



تأثیر پساب آب شیرین کن بر برخی از خصوصیات رویشی نهال‌های حرا (*Avicennia marina*) (*Forsk. Vierh*)

سینا بهروزی خورگو^۱، حسین پرورش^{۲*}، مریم مصلحی^۳ و آذیر خلیل آریا^۴

^۱ دانشجوی دکتری مدیریت محیط زیست، گروه محیط زیست، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
^۲ استادیار، گروه محیط زیست، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
^۳ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران
^۴ استادیار، گروه محیط زیست، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۱۷)

چکیده

جنگل‌های مانگرو از بوم‌سازگان‌های شکننده‌ای است که به دخالت‌های انسانی بسیار حساس است. در این تحقیق برای نخستین بار، تأثیر پساب آب شیرین کن بر خصوصیات رویشی و درجه شادابی نهال‌های حرا بررسی شد. پس از جمع‌آوری بذرهای درختان مادری سالم و کشت آنها در شهریور ۱۳۹۹، بذرهای تیمارهای آبی با غلظت ۰، ۱، ۲، ۳، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد پساب آب شیرین کن دو بار در روز آبیاری شدند. پس از شش ماه، خصوصیات رویشی در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری و با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه مقایسه شد. درجه شادابی نهال‌ها نیز با آنالیز کروسکال-والیس مقایسه شد. براساس نتایج، رویش قطری (۳/۴۰ میلی‌متر)، رویش ارتفاعی (۵۰/۱۰ سانتی‌متر)، طول ریشه (۳۳/۵۸ سانتی‌متر) و سطح برگ (۲۱/۶۷ سانتی‌متر مربع) در تیمار شاهد بیشترین مقدار را داشت. همچنین تعداد برگ و درجه شادابی در تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری داشت. شایان ذکر است که شوری خاک در تیمار شاهد و پساب ۲۰ درصد به ترتیب با مقادیر ۲۴ و ۳۰/۴۱ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر کمترین و بیشترین مقدار را داشت ($P < 0.05$). نتایج نشان داد که پساب آب شیرین کن تأثیر منفی بر خصوصیات رویشی نهال‌های حرا دارد و افزایش غلظت، بر شدت تأثیرات منفی آن می‌افزاید. در مجموع نتایج، حد بحرانی تأثیر پساب بر خصوصیات رویشی نهال‌های حرا را می‌توان از غلظت ۱۰ درصد گزارش کرد. بنابراین توصیه می‌شود برنامه‌های مدیریتی صحیحی در استفاده از آب شیرین کن و همچنین دفع پساب آن انجام گیرد تا آسیب به جنگل‌های مانگرو به کمترین حد برسد.

واژه‌های کلیدی: جنگل مانگرو، درجه شادابی، رویش ارتفاعی، قطر یقه.

مقدمه

(Moslehi, 2019). این جنگل‌ها که اغلب در پهنه‌های گلی به وجود آمده‌اند، در منطقه بین جزر و مدی ناحیه ساحلی حاصل از ته‌نشست رسوبات ساحلی پراکنش یافته‌اند (Mashayekhi et al., 2017). اکوسیستم‌های حساس و شکننده نواحی گرمسیری، مناطق حساسی‌اند که پوشش گیاهی تأثیر مهمی در

هر اکوسیستمی با فراهم کردن فواید و خدمات مستقیم و غیرمستقیم، زندگی جانداران را حمایت می‌کند. در بین این اکوسیستم‌ها، جنگل‌های مانگرو از پربرترین اکوسیستم‌ها به‌ویژه از نظر خدماتی-حفاظتی و زیست‌محیطی در این سیاره هستند

(2017) & abedi با بررسی خسارت آلودگی ناشی از پساب آب شیرین کن‌های منطقه ویژه پارس جنوبی گزارش کردند که پارامترهای TDS، سولفات و سدیم بررسی شده در دو فصل تر و خشک، بیشتر از حد مجاز استاندارد آب تخلیه به خلیج فارس است. (2018) Kodikara et al. در تحقیق خود در نهال‌های مانگرو (*Avicennia marina* Forssk. Vierh, *Avicennia officinalis* Linnaeus. گزارش کردند که خصوصیات رویشی، زی‌توده، زنده‌مانی و سطح برگ نهال‌های مانگرو در شوری زیاد کمتر از شوری متوسط و کم است. (2019) Cambridge et al. تأثیر پساب آب شیرین کن و آب دریا بر رشد، فیزیولوژی و توسعه نهال‌های گیاه ماندابی (*Posidonia australis* Hook. fil. را بررسی کردند. در تحقیق آنان، اثر شوری پساب بر گیاه بیشتر از آب دریا بود و اثر منفی آن طی دو هفته بر گیاه دریایی بالغ مشاهده شد که موجب افزایش تنش و کاهش میانگین طول ریشه و رشد برگ شد. (2020) Rahman et al. اثر محرک شوری بر پویایی رشد درخت مانگرو *Sonneratia apetala* Buch. Ham را در بنگلادش بررسی کردند. نتایج نشان داد که گونه مذکور در شوری کم، رشد بیشتری نشان می‌دهد که به علت تأثیر مثبت تخلیه رودخانه از جمله آب‌های شیرین بر رشد مانگرو است. استفاده از فناوری آب‌شیرین کن بدون اثرهای اکولوژیکی و زیست‌محیطی نیست. مهم‌ترین مسئله درباره استفاده از این فناوری تولید پساب با نمک زیاد است که به داخل دریا تخلیه می‌شود (Arnal et al., 2005). در سال‌های اخیر با توجه به برداشت‌های بیش از حد از منابع طبیعی آب شیرین و افزایش مصرف آن، روش‌های متنوع شیرین‌سازی آب بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. بیشتر کشورهای خشک و نیمه‌خشک با مشکلات ناشی از کمبود آب مواجه‌اند و در نتیجه درصد تأمین آب شرب و آب مصرفی صنایع از طریق شیرین‌سازی منابع آب شور (مانند دریاها) هستند (Parhizkar & Pour-Ali, 2017). آب‌شیرین کن‌ها تأثیرات مخرب زیست‌محیطی در اطراف

