Research Paper

Using Biofilters to Improve the Quality of Gorgan River Watershed Resources Water Level

Mahmmod Kalteh[1], , Masumh Farasati[2*] , Amir Soltani Mohammadi[3] Abolhasan Fathabadi[4] ،

10.22125/IWE.2022.353102.1656

Received:
August 13, 2022
Accepted:
January 3, 2023
Available online:
August 23, 2023

Keywords:
Biochar, Electeric Condoctivity, Biofiltration, Gorganrood Basin

Abstract

In this research, the ability of biochar and compost to reduce water salinity and elements of sodium, potassium, calcium, magnesium, sulfate and chlorine was investigated. Test treatments include soil column, biochar, compost, compost + biochar combination, soil + compost + biochar combination. Water samples were taken from the Gorganrud River in three study stations according to the prevailing conditions in the basin and the amount of EC, total hardness, calcium, magnesium, sodium, potassium, chlorine and sulfate was measured. According to the obtained results, the level of salinity and water pollution of Gorganrud River was at its lowest level from November to June (rainy seasons). From July to October, due to the decrease in rainfall, excessive extraction of river water, the entry of agricultural land drains and also the sewage of the cities located along the river, the pollution has increased. First, each of the adsorbents was poured in three replicates in polyca tubes with a height of 30 cm and the end part of the tubes was covered with filter paper. Before starting the experiments, rinsing was done with distilled water and its EC level was measured. Then, the main water sample of Gorganrud river was added in the pipes at a height of 20 cm and according to the preliminary tests, after 5 hours from the start of the test, the desired sample was prepared and the amount of the above parameters of each of the treatments was measured in the laboratory. The results of the variance analysis of the studied traits showed that the effects of adsorbents in reducing salinity and the studied parameters were significant. In station 2, the combined soil + biochar + compost adsorbent with an efficiency of 82.17% and in station 3, a biochar absorbent column with an efficiency of 61.98% had the greatest effect in reducing water salinity. In general, in this study, the adsorbents and their combination reduced water salinity by 16-82%. and the amount of sodium 2.6 to 81.58%, potassium 2.3 to 41.9%, calcium 12.8 to 69.4%, magnesium 10.4 to 83%, sulfate 9.5 to 97.6% and Chlorine has decreased from 13.7 to 86.02 percent. According to the obtained results, the combination of biochar, soil and compost adsorbents has the best effect in reducing salinity and biochar adsorbent alone has the most performance in reducing sodium, calcium, potassium, magnesium, sulfate and chlorine parameters.

* **Corresponding Author:** Masumeh Farasati
Address: department of watershed management, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, Gonbad kavous, Iran.
Email: Farasati@gonbad.ac.ir
Tel: 989188300783

1. Introduction

The study and application of activated carbon adsorbent in water and wastewater treatment has been used in America since 1883. Also, activated carbon in powder form was used in 1920 in Chicago to control the odor caused by chlorophenol became However, the high cost of preparing activated carbon has suggested the use of other cheap but available adsorbents in recent years.In recent decades, extensive research has been done to use cheap adsorbents in wastewater treatment. Although these adsorbents do not have the ability of activated carbon to absorb pollutants, their low production cost has led scientists to use these materials. Biochar, charcoal prepared from plant biomass and agricultural waste is under limited oxygen conditions and has a structure similar to activated carbon, while its production is faster, cheaper and easier compared to activated carbon. Biofiltration is a method for purifying air and water pollution in which living organisms are used to transform pollutants. Biofilters are reactors with a filled bed, where the decomposing microorganisms are located on the bed.

2. Materials and Methods

In this study, the ability of biochar and compost in reduce water salinity and the elements sodium, potassium, calcium, magnesium, sulfate and chlorine were investigated. Experimental treatments include soil column, biochar, compost, compost + biochar composition, soil composition + compost + biochar. Water samples from Gorganrood River were sampled in three study stations according to the conditions of the basin and the amount of EC, total hardness, calcium, magnesium, sodium, potassium, chlorine and sulfate were measured. According to the obtained results, the salinity and water pollution of Gorganrood River was at its lowest level from November to June. From July to October, due to reduced rainfall, high river water abstraction, the entry of drainage from agricultural lands, as well as sewage in cities located along the river, pollution has increased. First, each of the adsorbents was poured in three replications in 30 cm high tubes and the end of the tubes was covered with filter paper. Before the experiments, distillation was performed with distilled water and EC was measured. Then the main water sample of Gorganrood river was added to the pipes at a height of 20 cm and according to the initial experiments, 5 hours after the start of the experiment, the sample was prepared and the amount of the above parameters of each treatment was measured in the laboratory.

3. Results

The results of variance analysis showed that the effects of adsorbents were significant in reducing salinity and the studied parameters. In station 2, the combined adsorbent of soil + biochar + compost with 82.17% efficiency and in station 3, biochar adsorbent column with efficiency of 61.98% had the greatest effect on reducing water salinity.

4. Discussion and Conclusion

In general, in this study, adsorbents and their combination reduced the salinity of water by 16 to 82%. And the amount of sodium 2.6 to 81.58%, potassium 3.2 to 41.9%, and calcium 12.8 to 69.4%, magnesium 10.4 to 83%, sulfate 9.5 to 97.6% and Chlorine decreased from 13.7 to 86.02 percent. According to the obtained results, the combination of biochar adsorbents, soil and compost had the best effect in reducing salinity and biochar adsorbent alone had the highest performance in reducing the parameters of sodium, calcium, potassium, magnesium, sulfate and chlorine.

The EC level of the water of the Gorganrud River in the rainy seasons, from November to the end of June, is at its lowest level in the entire river route due to the runoff from the rain, the melting of the snow in the heights, and the homogeneity of the water entering the basin with the amount of withdrawal from it. From the beginning of July to the end of October and until the beginning of the rains, due to the large amount of water taken from the river, the entry of agricultural drains and also the sewage of the cities located along the river, especially Gonbad and Aq Qala, causes the EC level of Gorganrood river water to increase, as well as other chemical factors. It is studied.

In station 2, the EC level of the river water sample is 10.115 siemens per meter, and after the test, the lowest EC level of the water coming out of the absorbent column of soil, biochar and compost is 1.81 siemens per meter, and the highest level is 1.81 siemens per meter The EC of the water coming out of the compost absorbent column is 5.81 Siemens/meter. Also, the EC level of water has decreased in all columns.

In station 2, the total hardness of the river water sample was 2700 mg/liter, after the test, the lowest total hardness of the water coming out of the soil absorbent column was 686.667 mg/liter, and the highest total hardness in the biochar absorbent column was It is 1776.67 mg/liter and all the treatments have reduced the total hardness. In station 3, the total hardness of the river water sample was 3230 mg/liter, after the test, the lowest total hardness of the water coming out of the biochar absorbent column was 1413.33 mg/liter, and the highest total hardness of the soil absorbent was It is 3196.67 mg/liter. And all the treatments have reduced the total hardness.

In station 2, the amount of calcium in the river water sample was 860 mg/liter, and after the test, the lowest amount of calcium in the water coming out of the soil absorbent column was 263.333 mg/liter, and the highest amount was 750 mg/liter in the compost absorbent column. liter and calcium have been absorbed in all the columns.

