نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱، ص. ۵۶-۴۵

Water Management in Agriculture
Vol. 9, No. 1, Spring and Summer 2022, 45-56

مقاله علمی- پژوهشی

نمک‌زدایی بیولوژیکی آب‌شور و دریا با استفاده از جلبک‌های دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس

اسما مویدی[۱]، بهمن یارقلی[۲*]، ابراهیم پذیرا [۳] و حسین بابازاده [۴]

چکیده

بحران آب ازجمله چالش‌های مهم زیست‌محیطی است. با توجه به مسئله کم‌آبی نمک‌زدایی ارزان‌تر و سریع‌تر از آب دریاها، به‌منظور تأمین آب مصرفی، اهمیت روزافزونی پیداکرده است. نمک‌زدایی با استفاده از روش‌های بیولوژیکی، شامل استفاده از گونه‌های مختلف گیاهان، میکروارگانیسم‌ها، جلبک‌ها و یا تلفیقی از آن‌ها است که می‌تواند در کاهش شوری آب مؤثر باشد. تحقیق حاضر باهدف بررسی نمک‌زدایی آب‌های شوربا استفاده از جلبک‌های دریایی انجام شد. تحقیق حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد، آزمون تجزیه واریانس دوطرفه ANOVA با دو تیمار اصلی شامل دو نوع جلبک (دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس) و دو تیمار فرعی شامل ۲ سطح شوری (۵۰ و ۷۰ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر) در سه تکرار انجام شد. آزمایش در شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی انجام و در دوره انکوباسیون، هدایت الکتریکی هرروز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد میزان جذب کلر، سدیم و بیکربنات در جلبک‌های دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس تفاوت معنی‌داری دارد، بالاترین مقدار جذب نمک در غلظت ۵۰ میلی زیمنس بر سانتی‌متر در جلبک کلرلاولگاریس با میزان ۳۲/۶۶ درصد کاهش شوری بود. بر اساس نتایج تحقیق به نظر می‌رسد که کاهش جذب نمک در جلبک‌ها با استفاده از نمک در سوخت‌وساز جلبک و رشد و تکثیر آن‌ها است و در حقیقت، یک روش مؤثر برای از بین بردن شوری است.

واژه‌های کلیدی: روش‌های نمک‌زدایی، نمک‌زدایی آب، نمک‌زدایی بیولوژیکی، نمک‌زدایی توسط جلبک‌ها

مقدمه

تغییرات آب و هوایی، افزایش جمعیت و توسعه ناپایدار در آینده‌ای نه‌چندان دور منجر به بروز معضل کمبود آب شیرین در سطح جهان خواهد شد (Kang et al., 2014). در چند دهه اخیر، سطح آب‌های زیرزمینی به‌شدت کاهش‌یافته و ذخایر آب شیرین در دسترس کمتر از ۰/۵ درصد کل ذخایر آب‌کره زمین را تشکیل می‌دهند (Sangwai et al., 2013). آب دریا به دلیل وفور آن بر روی کره زمین، به منبعی مهم برای تأمین آب شیرین تبدیل‌شده است. لذا به‌منظور تضمین امنیت منابع آب، در حال حاضر بسیاری از فعالیت خود را بر روی توسعه فناوری‌های شیرین‌سازی آب دریا متمرکز نموده‌اند (Kang et al., 2014).

مشکل کمبود آب از طریق جداسازی نمک از آب دریا امکان‌پذیر است. بااین‌حال جداسازی نمک از آب دریا به میزان زیادی انرژی و هزینه نیاز دارد که با استفاده از سوخت‌های

[۱] دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
[۲] استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کرج، ایران (* نویسنده مسئول: Yar_bahman@yahoo.com)
[۳] استاد، گروه خاکشناسی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
[۴] استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۵
DOR: 20.1001.1.24764531.1401.9.1.4.5

فسیلی سبب صدمه رساندن به محیط‌زیست می‌شود؛ بنابراین نیاز است که یک منبع انرژی پاک و تجدیدشونده را برای جداسازی نمک از آب دریا به‌کارگیریم (گنجی، ۱۳۹۰). امروزه کشورهای زیادی به‌منظور تأمین آب موردنیاز خود از منابع آبی غیرمتداول نظیر پساب فاضلاب‌های تصفیه‌شده، آب لب‌شور و آب دریا استفاده می‌کنند (Benko and Drewes, 2008). کشور ما در حال حاضر با بحران کم‌آبی مواجه بوده و با توجه به رشد جمعیت، توسعه صنعتی و کشاورزی، با افزایش نیاز آبی در مصارف مختلف و به‌تبع آن تشدید رقابت در مصارف مختلف، این بحران حادتر نیز خواهد شد (عرب، ۱۳۸۴). در سواحل استان‌های جنوبی به علت وضعیت خاک، زمین، آب‌وهوای منطقه و کمبود منابع آب شیرین سطحی و زیرزمینی، شیرین‌سازی منابع آب‌شور سطحی (رودخانه و دریاها) و منابع آب زیرزمینی، به‌عنوان یک گزینه مهم و اجتناب‌ناپذیر در تأمین آب مطرح می‌باشد (تقوی، ۱۳۸۳).

شیرین‌سازی آب‌شور به کمک روش‌های مختلف در سطح دنیا متناسب با کمیت و کیفیت آب مورد نیاز انجام می‌شود. عمده‌ترین روش‌های نمک‌زدایی شامل روش غشایی اسمز معکوس، تقطیر چندمرحله‌ای، روش‌های حرارتی تبخیر آنی چندمرحله‌ای، روش تقطیر با متراکم سازی بخار و تبادل یونی می‌باشند که هرکدام دارای مزایا و معایبی هستند و هرکدام با توجه به شرایط منطقه‌ای و نیاز، به‌کارگیری می‌شوند (رزداری و فنایی، ۱۴۰۰). هزینه آب تولیدشده یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در انتخاب روش است که وابسته به کیفیت آب ورودی، نوع فن‌آوری، ظرفیت کارخانه، تأمین و مصرف انرژی می‌باشد که منجر به افزایش هزینه‌های نمک‌زدایی و درنتیجه بعضاً غیراقتصادی شدن روش می‌شوند (عرب، ۱۳۸۴). اغلب تحقیقات این عرصه شامل فعالیت‌هایی است که در خصوص شیرین‌سازی با روش مرسوم غشایی و حرارتی صورت گرفته است و متأسفانه در خصوص به‌کارگیری روش‌های بیولوژیکی، به‌ویژه استفاده از گونه‌های جلبکی تحقیق مستند و جامعی صورت نگرفته است (Sahle-Demessie et al., 2019).