تغییر شرایط رویشگاهی آن دارد. مانگرو یکی از این پوشش‌های مهم و اثرگذار اکوسیستم ماندابی است (Moslehi et al., 2020). همه قسمت‌های این رویشگاه به شرایط شوری زیاد، باد، محیط غیرهوازی خاک و جزر و مد‌های با ارتفاعات زیاد سازگاری دارند (Sandilyan et al., 2010). سواحل جنوب ایران شمالی‌ترین مدار پراکنش گیاهان مانگرو و دارای یکی از بردبارترین گونه‌های آن است (Khayrandish et al., 2016). جنگل مانگرو شکل ویژه رویشی مناطق حاره به شمار می‌رود که در حاشیه دو زیست‌بوم متفاوت دریا و خشکی گسترش دارد. این جنگل‌ها زیستگاه منحصر به فردی برای گونه‌های مختلف جانداران محسوب می‌شود و به دلیل اینکه ناحیه بینابینی است از غنی‌ترین زیست‌بوم‌های جهان است (Iftekhari & Takama, 2008). این رویشگاه‌ها در سه استان بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان به مساحت تقریبی ۱۱ هزار هکتار توده خالص در نه لکه رویشگاهی اصلی شناسایی شده است که ۸۵ درصد آن در استان هرمزگان گسترش دارد (Petrosian et al., 2013).

(2001) Ajmal Khan & Aziz با بررسی تحمل شوری در بعضی از گونه‌های مانگرو در پاکستان نشان دادند که در غلظت ۵۰ درصد آب دریا، ارتفاع درختان حرا حداکثر است، ولی با افزایش غلظت بیشتر از ۵۰ درصد، رشد ارتفاعی نهال کاهش می‌یابد و در غلظت ۸۰ و ۱۰۰ درصد تفاوت معناداری از لحاظ ارتفاعی نسبت به غلظت ۵۰ درصد آب دریا دیده می‌شود که نشان می‌دهد رشد گونه‌های حرا در صورت مخلوط شدن آب شیرین رودخانه با آب دریا بهبود خواهد یافت. (2014) Miri et al. تأثیر تغییرات شوری و دما ناشی از آب‌نمک تخلیه‌شده از کارخانه آب‌شیرین کن بر ساختار جمعیت پرتاران در خلیج چابهار را بررسی کردند. نتایج نشان داد که آب‌نمک خروجی از کارخانه به دریا موجب کاهش فراوانی، غنا، تنوع و غالبیت پرتاران در نواحی نزدیک به محل تخلیه آب‌نمک در مقایسه با ایستگاه‌های شاهد شده است. Movahed

۴۴ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی واقع شده است (Safa Eisini et al., 2006).

شیوه اجرای پژوهش

برای اجرای تحقیق، پس از جنگل‌گردشی در جنگل‌های مانگرو منطقه تیاب شهرستان میناب در استان هرمزگان، در فصل بذردهی (تیرماه تا اوایل شهریورماه) از درختان مادری سالم بدون بیماری (درختان بلندتر از دو متر) بذرهای درشت، کاملاً سالم و بدون آفت و بیماری جمع‌آوری شد. بذرها به نهالستان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان یافت و سپس از پوسته جدا و بلافاصله در گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ۲۵ در ۱۰ سانتی‌متر کشت شد. بذرها روزانه آبیاری و مراقبت شد و پس از دو هفته، ۲۱۰ نهال دوبرگی کاملاً سالم با شادابی درجه یک (نبود خمیدگی در ساقه، پیچیدگی برگ، بیماری، آفت، خشکیدگی و زردی برگ) (Keneshlu, 2004) به صورت تصادفی انتخاب و در پنج دسته شش‌تایی (سی تکرار) چیده شد و پس از اندازه‌گیری قطر یقه با کولیس دیجیتال با دقت میلی‌متر و ارتفاع نهال با خط‌کش با دقت سانتی‌متر، تیمارهای پساب با غلظت‌های صفر، ۱، ۲، ۳، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد روی نهال‌ها اعمال شد. پساب از محل خروجی یکی از آب‌شیرین‌کن‌های شهرستان بندرعباس تهیه شد. سپس آب دریا از بندر خمیر (بدون هیچ‌گونه ورودی فاضلاب و آلودگی) به آن اضافه شد. برای تهیه تیمارهای پساب با غلظت‌های صفر، ۱، ۲، ۳، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد به ترتیب ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲/۵، ۵ و ۱۰ لیتر پساب در حجم ۵۰ لیتر آب دریا استفاده (-AI Moaikal et al., 2012) و سپس هدایت الکتریکی (EC) آنها اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

محل دفع پساب دارند، از جمله خطرهای ناشی از افزایش شوری برای ماهی‌ها و دیگر جانداران ساکن در محیط دریا و تخریب بافت گیاهی منطقه در اثر برهم خوردن خصوصیات شیمیایی، مقدار شوری و حرارت آب دریا (Nezhad naderi et al., 2013). جنگل‌های حرا در ایران از نادرترین اراضی جنگلی جهان محسوب می‌شوند و برخلاف شرایط معمول مانگروها که اغلب در مناطق گرمسیری و پربراران جهان گسترش دارند، در اراضی گرم و خشک واقع شده‌اند و احیای این اکوسیستم‌ها در صورت نابودی بسیار مشکل خواهد بود (Yaghoobzadeh et al., 2021).

