Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2020.304498.668653 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۱۱، بهمن ۱۳۹۹ (ص ۲۹۰۱-۲۹۱۲)

The Feasibility Study of Water Salinity Reduction by Atriplex Lentiformis Plant in a Zeolite Substrate

MORTEZA ABDOLHOSEINI[*1], MANOUCHEHR HEIDARPOUR[1], JAHANGIR ABEDI KOUPAI[1]
1. Water Engineering Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
(Received: June. 30, 2020- Revised: Aug. 16, 2020- Accepted: Sep. 7, 2020)

ABSTRACT

There are several methods for desalination which could be divided into two classes of membrane and thermal processes. Other methods are also existed, of which, bioremediation (including phytoremediation), is the most important method. Halophytes are recognized as plants associated with the capability of tolerating those amounts of salt concentrations that could not be tolerated by other plants. Current investigation utilizes Atriplex Lentiformis plant as the purifier and solution of 15000 µS/Cm as the saline water. Three levels of plant density (0, 12, 24 plants) and four retention times (7, 14, 21 and 28 days) were considered in this study. This experiment was carried out without and with the presence of zeolite. Different parameters including; electrical conductivity (EC), concentration of calcium, magnesium, sodium, and chloride ions were measured before and after the treatment and the average reduction percentages of the proposed factors were measured. It was found that the zeolite treatments with 0, 12 and 24 plants reduced the EC 4.1, 13.4and 15.9%, respectively. Also, the concentrations of calcium, magnesium, sodium, and chloride ions were reduced 35.9, 25, 18, and 16.9%, respectively.

Keywords: Desalinization, Halophyte, Zeolite, Atriplex, Saline Waters.

* Corresponding Athor's Email: morteza.abd72@gmail.com
www.SID.ir

Archive of SID

امکان‌سنجی میزان کاهش شوری آب با استفاده از گیاه آتریپلکس لنتی‌فورمیس در بستر زئولیت

مرتضی عبدالحسینی*[۱]، منوچهر حیدرپور[۱]، جهانگیر عابدی کوپایی[۱]

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۱۰- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۵/۲۶- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۶/۱۷)

چکیده

روش‌های متعددی برای نمک‌زدایی از آب‌شور ارائه شده که می‌توان آن‌ها را در دو گروه اصلی فرآیندهای غشائی و حرارتی طبقه‌بندی نمود. روش‌های دیگر نیز برای شوری‌زدایی از آب دریا وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها زیست‌پالایی از جمله گیاه‌پالایی می‌باشد. هالوفیت‌ها گیاهانی هستند که قادرند غلظت‌هایی از نمک را تحمل کنند که اغلب گیاهان در این شرایط قادر به حیات نیستند. در این پژوهش، از گیاه آتریپلکس لنتی فورمیس به عنوان پالاینده و آب با هدایت‌الکتریکی ۱۵ ۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر به عنوان آب شور استفاده شد. همچنین برای بررسی تأثیر تعداد بوته در واحد سطح، از ۳ سطح تراکم (بدون گیاه، ۱۲ و۲۴بوته) استفاده شد و نیز فاکتور زمان‌ماند در ۴ سطح (۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز) در نظرگرفته شد. آزمایش در دو حالت مختلف (با تراکم و زئولیت، بدون تراکم و بدون زئولیت) و با سه تکرار انجام شد. هدایت‌الکتریکی، غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و کلراید قبل و بعد از تصفیه توسط گیاه اندازه‌گیری و درصدهای متوسط کاهش پارامترهای مذکور محاسبه شد. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده آن است که هدایت‌الکتریکی مخزن بدون-گیاه (مخزن محتوی زئولیت) ۴/۱ درصد و در تراکم ۱۲ بوته به همراه بستر زئولیت ۱۳/۴ درصد و در تراکم ۲۴ بوته به همراه بستر زئولیت ۱۵/۹ درصد کاهش یافته است. همچنین یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، کلراید به ترتیب ۳۵/۹، ۲۵، ۱۸و۱۶/۹درصد کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: شوری‌زدایی، هالوفیت، زئولیت، آتریپلکس، آب‌های شور.

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و توسعه سریع صنایع از یکسو و شور بودن حدود ۹۷/۵ درصد از آب‌های موجود در کره زمین از سوی دیگر سبب گردیده که کمبود آب به یک بحران اساسی تبدیل شود. لذا تأمین بخشی از نیازهای آبی از طریق استفاده از آب‌های شور می‌تواند به‌عنوان یکی از راه‌های مقابله با این بحران در نظر گرفت و ضمن حفاظت از منابع آبی، بخشی از کمبود آب را نیز جبران کند (Bagheri, 2010). به ویژه در کشورهایی همچون ایران که در منطقه خشک و نیمه خشک کره زمین قرار گرفته و به دلیل عرض جغرافیایی، دور بودن از دریاها و نحوه قرارگیری پستی‌ها و بلندی‌های آن، جزو کشورهای کم آب دنیا می باشند (Nazemi, 2012).

گیاه‌پالایی به‌طور روزافزون به عنوان روشی پایدار برای تصفیه بخش‌های آلوده استفاده می‌شود. مقایسه هزینه‌های روش-های مختلف با روش گیاه‌پالایی، معمولاً کمتر از سایر تکنیک‌های تصفیه شناخته شده هستند و بعضی از اثرات زیست‌محیطی، شبیه تولید و انتشار آلاینده‌های اتمسفری را ندارند. لذا کاربرد تکنولوژی‌هایی سازگار با محیط زیست برای بهبود کیفیت منابع محیطی از اهمیت بسزایی برخوردار است (Gomes, 2012).

هالوفیت‌ها یا گیاهان شورپسند، گیاهانی هستند که قادرند غلظت‌هایی از نمک را تحمل کنند که ۹۹ درصد گیاهان در این شرایط قادر به حیات نیستند. این گیاهان در شرایط شوری از طریق دو مکانسیم تحمل به شوری و اجتناب از شوری به خوبی رشد می‌کنند (Flowers et al., 1986). آتریپلکس دارای گونه‌ها و واریته‌های متنوع یکساله و چندساله است. تاکنون در این جنس حدود ۲۵ گونه شناسایی شده است که ۱۶ گونه آن در سراسر ایران پراکنده است (Jafari and Tavili, 2013). آتریپلکس درختچه‌ای به ارتفاع و قطر در حدود ۱ متر، برگ‌ها به طول ۲۰ و ۳۵ و عرض تا ۵ میلی‌متر است. شروع رشد رویشی اواسط اسفند، گلدهی اوایل خرداد بذردهی از اواخر مهر، دوره ریزش بذر طولانی و از اواخر آذر شروع و تا اوایل فروردین سال بعد ادامه دارد. این مرحله تقریبا همراه و هنگام خواب زمستانه گیاه می‌باشد. این گیاه بومی ایران نیست و بطور گسترده در مناطق غرب و به‌صورت پراکنده در مراتع نیمه‌خشک شمال آمریکا دیده می‌شود. به واسطه سازگاری بالا و سایر ارزش‌ها، به بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران وارد و کشت شده است(Mosavi

* نویسنده مسئول: morteza.abd72@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

Moghimi, 2005 ;et al., 2014). آتریپلکس نسبت به هوای خشک مقاوم بوده و سرما را به خوبی تحمل می‌کند و در سال اول رشد به آب نیاز دارد، ولی در سال‌های بعد در مقابل کم‌آبی مقاومت نشان می‌دهد. در خاک‌های خنثی و یا کمی اسیدی نیز مستقر شده و در خاک‌های شور و قلیا به رشد ادامه می‌دهد (Moghimi, 2005).