جلبک‌ها گونه‌های گیاهی ساده‌ای محسوب می‌شوند که فاقد ساقه و ریشه بوده و دارای کلروفیل هستند. آن‌ها از گونه‌های کوچک تک‌سلولی تا گونه‌های بزرگ و پرسلولی می‌باشند. این گونه‌ها توانایی مختلف و وسیعی برای رشد در محیط‌های آبی و خشکی مختلف دارند. اغلب گونه‌های جلبکی قادر به رشد مناسب در آب‌های شور می‌باشند. این گونه‌ها املاح آب را جذب و وارد متابولیسم خود می‌کنند، در این روش املاح آب می‌تواند همانند سایر عناصر مغذی توسط موجود زنده (گیاه یا جانور) جذب‌شده و تبدیل به بیومس گردیده و به نسبت جذب املاح از شوری آب کاسته شود.

در این خصوص بعضی از موجودات بیش از نیاز غذایی اقدام به جذب املاح آب کرده و به همین دلیل از پتانسیل بیشتری برای کاهش شوری آب برخوردارند. نمک‌زدایی یا کاهش شوری آب با استفاده از روش‌های بیولوژیکی شامل استفاده از گونه‌های مختلف ماکروفیت‌ها (گیاهان آبی)، میکروفیت‌ها (جلبک‌ها) و میکروارگانیسم‌ها و یا تلفیقی از آن‌ها می‌باشد که می‌تواند در کاهش شوری آب مؤثر باشد (El Nadi et al., 2012).

برخلاف گیاهان عالی، جلبک قادر به تکمیل چرخه زندگی خود در گسترده وسیعی از شوری می‌باشد. ریز جلبک برای سال‌های زیادی در تصفیه فاضلاب سطح سوم برای از بین بردن ترکیبات نیتروژن و فسفر بعد از کاهش اکسیژن موردنیاز بیولوژیکی[1] و اکسیژن خواهی شیمیایی[2] استفاده‌شده است (Laliberte et al., 1997 ؛Oswald, 1988). بسیاری از ریز جلبک‌ها قادر به استفاده از ترکیبات آلی تحت نور و شرایط میکسوتروفیک[3] (در زیست‌شناسی فرایند رشد اندامگان با استفاده از ترکیب مواد آلی و مواد معدنی) می‌باشند (Martinez et al., 2000) و در مطالعه‌ای استفاده از جلبک‌ها در یک سیستم تصفیه ریز جلبکی برای کاهش مواد آلی و معدنی طراحی شد و با توجه به نتایج، شاهد حذف قابل‌توجه تا ۹۵ درصد مواد معدنی بودند (Tam and Wong, 2000).

[1] Biological Oxygen Demand
[2] Chemical Oxygen Demand
[3] mixotrophic

بر اساس تحقیق آزمایشگاهی انجام‌شده در سال ۲۰۱۹ که به بررسی کارایی جلبک‌های هالوفیت در کاهش شوری با غلظت شوری از ۲ گرم در لیتر تا ۲۰ گرم در لیتر پرداخته‌شد. نتایج مشاهده گردیده نشان از عملکرد امیدوارکننده گونه جلبک هالوفیت سندسوس و کلرلاولگاریس در مقیاس آزمایشی می‌باشد (Sahle-Demessie et al., 2019). تحقیقات مصطفی و همکاران (۲۰۱۹) در خصوص تأثیر دما بر کارایی روش‌های بیولوژیکی نمک‌زدایی نشان از افزایش عملکرد متناسب با افزایش دما در بازه ۱۲ تا ۴۵ درجه می‌باشد (Ragab et al., 2019). تحقیقات فیگلر و همکاران بر روی توانایی ۹ گونه مختلف جلبک از گونه‌های کلرلا، کلروکوکوم، دزمودسموس، سندسموس و مونورافیدیوم در نمک‌زدایی نشان می‌دهد که این‌گونه علاوه بر اینکه قادر به رشد و تکثیر در آب‌های با غلظت نمک بالا هستند، تعدادی ازاین‌گونه‌ها ازجمله کلرلا قادر به کاهش شوری و حذف مقادیر قابل‌توجهی کلرید (تا ۳۹ درصد) و مواد مغذی (بیش از ۹۰ درصد) می‌باشند (Figler et al., 2019).

مطالعه‌ای که توسط ال‌نادی و همکاران صورت گرفت نشان داد فاضلاب با شوری معادل ۳۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مورد تصفیه با جلبک قرار گرفت و نتایج طی ۷ روز بیانگر بهبود کیفی و شاهد کاهش شوری تا ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (El Nadi et al., 2009). به‌منظور بررسی راندمان حذف مواد مغذی مختلف در آب‌شور[1] TDS (۴۰۰۰۰ پی‌پی‌ام) با استفاده از گونه‌های جلبک سبز از طریق یک سیستم تصفیه جریان پیوسته در دو راکتور صورت گرفت، جلبک دریایی به مدت ۷ روز به هر راکتور اضافه شد و کل مواد جامد محلول، سدیم، کلرید، فسفات و راندمان حذف اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در خروجی راکتور دوم راندمان حذف حدود ۹۷ درصد رسیده بوده است (El Nadi et al., 2019).

مطالعه دیگری که توسط ال‌نادی و همکاران روی استفاده از جلبک‌ها در شیرین‌سازی آب‌های شوربا حداقل هزینه تمام‌شده صورت گرفته است. نتایج حاکی از کارایی مثبت جلبک در نمک‌زدایی از آب دریا با راندمان ۹۵ درصد است که این نتایج به‌عنوان افق‌های جدیدی برای شیرین‌سازی آب‌های شور با روش‌هایی نوین محسوب می‌شوند (El Nadi et al., 2011).

با بررسی بر روی گونه‌های متعددی از جلبک‌های سبز و سیانوفیسه میکروسکوپی، این گونه‌ها قادرند در شوری‌های بالای پساب‌ها و در معرض دمای بالا و شدت نور بهترین عملکرد تولید را داشته باشند. برخی از گونه‌ها قادر هستند میزان نمک‌های موجود در پساب‌های شدیداً شور را تا سه برابر کاهش داده و میزان شوری را به محدوده طبیعی رسانیده که مشکلی در دفع به دریا ایجاد نشود. این گونه‌ها با رشد سریع و فراوان خود در آب‌های شدیداً شور و در دمای بالا بیوماس فراوانی تولید می‌نمایند (سهرابی پور و ربیعی، ۱۳۸۰).

