



تأثیر شدت خشکیدگی بر زادآوری و ویژگی‌های ریشه‌های هوایی درختان حرا (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.) سیریک

وحید فراشی^۱، مرضیه رضایی^{۲*}، رسول مهدوی^۲، مریم مصلحی^۴ و سعیده اسکندری^۵

^۱دانشجوی دکتری رشته مهندسی منابع طبیعی، مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، بندرعباس، ایران.
^۲استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، بندرعباس، ایران.
^۳دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، بندرعباس، ایران.
^۴استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، هرمزگان، بندرعباس، ایران.
^۵دانشیار، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۰۲؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۲۷)

چکیده

مقدمه: زادآوری و ویژگی‌های ریشه‌های هوایی دو عامل مهم در سلامت و توسعه رویشگاه حرا است. در این پژوهش چگونگی تغییرات زادآوری و ریشه‌های هوایی درختان حرا تحت تأثیر شدت‌های مختلف عوامل مضر مؤثر بر خشکیدگی بررسی شد.
مواد و روش‌ها: پس از جنگل‌گردشی در منطقه سیریک، مناطق دچار شدت‌های مختلف خشکیدگی زیاد (۵۰-۳۰ درصد)، متوسط (۳۰-۱۵ درصد)، کم (۱۵-۰ درصد) و شاهد (صفر درصد) در درختان پلات، انتخاب و ده پلات ۱۰ در ۱۰ متر (در هر شدت خشکیدگی) به‌صورت تصادفی در آنها پیاده شد. در داخل پلات‌ها با پیاده کردن میکروپلات‌ها، اطلاعات مربوط به زادآوری و ریشه‌های هوایی برداشت و با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه مقایسه شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تراکم ریشه‌های هوایی در فواصل مختلف از درخت، در تیمار شاهد بیشترین مقدار را داشت. همچنین ارتفاع ریشه‌های هوایی در تیمار شاهد با ۱۰/۸۴ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دیگر بود. فاصله ریشه کابلی (ریشه‌های افقی) تا سطح رسوب در تیمار خشکیدگی شدید کمترین مقدار (۷/۷۹ سانتی‌متر) را داشت. بیشترین مقادیر مربوط به تراکم نهال (۰/۲۴ تعداد در متر مربع)، ارتفاع (۲۷/۵۵ سانتی‌متر) و تعداد برگ نهال‌ها (۳۰/۴۵) در تیمار شاهد بود. شایان ذکر است که میزان هدایت الکتریکی آب در تیمار خشکیدگی شدید با مقدار (۳۴۷۵۰ $\mu\text{m.cm}$) < خشکیدگی متوسط (۳۰۳۹۲ $\mu\text{m.cm}$) < خشکیدگی ضعیف (۲۵۸۳۷ $\mu\text{m.cm}$) بدون خشکیدگی (۲۲۰۶۵ $\mu\text{m.cm}$) بود.

نتیجه‌گیری: خشکیدگی و پدیده زوال در جنگل‌های حرا به کاهش رویش و تراکم ریشه‌های هوایی منجر شد؛ بنابراین مدیریت و کنترل بوم‌سازگان ماندابی حائز اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: تجدید حیات، جنگل مانگرو، خشکیدگی، ریشه‌های هوایی.

مقدمه

در نهایت مرگ کل گیاه در شوری بیشتر از آستانه تحمل رخ می‌دهد (Bompy et al., 2014). پژوهشگران گزارش کردند که خشکسالی و کاهش بارندگی در مناطق کم‌باران، اثرهای منفی نوسانات آب دریا را شدت می‌بخشد و با افزایش شوری خاک، مرگ‌ومیر درختان حرا را افزایش می‌دهد (Stammer et al., 2013). در بررسی زوال مانگرو در منطقه مک‌کی در استرالیا، تأثیر زوال بر تراکم نهال‌های حرا بررسی شده و گزارش شد که تراکم نهال‌ها در پلات‌های سالم بسیار بیشتر (بیشتر از ۲/۵ در متر مربع) از پلات‌های دچار زوال (کمتر از ۰/۳ در متر مربع) است (Duke et al., 2001).

محققان در بررسی دلایل زوال حرا در منطقه لاگیچ پوینت گزارش کردند که ارتفاع (بین ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر) و تراکم ریشه‌های هوایی در درختان حرای واقع در پلات‌های شاهد و خشکیده، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند؛ ولی ارتفاع ریشه کابلی (ریشه‌های افقی) تا سطح رسوب در پلات‌های خشکیده بیشتر از پلات‌های شاهد است (Duke et al., 2003). همچنین علل زوال جنگل‌های مانگرو در اواخر سال ۲۰۱۵ و اوایل سال ۲۰۱۶ در سواحل خلیج کارپنتاریا در استرالیا، برخی از دلایل خشکیدگی را دمای زیاد و بارش کم گزارش شده است (Duke et al., 2001).

جنگل‌های حرا در ایران با مساحت ۳۰۹۲۰ هکتار از نادرترین اراضی جنگلی جهان محسوب می‌شوند (Yaghoobzadeh et al., 2021). وجود تنوعی از گونه‌های منحصربه‌فرد و در معرض خطر، حساسیت و شکنندگی این جنگل‌ها را به شرایط نامطلوب محیطی و انسانی بیشتر کرده است (Moslehi, 2018). یکی از عوامل کاهش جنگل‌های مانگرو در دهه‌های اخیر پدیده زوال و پیامدهایی ناشی از آن است که زادآوری و ویژگی‌های ریشه‌های هوایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در دو سال اخیر خشکیدگی در جنگل‌های ماندابی دایم سبز در رویشگاه سیریک هرمزگان

