

## مروری بر تاثیرات تغییرات اقلیم بر بوم‌سازگان‌های مانگرو

نسترن دلفان\* و مهدی قدرتی شجاعی

نور، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، گروه زیست‌شناسی دریا

### چکیده

تغییرات اقلیمی و اجزا مختلف آن مانند افزایش سطح آب دریاها، افزایش دما، تغییرات غلظت دی‌اکسیدکربن جو، تغییر الگوهای چرخه‌های اقیانوسی، تغییرات روند بارندگی‌ها و وقوع طوفان‌ها، بر سلامت بوم‌سازگان مانگروها تاثیر می‌گذارند. این تهدیدات همچنین شامل فرسایش، جاری شدن سیل، امواج سهمگین و در برخی مناطق سونامی است. از بین تمام این عوامل، افزایش نسبی سطح آب دریا بزرگترین تهدید برای بوم‌سازگان مانگرو به شمار می‌آیند. اگرچه تا به امروز اثرات این تهدید نسبت به تاثیرات ناشی از دخالت انسان مانند آلودگی و تخریب جنگل‌ها ناچیز است. ارزش اقتصادی سالانه مانگروها بر اساس ارزش محصولات و خدماتی که ارائه می‌دهند، بین ۲۰۰ هزار تا ۹۰۰ هزار دلار در هر هکتار تخمین زده شده است. مانگروها دارای عملکردهای منحصر به فردی هستند که کاهش سطح پوشش آن‌ها و یا اختلال در سلامت آن‌ها تهدید بزرگی برای بوم‌سازگان‌های ساحلی به شمار می‌آید. از بین رفتن مانگروها موجب کاهش کیفیت آب، کاهش تنوع زیستی، از بین رفتن مکان‌های تخم‌ریزی و نوزادگاهی آبزیان و حذف محصولات و خدماتی می‌شود که به انسان ارائه می‌دهند. تخریب جنگل‌های مانگرو همچنین می‌تواند مقادیر زیادی کربن ذخیره شده در رسوبات آنها را آزاد کند و در نتیجه با افزایش دی‌اکسیدکربن جو گرمایش جهانی و سایر روندهای تغییرات اقلیمی را تشدید کند.

**کلیدواژگان:** بوم‌سازگان مانگرو، تغییرات اقلیمی، افزایش سطح آب دریا، سواحل

\* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: D\_nastaran@modares.ac.ir

### مقدمه

اجزای مختلف تغییرات اقلیمی بررسی و اثرات آن بر روی جنگل‌های مانگرو ارائه خواهد شد.

#### تهدیدات تغییرات اقلیمی

##### افزایش سطح آب دریا

افزایش سطح آب دریا یکی از قطعی‌ترین پیامدهای گرمایش جهانی است که امروزه با آن مواجه هستیم. تحقیقات مختلف افزایش ۲۲-۱۲ سانتی‌متر سطح آب دریاها را در طول قرن بیستم را بیان کرده‌اند. مدل‌های اقلیمی مختلف یک روند افزایشی با شتاب بالا را در دهه‌های آینده بیان می‌کنند (۱ و ۲). در مجموع افزایش جهانی سطح آب دریاها از سال ۱۹۸۰ تا پایان قرن بیست و یکم (۲۰۹۹-۲۰۹۰) حدود ۰/۱۸ تا ۰/۵۹ متر خواهد بود (۲). با این حال تغییرات سطح آب دریا در هر منطقه وابسته به شرایط مختلفی مانند ساختارهای زمین‌ساختی<sup>۱</sup>، ساختارهای هیدرودینامیکی و نرخ رسوب‌گذاری است (۳).