ریز جلبک‌ها دارای پتانسیل بالایی برای تصفیه پساب هستند، ریز جلبک‌ها به علت وجود مزایایی همچون تولید زیست‌توده ارزشمند، عدم ایجاد آلودگی اضافی، باز چرخ مواد مغذی، فناوری ساده، کارایی بالا و هزینه پایین در حذف مواد مغذی، بخصوص نیتروژن، فسفر و سایر آلاینده‌ها مفید است (Yang et al., 2001). تصفیه پساب به‌وسیله کشت‌های جلبکی علاوه بر این‌که آلودگی اضافی تولید نمی‌کند، بلکه موجب باز چرخ مؤثر مواد غذایی می‌شود و ابزاری ارزان و کارآمد برای حذف مواد غذایی و فلزات آلاینده، بخصوص فلزات سنگین بوده که خود سبب ایجاد ایمنی اکولوژیکی در اکوسیستم‌های آبی می‌شود (Parsons et al., 1985).

ال‌سرگانی و همکاران نمک‌زدایی توسط جلبک دونالیلاسالینا را بررسی کردند، بر اساس نتایج شاهد جذب نمک به دلیل استفاده از نمک در متابولیسم و رشد و تکثیر جلبک‌ها است. استفاده از جلبک‌ها در حذف نمک از آب‌شور و تولید آب برای استفاده در مقاصد مختلف یک مفهوم جدید است و روشی مقرون‌به‌صرفه می‌باشد (El Sergany et al., 2014)؛ اما مطالعات بیشتر در خصوص پالایش پساب و حذف فلزات سنگین بوده است، هدف اصلی این پروژه مقایسه گونه‌های مختلف جلبکی میکرو مؤثر در فرآیند نمک‌زدایی آب‌شور است.

[1] Total dissolved solids

روش‌های کنونی نمک‌زدایی گران هستند و از انرژی زیادی استفاده می‌کنند. یافتن یک روش شیرین‌سازی با هزینه کم و تجدید پذیر می‌تواند به کاهش برخی از اثرات کمبود آب کمک کند، تاکنون تحقیقات زیادی درزمینه استفاده از جلبک‌های آب‌شور به‌عنوان یک روش طبیعی و پایدار برای کاهش شوری در آب‌شور و آب دریا انجام نگرفته است. برخی از گونه‌های جلبک‌های متحمل به نمک می‌توانند تا ۵۰ برابر بیشتر از غلظت نمک در آبی که در آن ساکن هستند، نمک جذب کنند و این‌یک روش عالی و طبیعی برای شیرین‌سازی آب برای استفاده در آب آشامیدنی است. هنگامی‌که از جلبک‌ها برای نمک‌زدایی استفاده شد، می‌توان آن‌ها به‌عنوان ماده اولیه تولید سوخت‌های زیستی استفاده کرد تا استفاده از سوخت‌های فسیلی نیز کاهش یابد.

مواد و روش‌ها

پس از انتخاب موضوع، این تحقیق در دو فاز اجرا شد. فاز اول، فاز مطالعاتی و بررسی‌های کتابخانه‌ای بود در این فاز گونه‌های جلبکی با توجه به تحقیقات کتابخانه‌ای و میدانی انجام‌شده با توجه به تحمل دامنه شوری، نرخ رشد، قدرت جذب بالا و دوره رویش کوتاه انتخاب شدند که شامل جلبک‌های دونالیلاسالینا[1] وکلرلاولگاریس[2] بود.

استوک جلبک دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس از پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور در بندرانزلی تهیه گردید. استوک موردنظر در شرایط آزمایشگاهی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی نگهداری شده بود. به‌منظور انجام نمک‌زدایی در محیط آزمایشگاهی، اتاقی کاملاً ایزوله جهت کشت جلبک‌ها در کرمان در نظر گرفته شد. طول دوره کشت ۷ روز در نظر گرفته شد. آب موردنظر از طریق دریاچه نمک سیرجان تهیه گردید.

جلبک دونالیلاسالینا در گروه‌های Chlorophyceae، راسته Volvocales و شاخه Chororophyta طبقه‌بندی می‌شوند. پیش‌ازاین، جلبک‌ها در خانواده Polyblepharidaceae قرار می‌گرفتند، اما به دلیل شباهت آن با جلبک Chlamydomonas، در خانواده Chlamydomonadaceae قرار گرفتند (Trenkenshu et al., 2005). گونه‌های دونالیلاسالینا مقاوم‌ترین یوکاریوتیک مربوط به شوری است که در بسیاری از محیط‌های شور مانند دریاچه‌ها و تالاب‌های آب‌شور وجود دارد و به‌طور گسترده‌ای در اکوسیستم‌های ایران توزیع می‌شوند. این به دلیل ویژگی‌های مختلف فیزیکی-شیمیایی آن‌هاست (زارعی دارکی، ۱۳۹۰).

جلبک کلرلاولگاریس به‌عنوان یک تیره جلبک سبز تک‌سلولی متعلق به تقسیم Chlorophyta مشخص می‌شود. این جلبک یک‌شکل کروی با قطر، حدود ۲ تا ۱۰ میکرون قطر دارد و هیچ تاژکی ندارد. کلرلاولگاریس حاوی رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی سبز و کلروفیل a و b در کلروپلاست خود است. فتوسنتز، آن را به‌سرعت تکثیر می‌کند و برای تولیدمثل به دی‌اکسید کربن، آب، نور خورشید و مقدار کمی مواد معدنی نیاز دارد.

روش‌های مختلفی برای جداسازی ریز جلبک از محیط کشت وجود دارد، منعقد سازی و متراکم سازی از روش‌های معمول برداشت می‌باشد، سانترفیوژ کردن و فیلتراسیون برترین روش برای برداشت ریز جلبک به‌حساب می‌آید. انتخاب روش برداشت، به چگالی و اندازه ریز جلبک بستگی دارد. درروش فیلتراسیون جداسازی جامد-مایع که در آن سیال از درون یک محیط متخلخل عبور کرده تا جامدات معلق آن ازجمله جلبک به دام افتد. درروش سانترفیوژ برای جداسازی جلبک آن‌ها را در معرض نیروهای گریز از مرکز قرار می‌دهند که جامدات را وادار می‌کند از داخل مایع حرکت کنند. روش فیلتراسیون و سانترفیوژ بسیار انرژی بر و پرهزینه هستند (Greenwell et al., 2010). بررسی‌ها نشان می‌دهد که دیواره سلولی ریز جلبک‌ها دارای بار الکتریکی منفی است (Crist et al., 1994) با توجه به وجود بار منفی، سلول‌های ریز جلبک به‌صورت پراکنده در محیط کشت باقی می‌ماند که بعد از خنثی‌سازی این بار منفی می‌تواند تجمع

