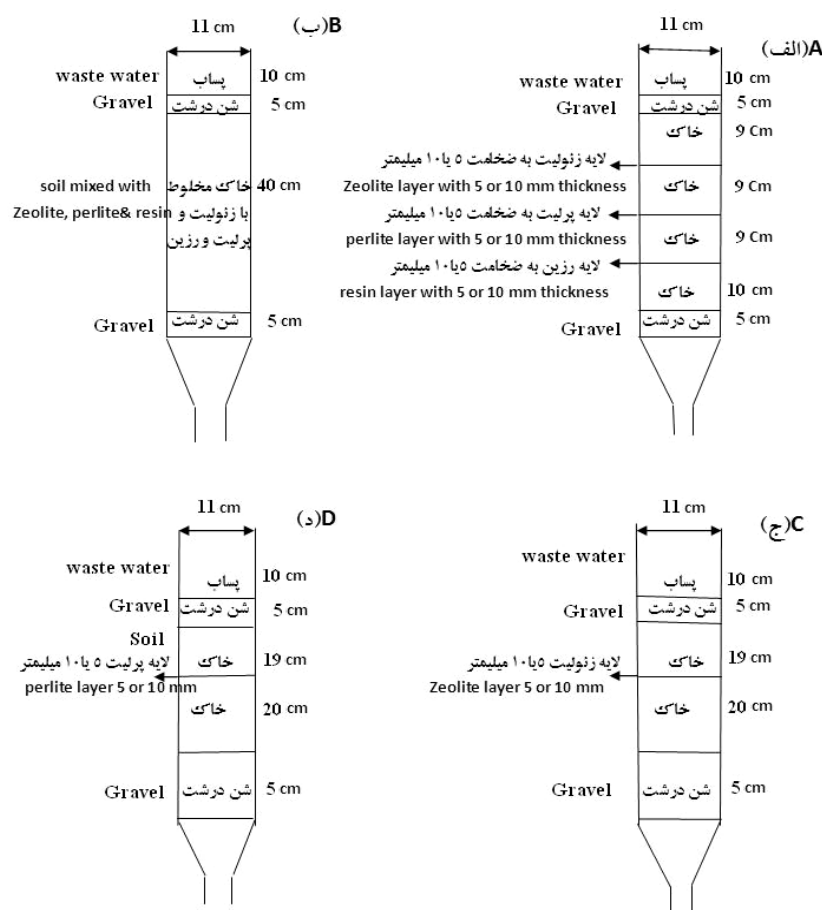
جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک استفاده شده در آزمایش.

Table 1. Physical properties of the soil used in the experiment.

بافت خاک Soil texture	درصد خلل و فرج Porosity	قابلیت نفوذ Permeability (cm/h)	جرم ویژه ظاهری Bulk density (gr/cm <sup>3</sup> )	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	عمق نمونه Sample depth
Cl	44.32	3.3	1.47	31	38.4	30.6	0-25
Cl	39.08	1.96	1.59	33	34.4	32.6	25-55
L	36.36	2.56	1.68	37	36.4	26.6	55-85
Si.c.l	34.6	1.77	1.72	11	49.4	39.6	85-125

۵ سانتی‌متر کف هر ستون با استفاده از فیلتر شنی برای جلوگیری از خروج ذرات خاک پر شد. روی فیلتر شنی تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر از خاک یا ترکیب خاک زئولیت اصلاح‌شده و پرلیت و رزین آنیونی به‌صورت مخلوط و یا به‌صورت لایه‌ای پر شد. برای پر کردن ستون آزمایشی لایه‌ای مشابه ستون مخلوط عمل می‌شود با این تفاوت که همان میزان زئولیت و پرلیت و رزین به‌صورت لایه به لایه با درصد یکسان داخل ستون ریخته می‌شود. سپس برای جلوگیری از بهم خوردن سطح خاک، لایه‌ای از شن درشت به ارتفاع ۵ سانتی‌متر داخل هر لوله ریخته شد. بدین ترتیب ۱۰ سانتی‌متر از بالای هر لوله برای آبیاری ستون خاک باقی می‌ماند.

در این پژوهش ذرات زئولیت، پرلیت و رزین از الک ۶۳ میکرون عبور داده و از مواد فوق در اندازه کوچک‌تر از ۶۳ میکرون استفاده شد. برای جلوگیری از خروج ذرات خاک از کف ستون‌ها از فیلتر استفاده شد. انتخاب فیلتر به روش USBR انجام گرفت. به این صورت که بعد از تعیین  $D_{60}$  (اندازه‌ای از قطر ذرات خاک که ۶۰ درصد مواد تشکیل‌دهنده خاک از آن کوچک‌تر باشد) از روی منحنی دانه‌بندی خاک، حد بالا و پائین فیلتر با توجه به استاندارد USBR تعیین شد. واحدهای آزمایشی در داخل ۱۸ ستون استوانه‌ای از جنس لوله پی‌وی‌سی ۱۱۰ میلی‌متری به قطر داخلی ۱۰/۵ سانتی‌متر و با ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر پیاده شد. شکل ۱ شمایی از تیمارها را نشان می‌دهد.