5. Six important references

1) Yao,Y., B., Gao, J., Chen, L., Yang. 2013. Engineeredbiochar reclaiming phosphate from aqueoussolutions: mechanisms and potential application as aslow-release fertilizer. Environmental Science andTechnology. 47: 8700-8708.
2) Yin, Q., R., Wang, Z., Zhao. 2018. Application of MgeAl-modified biochar for simultaneous removal of ammonium, nitrate, and phosphate from eutrophic water. Journal of Cleaner Production. 176 (2018) 230-240.
3) Rosales, E., J., Meijide, M., Pazos, M., Angeles Sanroman. 2017.Challenges and recent advances in biochar as low_cast biosorbent: from batch assays to continuous_flow systems.
4) Chehreh Razi. 2016 Desalination of water by graphene and zeolite adsorbents, master's thesis in water resources engineering, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.
5) Darafshan, M.M. 2017. Improving the quality of saline water by bioremediation using the approach of floating filtration systems, master's thesis in the field of water engineering, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.
6) Kahler, H., H., Ganji Dost, B., Ayiti. 2015. Simultaneous removal of salinity and organic load by phytoremediation process, Environmental Quarterly, 79 series (Fall 2015), pages 531-550.

استفاده از بیوفیلترها درارتقاء کیفیت منابع آب در سطح حوضه گرگانرود

محمود کلته[۱]، معصومه فراستی[۲*]، امیر سلطانی محمدی[۳]، ابوالحسن فتح آبادی[۴]

تاریخ ارسال:۱۴۰۱/۰۵/۲۲
تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۱۰/۱۳

مقاله پژوهشی

چکیده

در این تحقیق توانایی بیوچار و کمپوست برای کاهش شوری آب و عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سولفات و کلر مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل ستون خاک، بیوچار، کمپوست، ترکیب کمپوست + بیوچار، ترکیب خاک+کمپوست + بیوچار می‌باشد. نمونه آب از رودخانه گرگانرود در سه ایستگاه مطالعاتی با توجه به شرایط حاکم بر حوضه نمونه‌برداری شده و میزان EC، سختی کل، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر و سولفات اندازه‌گیری گردید. با توجه به نتایج به دست آمده میزان شوری و آلودگی آب رودخانه گرگانرود از آبان تا خرداد(فصل‌های بارشی) در پایین‌ترین حد خود قرار داشت. از تیر ماه تا مهرماه بدلیل کاهش بارندگی، برداشت زیاد از آب رودخانه، ورود زهکش‌های اراضی کشاورزی و همچنین فاضلاب شهرهای واقع در مسیر رودخانه باعث بالا رفتن آلودگی شده است. ابتدا هر یک از جاذب‌ها در سه تکرار در لوله‌های پولیکا به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر ریخته و قسمت انتهائی لوله‌ها با کاغذ صافی پوشیده شد. قبل از شروع آزمایش‌ها بوسیله آب مقطر عملیات آبشوئی انجام گرفته ومیزان EC آن اندازه‌گیری شد. سپس نمونه آب اصلی رودخانه گرگانرود در لوله‌ها در ارتفاع ۲۰ سانتیمتری اضافه گردید و با توجه به آزمایش‌های اولیه، پس از ۵ ساعت از شروع آزمایش نمونه مورد نظر تهیه و میزان پارامترهای فوق هریک از تیمارها در آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که اثرات جاذب‌ها درکاهش شوری و پارامترهای مورد مطالعه معنی‌دار شده است. در ایستگاه ۲، جاذب ترکیبی خاک+بیوچار+ کمپوست با راندمان ۸۲/۱۷ درصد ودر ایستگاه ۳، ستون جاذب بیوچار با راندمان ۶۱/۹۸ درصد بیشترین تاثیردر کاهش شوری آب داشت. بصورت کلی در این مطالعه جاذب‌ها و ترکیب آنها میزان ۱۶ الی ۸۲ درصد باعث کاهش شوری آب شده است. و میزان سدیم ۲/۶ الی ۸۱/۵۸ درصد ، پتاسیم ۳/۲ الی ۴۱/۹ درصد، کلسیم ۱۲/۸ الی ۶۹/۴ درصد، منیزیم ۱۰/۴ الی ۸۳ درصد، سولفات ۹/۵ الی ۹۷/۶ درصد و کلر ۱۳/۷ الی ۸۶/۰۲ درصد کاهش یافته است. با توجه به نتایج بدست آمده ترکیب جاذب های بیوچار، خاک و کمپوست بهترین اثر را در کاهش شوری و جاذب بیوچار به تنهایی بیشترین عملکرد را در کاهش پارامترهای سدیم، کلسیم، پتاسیم، منیزیم، سولفات و کلر داشته است.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، کمپوست، هدایت الکتریکی (EC)، بیوفیلتراسیون، حوضه آبریز گرگانرود

[۱] . کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

[۲] .دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران. نویسنده مسئول، Email: Farasati2760@gmail.com

[۳] . دانشیار ، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

[۴] . دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

مقدمه

مطالعه و کاربرد جاذب کربن فعال در تصفیه آب و فاضلاب از سال ۱۸۸۳ میلادی در آمریکا مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین کربن فعال به صورت پودر در سال ۱۹۲۰ در شیکاگو برای کنترل بوی ناشی از کلروفنل استفاده گردید. با این حال هزینه بالای تهیه کربن فعال، استفاده از سایر جاذب‌های ارزان قیمت ولی قابل دسترس را در سال‌های اخیر مطرح کرده است (Divband, 2011; poormohamad et al.,2015; Farzi et al., 2017). در دهه‌های اخیر تحقیقات وسیعی جهت استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت در تصفیه فاضلاب صورت گرفته است. این جاذب‌ها اگر چه قابلیت کربن فعال را در جذب آلاینده‌ها ندارد ولی هزینه تهیه ناچیز آن‌ها باعث رویکرد دانشمندان به استفاده از این مواد شده است.

Farasati et al (2018) ، در استفاده از نانو ذرات اصلاح شده نی، جهت حذف نیترات از منابع آب آلوده به این نتایج دست یافتند که بازدهی حذف به میزان ۶۰ تا ۸۶ درصد با افزایش pH محلول از ۲ تا ۱۰ افزایش یافت، به طوری که در pH به میزان ۶ بازدهی حذف، به حداکثر میزان خود رسید؛ و زمان تعادل به میزان ۲ ساعت محاسبه گردید. با افزایش غلظت نیترات از ۵ تا ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر راندمان حذف از ۹۰ درصد به ۶۷ درصد کاهش یافت. با افزایش جرم جاذب راندمان جذب افزایش یافت.

توده‌های زیستی شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها، مخمرها و محصولات جانبی و ضایعات کشاورزی و صنایع می‌باشند(Asadi, 2002). نظریه تبدیل بقایای کشاورزی به تبادل‌گر آنیونی از سال ۱۹۷۰ شروع شد. به علت فراوانی، هزینه پایین و قابلیت تجزیه بیولوژیکی، به استفاده از این بقایا خصوصاً در دهه‌های اخیر علاقه‌مندی ایجاد شد (Lazlo, 1996).

بیوچار زغال تهیه شده از زیست‌توده گیاهی و ضایعات کشاورزی تحت شرایط اکسیژن محدود است و ساختاری شبیه کربن فعال دارد در حالی که تولید آن در مقایسه با کربن فعال سریع‌تر، ارزان‌تر و راحت‌تر می‌باشد (Koohi et al., 2017) از خصوصیات بیوچار می‌توان به سطح ویژه بالا، ساختار میکروپوری و گروه‌های عاملی اشاره کرد. محققین گزارش کردند که بیوچار را می‌توان پس از حذف نیترات و فسفات از آب‌های آلوده، بدون خطر خاصی برای محیط زیست، به عنوان اصلاح کننده در جهت بهبود حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی به کار برد (Yao et al., 2013). کمپوست‌ها موادی هستند که طی فرآیند تجزیه‌ی مواد آلی و هم چنین بازیافت مواد با منشاء ارگانیک توسط میکروارگانیزم‌ها در حضور اکسیژن ساخته می شوند (Rantal et al., 1999).