[1] Dunaliella salina
[2] Cholorella vulgaris

پیداکرده و به حالت توده‌ای درآیند، فن (ECF)[1] یک روش الکتروشیمیایی است که برای تولید یون‌های فلزی منعقد کننده، از الکترودهای فلزی اکسیدکننده طراحی‌شده است (Perreault et al., 2010; Kim et al., 2012). به‌منظور افزایش سرعت واکنش طی انجام تکنیک ECF می‌توان از الکترولیت استفاده کرد (Gao et al., 2010). در این روش یک جریان الکتریکی از طریق نصب دو الکترود فعال برقرار می‌شود. الکترودی که به‌عنوان قطب آند عمل می‌کند در آزادسازی یون‌های فلزی نقش دارد. این یون‌های فلزی به‌عنوان عامل منعقد کننده در شکل‌گیری توده‌های جلبکی عمل می‌کنند (گلزاری و همکاران، ۱۳۹۵). پدیده انعقاد ریز جلبک با خنثی‌سازی بار الکتریکی، می‌تواند برای برداشت زیست‌توده مورداستفاده قرار گیرد (Safi et al., 2014).

مهم‌ترین پارامترهای رشد جلبک که دما، نور و هوادهی می‌باشد که در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ - مهم‌ترین پارامترهای رشد جلبک

پارامتر	دامنه محدوده تحمل	مناسب‌ترین
دما (سانتی‌گراد)	۱۶-۲۷	۲۵ ±۲
شوری (گرم در لیتر)	۱۲-۴۰	۲۰-۲۴
نور (لوکس)	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰	۵۰۰۰ تا ۲۵۰۰
دوره نوری (ساعت)	-	حداقل ۱۲ ساعت روشنایی ۱۲ ساعت تاریکی

در مرحله دوم اقدام به ساخت پایلوتی در مقیاس آزمایشگاهی به‌منظور ارزیابی عملی دو جلبک منتخب در کاهش شوری آب و دست‌یابی به اصول و مبانی طراحی و کاربری این جلبک‌ها برای نمک‌زدایی شد. آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. آب موردمطالعه در این تحقیق نمک از دریاچه آب‌شور کویر نمک سیرجان تهیه شد، نمک توسط ترازوی آزمایشگاهی وزن و نسبت به شوری موردنیاز در ۵ لیتر آب حل شدند، با توجه به هدایت الکتریکی موردنیاز رقیق‌سازی آب در مقدار ۵۰ و ۷۰ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر انجام شد. تیمارها شامل، دو جلبک (دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس)، در شوری‌های مختلف از ۵۰ و ۷۰ میلی زیمنس بر سانتی‌متر و هر تیمار در ۳ تکرار اعمال شد. نمونه‌ها در شرایط آزمایشگاهی در راکتور (راکتور از جنس بطری‌های ۵ لیتری شفاف از جنس پلی‌اتیلن) و در هر بطری ۳ سی‌سی از جلبک موردنظر اضافه شد و برای رشد مطلوب جلبک‌ها تأمین حداکثر میزان نور لازم در راکتور ۳۵۰۰ لوکس روزانه با استفاده از لامپ‌های ال‌ای‌دی در پروتکل نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و در دمای هوا ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (Nichols, 1973).

برای ایجاد جریان و چرخش آب و درنتیجه جابجایی جلبک و نیز تأمین دی‌اکسید کربن لازم برای فرآیند فتوسنتز و نیز اکسیژن لازم برای تنفس، هوادهی متناوب آب با استفاده از پمپ هوا انجام شد. این تحقیق، بدون استفاده از عناصر غذایی (میکرو المنت و ماکرو المنت‌های موردنیاز هر جلبک برای رشد) در محیط رشد انجام شد تا نمک‌های آب مورد نظر توسط جلبک‌ها به‌عنوان زیست‌توده جذب شوند و درنتیجه، با جذب نمک‌ها، شوری کاهش یابد. در این راستا، برخی موجودات بیشتر از نیازهای غذایی، نمک‌های آب را جذب می‌کنند و بنابراین پتانسیل بیشتری برای کاهش شوری آب‌دارند. هدایت الکتریکی آب به مدت ۷ روز، روزانه در ساعت‌های مختلف اندازه‌گیری شد و پس از پایان هر دوره، مقدار کلر، سدیم و بی-کربنات نیز اندازه‌گیری شد.

در این تحقیق از روش فیلتراسیون در جداسازی جلبک‌ها استفاده شد، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری sas انجام گرفت به‌منظور مقایسه میزان جذب در تیمارهای مختلف، از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه (ANOVA) و آزمون T-Test در سطح معنی‌دار $p\leq ۰/۰۵$ استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌دار $p\leq ۰/۰۵$ انجام گرفت.

نتایج و بحث

در تحقیق حاضر مقایسه کاهش شوری در دو جلبک دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس موردبررسی قرار گرفت، با توجه

[1] Electro Coagulation Flotation

به جدول ۲ نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان می‌دهد میزان کاهش EC، کاهش کلر، کاهش سدیم و کاهش بی‌کربنات در پاسخ به تیمارهای جلبک و شوری تفاوت معنی‌دار دارد ($p\leq ۰/۰۵$).

با توجه به شکل ۱ بالاترین مقدار جذب نمک در غلظت ۵۰ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر در جلبک کلرلاولگاریس با میزان جذب ۱۶/۳۳ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر (۳۲/۶۶ درصد) کاهش شوری بود و با افزایش غلظت به ۷۰ میلی زیمنس بر سانتی‌متر، میزان جذب به مقدار ۳ میلی زیمنس بر سانتی‌متر کاهش یافت. از طرفی کمترین میزان جذب در غلظت ۵۰ میلی زیمنس بر سانتی‌متر در جلبک دونالیاسالینا مشاهده شد و به مقدار ۲/۲۷ (۴/۵۴ درصد کاهش شوری) و در غلظت ۷۰ میلی زیمنس بر سانتی‌متر ۱/۹۳ میلی زیمنس بر سانتی‌متر هدایت الکتریکی را کاهش داد. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که استفاده از جلبک‌های سبز منجر به کاهش شوری و از نمک‌ها در متابولیسم استفاده می‌شود، این‌یک راه‌حل اقتصادی آسان برای مشکلات زیست-محیطی ناشی از آب‌شور است. درواقع، می‌توان گفت که رشد این گونه‌ها در آب‌شور بسیار مؤثر است و منجر به کاهش شوری در نمک‌زدایی و استفاده از آن‌ها در متابولیسم می‌شود (El Sergany et al., 2014؛ Badawy et al., 2012). همان‌گونه در جدول ۳ مشاهده می‌شود شاهد کاهش EC، کلر، سدیم و بی‌کربنات تحت تأثیر اثر متقابل جلبک‌های دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس در دو شوری ۵۰ و ۷۰ (میلی زیمنس بر سانتی‌متر) بودیم.