شکل ۱- روش لایه‌ای با زئولیت، پرلیت، رزین (الف)، مخلوط با زئولیت، پرلیت، رزین (ب)، لایه‌ای با زئولیت (ج) و لایه‌ای با پرلیت (د).

Figure 1. Layer method with zeolite, perlite, resin (A), mixed with zeolite, perlite and resin (B), Layer with zeolite (C) and layer with perlite (D).

در سه آبیاری اول،  $1/5nv$  ( $n$  تخلخل ستون خاک و  $v$  حجم کل ستون خاک) صورت گرفت تا خاک نشت خود را داشته باشد سپس در سه دور آبیاری بعدی به میزان  $nv$  (حجم فضای خالی موجود در خاک پر شده در ستون‌ها) با روش غرقابی بر مبنای دور ثابت ۷ روز به تعداد ۶ دور آبیاری شدند.

برای جلوگیری از حرکت جانبی آب به طرف پائین ستون‌ها قسمت داخلی ستون‌ها با استفاده از گریس پوشانده شد. به منظور انسداد بخش انتهایی ستون‌ها و در عین حال برقراری امکان خروج آب، از توری فلزی با قطر روزنه‌های یک میلی‌متر استفاده شد. در ابتدا تمام ستون‌های آزمایشی با استفاده از آب معمولی آبیاری می‌شود. حجم پساب به کار برده شده

جدول ۲- مشخصات تیمارها.

Table 2. Treatment characteristic.

تیمار Treatment	روش کاربرد Method of application	خاک (گرم) Soil(gr)	درصد وزنی زئولیت، پرلیت، رزین Wight percent of Zeolite, Perlite and resin
Sh		3700	
M2	مخلوط زئولیت، پرلیت، رزین با خاک Mixing zeolite, perlite, resin and soil	3625	2%
M4	مخلوط زئولیت، پرلیت، رزین با خاک Mixing zeolite, perlite, resin and soil	3550	4%
Lzpr2	لایه زئولیت، پرلیت، رزین به ضخامت ۵ میلی‌متر Layer of zeolite, perlite, resin with 5 mm thickness	3625	2%
Lzpr4	لایه زئولیت، پرلیت، رزین به ضخامت ۱۰ میلی‌متر Layer of zeolite, perlite, resin with 10 mm thickness	3550	4%
Lz2	لایه زئولیت، به ضخامت ۵ میلی‌متر Layer of zeolite with 5 mm thickness	3675	2%
Lz4	لایه زئولیت، به ضخامت ۱۰ میلی‌متر Layer of zeolite with 10 mm thickness	3650	4%
Lp2	لایه پرلیت، به ضخامت ۵ میلی‌متر Layer of perlite with 5 mm thickness	3675	2%
Lp4	لایه پرلیت، به ضخامت ۱۰ میلی‌متر Layer of perlite with 10 mm thickness	3650	4%

۲ درصد وزنی شامل ۲۵ گرم زئولیت، ۲۵ گرم پرلیت و ۲۵ گرم رزین و ۴ درصد وزنی شامل ۵۰ گرم زئولیت، ۵۰ گرم پرلیت و ۵۰ گرم رزین می‌باشد. طرح آماری در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور اجرا گردید. فاکتور اول، روش کاربرد زئولیت اصلاح شده، پرلیت و رزین در دو سطح لایه‌ای و مخلوط و فاکتور دوم درصد مواد زئولیت اصلاح شده، پرلیت و رزین در دو سطح ۲ و ۴ درصد وزنی

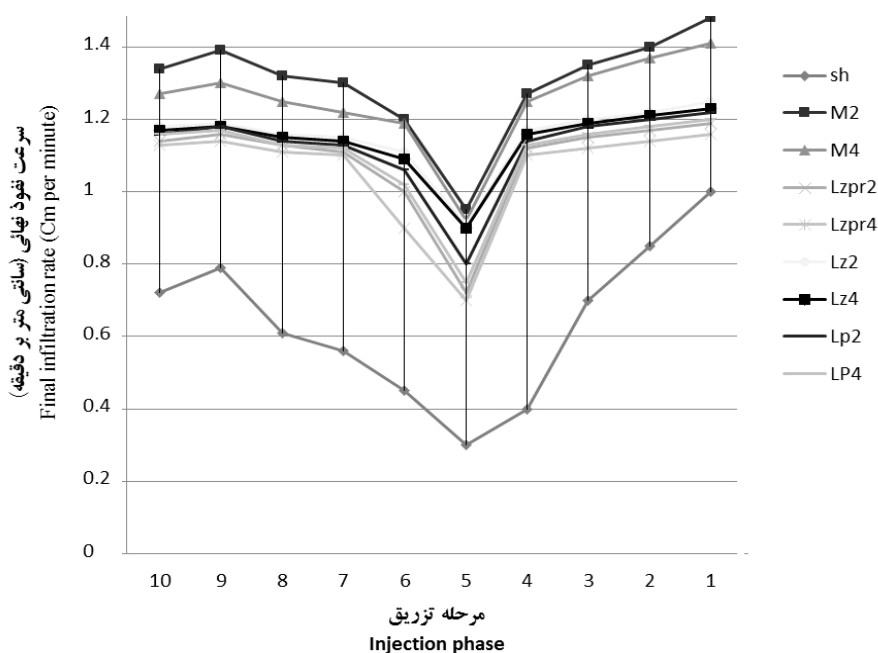
این آزمایش مشتمل بر ۹ تیمار و ۲ تکرار بود. هر یک از تیمارها با علامت اختصاری sh، M2، M4، Lzpr2، Lzpr4، Lz2، Lz4، Lp2، Lp4 نمایش داده شده است و اندیس‌ها به صورت زیر تعریف شدند: sh بیانگر ستون شاهد، M بیانگر ستون مخلوط با خاک، L بیانگر ستون لایه‌ای در خاک، Z زئولیت، p پرلیت و r رزین و ۲ و ۴ درصد وزنی زئولیت، پرلیت و رزین می‌باشد که در جدول ۲ آمده است.