بیوفیلتراسیون روشی برای تصفیه آلودگی‌های هوا و آب می‌باشد که در آن از موجودات زنده برای تبدیل آلاینده‌ها استفاده می‌شود. بیوفیلترها رآکتورهایی با بستر پر شده می‌باشند که میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده روی بستر واقع شده‌اند. استفاده از بیوفیلترها برای ارتقای کیفیت منابع آبی در چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته است.

Shymayatee and Teetah (2019)، در تحقیقی با عنوان حذف شوری با استفاده از اثرات متقابل گیاه حرا و باکتری‌ها در سیستم رآکتور با بستر نی به این نتیجه رسیدند با استفاده از راکتور بستر نی و گیاه Avecennia marina و Vibrio alginolyticus در شوری ۱۵ تا ۲۵ درصد میزان ۴۹/۱۶ و ۴۰/۵۸ درصد کاهش شوری بدست آمده و همچنین در رآکتور با بستر نی بدون استفاده از گیاه میزان ۵۷/۳۶ و ۵۸/۴۱ درصد کاهش شوری بدست آمده است.

Yin et al(2018)در بررسی عملکرد بیوچار کاه سویا در حذف نیترات، آمونیوم و فسفات از محیط‌های آبی به این نتایج دست یافتند که ظرفیت جذب آمونیوم، نیترات و فسفات از منابع آب آلوده به ترتیب برابر با ۰/۷، ۴۰/۶۳ و ۷۴/۴۷ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد. pH بهینه در جذب نیترات برابر ۶ و در جذب فسفات کمتر از ۶، یعنی محیط اسیدی بود. بیشترین ظرفیت جذب نیترات و فسفات به ترتیب برابر ۸۹/۵۸ و ۴۹/۵۹ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد و در عرض ۲۴ ساعت به تعادل رسید.

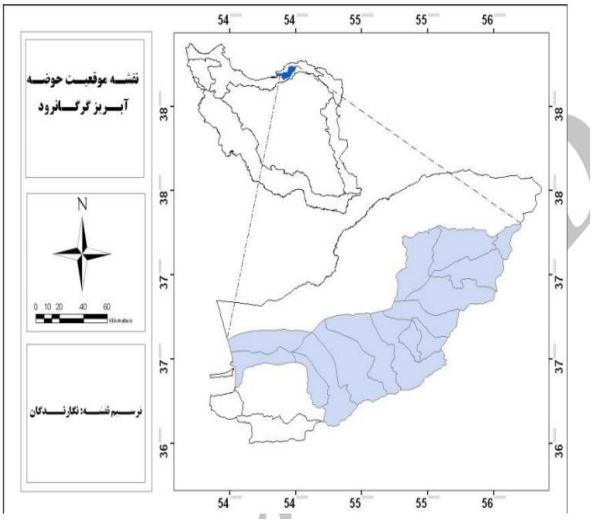
Raselz et al(2017) در پژوهشی چالش‌ها و پیشرفت‌های اخیر در زغال زیستی به عنوان کم هزینه بیوسورنت از آزمایش‌های دسته‌ای به سیستم‌های جریان مداوم مورد بررسی قرار دادند. در این آزمایش با استفاده از مواد زیست

توده مانند باقی مانده‌های کشاورزی، تراشه‌های چوب، کود یا دفع مواد زاید جامد شهری به عنوان منبع برای تولید بیوسورنت پایین کم، و پیشرفت‌های جدید در ترکیب آن‌ها، تلاش‌های قابل توجه را تشویق کرده‌اند نتایج نشان داد که کاربرد عملی زغال زیستی با تاکید بر پتانسیل آن باعث کاهش آلاینده‌های موجود در فاضلاب می‌شود و بی‌ضرر بودن آن‌ها را ارائه داد.

تحقیقات انجام شده در این راستا گویای این امر است که افزایش جوامع انسانی و فعالیت‌های مرتبط با آن در سطوح گسترده باعث کاهش کیفیت آب در سطح جهانی شده است. بنابراین نیاز به تحقیقات گسترده در مناطق مختلف دارد تا برای کنترل بحران کیفیت و افزایش کیفیت آب‌های سطحی با استفاده از روش‌های مختلف، ساده، مقرون به صرفه از نظر اقتصادی برنامه ریزی دقیق و منظم به عمل آید.

مواد و روشها

حوضه مورد مطالعه در این پژوهش، حوضه آبخیز گرگان رود بوده است (شکل ۱).



شکل (۱): نقشه موقعیت حوضه گرگانرود

به منظور انجام آزمایش‌های جذب، نخستین قدم تهیه جاذب مورد نظر است. برای این کار و به منظور رسیدن به نتیجه مطلوب، از جاذب‌های بیوچار و کمپوست استفاده شد تا بتوان جذب را در بهترین شرایط به دست آورد. برای تهیه بیوچار مواد اولیه سلولزی را جهت تبخیر آب موجود به مدت ۲ ساعت در درجه حرارت ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهیم. سپس جهت خارج کردن کربن مواد فرار به مدت ۴ ساعت در درجه حرارت ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. مرحله بعد کربونیزاسیون و تشکیل شبکه تخلخل می‌باشد که بستگی به نوع مواد اولیه ۶ تا ۸ ساعت زمان می‌برد و در نهایت خنک کردن کربن می‌باشد.

نمونه‌های جاذب شامل کمپوست و بیوچار پس از تهیه کاملاً ابتدا با آب شهری سپس با آب مقطر در چندین مرحله شستشو سپس به خوبی خشک شدند.

خاک مورد استفاده در این‌تحقیق از مزرعه پژوهشی دانشگاه گنبدکاووس، از لایه سطحی (۰تا ۳۰سانتی‌متر) جمع‌آوری شد. نمونه خاک تهیه شده در هوای آزاد خشک شد و از الک دو و نیم میلی‌متری عبور داده شد. وزن خاک، بیوچار، کمپوست و ترکیب آن‌ها در آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول (۱): وزن خاک، بیوچار و کمپوست و ترکیبات آن‌ها

وزن خاک	وزن بیوچار(گرم)	وزن کمپوست(گرم)	وزن خاک ، بیوچار و کمپوست (گرم)	وزن کمپوست+بیوچار(گرم)
۲۷۰۰	۶۵۰	۸۰۰	۱۳۸۳	۷۲۵

برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری استفاده شد. میزان میکروارگانیسم های جاذب ها طی سه مرحله رقت سازی، کشت قارچ و کشت باکتری انجام شد. و میزان جمعیت و عدد لگاریتمی جمعیت باکتری و قارچ بدست آمد.