بوم‌سازگان مانگرو در طول سواحل جنوبی ایران از استان خوزستان تا باهوکلات در استان سیستان و بلوچستان پراکنده‌اند. دو گونه گیاه مانگرو با نام حراً (*Avicennia marina*) و چندل (*Rhizophora mucronata*) در سواحل ایران وجود دارند. علی‌رغم اهمیت زیست‌شناختی و اقتصادی-اجتماعی بالای بوم‌سازگان مانگرو، تهدیداتی وجود دارند که سلامت و پایداری این بوم‌سازگان حساس را تحت تاثیر قرار می‌دهند. عوامل تنش‌زای انسانی در کنار پدیده تغییر اقلیم دو عامل اصلی بروز آلودگی‌ها، آبی‌پروری و ساخت اسکله در محدوده جنگل‌ها جز مهم‌ترین تهدیداتی است که این بوم‌سازگان‌ها در ایران با آن مواجه‌اند. در کنار این تهدیدات اجزای مختلف تغییرات اقلیم مانند افزایش سطح آب دریاها و افزایش دما بر سلامت بوم‌سازگان مانگروها تاثیر می‌گذارند. به سبب بالا بودن دما و شوری آب در خلیج فارس، درختان مانگرو در این منطقه در بالاترین حد تحمل فیزیولوژیک خود زندگی می‌کنند. بنابراین تغییرات اقلیم می‌تواند آثار زیان‌بار زیادی بر آن‌ها داشته باشد. با این فرض، در این مطالعه

<sup>1</sup> Tectonic

در واقع نرخ رسوب گذاری مانگروها می تواند چگونگی مقابله آن‌ها در برابر تغییرات سطح آب دریا را تعیین کند (۴) به این ترتیب که:

۱ - اگر افزایش ارتفاع رسوب در جنگل‌های مانگرو بیش از نرخ افزایش سطح آب دریا باشد، درختان خشکی به سمت جنگل‌های مانگرو پیش روی می‌کنند و باعث عقب‌نشینی درختان مانگرو خواهند شد. اما در مقابل مناطق جزرومدی<sup>۱</sup> و نهرهای مانگرو<sup>۲</sup> نیز احتمالاً در سمت دریا رشد می‌کنند که اجازه گسترش در سطح را به مانگروها می‌دهند. ۲ - اگر نرخ رسوب گذاری در مانگروها با نرخ افزایش سطح آب دریا برابر باشد، جنگل مانگرو به حیات خود ادامه می‌دهد و در طول این دوره پایدار خواهد بود. ۳ - اگر نرخ رسوب گذاری در مانگروها کمتر از نرخ افزایش سطح آب دریا باشد، قسمتی از جنگل که به سمت دریا است غرقاب شده و از بین خواهد رفت.

بنابراین مقاومت و انعطاف پذیری مانگروها نسبت به تغییرات سطح آب دریا همچنین تحت تاثیر چهار عامل اصلی قرار می‌گیرد:

الف. نرخ تغییرات سطح آب دریا نسبت به سطح رسوبات مانگرو آسیب پذیری مانگروها را تعیین می‌کند (۵ و ۶). ب. ترکیب بندی گونه‌های مانگرو بر پاسخ‌های مانگروها تاثیرگذار است. زیرا نواحی دارای پوشش متفاوت گیاهی مانگرو دارای نرخ متفاوتی تغییرات در ارتفاع سطح رسوب است (۷). ج. جغرافیای طبیعی محیط شامل شیب زمین بالادست نسبت به زمینی که مانگرو در حال حاضر آن را اشغال کرده است و نیز موانع موجود در سمت زمین بر گسترش مانگروها تاثیرگذار خواهد بود (۸). د. اثرات تجمعی تمام عوامل تنش‌زا نیز انعطاف پذیری و مقاومت مانگروها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۹).

### تغییرات الگوی بارندگی

نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که نرخ بارش‌ها، در پاسخ به گرمایش جهانی تا سال ۲۰۵۰ میلادی، ۲۵ درصد افزایش پیدا خواهد کرد، با این وجود این میزان افزایش در

مقیاس‌های محلی توزیع متفاوتی دارد و ممکن است بیش تر یا کم تر از مقدار پیش‌بینی شده باشد (۱۰ و ۱۱). تغییر الگوهای بارندگی ممکن است تاثیر بسزایی بر رشد مانگروها و ساختارهای هوایی آن‌ها داشته باشد (۱۲) و (۱۳). مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای پیش‌بینی می‌کنند که بارندگی‌ها در مناطق خاصی مانند آمریکای مرکزی و استرالیا در زمستان کاهش می‌یابد (۱۱). کاهش بارندگی نه تنها ممکن است منجر به کاهش ورودی آب شیرین به مانگروها شود، بلکه سبب کاهش ورود آب شیرین به آب‌های زیرزمینی نیز می‌شود که به احتمال زیاد شوری رسوبات را افزایش خواهد داد. افزایش شوری رسوب باعث افزایش نمک در بافت‌های مانگرو می‌شود که احتمالاً موجب کاهش بهره‌وری، کاهش رشد و بقای نهال مانگروها خواهد شد. به علاوه افزایش شوری رسوب باعث می‌شود که ترکیب بندی گونه‌ها به سمت گونه‌هایی که تحمل شوری بالاتری دارند، تغییر کند (۱۴).