تا پنجم به علت بالا بودن میزان مواد جامد معلق پساب و وجود لایه‌های فیلتر در خاک شدت نفوذ کاهش یافته اما از این مرحله به بعد با اشباع شدن فیلتر به تدریج افزایش نسبی نفوذ در تمام تیمارها مشاهده شد که با نتایج قبادی‌نیا و همکاران (۲۰۱۴) مبنی بر بهبود سرعت نفوذ در استفاده از پساب مطابقت داشت (۴). بیش‌ترین و کم‌ترین سرعت نفوذ به ترتیب متعلق به تیمارهای به روش مخلوط با دو درصد وزنی و روش لایه‌ای با ۴ درصد وزنی به مقدار  $1/48$  و  $1/06$  سانتی‌متر بر دقیقه می‌باشد. همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود اختلاف معنی‌داری بین کاربرد فیلتر ترکیبی در سطح و یا در وسط خاک وجود ندارد و اختلاف بین تیمارهای مخلوط و لایه‌ای زیاد نمی‌باشد.

می‌باشد. برای اندازه‌گیری مؤلفه‌های شیمیایی پساب خروجی از ستون‌ها ۱۰ مرتبه تزریق پساب با تناوب هفتگی صورت گرفت و در هر بار تزریق نفوذ اندازه‌گیری و از پساب ورودی ۲ مرتبه نمونه برداشت شد. جمع‌آوری زه آب خروجی از ستون‌های خاک پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان آبیاری انجام شد. پس از دور نهم یک آبشویی صورت گرفت. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و اندازه‌گیری انجام گردید.

### نتایج و بحث

بررسی تغییرات نفوذ طی دوره آزمایش: شکل ۲، سرعت نفوذ اندازه‌گیری شده در مراحل تزریق آب را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مذکور در مرحله اول



شکل ۲- سرعت نفوذ اندازه‌گیری شده در مراحل تزریق پساب.

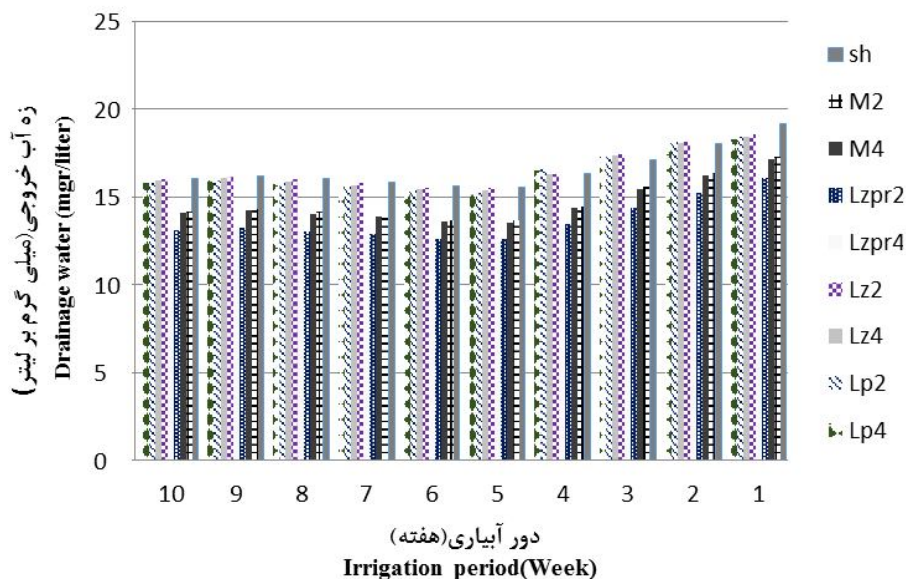
Figure 2. Infiltration rates measured in the wastewater injection.