در ابتدا عمل رقت سازی نمونه‌ها انجام شد. ۵ گرم از هر نمونه به‌طور جداگانه در داخل ارلن مایرهای ۲۵۰ میلی-لیتری حاوی ۹۵ میلی‌لیتر آب مقطر استریل ریخته شد. ارلن‌ها به‌مدت چند دقیقه هم زده شدند. سپس چند ثانیه ثابت نگه داشته تا ذرات درشت ته نشین شوند. ۶ لوله آزمایش حاوی ۹ میلی‌لیتر آب مقطر استریل تهیه گردید. یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون نمونه‌ها به لوله اول منتقل شد. مجدداً یک میلی‌لیتر از لوله اول برداشته و به لوله دوم منتقل گردید. به‌همین ترتیب عمل رقت سازی نمونه تا رقت ۷-۱۰ گرم بر میلی‌لیتر انجام شد.

برای تعیین جمعیت قارچ‌ها از محیط کشت PDA استفاده شد. برای تهیه محیط کشت اختصاصی از ۲۰۰ گرم سیب زمینی، ۲۰ گرم شکر و ۱۵ گرم آگار استفاده شد. برای ممانعت از رشد باکتری‌های سریع رشد از آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین اضافه شد. سپس در دمای ۱۲۱/۵درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ بار به‌مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند. پس از پایین آمدن دما در کنار شعله به‌درون پتری انتقال داده شد. سه رقت۲-۱۰ ، ۳-۱۰ و ۴-۱۰ انتخاب شد. سپس از هر رقت ۱۰۰ میکرولیتر به‌محیط کشت اضافه و در انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. شمارش کلنی‌ها پنج روز پس از کشت انجام گرفت.

برای شمارش باکتری‌ها از محیط کشت نوترینت آگار با غلظت ۱۳ گرم در لیتر استفاده شد. محیط کشت‌ها مطابق دستور کارخانه سازنده استفاده شدند. برای تهیه محیط مقادیر توصیه شده توزین و سپس با مقادیر مورد نیاز آب مقطر درون ارلن مخلوط و دهانه ارلن با پنبه و فویل بسته شد. سپس در دمای ۱۲۱/۵درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ بار به‌مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند. در ادامه محیط کشت فوق آهسته تا دمای ۴۵ درجه سانتی گراد سرد شدند و کنار شعله به‌درون پلیت انتقال داده شدند. رقت های ۳-۱۰ ، ۴-۱۰و ۵-۱۰ انتخاب و از هر رقت ۱۰۰ میکرولیتر به‌پلیت اضافه و به‌وسیله لوپ فلزی پخش شد. پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد شمارش کلنی‌ها به‌وسیله کلنی‌شمار انجام گرفت (Molanee et al., 2012).

شرح آزمایش

ابتدا خاک تهیه شده را به خوبی خشک کردیم تا رطوبت آن از بین برود. سپس با استفاده از الک‌های با قطر روزنه ۲/۵ میلی‌متری، الک شد. قبل از استفاده از بیوچار وکمپوست آن‌ها را کاملاً با آب شهری شستشو دادیم تا آثار ناخالصی وسایرمواد زاید آن از بین برود. بعد آن‌ها را خشک کردیم.

نحوه نمونه‌برداری از رودخانه:

در ابتدای تحقیق، سه منطقه از رودخانه گرگانرود شامل روستای چای قوشان، روستای سلطانعلی و بعد از شهر سیمین‌شهر نرسیده به انتهای رودخانه جهت نمونه برداری انتخاب گردید. با توجه به وضعیت بارندگی در استان، سیلاب‌های فصلی و باز شدن دریچه سدهای موجود از مهر ماه ۱۳۹۸ تا مهر ۱۳۹۹ در چندین مرحله به ترتیب مهر ۱۳۹۸، دی ۱۳۹۸، اسفند ۱۳۹۸، اردیبهشت ۱۳۹۹، تیر ۱۳۹۹ و مهر ۱۳۹۹، نمونه‌هایی از رودخانه در سه منطقه مورد نظرگرفته شد. سپس EC نمونه‌های گرفته شده از رودخانه، با دستگاه EC متر اندازه‌گیری گردید؛ که نتایج آن به شرح جدول ۲ می‌باشد

جدول(۲):میزان شوری ایستگاههای مورد مطالعه

مکان	مهر۱۳۹۸	دی۱۳۹۸	اسفند۱۳۹۸	اردیبهشت۱۳۹۹	تیر۱۳۹۹	مهر۱۳۹۹
ایستگاه ۱	۶/۲	۴/۵۱	۱/۶	۲/۲	۲/۰۶	۲/۲
ایستگاه ۲	۷/۵	۷/۲۹	۲/۵	۲/۸	۱۰/۲۲	۷/۱
ایستگاه ۳	۷/۶	۸/۰	۳/۰	۳/۵	۱۲/۶۴	۸/۰

در آزمایشات پیوسته از ستون‌هایی (لوله‌های پولیکا) با قطر ۱۰/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر استفاده شد. سطح داخل لوله پولیکا به وسیله شن ریز، زبر شد. انتهای لوله با درپوش، بسته و به تعداد ۴ عدد سوراخ ریز جهت خروج آب از منافذ آن تعبیه گردید و بوسیله کاغذ صافی ثابت شد. بعد از آن جاذب‌ها مطابق ارتفاع خواسته شده داخل آن ریخته شد. تیمارهای آزمایش شامل خاک، کمپوست، بیوچار، ترکیب بیوچار وکمپوست، ترکیب خاک، بیوچار و کمپوست هرکدام سه تکرار در نظر گرفته شد. در تمامی ستون‌ها تا ارتفاع ۵ سانتی‌متر اولیه از شن استفاده شده تا از خروج جاذب جلوگیری شود و همچنین عمل فیلتر نیز به خوبی صورت بگیرد. در ستون‌ها تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر جاذب مورد نظر ریخته شد و در ترکیب بیوچار و کمپوست لایه پایینی کمپوست و لایه بالایی بیوچار و در ترکیب سه‌گانه نیز به ترتیب کمپوست، بیوچار و خاک در ستون‌ها ریخته شده است. در پایان ۵ ساعت نمونه‌های آب تهیه و در ظروف پلی اتیلنی ریخته و برچسب نوع تیمار و تکرار و منطقه نمونه آب رودخانه در آن‌ها الصاق گردید. نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشگاه منتقل گردید. در حین انجام آنالیز نمونه‌ها در یخچال آزمایشگاه نگهداری گردید. در آزمایشگاه میزان EC، pH، سختی کل، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، سولفات و کلر اندازه‌گیری گردید. راندمان حذف نیترات از فرمول زیر به دست آمد:

$$\%R = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \qquad (1)$$

که در آن: Ci، غلظت اولیه ؛ Cf، غلظت باقی مانده پس از آزمایش می‌باشد.

غلظت یونهای سولفات، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، اسیدیته و کلر تعیین گردید. سپس داده ها با استفاده از نرم افزار spss آنالیز گردید.

نتایج و بحث

نتایج خصوصیات شیمیایی جاذب‌ها:

در جدول ۳، خصوصیات شیمیایی جاذب‌های مورد مطالعه ارائه شده است. بیوچار از نظر EC در میزان پایینی قرار دارد که پس از آب‌شویی میزان آن کاهش یافته و جزء خاک‌های شور نمی‌باشد. کمپوست از نظر EC در میزان متوسطی قرار دارد و میزان سدیم و پتاسیم آن نیز تا حدی بالا می‌باشد. در نتیجه بیوچار مناسب برای آزمایشات جذب بوده و کمپوست در حد پایین‌تری از بیوچار قرار داشت.

