سلسلة البيئة البحرية (١٢)

المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية

موائل الكربون الأزرق
ودورها في مكافحة التغير المناخي

يوم البيئة الإقليمي

٢٤ أبريل

د. محمد عبد القادر الفقي

٢٠٢٢

بسم الله الرحمن الرحيم

موائل الكربون الأزرق
ودورها في مكافحة التغير المناخي

إصدار خاص بمناسبة الاحتفال بيوم البيئة الإقليمي – ٢٤ أبريل ٢٠٢٢

د. محمد عبد القادر الفقي

مقدمة

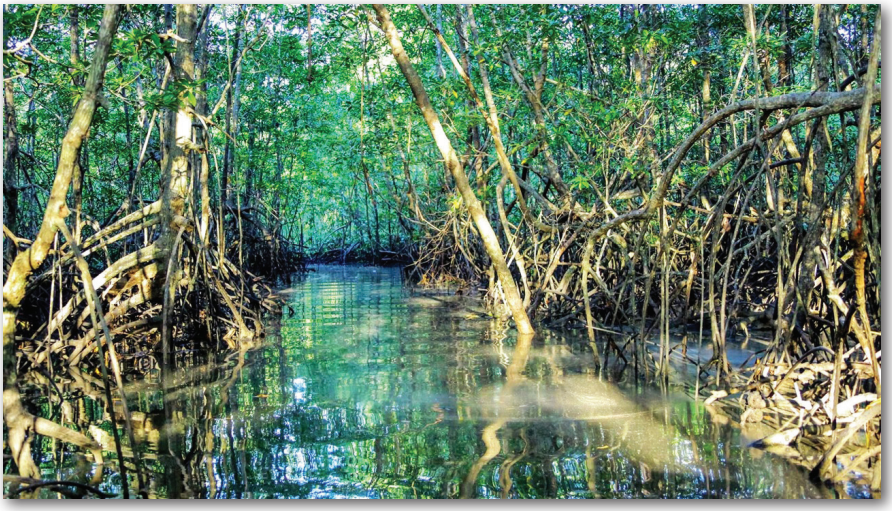
حظي الحديث عن دور موائل الكربون الأزرق باهتمام كبير هذه الأيام، وذلك لعِظَم دورها في التخفيف من آثار انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (الدفيئة) التي تتسبب في حدوث التغير المناخي. فمنذ عام ٢٠٠٩، كان هناك كمّ كبير جدا من الأوراق العلمية والبحوث - التي تتناول بالدراسة والتحليل - موضوع مخزونات الكربون التي توجد في مجموعة متنوعة من موائل الكربون الأزرق التي تنتشر في مصبات الأنهار وفي الأراضي الرطبة، وخاصة غابات أشجار المانجروف (القرم)، ومروج الأعشاب البحرية، والطحالب الكبيرة، والمستنقعات البحرية المالحة المرتبطة بالمد والجزر. وليس من المستغرب أن يكون هناك طرح مستمر لأفكار إستراتيجية تتعلق بدور هذه الموائل في التصدي لقضية التغير المناخي، وأن تتبنى بعض الدول والمنظمات العالمية والإقليمية والهيئات الوطنية مشروعات بيئية تجريبية تتضمن إما استعادة أو إعادة زراعة (أو كليهما) هذه الموائل الساحلية القيمة، وأن يتم نشر العديد من الأبحاث العلمية التي تعنى بحساب إجمالي كميات الكربون العضوي المحتجزة في كل من التربة والكتلة الحيوية في الأراضي الرطبة والمناطق التي تغمرها مياه المد والجزر، والتي تستهدف أيضا دراسة جدوى المشروعات التي تسهم في تقليل الانبعاثات الضارة الناجمة عن التصنيع والنقل وإزالة الغابات وتدهورها، والإجراءات الضرورية لصيانة موائل الكربون الأزرق، والإدارة المستدامة لغابات المانجروف والأعشاب والطحالب البحرية، وتعزيز مخزون الكربون فيها، وتقرير ما إذا كان الإنفاق على مثل هذه المشروعات والإجراءات يستحق الاهتمام أم لا.

والغرض من هذا الكتيب - الذي تصدره المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية بمناسبة الاحتفال بيوم البيئة الإقليمي الذي يصادف اليوم الرابع والعشرين من شهر أبريل، ذكرى تأسيس المنظمة - هو التعريف بقضية موائل الكربون الأزرق وعلاقتها بتغير المناخ، من أجل توعية النشء بهذه المسألة الحيوية، وتوفير مادة علمية يستفيد منها الجميع حول سياسات وإجراءات التكيف مع تغير المناخ والتخفيف من حدته وآثاره.

وأخيرا، فإننا نأمل في أن يساعد هذا الكتيب - الصغير في حجمه – على إنقاذ موائل الكربون الأزرق في المنطقة البحرية للمنظمة، وتسهيل استعادة وإعادة تأهيل الموائل البحرية والساحلية الثمينة التي تعاني من الاختفاء والاندثار بمعدل ينذر بالخطر.

والله الموفق، وهو الهادي إلى سواء السبيل.

ما هي موائل الكربون الأزرق؟



من بين ما يشغل البيئيين في الوقت الحالي: قضية الحفاظ على سلامة موائل الكربون الأزرق Blue Carbon Habitats. فما هو الكربون الأزرق؟ وما هي موائله؟ وما هي أهميتها؟ وما علاقتها بالتغير المناخي؟

هذه الأسئلة وغيرها ستكون الإجابة عنها في هذا الكتيب، حيث سنقدم عرضًا علميًّا مبسطًا للتعريف بتلك الموائل، وبيان أنواعها، وأهميتها، ودورها في معالجة مشكلة التغير المناخي.

وتمثل الموائل الساحلية المنتشرة في كل مكان على مستوى العالم النظم البيئية للكربون الأزرق. وتقوم هذه النظم بدور حيوي في الحفاظ على صحة البيئة، والتخفيف من عواقب تغير المناخ.

ما هي الموائل؟

الموائِلُ في لغتنا العربية: جمع مَوئِل. قال تعالى في كتابه العظيم: {لَنْ يَجِدُوا مِنْ دُونِهِ مَوْئِلا} سورة الكهف/ الآية رقم ٥٨. وجاء في المعاجم: "والمَوئِل: الملجأ، وهو مُسْتَقَرُّ السَّيْل، والمرجِع".

أما كلمة الموئل في اللغة الإنجليزية habitat، فهي مشتقة من كلمة habitāre اللاتينية التي تعني: المسكن.

وعلميًا يشير مصطلح "الموائل الطبيعية" إلى بيئة تحدث بشكل طبيعي في الغابات والأراضي الرطبة والصحاري والأراضي العشبية، بحيث تدعم نوعًا معينًا من الأحياء من خلال توفير طبيعي للمياه والمأوى ومنطقة مواتية للتكاثر والغذاء. وتشكل أية مجموعة من الموائل مترابطة معا ما يعرف بالنظام البيئي.

وتشمل الموائل البرية: التندرا والأراضي العشبية والسلاسل الجبلية والغابات.

أما الموائل البحرية فتشمل: مستنقعات المياه المالحة، ومناطق المد والجزر، وأعماق البحر.

ويمكن أن تساعد دراسة الموائل على الحفاظ على سبل حماية الأنواع الأحيائية التي تعيش فيها في المستقبل.

أنواع مختلفة من الكربون

بوجه عام، يقسم الكربون وفقًا للألوان إلى أربعة أنواع، وهذه الأنواع هي:

١- الكربون الرمادي، وهو الكربون المختزن في الوقود الأحفوري (أي في رواسب الفحم والنفط والغاز).

٢- الكربون الأخضر، وهو الكربون المختزن في النباتات التي تمتصه من الجو خلال عملية التمثيل الضوئي.

٣- الكربون البني، وهو الكربون المختزن في الغابات الصناعية، وهي غابات تقطع تجاريًا من أجل أخشابها.

٤- الكربون الأزرق، ويشير هذا المصطلح إلى الكربون غير العضوي المختزن إما في الغلاف الجوي (في شكل ثاني أكسيد الكربون CO_2) أو في المحيطات (في شكل كربونات CO_3^{-2}).

ما هو تعريف الكربون الأزرق؟

يعني مصطلح الكربون الأزرق: عزل وتخزين ثاني أكسيد الكربون من قِبَل الموائل الساحلية (مثل أشجار المانجروف ومستنقعات المد والجزر) في مختلف سواحل العالم.

ويُعرّف "الكربون الأزرق" أيضا بأنه الكربون الساحلي الذي يتم عزله وتخزينه بواسطة النظم البيئية للمحيطات.

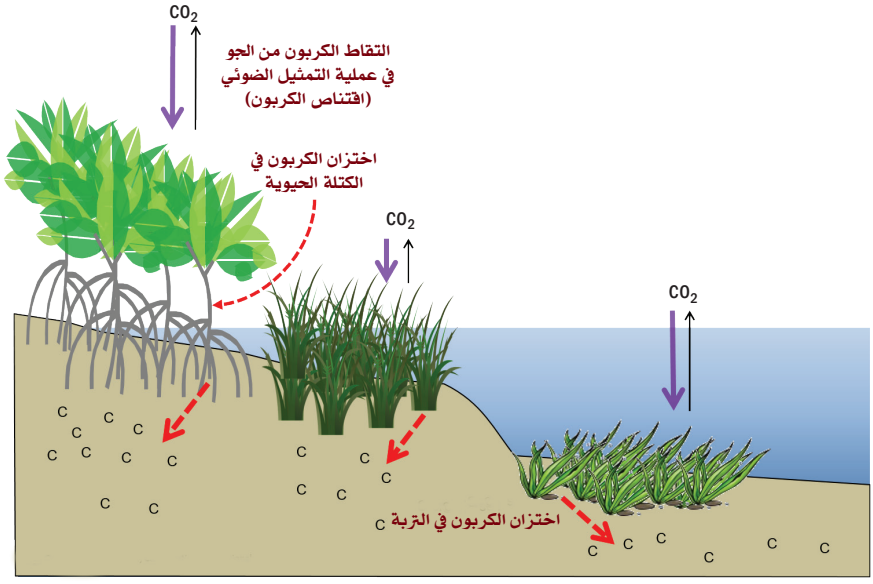
وباختصار، يمكن القول بأن الكربون الأزرق هو الكربون الذي تحتفظ به النظم الإيكولوجية الساحلية.