کاهش بارندگی همراه با افزایش تبخیر در مناطق خشک، احتمالاً منجر به کاهش مساحت و تنوع مانگروها خواهد شد و در نهایت موجب تبدیل جنگل‌های مانگروها به دشت‌های نمکی بدون پوشش گیاهی می‌شود (۱۳). در مناطقی مانند نواحی شمالی عرض‌های میانی در زمستان و جزایر اقیانوس آرام در عرض ۱۷ درجه شمالی که افزایش بارندگی در اثر تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده است (۱۱) احتمالاً مساحت مانگروها، تنوع و نرخ رشد آن‌ها احتمالاً افزایش می‌یابد (۱۴). حداکثر رشد مانگروها در شوری کم اتفاق می‌افتد (۱۵ و ۱۶). بنابراین اگر بارندگی افزایش یابد و شوری رسوب را کاهش دهد، نرخ رشد مانگروها در بعضی از گونه‌ها احتمالاً افزایش می‌یابد (۱۲). در استرالیا در مناطقی که بارندگی بیش‌تری دارد، مانگروها ارتفاع بلندتر و تولید و تنوع بیش‌تری دارند (۱۴). در منطقه سانداربانس<sup>۳</sup> هندوستان، گونه‌های مانگرو مانند *Heritiera fomes* و *Nypa fruticans* به تدریج از ناحیه مرکزی ناپدید می‌شوند، که به علت قطع کامل ورودی آب شیرین، ناشی از خشک شدن رودخانه<sup>۴</sup> در اثر رسوب گذاری زیاد است.

### رویدادهای بالا آمدن آب

طی دهه‌های آینده فراوانی و تکرار رویداد بالا آمدن آب

<sup>3</sup> Sundarbans  
<sup>4</sup> Bidyadhari

<sup>1</sup> Tidal flat  
<sup>2</sup> Creek

برابر ۱۰۰ سال گذشته بوده است. از سال ۱۹۸۰ تا پایان قرن بیست و یکم (۲۰۹۹-۲۰۹۰)، حدود ۱/۱ تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد تغییر دما پیش‌بینی شده است (۲). انتظار می‌رود افزایش دمای سطحی آب دریاها، مانگروها را به صورت زیر تحت تاثیر قرار دهد (۱۲ و ۱۴):

الف. تغییر در ترکیب‌بندی گونه‌ها. ب. تغییر در الگوهای رشد (برای مثال تغییر در زمان گلدهی و میوه‌دهی). ج. افزایش بهره‌وری مانگروها در جایی که افزایش دما از یک آستانه بالایی تجاوز نمی‌کند. د. توسعه مانگروها به عرض‌های جغرافیایی بالاتر.

مانگروها بر اساس میزان تحمل نسبت به گرما به سه گروه تقسیم‌بندی شده‌اند (۱۸): (۱) گونه‌های مقاوم در برابر سرما که معمولاً گستره دمایی وسیعی را می‌توانند تحمل کنند (مانند *Aegiceras* و *Avicennia marina*, *Kandelia candel* و *corniculatum*؛ (۲) گونه‌هایی که تحمل سرما را ندارند و گستره دمایی محدودی را می‌توانند تحمل کنند (مانند *Lumnitzera littorea*, *Rhizophora mucronata* و *Rhizophora apiculata*؛ (۳) گونه‌های گرمادوست که آنها هم گستره وسیعی از دما را می‌توانند تحمل کنند (مانند *Bruguiera sexangula*, *R. stylosa* و *B. gymnorrhiza* و *Excoecaria agallocha* و *Acrostichum aureum*) (۱۹) (شکل ۱).