جدول (۳):خصوصیات شیمیایی بیوچار و کمپوست

جاذب	EC (میکرو زیمنس/سانتی-متر)	pH	سدیم(ppm)	پتاسیم(ppm)
بیوچار	۱۱۰۰	۷/۸۳	۳۸۰	۲۵
کمپوست	۲۰۲۰	۷/۷۰	۶۹۰	۲۹

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک:

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۴، خاک مورد استفاده در انجام آزمایش‌های جذب کمترین شوری را داشته و جزء خاک‌های شور نمی‌باشد. همچنین اسیدیته آن تقریباً خنثی

می‌باشد. مقدار قابل توجهی پتاسیم به میزان ۳۵۶ میلی‌گرم در لیتر دارد. میزان سیلت موجود در خاک به نسبت رس و شن بیشتر می‌باشد.

جدول (۴): مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایشات

مشخصه	مقدار
هدایت الکتریکی(دسی زیمنس بر متر)	۱/۱۹
pH	۷/۹
کربن آلی(درصد)	۰/۶۸
فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	۱۳/۴
پتاسیم قابل جذب(قسمت در میلیون)	۳۵۶
رس (درصد)	۱۵
لای (درصد)	۶۴
ماسه (درصد)	۲۱

میزان میکروارگانیسم های جاذب های مورد مطالعه:
با توجه به جدول ۵ و ۶ میکروارگانیسم های جاذب های مورد مطالعه شامل، خاک، کمپوست و بیوچار اندازه گیری گردید. قارچ هایی از قبیل Penicillium ، Aspergiluus و ...در نمونه ها مشاهده شد. تعداد جمعیت قارچ و باکتری در کمپوست بیشتر از بقیه جاذب‌ها بوده و در رتبه بعدی خاک و در انتها نیز بیوچار قراردارد.

جدول (۵): میانگین تعداد جمعیت قارچ و باکتری نمونه های خاک، بیوچار و کمپوست

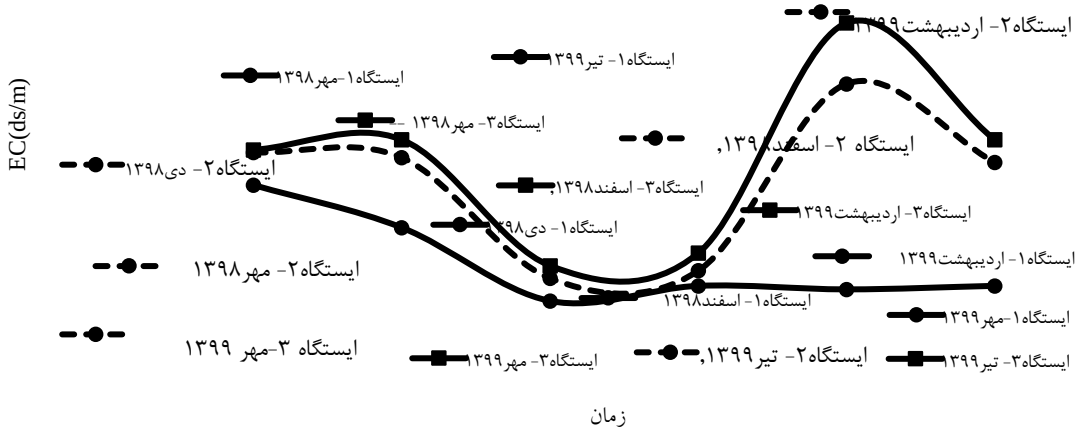
صفت (cfu/ml)	خاک	کمپوست	بیوچار
قارچ	$۳/۳ \times ۱۰^{۵}$	$۴/۲ \times ۱۰^{۶}$	**$۳/۱ \times ۱۰^{۶}$**
باکتری	۱×۱۰^{۷}	$۱/۲۲ \times ۱۰^{۷}$	**$۳/۸ \times ۱۰^{۶}$**

جدول (۶):عدد لگاریتمی شمارش جمعیت قارچ و باکتری نمونه های خاک، بیوچار و کمپوست

صفت (cfu/ml)	خاک	کمپوست	بیوچار
قارچ	۵/۵۱	۶/۶۲	**۶/۴۹**
باکتری	۷	۷/۰۸	**۶/۵۷**

میزان شوری آب ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول دوره نمونه‌برداری:
در ابتدای تحقیق سه منطقه از رودخانه گرگانرود شامل روستای چای قوشان قبل از شهر گنبدکاووس، روستای سلطانعلی پس از شهر گنبدکاووس و بعد از شهر سیمین‌شهر نرسیده به انتهای رودخانه جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید. با توجه به وضعیت بارندگی در استان، سیلاب‌های فصلی و باز شدن دریچه سدهای موجود از مهر ماه ۱۳۹۸ تا مهر ۱۳۹۹ در چند مرحله به ترتیب در زمان‌های مهر ۱۳۹۸، دی ۱۳۹۸، اسفند ۱۳۹۸، اردیبهشت ۱۳۹۹، تیر ۱۳۹۹ و مهر ۱۳۹۹ نمونه از رودخانه در سه منطقه مورد نظر بین دو تا سه بار نمونه‌برداری شد. سپس EC نمونه‌های گرفته شده از رودخانه، با دستگاه EC متر اندازه‌گیری گردید. میزان EC و تغییرات آن در طول دوره

تحقیق در ایستگاه ۳ که در آخر حوضه گرگانرود قرار گرفته بیشتر از بقیه ایستگاه‌ها و در ایستگاه ۱ در ابتدای حوضه کمترین میزان ثبت شده است. تغییرات EC در ایستگاه‌های اندازه‌گیری در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل(۲): روند تغییرات مکانی EC آب در طول دوره نمونه‌برداری

تجزیه واریانس کرت‌های خرد شـــده برای فاکتورهای کیفیت آب:

به منظور آزمون فرضیه پژوهش از روش آماری تجزیه واریانس کرت‌های خرد شده استفاده گردید. با آزمون spliteplote، تاثیر جاذب‌ها در کیفیت آب در مکان‌های مختلف بررسی گردید. نتایج نشان داد که اثرات متقابل معنی‌دار شده است که نشان می‌دهد عملکرد جاذب‌ها در کیفیت آب تاثیر داشته است. نتایج تجزیه واریانس با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول (۷): تجزیه واریانس کرت‌های خرد شده در طول دوره نمونه‌برداری

منابع تغییر	درجه آزادی	EC	pH	سختی کل	کلسیم	میانگین منیزیم	مربعات سدیم	پتاسیم	کلر	سولفات
تکرار	۲	۳/۸۵^{ns}	۰/۰۵۱۳^{ns}	324120 ^{ns}	56190 ^{ns}	114690 ^{ns}	28752 ^{ns}	۵۲/۴^{ns}	164 ^{ns}	2201 ^{ns}
مکان	۱	۷۸/۱۵**	۰/۰۲۷^{ns}	7681080**	1945653**	1895053**	2960392**	426*	2430**	1081480**
تکرار در مکان	۲	۱/۳۶^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}	129960 ^{ns}	2623 ^{ns}	161023 ^{ns}	175770 ^{ns}	74 ^{ns}	136 ^{ns}	1779 ^{ns}
تیمار	۴	۷/۴۳^{ns}	۰/۳۵*	446303*	197087*	342122 ^{ns}	513275**	410*	1002**	28761 ^{ns}
خطای نوع۲	۴	۱۹/۳۳**	۰/۸۳**	1694413**	207220**	927762**	954000**	406*	1027**	35654*

مقایســه میانگین اثرات جاذب‌ها در کیفیت آب طول دوره نمونه‌براری و آزمایش:

در کل دوره نمونه‌برداری ایستگاه ۱ بدلیل پایین بودن میزان EC آب از انجام آزمایش جهت اثرات جاذب‌ها حذف گردید و ایستگاههای ۲ و ۳ بدلیل بالا بودن EC، جهت انجام تحقیق و بررسی اثر جاذب‌ها در کیفیت آب انتخاب گردید. نتایج نشان داد که اثرات متقابل معنی‌دار شده است. نتایج حاصل در جدول ۸ و ۹ ارائه شده است.