لمحة تاريخية

تمت صياغة مصطلح "الكربون الأزرق" Blue carbon في نوفمبر ٢٠٠٩، حيث ورد هذا المصطلح لأول مرة في تقرير تقييم الاستجابة السريعة للتعاون الخاص المشترك بين الوكالات التابعة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP ومنظمة الأغذية والزراعة واللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات التابعة لليونسكو IOC/UNESCO. وكان الغرض من هذا التقرير هو تركيز الأضواء على الدور الحاسم للمحيطات وأنظمتها البيئية في الحفاظ على مناخ الأرض، ومساعدة واضعي السياسات على اتخاذ القرارات المناسبة والمتعلقة بإجراءات التكيف مع تغير المناخ، والتخفيف من حدته، وتقييم دور المحيطات في خفض الانبعاثات المسببة لظاهرة الاحترار العالمي. وفي الوقت نفسه، تم إجراء تقييم كمي ونوعي من قبل الاتحاد الدولي لصون الطبيعة IUCN للتعرف على إمكانات إدارة الكربون لموائل الكربون الأزرق المتمثلة في غابات المانجروف، ومروج الأعشاب البحرية، والطحالب البحرية، ومستنقعات المد والجزر، وموائل الشعاب المرجانية أيضًا.

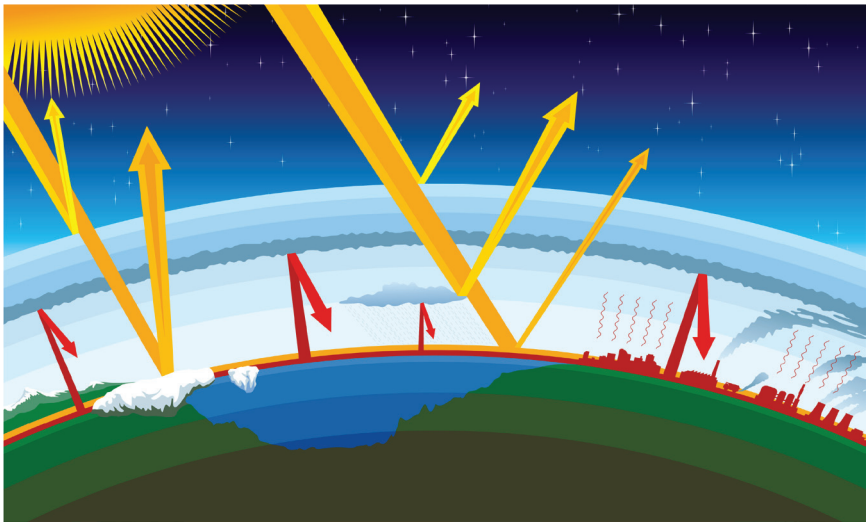
وفي عام ٢٠١٠، تم إنشاء "مبادرة الكربون الأزرق" من قبل الأمم المتحدة (من خلال اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات التابعة لمنظمة اليونسكو) بالشراكة مع المنظمة الدولية لحفظ الطبيعة (CI) والاتحاد الدولي لصون الطبيعة (IUCN). وكان الهدف من هذه المبادرة هو تعزيز سياسة التخفيف من آثار تغير المناخ من خلال استعادة النظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية والاستخدام المستدام لها.

وفي يونيو ٢٠١٢، في أثناء انعقاد مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية (ريو +20)، أصدرت اللجنة الأوقيانوغرافية الحكومية الدولية IOC مخططاً لاستدامة المحيطات يتضمن تدبيرين مقترحين لتحقيق استدامة المحيطات: الأول يتعلق بالتخفيف من تحمّض المحيطات والتكيف معه، في حين يقترح التدبير الثاني إنشاء سوق الكربون الأزرق العالمي كوسيلة لتحقيق مكاسب اقتصادية مباشرة من خلال حماية الموائل.



وخلال ذلك الوقت، توصل تقرير نُشِر في عام ٢٠١١ من قبل معهد نيكولاس بجامعة ديوك Duke University في ولاية كارولينا الشمالية بالولايات المتحدة الأمريكية إلى أن الموائل الساحلية تخزّن كميات كبيرة من الكربون في كتلتها الحيوية وفي تربتها. وقد كانت الآثار المترتبة على اتباع سياسة الكربون الأزرق هي محور هذا التقرير الأخير الذي أشار إلى أنه عندما يتم تحويل هذه الموائل إلى استخدامات أخرى، فإنه يتم إطلاق الكربون المختزن في هذه الموائل إلى الغلاف الجوي كغازات احتباس حراري، ومن ثم ينعكس تأثير تعزيز عزل الكربون في تلك الموائل وفي مشروعات إعادة التأهيل الأخرى.

الاحتباس الحراري وتغير المناخ



منذ بداية الثورة الصناعية، كان البشر يغيرون بسرعة توازن الغازات في الغلاف الجوي. إذ يؤدي حرق الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط إلى إطلاق بخار الماء وثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروز، التي تعَدُّ غازات الاحتباس الحراري الأولية. ويُعدّ ثاني أكسيد الكربون هو أكثر هذه الغازات شيوعًا. وتسمح تلك الغازات بوصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض، غير أنها تمتص الأشعة دون الحمراء التي تنبعث من الأرض. ويؤدي ذلك إلى ارتفاع درجات حرارة الهواء وتسخين سطح الكوكب بحيث يصبح متوسط درجة حرارته السطحية أعلى بـ ٣٣ درجة مئوية عما كانت ستؤول إليه في حالة غياب التأثير الطبيعي للاحتباس الحراري.

وغازات الاحتباس الحراري الرئيسية التي تزداد تراكيزها هي: ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروز، والهيدروكلوروفلوروكربونات، والهيدروفلوروكربونات، والأوزون في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي. ومنذ نحو ٨٠٠ ألف عام وحتى بداية الثورة الصناعية، بلغ معدل ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي نحو ٢٨٠ جزءًا في المليون. واعتبارًا من عام ٢٠٢٠، بلغ متوسط ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ٤١٢,٥ أجزاء في المليون. وفي العام نفسه، كان متوسط درجة الحرارة العالمية فوق اليابسة والمحيطات (٠,٩٨ درجة مئوية) أكثر دفئًا من متوسط القرن العشرين البالغ (١٣,٩ درجة مئوية). وتسهم إزالة الغابات بشكل كبير في زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، إذ إنه بعد موت الأشجار، فإنها تطلق الكربون الذي خزنته في أثناء عملية التمثيل الضوئي.

كذلك فإن تحويل أراضي الغابات إلى مزارع أو أراض سكنية أو زراعية يعني أيضًا عددًا أقل من الأشجار التي تمتص الكربون من الغلافَ الجوي.

ولا تعني ظاهرة الاحتباس الحراري فقط الاحترار، وذوبان الجليد، وجفاف المناطق القاحلة بالفعل، وزيادة حدة العواصف، بل إنها تعني أيضًا تغير المناخ في الكرة الأرضية، وحدوث تقلبات في الطقس، وانتشار بعض الأمراض (كالملاريا وحمى الضنك)، وتعطيل التوازن الدقيق للمحيطات. كما تعني أيضا ارتفاع مستوى مياه البحار، وما يمثله ذلك من خطر على الجزر والمناطق الساحلية المنخفضة في مختلف أنحاء العالم.

ولمواجهة الآثار الناجمة عن الاحتباس الحراري والتغير المناخي، اتفق المجتمعون في مؤتمر باريس الذي عقد في ديسمبر ٢٠١٥ على أهمية الحد من الزيادة في درجة حرارة الأرض من خلال الحد من تأثير غازات الاحتباس الحراري التي تنتج عن الأنشطة البشرية المختلفة، وهذا يتطلب – نظريا - الإيقاف التام لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن الزراعة والصناعة ووسائط النقل وغيرها، أو إزالة غازات الدفيئة المتراكمة في الجو. ويهدف اتفاق باريس إلى الحد بشكل كبير من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والحد من زيادة درجة الحرارة العالمية في هذا القرن بمقدار درجتين مئويتين مع السعي إلى الحد من الزيادة إلى ١,٥ درجة. ويتضمن الاتفاق التزامات من جميع الدول لخفض انبعاثاتها والعمل معًا للتكيف مع آثار تغير المناخ. ويوفر الاتفاق طريقًا للدول المتقدمة لمساعدة الدول النامية في جهود التخفيف من حدة المناخ والتكيف معها.

وتشير الدراسات إلى أن الحد من الارتفاع في درجة الحرارة عالميًا إلى نحو درجتين مئويتين يتطلب إزالة نحو ستمائة جيجا طن (جيجا طن واحد - 10^9 أطنان) من غازات ثاني أكسيد الكربون خلال القرن الحالي.

ويعد الكربون الأزرق أحد الأفكار الواعدة للحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي، وهو عبارة عن الكربون الذي يمتص ويخزن من قبل الأنظمة البيئية الساحلية البحرية (أشجار المانجروف، ومروج الأعشاب البحرية، والمستنقعات المالحة، والسبخات، والطحالب البحرية، والحصائر الميكروبية).

أهمية موائل الكربون الأزرق

تؤدي موائل الكربون الأزرق دورين مهمين:

أولًا: عزل الكربون، وهي عملية استخلاص ثاني أكسيد الكربون من الجو، واستخدامه في عملية البناء الضوئي.

ثانيًا: تخزين الكربون، وهو حجز الكربون أو حبسه على المدى الطويل في الرواسب والمواد النباتية من خلال الأوراق والأغصان والجذور الميتة المحتوية على الكربون، وهذا التخزين يمتد لآلاف السنين.