زئولیت کانی طبیعی بوده و کلینوپتیلولایت، رایج‌ترین زئولیت مورد استفاده در بخش کشاورزی است. طبیعت متخلخل این کانی باعث افزایش سطح ویژه و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی[1] (CEC) آن می‌شود. زئولیت‌ها آلومینوسیلیکات‌های بلوری و هیدراته‌ی فلزات قلیایی و قلیایی خاکی به ویژه سدیم، کلسیم، منیزیم، استرانسیم و باریم هستند که شبکه‌های سه بعدی متشکل از چهاروجهی‌های $[SiO_4]^{4-}$ و $[AlO_4]^{4-}$ دارند. امروزه زئولیت در بخش‌های مختلف صنعت، حفاظت از محیط زیست، کشاورزی، بهبود کیفی آب‌های آشامیدنی، آبزی‌پروری و حتی پزشکی استفاده می‌شود. زئولیت به دلیل ویژگی جذب برخی از مواد معدنی مانند آمونیاک، باعث بهبود کیفیت آب در صنعت آبزی‌پروری ماهیان شده و در بخش‌های متعددی شامل آکواریوم‌ها، تانک‌های نگهداری ماهی، سیستم‌های مدار بسته پرورشی و کانتینرهای حمل‌ونقل آبزیان کاربرد دارد (Boyd and Tucker ,1998؛ Danabas and Tulay, 2011).

بررسی‌های اثر زئولیت بر کنترل آب و شوری خاک نشان داده است وجود زئولیت علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، باعث کاهش اثر شوری بر گیاهان تحت آبیاری با آب شور می‌گردد (Yasuda et al.,1998). در پژوهشی به بررسی تأثیر نمک‌های سدیم و پتاسیم کلراید بر رشد و تجمع این عناصر بر بافت‌های مختلف گیاه شورزی Atriplex Nummularia پرداخته شد. آزمایش‌ها نشان داد که این گیاه در شوری ۹۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر محلول ۱۰۰ میلی مول سدیم و پتاسیم کلراید دچار کاهش تدریجی وزن شدند و با افزایش غلظت نمک به علت کاهش پتانسیل اسمزی، رشد گیاه کاهش یافت، نکته قابل توجه در رابطه با این گیاه جذب قابل توجه کاتیون سدیم در ساقه و برگ آن بود (Ramos et al., 2004). در سال ۲۰۱۲ مطالعه‌ای بر روی گیاه Salicornia در محیط هیدروپونیک با ۱۲ غلظت نمک بین صفر تا ۵۰۰ میلی مولار سدیم کلراید و دو تیمار آب دریا با شوری ۲۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر در گلخانه انجام شد. مدت زمان اعمال تیمارها ۴۲ روز بود. نتایج نشان دادند که مقادیر طراوت برگ، وزن خشک و قطر ساقه در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار بیش‌ترین مقدار بود و پس از آن کاهش یافت (Katschnig et al., 2012). در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۲ اثر تنش شوری بر رشد و ترکیب مواد معدنی گیاه Portulaca oleracea در ۴ سطح شوری صفر، ۶۶، ۱۳۲ و ۲۶۴ میلی مولار سدیم کلراید بررسی شد. بعد از ۲۰ روز از اعمال تیمار، گیاهان برداشت شدند. یافته‌ها نشان داد که گیاه سطوح شوری متوسط ۶۶ و ۱۳۲ میلی مولار را تحمل می‌کند. تجمع روی و کلسیم در برگ‌ها و سدیم و پتاسیم در ساقه بیشتر بود (Uddin et al., 2012). در پژوهشی در سال ۲۰۱۲ با استفاده از سیستم وتلند مصنوعی حاوی گیاهان Arundo و Sarcocornia برای تصفیه فاضلاب با شوری بالا حاصل از صنعت دباغی مورد بررسی قرار گرفت و حذف COD بین ۵۱ تا ۸۰ درصد، حذف BOD بین ۵۳ تا ۹۰ درصد، حذف فسفر کل بین ۴۰ تا ۹۳ درصد، حذف نیتروژن آمونیاکی بین ۳۱ تا ۸۹ درصد و نیتروژن کلدال بین ۴۱ تا ۹۰ درصد گزارش شده است (Buhmann and Papenbrock, 2013) . در مطالعه‌ای دیگر میزان جذب سدیم توسط گیاه Portulaca در سیستم‌های هیدروپونیک شور بررسی شد. سطوح شوری ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سدیم بود، پس از ۴ هفته گیاه برداشت شد و مقادیر زیست‌توده، طول ریشه و محتوای کلروفیل اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که وقتی شوری از ۲۲۰۰ به ۲۸۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر می‌رسد، میزان نمک در ساقه‌ها ۵ تا ۶ برابر افزایش می‌یابد. اگرچه شوری‌های بالاتر میزان رشد و زیست‌توده را تا ۵ برابر کاهش می‌دهد، زیست‌توده ساقه گیاه بیشتر از ریشه بوده است. این گیاه شور پسند جذب سدیم را بیشتر از سایر کاتیون‌ها انجام می‌دهد و در شوری‌های متوسط به‌خوبی رشد می‌کند (Ngosong et al., 2013). در پژوهشی در سال ۲۰۱۴ به بررسی اثر سطوح مختلف شوری ۲۰۰۰۰، ۳۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر رشد گیاه Vetiver Grass پرداخته شد. نتایج نشان داد که اثر شوری بر عوامل طول ساقه و ریشه، وزن ساقه و ریشه، مقدار محتوای آب در شوری ۲۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر معنی‌دار نبوده، اما سطوح ۳۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر اختلاف معنی‌داری با سطح شاهد داشتند. این تحقیق نشان داد که در سطوح شوری ۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر گیاه وتیور برای بهبود خاک مناسب است (Akhzari et al., 2014). در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۷ غلظت‌های سدیم و کروم در اندام‌های گیاه Quinoa مورد ارزیابی قرارگرفت. نتایج نشان داد که کروم عمدتاً در ریشه‌ها انباشته شده است، در حالی که سدیم به قسمت‌های هوایی انتقال یافته بود (Ruiz et al., 2017). در پژوهشی دیگر بهبود کیفیت آبشور به روش زیست‌پالایی با استفاده از رویکرد سیستم‌های تصفیه‌ای

1. Cation Exchange Capacity

www.SID.ir

Archive of SID

شناور مورد بررسی قرارگرفت. در این طرح، گیاه Salicornia با استفاده از کشت بدون خاک (هیدروپونیک) و در سه سطح غلظت شوری ۲۰۰۰، ۸۰۰۰ و۱۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر با دو تراکم بوته‌ای ۸ و ۱۶ و با سه زمان ماند ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز و با ۳ تکرار برای هر سطح شوری انجام شد و پارامتر هدایت‌الکتریکی قبل و بعد از تصفیه توسط گیاه اندازه‌گیری شد. نتایج بدست آمده به این شرح بود که هدایت‌الکتریکی ۲۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر را به‌ترتیب برای تراکم ۸ بوته ۱۳/۶۶، ۱۴/۱۶ و ۱۶/۹ درصد و برای تراکم ۱۶ بوته به ترتیب ۱۰/۱۶، ۱۷/۳۷ و ۱۹/۷۱ درصد کاهش می‌دهد (Abedi-Koupai et al.,2018). در مطالعه دیگر نیز زیست‌پالایی نمک از محلول‌ها با استفاده از گیاه Quinoa Titicaca مورد بررسی قرار گرفت. در این طرح با استفاده از سیستم هیدروپونیک در سه سطح شوری ۲۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و با تراکم ۱۵ بوته‌ای و با دو زمان ماند ۱۵ و ۳۰ روز و با سه تکرار برای هر سطح شوری انجام شد و پارامترهای هدایت‌الکتریکی، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلراید اندازه‌گیری شد. نتایج برای شوری‌های ۲، ۸ و ۱۴ در مدت ۳۰ روز برای هدایت‌الکتریکی به ترتیب ۵، ۸ و ۹ درصد کاهش را نشان داد. همچنین یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و کلراید را به ترتیب حداکثر ۱۰، ۸، ۶ و ۷ درصد بسته به سطح شوری کاهش داد (Dorafshan, 2019).