جدول ۲- تجزیه واریانس کاهش EC، کاهش کلر، کاهش سدیم و کاهش بی‌کربنات در پاسخ به تیمارهای جلبک و شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	کاهش EC	کاهش کلر	کاهش سدیم	کاهش بی‌کربنات
جلبک	۱	۱۷۱/۶۹ **	۴۸۱۳۸۶۵/۳۵ **	۴۴۹۰۷۵۸/۸۷ **	۶/۳۷ **
شوری	۱	۱۴۰/۱۵ **	۱۴۱۲۶/۱۱ **	۱۳۱۹۶/۳۵ **	۷/۵۵ **
اثر متقابل	۱	۱۲۶/۵۶ **	۱۱۳۱/۴۱ **	۱۶۸۳/۱۸ **	۱/۷۹ **
خطا	۸	۰/۲۱۶	۴۹/۱۸	۴۷/۴۱	۰/۳۹

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

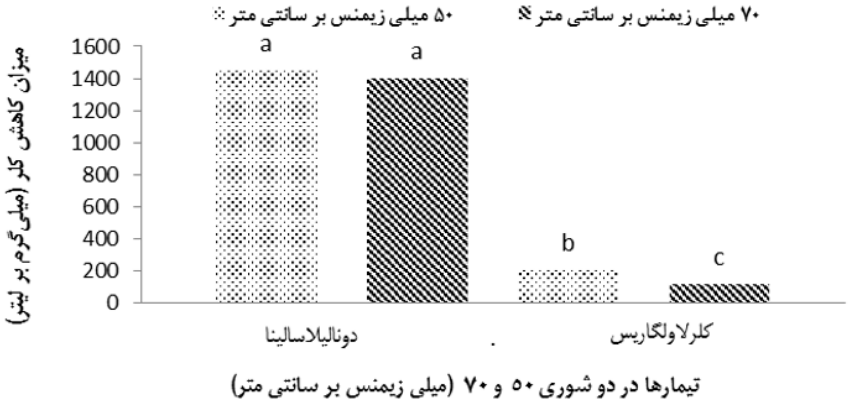
جدول ۳ -کاهش EC، کاهش کلر، کاهش سدیم و کاهش بی‌کربنات تحت تأثیر اثر متقابل تیمارهای جلبک و شوری

جلبک	شوری میلی زیمنس بر سانتی‌متر	کاهش EC میلی زیمنس بر سانتی‌متر	کاهش کلر میلی‌گرم بر لیتر	کاهش سدیم میلی‌گرم بر لیتر	کاهش بی‌کربنات میلی‌گرم بر لیتر
دونالیلاسالینا	۵۰	۲/۲۷ ± ۰/۲۷ c	۱۴۵۰/۷ ± ۷/۸۳ a	۱۴۸۰/۲۸ ± ۹/۷۳ a	۷/۵۰ ± ۰/۲۵ b
	۷۰	۱/۹۳ ± ۰/۲۱ c	۱۴۰۱/۵۰ ± ۰۱۰/۴۳ a	۱۳۹۰/۲۵ ± ۷/۲۷ b	۶/۶۹ ± ۰/۹۳ b
کلرلاولگاریس	۵۰	۱۶/۳۳ ± ۰/۸۳ a	۲۰۳/۳۸ ± ۴/۷۱ b	۲۳۳/۰۹ ± ۳/۵۰c	۹/۷۳ ± ۰/۶۱ a
	۷۰	۳ ± ۰/۲۴ b	۱۱۵/۳۵ ± ۲/۱۱ c	۱۹۰/۴۵ ± ۵/۴۸ d	۷/۳۷ ± ۰/۵۱b

شکل ۱- مقایسه کاهش EC پس از رشد در دوره ۷ روزه در جلبک‌های مختلف

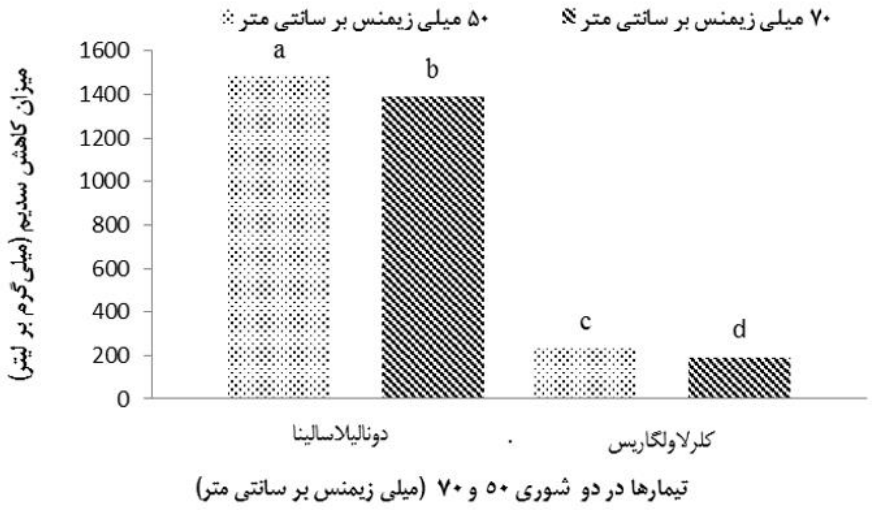
ریز جلبک‌ها ظرفیت بالایی برای جذب مواد مغذی غیر آلی دارند و می‌توانند برای کشت انبوه در بیوراکتورهای خورشیدی در فضای باز مورداستفاده قرار گیرند. جلبک‌های سبز تک‌سلولی به‌عنوان‌مثال Cholorella vulgaris و Scenedesmus quadricauda به‌طور گسترده‌ای در طیف وسیعی از غلظت نمک مورداستفاده قرارگرفته‌اند و دارای سرعت رشد سریع و قابلیت جذب مواد مغذی بالایی هستند. با این‌حال، برداشت زیست‌توده به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اشکالات استفاده از میکرو جلبک‌ها در طیف وسیعی از غلظت نمک در نظر گرفته می‌شود (Laliberte et al., 1997). در مقایسه جذب کلر توسط دو جلبک دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس با توجه به شکل ۲ بالاترین مقدار جذب کلر در شوری ۷۰ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر توسط جلبک دونالیلاسالینا با میزان جذب ۱۴۵۰/۷ معادل ۲۷/۲ درصد کاهش میزان کلر و در غلظت ۵۰ میلی زیمنس بر سانتی‌متر ۵۰ /۱۴۰۱ میلی‌گرم بر لیتر و در جلبک کلرلاولگاریس در غلظت‌های ۵۰ و ۷۰ میلی زیمنس بر سانتی‌متر به مقدار ۲۰۳/۳۸ و ۱۱۵/۳۵ میلی‌گرم بر لیتر بود.