با توجه به استفاده گسترده از آب‌شیرین‌کن‌ها و تغییرات شیمیایی شرایط رویشگاه مانگرو از طریق پساب آن و همچنین روند تخریب جهانی مانگرو و حساسیت آن به فعالیت‌های انسانی، بررسی تأثیرات پساب بر خصوصیات رویشی نهال‌های حرا (مهم‌ترین عامل در توسعه اکوسیستم دریایی) ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف این تحقیق، بررسی تأثیر پساب آب‌شیرین‌کن بر خصوصیات رویشی و درجه شادابی نهال‌های حرا است.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

به منظور جمع‌آوری بذر درختان حرا، در فصل بذردهی (تیرماه تا اوایل شهریورماه) جنگل‌گردشی در جنگل‌های حرا منطقه تیاب شهرستان میناب استان هرمزگان صورت پذیرفت. رویشگاه تیاب ۷۵۸/۱۱ هکتار وسعت دارد و در محدوده شهرستان میناب و حد فاصل عرض‌های ۲۷ درجه و ۸ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۲ دقیقه شمالی و طول‌های ۵۶ درجه و

جدول ۱- هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) در تیمارهای مختلف پساب آب‌شیرین‌کن

Table 1. Electrical conductivity (decisiemens per meter) in different treatments of desalination sewage

20%	10%	5%	3%	2%	1%	0%	تیمار پساب آب‌شیرین‌کن Treatment of desalination sewage
34/3	32/7	31/8	30/8	29/5	27/8	25/9	هدایت الکتریکی EC

آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. برای مقایسه خصوصیات رویشی نهال‌ها در تیمارهای مختلف پساب، از آنالیز واریانس یکطرفه استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که همه خصوصیات رویشی و همچنین سطح برگ نهال‌های حرا در تیمارهای مختلف پساب آب‌شیرین‌کن، از اختلاف معنی‌داری برخوردار است (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین رویش ارتفاعی (۵۰/۱۰ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد و کمترین رویش ارتفاعی (۳۵/۷۳) سانتی‌متر مربوط به تیمار ۲۰ درصد بود که رویش ارتفاعی در تیمار شاهد تا سه درصد تفاوت معنی‌داری نشان نداد و اثر کاهشی پساب از تیمار پنج درصد آغاز شد. در تیمار ۲۰ درصد بیشترین اثر کاهشی پساب بر رویش ارتفاعی مشاهده شد (شکل ۱- الف). همچنین رویش قطری در غلظت‌های زیاد پساب کاهش معنی‌داری داشت و در تیمار ۲۰ درصد کمترین مقدار (۲/۷۶ میلی‌متر) را نشان داد. روند کاهش رویش قطری در غلظت‌های مختلف پساب تدریجی بود و در تیمار شاهد با ۳/۴۰ میلی‌متر بیشترین مقدار را داشت. با توجه به نتایج می‌توان گفت اثر منفی پساب بر رویش قطری از غلظت ۱۰ درصد آغاز می‌شود. (شکل ۱- ب). بیشترین طول ریشه (۳۳/۵۸ سانتی‌متر) در تیمار شاهد مشاهده شد که با افزایش غلظت پساب کاهش یافت و در غلظت ۲۰ درصد به کمترین مقدار (۲۸/۴۳ سانتی‌متر) رسید (شکل ۱- ج). با توجه به نتایج، سطح برگ در تیمار شاهد ۲۱/۶۷ سانتی‌متر مربع بود که به‌طور معنی‌داری از سطح برگ در تیمار ۲۰ درصد (۱۴/۵۰ سانتی‌متر مربع) بیشتر بود. اثر منفی پساب بر سطح برگ از غلظت ۱۰ درصد آغاز شد (شکل ۱- د).

شایان ذکر است که نهال‌ها به‌مدت شش ماه روزی دو بار با ۵۰۰ سی‌سی آب غرقاب شدند و پس از شش ماه، قطر یقه، ارتفاع نهال و تعداد برگ نهال‌ها اندازه‌گیری شد. از تفاوت خصوصیات رویشی در ابتدا و انتهای رویش، مقدار رویش قطری و ارتفاعی در هر یک از تیمارها محاسبه شد (Amin et al., 2017).

درجه شادابی سی نهال به‌صورت ارزیابی مشاهده‌ای، در ابتدا و انتهای دوره بررسی شد. در ارزیابی مشاهده‌ای در صورت مشاهده آفت و بیماری (بیش از ۵۰ درصد)، رنگ زرد و خشکیدگی شدید در برگ (بیش از ۵۰ درصد)، ریزش و دفرمه شدن برگ در درجه کیفی ضعیف (یک)، در صورت مشاهده شروع بیماری و آفت در نهال (تا ۵۰ درصد)، مشاهده آثار و شروع خشکیدگی و زردی در برگ (تا ۵۰ درصد)، برگ‌های در حال بدشکل شدن، در درجه کیفی متوسط (سه) و در نهایت نهال‌های بدون آفت و بیماری، رنگ سبز، بدون خشکیدگی، برگ‌های درشت و سالم در درجه کیفی عالی (پنج) طبقه‌بندی شد (Keneshlu, 2004). پس از ثبت رویش در هر تیمار، همه نهال‌ها از گلدان خارج شدند و پس از شست‌وشوی ریشه، در پنج دسته چهارتایی (بیست تکرار) طول ریشه و نسبت طول ریشه نهال به طول ساقه بیست نهال با استفاده از خط‌کش با دقت سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ پنج نهال از هر تیمار به‌صورت تصادفی انتخاب و برگ‌ها از نهال جدا شد و سطح آنها با استفاده از کاغذ میلی‌متری محاسبه شد (Pandey & Singh, 2011). همچنین نمونه خاک ده نهال به‌صورت تصادفی انتخاب و هدایت الکتریکی خاک پس از آبیاری با استفاده از روش تهیه گل اشباع و با استفاده از EC متر اندازه‌گیری شد (Black, 1965).