جدول (۸): میانگین اثرات متقابل جاذب‌ها در فاکتورهای کیفیت آب ایستگاه ۲

	EC	PH	سختی کل	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	کلر	سولفات
نمونه آب ایستگاه۲	۱۰/۱۵	۷/۴۲	۲۷۰۰	۸۶۰	۱۸۴۰	۱۹۷۸	۳۱	۷۷/۵	۵۷۱
خاک	۲/۱۴	۷/۸۰	۶۸۶	۲۶۳/۳۳۳	۴۲۳/۳۳۳	۶۵۴	۳۰	۱۳/۵	۳۰/۳۳
کمپوست	۵/۹۱	۷/۷۷	۱۶۹۰	۷۵۰	۹۴۰	۱۶۹۷	۳۳/۳۳	۴۲	۱۳۲/۶۷
بیوچار	۵/۷	۸/۷۰	۱۷۷۶/۶۷	۶۱۶/۶۶۷	۱۱۶۰	۱۷۲۸/۶۷	۳۴/۳۳	۱۰/۸	۱۳۶/۳۳
ترکیب خاک، بیوچار و کمپوست	۱/۸۱	۷/۴۵	۷۰۳/۳۳۳	۳۹۰	۳۱۳/۳۳۳	۳۶۴/۳۳۳	۱۸	۴۴/۳۳	۱۳۶/۶۷
ترکیب بیوچار و کمپوست	۵/۸۱	۷/۱۹	۱۶۰۳/۳۳	۷۱۶/۶۶۷	۸۸۶/۶۶۷	۱۵۱۳/۳۳	۴۱/۳۳۳	۵۷/۱۷	۱۰۱

جدول (۹): میانگین اثرات متقابل جاذب‌ها در فاکتورهای کیفیت آب ایستگاه ۳

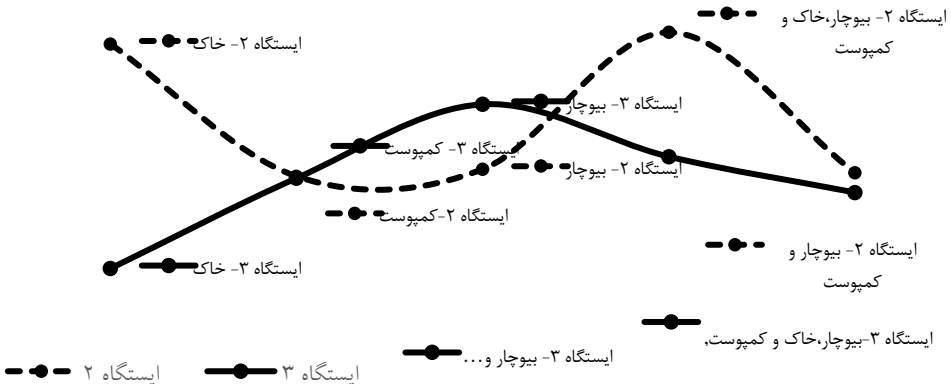
	EC	PH	سختی کل	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	کلر	سولفات
نمونه آب ایستگاه۳	۱۲/۶۶	۷/۱۳	۳۲۳۰	۸۸۰	۲۳۷۰	۲۳۷۸	۲۳	۸۷/۵	۶۳۶
خاک	۱۰/۶۵	۸/۰۶	۳۱۹۶/۶۷	۱۰۷۳/۳۳	۲۱۲۳/۳۳	۲۳۱۶/۳۳	۳۴/۳۳	۷۵/۵	۵۷۵/۳۳
کمپوست	۷/۴۴	۸/۱۱	۲۵۰۰	۱۴۵۳/۳۳	۱۰۴۶/۶۷	۱۷۱۰/۳۳	۳۲	۴۹/۱۷	۵۲۲/۳۳
بیوچار	۴/۸۱	۷/۴۷	۱۴۱۳/۳۳	۶۸۰	۷۳۳/۳۳	۱۶۰۳/۳۳	۶۳/۶۷	۳۲/۳۳	۵۱۶/۳۳
ترکیب خاک، بیوچار و کمپوست	۶/۶۷	۷/۷۰	۲۱۶۶/۶۷	۱۲۱۰	۹۵۶/۶۷	۱۶۴۶	۳۶	۴۳/۶۷	۴۶۷/۳۳
ترکیب بیوچار و کمپوست	۷/۹۵	۷/۸۹	۲۲۴۳/۳۳	۸۶۶/۶۷	۱۳۷۶/۶۷	۱۸۲۲/۶۷	۲۸/۶۷	۵۷/۱۷	۲۳۱/۳۳

تغییرات هدایت الکتریکی در ستون‌های جذب در ایستگاه ۲ و۳ مورد مطالعه:

اثرات جاذب‌ها شامل خاک، کمپوست، بیوچار، ترکیب خاک، کمپوست و بیوچار، ترکیب بیوچار و کمپوست بر میزان EC خروجی از ستون جذب در شکل۴-۲ ارائه شده است. بدین ترتیب که تمامی ستون‌ها راندمان لازم را در کاهش میزان EC داشته‌اند. در ایستگاه ۲ جاذب ترکیبی خاک، بیوچار و کمپوست ۸۲/۱۷ درصد، جاذب خاک ۷۸/۹۲ درصد، جاذب بیوچار ۴۳/۷۸ درصد، جاذب ترکیبی بیوجار و کمپوست ۴۲/۷۶ درصد و جاذب کمپوست ۴۱/۷۷ درصد میزان EC را کاهش داده است.

در ایستگاه ۳ جاذب بیوچار ۶۱/۹۸ درصد، جاذب ترکیبی خاک، بیوچار و کمپوست ۴۷/۲۹ درصد، جاذب کمپوست ۴۱/۲۵ درصد، جاذب ترکیبی بیوچار و کمپوست

۳۷/۲۳درصد و جاذب خاک ۱۵/۹ درصد میزان EC را کاهش داده است.



شکل (۳): راندمان کاهش میزان EC خروجی ستون‌های آب در ایستگاه‌های ۲و۳ مورد مطالعه

(Chehre razi,2018

(با عنوان شوری‌زدایی آب توسط جاذب‌های گرافنی و زئولیتی در آب دریاچه خزر و چاه منطقه دارک اصفهان انجام داده به این نتیجه رسیده است که با استفاده از ۳۰ میلی‌گرم گرافن اکساید و ۱۳ گرم زئولیت، ۲۳/۸۴ درصد شوری آب دریاچه خزر کاهش یافته است. در پژوهش جاری با استفاده از جاذب بیوچار و کمپوست و ترکیب آن‌ها در ایستگاه ۲ جاذب ترکیبی خاک، بیوچار و کمپوست ۸۲/۱۷ درصد، جاذب خاک ۷۸/۹۲ درصد، جاذب بیوچار ۴۳/۷۸ درصد، جاذب ترکیبی بیوچار و کمپوست ۴۲/۷۶ درصد و جاذب کمپوست ۴۱/۷۷ درصد میزان EC را کاهش داده است. در ایستگاه ۳ جاذب بیوچار ۶۱/۹۸ درصد، جاذب ترکیبی خاک، بیوچار و کمپوست راندمان ۴۷/۲۹ درصد، جاذب کمپوست ۴۱/۲۵ درصد، جاذب ترکیبی بیوجار و کمپوست ۳۷/۲۳ درصد و جاذب خاک ۱۵/۹ درصد میزان EC را کاهش داده است.