در کشور ما باتوجه به محدودیت‌های منابع آب شیرین و در دسترس بودن آب‌های شور، تحقیقات با هدف شوری‌زدایی با روش‌های زیست‌پالایی و سازگار با محیط‌زیست به ندرت انجام شده است. بدین منظور هدف از پژوهش حاضر بررسی میزان کاهش شوری آب با استفاده از گیاه آتریپلکس در بستر زئولیت بوده است.

مواد و روش‌ها

باتوجه به مطالعات نظری انجام شده گیاه آتریپلکس گونه لنتی فورمیس به عنوان گیاه کارآمد و سازگار با شرایط محیطی و بدون اثرات ثانویه زیست محیطی انتخاب شد. بذر گیاه آتریپلکس در حدود ۱۵۰ بوته، اواسط دی ماه سال ۱۳۹۷ در گلخانه هیدروپونیک دانشگاه صنعتی اصفهان با آب معمولی با هدایت‌الکتریکی کمتر از ۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر در بستر Perlite و با کود محلول هوگلند (Hoagland solution) کشت داده شد. در اوایل تیر ماه سال ۱۳۹۸ به‌منظور استقرار گیاهان و با توجه به طرح آزمایشی (آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی) که برای انجام تحقیق در نظر گرفته شده بود، تعداد ۸ مخزن ۲۵ لیتری (۶ مخزن گیاه و زئولیت، ۱ مخزن زئولیت و ۱ مخزن آب‌شور) تهیه شد. پس از رشد نسبی گیاهان اقدام به شستن ریشه آن‌ها و جدایی Perlite آن به‌منظور استقرار در مخازن هیدروپونیک آب شور شد. شکل (۱) مراحل رشد گیاه در طول دوره کاشت را نمایش می‌دهد. در هر کدام از مخازن گلدان‌های پلاستیکی قرار داده و درون این گلدان‌ها ۴ کیلوگرم زئولیت و تراکم های ۱۲ و ۲۴ بوته از گیاه آتریپلکس داخل آن‌ها قرار داده شد. مخزن آب شور و مخزن بدون گیاه (مخزن محتوی زئولیت) به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. شکل (۲) گیاهان آتریپلکس تحت شرایط آزمایش را نمایش می‌دهد. آب‌شور مورد استفاده در این آزمایش از زه‌کش‌های یکی از چاه‌های واقع در استان اصفهان (روستای محمود آباد) به اسم چاه کوره با مختصات جغرافیایی"۲۱ '۴۶ °۳۲ شمالی و "۲۱ '۳۴ °۵۱ شرقی برداشت شد. هدایت‌الکتریکی چاه مذکور ۸۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر بود و محلول شور ۱۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر با استفاده از نمک خوراکی تهیه شد. جدول (۱) مشخصات آب تصفیه نشده قبل از فرآیند آزمایش را نشان می‌دهد. در زمان استقرار گیاهان در محیط آزمایش هیچ‌گونه کودی به محلول‌های شور اضافه نگردید. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی از EC متر مدل (WTW Cond 3110) و برای اندازه‌گیری سدیم از دستگاه فلیم فتومتر دیجیتالی مدل (Jenway_pfp7) استفاده شد و همچنین غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم و کلر با استفاده از تیتراسیون مطابق روش‌های استاندارد انجمن بهداشت عمومی آمریکا[1] (APHA) اندازه‌گیری و همچنین وزن گیاه نیز با ترازوی دیجیتالی مدل Adam PGW 3502e اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌ها از نرم‌افزار IBM SPSS 22 و SAS 9.4 جهت تحلیل و بررسی استفاده شد. برای مقایسه نتایج مخازن در سطوح مختلف تراکم از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD , Least Significant Difference) در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات آب تصفیه نشده قبل از فرآیند آزمایش

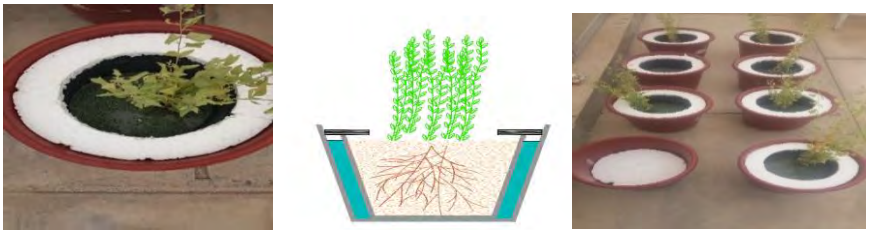
هدایت الکتریکی (µS/Cm)	کل مواد جامد محلول (*mg/L*)	کلسیم (*mg/L*)	منیزیم (*mg/L*)	سدیم (*mg/L*)	کلراید (*mg/L*)
۱۵۰۰۰	۹۴۵۲/۸	۲۵۲/۵	۱۵۷/۹	۳۳۵۵/۴	۴۰۴۱/۳

2. American Public Health Association

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- مراحل رشد گیاه درطول دوره کاشت



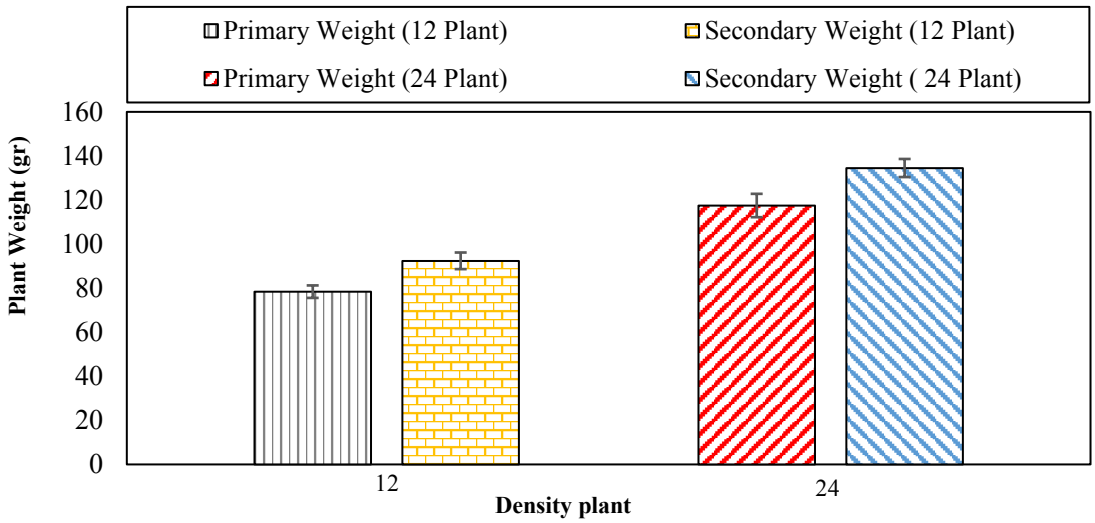
شکل ۲- نمایی از گیاهان آتریپلکس درون مخازن تحت شرایط آزمایش

نتایج و بحث

پارامترهای مختلف (هدایت الکتریکی، غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و کلراید) در قبل و بعد از تصفیه توسط گیاه اندازه-گیری و درصدهای متوسط کاهش پارامترهای مذکور محاسبه شد.