است. در این آزمایش فرض بر این است که همه مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیک موجود در نمونه آب به وسیله میکروارگانیسم‌ها و با مصرف اکسیژن به

بررسی تغییرات اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی: متداول‌ترین روش برای اندازه‌گیری مواد آلی اکسیژن خواه، آزمایش اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی ( $BOD_5$ )

به بعد با افزایش سرعت نفوذ  $BOD_5$  خروجی نسبت به دوره‌های بعد بیش‌تر شده است. با آبخوئی خاک پس از دور نهم مشاهده گردید که  $BOD_5$  در دور دهم مجدداً کاهش یافت. همچنین، با افزایش میزان ژئولیت به‌کار رفته از ۲ به ۴ درصد میزان  $BOD_5$  زه‌آب خروجی به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. ژئولیت و پرلیت و رزین‌های آنیونی به‌دلیل دارا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی و آنیونی بالا و نیز حفرات و کانال‌های خود می‌تواند مواد آلی را در خود جای دهد و از خروج آن‌ها جلوگیری کند.

$CO_2$  و آب تبدیل می‌شوند. عامل‌های مؤثر بر سرعت واکنش شامل ماهیت فاضلاب، توانائی ارگانسیم‌های موجود در سیستم در استفاده از فاضلاب و دما می‌باشد. با توجه به شکل ۳ میزان  $BOD_5$  زه‌آب خروجی در همه ستون‌های آزمایشی کم‌تر از میزان ورودی (۲۶ میلی‌گرم در لیتر) است به‌عبارتی همه ستون‌های آزمایشی باعث کاهش اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی پساب شدند. همان‌طور که مشاهده می‌شود تا دور پنجم  $BOD_5$  کاهش یافته است که دلیل آن کاهش سرعت نفوذ در ستون‌های آزمایشی و افزایش زمان تماس پساب با خاک می‌باشد ولی از دور ششم



شکل ۳-  $BOD_5$  زه‌آب خروجی از ستون‌های آزمایشی.

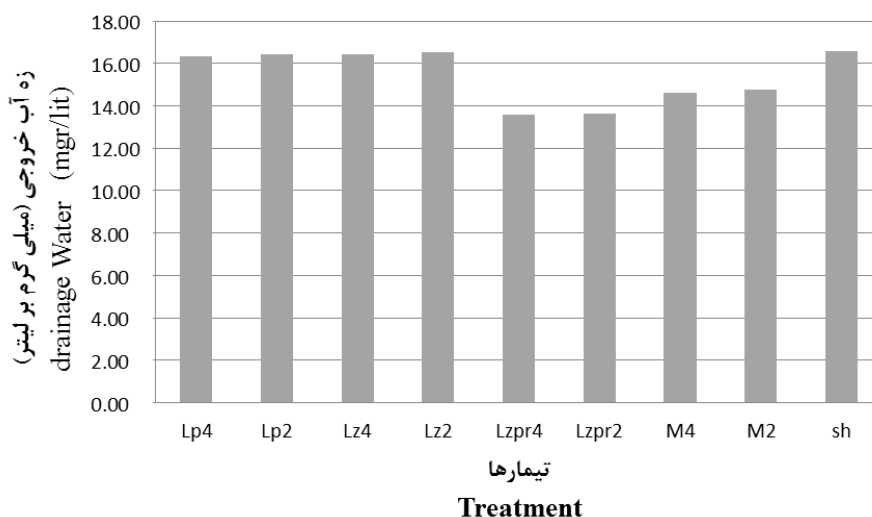
Figure 3.  $BOD_5$  of drainage water from test columns.

اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیائی زه‌آب خروجی در تیمارها در کل دوره نشان داده شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تیمار  $Lzpr4$  و شاهد به‌ترتیب با تغییرات  $47/71$  و  $36/2$  درصد بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر را برای حذف  $BOD_5$  پساب در بین همه تیمارها داشتند. با توجه به جدول ۳، اثر روش کاربرد ژئولیت، پرلیت، رزین، اثر متقابل روش کاربرد مواد

در ستون لایه‌ای و مخلوط از دور پنجم به بعد با افزایش دور آبیاری میزان  $BOD_5$  زه‌آب خروجی به‌طور معنی‌دار افزایش می‌یابد. علت این امر می‌تواند کاهش توانائی خاک برای حذف مواد آلی پساب باشد. همان‌طور که مشاهده شد با آبخوئی ستون‌های آزمایشی در دور نهم میزان  $BOD_5$  زه‌آب خروجی در دور دهم دوباره کاهش یافت. در شکل ۴ میانگین

پساب در اثر عبور از خاک کاهش یافت نتایج به دست آمده با نتایج بررسی‌های بهروز و لیاقت (۱) و کریستین و همکاران (۹) مطابقت دارد.

کاربردی و دور آبیاری، روش کاربرد و درصد ذرات بر درصد تغییرات اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی در همه آبیاری‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. با توجه به این‌که در این پژوهش  $BOD_5$



شکل ۴- میانگین میزان  $BOD_5$  زه‌آب خروجی در کل دوره‌ها.

Figure 4. Average of BOD5 of drainage water in the entire period.

جدول ۳- تجزیه واریانس درصد تغییرات  $BOD_5$  پساب بدون حضور تیمار شاهد.

Table 3. Analysis of variance of BOD5 change percentage without control treatment.