در چند مطالعه دیگر اثرات افزایش کمی شوری بر جلبک‌ها در اکوسیستم‌های آب‌شور را بررسی کرده‌اند، نتایج نشان داد که جلبک‌ها قادر به تکمیل چرخه زندگی خود در طیف وسیعی از شوری بودند. کاربرد این جلبک‌ها و میکروارگانیسم‌ها یا ترکیب آن‌ها می‌تواند راهی مؤثر برای نمک‌زدایی یا کاهش شوری آب باشد (Yang et al., 2001).



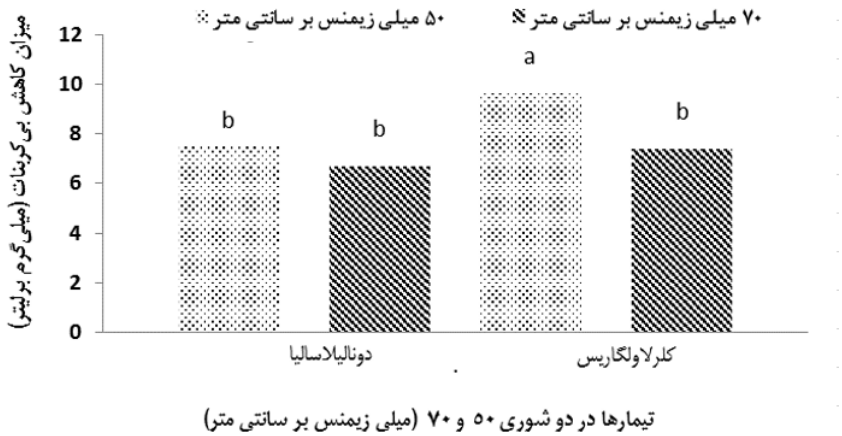
شکل ۲ - مقایسه کاهش کلر پس از رشد در دوره ۷ روزه جلبک‌های مختلف

در مقایسه جذب سدیم توسط دو جلبک دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس نشان داد که بیشترین میزان جذب سدیم با کاهش ۲۷/۲ درصد در جلبک دونالیلاسالینا که در غلظت ۵۰ میلی زیمنس بر سانتی‌متر به ترتیب در جلبک دونالیلاسالینا ۱۴۸۰/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر و جلبک کلرلاولگاریس ۲۳۳/۰۹ میلی‌گرم بر لیتر است (شکل ۳). نتایج مطالعه بداوی و همکاران نشان داد که افزایش جذب سدیم توسط جلبک‌ها به این دلیل است که دهانه‌های سطح جلبک‌ها باز می‌شوند و کاتیون‌ها می‌توانند به‌مرور وارد شیارها شوند. درنتیجه، دو مرحله برای جذب در جلبک‌ها وجود دارد؛ بنابراین، جذب مرحله اول مربوط به گروه‌های جلبکی فعال است که مستقیماً در معرض کاتیون‌ها هستند. جذب مرحله دوم نسبتاً کم است و در دوره‌های طولانی‌مدت اتفاق می‌افتد (Badawy et al., 2012). با توجه به پیوند کاتیون‌ها به گروه‌های سطحی جلبک‌ها شاهد کاهش نمک در محیط رشد جلبک‌ها هستیم (Gan et al., 2016). عامل اصلی مؤثر برجذب آنیون اندازه آنیون‌ها است. جذب بیولوژیک از آب‌شور، با استفاده از جلبک‌ها، جلبک‌های دریایی و قارچ‌ها اخیراً مورد توجه محققان قرارگرفته است. بسیاری از مکان‌های اتصال بالقوه در دیواره سلول‌های جلبکی و ماتریس‌های آلژینات وجود دارد. لیگاندهای موجود باعث جذب کاتیون در دیواره سلولی جلبک‌ها می‌شوند. درنتیجه، یک‌بار منفی تولید می‌شود و جاذبه بین بار منفی و کاتیون باعث افزایش جذب در سطح سلول می‌شود. درنهایت، کاتیون در محیط کاهش می‌یابد (Gong et al., 2005).



شکل ۳ – مقایسه میزان کاهش سدیم پس از رشد در دوره ۷ روزه جلبک‌های مختلف

همان‌گونه در شکل ۴ مقایسه جذب بی‌کربنات در دو جلبک دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس نشان می‌دهد که جذب بی‌کربنات در جلبک کلرلاولگاریس تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیشترین میزان کاهش بی‌کربنات در جلبک کلرلاولگاریس به میزان ۱۴/۴۲ درصد بود، این مقدار به ترتیب در شوری ۵۰ و ۷۰ میلی زیمنس بر سانتی‌متر در جلبک کلرلاولگاریس ۹/۷۳ و ۷/۳۷ میلی‌گرم بر لیتر و در جلبک دونالیلاسالینا ۷/۵۰ و ۶/۶۹ میلی‌گرم بر لیتر است.



شکل ٤ – مقایسه میزان کاهش بیکربنات پس از رشد در دوره ۷ روزه جلبک‌های مختلف

کربن به‌عنوان یک عامل اساسی برای رشد ریز جلبک‌ها در نظر گرفته می‌شود (Wen and Chen, 2003). به‌طورکلی، دی‌اکسید کربن اتمسفر به‌عنوان منبع کربن ریز جلبک‌های تحت کشت در نظر گرفته می‌شود که به‌طور طبیعی ۳۰۰ پی‌پی‌ام است (Devgoswami et al., 2012). بااین‌حال می‌توان گفت که بازده متابولیکی و ترکیب ریز جلبک‌ها برای استفاده از دی‌اکسید کربن و بی‌کربنات و کربنات به‌عنوان منبع کربن می‌تواند از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت باشد (De Morais et al., 2007). نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از کربن به‌عنوان یکی از منابع مصرف جلبک در نظر گرفته‌شده است.