علی‌رغم عدم اطمینان در مورد اینکه چگونه تغییرات دمایی روی ترکیب‌بندی یا الگوهای فصلی تولید مثلی و گلدهی گونه‌ها مانگرو تاثیر خواهد داشت، افزایش سطح آب دریا و دمای هوا به احتمال زیاد به نفع مانگروهایی است که در عرض‌های جغرافیایی بالاتر زندگی می‌کنند و در حال حاضر محدودیت توزیع دارند. چرا که باعث خواهد شد که تنوع گونه‌ای آنها و تولید لاشبرگ و مواد مغذی آنها افزایش یابد که باعث ظهور درختانی با اندازه بزرگ‌تر در این نوع بوم‌سازگان می‌شود (۲۰). افزایش دما ممکن است از طریق تغییر الگوهای فصلی تولید مثل و تغییر طول زمان بین گلدهی و افتادن پروپاگیول‌های بالغ، بر روی مانگروها تاثیر گذار باشد (۲۱ و ۱۴). انتظار می‌رود که تغییر دمای رسوبات به همان مقداری که دمای سطح آب دریا افزایش می‌یابد، افزایش یابد. هرچند تغییرات در دمای رسوب عموماً بسیار کمتر از دمای هواست که از ظرفیت بالای رسوبات مرطوب برای حفظ گرما ناشی می‌شود (۲۱).

دریاها بیش از یک ارتفاع معین نسبت به معیارهای ثابت، افزایش می‌یابد. این امر احتمالاً یکی دیگر از نتایج تاثیرات تغییرات اقلیمی در سطح منطقه‌ای است که از طریق تغییر در طوفان‌ها و یا ایجاد امواج سهمگین پدید می‌آید. (۱۷). تجزیه و تحلیل‌های ساعتی برای بررسی سطح آب دریا در ۱۴۱ ایستگاه توزیع شده در سطح جهان برای دهه‌های اخیر نشان داد که از سال ۱۹۷۵ تا کنون افزایش شدید سطح آب دریا در جهان مشاهده شده است (۱۷). افزایش ارتفاع و تکرار رویداد بالا آمدن آب می‌تواند موقعیت و سلامت بوم‌سازگان‌های ساحلی را تحت تاثیر قرار دهد و خطری برای توسعه ساحلی و امنیت انسان‌ها باشد. شدت رویداد بالا آمدن آب دریا بر موقعیت و سلامت مانگروها نیز از همان طریقی که طوفان‌ها این بوم‌سازگان را تحت تاثیر قرار می‌دهند، مانند تغییر در ارتفاع رسوبات تاثیرگذار است (۳).

#### طوفان‌ها

انجمن بین‌دولتی تغییرات اقلیمی<sup>۱</sup> پیش‌بینی کرده است که احتمالاً در طول قرن بیست و یکم شدت توفندها<sup>۲</sup> افزایش خواهد یافت (۱۱ و ۲). همچنین پیش‌بینی می‌شود که تکرار، ارتفاع و شدت خیزاب‌ها<sup>۳</sup> نیز افزایش یابد. یکی از عواقب افزایش شدت و تکرار طوفان‌ها، آسیب به بوم‌سازگان‌های مانگرو از طریق مرگ و میر درختان است. علاوه بر این طوفان‌ها می‌توانند ارتفاع رسوب مانگروها را از طریق تغییر فرسایش خاک، رسوب‌گذاری و تراکم رسوب تحت تاثیر قرار دهند. مناطقی که دارای مرگ و میر انبوهی از درختان باشند و یا نهال‌ها و درختان کمی باقی‌مانده باشد ممکن است تغییر دائمی بوم‌سازگان را تجربه کنند، زیرا احیا از طریق جوانه‌زنی به دلیل تغییر ارتفاع رسوب و تغییر در هیدرولوژی بوم‌سازگان اتفاق نخواهد افتاد (۵).

#### دما

دما مهمترین عامل محدود کننده رشد و پراکنش مانگروها است. بین سال‌های ۱۹۰۶ تا ۲۰۰۵ میانگین دمای سطحی کره زمین ۰/۴۴ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است (۲). روند خطی گرمایش جهانی در ۵۰ سال گذشته، تقریباً دو

<sup>1</sup> IPCC  
<sup>2</sup> Tropical cyclone  
<sup>3</sup> Storm surge

غلظت دی‌اکسیدکربن تاثیر کمی روی نرخ رشد مانگروها در مناطق تحت شوری شدید دارد (۲۲). ولی این اثر در مناطقی که شوری کمتری دارند بیشتر است. با این حال تمام گونه‌ها پاسخ مشابهی به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن ندارند و عوامل دیگری مانند دما، شوری، مواد مغذی و رژیم جزرومدی نیز روی پاسخ مانگروها به افزایش دی‌اکسیدکربن جو تاثیرگذار است (۱۲).