وعلى الرغم من أن النظم الإيكولوجية للكربون الأزرق أصغر حجمًا من النظم المماثلة للغابات الموجودة على اليابسة في مختلف أنحاء العالم، فإن موائل الكربون الأزرق تسحب الكربون من الغلاف الجوي بشكل أسرع، ويمكنها أن تستمر في عزله لسنوات عديدة، حيث يتم احتجاز الكربون وتخزينه تحت الماء وبعيدًا عن الغلاف الجوي؛ حيث لا يمكن أن يؤثّر ذلك الكربون على الغلاف الجوي. وعندما تتلف هذه النظم، يتم إطلاق كمية كبيرة من الكربون في الجو، وهو الأمر الذي يمكن أن يكون ضارًا بالمناخ.

أشجار المانجروف

تُعَدُّ أشجار المانجروف أحد أشهر نماذج موائل الكربون الأزرق. وهي تتوزع على الصعيد العالمي بين خطي عرض ٣٢ درجة شمالًا و ٣٩ درجة جنوبًا. والمانجروف نوع من النباتات الملحية التي تشكل غابات استوائية على حافات البحار والمحيطات، والتي تغمرها مياه البحر بشكل منتظم بواسطة المد والجزر. وهذا النبات منتشر على سواحل المنطقة البحرية للمنظمة، وكذلك على سواحل البحرين الأحمر والأبيض.

وفي العديد من المناطق الساحلية، تبين أن التربة منخفضة الأكسيجين والتيار البطيء للمياه يسمحان بتكوين الرواسب، ومن ثم توفير أماكن مناسبة لنمو أشجار المانجروف. وتقوم أشجار المانجروف بتوفير العديد من خدمات النظم البيئية المهمة مثل تدوير المغذيات، وتخزين الكربون، وتكوين التربة، والسياحة البيئية التي تدعم سبل عيش المجتمعات الساحلية في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية.

وتحتوي تربة المانجروف على أكثر من ٦ بلايين طن من الكربون، ويمكنها أن تعزل ما يصل إلى ٣ - ٤ أضعاف كمية الكربون التي تعزلها نظائرها البرية، ولكنها تصنف كغابات ضمن برنامج خفض الانبعاثات الناجمة عن إزالة الغابات وتدهورها وتفعيل دور الإدارة المستدامة للغابات، وتعزيز مخزونات الكربون في الدول النامية، ذلك البرنامج التابع لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ.

وتُعَدُّ أشجار المانجروف من بين أكثر الغابات الغنية بالكربون في المناطق المدارية. وتشير التقديرات إلى أن مساحتها ١٥٢٣٦١ كيلو مترا مربعا تقريبًا. وقدرت دراسات حديثة متوسط معدل خزنها للكربون بنحو ٢٢٦ جرامًا في المتر المربع سنويًا. وهذه المعدلات أكبر من متوسط المعدلات العالمية المرصودة في الغابات الأرضية التي تقدر بـ (٥,١ - ٤ جرام كربون/ متر مربع/ سنة).

وتشكل غابات أشجار المانجروف مجمعات مهمة لتخزين الكربون، حيث إن لديها القدرة على تخزين كميات كبيرة من انبعاثات الكربون الضارة بالبيئة. وهي مسؤولة عن احتجاز وعزل نحو ١٠ ٪ من الكربون في العالم. وتمثل هذه الغابات نحو ٣ ٪ من أنظمة امتصاص الكربون من قبل جميع الغابات المدارية، وفي الوقت نفسه، فإنها تقوم باقتناص نحو ١٤ ٪ من الكربون في سواحل المحيطات.

ومن الجدير بالذكر أنه بعد أن كانت أشجار المانجروف وفيرة على طول السواحل المدارية وشبه المدارية في العالم، أصبحت آخذة في الانخفاض بمعدل مماثل لمعدل تقلص الغابات البرية الطبيعية، حيث فقد ما بين ٤ و ٥ في المائة من الغطاء العالمي خلال العقدين الماضيين. وفي الخمسين سنة الأخيرة، فإن ما بين ٣٠ و ٥٠ ٪ من أشجار المانجروف فقدت عالميًا. والأسباب الرئيسية لتدمير أشجار المانجروف هي:

١- قيام بعض المجتمعات الساحلية بإزالة هذه الأشجار لبناء برك تربية الأحياء المائية والاستزراع البحري والزراعة واستغلال الطاقة، وغير ذلك من مشروعات التنمية الصناعية.

٢- ردم موائل هذه الأشجار لتنفيذ مشروعات التنمية الساحلية غير المستدامة.

دور المانجروف في مكافحة التغير المناخي

تتشابه غابات المانجروف مع المستنقعات المالحة في القدرة على التقاط الرواسب وجزيئات الكربون المرتبطة بها من مياه المد. ومن ناحية أخرى يمتلك النظام البيئي للمانجروف إمكانات كبيرة للتخفيف من الآثار الضارة لتغير المناخ، والمحافظة على الاستقرار البيئي. ويكفي أن تعلم أن هذا النظام هو النظام البيئي الأكثر إنتاجية، حيث يخزن كمية أكبر من الكربون في أجزائه الموجودة فوق الأرض وتحتها مقارنة بالغابات الأرضية. ومن المعروف أن أشجار المانجروف تزيل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي من خلال عملية التمثيل الضوئي. وهذا يقلل من المشكلات المصاحبة لانبعاثات غازات الدفيئة والاحتباس الحراري مثل تغير المناخ.

وفضلا عن ذلك، تتسم أشجار المانجروف بكونها حساسة للآثار الناجمة عن تغير المناخ، مثل: ارتفاع مستوى سطح البحر، والتغير في درجات الحرارة القصوى، والنطاق الجغرافي، والتغيرات في الهيدرولوجيا.

ويقدر الخبراء أن انبعاثات الكربون من تدهور أشجار المانجروف يمكن أن تبلغ ١٠٪ من إجمالي الانبعاثات الناجمة عن إزالة الغابات على مستوى العالم، على الرغم من أن أشجار المانجروف تمثل ٠,٧ ٪ فقط من مساحة الغابات الاستوائية.

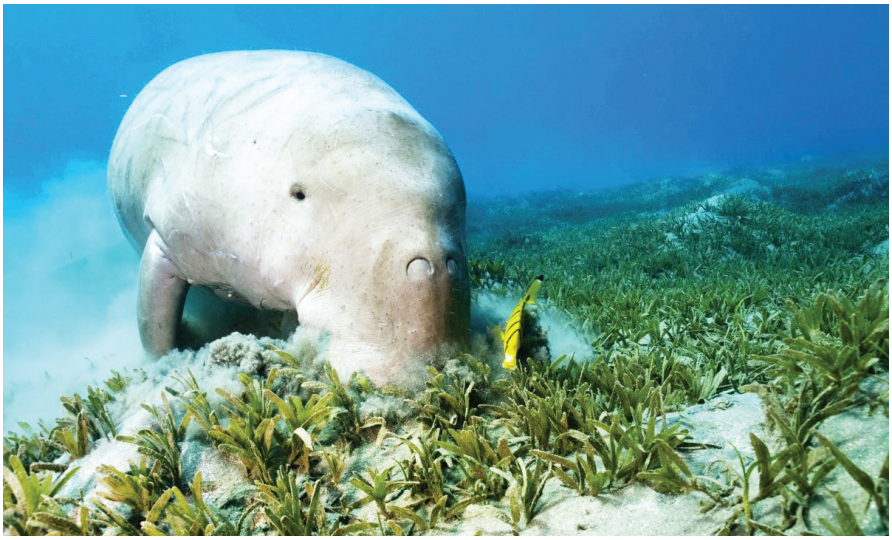
مُهُد الأعشاب البحرية

هذه مجموعة من النباتات تضم أكثر من ستين نوعًا من الأعشاب التي تكيفت مع الحياة البحرية، والتي يمكنها أن تنمو بسهولة على شواطئ البحار الضحلة وعلى الجرف القاري لجميع القارات باستثناء القارة القطبية الجنوبية. وتوجد هذه الأعشاب في نطاق جغرافي كبير يمتد من المناطق البحرية الاستوائية إلى القطب الشمالي.

ويعتقد أن الأعشاب البحرية تغطي مساحة ١٢٥,٠٠٠ كيلومتر مربع في جميع أنحاء العالم، ولكن ثمة تقديرات أخرى تشير إلى أن هذا الرقم قد يكون أكبر بكثير - حيث قد تغطي الأعشاب البحرية ما يصل إلى ٦٠٠,٠٠٠ كيلومتر مربع من المناطق الضحلة في المحيطات.

وتتصل الأعشاب البحرية بقاع المحيط عن طريق جذورها السميكة وجذمورها، وسيقانها الأفقية ذات البراعم المتجهة إلى أعلى، في حين تتجه جذورها إلى أسفل. وتساعد جذورها على استقرار قاع المحيط.

وتوجد أربعة أنواع شائعة في مُهُد الأعشاب البحرية في المنطقة البحرية للمنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية، هي: ***Halodule uninervis*** و ***Halophila ovalis*** و ***Syringodium isoetifolium*** و ***Thalassodendron ciliatum***، وأكثر هذه المُهُد انتشارًا هو نوع ***Halodule uninervis*** ونوع ***Halophila ovalis***. وغالبًا ما يتم تعزيز إنتاجية مُهُد الأعشاب البحرية عن طريق حصائر الطحالب الزرقاء Cyanophyta السائدة في بيئتها. وعندما تنمو الأعشاب البحرية في مساحات



كبيرة من قاع البحر، يُعرف الموئل الذي تشيده باسم مرج الأعشاب البحرية.

وعادة ما توجد مروج الأعشاب البحرية في الأماكن الضحلة والمحمية (مثل الخلجان الضحلة والبحيرات ومصبات الأنهار)، وتبدو هذه المروج أشبه بالأراضي العشبية والمروج التي نراها على اليابسة.

وتُعرف الأعشاب البحرية بالكائنات المُنتجة الأساسية؛ لأنها تصنع طعامها الخاص من خلال عملية البناء الضوئي، ويمكن أن تأكلها الحيوانات ومن ثم يكون لها دور مهم في الشبكة الغذائية؛ وتحتفظ الأعشاب البحرية بالتربة تحت الماء (المعروفة باسم الرواسب) في حالة متماسكة، مما يساعد على حماية السواحل من آثار العواصف والأمواج العاتية عن طريق منع التآكل الساحلي.

