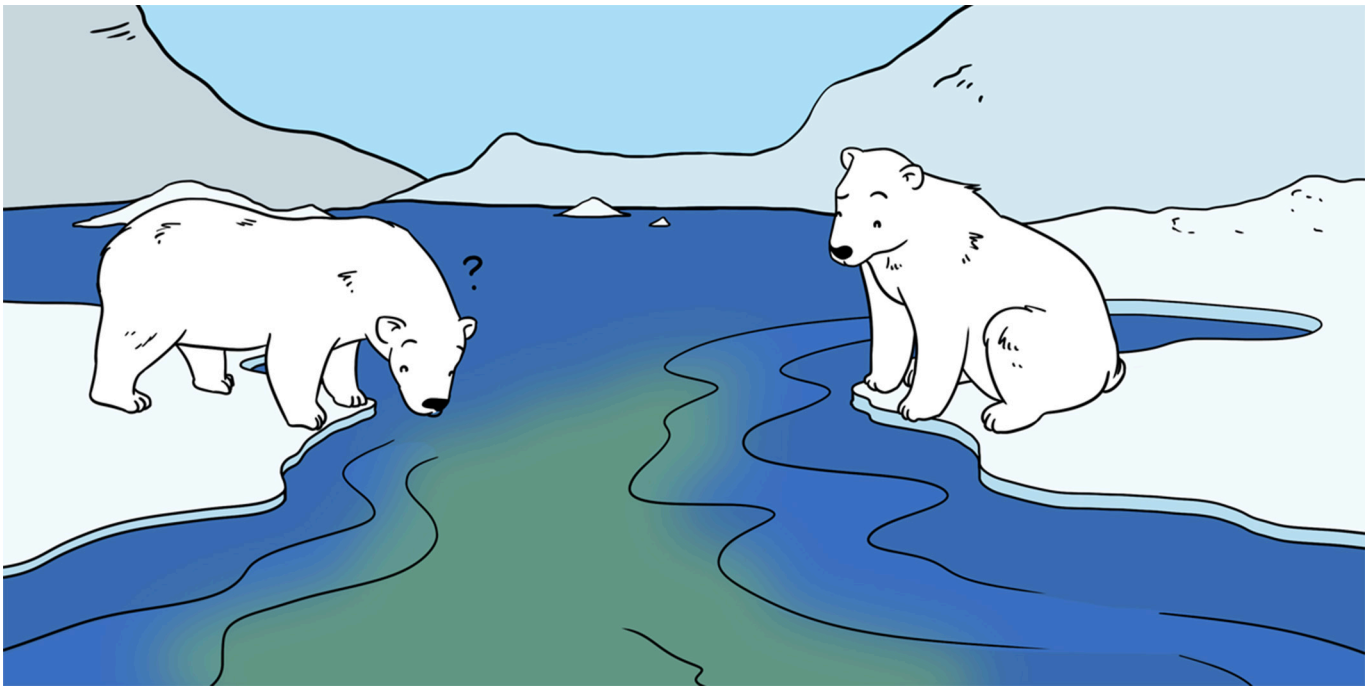
الأرض ومواردها
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 09 يناير 2023
doi: 10.3389/frym.2019.00136-ar



قصة الكربون في ذوبان الجليد في المنطقة القطبية الشمالية

Johan C. Faust[1*], Christian März[1] and Sian F. Henley[2]
[1]كلية الأرض والبيئة، جامعة ليدز، ليدز، المملكة المتحدة
[2]كلية علوم الأرض، جامعة إدينبرة، إدينبرة، المملكة المتحدة