روش تحلیل

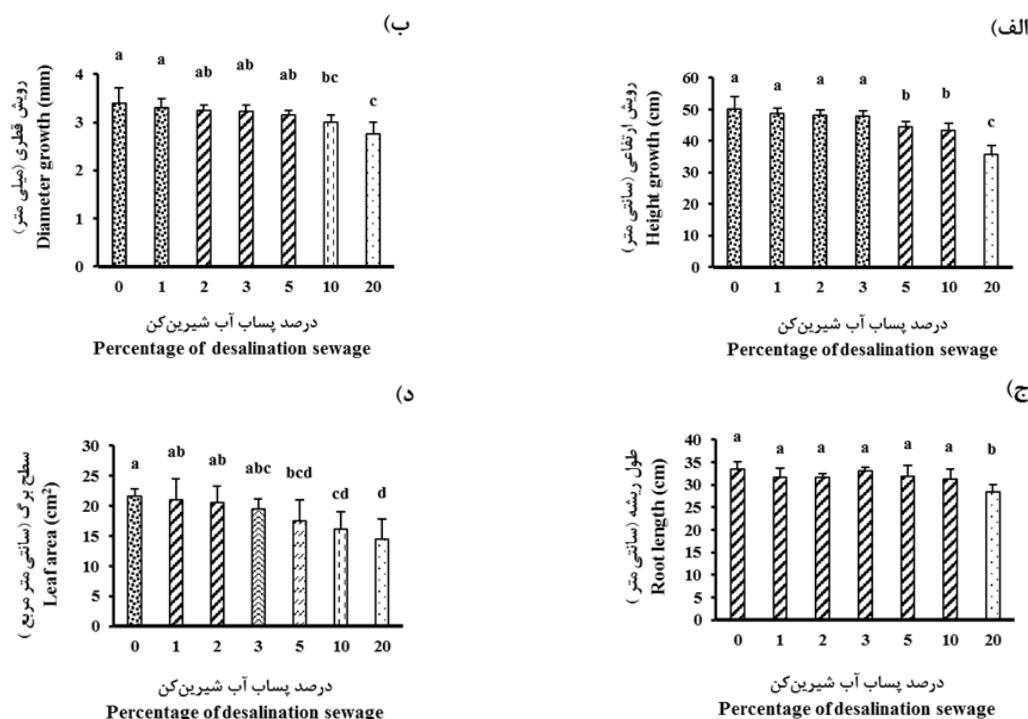
داده‌های حاصل از تحقیق، پس از ذخیره در نرم‌افزار اکسل (۲۰۱۳) با استفاده از نرم‌افزار SPSS24 آنالیز شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات رویشی و سطح برگ نهال‌های حرا در تیمارهای مختلف پساب آب شیرین کن با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه

Table 2. ANOVA of vegetative characteristics and leaf area of grey mangrove seedlings in different treatments of desalination sewage

F	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares	متغیر Variable
20/725**	6	120/918	بین گروهی Between groups
	28	5/834	درون گروهی Within groups
	34		مجموع Total
6/193**	6	0/227	بین گروهی Between groups
	28	0/037	درون گروهی Within groups
	34		مجموع Total
4/794**	6	13/586	بین گروهی Between groups
	28	2/834	درون گروهی Within groups
	34		مجموع Total
4/655**	6	36/688	بین گروهی Between groups
	28	7/881	درون گروهی Within groups
	34		مجموع Total

** معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد، * معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد و ^{ns} معنی‌دار نبودن
Significant at $p < 0.01$, *: Significant at $p < 0.05$, ^{ns}: non-significant**



شکل ۱- مقایسه میانگین رویش ارتفاعی (الف)، رویش قطری (ب)، طول ریشه (ج) و سطح برگ (د) در نهال‌های حرا در تیمارهای مختلف پساب آب شیرین کن با استفاده از آزمون دانکن

Figure 1. Mean comparisons of height growth, diameter growth, root length and leaf area in grey mangrove seedlings in different treatments of desalination sewage using Duncan test

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، به جز نسبت طول ریشه به طول ساقه بقیه خصوصیات (تعداد برگ و شوری خاک) اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که نسبت طول ریشه به طول ساقه در غلظت‌های مختلف پساب آب شیرین‌کن معنادار نبود (شکل ۲- الف). اثر پساب بر شوری خاک از همان غلظت‌های ابتدایی شروع شد و با افزایش غلظت، روند افزایشی به خود گرفت. کمترین مقدار هدایت الکتریکی با مقدار ۲۴ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر در تیمار شاهد مشاهده شد و سپس با افزایش غلظت پساب شروع به افزایش کرد و در غلظت ۲۰ درصد پساب به مقدار ۳۰/۴۱

میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر رسید. (شکل ۲- ب). براساس نتایج تعداد برگ در تیمار شاهد ۱۹/۷۰ عدد بود که به‌طور معنی‌داری از تعداد برگ در تیمارهای ۱، ۲، ۳، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد با مقادیر ۱۷/۴۷، ۱۷/۳۰، ۱۷/۲۷، ۱۴/۲۰، ۱۴/۱۳ و ۱۲/۶۳ بیشتر بود. شایان ذکر است که اثر منفی پساب از غلظت پنج درصد آغاز شد (شکل ۲- ج).