وتقوم مروج الأعشاب البحرية بدور مهم في الحفاظ على سلامة محيطاتنا، وتوفير مأوى لجميع أنواع الأحياء البحرية، وتشمل هذه الأحياء البحرية الأسماك التي يأكلها البشر، مثل سمك القد وسمك موسى، والأنواع المهددة بالانقراض أيضا مثل فرس البحر والسلاحف وأبقار البحر.

وتُعَدُّ الأعشاب البحرية أحد أفضل الموائل للعديد من الأنواع البحرية. وقد تم تسجيل وجود أكثر من ٦٠٠ نوع بحري تعيش في موائل الأعشاب البحرية في المنطقة البحرية الداخلية للمنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية. ويشكل هذا نحو ٩٪ من أنواع الحيوانات التي تعيش في هذه المنطقة، نصفها من الرخويات. كما توفر هذه المُهُد مواطن مهمة للعديد من أنواع الأحياء البحرية ذات الأهمية التجارية، بما في ذلك الأسماك والقشريات (مثل الروبيان *Penaeus semisulcatus*). وتتغذى الحيوانات البحرية الكبيرة مثل خراف البحر manatees والسلاحف البحرية على الكائنات الحية التي تعيش في مُهُد الأعشاب البحرية. وتستخدم بعض الأنواع هذه المُهُد كمناطق لحضانة صغارها، في حين تحتمي أنواع أخرى بين هذه الأعشاب

طوال حياتها. وتستهلك أبقار البحر الأعشاب البحرية مباشرة. ومع ذلك، فإن السلاحف الخضراء وقنافذ البحر ومعظم أنواع الأسماك تستخدم الأعشاب البحرية بشكل غير مباشر في صورة مخلفات، بعد تكسيرها بفعل الأمواج والتيارات المائية والميكروبات.

ومن الجدير بالذكر أن هذه المُهُد الأعشاب البحرية تكون في شكل بقع صغيرة، وهي أقل انتشارًا في المناطق البحرية على طول الساحل السعودي. كما توجد على طول السواحل البحرية للعراق، مرورًا بسواحل كل من الجمهورية الإسلامية الإيرانية والكويت ومملكة البحرين، وتمتد إلى ما وراء دولة الإمارات العربية المتحدة.

ويلاحظ أن المنطقة البحرية للمنظمة تتصف بغناها بالأعشاب البحرية ووفرتها بها (إذ تقدر الكتلة الحيوية لها بـ ٠٥,٠ – ٢٤,٠ جرام بالوزن الجاف لكل متر مربع).

وتسمى جميع الطرق التي تساعد بها الأعشاب البحرية البشر خدمات النظام البيئي. وبفضل خدمات النظام البيئي هذه تعَدُّ تلك الأعشاب واحدة من أهم النظم البيئية البحرية، إذ يمكنها إنتاج خدمات فعالة للنظم الإيكولوجية مثل التنوع الأحيائي (البيولوجي) والموائل، وتثبيت الرواسب، وعزل المواد المغذية والكربون.

دور الأعشاب البحرية في مكافحة التغير المناخي

على الرغم من أن هذه الأعشاب تشغل فقط ٠,١ ٪ من قاع المحيط، فإنها تقوم باحتجاز الكربون الأزرق بما يصل إلى ١٨ ٪ من إجمالي الكربون في العالم. وهو ما يعادل تخزين أكثر من ١٩,٩ مليار طن من الكربون.

كما تلعب مروج الأعشاب البحرية أيضا دورًا مهمًّا في مكافحة التغير المناخي؛ لأن الأعشاب البحرية تستهلك ثاني أكسيد الكربون المذاب في مياه البحر، وهي تمتص كميات كبيرة منه من مياه البحر المحيطة بها، ومن ثم فإنها تساعد على الحد من سرعة تغير المناخ. ويُستخدم ثاني أكسيد الكربون لبناء أنسجة النبات أو يُخزن في الرواسب، وتشير التقديرات إلى أن مروج الأعشاب البحرية يمكن أن تدفن الكربون في الرواسب تحت الماء بمعدل أسرع بمقدار ٤٠ مرة مما تدفنه الغابات الاستوائية في التربة. وبذلك، تُعَدُّ الأعشاب البحرية واحدة من أكبر المساهمين في إجمالي الكربون المدفون في رواسب المحيطات.

وعلى الرغم من أهمية مروج الأعشاب البحرية، فإننا نفقدها حول العالم بمعدل يبلغ نحو ٧ ٪ سنويًّا.

موائل الطحالب البحرية

تتكون موائل الطحالب البحرية kelp، بشكل أساسي، من الطحالب البنية، وهي توجد بصورة كبيرة على السواحل الصخرية الضحلة لمناطق المياه البحرية الباردة في العالم. وتُعَدُّ مُهُد الطحالب البحرية kelp beds أنظمة إيكولوجية متنوعة من الناحية النباتية، وذات إنتاجية عالية. ويمكن أن تنمو غابات الطحالب البحرية حتى يصل ارتفاعها إلى ٥ - ١٠ أمتار. وتوفر موائل الطحالب البحرية موطنًا وأرضًا لحضانة وتغذية مجموعة متنوعة من الكائنات الحية، التي تعيش على سطح البحر أو القاع.

وتُعَدُّ الطحالب البحرية الكبيرة منتِجة جدًّا، ومخلفاتها مصدر مهم لتغذية الأحياء البحرية؛ ونـادرًا ما تستهلك العواشب أكثر من ١٠ ٪ من الكتلة الحيوية لهذه الطحالب. وتتناثر بقايا الطحالب البحرية على قاع البحر؛ لتصبح غذاءً للمترممات والميكروبات، ومن ثم فإنها تقوم بتركيز وتضخيم الإنتاج الثانوي، وتدعم شبكات الغذاء المعقدة في المنطقة الساحلية. وغالبًا ما تتعرض الطحالب البحرية البنية للتهديد من قِبَل الحيوانات العاشبة، لاسيما القنافذ البحرية. ويكون معدل تدمير

الطحالب البحرية كبيرا وعلى نطاق واسع عندما يؤدي الصيد الجائر وفقدان المفترسات الكبيرة إلى زيادة أعداد الحيوانات العاشبة. وخلال العقود القليلة الماضية تزايد معدل إزالة غابات الطحالب البحرية يسبب اغتذاء القنافذ البحرية عليها. ومع ذلك، أدى استمرار صيد الأسماك والأحياء البحرية التي تقع في أسفل الشبكة الغذائية إلى الحد من قتل الأحياء المفترسة التي تحتل قمة الشبكة الغذائية وزيادة عدد المصيد من فرائسها اللافقارية بما في ذلك العواشب التي ترعى الطحالب البحرية. وهكذا، شهدت بعض المناطق عودة غابات الطحالب البحرية.

مُهد الطحالب البحرية الموجودة في موائل الكربون الأزرق في المنطقة البحرية للمنظمة

تنتمي الطحالب البحرية الموجودة في موائل الكربون الأزرق في المنطقة البحرية الداخلية للمنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية إلى مجتمعات الطحالب البنية والحمراء والخضراء. ويلاحظ أن الطحالب البنية الموجودة في معظم الأعماق هي من الأنواع الصغيرة، في حين توجد الأنواع الكبيرة من الطحالب على قمم الشعاب المرجانية وعلى المنبسطات الصخرية في مناطق صعود تيارات المياه القاعية إلى أعلى upwelling. وبالنسبة للطحالب الخضراء والحمراء فإنها واسعة الانتشار، وتوجد في كل مكان وفي جميع الأوقات.

والعديد من المناطق البحرية ذات الطبقات القاعية الصلبة (الحجرية) في منطقة عمل المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية تسود فيها الطحالب بدلا من المرجانيات. وينطبق ذلك بشكل صحيح على الساحل العماني بصورة خاصة. وقد يحدث ذلك في مناطق الشعاب المرجانية الضحلة، حيث تميل الطحالب إلى أن تكون خضراء خيطية وذات بنية صغيرة، فتنمو على شكل مروج طحلبية. وتتسم التجمعات الطحلبية في معظم المنطقة البحرية للمنظمة بكونها موسمية،

وترتبط موسميتها بدرجات حرارة مياه البحر، إذ يكون الجزء الداخلي من المنطقة البحرية للمنظمة هو الجزء الأكثر برودة في الشتاء، ويكون بحر العرب هو الجزء الأكثر برودة في أثناء فترة صعود المياه من القاع إلى أعلى خلال فصل الصيف. والطحالب البنية الموجودة في معظم الأعماق هي من الأنواع الصغيرة.

طحلب سارجاسم

ويزدهر نمو مُهُد الطحالب البحرية الكثيفة في المناطق الواقعة أسفل مستوى المد على طول ساحل بحر العرب خلال فترة هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية، ويستمر نمو هذه الطحالب في الفترة التي تعقب موسم هبوب تلك الرياح، وذلك حتى شهر يناير. وفي سلطنة عمان يُعَدُّ طحلب (سارجاسم) النوع الساحلي الوحيد ذا القيمة التجارية الذي يطفو على سطح البحر في شكل متصل، أو كمجموعات يجرفها التيار. وتوجد أغلبية الموارد الطبيعية للطحالب البحرية في سلطنة عمان في أقصى الأجزاء الجنوبية بالسلطنة (ظفار)، ويلاحظ أن وجود هذه الأعشاب هناك موسمي. وقد كشفت دراسة نشرها (جب) Jupp و (جودارد) Goddard عام ٢٠٠١ عن وجود ٢٣٢ صنفًا من الطحالب البحرية في المياه العمانية.

هل تقوم غابات الطحالب البحرية بعزل الكربون الأزرق وتخزينه؟

تتسم غابات الطحالب البحرية بكونها أنظمة بيئية عالية الإنتاجية، إذ إنها تنتج كميات كبيرة من الكربون الثابت. وينتج عن هذه الطحالب أيضا كميات كبيرة من المخلفات بسبب ما تتعرض له من حتّ، وتكسير، وتفتيت، وغيرها.