### الگوهای جریان‌های اقیانوسی

انجمن بین‌دولتی تغییرات اقلیمی (Intergovernmental Panel on Climate Change) گزارش داده است که در حال حاضر شواهد شفاف‌تری در مورد تغییر جریان‌های اقیانوسی وجود ندارد (۲۵). با این حال مشاهداتی از یک روند طولانی تغییرات گرما و شوری در مقیاس منطقه‌ای وجود دارد که به تغییر در جریان‌های اقیانوسی منجر خواهد شد (۲۵) و تغییر در الگوهای جریان‌های سطحی اقیانوسی ممکن است روی پراکندگی پراپاگیول‌های مانگروها و ساختار ژنتیکی جمعیت‌های مانگرو و به دنبال آن روی ساختار جوامع مانگرو تاثیرگذار باشد (۲۷).

بنابراین حتی اگر دمای رسوب افزایش یابد، احتمالاً تاثیر منفی بر مانگروها نخواهد داشت (۲۱). همچنین افزایش دمای رسوب احتمالاً باعث افزایش نرخ رشد و تکثیر باکتری‌هایی می‌شود که به افزایش نرخ چرخه مواد مغذی (از طریق تجزیه میکروبی) کمک می‌کنند.

### غلظت دی‌اکسیدکربن جو

غلظت دی‌اکسیدکربن جو حدود ۳۵ درصد نسبت به قبل از دوران صنعتی شدن بیش‌تر شده است. این مقدار از ۲۸۰ ppmv (Parts per million by volume) در سال ۱۸۸۰ به ۳۷۹ ppmv در سال ۲۰۰۵ رسیده است (۲). انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نیز در دهه‌های اخیر افزایش داشته است. میانگین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از  $6/4 \pm 0/4$  GtC a<sup>-1</sup> در دهه ۹۰ میلادی به  $7/2 \pm 0/3$  GtC a<sup>-1</sup> در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ رسیده است (۳). یکی از اثرات مستقیم افزایش دی‌اکسیدکربن می‌تواند افزایش تولید در برخی گونه‌های مانگرو باشد (۱۲، ۲۲ و ۲۳). از این رو پاسخ متابولیکی مانگروها به افزایش دی‌اکسیدکربن جو احتمالاً می‌تواند افزایش نرخ رشد و تنظیمات موثرتر در مقابل از دست رفتن آب باشد (۲۱ و ۲۴). با این وجود دو برابر شدن



ب



الف

شکل ۱- گونه‌های مانگرو خلیج فارس و خلیج عمان. الف: گونه چنل (*Rhizophora mucronata*)، گونه که تحمل سرما را ندارد و محدوده کوچکی از دما را می‌تواند تحمل کند. ب: گونه حرا (*Avicennia marina*)، گونه مقاوم در برابر سرما که توانایی تحمل گستره وسیعی از دما را دارد.

### پاسخ بوم‌سازگان مجاور

سطح زیر پوشش و سلامت صخره‌های مرجانی، علفزارهای دریایی، مصب‌ها و سواحل ممکن است تحت تاثیر تغییرات اقلیمی (مانند افزایش دما، تغییرات دمای فصلی و اسیدی شدن اقیانوس‌ها) قرار بگیرند (۲۸ و ۲۹). مانگروها از نظر عملکردی با بوم‌سازگان‌های مجاور خود در تعامل هستند (۳۰). از بین رفتن بوم‌سازگان ساحلی مجاور به علت تغییرات اقلیمی و یا دیگر منابع تنش‌زا ممکن است سلامت مانگروها را نیز به خطر اندازد. برای مثال مانگروهای جزایر کم ارتفاع و آتل‌ها که بخشی از رسوب خود را از تولیدات صخره‌های مرجانی تامین می‌کنند، نرخ رسوب‌گذاری کمتری در برابر افزایش سطح آب دریا دارند و در صورتی که صخره‌های مرجانی در اثر تغییرات اقلیمی تولید کمتر داشته باشد، بوم‌سازگان‌های مانگرو مجاور بیشتر در معرض خطر خواهند بود (۳).