گیاهان هالوفیت و همیشه‌سبز مانگرو در سواحل نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری رشد می‌کنند و سرشار از کربن هستند. این گیاهان به‌علت نقش حفاظتی، حمایتی و محیط زیستی برای بقا و پیشرفت بشری بسیار مهم‌اند (Sheng, 2017). امروزه به‌علت تغییر اقلیم، دخالت‌های انسانی، بهره‌برداری‌های بیش از حد و توسعه صنعت گردشگری، سطح این بوم‌سازگان در حال کاهش است (Davidson et al., 2018). بهترین روش در پایداری، احیا و توسعه جنگل‌های مانگرو، زادآوری طبیعی یا حداقل دخالت انسان در زادآوری است (Ferreira et al., 2015; Choupanian et al., 2023). ریشه هوایی درختان حرا، بخشی از ریشه است که به‌صورت مدادی از خاک به‌سمت بیرون رشد می‌کند و یکی از عملکردهای آن تبادل گازی با اتمسفر است و به‌عبارتی از عوامل مهم زنده‌مانی حرا در آب دریاست (Numbere & Camilo, 2022). یافته‌های اثر پساب مزارع پرورش میگو بر ویژگی‌های رویشی و زایشی درختان حرا *Avicennia marina* Vierh. (Forssk.) در هرمزگان نشان داد که شادابی درختان حرا، میانگین ارتفاع درخت، طول تاج و تعداد نهال‌ها در توده شاهد نسبت به توده آلوده به‌طور معنی‌داری بیشتر است (Yaghoobzadeh et al., 2021). پژوهشگران در بررسی اثر پساب آب‌شیرین‌کن بر رویش و درجه شادابی نهال‌های حرا گزارش کردند که با افزایش پساب و شوری ناشی از آن، از شادابی و رویش نهال‌ها به‌طور معنی‌داری کاسته شده است (Behrouzi Khorgou et al., 2022).

محققان نشان دادند که در مناطق خشک در دوره‌هایی که سطح آب دریا پایین است، عامل شوری برای جنگل‌های مانگرو با ورودی محدود آب شیرین، نوعی تهدید به شمار می‌آید (Bagherzadeh et al., 2021). با افزایش شوری، گیاه حرا ظرفیت خود را برای جذب آب و حذف نمک از دست داده و علائمی همچون از دست دادن تدریجی برگ، مرگ شاخه‌ها و

و ۰۲ ثانیه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۰۳ دقیقه و ۲۶ ثانیه تا ۵۷ درجه و ۰۶ دقیقه و ۳۱ ثانیه طول شرقی قرار گرفته است (Moslehi et al., 2020).

شیوه اجرای پژوهش

ابتدا با جنگل‌گردشی، مناطق دچار شدت‌های مختلف خشکیدگی انتخاب شد. جدول ۱ درجات مختلف خشکیدگی را توصیف می‌کند (Duke et al., 2003). ده پلات با ابعاد ۱۰ در ۱۰ متر به صورت تصادفی با شدت‌های مختلف خشکیدگی زیاد (۳۰ تا ۵۰ درصد)، متوسط (۳۰-۱۵ درصد)، کم (۱۵-۰) و بدون خشکیدگی (صفر درصد) به‌عنوان تیمار شاهد پیاده شد (جدول ۱، شکل ۱).

مشاهده شد. پژوهش حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های ریشه‌های هوایی و تجدید حیات (دو عامل مهم در بقا و توسعه جنگل‌های مانگرو) و همچنین شوری در شدت‌های مختلف خشکیدگی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

سیریک در ۷۵ کیلومتری جنوب شرقی میناب در ساحل دریای عمان، با متوسط دما و بارش سالیانه ۲۸/۱ درجه سانتی‌گراد و ۲۲۶/۹۶ میلی‌متر قرار دارد (Zerehi et al., 2021). جنگل‌های مانگروی خور آذینی شهرستان سیریک با مساحت ۸۳۰ هکتار از دو گونه حرا و چندل تشکیل شده و در محدوده ۲۶ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۱۸ دقیقه

جدول ۱- تعیین شدت خشکیدگی در پلات‌های اندازه‌گیری خشکیدگی درختان حرا (Duke et al., 2001)

Table 1. Dieback severity estimation in dieback plots of *Avicennia marina* (Duke et al., 2001)

علائم درخت Tree signs	درصد خشکیدگی Dieback percentage	درجه شدت خشکیدگی Degree of Dieback intensity
دارای درختانی با علائمی همچون برگ‌های زرد، لکه‌های قهوه‌ای و سوختگی شدید در برگ، نشانه‌های بیماری و صمغ روی ساقه و شاخه، تاجی بسیار تنک (باز) و خشکیدگی بیش از ۳۰ درصد سرشاخه‌ها Trees having signs such as yellow leaves, sever leaf spots, leaf scorch, and symptoms of sever disease and gum on the stem and branches, open canopy and drying of more than 30% of the branches.	50-30	زیاد High
بین ۱۵ تا ۳۰ درصد درختان پلات دارای برگ‌های سبز متمایل به زرد یا زرد، لکه‌های قهوه‌ای و سوختگی متوسط در برگ، نشانه‌های بیماری و صمغ روی ساقه و شاخه، تاجی تنک تا متوسط و خشکیدگی بین ۱۵ تا ۳۰ درصد سرشاخه‌ها Between 15 and 30 percent trees of plots have yellow or greenish yellow leaves, moderate leaf spot, leaf scorch and symptoms of moderate disease and gum on the stem and branches, open crown up to half closed crown and drying of more than 30% of the branches.	30-15	متوسط Moderate
تا ۱۵ درصد درختان پلات دارای برگ‌های رو به پژمردگی، رنگ سبز روشن رو به زردی در برگ، آثاری از لکه‌های قهوه‌ای و سوختگی سطحی در برگ، نشانه‌های بیماری و صمغ روی ساقه و شاخه، تاجی با انبوهی متوسط با خشکیدگی تا ۱۵ درصد سرشاخه‌ها Up to 15% of the trees in the plot have withering leaves, bright green leaves to yellow, signs of leaf spots and superficial leaf scorch and symptoms of disease and gum on the stem and branches, crown half closed and drying of branches up to 15%	15-0	کم Low
دارای درختانی با برگ‌های سالم، سبز تیره و بدون آثار بیماری در شاخ و برگ درختان و فاقد خشکیدگی سرشاخه‌ها و تاجی به‌نسبت متراکم و بسته (شاهد) Trees with healthy leaves, dark green without any signs of disease in foliage of trees and any diebacks of branches and almost dense and closed crown (Control).	0	بدون خشکیدگی Without dieback