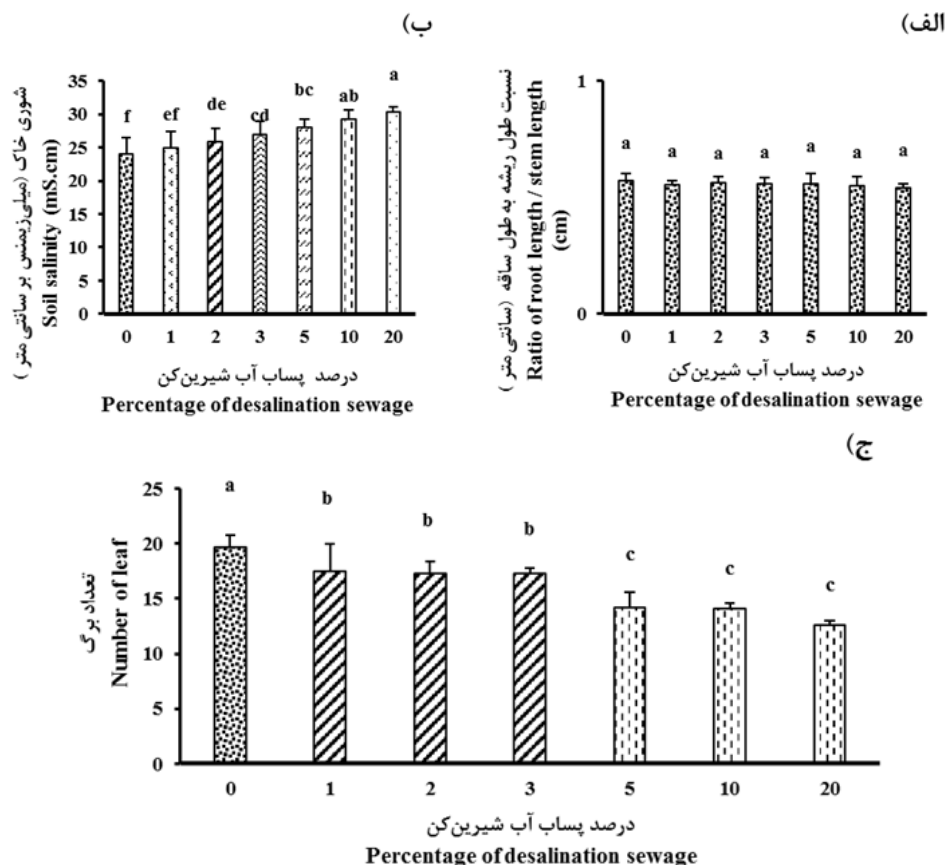
براساس نتایج آنالیز کروسکال-والیس، درجه شادابی در بین تیمارهای مختلف پساب دارای تفاوت معنی‌داری است و کمترین درجه شادابی مربوط به تیمار ۲۰ درصد است که اثر منفی پساب در غلظت ۲۰ درصد به حداکثر رسید (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس نسبت طول ریشه نهال به طول ساقه، شوری خاک و تعداد برگ نهال‌های حرا در تیمارهای مختلف پساب آب‌شیرین‌کن با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه

Table 3. ANOVA of ratio of root length/stem length, soil salinity and number of leaf of grey mangrove seedlings in different treatments of desalination sewage

F	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares	متغیر Variable
0/ 574 ^{ns}	6	0/001	نسبت طول ریشه نهال به طول ساقه (سانتی‌متر) Ratio of root length/stem length (cm)
	28	0/001	بین گروهی Between groups
	34		درون گروهی Within groups مجموع Total
15/262 ^{**}	6	53/339	شوری خاک (میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر) Soil salinity (mS.cm)
	63	3/495	بین گروهی Between groups
	69		درون گروهی Within groups مجموع Total
18/649 ^{**}	6	30/948	تعداد برگ Number of leaf
	28	1/659	بین گروهی Between groups
	34		درون گروهی Within groups مجموع Total

** معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد، * معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد و ^{ns} معنی‌دار نبودن
Significant at p<0.01, *: Significant at p<0.05, ^{ns}: non-significant



شکل ۲- مقایسه میانگین نسبت طول ریشه به طول ساقه (الف)، شوری خاک (ب) و تعداد برگ (ج) در نهال‌های حرا در تیمارهای مختلف پساب آب شیرین کن با استفاده از آزمون دانکن

Figure 2. Mean comparisons of ratio of root length/stem length, soil salinity and number of leaf in grey mangrove seedlings in different treatments of desalination sewage using Duncan test

جدول ۴- درجه شادابی در نهال‌های حرا براساس آنالیز کروسکال - والیس

Table 4. Degree of vitality in grey mangrove seedlings using Kruskal Wallis analysis

Sig.	درجه آزادی Degree of freedom	کای اسکوئر Chi - square	انحراف معیار \pm میانگین Standard deviation Mean \pm	پساب آب شیرین کن Desalination sewage	متغیر Variable
0/000	6	27/377	5 \pm 0/00	0%	درجه شادابی Degree of vitality
			3/86 \pm 0/37	1%	
			3/19 \pm 0/18	2%	
			3/13 \pm 0/29	3%	
			3/06 \pm 0/14	5%	
			3 \pm 0/23	10%	
			2/53 \pm 0/38	20%	

تیمار شاهد به ترتیب ۱۴/۳۷ سانتی‌متر، ۰/۶۴ میلی‌متر و ۵/۱۵ سانتی‌متر بیشتر از تیمار ۲۰ درصد بود. علت کاهش رویش ارتفاعی و قطری ممکن است به دلیل افزایش شوری باشد. همان‌طور که در نتایج مشاهده شد، شوری خاک