وتتراوح معدلات الإنتاجية الأولية للطحالب البحرية من ٩ إلى ٥٦٢٢ جرام كربون في المتر المربع في العام بمتوسط يبلغ ١٠٥٧ ووسيط قيمته ٦٦٤ جرام كربون في المتر المربع في العام. وفي عام ٢٠٠٩ م، قدَّر (ريد) Reed و(برزيزينسكي) Brzezinski الإنتاج العالمي من الطحالب البحرية بمقدار ١٥ تيرا جرام كربون في العام (تيرا جرام - 10^{12} جرام). وإذا تم تضمين المناطق الاستوائية العميقة في هذا التقدير، فإن الإنتاج العالمي للطحالب البحرية سوف يقترب من ٣٩ تيرا جرام في العام.

وتحتوي مخلفات النباتات البحرية، مثل الطحالب الكبيرة، على كميات كبيرة من الكربون المقاوم للتحلل الميكروبي (الكربون المقاوم للحرارة)، لذلك على الرغم من أنها قد لا تتراكم هي نفسها في شكل كربون عضوي أو في صورة كربونات، فإن مخلفاتها ستكون ذات قيمة للموائل الأخرى المجاورة، حيث ستختزن الكربون لأمد طويل. وقد تم تقدير مُهُد الطحالب البحرية بأقل من قيمتها الحقيقية كمواقع رئيسية لتخزين الكربون في الكتلة الحيوية الحية. فعلى سبيل المثال، تبين في عام ٢٠١٦ أن المخزونات الدائمة من الكربون الموجود في الطحالب البحرية قبالة ساحل المملكة المتحدة تتراوح من ٢٥١ إلى ١٨٢٠ جرام كربون في المتر المربع بمتوسط تخزين كربون يبلغ ٧٢١ ± ١٤٠ جرام كربون في المتر المربع، وهو أكبر من التقديرات التاريخية السابقة. ولا تقوم غابات الطحالب البحرية عمومًا بتنمية رواسبها الناعمة الغنية بالمواد العضوية، لذا فهي تتمتع بقدرة محدودة على العمل كأحواض كربون طويلة الأجل بالمعنى التقليدي. ومع ذلك، فإن هذه الغابات تعمل - بدلًا من ذلك - كمانحة للكربون للنظم البيئية القاعية المجاورة حيث تتراكم مخلفات الطحالب البحرية.

العلاقة بين كربون الطحالب البحرية وتغير المناخ

إن الطحالب الكبيرة (مثل الطحالب البحرية البنية) قد تستجيب بشكل إيجابي لحالات التغير المناخي العالمي، بما في ذلك مشكلة تحمض المحيطات التي قد تفيد الطحالب الكبيرة القادرة على الاستفادة من زيادة توافر الكربون غير العضوي لعملية التمثيل الضوئي، على الرغم من أن كل أنواع الطحالب البحرية قد لا تظهر مثل هذه الاستجابة. ففي التجارب المعملية، لم يُظهر عشب البحر العملاق

Macrocystis pyrifera أي تغيير في معدلات التمثيل الضوئي أو النمو في الظروف التي يرتفع فيها إمداد ثاني أكسيد الكربون وينخفض الرقم الهيدروجيني (درجة الحموضة pH). وقد تم تفسير هذه النتيجة من خلال زيادة استخدام البيكربونات HCO_3 مقارنة بثاني أكسيد الكربون في دعم عملية التمثيل الضوئي.

وفي عالم بحري يعاني من حموضة مياه المحيطات، قد يكون من الممكن الاستفادة من استجابات بعض أنواع الطحالب الكبيرة. وقد توقع (تشونج) Chung وزملاؤه في عام ٢٠١١ أن اكتساب الطحالب البحرية الكبيرة لثاني أكسيد الكربون يمكن أن يمثل بالوعة كبيرة لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ، وأن الحصاد والاستخدام المناسب للإنتاج الأولي للطحالب الكبيرة يمكن أن يقوم بدور أكبر في عزل الكربون عما كان يُعتقد سابقًا. ويتم حصاد نحو ٧,٥ إلى ٨ ملايين طن من الوزن الرطب من الطحالب البحرية سنويًّا من المصادر البرية والمزروعة. وبالطبع، يجب استخدام هذه الكتلة الحيوية المحصودة كوسيلة لتخزين ثاني أكسيد الكربون بدلًا من إعادة استخدامها والسماح برجوعها إلى الغلاف الجوي. ويمكن أيضًا استخدام هذه الطحالب البحرية للتخفيف من ظاهرة الاحتباس الحراري والتكيف معها.

دور الطحالب البحرية في مكافحة التغير المناخي

لأن كلا من الطحالب الكبيرة والطحالب الدقيقة لا تحتوي على مادة اللجنين المعقدة، فإن الكربون الذي تختزنه يميل إلى التحرر بسرعة والانبعاث في الغلاف الجوي، مقارنة بالكربون الذي يحتجز في المناطق البرية. ومن ناحية أخرى، فإن الطحالب البحرية تقوم بتخزين قصير الأجل للكربون. وأثبتت دراسة نشرت في

دورية Nature Climate Change أن هناك نوعا من الطحالب المتناهية الصغر، التي تنتج نحو ٥٠٠ جيل في العام، يمكنها الاستمرار في الحياة حتى عند تعرضها لدرجات الحرارة العالية ومستويات الحموضة المتوقعة في المحيطات في منتصف خمسينيات القرن الحالي. وهذا النوع من الطحالب، المعروف بـ (إميليانا هوكسلي)، هو مصدر رئيسي لطعام الأسماك والأحياء البحرية، كما أنه يمتص كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون.

المستنقعات المالحة

المستنقعات المالحة (الأهوار) هي نوع آخر من موائل الكربون الأزرق. وهي عبارة عن أراض رطبة تقع على شواطئ منخفضة الطاقة، وتتكون من نباتات عشبية مزهرة وشجيرات صغيرة. وهي توجد في الغالب في المناطق الساحلية المحمية، وتنمو على ركائز طينية وغرينية. وقد تتخللها حصائر من الميكروبات والطحالب الدقيقة.

وتتمتع المستنقعات المالحة بإنتاجية عالية، ويمكن للكتلة الحيوية الموجودة بها إنشاء رواسب بعمق قد يصل إلى أكثر من ٢٦ قدمًا.

وتغطي المستنقعات المالحة أكثر من ٤٠٠٠٠٠ كيلومتر مربع حول العالم. ويمكنها عزل الكربون في الكتلة الحيوية تحت الأرض بسبب تحللها لاهوائيًا، وارتفاع الترسيب العضوي بها. ويُقاس تراكم الرواسب في المستنقعات المالحة بشكل شائع؛ ويتراوح مدى معدلات هذا التراكم بين ٢ - ١٠ مليمترات في العام.

وقد وُجد أن المحرك الأكبر الوحيد في المستنقعات المالحة للرواسب، ومن ثم الكربون، هو تواتر فيضان المد.

وتتشابه المستنقعات المالحة مع غابات المانجروف في القدرة على التقاط الرواسب وجزيئات الكربون المرتبطة بها من مياه المد. وتقوم هذه المستنقعات باحتجاز الكربون بمعدل وسطي قدره ١٨٤ جرام كربون لكل متر مربع سنويًا. وعلى الصعيد العالمي، يبلغ معدل امتصاص الكربون في المستنقعات المالحة نحو ١٠ تيرا

جرام كربون في العام (تيرا جرام واحد - 10^{12} جرام). وقد تم احتساب قيمة وسيطة تبلغ ٢٨٢,٢ ميجا جرام كربون لكل هكتار (ميجا جرام واحد - 10^{6} جرام)، وذلك لمعدل تخزين الكربون في المستنقعات المالحة، مع رقم عالمي يبلغ ١,٢ بيتا جرام كربون (بيتا جرام واحد - 10^{15} جرام)، وكل هذه الكمية تختزن تقريبًا في التربة.

ويكون تخزين الكربون أكبر في المستنقعات الناضجة mature marshes، مما يؤكد حقيقة أن هناك حاجة إلى وقت كافٍ لتراكم الرواسب والكربون المرتبط بها.

ومنذ القرن التاسع عشر الميلادي، تم تدمير ما يقرب من ٢٥ ٪ من المستنقعات المالحة، وهو ما يمثل ١,١ بيتا جرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون الذي أعيد إلى الغلاف الجوي و/ أو ساحل المحيط. وتتعرض المستنقعات المالحة للتدمير حاليًا بمعدل يبلغ نحو ١ - ٢ ٪ من مساحتها الإجمالية سنويًا. ولهذا، فإن انبعاثات الكربون من خسائر المستنقعات المالحة تبلغ نحو ٣٠ - ٢٤٠ تيرا جرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في العام.

الحصائر الميكروبية

على مر العصور الجيولوجية، قامت الحصائر الميكروبية بدور مهم في تاريخ الأرض؛ لأنها شاركت وما تزال تشارك في تكوين وتعديل الغلاف الجوي عن طريق إنتاج الأكسيجين O_2 والهيدروجين H_2 والميثان CH_4.

والحصائر الميكروبية عبارة عن بنى رسوبية مغلفة لكائنات حية دقيقة، تشكل نظمًا إيكولوجية معقدة ذات أحجام صغيرة، توجد عند الواجهة التي تحدث عندها ترسبات المياه في البيئات الضحلة مثل الخطوط الساحلية، ومصبات الأنهار، والبحيرات، أو الينابيع الساخنة أو البيئات شديدة الملوحة مثل المستنقعات المالحة.

وتستعمر الحصائر الميكروبية المسطحات الطينية والرملية ذات المستويات العالية من رواسب الطمي والطين الناعمة. وغالبا ما توجد هذه الوائل

داخل مناطق محمية مثل السدود والمرافئ، وكذلك داخل المستنقعات المالحة وأشجار المانجروف. وغالبًا ما تكون هذه الموائل مغمورة بالمياه حيث تتسم الرواسب باحتوائها على كميات كبيرة من المواد العضوية، مما يعزز النشاط الميكروبي العالي.