میزان رشد گیاه آتریپلکس

میزان نرخ رشد گیاه آتریپلکس در طول ۲۸ روز آزمایش برای تراکم ۱۲ بوته بین ۱۶/۵۷ تا ۱۸/۹۵ درصد و به‌طور متوسط ۱۷/۸±۰/۶ درصد بود. همچنین نرخ رشد این گیاه در تراکم ۲۴ بوته بین ۱۰/۱ تا ۱۷/۳ درصد و به‌طور متوسط ۱۴/۷±۱/۹ درصد بوده است. شکل (۳) میزان تغییر وزن بوته های آتریپلکس را در ابتدا و انتهای آزمایش و جدول (۲) تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده از آب‌شور تصفیه شده توسط گیاه آتریپلکس را نمایش می‌دهد. نتایج Abedi-Koupai et al. (2018) با گیاه Salicornia در شوری‌های ۲۰۰۰، ۸۰۰۰، ۱۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ترتیب نشانگر نرخ رشد ۱۲/۷، ۱۱/۹۰ و ۱۱/۱۰ سانتی‌متر در تراکم ۸ بوته و ۱۲/۱۲، ۱۱/۴۰ و ۱۰/۶۰ سانتی‌متر در تراکم ۱۶ بوته در ۳۰ روز است که این نتایج، با نتایج پژوهش انجام شده در رابطه به افزایش تراکم و کاهش رشد گیاه هم‌خوانی دارد.



شکل ۳- تغییر وزن بوته‌های گیاه آتریپلکس در دو تراکم گیاهی

www.SID.ir

Archive of SID

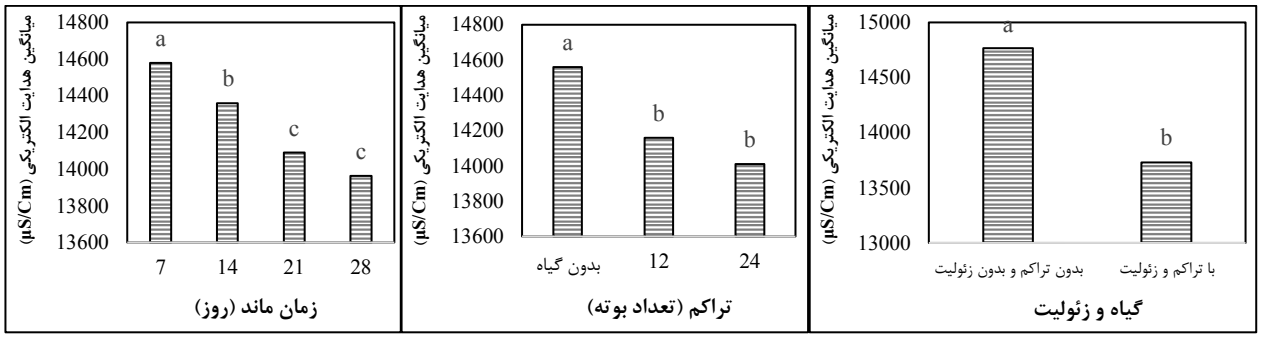
جدول ۲- تجزیه واریانس برای پارامترهای اندازه‌گیری‌شده از آب‌شور تصفیه شده توسط گیاه آتریپلکس

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		EC (dS/m)	Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Na^{+} (mg/L)	Cl^{-} (mg/L)
تراکم	۲	۱/۸۸*	۲۸۴/۰۲*	۴۶/۹۰*	۱۷۸۱۱۸/۰۹*	۲۱۳۳۴۶/۶۵*
زمان	۳	۱/۳۶*	۲۱۶/۶۲*	۳۸/۲۴*	۷۴۷۱۶/۶۳*	۱۰۲۲۳۲/۴۳*
اثرگیاه و زئولیت	۱	۱۹/۳*	۱۰۵۱۴۸/۷*	۱۷۹۲۴/۲	۱۰۵۹۳۰۷/۴*	۱۳۹۳۳۴۸/۸۵*
زمان× تراکم	۶	۰/۱۹ns	۲۲/۶۸ns	۳/۹۴ns	۸۹۷۸/۳۹ns	۱۱۸۷۵/۲۵ns
اثرگیاه و زئولیت × تراکم	۲	۱/۸۸*	۲۸۴/۰۲*	۴۶/۹۰*	۱۵۹۷۶۳/۴۲*	۲۱۳۳۴/۶۵*
اثرگیاه و زئولیت × زمان	۳	۱/۴۹*	۴۳۰/۸۱*	۷۵/۵۰*	۷۳۱۹۷/۸۶*	۱۰۶۵۹۰/۶۸*
اثرگیاه و زئولیت ×زمان×تراکم	۶	۰/۱۸ns	۲۲/۶۸ns	۳/۹۴ns	۹۹۴۶/۴۰ns	۱۱۷۸۵/۲۵ns
ضریب تغییرات (CV)		۲/۰۶۱	۱/۵۵	۰/۹۶۲	۲/۵۲	۲/۱۲

* : معنادار در سطح ۱ درصد ** : معنادار درسطح ۵ درصد ns : فاقد معنا

بررسی هدایت‌الکتریکی

هدایت‌الکتریکی یکی از شاخص‌های اصلی سنجش شوری آب است. برطبق آزمایش‌های انجام شده، در انتهای ۲۸ روز از شروع آزمایش بستر زئولیت هدایت‌الکتریکی را ۴/۱ درصد کاهش داد، همچنین گیاه آتریپلکس در تراکم ۱۲ بوته به همراه بستر زئولیت هدایت‌الکتریکی را بین ۱۰/۷ تا ۱۴/۷ درصد و به‌طور متوسط ۱/۱±۱۳/۴ درصد و گیاه در تراکم ۲۴ بوته به همراه بستر زئولیت بین ۱۳/۶ تا ۱۹/۶ درصد و به‌طور متوسط ۱/۵۳±۱۵/۹ درصد کاهش داده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده میزان کاهش هدایت‌الکتریکی در تراکم بیشتر، با این‌که گیاه رشد کمتری داشته، کاهش بیشتری داشته است. بر اساس نتایج تحلیل واریانس بر طبق آزمون LSD، برای هدایت‌الکتریکی سطوح تراکم، سطوح زمان‌ماند و سطوح اثر گیاه و زئولیت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته که نتایج آن در شکل (۴) آمده است. با توجه به شکل (۴)، با افزایش تراکم گیاهی مقدار هدایت‌الکتریکی کاهش معناداری داشته، اما این تفاوت معنی‌دار بین تراکم ۱۲ و ۲۴ بوته مشاهده نشده است. همچنین در زمان-های مختلف آزمایش مقدار هدایت‌الکتریکی نیز کاهش معنی-داری داشته است اما این تفاوت معنی‌دار تا روز ۲۱ بوده است که کاهش عملکرد گیاه در زمان‌های پایانی آزمایش را نشان می‌دهد. اثر گیاه و بستر زئولیت نیز بر روی آب‌شور معنی‌دار بوده و باعث کاهش هدایت‌الکتریکی شده است. بر اساس آزمون LSD، اثرات متقابل دوگانه سطوح (اثر گیاه و زئولیت×تراکم) و (اثر گیاه و زئولیت×زمان ماند) در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده و نتایج آن در جدول (۳) نمایش داده شده است که نشان دهنده اثر بخش بودن سطوح یک عامل بر روی سطوح عوامل دیگر است.