على مدار آلاف السنوات، لطالما كانت هناك أجزاء ضخمة في أقصى شمال كوكبنا، أو ما يعرف بالمنطقة القطبية الشمالية، مغطاة دائمًا بالجليد، ولكن هذا الأمر قد تغير الآن. حيث ساعد حرق الأنواع المختلفة من الوقود الأحفوري؛ مثل الفحم والنفط على إعادة الكربون المخزن في القشرة الأرضية طيلة ملايين السنيين بوتيرة متسارعة مرة ثانية إلى الغلاف الجوي؛ مما أدى إلى زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الغلاف الجوي، ما نتج عنه ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض. إن كلًا من درجات الحرارة المرتفعة وذوبان الجليد البحري والكتل الجليدية سيغير بالفعل من البيئة في المنطقة القطبية الشمالية. ومن ثم، ففي غضون بضعة عقود، يمكن أن يخلو القطب الشمالي من الثلج للمرة الأولى في التاريخ البشري. وسيترتب على احترار المنطقة القطبية الشمالية حدوث عواقب عالمية، حيث سيؤدي إلى ارتفاع مناسيب مياه البحر، فضلًا عن التغيرات في المناخ وأنماط هطول الأمطار، وفقدان الأسماك والطيور والثدييات البحرية. ومن ثم، سيسلط هذا المقال الضوء على كيفية تأثير التغييرات الكبيرة في البيئة في المنطقة القطبية الشمالية على كوكب الأراض برمته.

المراجعون الصغار

CLAIRE
العمر: 15

JULIETTE
العمر: 15

الانصهار القطبي في عالم آخذ في الاحترار

يمثل كل من المنطقة القطبية الشمالية والمنطقة القطبية الجنوبية قطبي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي، حيث يقف كل منهما على سطح الكوكب ممثلًا الصحارى الثلجية الوعرة بمتوسط درجات حرارة يبلغ −40 درجة مئوية في القطب الشمالي و −60 درجة مئوية في القطب الجنوبي في فصل الشتاء.

خلال فصل الشتاء، تشهد المناطق القطبية شهورًا من الظلام التام الدامس، بينما لا تغرب الشمس عنها أبدا خلال الصيف. وعلى الرغم من أن كلًا من مناطق القطبين باردة وتستقبل نفس كمية ضوء الشمس على مدار العام، فإنه يوجد فارق جوهري بين المنطقة القطبية الشمالية والمنطقة القطبية الجنوبية.

فالمنطقة القطبية الجنوبية هي قارة مغطاة بالجليد ومحاطة بالمحيط الجنوبي، في حين أن معظم المنطقة القطبية الشمالية عبارة عن محيط مغطى بالجليد البحري ومحاطة بثلاث قارات، وهي: أمريكا الشمالية، وآسيا وأوروبا. إن التغير الحالي الذي يشهده المناخ يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة كل من الهواء والمحيط في المنطقة القطبية الشمالية، وهو ما يؤدي بدوره إلى تقلص المنطقة المغطاة بكتل الجليد البحري. وعلى مدار الثلاثين عامًا الماضية، ذاب نحو 2.4 مليون كم مربع من كتل الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية، وهي المساحة التي تعادل حجم أوروبا الغربية (الشكل 1). وعلى الرغم من أن المنطقة القطبية الشمالية هي عبارة عن محيط، فإن الجليد البحري يعمل بمثابة سطح الأرض، ومن ثم يمثل موئلًا مهمًا للعديد من الحيوانات، مثل الفقمات والدببة القطبية (الشكل 2). ومنذ سبعينات القرن الماضي، اختفى نحو 40% من المساحة الإجمالية للمنطقة القطبية الشمالية، ومن ثم فقدت الحيوانات الكبيرة والصغيرة التي كانت تعيش على هذا الجليد مواطنها، وهو ما يعني أنه يتوجب عليها البحث عن أماكن أخرى للعيش قبل أن تنقرض. وعلى الصعيد الآخر، يمكن الآن لأنواع معينة من الأسماك والطحالب والتي تعرف باسم "العوالق النباتية" أن تعيش في المناطق الجديدة الخالية من الجليد (الشكل 2).