ويختلف ارتفاع الحصائر الميكروبية من بضعة مليمترات إلى بضعة سنتيمترات. وتنتج هذه الحصائر الكربون العضوي، الذي يتحلل بعد ذلك في الطبقات السفلية المتتالية بواسطة بعض بدائيات النوى غيرية التغذية.

وتدعم مسطحات المد والجزر الموحلة الحصائر الميكروبية والطحالب الكثيفة؛ حيث تقوم أنواع كثيرة من الدياتومات والطحالب الخضراء المزرقة بأدوار مهمة في السلاسل الغذائية. وهذه المناطق هي مواقع توقف رئيسية للطيور المهاجرة، وتوفر منطقة تغذية للطيور الخواضة والطيور المهاجرة العابرة، التي تخصب هذه المسطحات في أثناء تناولها طعامها خلال فترة إقامتها القصيرة.

وتندر الدراسات الإقليمية المتعلقة بنطاق الحصائر الميكروبية، وهي ليست مدرجة حاليا ضمن القوائم المعترف بها دوليا والمعنية بالنظم الإيكولوجية للكربون الأزرق. غير أن الأبحاث تشير إلى أن هذا النظام الإيكولوجي هو الأعلى كثافة كربونية في المنطقة البحرية للمنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية.

وحاليا، لا تتوافر تقديرات عن معدل تراكم الكربون لهذا النظام الإيكولوجي.

السبخات الساحلية

يطلق مصطلح السبخة على أي منطقة مسطحة ساحلية أو بعيدة عن البحر، حيث يترسب الملح ومعادن التبخر الأخرى بالقرب من سطح الأرض أو فوقه نتيجة التبخر. وغالبا ما تتغطى السبخات بقشور ملحية مؤقتة تذوب في فصل الشتاء. وعادة ما يبدأ تكوين السبخات حين يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر إلى غمر المناطق الساحلية وإيجاد تكوينات مائية ضحلة. فإذا ارتفعت الأرض، أو انخفض مستوى سطح البحر، تبخّر الماء المحاصر تاركًا وراءه طبقة الملح المسطح. وإذا كانت

المنطقة الساحلية بها تضاريس غير منتظمة، فإنه تنجم عن الفيضان جداول مستقلة كبيرة. وقد تنغمر السبخة بالمياه خلال فترة المد، أو بعد العواصف المطيرة.

والسبخات نوعان:

١- السبخات الساحلية: وهي توجد على الشواطئ، وتكون محدودة عادة بخليج أو بحر. وتعرّف بأنها عبارة عن المناطق الساحلية المسطحة أو المنخفضة نسبيًّا التي تمتد فوق مستوى خط المد الأعلى، والتي تغمر بعض أجزائها مياه المد. وتتسم بأنها تحتوي على رواسب فتاتية غنية بالمتبخرات مثل الجبس (كبريتات الكالسيوم).

٢- السبخات الداخلية، وهي التي تتكون بين الكثبان الرملية في المناطق القارية الداخلية البعيدة عن البحر.

وتنمو في السبخات بنوعيها العديد من النباتات المحبة للملوحة، وهي بيئة مناسبة للطحالب الخضراء المزرقة.

وتنتشر السبخات الساحلية في منطقة عمل المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية، وتتركز غالبيتها في حزام ضيق على امتداد ساحل المنطقة الداخلية لبحر المنظمة، ومعظمها يوجد خلال مسافة ٦٠ كيلومترًا من خط الساحل. فعلى سبيل المثال، نجدها في الكويت في منطقة الخيران وفي السواحل الشمالية لجون الكويت. كما نجدها في أبو ظبي وعجمان ورأس الخيمة ودبي والشارقة بدولة الإمارات العربية المتحدة.

وتمثل السبخات الساحلية نظامًا بيئيًّا تقليديًّا للكربون الأزرق، وقد يكون بعضها أيضًا منشأ لمخزون التربة التاريخي من الكربون. وهي تقوم بدور مهم في الحد من التغير المناخي، حيث تُعَدُّ من بين أعلى الموائل التي تتسم بمعدلاتها الكبيرة في التقاط الكربون. وتُشكل الظواهر الناجمة عن التغير المناخي تهديداً لسلامة السبخة كنظام بيئي وللكائنات الحية التي تعيش فيها. كما أن تدمير مجتمع هذه الكائنات الحية من خلال قيادة السيارات والأنشطة الترفيهية الأخرى تشكل أيضًا تهديدًا رئيسيًّا لها. وقد تبين أنه عندما يتم تدمير هذه النظم البيئية، فإن الكربون المدفون فيها ينطلق إلى الغلاف الجوي، مما يسهم لاحقًا في ظاهرة الاحتباس الحراري.

والسبخات الساحلية هي من أكثر النظم الإيكولوجية للكربون الأزرق التي تم تقييمها في منطقة عمل المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية. وهي حاليا ليست مدرجة بالقوائم المعترف بها دوليًا والمتعلقة بالنظم الإيكولوجية للكربون الأزرق، لكن ثبت أنها تخزن قرابة ٥٠ ٪ من الكربون العضوي في وحدة مساحة أكثر مما تخزن الأعشاب البحرية. ولا تتوافر حاليا تقديرات عن معدل تراكم الكربون في هذا النظام الإيكولوجي.

لماذا تعد استعادة موائل الكربون الأزرق مهمة

تشير الدراسات إلى أن الأراضي الرطبة الساحلية وأشجار المانجروف يمكنها أن تحجز الكربون بمعدل يزيد مرتين أو ٤ مرات على ما تحتجزه الغابات المدارية الموجودة في المناطق البرية. وهي تتفوق أيضا على الغابات الاستوائية في هذا المضمار، حيث يمكنها تخزين ما يصل إلى ٥ أضعاف الكربون الذي تختزنه تلك الغابات. كما أنها تختزن الكربون المحتبس تحت الأرض وليس فوق الأرض كما في الغابات الاستوائية.

وعلى الرغم من أن موائل الكربون الأزرق توفر خدمة جيدة للنظم الإيكولوجية البحرية من خلال اقتناصها للكربون من الغلاف الجوي، فإن تدمير هذه الموائل يشكل خطرًا كبيرًا. فعندما تتضرر هذه الموائل، فإنه لا يتم تدمير قدراتها على عزل الكربون وامتصاصه فقط، ولكن يتم إطلاق الكربون المختزن فيها بالفعل إلى الغلاف الجوي. وهذا يسهم في زيادة مستويات غازات الاحتباس الحراري في الجو. وهذا بدوره سيؤدي إلى تغيير النظام البيئي الساحلي من كونه أحواضًا لاحتجاز الكربون من الغلاف الجوي إلى جعله مصدرًا لانبعاثات الكربون في هذا الغلاف. ومن المؤسف أن هذا النظام البيئي يتم تدميره بمعدل مرتفع جدًا.

العوامل التي تؤثر على ترسيب الكربون

هناك عوامل مختلفة تؤثر على موائل الكربون الأزرق بما في ذلك انخفاض الغطاء النباتي في الموائل الساحلية. ويرجع سبب هذا الانخفاض إلى عوامل عديدة مثل: التغيرات المناخية، والصيد الجائر، ومسببات الأمراض، والجفاف، ومختلف الممارسات الزراعية، وانخفاض جودة المياه. وتؤثر هذه العوامل على كثافة الغطاء النباتي، وهو الأمر الذي يؤثر في المقابل على ترسيب الكربون الأزرق في المحيط. ويجب أن تكون كثافة الغطاء النباتي كافية بدرجة مناسبة لتغيير تدفق الماء ومن ثم زيادة ترسيب الكربون.

دور موائل الكربون الأزرق في تخزين الكربون

على عكس المستنقعات المالحة، يمكن لأشجار المانجروف تخزين كميات كبيرة من الكربون في الكتلة الحيوية الموجودة فوق الأرض وتحتها. ومع ذلك، يتم تخزين ٧٥ - ٩٥٪ من كربون المانجروف تحت الأرض في الجذور الميتة. وعلى المدى الطويل كما هو الحال في المستنقعات المالحة، يتم تخزين كربون المانجروف كخث peat. وتتماثل معدلات تراكم التربة في غابات المانجروف مع تلك المقاسة بالمستنقعات المالحة، على الرغم من أن معظم القياسات تقع ضمن نطاق أضيق من ٠ - ٢ مليمتر في العام ١ بمتوسط أقل يبلغ ٣ مليمترات في العام. وتبلغ قيمة متوسط معدل عزل الكربون في غابات المانجروف ١٠٣ جرامات من الكربون العضوي لكل متر مربع في العام، وهو ما يعادل معدل عالمي يبلغ ١٤,٢ تيرا جرام من الكربون العضوي لكل متر مربع في العام. وكما هي الحال في المستنقعات المالحة، فإن أكثر غابات المانجروف نضجًا تحبس الكربون بمعدل أكبر من الغابات غير الناضجة الأصغر سنًّا. وينجم عزل الكربون عن عوامل أخرى غير عمر الغابات، مثل تواتر عملية غمر مياه المد والجزر لموائل المانجروف، والمدخلات الآتية من البر والبحر. أما مروج الأعشاب البحرية، فهي مثل المستنقعات المالحة وغابات المانجروف، تُعَدُّ مواقع للتراكم السلبي والنشط للرواسب والكربون المرتبط بها. ويبلغ متوسط عزل الكربون فيها ١٦٧,٤ جرام من الكربون العضوي لكل متر مربع في العام، وهي قيمة مشابهة لمتوسط قيمة معدل عزل الكربون في المستنقعات المالحة. وتشير

معظم الدراسات إلى أن تخزين الكربون في مروج الأعشاب البحرية أقل من ١٠٠ جرام من الكربون العضوي لكل هكتار، بمتوسط ٦٩,٣ جرام من الكربون العضوي لكل هكتار. ويتم تخزين هذا الكربون في التربة.