شکل ۴- مقایسه میانگین برای کاهش هدایت‌الکتریکی

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات دوگانه برای هدایت‌الکتریکی

تراکم (بوته) / اثرگیاه و زئولیت	بدون گیاه	۱۲	۲۴
بدون تراکم و بدون زئولیت	۱۴۷۶۰a	۱۴۷۶۰a	۱۴۷۶۰a
با تراکم و زئولیت	۱۴۳۵۰b	۱۳۵۶۰c	۱۳۲۷۰d

زمان‌ماند(روز) / اثرگیاه و زئولیت	۷	۱۴	۲۱	۲۸
بدون تراکم و بدون زئولیت	۱۴۷۵۰a	a۱۴۷۸۰	۱۴۷۴۰a	۱۴۸۰۰a
با تراکم و زئولیت	۱۴۴۱۰b	۱۳۹۴۰c	۱۳۴۴۰d	۱۳۱۲۰e

اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ هستند.

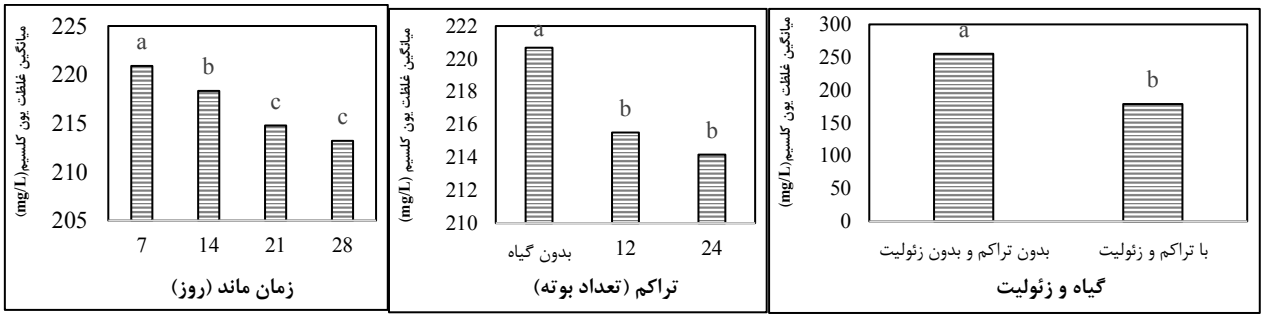
www.SID.ir

Archive of SID

Darvazeh et al. (2013) شوری‌زدایی فاضلاب به روش گیاه‌پالایی به‌وسیله گیاه Bassia Scoparia را بررسی نمودند و نشان دادند که این گیاه قادر به رشد در محیط آبی با شوری ۲۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است و قادر است شوری را تا ۴۰ درصد کاهش دهد. در پژوهشی در سال ۲۰۱۸ به بررسی کارایی گیاه Salicornia Europaea در گیاه‌پالایی نمک از محلول-ها پرداخته شد. در این پژوهش گیاه با استفاده از سیستم کاشت هیدروپونیک و در سه سطح شوری مختلف (هدایت‌الکتریکی تقریباً برابر با ۲۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی-متر) با زمان ماند ۷ روز و با سه تکرار برای هر سطح شوری کشت داده شد. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که این گیاه مقادیر هدایت‌الکتریکی را در سطوح شوری EC~2000 S/cmμ، EC~6000 S/cmμ وEC~10000 S/cmμبه‌ترتیب ۱۶/۷۵، ۱۷/۰۵ و ۱۸/۱۱ درصد کاهش داده است (Farazi et al.,2018).

بررسی یون کلسیم

در انتهای ۲۸ روز از شروع آزمایش بستر زئولیت یون کلسیم را ۲۷/۱۵ درصد کاهش داد. همچنین گیاه آتریپلکس در تراکم ۱۲ بوته به همراه بستر زئولیت یون کلسیم را بین ۳۲/۷۵ تا ۳۴/۳۶ درصد و به‌طور متوسط ۰/۴± ۳۳/۳ درصد و در تراکم ۲۴ بوته به همراه بستر زئولیت یون کلسیم را بین ۳۲/۷۵ تا ۳۷/۵۶ درصد و به‌طور متوسط ۱/۳۰±۳۵/۹ درصد کاهش داده است. بر اساس نتایج تحلیل واریانس برای یون کلسیم بر اساس آزمون LSD، سطوح تراکم، سطوح زمان‌ماند و سطوح اثر گیاه و زئولیت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته که نتایج آن در شکل (۵) آمده است. با توجه به شکل (۵)، کاهش یون کلسیم در تراکم های ۱۲ و ۲۴ بوته اختلاف معنی‌داری نسبت به مخزن حاوی زئولیت دارند اما میان دو تراکم گیاهی اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است. همچنین روند کاهشی یون کلسیم در زمان-های ماند مختلف دارای اختلاف معنی‌داری است ولی این اختلاف معنی‌دار تا زمان ۲۱ روز بوده است و گیاه به همراه بستر زئولیت به خوبی یون کلسیم را تا زمان ۲۱ روز جذب نموده‌اند. همچنین گیاه به همراه بستر زئولیت تأثیر معنی‌داری بر روی آب‌شور داشته و موجب کاهش یون کلسیم شده است. طبق آزمونLSD ، اثرات متقابل دوگانه سطوح (اثرگیاه و زئولیت×تراکم) و (اثرگیاه و زئولیت×زمان ماند) در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده و نتایج آن در جدول (۴) آورده شده که نشانگر تأثیر سطوح یک عامل بر سطوح عوامل دیگر آزمایش است. نتایج Farazi et al. (2018) برای گیاه Salicornia Europaea با استفاده از سیستم کاشت هیدروپونیک و در سه سطح شوری مختلف (هدایت‌الکتریکی تقریباً برابر با ۲۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی-متر) به ترتیب برای یون کلسیم نشانگر کاهش ۲۸/۷۱، ۲۷/۱۸ و ۴۰/۴۳ درصد بوده است.



شکل ۵- مقایسه میانگین برای کاهش غلظت یون کلسیم

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات دوگانه برای یون کلسیم

تراکم (بوته) / اثرگیاه و زئولیت	بدون گیاه	۱۲	۲۴
بدون تراکم و بدون زئولیت	۲۵۵[a]	۲۵۵[a]	۲۵۵[a]
با تراکم و زئولیت	۱۸۶/۴[b]	۱۷۶/۲[c]	۱۷۳/۳[d]
زمان‌ماند(روز) / اثرگیاه و زئولیت	**۷**	**۱۴**	**۲۱**	**۲۸**
بدون تراکم و بدون زئولیت	۲۵۵/۵۲[a]	۲۵۶/۵[a]	۲۵۵/۵۲[a]	۲۵۶/۵[a]
با تراکم و زئولیت	۱۸۹/۳[b]	۱۸۰/۱[c]	۱۷۵[d]	۱۶۹/۹[e]

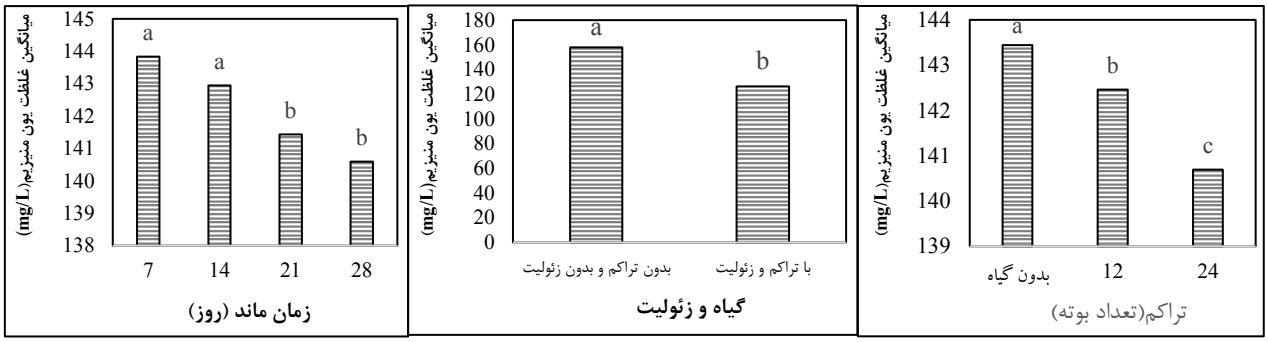
اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی یون منیزیم