Darafshan(2019)در تحقیقی با عنوان بهبود کیفیت آب شور به روش زیست‌پالایی با استفاده از رویکرد سیستم‌های تصفیه‌ای شناور به این نتیجه رسیده است که گیاه سالیکورنیا پرسیکا در آب‌های شوری کم، لب‌شور و شوری زیاد در مدت یک ماه با تراکم ۸ بوته‌ای به ترتیب ۱۴، ۱۴ و ۱۷ درصد و با تراکم ۱۶ بوته به ترتیب ۱۰، ۱۷ و ۲۰ درصد میزان EC را کاهش می‌دهد. همچنین گیاه کینوا در آب‌های شوری کم، لب‌شور و شوری زیاد در مدت یک ماه با تراکم ۱۵ بوته‌ای به ترتیب ۵، ۸ و ۹ درصد میزان EC را کاهش می‌دهد. در تحقیق جاری در ایستگاه ۲ با استفاده از جاذب ترکیبی خاک، بیوچار و کمپوست ۸۲/۱۷ درصد و در ایستگاه ۳ با استفاده از جاذب بیوچار ۶۱/۹۸ درصد میزان EC کاهش یافته است.

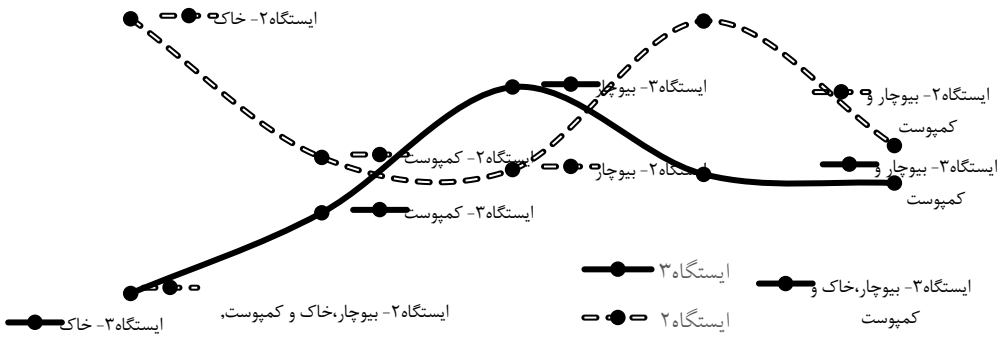
Kalhor et al (2017) در تحقیقی با عنوان حذف شوری و بار آلی توسط فرآیند گیاه‌پالایی با استفاده از دو گیاه وتیور و نخل مرداب به این نتیجه رسیدند که برای گیاه وتیور میزان کاهش شوری در تیمارهای گوناگون از ۴ الی ۵۳ درصد و برای نخل مرداب کاهش شوری بین ۱ الی ۲۹ درصد به دست آمد. درحالی‌که در تحقیق جاری با استفاده از جاذب‌های بیوچار، کمپوست، خاک و ترکیب آن‌ها در تیمارهای مختلف کاهش شوری در ایستگاه‌های مورد مطالعه بین ۱۶ الی ۸۲ درصد حاصل گردید.

تغییرات سختی کل در ستون‌های جذب در ایستگاه‌های مورد مطالعه

شکل ۴، راندمان اثرات جاذب‌ها شامل خاک، کمپوست، بیوچار، ترکیب خاک، کمپوست و بیوچار، ترکیب بیوچار و کمپوست را بر میزان سختی کل در دو ایستگاه مورد مطالعه در خروجی از ستون‌های جذب را نشان می‌دهد.

در ایستگاه دو به ترتیب جاذب خاک ۷۴/۵۷ درصد، جاذب

ترکیبی خاک، بیوچار و کمپوست ۷۳/۹۵ درصد، جاذب ترکیبی بیوچار و کمپوست ۴۰/۶۲ درصد، جاذب کمپوست ۳۷/۴۱ درصد و جاذب بیوچار ۳۴/۲ درصد سختی کل آب را کاهش داده است. در ایستگاه سه به ترتیب جاذب بیوچار ۵۶/۲۴ درصد، جاذب ترکیبی خاک، بیوچار و کمپوست ۳۲/۹۲ درصد، جاذب ترکیبی بیوچار و کمپوست ۳۰/۵۵درصد، جاذب کمپوست ۲۲/۶ درصد و در نهایت جاذب خاک ۱/۰۳ درصد سختی کل نمونه آب را کاهش داده است. .



شکل ۴- میانگین اثرات جاذب‌ها در میزان سختی کل ستون‌های آب در ایستگاه ۲ و ۳

نتیجه گیری

۱-میزان EC آب رودخانه گرگانرود در فصل‌هایی که دارای بارندگی، از آبان تا اواخر خرداد ماه در تمامی مسیر رودخانه بدلیل رواناب‌های حاصل از بارندگی، ذوب شدن برف‌های ارتفاعات و همگنی آب وارده به حوضه با میزان برداشت از آن در پایین‌ترین حد خود قرار دارد. از اوایل تیر ماه تا اواخر مهرماه و تا زمان شروع بارندگی بدلیل برداشت زیاد از آب رودخانه، ورود زهکش‌های کشاورزی و همچنین فاضلاب شهرهای واقع در مسیر رودخانه علی الخصوص گنبد و آق قلا باعث بالا رفتن میزان EC آب رودخانه گرگانرود و همچنین سایر فاکتورهای شیمیایی مورد مطالعه می‌گردد.

۲- در ایستگاه ۲، میزان EC نمونه آب رودخانه ۱۰/۱۱۵ زیمنس بر متر می‌باشد که پس از انجام آزمایش کمترین میزان EC آب خروجی از ستون ترکیب جاذب خاک، بیوچار و کمپوست به میزان ۱/۸۱ زیمنس بر متر و بیشترین میزان EC آب خروجی از ستون جاذب کمپوست به میزان ۵/۸۱ زیمنس بر متر می باشد. همچنین میزان EC آب درتمامی ستون‌ها کاهش یافته است.

۳- در ایستگاه ۳، میزان EC نمونه آب رودخانه ۱۲/۶۶ زیمنس بر مترمی باشد که پس از انجام آزمایش کمترین میزان EC آب خروجی از ستون جاذب بیوچار به میزان ۴/۸۱ زیمنس بر متر و بیشترین میزان EC آب خروجی از ستون جاذب خاک به میزان ۱۰/۶۵ زیمنس بر متر می‌باشد. همچنین میزان EC آب درتمامی ستون‌ها کاهش یافته است.

۴- در ایستگاه ۲، میزان pH نمونه آب رودخانه ۷/۴۲ می‌باشد که پس از انجام آزمایش کمترین میزان pH آب خروجی از ستون جاذب ترکیبی بیوچار و کمپوست به میزان ۷/۱۹ و بیشترین میزان در ستون جاذب خاک به مقدار ۸/۷ می‌باشد. کاهش میزان pH در ستون جاذب ترکیبی بیوچار وکمپوست بوده و در مابقی ستون‌ها pH کاهش نیافته است.