شکل ۱- خشکیدگی کم درخت حرا در منطقه پژوهش

Figure 1. Weak dieback of *Avicennia marina* in the study area

چاله با ابعاد ۳۰ در ۳۰ در ۳۰ سانتی‌متر در خاک عرصه توده حفر شد. پس از آنکه چاله از آب پر شد، نمونه آب جمع‌آوری و برای تعیین هدایت الکتریکی به آزمایشگاه انتقال داده شد و هدایت الکتریکی با استفاده از EC متر اندازه‌گیری شد (Duke et al., 2003).

روش تحلیل

داده‌های حاصل از تحقیق، پس از ذخیره در نرم‌افزار اکسل (۲۰۱۳) با استفاده از نرم‌افزار SPSS 26 آنالیز شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد. برای مقایسه ویژگی‌های نهال و ریشه‌های هوایی در تیمارهای مختلف خشکیدگی، از آنالیز واریانس یکطرفه استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج

نتایج جدول تجزیه واریانس ویژگی‌های رویشی نهال‌ها و ریشه‌های هوایی درختان حرا نشان داد که همه منابع تغییرات تحت شدت‌های مختلف خشکیدگی از اختلاف معنی‌دار آماری برخوردار است (جدول ۲).

برای بررسی خصوصیات ظاهری نهال‌ها، در هر پلات، کوادرات‌های ۵ در ۵ متر پیاده شد و تعداد نهال‌های کمتر از ۰/۵ متر، شرایط نهال‌ها براساس برگ‌های سالم و فاقد نشانه‌های بیماری، پژمرده، برگ‌های زرد (کلروز)، لکه‌های نکروز، سوختگی برگ، پوشش تاجی و شاخ و برگ کم (مریض) و کاملاً خشکیده و غیرزنده (Duke et al., 2003)، ارتفاع و تعداد برگ‌های آنها ثبت شد (Yaghoobzadeh et al., 2021). برای بررسی شرایط ریشه‌های هوایی در هر یک از پلات‌ها، ۲۰ عدد ریشه هوایی (پنوماتوفور) حرا به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب و فاصله نوک ریشه‌های هوایی تا سطح رسوب اندازه‌گیری شد. برای تعیین اثرهای رسوب بر خشکیدگی نیز فاصله بین سطح رسوب تا ریشه کابلی (ریشه افقی) آنها اندازه‌گیری و ثبت شد (Duke et al., 2003). برای تعیین تراکم پنوماتوفورها، پنج درخت در مرکز و چهار گوشه پلات مشخص شد و میکروپلات‌های ۱ در ۱ متر در فواصل یک، دو و سه‌متری از تنه درخت پیاده و تعداد ریشه‌های هوایی موجود در میکروپلات‌ها شمارش شد (Cue & Ninomiya, 2007). برای تعیین میزان هدایت الکتریکی آب، در هر پلات به‌صورت تصادفی سه

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های رویشی نهال‌ها و ریشه‌های هوایی درختان حرا در تیمارهای مختلف خشکیدگی با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه

Table 2. ANOVA of vegetative characteristics of seedlings and Pneumatophores of grey mangrove in different treatments of different severity of dieback