بحث

با توجه به نتایج، با افزایش غلظت پساب آب شیرین کن از ۱۰ درصد، رویش طولی و قطری ساقه و از ۲۰ درصد طول ریشه در نهال‌های حرا کاهش یافت که ارتفاع ساقه، قطر یقه و طول ریشه

از طریق روزنه‌ها و روش غیرشیمیایی کاهش می‌یابد که با محدودیت در جذب آب سبب کوچک و ضخیم شدن برگ‌ها و در نهایت کاهش فتوسنتز و رویش گیاه می‌شود (Krauss et al., 2008). بنابراین می‌توان گفت که درختان مانگرو در برابر شوری زیاد و اکسیژن کم مقاوم‌اند، ولی قرار گرفتن آنها در شوری بسیار زیاد به مدت طولانی، با ایجاد تغییر در جذب آب و محدودیت تبادلات گازی سبب کاهش رشد و عملکرد می‌شود که نتیجه آن ایجاد درختانی کوچک، باریک و ضعیف و افزایش مرگ‌ومیر نهال‌هاست (Toledo et al., 2001). در تحقیق حاضر نیز شرایطی همانند دیگر تحقیقات مشاهده شد. (Li et al., 2021) در تحقیق خود پاسخ‌های مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه ساحلی گرمسیری *Linnaeus Guettarda speciosa* به تنش شوری را بررسی کردند که با افزایش غلظت محلول نمک، کاهش تدریجی بافت اسفنجی در این گونه مشاهده شد.

شایان ذکر است که با افزایش غلظت پساب آب‌شیرین‌کن، سطح برگ و تعداد برگ در نهال‌های حرا کاهش یافت که برای تیمار شاهد ۷/۱۷ سانتی‌متر مربع و ۷/۰۷ عدد بیشتر از تیمار ۲۰ درصد بود و درجه شادابی با افزایش غلظت پساب آب‌شیرین‌کن در نهال‌ها کاهش یافت. محققان دیگر نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند. (Siddique et al., 2017) در تحقیق خود گزارش کردند که در گونه *Xylocarpus granatum* K.D.Koenig، سطح برگ ویژه با شوری همبستگی منفی دارد و با افزایش شوری کاهش معنی‌داری می‌یابد. همچنین تعداد کل برگ‌ها و درجه شادابی با افزایش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

شوری زیاد محیط به‌دلیل پتانسیل کم آب، سمیت‌های یونی، کمبودهای مواد مغذی یا ترکیبی از همه این عوامل بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (Ajmal & Aziz, 2001). الگوهای تعداد برگ در شرایط مختلف تنش ناشی از شوری، نشانه‌های مهمی

با افزایش غلظت پساب آب‌شیرین‌کن، افزایش یافت که در تیمار ۲۰ درصد، ۶/۴۱ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر بیشتر از تیمار شاهد بود. دلیل این موضوع را می‌توان به نمک تخلیه‌شده از کارخانه آب‌شیرین‌کن نسبت داد (Panagopoulos & Haralambous, 2020); Miri et al., 2014). Basyuni et al. (2018) نیز در تحقیق خود شوری را یکی از عوامل کاهش رویش گونه‌های حرا بیان کردند. همچنین (Ajmal Khan & Aziz, 2001) این موضوع را تأیید کردند که با افزایش شوری، کاهش معنی‌داری در ارتفاع گونه‌های حرا مشاهده شده است.

تحقیقات نشان داد که نمک تخلیه‌شده از کارخانه آب‌شیرین‌کن سبب تغییر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب دریا به‌خصوص شوری می‌شود (Miri et al., 2014). (Panagopoulos & Haralambous, 2020) نیز مهم‌ترین اثرهای پساب آب‌شیرین‌کن را آب‌نمک خروجی و مصرف زیاد انرژی بیان کردند، زیرا آب‌نمک خروجی تأثیر مستقیمی بر اکوسیستم دریایی داشت. پساب خروجی از آب‌شیرین‌کن افزون‌بر نمک ممکن است شامل باقی‌مانده مواد شیمیایی مانند آنتی‌اسکالانت (پلی‌فسفات‌ها، فسفونات‌ها و پلی‌اسیدهای کربنیک)، فلوکولانت‌ها (پلیمرهای کاتیونی) و منعقدکننده‌ها باشد که در مراحل مختلف فرایند آب‌شیرین‌کن مانند عملیات شست‌وشو ایجاد می‌شود که ممکن است به‌طور ویژه برای سلامت گیاهان مضر باشد. (Cambridge et al., 2019) نیز در پژوهش خود تأثیر افزایش شوری ناشی از پساب آب‌شیرین‌کن بر گیاه دریایی *Posidonia australis* Hook.fil. را گزارش کردند که سبب افزایش غلظت آمینواسید و ماده قندی در برگ‌های گیاه شد که افزایش تنش در گیاه دریایی بالغ را در پی داشت. در این تحقیق گزارش شد که رشد ریشه تحت تأثیر شوری کاهش یافت.

شایان ذکر است که در شوری بسیار زیاد (بیشتر از آستانه تحمل)، در بسیاری از هالوفیت‌ها تبادل گاز

غلظت ۵ درصد کاهش رویش چندان شایان توجه نیست و این گونه توانایی تحمل را خواهد داشت، ولی در غلظت ۱۰ درصد بیشتر خصوصیات کاهش می‌یابد که می‌توان آن را شروع حد بحرانی گزارش کرد.