### پاسخ‌های انسانی به تغییرات اقلیمی

پاسخ‌های انسان به تغییرات اقلیمی می‌تواند تاثیر این تغییرات را روی بوم‌سازگان‌های مانگرو تشدید کند. برای مثال افزایش ساخت و سازهای دریایی مانند دیوارهای دریایی و دیگر سازه‌های کنترلی فرسایش در نزدیکی بوم‌سازگان مانگرو به عنوان یک تهدید محسوب می‌شود. زیرا مانع گسترش این بوم‌سازگان در زمان افزایش سطح آب دریا خواهد شد. همچنین در مناطقی که بارندگی کم و دمای هوا زیاد باشد ممکن است استخراج آب‌های زیرزمینی برای رفع تقاضای آب آشامیدنی و کشاورزی افزایش یابد. افزایش استخراج آب‌های زیرزمینی در حالی که سطح آب دریاها نسبت به بستر مانگروها در حال افزایش است باعث آسیب‌پذیری مانگروها می‌شود. زیرا با برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، سطح ایستابی آب سقوط خیلی زیادی خواهد داشت و به این ترتیب آب دریا اجازه نفوذ به آب‌های زیرزمینی را پیدا می‌کند (۳۱). همچنین عمق کم سطح ایستابی آب شور باعث می‌شود که آب شیرین ذخیره شده در گودال‌ها و آبگیرها لب‌شور شده و موجب افزایش شوری سطح رسوب در طبیعت شود. شور شدن رسوب باعث می‌شود که تنوع گونه‌ای و بهره‌وری مانگروها کاهش پیدا کند. در کنار این عوامل منحرف کردن آب‌های سطحی از مانگروها یا سایر بوم‌سازگان‌های ساحلی باعث کاهش بهره‌وری مانگروها خواهد شد (۳۲). علاوه بر این تخریب جنگل‌های مانگرو

توسط انسان باعث می‌شود مقادیر زیادی کربن‌دی‌اکسید ذخیره شده در رسوبات این بوم‌سازگان آزاد شود، که افزایش دی‌اکسیدکربن جو باعث تشدید گرمایش جهانی و سایر روندهای تغییرات اقلیمی خواهد شد (۳۳).

### نتیجه‌گیری

مانگروها دارای عملکردهای منحصر به فردی هستند که کاهش سطح پوشش آن‌ها و یا اختلال در سلامت آن‌ها تهدید بزرگی برای بوم‌سازگان‌های ساحلی به شمار می‌آید. از بین رفتن مانگروها موجب کاهش کیفیت آب، کاهش تنوع زیستی، از بین رفتن مکان‌های تخم‌ریزی و نوزادگاهی آبزیان و حذف محصولات و خدماتی می‌شود که به انسان ارائه می‌دهند (۶). ارزش اقتصادی سالانه مانگروها بر اساس ارزش محصولات و خدماتی که ارائه می‌دهند، بین ۲۰۰ هزار تا ۹۰۰ هزار دلار در هر هکتار تخمین زده شده است (۳۴). اثرات افزایش سطح آب دریاها احتمالاً بخش قابل توجهی از پیش‌بینی‌های آینده در مورد از دست رفتن مانگروها را به خود اختصاص می‌دهند. مطالعه آسیب‌شناسی مانگروها نسبت به تغییرات نسبی سطح آب دریا، به ویژه برای مناطقی که بوم‌سازگان مانگرو آن با سرعت بالا آمدن فزاینده سطح آب دریا هماهنگ نیست، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین اینکه آیا روند افزایش سطح آب طولانی مدت است یا به صورت دوره‌ای و همچنین آیا این پدیده جهانی است یا منطقه‌ای باید مطالعه شود (۵، ۸ و ۷). بر اساس تحقیقی که در جزایر منطقه اقیانوس آرام صورت گرفته است، سالانه حدود ۲ درصد کاهش مساحت مانگروها به دلیل افزایش سطح آب دریا در این منطقه اتفاق می‌افتد (۳۵). بر اساس همین اطلاعات محدود، افزایش نسبی سطح آب دریا می‌تواند یکی از دلایل اصلی کاهش مساحت مانگروها بر اثر تغییرات اقلیمی در آینده باشد. علاوه بر افزایش سطح آب دریا، از دیگر عواملی که در آینده باعث کاهش مساحت مانگروها در مناطق خشک مانند خلیج فارس خواهد شد، افزایش شوری، کاهش ورودی آب شیرین و همچنین افزایش دما بیش از آستانه تحمل بوم‌سازگان مانگرو است (۳۶). متوسط نرخ سالانه از دست رفتن مانگروها بر اثر تنش‌های انسانی حدود ۲-۱ درصد در سال بوده است به طور که در نیم قرن گذشته حدود ۵۰ درصد مانگروهای جهان بر اثر قطع جنگل‌ها و آسیب‌های دیگر از بین رفته‌اند (۳۶). بنابراین برای حفاظت از این