در انتهای ۲۸ روز از شروع آزمایش بستر زئولیت یون منیزیم را ۱۹/۱ درصد کاهش داد. همچنین گیاه آتریپلکس در تراکم ۱۲ بوته به همراه بستر زئولیت یون منیزیم را بین ۲۱/۶ درصد تا ۲۲/۸ درصد و به‌طور متوسط ۰/۳۴±۲۲ درصد و در تراکم ۲۴ بوته به همراه بستر زئولیت یون منیزیم را بین ۲۲/۸ تا ۲۶/۱ درصد و به‌طور متوسط ۰/۹±۲۵ درصد کاهش داده است. براساس نتایج تحلیل واریانس برطبق آزمون LSD ، برای یون منیزیم تمامی سطوح تراکم، سطوح زمان‌ماند و سطوح گیاه و زئولیت با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد شده که نتایج آن در شکل (۶) آورده شده است. باتوجه به شکل (۶)، کاهش یون منیزیم در تمامی تراکم‌های ۱۲ و ۲۴ بوته و مخزن حاوی زئولیت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشته است و بیشترین کاهش مربوط به تراکم گیاهی ۲۴ بوته بوده است. همچنین یون منیزیم در طول زمان‌های ماند مختلف دارای روند کاهشی بوده است که این روند تا زمان‌های ماند ۱۴ و ۲۱ روز اختلاف معنی داری را نشان می‌دهد که این امر نشان از کاهش عملکرد گیاه در زمان‌های‌ماند پایانی است. گیاه و بستر زئولیت نیز تاثیر معناداری بر مقدار یون منیزیم داشته و موجب کاهش یون منیزیم شده است. طبق آزمون LSD، اثرات متقابل دوگانه سطوح (اثرگیاه و زئولیت×تراکم) و (اثر گیاه و زئولیت×زمان ماند) در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده که نتایج آن در جدول (۵) آورده شده که این امر نشان از تاثیر سطوح یک عامل بر سطوح عوامل دیگر است. نتایج Farazi et al. (2018) برای گیاه Salicornia Europaea با استفاده از سیستم کاشت هیدروپونیک و در سه سطح شوری مختلف (هدایت‌الکتریکی تقریباً برابر با ۲۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) به ترتیب برای یون منیزیم نشانگر کاهش ۳۱/۶۴، ۲۵/۳۵ و ۱۷/۴۶ درصد بوده است.



شکل ۶- مقایسه میانگین کاهش غلظت یون منیزیم

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات دوگانه برای یون منیزیم

تراکم (بوته) / اثرگیاه و زئولیت	بدون گیاه	۱۲	۲۴
بدون تراکم و بدون زئولیت	۱۵۸[a]	۱۵۸[a]	۱۵۸[a]
با تراکم و زئولیت	۱۲۸/۹[b]	۱۲۶/۹[c]	۱۲۳/۴[d]
زمان‌ماند(روز) / اثرگیاه و زئولیت	**۷**	**۱۴**	**۲۱**	**۲۸**
بدون تراکم و بدون زئولیت	۱۵۸/۹۲[a]	۱۵۸/۶۲[a]	۱۵۸/۷۷[a]	۱۵۸/۶۲[a]
با تراکم و زئولیت	۱۳۰/۷[b]	۱۲۷/۳[c]	۱۲۵/۱[d]	۱۲۲/۶[e]

اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ هستند.

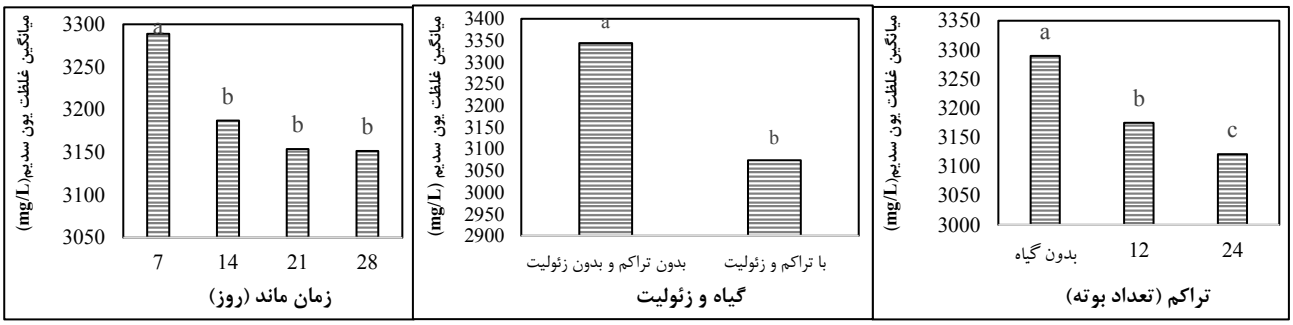
بررسی یون سدیم

در انتهای ۲۸ روز از شروع آزمایش بستر زئولیت یون سدیم را ۴/۳ درصد کاهش داد. همچنین گیاه آتریپلکس در تراکم ۱۲ بوته به همراه بستر زئولیت یون سدیم را بین ۱۲/۸ تا ۱۶/۱ درصد و به‌طور متوسط ۱/۱۵±۱۳/۴ درصد، و در تراکم ۲۴ بوته به همراه بستر زئولیت بین ۱۴/۳ تا ۲۱/۷ درصد و به‌طور متوسط ۱/۷۵±۱۸ درصد کاهش داد. براساس نتایج تحلیل واریانس برای یون سدیم بر اساس آزمون LSD، تمامی سطوح تراکم، سطوح زمان‌ماند و سطوح اثرگیاه و زئولیت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته که نتایج آن در شکل (۷) آورده شده است. همچنین اثرات متقابل دوگانه سطوح (اثرگیاه و زئولیت×تراکم) و (اثرگیاه و زئولیت×زمان ماند) در سطح ۵ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌دار شده و نتایج آن در جدول (۶) آورده شده است. با توجه به شکل (۷)، با افزایش تراکم میزان کاهش یون سدیم اختلاف معنی‌داری داشته که بیشترین میزان کاهش برای تراکم ۲۴ بوته بوده است که این نشانگر عملکرد بهتر گیاه در تراکم ۲۴ بوته برای حذف یون سدیم است. همچنین با افزایش زمان‌ماند گیاه، کاهش یون سدیم اختلاف معناداری داشته است اما این اختلاف تا زمان ۱۴ روز بوده است و در ادامه کاهش یون سدیم مقدار معناداری نداشته که این امر نشان از کاهش عملکرد گیاه در جذب یون سدیم در زمان‌های انتهایی آزمایش دارد. همچنین، وجود گیاه و بستر زئولیت بر غلظت یون سدیم تاثیر معناداری داشته و موجب کاهش این یون شده است.



شکل ۷- مقایسه میانگین کاهش غلظت یون سدیم

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات دوگانه برای یون سدیم

تراکم (بوته) / اثرگیاه و زئولیت	بدون گیاه	۱۲	۲۴
بدون تراکم و بدون زئولیت	۳۳۲۲/۲^{a}	۳۳۱۳/۸^{a}	۳۳۱۳/۸^{a}
با تراکم و زئولیت	۳۲۵۷/۵^{a}	۳۰۳۵/۸^{b}	۲۹۲۸/۷^{c}
زمان‌ماند (روز) / اثرگیاه و زئولیت	**۷**	**۱۴**	**۲۱**	**۲۸**
بدون تراکم و بدون زئولیت	۳۳۵۱/۳^{a}	۳۳۴۲/۴^{a}	۳۳۳۱/۳^{a}	۳۳۵۱/۳^{a}
با تراکم و زئولیت	۳۲۲۶/۳^{b}	۳۱۱۱/۸^{c}	۳۰۰۱/۸^{d}	۲۹۵۶/۲^{d}

اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ هستند.