۵-در ایستگاه ۲، میزان سختی کل نمونه آب رودخانه ۲۷۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود که پس از انجام آزمایش کمترین میزان سختی کل آب خروجی از ستون جاذب خاک به مقدار۶۸۶/۶۶۷ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان سختی کل در ستون جاذب بیوچار به مقدار ۱۷۷۶/۶۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و تمامی تیمارها باعث کاهش

میزان سختی کل شده است.

۷-در ایستگاه ۳، میزان سختی کل نمونه آب رودخانه ۳۲۳۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده که پس از انجام آزمایش کمترین میزان سختی کل آب خروجی از ستون جاذب بیوچار به مقدار ۱۴۱۳/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان سختی کل درستون جاذب خاک به مقدار ۳۱۹۶/۶۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. و تمامی تیمارها باعث کاهش سختی کل شده است.

۸-در ایستگاه ۲، میزان کلسیم نمونه آب رودخانه ۸۶۰ میلی‌گرم بر لیتر بود که پس از انجام آزمایش کمترین میزان کلسیم آب خروجی از ستون جاذب خاک به مقدار ۲۶۳/۳۳۳ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان در ستون جاذب کمپوست به مقدار ۷۵۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در تمامی ستون‌ها جذب کلسیم صورت گرفته است.

۹-در ایستگاه ۳، میزان کلسیم نمونه آب رودخانه ۸۸۰ میلی‌گرم بر لیتر بود که پس از انجام آزمایش کمترین میزان کلسیم آب خروجی از ستون جاذب بیوچار به مقدار ۶۸۰ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان در ستون کمپوست به مقدار ۱۴۵۳/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در ستون‌ها-ی جاذب بیوچار و جاذب ترکیبی بیوچار و کمپوست جذب کلسیم صورت گرفته و در مابقی ستون‌ها جذب کلسیم انجام نشده است.

۱۰-در ایستگاه ۲، میزان سدیم نمونه آب رودخانه ۱۹۷۸ میلی‌گرم بر لیتر بود که پس از انجام آزمایش کمترین میزان کلسیم آب خروجی از ستون جاذب ترکیبی بیوچار، خاک و کمپوست به مقدار ۳۶۴/۳۳۳ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان در ستون جاذب بیوچار به مقدار ۱۷۲۸/۶۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در تمامی ستون‌ها جذب سدیم صورت گرفته است.

۱۱-در ایستگاه ۳، میزان سدیم نمونه آب رودخانه ۲۳۷۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که پس از انجام آزمایش کمترین میزان کلسیم آب خروجی از ستون جاذب بیوچار به مقدار ۱۶۳/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان در ستون جاذب خاک به مقدار ۲۳۱۶/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در تمامی ستون‌ها جذب سدیم صورت گرفته است.

۱۲-در ایستگاه ۲، میزان کلر نمونه آب رودخانه ۷۷/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که پس از انجام آزمایش کمترین میزان کلر آب خروجی از ستون جاذب بیوچار به مقدار ۱۰/۸۳ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان در ستون جاذب ترکیبی بیوچار و کمپوست به مقدار ۵۷/۱۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. و در تمامی ستون‌ها جذب کلر صورت گرفته است.

۱۳-در ایستگاه ۳، میزان کلر نمونه آب رودخانه ۸۷/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که پس از انجام آزمایش کمترین میزان کلر آب خروجی از ستون جاذب بیوچار به مقدار ۴۳/۶۷ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان در ستون جاذب خاک به مقدار ۷۵/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در تمامی ستون‌ها جذب کلر صورت گرفته است.

۱۴-در ایستگاه ۲، میزان سولفات نمونه آب رودخانه ۵۷۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که پس از انجام آزمایش کمترین میزان سولفات آب خروجی از ستون جاذب ترکیبی بیوچار، خاک و کمپوست به مقدار ۱۳/۶۷ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان در ستون بیوچار به مقدار ۱۳۶/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در تمامی ستون‌ها جذب سولفات صورت گرفته است.

۱۵-در ایستگاه ۳، میزان سولفات نمونه آب رودخانه ۶۳۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که پس از انجام آزمایش کمترین میزان سولفات آب خروجی از ستون جاذب ترکیبی بیوچار و کمپوست به مقدار ۲۳۱/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان در ستون جاذب خاک به مقدار ۵۷۵/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در تمامی ستون‌ها جذب سولفات صورت گرفته است.

۱۶-با توجه به موارد فوق ترکیب جاذب های بیوچار، خاک و کمپوست بهترین اثر را در کاهش شوری داشته و جاذب بیوچار به تنهایی بیشترین عملکرد را در کاهش پارامترهای سختی کل، سدیم، کلسیم، پتاسیم، منیزیم، سولفات و کلر داشته است

.

منابع

Asadi F. 2013. Removal of heavy metals from industrial wastewater by rice paddy husk, saw dust and soil. Master's Thesis in Soil Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.

Chehreh Razi. 2016 Desalination of water by graphene and zeolite adsorbents, master's thesis in water resources engineering, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.

Darafshan M.M. 2017. Improving the quality of saline water by bioremediation using the approach of floating filtration systems, master's thesis in the field of water engineering, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.

Divband L. 2019. Use of nano technology to reduce water solutes. Irrigation and drainage master's thesis. Chamran martyr of Ahwaz University.

Farasati M. S. Broomand nasab H. Moazed, A. Abedi Koupai N. Jafarzadeh. 2018. Investigating the effect of sugarcane nanostructure on removing nitrate from polluted water, Irrigation and Drainage Doctoral Thesis.

Farzi S. M. Farasati M. Pirsaheb B. Farhadi Bansoleh. 2017. Removal of cadmium from aqueous solution by sugarcane nanostructure, Scientific and Research Quarterly of Irrigation and Water Engineering, 8(31).

Kahler H. H. Ganji Dost B. Ayiti. 2015. Simultaneous removal of salinity and organic load by phytoremediation process, Environmental Quarterly, 79 series (Fall 2015), 531-550.

Koohi Z. M. Farasati M. Seyedian A. Gholizadeh. 2017. Investigating the effect of rapeseed and wheat biochar on the absorption and leaching of nitrate from the soil, master's thesis.

Laszlo J.A. 1996. Preparing an ion exchange resin from sugarcane bagasse to remove reactive dye from wastewater. Textile Chemist and Colorist 28 (5), P: 13–17.

Pourmohamed, P., M. Farasati M. Poorsaheb B. Farhadi. 2015. Investigating the effect of Cenocarpus nanostructure on the removal of cadmium from aqueous solution by continuous and discontinuous systems, master's thesis in agriculture (irrigation and drainage).

Rosales E. J. Meijide M. Pazos M. Angeles Sanroman. 2017.Challenges and recent advances in biochar as low_cast biosorbent: from batch assays to continuous_flow systems.

Yao Y. B. Gao J. Chen L. Yang. 2013. Engineeredbiochar reclaiming phosphate from aqueoussolutions: mechanisms and potential application as aslow-release fertilizer. Environmental Science andTechnology. 47: 8700-8708.

Yin Q. R. Wang Z. Zhao. 2018. Application of MgeAl-modified biochar for simultaneous removal of ammonium, nitrate, and phosphate from eutrophic water. Journal of Cleaner Production. 176 (2018) 230-240.