با توجه به اینکه بوم‌سازگان‌های مانگرو جنوب کشور یکی از با ارزش‌ترین بوم‌سازگان‌های ساحلی می‌باشند، باید برنامه‌های مدیریتی با احتیاط زیاد و حساسیت بیشتری به منظور حفظ تعادل این جنگل‌ها تدوین شود. با توجه به نتایج پژوهش، استقرار سازه‌های آب شیرین کن باید به گونه‌ای باشد که کمترین آسیب را برای این جنگل‌ها در پی داشته باشد. سازمان‌های مسئول باید با مدیریت و نظارت بر فعالیت‌های واحدهای آب شیرین کن نزدیک جنگل‌های مانگرو و پایش مستمر و ارزیابی تأثیر آنها، از پیامدهای منفی جلوگیری کنند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از حمایت‌های مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان و اداره کل حفاظت محیط زیست استان هرمزگان کمال تشکر و قدردانی را ابراز می‌دارند.

از تعادل شوری را نشان می‌دهد. شوری زیاد موجب کاهش جذب و تجمع مواد مغذی می‌شود و بر انتقال مواد مغذی به قسمت‌های مختلف گیاه تأثیرگذار است. کاهش سطح برگ پاسخ فوری به تنش شوری محسوب می‌شود. افزایش غلظت نمک به افزایش ریزش برگ منجر می‌شود که یکی از سازوکارهای هالوفیت‌ها برای حذف نمک اضافی است (Siddique et al., 2017).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج، نهال‌های حرا به وجود پساب آب شیرین کن واکنش نشان دادند و خصوصیات رویشی آنها از همان غلظت‌های ابتدایی نسبت به شاهد، کاهش داشت و با افزایش غلظت پساب، روند کاهشی با شدت بیشتری ادامه یافت. همچنین با افزایش غلظت پساب، بر شوری خاک به‌طور چشمگیری افزوده شد که ممکن است عامل اصلی واکنش منفی این گونه‌ها باشد. درجه شادابی در تیمارهای مختلف نیز اختلاف معنی‌داری داشت. در مجموع می‌توان گفت حد بحرانی پساب بر زادآوری و نهال‌های حرا، از غلظت ۱۰ درصد شروع می‌شود و تا

References

- Ajmal Khan, M., & Aziz, I. (2001). Salinity tolerance in some mangrove species from Pakistan. *Wetlands Ecology and Management*, 9, 219-223.
- Al-Moaikal, R.M.S., Shukry, W.M., Azzoz, M.M., & Al-Hawas, G.H.S. (2012). Effect of crude oil on germination, growth and seed protein profile of Jojoba (*Simmondsia chinensis*). *Plant Science Journal*, 1(1), 20-35.
- Amin, B., Nurrachmi, I., & Rumiya, R. (2017). The Effects of Crude Oil on Growth and Biomass of Mangrove *Bruguiera sexangula* Seedling in the Intertidal Area of Dumai City, Indonesia. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 12(3), 399-407.
- Arnal, J., Sancho, M., Iborra, I., Gozalvez, J., Santafe, A., & Lora, J. (2005). Concentration of brines from RO desalination plants by natural evaporation. *Desalination*, 182(1), 435-439.
- Basyuni, M., Nuryawan, A., Yunasfi, L., Putri, A.P., & Baba, S. (2018). Effect of long-term salinity on the growth and biomass of two non-secretors mangrove plants *Rhizophora apiculata* and *Ceriops tagal*. *Earth and Environmental Science*, 122, 1-6.
- Black, C.A. (1965). *Methods of Soil Analysis: Part I Physical and mineralogical properties*. Madison: American Soil Society of Agronomy Press.

- Cambridge, M.L., avala-Perez, A., Cawthray, G.R., Statton, J., Mondon, J., & endrick, G.A. (2019). Effects of desalination brine and seawater with the same elevated salinity on growth, physiology and seedling development of the seagrass *Posidonia australis*. *Marine Pollution Bulletin*, 140, 462-471.
- Iftekhar, M.S., & Takama, T. (2008). Perceptions of biodiversity, environmental services and conservation of planted mangroves: a case study on Nijhum Dwip Island, Bangladesh. *Wetlands Ecology and Management*, 16, 119-137.
- Keneshlu, H., (2004). Effects of pruning intensity on vitality of *Pinus eldarica* plantation at west Tehran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 12(1), 111-140.
- Khayrandish, H., Esmaeelpour, Y., A.R. Kamali, A.R., & Zakeri, O. (2016). Vegetative characteristics of *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata* mixed populations in Sirik's Koor-Azini habitat. *Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources*, 5(2), 61-78.
- Kodikara, K.A.S., Jayatissa, L.P., Huxham, M., Dahdouh-Guebas, F., & Koedam, N. (2018). The effects of salinity on growth and survival of mangrove seedlings changes with age. *Acta botânica brasilica Sociedade Botânica do Brasil*, 32(01), 37-46.
- Krauss, K.W., Lovelock, C.E., Mc kee, K.L., Lopez-Hoffman, L., Sharon, E., & Sousa, W.P. (2008). Environmental drivers in mangrove establishment and early development: a review. *Aquatic Botany*, 89(2), 105-127.
- Li, X., Liu, D., Wanga, J., & Jian, Sh. (2021). Morphological, biochemical and physiological responses of a tropical coastal plant *Guettarda speciosa* to salt stress. *Global Ecology and Conservation*, 32, 1-9.
- Mashayekhi, Z., Danehkar, A., Sharzehi, G.A., & Majed, V. (2017). An evaluation of visitor's preferences for improving the environmental status of Hara forests using choice experiment approach (Case study: Hara Biosphere Reserve). *Iranian Journal of Forest*, 9(2), 273-287.
- Miri, M., Nabavi, S.M.B., Doustshenas, B., Safahieh, A.R., & Loghmani, M. (2014). Effect of Salinity and Temperature Canges from Brine Discharged of Desalination Plant on Polychaeta assemblage in The Chabahar Bay. *Journal of Marine Science and Technology*, 13(3), 40-50.
- Moslehi, M. (2019). Ecological Value of Endangered Mangrove Ecosystems. *Human & Environment*, 46(3), 148-168.
- Moslehi, M., Yaghoobzadeh, M., Bijani, A., & Ahmadi, A. (2020). Measurement and estimation of specific leaf area, leaf dry mass and leaf area index of *Rhizophora mucronata* Lam. in Sirik mangrove forests. *Iranian Journal of Forest*, 12(3), 421-434.
- Movahed, E., & abedi, Z. (2017). Determination of Water Pollution Damage Caused by Desalinators in the South Pars Special Zone (Case Study: Noor Vijeh Disalinator). *Journal of Water and Sustainable Development*, 3(2), 1-8.
- Nezhad naderi, M., Khangani, M.J., & Montazemi Vazifeh dust, R. (2013). Investigation of form of discharging waste water in Bandar Khamir by the empirical equations. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 3(12), 23-30.
- Panagopoulos, A., & Haralambous, K.J. (2020). Environmental impacts of desalination and brine treatment - Challenges and mitigation measures. *Marine Pollution Bulletin*, 161, 1-12.
- Pandey, S.K., & Singh, H. (2011). A simple, cost-effective method for leaf area estimation. *Journal of Botany*, 2011, 1-6.
- Parhizkar, F., & Pour-Ali, O. (2017). Optimization of Power-Water Cogeneration in Thermal Power Plants. *Journal of Water & Was tewater Science & Engineering (jwwse)*, 2(1), 38-45.
- Petrosian, H., Danehkar, A., Ashrafi, S., & Fegghi, J. (2013). Study Of Effective Climatology Indices On Attending *Avicennia Marina* Forest In Coastline Of Hormozgan Provinc. *Journal of Wetland Ecobiology*, 5(17), 5-16.