معنی‌داری Significant	F	میانگین مربعات average of squares	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Sources of changes
0.0001<	1328.6	1164.7	1	روش کاربرد زئولیت، پرلیت، رزین Method of zeolite, perlite, resin application
0.0001<	4936.2	5472.78	2	نوع مواد Material type
0.0001<	2019.6	1726.74	1	درصد مواد Percent of material
0.0001<	38.52	45.62	3	روش کاربرد * نوع مواد Application method*Material type
0.0001<	17.04	18.53	3	روش کاربرد * درصد مواد Application method* Percent of material
0.0001<	119.65	227.69	3	نوع مواد استفاده شده * درصد مواد Material type * Percent of material
		1.63		خطا Error



جدول ۴- مقایسه میانگین و اثر متقابل درصد تغییرات  $BOD_5$  در ستون‌های آزمایش.Table 4. Comparison between the mean and the interaction of  $BOD_5$  change percentage in the test columns.

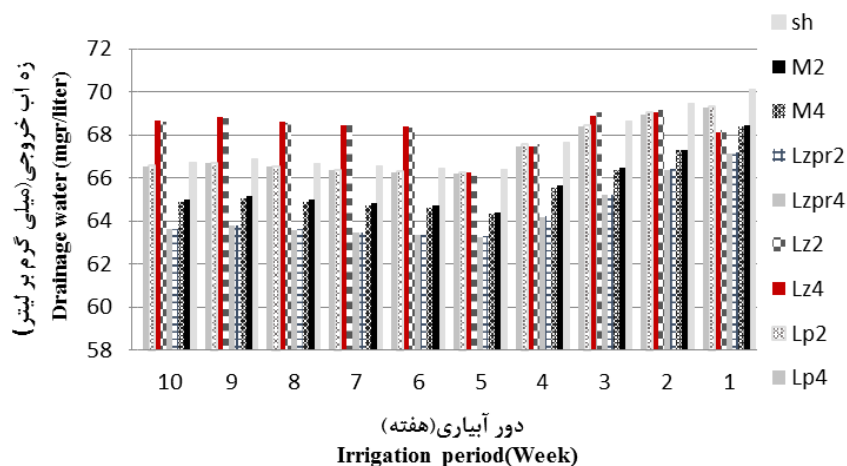
روش کاربرد Application method	اثر متقابل روش کاربرد و دور آبیاری The interaction between application method and irrigation							میانگین Average
درصد تغییرات Change percent	دور آبیاری اول The first irrigation period	دور دوم Second period	دور چهارم Fourth period	دور پنجم Fifth period	دور هفتم Seventh period	دور نهم Ninth period	دور دهم Tenth period	
sh	-36.2	-38.23	-37.65	-38.38	-39.42	-37.12	-29.88	-26.42
M2	-43.26	-45.54	-44.96	-45.69	-46.85	-44.42	-37.04	-33.65
M4	-43.72	-45.92	-45.35	-46.08	-47.38	-44.81	-37.58	-34.19
Lzpr2	-47.51	-49.65	-49.08	-49.81	-50.96	-48.38	-41.46	-38.27
Lzpr4	-47.71	-49.88	-49.31	-50.04	-51.42	-48.5	-41.54	-38.42
Lz2	-36.43	-38.42	-37.85	-38.58	-39.69	-37.35	-30.31	-28.69
Lz4	-36.78	-38.85	-38.27	-39	-40.42	-37.5	-30.54	-29.15
Lp2	-36.88	-39.19	-38.62	-39.35	-40.85	-36.31	-30.35	-29.15
Lp4	-37.09	-39.31	-38.73	-39.46	-40.92	-36.62	-30.5	-29.81

لایه‌ای برای حذف  $BOD_5$  پساب، سرعت پائین‌تر عبور پساب از این ستون‌ها می‌باشد. بررسی تغییرات اکسیژن مورد نیاز شیمیائی: با توجه به شکل ۵، میزان COD زه‌آب خروجی در همه ستون‌های آزمایشی کم‌تر از میزان ورودی (۷۷ میلی‌گرم در لیتر) است. به عبارتی همه ستون‌های آزمایشی باعث کاهش اکسیژن مورد نیاز شیمیائی پساب شدند و همان‌طور که مشاهده می‌شود تا دور پنجم COD کاهش یافته است که دلیل آن کاهش سرعت نفوذ در ستون‌های آزمایشی و افزایش زمان تماس پساب با خاک می‌باشد ولی از دور ششم به بعد با افزایش سرعت نفوذ COD خروجی نسبت به دوره‌های بعد بیشتر شده است. با آبشویی خاک پس از دور نهم مشاهده گردید که COD در دور دهم مجدداً کاهش یافت. همان‌طور که مشاهده می‌شود در

با توجه به جدول ۴ کاربرد ژئولیت و پرلیت و رزین به صورت مخلوط در ستون آزمایشی سبب کاهش  $BOD_5$  پساب نسبت به ستون شاهد شد ولی ستون آزمایشی لایه‌ای توانائی بیشتری برای کاهش  $BOD_5$  پساب نسبت به ستون‌های مخلوط و شاهد دارد. لایه‌های ژئولیت و پرلیت و رزین قرار گرفته در لایه‌های ستون خاک مانع عبور مواد آلی پساب می‌شود در نتیجه به دلیل غلظت کم مواد آلی در زه‌آب خروجی، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیائی کاهش یافت. دلیل این امر را می‌توان این‌طور بیان کرد که هرچه زمان عبور پساب از بین ذرات خاک طولانی‌تر باشد، به دلیل تماس بیشتر و در نتیجه تأثیر بیشتر فرایندهای شیمیائی و بیولوژیک خاک بر کیفیت پساب، امکان انتقال آلاینده‌ها به عمق خاک کاهش می‌یابد. بنابراین یکی از دلایل توانائی بالاتر ستون

دور ششم با افزایش سرعت نفوذ COD خروجی بیش‌تر شده است. با آبخوئی خاک مشاهده گردید که COD در دور دهم مجدداً کاهش یافت.