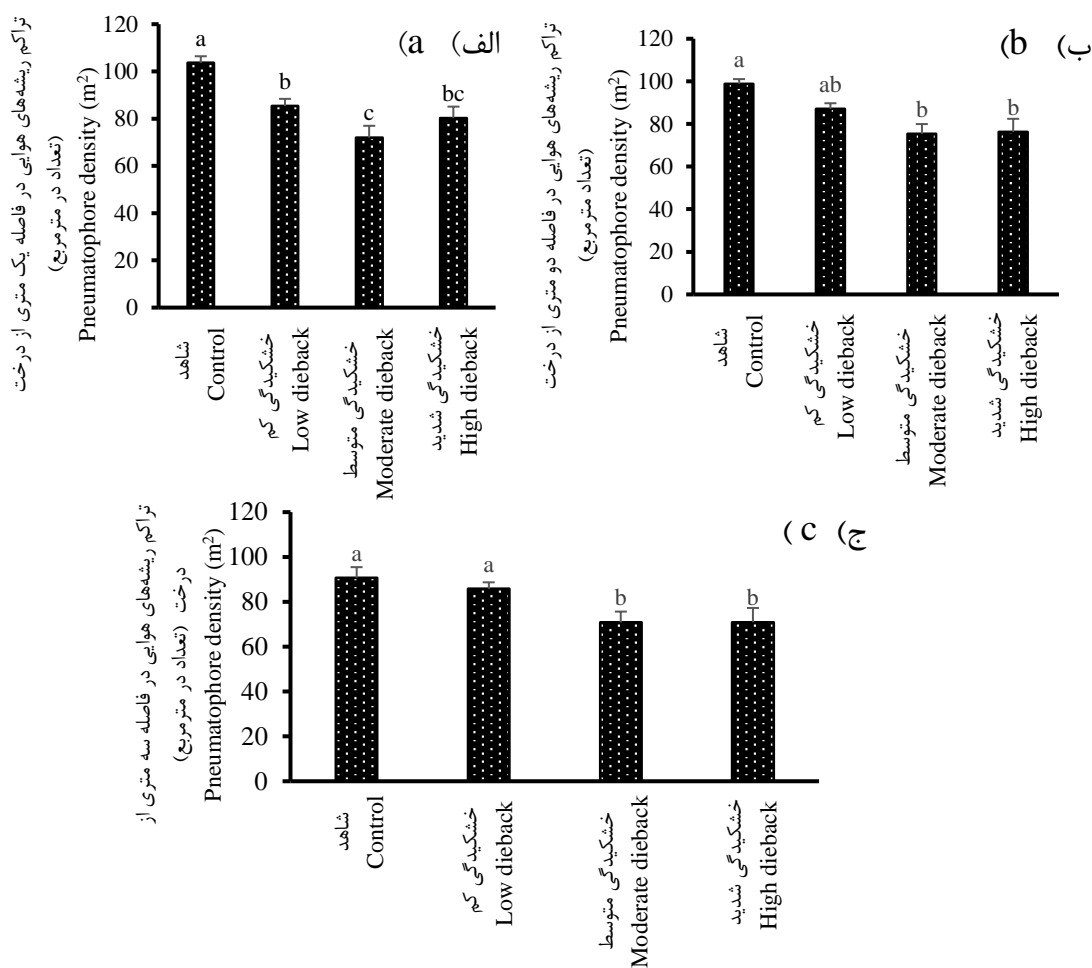
F	درجه آزادی Degree of) (freedom	میانگین مربعات (Mean squares)	منابع تغییرات (Variables)
10.94**	3	1795.71	تراکم پنوماتوفور در فاصله یک متری از درخت (تعداد در متر مربع)
	36	164.07	Pneumatophore density at the distance of 1 meter of tree (m ²)
6.80**	3	1218.73	تراکم پنوماتوفور در فاصله دومتری از درخت (تعداد در متر مربع)
	36	179.07	Pneumatophore density at the distance of 2 meter of tree (m ²)
4.42*	3	1084.55	تراکم پنوماتوفور در فاصله سه‌متری از درخت (تعداد در متر مربع)
	36	237.15	Pneumatophore density at the distance of 3 meter of tree (m ²)
9.16**	3	22.16	ارتفاع ریشه‌های هوایی تا سطح رسوب
	36	2.42	Tip of the pneumatophore to the sediment surface
13.27**	3	39.11	ارتفاع ریشه طنبایی تا سطح رسوب
	36	2.94	Height the cable root to sediment surface
9.84**	3	55.93	تعداد نهال
	36	5.68	Seedling number
3.55*	3	550.97	تعداد برگ نهال
	27	154.93	Seedling leaves No
3.07*	3	147.49	ارتفاع نهال (سانتی‌متر)
	27	48.04	Seedling height (cm)
56.78**	3	303048246.7	هدایت الکتریکی آب (میکروموس بر سانتی‌متر)
	36	5336672.77	Ec (μs.cm)

** معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد، * معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد، ^{ns} معنی‌دار نبودن

** Significant at p<0.01, *: Significant at p<0.05, ^{ns}: non-significant

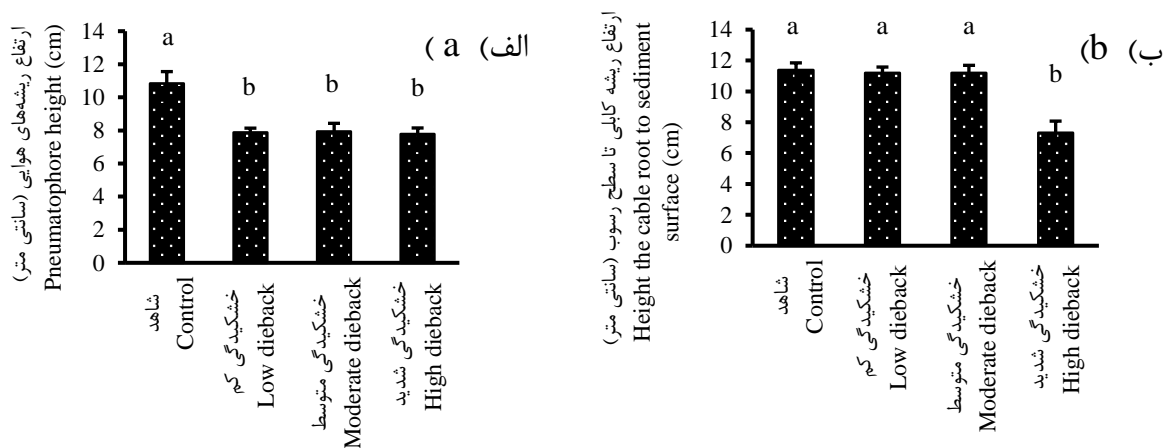
مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تراکم ریشه‌های هوایی در فواصل مختلف از درخت در پلات‌های شاهد (فاقد خشکیدگی) دارای بیشترین مقدار است. تراکم ریشه‌های هوایی در فواصل یک، دو و سه‌متری از درخت در تیمار شاهد به ترتیب ۱۰۳/۶۲، ۹۸/۸۸ و ۹۰/۷۲ عدد در متر مربع و در تیمار خشکیدگی شدید و متوسط در فاصله یک‌متری (۸۰/۲۲ و ۷۱/۹۸ در متر مربع)، دومتری (۷۶/۲۴ و ۷۵/۳۳ در متر مربع) و سه‌متری (۷۰/۹۲ و ۷۰/۸۰ در متر مربع) بود (شکل ۲ الف-ج).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تراکم ریشه‌های هوایی در فواصل مختلف از درخت در پلات‌های شاهد (فاقد خشکیدگی) دارای بیشترین مقدار است. تراکم ریشه‌های هوایی در فواصل یک، دو و سه‌متری از درخت در تیمار شاهد به ترتیب