وایت و همکاران نشان دادند که وجود غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم تأثیر قابل‌توجهی در رشد دو گونه ریز جلبک دریایی دارد و می‌توان اظهار داشت که به‌عنوان منبع غذایی برای رشد و نمو جلبک‌ها در نظر گرفته می‌شود (White et al., 2013).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از جلبک‌های دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس، راهی مؤثر برای کاهش شوری خواهد بود. جلبک‌ها دارای بازدهی بالایی در شوری زیاد هستند، بنابراین می‌توان از آن‌ها برای کاهش شوری، آب دریا استفاده کرد. به‌طورکلی، نمک‌زدایی کامل آب‌شور تنها با این جلبک‌ها حاصل نشد، با این‌حال این روش می‌تواند به‌عنوان پیش‌تصفیه سایر فناوری‌های نمک‌زدایی عمل کند و باعث کاهش هزینه‌های مالی نمک‌زدایی شود. با توجه به اینکه دامنه تحمل شوری دو جلبک دونالیلاسالینا و کلرلاولگاریس ۵۰ تا ۷۰ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر بود، محیط رشد جلبک را در شوری ۵۰ و ۷۰ میلی زیمنس بر سانتی‌متر قراردادیم. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مشاهده می‌شود که این جلبک پس از گذشت دوره ۷ روزه مقدار هدایت الکتریکی ۵۰ را در به‌اندازه ۱۶/۳۳ میلی زیمنس بر سانتی‌متر کاهش داده است؛ بنابراین می‌توان اظهار داشت که رشد گونه کلرلاولگاریس در محدوده شوری ۵۰ تا ۷۰ میلی زیمنس بر سانتی‌متر در مقایسه با جلبک دونالیلاسالینا در همین محدوده شوری روش بسیار مؤثری در جذب نمک در آب‌شور و منجر به کاهش شوری بود.

مزایای استفاده از این سیستم پیشنهادی شامل هزینه کم با ساخت آسان، عملکرد پایین و هزینه‌های نگهداری بدون نیاز به انرژی و علاوه بر کاهش آلودگی محیط‌زیست است. اساس استفاده از جلبک‌ها به‌عنوان مفهوم جدیدی برای تولید آب شیرین از طریق حذف نمک از آب‌شور در نظر گرفته‌شده است. در حقیقت، این‌یک ابزار ارزان و مؤثر برای از بین بردن شوری است که خود باعث ایمنی اکولوژیکی در اکوسیستم‌های آبی می‌شود.

منابع

تقوی، م. ۱۳۸۳. آب و آب‌رسانی در جزیره قشم. ماهنامه‌ی قشم.۱۰. ۱۶۴.

زارعی دارکی، ب. ۱۳۹۰. جلبک‌های اکوسیستم‌های آبی. ایران. چاپ اول. جلبک‌ها و جلبک‌شناسی. انتشارات پیام علوی. ۳۲۳ صفحه.

سهرابی پور، ج. و ربیعی، ر. ۱۳۸۰. جلبک‌های دریایی سواحل خلیج‌فارس و دریای عمان (استان هرمزگان). مجله گیاه‌شناسی ایران. ۸ (۱): ۱۳۱.

رزداری، و.م. و فنایی، س.ا. ۱۴۰۰. بررسی جامع انواع فرآیندهای شیرین سازی آب. فصلنامه علمی انرژی‌های تجدید پذیر و نو. ۸(۱): ۲۱-۳۲.

عرب، ف. ۱۳۸۴. نمک‌زدایی آب: حال و آینده. مجله‌ی آب و محیط‌زیست. ۶۴: ۲۰-۱۱.

گلزاری، ع.، ایمانیان، س.، عبدلی، م.ا.، خدادادی، ع. و کرباسی، ع. ۱۳۹۵. بررسی فرایندهای انعقاد الکتریکی و شیمیایی برای جداسازی میکرو جلبک‌های آب‌شور. مجله‌ی شیمی و مهندسی شیمی ایران. ۳۵. ۵۲-۳۹.

گنجی وطن، آ. ۱۳۹۰. نمک‌زدایی آب دریا با استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر. پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریتمنابع آب‌وخاک کشور. ۳۲۵۵. اسفندماه. کرمان.

Badawy, M.A., El Nadi, M.H. and Nasr, N.A.H. 2012. Biological Desalination Technique by Algae Application. Institute of Environmental Studies and Research. 1: 259-267.

Benko, K.L. and Drewes, J.E. 2008. Produced water in the Western United States. geographical distribution occurrence and composition. Environmental Engineering Science. 25: 239-246.

Crist, D.R., Gris, R.H., Martin, J.R and Watson, J.R. 1994. Ion exchange systems in proton-metal reactions with algal cell walls. FEMS Microbiology Reviews. 14: 309–314.

De Morais, M.G. and Costa, J.A.V. 2007. Biofixation of carbon dioxide by Spirulina sp. And Scenedesmus obliquus cultivated in a three stage serial tubular photobioreactor. Biotechnol. 129: 439-445.

Devgoswami, Ch.R., Kalita, M.C., Talukdar, J., Bora, R. and Sharma, P. 2012. Studies on the growth behavior of Chlorella. Haematococcus and Scenedesmus sp.in culture media with different concentrations of sodium bicarbonate and carbon dioxide gas. African Journal of Biotechnol. 10 (61): 13128-13138.

El Nadi, M. H., El Sergany. F.A. R. and Ibrahim. M.S.M. 2009. Use of Algae for Wastewater Treatment In Natural Gas Industry. Scientific Bulliton of The Faculty of Engineering. 1: 16107-16105.

El Nadi, M.H. A., Waheb, I.S. A and Saad, S. A.H.A. 2011. Using Continuos Flow Algea Ponds For Watre Desalination. Civil Engineering Reference Manual. 33(4).

El Nadi, M.H., Nasr, N.A.H., El Hosseiny, O.M. and Badawy, M.A. 2012. Algae Application for biological desalination. 2nd International Conference and Exhibition. Sustainable water supply and sanitation. December. Egypt.

El Nadi, M.H., El Hossein, O.M. and Nasr, N.A.H. 2019. Simple Simulation Model for Biological Desalination By Algae. World Journal of Engineering Research and Technology. 5(1): 299-316.

El Sergany, F. A. R., El Fadly, M and El Nadi, M. H. A. 2014. Brine Desalination by Using Algae Ponds Under Nature Conditions. American Journal of Environmental Engineering. 4(4): 75-79.