ونظرًا لأن مُهُد الأعشاب البحرية غير معروفة جيدًا على المستوى العالمي، فإن تخزين الكربون عالميًّا فيها يتراوح بين ٢,١ إلى ٤,٢ بيتا جرام من الكربون العضوي وبين ٧٥,٥ - ١٥١ تيرا جرام في الكتلة الحيوية.

وبافتراض أن الدراسات التي تقيس كربون التربة إلى عمق متر واحد على الأقل تحتوي على المخزون الكامل لهذا الكربون، فإن تخزين الكربون يكون من ٥,٨ إلى ٩,٨ بيتا جرام من الكربون العضوي. ونظرًا لارتفاع معدل الخسارة فيها (٧ ٪ سنويًا)، فإنه يُفقد ٠,٥٤ إلى ١,٠٨ بيتا جرام من الكربون العضوي سنويًّا في الغلاف الجوي والمحيط الساحلي.

ولا توجد بيانات كافية لتحديد ما إذا كانت مُهُد الطحالب البحرية عبارة عن مخزن للكربون الأزرق أم لا، ولكن هذه المُهُد لديها إمكانات عالية نظرًا لارتفاع معدلات إنتاجيتها الأولية الصافية وإنتاجها للمخلفات. ومع نمو الطحالب البحرية على الشواطئ الصخرية، فإنه من غير المحتمل أن تكون مُهُد الطحالب البحرية نفسها مواقع لتخزين الكربون، ولكن قد تكون مناطق قاع البحر المجاورة كذلك. وهي مسألة تستحق البحث في المستقبل.

وقد أوضحت الدراسات الميدانية أن المستنقعات المالحة تحبس المزيد من الكربون، في المتوسط، أكثر من غابات المانجروف والأعشاب البحرية. ومع ذلك، فإنه على المستوى العالمي، يتم عزل معظم الكربون العضوي بواسطة مُهُد الأعشاب البحرية. وتكمن مشكلة تقدير تأثير مروج الأعشاب البحرية في حسابات تقدير الكربون العضوي في ضعف معرفتنا بمدى انتشار هذه المروج على مستوى العالم.

واعتمادًا على المساحة الإجمالية لمروج الأعشاب البحرية على المستوى العالمي، تتراوح انبعاثات الكربون السنوية المقدرة من خسائر موائل هذه المروج من ٠,٨٥ إلى ١,٧٥ بيتا جرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. وتعادل هذه التقديرات ١٨ - ٣٨٪ من انبعاثات CO_2 السنوية الناتجة عن إزالة الغابات على مستوى العالم.

وتقوم موائل المستنقعات المالحة وغابات المانجروف ومُهُد الأعشاب البحرية (وربما غابات الطحالب البحرية) بعزل المزيد من الكربون وتخزينه بمعدل يفوق ما تقوم به جميع النظم البيئية الأخرى، ومن الواضح أنها مواقع رئيسية للاحتفاظ بالكربون؛ لأن أية خسائر ناجمة عن عودة هذا الكربون إلى الغلاف الجوي أو المحيط الساحلي لا تتناسب مع المساحة الصغيرة لهذه الموائل مقارنة مع غابات العالم.

دور موائل الكربون الأزرق في مكافحة التغير المناخي

إن ثاني أكسيد الكربون CO_2 هو أحد المساهمين الرئيسيين، وبطريقة سيئة، في تغير المناخ. وتوفر المحيطات والسواحل طريقة مثالية لتقليل هذا الغاز من خلال عزل الكربون. وفي الواقع، فإن الغابات البرية والنظم الإيكولوجية للمحيطات هي المصارف الرئيسية للكربون الطبيعي. ومن بين كل الكربون البيولوجي (الأخضر) الذي يتم التقاطه في العالم، يتم التقاط أكثر من النصف (٥٥٪) بواسطة الكائنات البحرية الحية. وعلى الرغم من أن الغطاء النباتي في المحيطات يغطي أقل من ٠,٥٪ من قاع البحر، فإن هذا النظام البيئي مسؤول عن تخزين أكثر من ٧٠٪ من كربون الغلاف الجوي، حيث يلتقط هذا النظام البيئي CO_2 عن طريق اقتناص الكربون وعزله في رواسب الكتلة الحيوية الميتة والكتلة الحيوية الموجودة على قاع البحر وتحت الأرض.

ويمكن تخزين الكربون الأزرق لملايين السنين في الرواسب النباتية الموجودة تحت الماء. كما يمكن عزل الكربون العضوي من المحيط إذا وصل إلى قاع البحر وتغطيته بطبقة الرواسب.

إن مستويات الأكسيجين المنخفضة في البيئة المدفونة تعني أن البكتيريا التي تأكل المواد العضوية لا يمكنها إنتاج ثاني

أكسيد الكربون؛ لأنها لا تستطيع تحليل الكربون. وهذا يعني أن الكربون تتم إزالته من الجو تمامًا.

وفي الواقع، تُعَدُّ موائل الكربون الأزرق أحد وسائل الحماية الرئيسية للنظم الإيكولوجية الساحلية. وعندما تتلف هذه الموائل والنظم، يتم إطلاق كمية كبيرة من الكربون في الغلاف الجوي، وهذا يسهم في تغير المناخ. لذلك، فإن حماية النظم البيئية الساحلية تُعَدُّ وسيلة جيدة لإبطاء تغير المناخ، مع إمكانية عكس الضرر. فعندما نمنع انبعاث الكربون المختزن في هذه الموائل بالفعل، فإننا نحمي البيئة الساحلية من الأخطار التي تهدد استمراريتها، وهو الأمر الذي يعود بفوائد عديدة على سكان المناطق الساحلية. وتتضمّن هذه الفوائد: الحماية من العواصف، واستدامة الصيد، واستمرارية ممارسة العديد من الرياضات الترفيهية على الشواطئ.

إدارة موائل الكربون الأزرق وتفعيل دورها في مكافحة تغير المناخ

تتضمن الأدبيات البيئية المتعلقة بقضية التغير المناخي عددا كبيرا من التوصيات الخاصة بإدارة موائل الكربون الأزرق وتفعيل دورها في مكافحة تغير المناخ. فعلى سبيل المثال، احتوى تقرير تقييم الاستجابة السريعة للتعاون الخاص المشترك بين الوكالات التابعة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة ومنظمة الأغذية والزراعة واللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات التابعة لليونسكو على عدد من التوصيات الخاصة بالوسائل والإجراءات الواجب اتباعها لحماية وإدارة واستعادة النظم البيئية الساحلية التي تعد أحد أهم بالوعات الكربون. ومن هذه التوصيات:

١ - إنشاء صندوق عالمي للكربون الأزرق لاستخدامه في تمويل مشروعات حماية وإدارة النظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية، وعزل الكربون في المحيطات.

٢. توفير حماية عاجلة لغابات المانجروف وموائل الكربون الأزرق الأخرى، من خلال الإدارة الفعالة لها.

٣. بدء ممارسات الإدارة البيئية لموائل الكربون الأزرق بحيث يتم تقليل التهديدات التي تتعرض لها وإزالتها، ودعم إمكانات الاسترداد القوية الكامنة في الأنظمة الإيكولوجية لبالوعات الكربون الأزرق.

٤ - الحفاظ على الأمن الغذائي وسبل العيش من المحيطات من خلال تنفيذ نُهُج شاملة ومتكاملة للنظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية تهدف إلى زيادة قدرة النظم البشرية والطبيعية على التكيف مع التغير المناخي.

٥ - تنفيذ إستراتيجيات التخفيف في القطاعات القائمة على المحيطات، بما في ذلك تحسين كفاءة الطاقة في الاستخدامات البشرية (النقل، وصيد الأسماك، وما إلى ذلك)، وتشجيع إنتاج الطاقة المستدامة من المحيطات، والحد من الأنشطة غير المستدامة التي تؤثر على قدرة المحيطات على امتصاص الكربون، وضمان الاستثمار في مشروعات استعادة وصيانة مصارف الكربون في المحيطات، وتحفيز القدرة الطبيعية لأحواض الكربون الأزرق الساحلية على التجدد من خلال ممارسات الإدارة المستدامة.

الاتفاقيات والبروتوكولات الدولية المتعلقة بالتصدي لمشكلة تغير المناخ

من أبرز الاتفاقيات والبروتوكولات الدولية المتعلقة بالتصدي لمشكلتي الاحتباس الحراري وتغير المناخ ما يلي:

١- اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ.