ستون‌های لایه‌ای و مخلوط تا دور پنجم COD کاهش یافته است که دلیل آن کاهش سرعت نفوذ و افزایش زمان تماس پساب با خاک می‌باشد ولی از

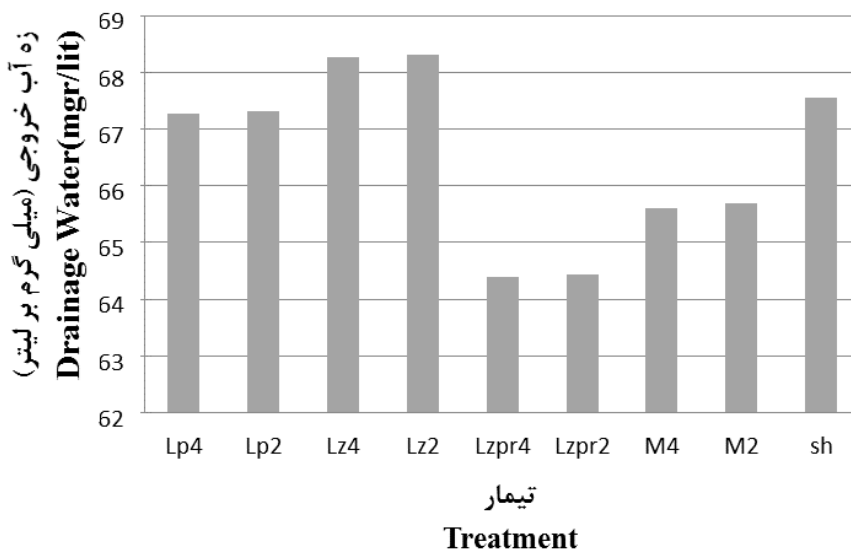


شکل ۵- COD زه‌آب خروجی از ستون‌های آزمایشی.

Figure 5. COD of drainage water from test columns.

COD ورودی است. تیمار Lz2 و Lzpr4 به‌ترتیب با تغییرات ۱۶/۳۷ و ۱۱/۳ درصد بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر را برای حذف COD پساب در بین همه تیمارها داشتند.

در شکل ۶، میانگین اکسیژن مورد نیاز شیمیائی زه‌آب خروجی در تیمارها در کل دوره نشان داده شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود همواره میانگین میزان COD زه‌آب خروجی در همه تیمارها کم‌تر از میزان



شکل ۶- مقایسه میانگین میزان COD زه‌آب خروجی در تیمارهای مختلف.

Figure 6. Compare of the average COD of drainage water in treatments.

گرفته در ستون خاک مانع عبور مواد آلی پساب می‌شود در نتیجه به دلیل غلظت کم مواد آلی در زه آب خروجی، اکسیژن مورد نیاز شیمیائی کاهش یافت. هرچه زمان عبور پساب از بین ذرات خاک طولانی باشد، به دلیل تماس بیش تر و در نتیجه تأثیر بیش تر فرایندهای شیمیائی و بیولوژیک خاک بر کیفیت پساب، امکان انتقال آلاینده‌ها به عمق خاک کاهش می‌یابد. بنابراین یکی از دلایل توانائی بهتر ستون لایه‌ای برای حذف COD پساب، سرعت پائین تر عبور پساب از این ستون‌ها می‌باشد.

جدول ۵، تجزیه واریانس درصد تغییرات در کل دوره را نشان می‌دهد. مطابق جدول اثر تیمارها در همه دوره‌های آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین جدول ۶، مقایسه میانگین و اثر متقابل درصد تغییرات COD در ستون‌های آزمایش را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۶، مشاهده می‌شود کاربرد زئولیت و پرلیت و رزین به صورت مخلوط در ستون آزمایشی سبب کاهش COD پساب نسبت به ستون شاهد شد ولی ستون آزمایشی لایه‌ای توانائی بیش تری برای کاهش COD پساب نسبت به روش مخلوط دارد. لایه‌های زئولیت و پرلیت و رزین قرار

جدول ۵- تجزیه واریانس درصد تغییرات COD پساب بدون حضور تیمار شاهد.

Table 5. Analysis of variance of COD change percentage without control treatment.