## تشکر و قدردانی

این پروژه با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران (کد طرح: ۹۷۰۰۰۳۲۷) انجام شده است.

بوم‌سازگان‌های با ارزش باید تأثیرات تغییرات اقلیمی را با در نظر گرفتن تنش‌های ناشی از دخالت انسان به طور همزمان بررسی کرد.

## منابع

- 1- Thomas, R., Rignot, E., Casassa, G., Kanagaratnam, P., Acuña, C., Akins, T., & Manizade, S. 2004. Accelerated sea-level rise from West Antarctica. *Science*, 306(5694), pp. 255-258.
- 2- Solomon, S., Oin, D., Manning, M., Allev, R. B., Berntsen, T., Bindoff, N. L., & Heimann, M. 2007. Technical summary.
- 3- Gilman, E. L., Ellison, J., Duke, N. C., & Field, C. 2008. Threats to mangroves from climate change and adaptation options: a review. *Aquatic botany*, 89(2), pp. 237-250.
- 4- McIvor, A. L., Spencer, T., Möller, I., & Spalding, M. 2013. The response of mangrove soil surface elevation to sea level rise. *Natural Coastal Protection Series: Report 3. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 42. ISSN* pp.2050-7941.
- 5- Cahoon, D. R., Hensel, P. F., Spencer, T., Reed, D. J., McKee, K. L., & Saintilan, N. 2006. Coastal wetland vulnerability to relative sea-level rise: wetland elevation trends and process controls. In *Wetlands and natural resource management*, pp. 271-292. Springer, Berlin, Heidelberg.
- 6- Gilman, E., Ellison, J., & Coleman, R. 2007. Assessment of mangrove response to projected relative sea-level rise and recent historical reconstruction of shoreline position. *Environmental monitoring and assessment*, 124(1-3), pp.105-130.
- 7- McKee, K. L., Cahoon, D. R., & Feller, I. C. 2007. Caribbean mangroves adjust to rising sea level through biotic controls on change in soil elevation. *Global Ecology and Biogeography*, 16(5), pp.545-556.
- 8- Gilman, E., Ellison, J., Sauni, I., & Tuamu, S. 2007. Trends in surface elevations of American Samoa mangroves. *Wetlands Ecology and Management*, 15(5), pp.391-404.
- 9- Pilkev, O. H., & Cooper, J. A. G. 2004. Society and sea level rise. *Science*, 303(5665), pp.1781-1782.
- 10- Walsh, K. J., & Ryan, B. F. 2000. Tropical cyclone intensity increase near Australia as a result of climate change. *Journal of Climate*, 13(16), pp. 3029-3036.
- 11- Houghton, J. T., Ding, Y. D. J. G., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Dai, X., & Johnson, C. A. 2001. *Climate change 2001: the scientific basis*. The Press Syndicate of the University of Cambridge.
- 12- Field, C. D. 1995. Impact of expected climate change on mangroves. In *Asia-Pacific Symposium on Mangrove Ecosystems*, pp. 75-81. Springer, Dordrecht.
- 13- Snedaker, S. C. 1995. Mangroves and climate change in the Florida and Caribbean region: scenarios and hypotheses. *Hydrobiologia*, 295(1-3), pp. 43-49.
- 14- Ellison, J. C. 2000. How South Pacific mangroves may respond to predicted climate change and sea-level rise. In *Climate change in the South Pacific: impacts and responses in Australia, New Zealand, and small island states* pp. 289-300. Springer, Dordrecht.
- 15- Burchett, M. D., Field, C. D., & Pulkownik, A. 1984. Salinity growth and root respiration in the grev mangrove, *Avicennia marina*. *Physiologia Plantarum*, 60(2), pp.113-118.
- 16- Clough, B. F. 1984. Growth and salt balance of the mangroves *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Rhizophora stylosa* Griff. in relation to salinity. *Functional Plant Biology*, 11(5), pp. 419-430.
- 17- Woodworth, P. L., & Blackman, D. L. 2004. Evidence for systematic changes in extreme high waters since the mid-1970s. *Journal of Climate*, 17(6), pp.1190-1197.