امتصاص العوالق النباتية لثاني أكسيد الكربون

يسبب التغير المناخي الحالي ارتفاع درجات حرارة الهواء في المنطقة القطبية الشمالية بمقدار مرتين أسرع من ارتفاع متوسط درجات الحرارة في بقية بقاع العالم [2]. إن ارتفاع درجات الحرارة في المنطقة القطبية الشمالية لن يؤدي فقط إلى ذوبان الجليد البحري، ولكنه سيتسبب أيضًا في تدفق كميات أكبر من المياه العذبة الذائبة من الكتل الجليدية إلى المحيط الشمالي المتجمد. وحيث إن هذا الماء العذب قد يكون غنيًا بالعناصر الغذائية، فإنه قد يمد العوالق النباتية بالغذاء اللازم لها كي تنمو. وتلعب هذه العوالق النباتية دورًا مهمًا. فعلى غرار النباتات على سطح الأرض، فإن هذه الكائنات تقف في أسفل السلسلة الغذائية. ومن ثم فهي أساس الحياة تقريبًا في المحيط.

المناخ (CLIMATE)

التغيرات التي تطرأ على درجة الحرارة، وسرعة الرياح واتجاهها، وهطول الأمطار على مدار الساعة أو الأيام أو الأسابيع هي ما يشار إليه "بالطقس". أما المناخ، فهو معدل الطقس على مدار فترة زمنية أطول (عقود إلى ملايين السنين) في منطقة معينة. ومن غير الممكن رؤية المناخ أو الشعور به أو قياسه.

الموطن/الموئل (HABITAT)

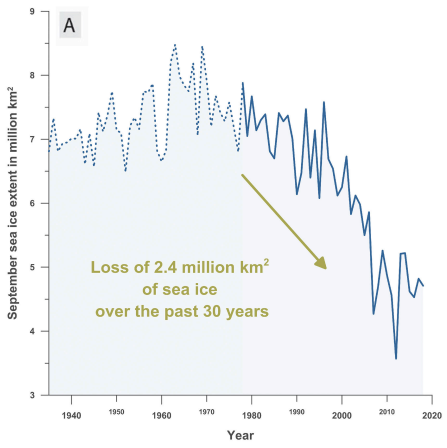
هو البيئة التي يعيش وينمو فيها النبات أو الحيوان بصورة طبيعية.

العناصر الغذائية (NUTRIENTS)

هي المواد الكيميائية اللازمة لحياة الكائنات الحية.

سلسلة الغذاء (FOOD CHAIN)

تبدأ السلاسل الغذائية بحياة النبات، والذي يحول الطاقة الشمسية إلى غذاء عن طريق عملية التمثيل الضوئي وكذا فإن الحيوانات آكلة النباتات قد يلتهمها حيوانات من آكلات اللحوم؛ والحيوانات آكلة اللحوم ذات الحجم الصغير تلتهمها الحيوانات الأكبر منها حجمًا من نفس الفصيلة (آكلة اللحوم). على سبيل المثال، تأكل الأرانب الجزر، ثم تأكل الثعالب هذه الأرانب؛ ثم تأتي الدببة لتلتهم هذه الثعالب.



شكل 1

ولكن العوالق النباتية أكثر من مجرد مصدر غذاء للحيوانات الصغيرة والكبيرة، مثل الجمبري والأسماك. فعلى غرار جميع النباتات، تمتص هذه العوالق ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، ثم تقوم بتكسيره في وجود الطاقة الشمسية إلى كربون (C) و أكسجين (O). ثم يطلق الأكسجين مرة ثانية في الهواء أو الماء. أما الكربون، فإن هذه العوالق تستخدمه لبناء أنسجتها. ومن ثم، تتمتع النباتات بقدرة فريدة من نوعها على تحويل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي إلى مركبات أخرى خلال عملية البناء الضوئي، والتي ستعرف عما قريب السبب وراء أهميتها.