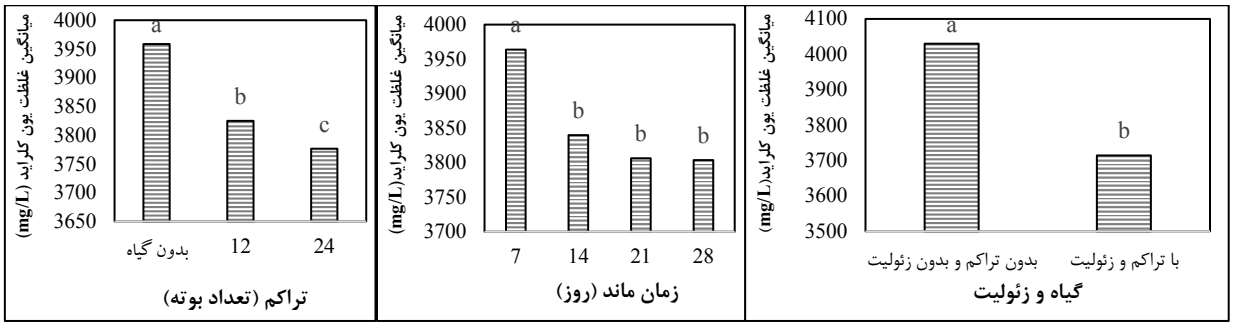
بر طبق تحقیقات Khatir Namni (2006) گیاه آتریپلکس نمک موجود در خاک را در خود ذخیره می‌کند. نتایج Farazi et al. (2018) برای گیاه Salicornia Europaea با استفاده از سیستم کاشت هیدروپونیک و در سه سطح شوری مختلف (هدایت الکتریکی تقریباً برابر با ۲۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) به ترتیب برای یون سدیم نشانگر کاهش ۲۰/۴۱، ۱۷/۲۹ و ۲۳/۸۹ درصد بوده است.

بررسی یون کلراید

در انتهای ۲۸ روز از شروع آزمایش بستر زئولیت یون کلراید را ۴/۲ درصد کاهش داد. همچنین گیاه آتریپلکس در تراکم ۱۲ بوته به همراه بستر زئولیت یون کلراید را بین ۱۱/۲ تا ۱۶ درصد و به‌طور متوسط بین ۱/۲±۱۳/۱ درصد، و همچنین گیاه در تراکم ۲۴ بوته به همراه بستر زئولیت یون کلراید را بین ۱۴/۲ تا ۱۸/۷ درصد و به‌طور متوسط ۱/۱±۱۶/۹ درصد کاهش داده است. بر اساس نتایج تحلیل واریانس برای یون کلراید براساس آزمون LSD، تمامی سطوح تراکم، سطوح زمان‌ماند و سطوح اثرگیاه و زئولیت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته که نتایج آن در شکل (۸) آورده شده است. همچنین اثرات متقابل دوگانه سطوح (اثرگیاه و زئولیت×تراکم) و (اثر گیاه و زئولیت×زمان‌ماند) درسطح ۵ درصد معنی‌دار شده که نتایج آن در جدول (۷) آمده است. مطابق شکل (۸)، با افزایش تراکم میزان کاهش یون کلراید اختلاف معنی‌داری داشته که بیشترین میزان کاهش برای تراکم ۲۴ بوته بوده است که این نشانگر عملکرد بهتر گیاه در تراکم ۲۴ بوته برای حذف یون کلراید است. همچنین با افزایش زمان‌ماند کاهش یون کلراید اختلاف معناداری داشته است اما این اختلاف تا زمان ۱۴ روز بوده است و در ادامه کاهش یون کلراید مقدار معناداری نداشته که این امر نشان از کاهش عملکرد گیاه در جذب یون کلراید در زمان‌های انتهایی آزمایش دارد. همچنین وجود گیاه و بستر زئولیت بر غلظت یون کلراید تاثیر معناداری داشته و موجب کاهش این یون شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- مقایسه میانگین برای کاهش غلظت یون کلراید

Ghanbari et al. (2007) به بررسی تحمل شوری ۴ گونه Atriplex در ۳ شوری ۹۰۰۰، ۱۲۰۰۰ و ۱۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر پرداختند ، حداکثر جذب کلر مربوط به دو گونه A.canscens و A.lentiformis به‌ترتیب ۸/۱ و ۵/۳ درصد و در شوری ۱۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر بود. نتایج Farazi et al. (2018) برای گیاه Salicornia Europaea با استفاده از سیستم کاشت هیدروپونیک و در سه سطح شوری مختلف (هدایت-الکتریکی تقریباً برابر با ۲۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) به‌ترتیب برای یون کلراید نشانگر ۲۳/۲۴، ۱۸/۸۴ و ۲۲/۱۶ درصد کاهش بوده است.

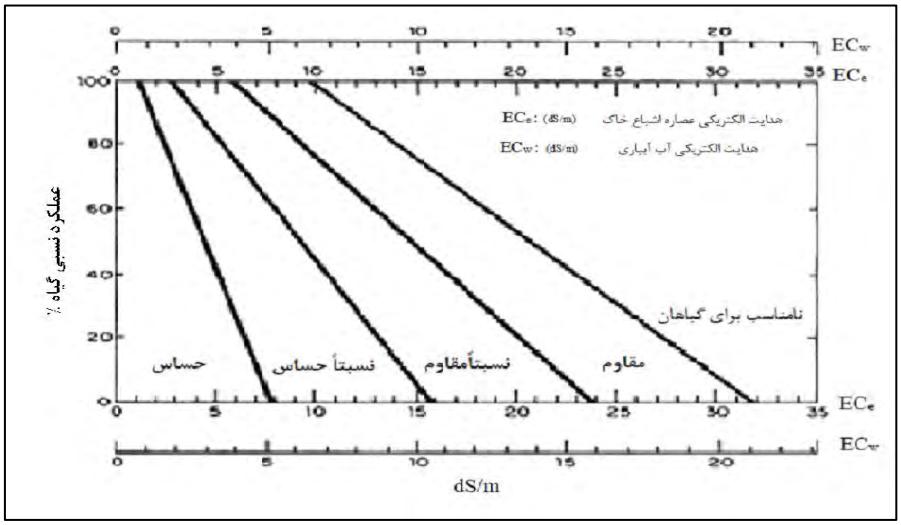
جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات دوگانه برای یون کلراید

تراکم (بوته) / اثرگیاه و زئولیت	بدون گیاه	۱۲	۲۴
بدون تراکم و بدون زئولیت	۳۹۹۲/۶^{a}	۳۹۹۲/۶^{a}	۳۹۹۲/۶^{a}
با تراکم و زئولیت	۳۹۲۴/۸^{b}	۳۶۵۷/۶^{c}	۳۵۶۰/۷^{d}
زمان‌ماند (روز) / اثرگیاه و زئولیت	**۷**	**۱۴**	**۲۱**	**۲۸**
بدون تراکم و بدون زئولیت	۴۰۳۷/۸^{a}	۴۰۲۷/۲^{a}	۴۰۱۷/۵^{a}	۴۰۳۷/۸^{a}
با تراکم و زئولیت	۳۸۸۹/۸^{b}	۳۷۶۲/۵^{c}	۳۶۳۰^{d}	۳۵۷۵/۱^{d}

اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ هستند.