شکل ۲- مقایسه میانگین تراکم ریشه‌های هوایی در یک‌متری (الف)، دو متری (ب)، سه‌متری از درخت (ج) در تیمارهای مختلف خشکیدگی با استفاده از آزمون دانکن

Figure 2. Mean comparisons of Pneumatophore densities away from 1 (a), 2 (b) and 3 (c) m away from tree in different severity using Duncan test



شکل ۳- مقایسه میانگین ارتفاع ریشه‌های هوایی (الف) و فاصله ریشه طنابی تا سطح رسوب (ب) در تیمارهای مختلف خشکیدگی با استفاده از آزمون دانکن

Figure 3. Pneumatophore height (a) and cable root height to the sediment surface (b) in different severity treatment using Duncan test

نشان داد. در دو تیمار شاهد و خشکیدگی ضعیف بیشترین مقدار ارتفاع (به ترتیب ۲۷/۵ و ۲۵/۸۷ سانتی‌متر) و تعداد برگ در نهال (به ترتیب ۳۰/۴۵ و ۲۱/۴۲) مشاهده شد که با دو تیمار خشکیدگی شدید و متوسط اختلاف معنی‌داری دارد (شکل ۴ ب و ج). نتایج نشان داد که هدایت الکتریکی آب در چهار تیمار متفاوت و در تیمارهای خشکیدگی، بیشتر از شاهد است. هدایت الکتریکی آب در تیمار خشکیدگی شدید با مقدار $(\mu\text{s.cm}) < 34750$ خشکیدگی متوسط $(\mu\text{s.cm}) < 25837$ بدون خشکیدگی $(\mu\text{s.cm}) < 22065$ بود. بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به تیمارهای خشکیدگی شدید و بدون خشکیدگی بود (شکل ۴ د).

بحث

امروزه، به دلیل فعالیت‌های انسانی (صنایع، توسعه شهری، اسکله، سدسازی، جاده، آلودگی‌های نفتی، تخریب خاک بستر رویشگاه، استفاده از آفت‌کش‌ها) و عوامل محیطی (توفان، امواج قوی و سیکلون‌ها، بارندگی، تغییر در سطح آب دریا)، خشکیدگی درختان و نهال‌های حرا در بسیاری از کشورها رایج شده است (Duke et al., 2003).

طبق نتایج طول نوک ریشه هوایی تا سطح رسوب در شاهد، خشکیدگی کم، متوسط و زیاد به ترتیب ۱۰/۸۴، ۷/۸۷، ۷/۹۲ و ۷/۷۹ سانتی‌متر بود (شکل ۳ الف) در حالی که فاصله ریشه کابلی (ریشه افقی) تا سطح رسوب ۱۱/۳۹، ۱۱/۲۰، ۱۱/۱۹ و ۷/۳۱ سانتی‌متر بود (شکل ۳ ب).

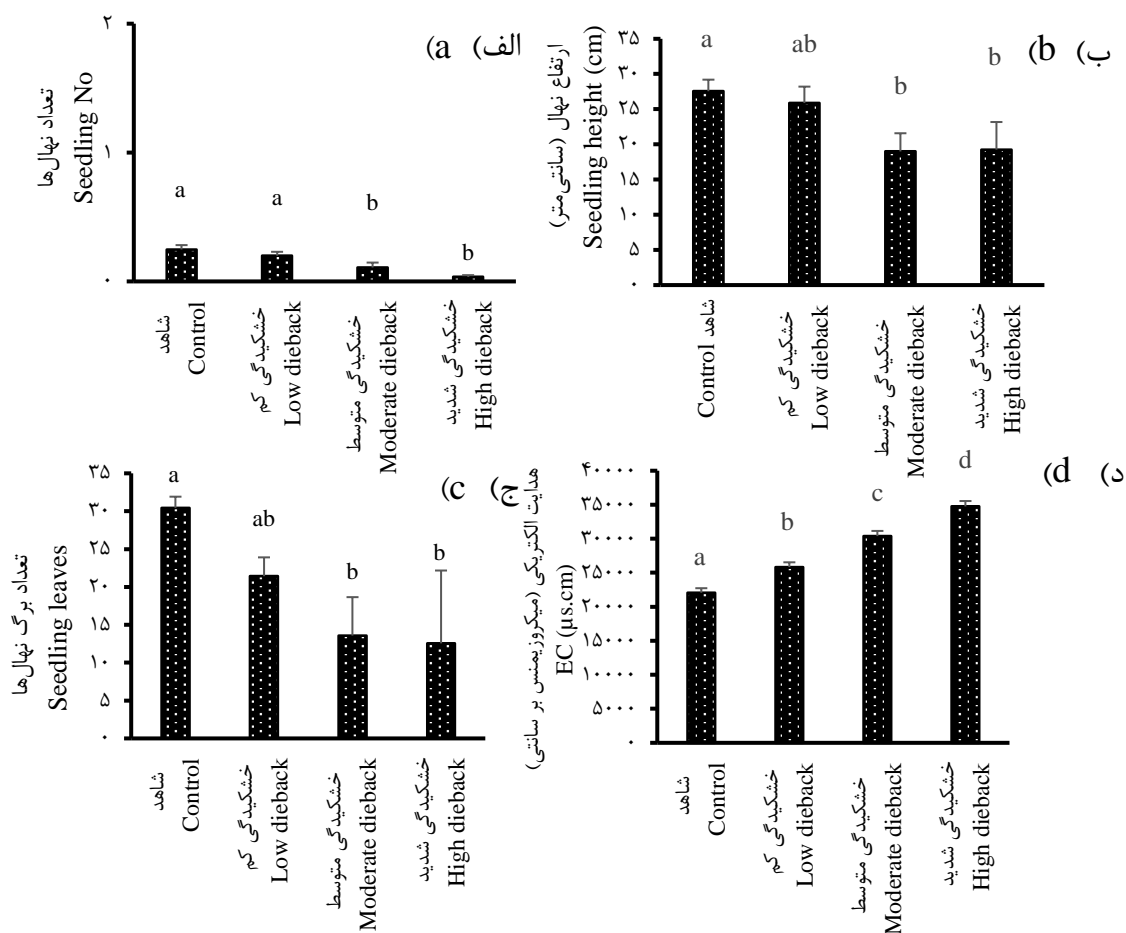
بررسی خصوصیات ظاهری و وضعیت نهال‌ها در تیمارهای مختلف نشان داد که در ده میکروپلات پیاده‌شده در تیمار خشکیدگی شدید (۳۰ تا ۵۰ درصد)، در مجموع، هشت نهال وجود داشت که از این تعداد سه نهال سالم و پنج نهال غیرزنده بودند. طبق نتایج، زادآوری در این تیمار ناچیز است و شرایط بحرانی از نظر تجدید حیات و سلامت نهال وجود دارد (جدول ۳).