معنی‌داری Significant	F	میانگین مربعات average of squares	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Sources of changes
0.0001<	1478.7	1673.78	1	روش کاربرد زئولیت، پرلیت، رزین Method of zeolite, perlite, resin application
0.0001<	5672.3	7210.25	2	نوع مواد Material type
0.0001<	1004.2	1628.62	1	درصد مواد Percent of material
0.0001<	29.41	32.68	3	روش کاربرد * نوع مواد Application method * Material type
0.0001<	44.52	29.73	3	روش کاربرد * درصد مواد Application method * Percent of material
0.0001<	180.44	184.33	3	نوع مواد استفاده شده * درصد مواد Material type * Percent of material
		1.64		خطا Error

جدول ۶- مقایسه میانگین و اثر متقابل درصد تغییرات COD در ستون‌های آزمایش.

Table 6. Compares the mean and the interaction of COD change percentage in test columns.

روش کاربرد Application method	اثر متقابل روش کاربرد و دور آبیاری The interaction between application method and irrigation							میانگین Average
درصد تغییرات Change percent	دور آبیاری اول The first irrigation	دور دوم Second period	دور چهارم Fourth period	دور پنجم Fifth period	دور هفتم Seventh period	دور نهم Ninth period	دور دهم Tenth period	
Sh	-12.26	-13.34	-13.14	-13.39	-13.58	-12.13	-9.81	-8.94
M2	-14.68	-15.56	-15.36	-15.61	-15.81	-14.77	-12.58	-11.14
M4	-14.8	-15.7	-15.51	-15.75	-15.95	-14.88	-12.64	-11.18
Lzpr2	-16.32	-17.34	-17.14	-17.39	-17.58	-16.56	-13.73	-12.73
Lzpr4	-16.37	-17.36	-17.17	-17.42	-17.61	-16.65	-13.78	-12.81
Lz2	-11.3	-10.88	-10.69	-10.94	-11.13	-12.27	-10.21	-11.4
Lz4	-11.34	-10.83	-10.64	-10.88	-11.08	-12.39	-10.34	-11.51
Lp2	-12.58	-13.56	-13.35	-13.6	-13.79	-12.26	-10.34	-9.97
Lp4	-12.63	-13.57	-13.38	-13.62	-13.82	-12.38	-10.45	-10.01

### نتیجه‌گیری

دو و چهار درصد وزنی و لایه‌ای دو و چهار درصد وزنی و تیمار با زئولیت تنها در دو مقدار دو و چهار درصد وزنی و تیمار با پرلیت تنها در دو مقدار دو و چهار درصد وزنی به ترتیب ۱۲/۲۶، ۱۴/۶۸، ۱۴/۸۰، ۱۶/۳۲، ۱۶/۳۷، ۱۱/۳۰، ۱۱/۳۴، ۱۲/۵۸، ۱۲/۶۳- درصد نسبت به COD پساب ورودی کم‌تر بود. بنابراین کاربرد فیلتر ترکیبی حاوی پرلیت، زئولیت و رزین به صورت لایه‌ای و بعد از آن به صورت مخلوط بیش‌ترین تأثیر در کاهش BOD<sub>5</sub> و COD خروجی را دارد. همچنین، تأثیر پرلیت در کاهش BOD<sub>5</sub> و COD خروجی بیش‌تر از زئولیت می‌باشد. با این‌که استفاده از فیلتر به صورت لایه‌ای از حالت مخلوط مؤثرتر می‌باشد، اما این تأثیر بسیار اندک بوده است. بنابراین، برای استفاده راحت‌تر از فیلترها، می‌توان از فیلتر مخلوط حاوی پرلیت،

هدف از این پژوهش بررسی اثرات استفاده از فیلترهای ترکیبی طبیعی جهت کاهش آلودگی پساب تصفیه‌شده می‌باشد. همان‌طور که گفته شد روش پژوهش بر اساس اندازه‌گیری آزمایشگاهی برخی پارامترهای موجود در پساب در اثر عبور از ستون‌های آزمایشی بوده است. میزان BOD<sub>5</sub> زه‌آب خروجی در تیمارهای شاهد و مخلوط دو و چهار درصد وزنی و لایه‌ای دو و چهار درصد وزنی و تیمار با زئولیت تنها در دو مقدار دو و چهار درصد وزنی و تیمار با پرلیت تنها در دو مقدار دو و چهار درصد وزنی به ترتیب ۳۶/۲، ۴۳/۲۶، ۴۳/۷۲، ۴۷/۵۱، ۴۷/۷۱، ۳۶/۴۳، ۳۶/۷۸، ۳۶/۸۸، ۳۷/۰۹- درصد نسبت به BOD<sub>5</sub> پساب ورودی کم‌تر بود. همچنین، میزان COD زه‌آب خروجی در تیمارهای شاهد و مخلوط

کشاورزی، مشاهده گردید که مقدار آنها کم تر از حد مجاز می باشد. زئولیت و رزین به جای فیلتر لایه ای استفاده کرد. همین طور با مقایسه مقدار  $BOD_5$  و COD خروجی از ستون های آزمایشی با مقدار مجاز قابل استفاده در