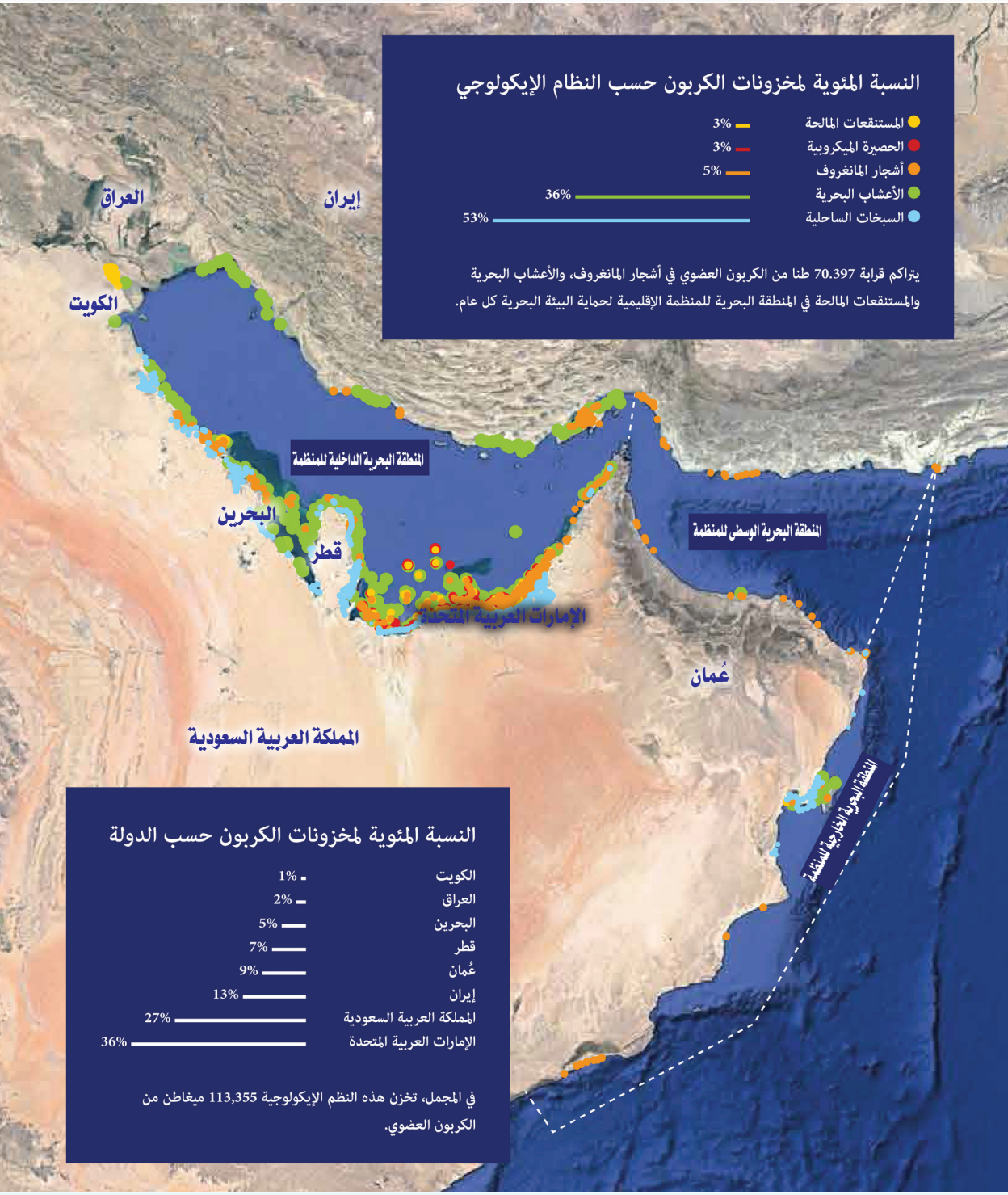
٢- بروتوكول كيوتو الذي اُعتُمِد في عام ١٩٩٧، ويلزم الأطراف الموقعة عليه بخفض الانبعاثات.

اتفاق باريس بشأن تغير المناخ

٣- اتفاق باريس لعام ٢٠١٥ الذي يهدف إلى تعزيز الاستجابة العالمية لخطر تغير المناخ عن طريق الحفاظ على ارتفاع درجات الحرارة العالمية في القرن الحالي إلى أقل من درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية، ومواصلة الجهود للحد من ارتفاع درجة الحرارة إلى أبعد من ذلك، أي إلى ١,٥ درجة مئوية.

دور المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية في حماية موائل الكربون الأزرق والتصدي لتغير المناخ

تولي المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية والدول الأعضاء فيها موضوع حماية موائل الكربون الأزرق والتصدي لتغير المناخ اهتمامًا كبيرًا، وتضعه ضمن قائمة أولوياتها. ولدعم الإدارة الفعالة للنظم الإيكولوجية للكربون الأزرق في المنطقة البحرية للمنظمة، قامت المنظمة بتنسيق أول تحليل، على المستوى الإقليمي، لنطاق النظم الإيكولوجية للكربون الأزرق وأماكنها في المنطقة البحرية للمنظمة، وجمّعت بيانات حول كمية الكربون العضوي التي تحتجزها وتختزنها تلك النظم. وتقدم خريطة الكربون الأزرق الإقليمية، الصادرة عن المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية تقديرا لمكان ونطاق خمسة نظم إيكولوجية رئيسية للكربون الأزرق، سبق ذكرها في هذا الكتيب. وقد جُمّعت بيانات هذه الخريطة من مصادر وطنية وإقليمية وعالمية، ونُقّحت ووُثّقت على أيدي خبراء الكربون الأزرق الإقليميين، وتناولت معدلات تخزين الكربون وتراكمه في جميع أنحاء المنطقة البحرية للمنظمة. وعلى الصعيدين الإقليمي والوطني تشجع المنظمة الدول الأعضاء فيها على وضع السياسات واتخاذ التدابير الخاصة بالتكيف مع الاحترار العالمي والارتفاع المتوقع في منسوب مياه البحر، وتدعم أيضا إجراءات التخفيف من الآثار المترتبة على تغير المناخ، وتعمل على تعزيز القدرة على مواجهة الكوارث الطبيعية التي ترتبط بذلك، مثل ازدياد حدة العواصف والأعاصير في المنطقة.


النسبة المئوية لمخزونات الكربون حسب النظام الإيكولوجي
المستنقعات المالحة 3%
الحصيرة الميكروبية 3%
أشجار المانغروف 5%
الأعشاب البحرية 36%
السبخات الساحلية 53%
يتراكم قرابة 70.397 طنا من الكربون العضوي في أشجار المانغروف، والأعشاب البحرية والمستنقعات المالحة في المنطقة البحرية للمنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية كل عام.
العراق
إيران
الكويت
المنطقة البحرية الداخلية للمنظمة
البحرين
قطر
الإمارات العربية المتحدة
المنطقة البحرية الوسطى للمنظمة
عُمان
المملكة العربية السعودية
المنطقة البحرية الخارجية للمنظمة
النسبة المئوية لمخزونات الكربون حسب الدولة
الكويت 1%
العراق 2%
البحرين 5%
قطر 7%
عُمان 9%
إيران 13%
المملكة العربية السعودية 27%
الإمارات العربية المتحدة 36%
في المجمل، تخزن هذه النظم الإيكولوجية 113,355 ميغاطن من الكربون العضوي.

ومن أجل مساعدة الدول الأعضاء على التصدي للمشكلات التي قد تنجم عن تغير المناخ، تعقد المنظمة ندوات وورش عمل واجتماعات إقليمية على مستوى الخبراء للمساعدة على بناء القدرات في مجال التعامل مع الكوارث المناخية والإنذار المبكر عنها. ومن ناحية أخرى، تحث المنظمة الدول الأعضاء فيها على تنفيذ السياسات والبرامج والإستراتيجيات الخاصة بالتكيف مع عواقب ارتفاع مستوى سطح البحر، مثل إنشاء الدفاعات الساحلية، وإعادة استزراع أشجار المانجروف، وإيقاف الاعتداء على موائل البيئات الساحلية.

وقد حرصت المنظمة منذ إنشائها على حماية البيئة الساحلية والبحرية لمنطقة عملها من التلوث بمختلف صوره، بما في ذلك التلوث الحراري للمياه، والتلوث الناجم من غاز ثاني أكسيد الكربون، الذي يُعَدُّ الغاز الرئيسي المسبب للاحتباس الحراري وتغير المناخ. وقد استهدفت اتفاقية الكويت الإقليمية للتعاون في حماية البيئة البحرية من التلوث لعام ١٩٧٨ المحافظة على بيئة المنطقة من جميع أنواع الملوثات، التي تضر بنظمها الإيكولوجية وأحيائها البحرية وسلامة مياهها. ويندرج تحت هذه الملوثات: الغازات المسببة للاحتباس الحراري وتغير المناخ. وانتهجت خطة عمل الكويت لحماية المنطقة البحرية، والبروتوكول الخاص بالتعاون الإقليمي في مكافحة التلوث بالزيت والمواد الضارة الأخرى في الحالات الطارئة، نهج الاتفاقية. وراعت خطة العمل والبروتوكول المذكور، وبروتوكول حماية البيئة البحرية من التلوث الناجم عن مصادر في البر، الصادر عام ١٩٩٠ م، أن تُتّخَذ كل التدابير اللازمة لمنع التلوث البحري أنّى كان نوعه أو مصدره، والمسارعة إلى مكافحته.

وتسهم برامج الرصد البيئي – من خلال رحلات سفن الأبحاث العلمية – في التعرف على السمات الأوقيانوغرافية لمياه البحر – بما في ذلك درجة حرارة مياه البحر. وتعمل المنظمة على توفير الحلول المناسبة للمشكلات الناجمة عن تغير المناخ وارتفاع منسوب سطح البحر، بالتعاون مع نقاط الارتباط الوطنية في الدول الأعضاء فيها. كما أن برنامج التوعية البيئية في المنظمة يتضمن التعريف بأهمية التصدي للمشكلات البيئية العالمية التي تهدد المناطق الساحلية، مثل تدهور موائل الكربون الأزرق، والاحترار العالمي وتغير المناخ، والتعريف بمخاطر ذلك، وطرق التخفيف والتكيف اللازمة للمحافظة على سلامة البيئتين الساحلية والبحرية. وتتم معالجة قضية تغير المناخ في مطبوعات المنظمة ونشرتها، وفي فعاليات يوم البيئة الإقليمي الذي يتم الاحتفال به سنويًا كل عام في ذكرى التوقيع على اتفاقية الكويت وإنشاء المنظمة في ٢٤ أبريل ١٩٧٨. ومن الجدير بالذكر أن شعار يوم البيئة الإقليمي لعام ٢٠٢٢ هو: (دور موائل الكربون الأزرق في التخفيف من آثار التغير المناخي)، وقد استهدفت المنظمة بذلك تركيز الأضواء على أهمية المحافظة على سلامة موائل الكربون الأزرق، وضمان استدامتها، والتعريف بدورها في التصدي لمشكلة التغير المناخي.

دور موائل الكربون الأزرق في التخفيف من آثار التغير المناخي

The Role of Blue Carbon Habitats in Mitigating the Effects of Climate Change

نقش زیستگاه های کربن آبی در کاهش اثرات تغییرات آب وهوا

المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية

ص.ب: ٢٦٣٨٨ الكويت الصفاة ١٣١٢٤

تليفون: ٢٢٠٩٣٩٣٩ / ٢٤٨٦١٤٤٢(٩٦٥) فاكس: ٢٤٨٦٤٢١٢ - ٢٤٨٦١٦٦٨(٩٦٥)

البريد الالكتروني: ropme@ropme.org

منطقة غرناطة – قطعة ٣ – قسيمة ٩٠٠٠٢٠ – شارع جمال عبد الناصر