- Rahman, M.S., Sass-Klaassen, U., Zuidema, P.A., & Chowdhury, M.Q. (2020). Salinity drives growth dynamics of the mangrove tree *Sonneratia apetala* Buch. -Ham. in the Sundarbans. Bangladesh. *Dendrochronologia*, 62, 1-11.
- Safa Eisini, H., Danehkar, A., & Kamrani, E. (2006). A Study on the Mangrov Forest Structure at the Koolaghan, Tiayab and Kolahi Regions in the Strait of Hormoz (North Part pf Persian Gulf). *Environmental Sciences*, 3(11), 1-10.
- Sandilyan, S., Thiyagesan, K., Nagarajan, R., & Venketasan, J. (2010). Salinity rise in Indian mangroves—a looming danger for coastal biodiversity. *Current Science*, 98(6), 754–756.
- Siddique, M., Saha, S., Salekin, S., & Mahmood, H.(2017). Salinity strongly drives the survival, growth, leaf demography, and nutrient partitioning in seedlings of *Xylocarpus granatum* J. König. *i Forest Biogeosciences and Forestry*, 10, 851-856.
- Toledo, G., Rojas, A., & Bashan, Y. (2001). Monitoring of black mangrove restoration with nurseryreared seedlings on an arid coastal lagoon. *Hydrobiologia*, 444, 101–109.
- Yaghoobzadeh, M., Salmanmahiny, A., Mikaeili Tabrizi, A.R., Danehkar, A., & Moslehi, M. (2021). Investigation of Shrimp Farming Effluent Effects on vegetative and reproductive characteristics of mangrove forests (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.). *Iranian Journal of Forest*, 13(3), 271-284.



Research Article

Effects of desalination sewage on some vegetative characteristics of grey mangrove seedlings (*Avicennia marina* Forssk. Vierh)

S. Behrouzi Khorgou¹, H. Parvaresh^{2*}, M. Moslehi³ and A. Khalil Ariya⁴

¹ Ph.D. Student of Environmental Management, Dept. of Environmental Sciences, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

² Assistant Prof., Dept. of Environmental Sciences, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

³ Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bandarabbas, Iran

⁴ Assistant Prof., Dept. of Environmental Sciences, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

(Received: 14 November 2021; Accepted: 6 April 2022)

Abstract

Mangrove forests are fragile ecosystems that are very sensitive to human activities. For this purpose, in this study, for the first time, effects of desalination sewage on vegetative characteristics and vitality of mangrove seedlings have been investigated. After collecting propagules from healthy mother trees and planting them in September 2020, propagules were irrigated twice a day with water treatments of 0, 1, 2, 3, 5, 10 and 20% concentration of desalination sewage. After 6 months, vegetative characteristics and vitality of seedlings were measured in different treatments and compared using ANOVA and Kruskal Wallis test. The results showed that diameter growth (3.40 mm), height growth (50.10 cm), root length (33.58 cm) and leaf area (21.67 cm²) were the highest in the control treatment. Also, the number of leaves and the degree of vitality had significant differences in different treatments. Also, control and 20% concentration treatments (24 and 30.41 mS.cm) had the least and highest amounts of soil salinity ($p < 0.05$), respectively. The results showed that desalination sewage has a negative role on the vegetative characteristics of mangrove seedlings. The higher concentration of desalination sewage, the greater negative effects on vegetative characteristics. Totally, the critical effect of desalination sewage concentration on the vegetative characteristics of mangrove seedlings could be reported from 10% concentration. Therefore, it was recommended to use suitable management programs in the use of desalination set and sewage remove in order to minimize the mangrove forest damages.

Keywords: Mangrove forest, Vitality, height growth, Collar diameter.