- 18- Li, M. S., & Lee, S. Y. 1997. Mangroves of China: a brief review. *Forest Ecology and Management*, 96(3), pp. 241-259.
- 19- Zhang, R. T., & Lin, P. 1984. Studies on the flora of mangrove plants from the coast of China. *J. Xiamen Univ.(Nat. Sci.)*, 23, pp. 232-239.
- 20- Edwards, A. J. 1995. *Impact of climate change on coral reefs, mangroves and tropical seagrass ecosystems* pp. 209-234. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- 21- UNEP United Nations Environment Programme .1994. Assessment and monitoring of climatic change impacts on mangrove ecosystems. UNEP regional seas reports and studies. Report No. 154. UNEP, Nairobi.
- 22- Ball, M. C., Cochrane, M. J., & Rawson, H. M. 1997. Growth and water use of the mangroves *Rhizophora apiculata* and *R. stylosa* in response to salinity and humidity under ambient and elevated concentrations of atmospheric CO<sub>2</sub>. *Plant, Cell & Environment*, 20(9), pp.1158-1166.
- 23- Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongpan, S. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), pp. 128-137.
- 24- Farnsworth, E. J., Ellison, A. M., & Gong, W. K. 1996. Elevated CO<sub>2</sub> alters anatomy, physiology, growth, and reproduction of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). *Oecologia*, 108(4), pp. 599-609.
- 25- Bindoff, N. L., Willebrand, J., Artale, V., Cazenave, A., Gregorv, J. M., Gulev, S., & Shum, C. K. 2007. Observations: oceanic climate change and sea level.
- 26- Gregorv, J. M., Dixon, K. W., Stouffer, R. J., Weaver, A. J., Driesschaert, E., Ebv, M., ... & Kamenkovich, I. V. 2005. A model intercomparison of changes in the Atlantic thermohaline circulation in response to increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentration. *Geophysical Research Letters*, 32(12).
- 27- Lovelock, C. E., & Ellison, J. C. 2007. Vulnerability of mangroves and tidal wetlands of the Great Barrier Reef to climate change.
- 28- Harvell, C. D., Mitchell, C. E., Ward, J. R., Altizer, S., Dobson, A. P., Ostfeld, R. S., & Samuel, M. D. 2002. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296(5576), pp. 2158-2162.
- 29- Mydlarz, L. D., Jones, L. E., & Harvell, C. D. 2006. Innate immunity, environmental drivers, and disease ecology of marine and freshwater invertebrates. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 37, pp. 251-288.
- 30- Mumby, P. J., Edwards, A. J., Arias-González, J. E., Lindeman, K. C., Blackwell, P. G., Gall, A., & Wabnitz, C. C. 2004. Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature*, 427(6974), pp. 533.
- 31- Fletcher, C. H., Mullane, R. A., & Richmond, B. M. 1997. Beach loss along armored shorelines on Oahu, Hawaiian Islands. *Journal of Coastal Research*, pp. 209-215.
- 32- Krauss, K. W., Allen, J. A., & Cahoon, D. R. 2003. Differential rates of vertical accretion and elevation change among aerial root types in Micronesian mangrove forests. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56(2), pp. 251-259.
- 33- Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T., & Marchand, C. 2008. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: a review. *Aquatic botany*, 89(2), pp. 201-219.
- 34- Wells, S., & Ravilious, C. 2006. *In the front line: shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs* (No. 24). UNEP/Earthprint.
- 35- Gilman, E. L., Ellison, J., Jungblut, V., Van Lavieren, H., Wilson, L., Areki, F., ... & Kilman, M. 2006. Adapting to Pacific Island mangrove responses to sea level rise and climate change. *Climate Research*, 32(3), pp. 161-176.
- 36- Alongi, D. M. 2015. The impact of climate change on mangrove forests. *Current Climate Change Reports*, 1(1), pp. 30-39.