### منابع

1. Behrooz, R., and Liaghat, A. 2003. Management of the use of wastewater in agriculture. Eleventh Conference, National Committee on Irrigation and Drainage, Tehran, Iran. (In Persian)
2. Christen, E.W., Quavle, W.C., Marcoux, M.A., Arienzo, M., and Jayawardane, N.S. 2010. Winery wastewater treatment using the land filter technique. 91: 8. 1665-73.
3. Fardad, H., and Nasher, M. 2008. Irrigation with treated wastewater with management to protect the environment and its effect on the health of humans, livestock and poultry. Tandise shab Publications, Tehran, 260p. (In Persian)
4. Ghobadinia, M., Tabatabayee, S., Hoseinpoor, A., Hooshmand, S., and Hashemkhani, M. 2014. The effect of modified zeolite on the quality of municipal wastewater effluent and soil influences. J. Soil Water. 3: 587-596. (In Persian)
5. Milan, M., and Yogesh, S. 2015. Studies on adsorption capacity of zeolite for removal of chemical and bio-chemical oxygen demands. Chem. J. 1: 4. 139-143.
6. Shayegan, J. 2004. Experience gained from the pilot farm irrigation with treated wastewater. Conference of environmental aspects of the use of wastewater for irrigation. IRNCID, Tehran, Iran. (In Persian)
7. Taherisoodjani, H. 2012. the effect of wastewater and micro zeolite on some physical and chemical properties of soil. M.Sc. Thesis, Water Engineering department, Shahrekord University, 110p. (In Persian)
8. Tabatabayee, S., Noormahnad, N., and Najafi, P. 2011. Drainage Engineering, Khorasan University, 170p. (In Persian)
9. Zamanian, M. 2008. Study on indicators of chemical contamination in ground treatment of Esfahan organic fertilizer plant and the effects of zeolite application. M.Sc. Thesis, Water Engineering department, Shahrekord University, 115p. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(5), 2018*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Effect of filters including zeolite, perlite and resin on biochemical and chemical oxygen demand (Case study: Mahallat Wastewater)**

**E. Safari<sup>1</sup> and \*J. Mozaffari<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Water Sciences and Engineering, Arak University,

<sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Sciences and Engineering, Arak University

Received: 11/02/2016; Accepted: 12/30/2017

### **Abstract**

**Background and Objectives:** In recent years, water crisis has caused wastewater using in agriculture section. According to the welcome and the need to use wastewater and recycled water in agriculture, more wastewater treatment plants in the country with the aim of reuse of wastewater in agriculture, are designed and implemented. Treatment action cause to the amount of organic material to be refined. So, Investigation of wastewater pollution reduce is necessary. In this Investigation, the use of filters and natural absorbent such as zeolite, perlite and anionic resin to improve wastewater characteristics will be examined.

**Materials and Methods:** This study was conducted in 18 PVC columns to evaluate the combination filters, including modified zeolite, perlite and anion resins to reduce pollution in wastewater. Test units are made of PVC pipe internal diameter 10.5 cm and a height of 60 cm. Five centimeters bottom of each column were filled out using a sand filter to prevent soil particles. On the sand filter, to a height of 40 cm of soil or soil combined with modified zeolite, perlite and anion resin as mixed or layers was filled. The experiment consisted of nine treatments and two replications. The statistical plan was conducted in a completely randomized plan with two factors. The first factor, the use of modified zeolite, perlite and resin include of two mixed and layer by layer types and the second factor is the percentage of modified zeolite, perlite and resin in two levels 2 and 4 weight percent. To measure BOD<sub>5</sub> and COD, wastewater was injected in columns 10 times the frequency of weekly. Drainage wastewater collect from columns 24 hours after were irrigated. After the ninth round took a leaching. Then the samples were transferred to the laboratory for the measurement of BOD<sub>5</sub> and COD.

**Results:** The results show that layer treatment including zeolite, perlite and resin with 4 weight percent, has the highest effect among all treatments. As amount of BOD<sub>5</sub> and COD declined more than 47 and 16 percent, respectively. Control treatment has the lowest effect with 36.2 percent for BOD<sub>5</sub> and 12.26 percent for COD, too. Also, results show the use of zeolite, perlite and resin to form of mixed, cause to reduce the BOD<sub>5</sub> and COD than the control column, but the layer column are more able to reduce them. Moreover, effect of perlite is more than to zeolite to decline BOD<sub>5</sub> and COD and more weight percent of used particles cause more effect of them.

**Conclusion:** The results show, used filters decline more in BOD<sub>5</sub> and COD than to control treatment. But weight percent change of filters from 2 to 4 percent doesn't have a lot of effect on BOD<sub>5</sub> and COD. Application of combination filter as layer by layer including zeolite, perlite and resin with 4 weight percent has most effect on reduce of output BOD<sub>5</sub> and COD and the lowest of effect is for zeolite filter with 2 weight percent. One of the reasons for higher ability to remove BOD<sub>5</sub> and COD wastewater in layer column is slower passing of water from this column. Zeolite, perlite and resin layers in the soil column prevent the cross of organic material and due to the low concentration of organic matter in the drainage water, chemical and biochemical oxygen demand was reduced. Also, compare of the BOD<sub>5</sub> and COD amount of output from test columns to the amount authorized for use in agriculture shows that its value is less than the allowed limit.

**Keywords:** Wastewater, Combination filter, BOD<sub>5</sub>, COD

---

\* Corresponding Author; Email: javad\_370@yahoo.com