Figler, A., B-Beres, V., Dobronoki, D., Marton, K., Nagi, S.A and Bacsi, I. 2019. Salt Tolerance and Desalination Abilities of Nine Common Green Microalgae Isolates. Wastewater Treatment and Reuse. 11(12): 2527.

Gan, X., Shen, G., Xin, B. and Li, M. 2016. Simultaneous biological desalination and lipid production by Scenedesmus obliquus cultured with brackish water. Desalination. 400: 1–6.

Gao, S., Yang, J., Tian, J., Yang, J., Ma, F., Tu, J. and Du, M. 2010. Effects of chloride ions on electro-coagulation-flotation process with aluminum electrodes for algae removal. Journal

of Hazardous Materials. 182: 827–834.

Gong, R., Ding,Y., Liu, H., Chen, Q and Liu, Z. 2005. Lead biosorption by intact and pretreated Spirulina maxima biomass. Chemosphere. 58: 125-130.

Greenwell, H.C., Laurens, L.M., Shields, R.J., Lovitt, R.W. and Flynn, K.J. 2010. Placing microalgae on the biofuels priority list: a review of the technological challenges. Journal of the Royal Society Interface. 7(46): 703–726.

Kang, C.K., Linga, P., Park, K.N., Choi, S.G. and Lee, J.D. 2014. Seawater Desalination by gas hydrate process and removal characteristics of dissolved ions. Desalination. 353: 84-90.

Kim, J., Ryu, B.G., Kim, B.K., Han, J.I. and Yang, J.W. 2012. Continuous microalgae recovery using electrolysis with polarity exchange. Bioresource Technology.111: 268–275.

Laliberte, G., Lessard, P., De la Nou'e, J. and Sylvestre, S. 1997. Effect of phosphorus addition on nutrient removal from waste water with the cyanobacterium Phormidiumbohneri. Bioresource Technol. 59: 227-233.

Martinez, M.E., Sanchez, S., Jimenez, J.M., El Yousfi, F and Munoz, L. 2000. Nitrogen and phosphorus removal from urban waste water by the microalga Scenedesmus obliquus. Bioresource Technol. 73: 263-272.

Nichols H.W. 1973. Handbook of Phycological Methods Culture Methods and Growth Measurements. Growth media-freshwater. In Culture Methods and Growth Measurements. Cambridge University. 472: 7-24.

Oswald, W.J. 1988. Micro-algae and waste water treatment. Journal of Microalgal Biotechnology. 94: 305-328.

Parsons,T.R. Maita, Y. and Lalli, C.M. 1985. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Geological Magazine. 122(5): 570.

Perreault, F., Dewez, D., Fortin, C., Juneau, P., Diallo, A. and Popovic, R. 2010. Effect of aluminum on cellular division and photosynthetic electron transport in Euglena gracilis and Chlamydomonas acidophila. Environmental Toxicology and Chemistry. 29: 887–892.

Ragab, M., Elawwad, A. and Abdel-Halim, H. 2019. Evaluating the performance of Microbial Desalination Cells subjected to different operating temperatures. Desalination. 469: 56-66.

Safi, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P.Y. and Vaca-Garcia, C. 2014. Morphology, composition, production, processing and applications of Chlorella vulgaris. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 35: 265–278.

Sahle-Demessie, E., Aly Hassan, A. and El Badawy, A. 2019. Bio-desalination of brackish and seawater using halophytic algae. Desalination. 465: 104-113.

Sangwai, J.S., Patel, R.S., Mekala, P., Mech, D. and Busch, M. 2013. Desalination of seawater using gas hydrate technology – current status and future direction. XVIII Conference on Hydraulics, Water Resources. 440. Decamber. India.

Tam, N.F.Y. and Wong, Y.S. 2000. Effect of immobilized microalgal bead concentrations on wastewater nutrient removal. Environmental Pollution. 107(1): 145-151.

Trenkenshu, R.P., Gevorgiz, R.G. and Borovkov, A.B. 2005. The experience of industrial cultivation Dunaliella salina. Journal of Sevastopol. 90-97.

Wen, Z.Y. and Chen, F. 2003. Heterotrophic production of eicosapentaenoic acid by microalgae. Biotechnol. 21: 273-294.

White, D.A., Pagarette, A., Rooks, P. and Ali., S.T. 2013. The effect of sodium bicarbonate supplementation on growth and biochemical composition of marine microalgae cultures. Appllied Phycology. 25(1): 153-165.

Yang, K.L., Ying, T.Y., Yiacoumi, S., Tsouris, C. and Vittoratos, E.S. 2001. Electrosorption of ions from aqueous solutions by carbon aerogel. An electrical double-layer model.j. Langmuir. 17: 1961-9

Water Management in Agriculture
Vol. 9, No. 1, Spring and Summer 2022, 45-56

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱، ص. ۵۶-۴۵

Biological Desalination of Saline and Seawater using Dunaliella Salina and Cholorella Vulgaris Algae

A. Moayedi[1], B. Yargholi[2*], E. Pazira[3] and H. Babazadeh[4]

Abstract

The water crisis is one of the major environmental challenges. Due to the problem of cheaper and faster desalination of seawater than seawater, in order to supply water, it has become increasingly important. Desalination using biological methods involves the use of different species of plants, microorganisms, algae or a combination of them, which can be effective in reducing water salinity. The aim of this study was to investigate the desalination of saline waters using seaweed. The present study was conducted to investigate the desalination of brine waters using seaweed. The present study was performed as a factorial study in a completely randomized design. The two-way ANOVA analysis of variance was performed with two main treatments including two types of algae (Dunaliella salina and Cholorella vulgaris) and two sub-treatments including 2 salinity levels (50 and 70 milliseconds per centimeter). The experiment was performed under controlled laboratory conditions and during the incubation period, electrical conductivity was measured daily. The results showed that the uptake of chlorine, sodium and bicarbonate was significantly different in Dunaliella salina and Cholorella vulgaris algae. Decreased by 3 mmHg Based on the research results, it seems that the reduction of salt absorption in algae using salt is in algal metabolism and their growth and reproduction.

Keywords: Algal desalination, Biological desalination, desalination methods,Water desalination

[1] Ph.D. Student of the Department of Agricultural Systems Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research and Training Organization, Karaj, Iran (*Corresponding Author Email: Yar_bahman@yahoo.com)
[3] Professor of Department of Soil Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[4] Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Received: 6 Dec 2021
Accepted: 15 Jan 2022