بررسی ویژگی‌های نهال‌ها در تیمارهای مختلف نشان داد که تراکم نهال حرا در تیمار شاهد (صفر درصد) $(0/24)$ نهال در متر مربع) و خشکیدگی ضعیف (صفر تا ۱۵ درصد) $(0/20)$ نهال در متر مربع، دارای بیشترین مقدار است و اختلاف معنی‌داری با خشکیدگی متوسط (۱۵ تا ۳۰ درصد) و شدید (به ترتیب $0/10$ و $0/36$ نهال در متر مربع) دارد (شکل ۴ الف). مقایسه میانگین ارتفاع نهال (شکل ۴ ب) و تعداد برگ در هر نهال روند مشابهی را

جدول ۳- شرایط نهال‌های حرا در تیمارهای مختلف

Table 3. Gray mangrove seedling condition in different treatment

Seedling condition نهال‌ها			تعداد نهال در هر تیمار Seedling No. in each treatment	خصوصیات ظاهری نهال‌های حرا Seedling demography
درصد (Percentage)				
غیرزنده Dead	مریض Sick	سالم Healthy		
0	1/6	98/4	62	شاهد Control
0	16	84	50	خشکیدگی ضعیف Weak dieback
25/9	33/4	40/7	27	خشکیدگی متوسط Moderate dieback
62/5	0	37/5	8	خشکیدگی شدید High dieback



شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد نهال (الف)، ارتفاع نهال (ب)، تعداد برگ نهال (ج) و هدایت الکتریکی آب (د) در تیمارهای مختلف خشکیدگی با استفاده از آزمون دانکن

Figure 4. Mean comparisons density (a), height (b), number of leaf in grey mangrove seedlings and electrical conductivity (d) in different treatments of dieback severity using Duncan test

مجاری برای انتقال مواد معدنی مغذی و آب به داخل گیاه و دفع نمک و مواد مضر نیز هستند و بر همین اساس، این گونه در رویشگاه ماندابی مانند گیاه سازش پذیر عمل می کند (Numero & Camilo, 2022). با توجه به اثر مهم ریشه های هوایی در زندهمانی گیاه می توان گفت یکی از پیامدهای خشکیدگی، کاهش رشد و تراکم ریشه های هوایی است که به مرگ درختان در تیمارهای خشکیدگی منجر می شود. براساس نتایج، فاصله ریشه های طنابی تا سطح رسوب در تیمار خشکیدگی شدید، کمتر از تیمارهای دیگر است که ممکن است یکی از عوامل افزایش شدت خشکیدگی درختان باشد. ریشه اولین

براساس نتایج، تراکم و ارتفاع ریشه های هوایی در هر سه فاصله با افزایش فاصله از درخت دارای نرخ کاهشی بود که با نتایج (Duke et al., 2001) مطابقت داشت. ریشه های هوایی، مکمل ریشه های کابلی (ریشه های افقی) غوطه ور در آب هستند و در تبادل و تنظیم شوری و اکسیژن بین گیاه و اتمسفر دریا اثر دارند (Munir et al., 2022). این ریشه ها مانند کلید خاموش کننده عمل کرده و از ورود بیش از حد محلول های نمک به گیاه و افزایش غلظت کلرید سدیم و در نتیجه از فروپاشی اسمزی سلول ها در برابر کریستال های نمک اضافی جلوگیری می کنند (Stewart & Fairfull, 2008). ریشه های هوایی

هالوفیت‌ها به مرحله سنی آنها بستگی دارد و آنها در مرحله نهال، به شوری بسیار حساس‌اند (Wang & Lin, 2000) که تعداد اندک نهال‌ها در خشکیدگی زیاد را توجیه می‌کند. شوری بسیار زیاد و طولانی‌مدت در هالوفیت‌ها، سبب کاهش مقدار آب در سلول‌ها، افزایش سمیت‌های یونی، بسته شدن روزنه‌ها و تغییر در جذب آب و تبادل گازی، کاهش جذب و تجمع مواد مغذی و انتقال مواد غذایی به اندام‌های اصلی گیاه، کمبود مواد غذایی و یون‌ها، کاهش فعالیت فیزیولوژیک، عملکرد و رویش گیاه، ریزش برگ و کاهش تعداد کل برگ و در نتیجه ضعف و مرگ‌ومیر درختان و نهال‌ها می‌شود (Siddique et al., 2017).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش، مرگ‌ومیر نهال‌ها و رویش آنها و همچنین رشد و تراکم ریشه‌های هوایی با افزایش خشکیدگی کاهش یافت، درحالی که بهترین شرایط تحت تیمار شاهد مشاهده شد. از بین صفات تحت بررسی ویژگی‌های مربوط به نهال‌ها، به تغییر شرایط و شدت خشکیدگی حساس‌تر عمل کرد و با افزایش خشکیدگی به شدت از تراکم آنها کاسته شد. تجدید حیات عامل اصلی توسعه و ریشه‌های هوایی و از عوامل اصلی رشد، استقرار و زنده‌مانی جنگل‌های حرا است. افزایش مرگ‌ومیر نهال‌ها و کاهش تراکم ریشه‌های هوایی دو پیامد مهم خشکیدگی و زوال در رویشگاه‌های حرا است که اگر به‌درستی مدیریت و کنترل نشوند، کل بوم‌سازگان ماندابی با سرعت فزاینده‌ای، سیر قهقرایی خواهد پیمود. بنابراین توصیه می‌شود در نخستین گام، همه مناطق دچار خشکیدگی با تصاویر ماهواره‌ای و پهپاد مشخص شده و براساس شدت خشکیدگی طبقه‌بندی شود و در مناطق دچار خشکیدگی شدید، علل خشکیدگی مشخص شده و عواملی که باعث خشکیدگی می‌گردند، برطرف شوند. سپس در مناطق دارای زوال قرق انجام گیرد و با کاشت نهال به