تحلیل آب شوری‌زدایی شده توسط گیاه آتریپلکس جهت استفاده در کشاورزی

گیاهان در مقابل شوری از خود واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهد تا بتوانند آسیب‌های ناشی از شوری را به حداقل برسانند. شکل (۹) طبقه‌بندی گیاهان را در برابر تحمل شوری آب آبیاری (EC_w) و شوری خاک (EC_e) با توجه به میزان کاهش محصول نشان می‌دهد.



شکل ۹- مقاومت گیاهان در برابر شوری آب و خاک (Pessarakli, 2014)

www.SID.ir

Archive of SID

به‌عنوان مثال اگر آب آبیاری با شوری ۱۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر موجود باشد و با این آب گیاهان نسبتاً مقاوم و مقاوم به شوری آبیاری شوند عملکرد این گیاهان به ترتیب ۷٪ و ۴۳٪ خواهند شد ولی اگر قبل از آبیاری فرآیند گیاه-پالایی نمک با استفاده از گیاه آتریپلکس به همراه بستر زئولیت انجام شود عملکرد همان گیاهان به ترتیب ۲۲٪ و ۵۵٪ می‌شود.

نتیجه‌گیری

شورپسندها گیاهانی هستند که قادرند غلظت‌هایی از نمک را تحمل کنند که اغلب گیاهان در این شرایط قادر به حیات نیستند. با توجه به نتایج به‌دست آمده افزایش تراکم گیاهی باعث کاهش رشد گیاه شده، اما تعداد گیاه بیشتر موجب کاهش بیشتر هدایت-الکتریکی و در نتیجه کاهش بیشتر یون‌های عامل شوری شده است. گیاه آتریپلکس به همراه بستر زئولیت می‌تواند در مدت ۲۸ روز از آزمایش حداکثر ۱۵/۹ درصد هدایت‌الکتریکی را کاهش دهد. همچنین حداکثر کاهش یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و کلراید به ترتیب برابر ۳۵/۹، ۲۵، ۱۸ و ۱۶/۹ درصد بوده است. در بین یون‌های عامل شوری آب که اندازه‌گیری شد اولویت جذب را یون کلسیم داشته است. با توجه به قابلیت گیاه شورپسند آتریپلکس می‌توان قبل از آبیاری مزارع با آب شور، برای کاهش شوری آب ابتدا به روش سیستم گیاه پالایی اقدام به شوری‌زدایی آب آبیاری نمود و سپس آب شوری‌زدایی شده را به مصرف گیاهان در کشت مورد نظر رساند.

سپاس‌گزاری

از دانشگاه صنعتی اصفهان و گلخانه هیدروپونیک دانشکده کشاورزی برای حمایت‌های مالی و تدارکاتی از انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Abedi-Koupai, J., Dorafshan, M. M. and Gohari, A. R. (2018). Improvement the quality of saline water using bioremediation with floating treatment wetland. In: Proceedings of 2*nd Iran Water and Wastewater Science Engineering Ccongress National Conference on Demand Supply of Drinking Water and Ssanitation*, 13-15 Nov., Isfahan University of Technology, Esfahan, Iran.

Akhzari, D. and Ghasemi Aghbash, F. (2014). Effect of Salinity and Drought Stress on the Seedling Growth and Physiological Traits of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides stapf.*). *Ecopersia,* 1(4), 339-352. (In Farsi)

APHA. (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Westwater*. Washington: American Public Health Association.

Bagheri, M. (2010). Study on the effects of salinity and zinc on the growth characteristics, yield and quality of grain safflower (carthamus tinctorius L.). M.Sc. dissertation, University of Birjand, Birjand.

Boyd, C. E. and Tucker, C. S. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Buhmann, A. and Papenbrock, J. (2013). Biofiltering of aquaculture effluents by halophytic plants: Basic principles, current uses and future perspectives. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 122-133.

Danabas, D. and Tulay, A. (2011). Effects of zeolite (*clinoptilolite*) on some water and growth parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Digest Journal of Nanomaterials and Biostrutures,* 3(6), 1111-1116.

Darvazeh, GH., Ganji, H. and Ayati, B. (2013). Desalination of saline Wastewater by phytoremediation, In: Proceedings of *7th National Congress on Civil Engineering, University oF Shahid Nikbakht Faculty of Engineering*, 7-8 May, University Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

Dorafshan, M. M. (2019). *Improvement of Saline Water using Bioremediation with Floating Treatment Wetland*. M.Sc. dissertation, Isfahan University of Technology, Isfahan.

Farazi, A., Burghaie, S. M., Vousoughi, M. (2018). Efficiency of Salicornia Europea in phytoremediation of Salt in Saline Water. *Journal of Water and Wastewater,* 28(6), 1-9. (In Farsi)

Flowers, T., Hajibagheri, M. and Clipson, N. (1986). Halophytes. *Quarterly Review Biology*, 61(3), 313-327.

Ghanbari, A., Heidari, M., Fakhireh, A. and Sarani, Sh. A. (2007). Salt Tolerance of 4 Atriplex Species in Ecological condition of Zahedan. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research,* 14(4), 241-250. (In Farsi)

Gomes, H. I. (2012). Phytoremediation for bioenergy: challenges and opportunities. *Environmental Technology*, 1(1), 59-66.

Jafari, M. and Tavili, A. (2013) *Revitalize the dry and desert environment*. Tehran: University of Tehran press.

Katschnig, D., Broekman, R. and Rozema, J. (2012). Salt tolerance in the halophyte Salicornia dolichostachya Moss: growth, morphology and physiology. *Environmental Experimental Botany,* 92(1), 32-42.

Khatir Namni, J. (2006). Effects of Atriplex Planting on Rangeland Soils of Golestan province. *Iranian Journal of Range and Desert Research,* 12(3), 311-334. (In Farsi)

www.SID.ir

Archive of SID

Moghimi, J. (2005) Introducing some important rangeland species suitable for the development and improvement of Iranian rangelands. Tehran: Arvan.

Mosavi, A. Nori emazadeie, M and Samadi Brojeni, H. (2014). Challenges of use wastewater in agriculture. In: Proceedings of *The First National Conference on Challenges on Water Resources and Agriculture*, 13-14 Feb., Isfahan, Iran.

Nazemi, M. (2012). Reduction the salinity of agricultural drainage water using sand filters incorporating mineral and organic adsorbents. M.Sc. dissertation, Isfahan University of Technology, Isfahan.

Ngosong, C., Halpern, M. T., Whalen, J. K. and Smith, D. L. (2013). Purslane (*Portulaca oleracea L.*) has potential for desalinizing greenhouse recirculation water. *Canadian Journal of Plant Science,* 93(5), 961-964.

Pessarakli, M. (2014) *Handbook of Plant and Crop Physiology*. New York: CRC Press.

Ramos, J., López, M. J. and Benlloch, M. (2004). Effect of NaCl and KCl salts on the growth and solute accumulation of the halophyte Atriplex nummularia. *Plant and Soil* 259(1), 163-168.

Ruiz, K., Cicatelli, A., Guarino, F., Jacobsen, S., Biondi, S. and Castiglione, S. (2017). Can quinoa, a salt-tolerant Andean crop species, be used for phytoremediation of chromium-polluted soil?. In: Proceedings of *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 8-13Apr., Vienna, Austria.

Uddin, M. K., Juraimi, A. S., Anwar, F., Hossain, M. A. and Alam, M. A. (2012). Effect of salinity on proximate mineral composition of purslane (Portulaca oleracea L.). *Australian Journal of crop Science*, 6(12), 1732-1752.

Yasuda, H., Takuma, K., Fukuda, T., Araki, Y., Suzuka, J. and Fukushima, Y. (1998). Effects of zeolite on water and salt control in soil. *Bulletin of the Faculty of Agriculture-Tottori University*, 51(1), 35-42.

www.SID.ir