خط دفاعی گیاه در برابر تنش‌های غبرزنده، است. اگر خاک اطراف ریشه سالم و از نظر زیست‌شناختی متنوع باشد، گیاه دچار تنش، بخت بیشتری برای زنده ماندن خواهد داشت (Srikanth et al., 2016) بنابراین می‌توان گفت یکی دیگر از دلایل خشکیدگی در تیمار خشکیدگی زیاد آسیبی است که در پی کنده شدن رسوبات از اطراف ریشه گیاه رخ می‌دهد.

طبق یافته‌های این پژوهش، تراکم، تعداد برگ و ارتفاع نهال‌ها با افزایش شدت خشکیدگی کاهش یافت که با نتایج (Duke et al., 2001; Stammer et al., 2013; Bompy et al., 2014) مطابقت داشت. با توجه به اینکه درختان حرا از گونه‌های هالوفیت اختیاری هستند، نهال‌هایشان به شدت حساس به شوری است و ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیک آنها تحت تأثیر شوری تغییر می‌کند (Clough, 1984). شایان ذکر است که هدایت الکتریکی آب در مناطق دچار خشکیدگی روند افزایشی نشان داد. پژوهشگران افزایش شوری (بیش از ۲۰ درصد) را عامل کاهش رویش و تراکم نهال‌ها گزارش کردند (et al., 2022; Behrouzi Khorgou, 2017; Siddique et al., 2017).

در تجدید حیات حرا، پروپاگول‌ها، یون‌ها و مواد غذایی مورد نیاز خود را از درخت مادری جذب و در خود ذخیره می‌کنند (Zheng et al., 1999). همین منبع غنی در پروپاگول‌ها نهال‌ها را در مراحل اولیه رویش حمایت می‌کند و سبب افزایش مقاومت آنها به شوری در مراحل اولیه رویش می‌شود (Clough, 1984). پس از چند روز رویش اولیه، جنین روی زمین می‌افتد و وارد مرحله دوم رویش می‌شود که مقاومت به شوری آن متفاوت خواهد بود (Wang & Lin, 2000). در مجموع پژوهشگران گزارش کردند که مقاومت به شوری در

1. Propagule

پروپاگول یا بذر درختان حرا قلب‌شکل با رأسی گرد به رنگ سبز مایل به خاکستری است که جنین آن توسط لایه نازکی به اسم پریکارپ پوشانده می‌شود. پروپاگول‌ها پس از جدا شدن از درخت مادری یا در پای درختان رشد می‌کنند یا توسط امواج دریا جابه‌جا شده و در نقاطی دورتر از درخت مادری مستقر می‌شوند.

زادآوری و احیای جنگل کمک شود. همچنین
پیشنهاد می‌شود مناطق خشکیده به‌عنوان مناطق
حساس و شکننده، تحت مدیریت، حفاظت و حمایت
قرار گیرند و عوامل اولیه و ثانویه خشکیدگی در
اطراف منطقه شناسایی و با برنامه‌ریزی صحیح عوامل
تهدید به حداقل رسانده شود.

References

- Bagherzadeh, M., Mahdavi, R., & Rezai, M. (2021). Management of coastal deserts by evaluating the fitness of the mangrove lands in attracting tourists. *Desert management*, 8(15), 191-204. DOI: 10.22034/JDMAL.2020.44932. (In Persian)
- Behrouzi Khorgou, S., Parvaresh, H., Moslehi, M., & Khalil Ariya, A. (2022). Effects of desalination sewage on some vegetative characteristics of grey mangrove seedlings (*Avicennia marina* Forsk. Vierh). *Iranian Journal of Forest*, 14(3), 329-340. DOI:10.22034/IJF.2022.313737.1814. (In Persian)
- Bompy, F., Lequeue, G., Imbert, D., & Dulormne, M. (2014). Increasing fluctuations of soil salinity affect seedling growth performances and physiology in three Neotropical mangrove species. *Plant Soil*, 380, 399-413.
- Choupanian, A., Rezai, M., Mahdavi, R., & Nafarzadegan, A.R. (2023). Application of Land Measurements for Detection the Climate Changes Impact on Vegetation Dynamics, Kermanshah Province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 12(1), 1617.
- Clough, B.F. (1984). Growth and salt balance of the mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Rhizophora stylosa* Griff. in relation to salinity. *Austrelian Journal of Plant Physiology*, 11, 419-430. DOI:10.1071/PP9840419
- Cue, N.T.K., & Ninomiya, I. (2007). Allometric relations for young *Kandelia candel* (L.) Blanco plantation in Northern Vietnam. *Journal of Biological Sciences*, 7(3), 539-543. DOI: 10.3923/jbs.2007.539.543
- Davidson, N.C., Fluet-Chouinard, E., & Finlayson, C.M. (2018). Global extent and distribution of wetlands: trends and issues. *Marine Freshwater Research*, 69(4), 620-627. DOI: 10.1071/MF17019
- Duck, N., Roelsema, C., Tracey, D., & Godson, L. (2001). Preliminary investigation into dieback of mangrove in the Mackay region: Initial assessment and possible cases. Report to Queensland Fisheries Service, Northern Region. (DPI) and the Community of Mackay Region. *Australia*, 1-58p.
- Duke, N.C., Bell, A., Lawn, Pedersen, D., & Roelfsema, C.M. (2003). Report on Preliminary Investigations of the Cause of Mangrove Dieback at Luggage Point. Marine Botany Group Centre for Marine Studies. The University of Queensland. *Australia*, 1-46p.
- Ferreira, A.C., Ganade, G., & De Attayde, J.L. (2015). Restoration versus natural regeneration in a neotropical mangrove: effects on plant biomass and crab communities. *Ocean Coast Management*, 110(1), 38-45.
- Moslehi, M. (2018). Ecological Value of Endangered Mangrove Ecosystems. *Human & Environment*, 46(3), 151-167.
- 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. (In Persian)
- Munir, N., Hasnain, M., Roessner, U., & Abideen, Z. (2022). Strategies in improving plant salinity resistance and use of salinity resistant plants for economic sustainability. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(12), 2150-2196. <https://doi.org/10.1080/10643389.2021.1877033>
- Numbere, A., & Camilo, G. (2022). Growth, abundance, and diversity of black mangrove (*Avicennia germinans*) pneumatophores in deforested and sand-filled mangrove forest at Egale Island, Niger Delta Nigeria. *Research Square*, 1-22. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1810526/v2>

- Sheng, Y.P. (2017). Assessing the role of mangrove forest in reducing coastal inundation during major hurricanes. *Hydrobiologia*, 803(2), 87–103.
- 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. *Forest Biogeosciences and Forestry*, 10, 851-856. DOI: <https://doi.org/10.3832/ifor2382-010>
- Srikanth, S., Kaihekulani, S., Lum, Y., & Chen, Z. (2016). Mangrove root: adaptations and ecological importance. *Trees*, 30, 1-16.
- Stammer, D., Cazenave, A., Ponte, R.M., & Tamisiea, M.E. (2013). Causes for contemporary regional sea level changes. *Annurev Review Marine Science*, 5, 21–46. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121211-172406>
- Stewart, M., & Fairfull, S. (2008). Mangroves. In Industries, Ndop (Ed.). Sydney, NSW Government. *Primefact*, 746, 1-16.
- Wang, W.Q., & Lin, P. (2000) Study on membrane lipid peroxidation of the leaves of *Kandelia candel* seedlings to long-term and short-term salinity (in Chinese). *Acta Oceanologica Sinica*, 22(3), 49–54
- 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. DOI: 10.22034/ijf.2021.269085.1761. (In Persian)
- Zerehi, F., Rezai, M., Moradi, N. (2021). Statistical analysis of the geological shape of sand dunes in coastal deserts adjacent to the Persian Gulf in order to stabilize quicksand's and changes in the use of sand dunes (Case study: Hormozgan, Sirik). *Quantitative Geomorphology Research*, 10(2), 176- 196. DOI: 10.22034/GMPJ.2021.259426.1231. (In Persian)
- Zheng, W.J., Wang, W.Q., & Lin, P. (1999). Dynamic of element contents during the development of hypocotyls and leaves of certain mangrove species. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 233, 247–257. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(98\)00131-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(98)00131-2)



Effects of dieback severity on regeneration and some vegetative characteristics of pneumatophores of grey mangrove (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.) (Study: Mangrove forest of Sirik)

V. Farashi¹, M. Rezaei^{2*}, R. Mahdavi³, M. Moslehi⁴, and S. Eskandari⁵

¹Ph.D. candidate of Natural Resources Engineering, Desert Management and Control, University of Hormozgan, Hormozgan, Bandarabass, Iran.

²Assistant Prof., Academic member of Natural resources engineering group, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Bandarabass, Iran.

³Associated Prof., Natural resources engineering group, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Bandarabass, Iran.

⁴Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bandarabass, Iran.

⁵Associated Prof., Forest Research Division, Research Institute of Forests and rangelands, Agricultural research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

(Received: 21 February 2023; Accepted: 17 June 2023)

Abstract

Introduction: Regeneration and pneumatophore characteristics are two key factors in the health and development of grey mangrove forests. This study aims to investigate the changes in regeneration and pneumatophores of grey mangrove trees affected by different intensities of harmful factors causing drying or dieback.

Materials and Methods: After investigating the forest in Sirik, regions with different intensities of dieback (high: 30-50%, medium: 15-30%, low: 0-15%, and control: zero percent) were selected. Ten plots (10×10 m) were designed for each dieback severity randomly. In each plot, three microplots (1×1m) for pneumatophores and one microplot (5×5 m) for regenerations were designed. All data were compared using ANOVA.

Results: The results showed that pneumatophore densities at different distances from trees are highest in the control ($p < 0.05$). Also, the pneumatophore height was 10.84 cm in the control treatment, which was significantly higher than that in other treatments. The cable root height to the sediment surface was lowest (7.79 cm) in the high severity dieback treatment. The highest values related to seedling density (0.24 number per square meter), height (27.55 cm), and number of seedling leaves (30.45) were observed in the control treatment. Furthermore, water electrical conductivity was highest in the high dieback severity (34750 $\mu\text{s.cm}$), followed by medium dieback severity (30392 $\mu\text{s.cm}$), weak dieback severity (25837 $\mu\text{s.cm}$), and control (22065 $\mu\text{s.cm}$).

Conclusion: The drying and dieback phenomenon in mangrove forests leads to a decrease in the growth and density of aerial roots. Therefore, the management and control of mangrove ecosystems are of considerable importance.

Keywords: Dieback, Mangrove forest, Pneumatophore density, Regeneration, Sirik.