دورة الكربون

على الرغم من أن الإنسان قد نجح في التعرف على 118 عنصرًا كيميائيًا، فإن عددًا قليلًا منها هو ما يمكن العثور عليه فقط في الكائنات الحية. ومن المثير للدهشة أن هذه الحياة بالغة التعقيد على سطح الأرض تتكون في مجملها من هذه العناصر الأربعة فقط: الكربون (C)، و الهيدروجين (H)، والأكسجين (O)، و النيتروجين (N). فعلى سبيل المثال، يتكون 99% من جسد الإنسان تقريبًا من هذه العناصر الأربعة. وحال موت الكائنات الحية، مثل البشر أو العوالق النباتية، فإن أجسامها تتحلل إلى كربون، وهيدروجين، وأكسجين، ونيتروجين. ويحدث خلال هذه العملية أن يتحول الكربون مرة ثانية إلى غاز ثاني أكسيد الكربون. وكما ذكرنا، يمكن للعوالق النباتية استهلاك ثاني أكسيد الكربون خلال عملية التمثيل الضوئي، وهو ما يؤدي إلى تقليل نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

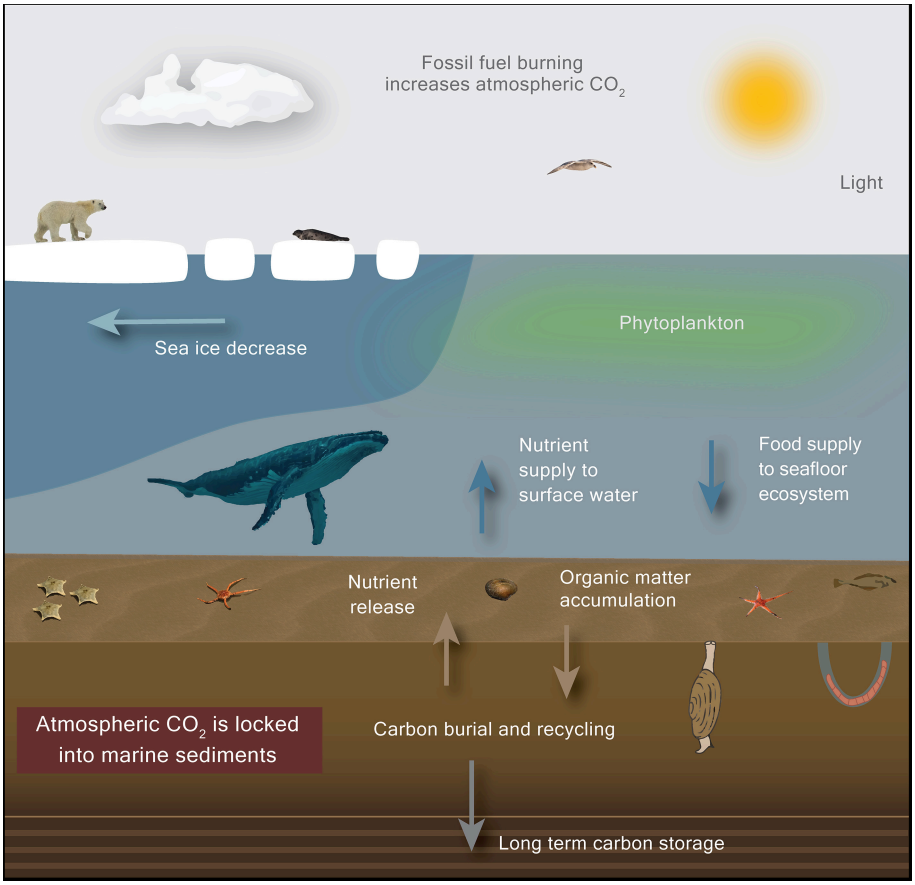
ولكن، عندما تموت هذه العوالق النباتية وتتحلل، فإن نفس الكمية من ثاني أكسيد الكربون والتي استهلكتها سابقًا تعود مرة ثانية في الغلاف الجوي؛ علمًا بأن هذا الأمر لا يحدث فقط بموت العوالق النباتية، ولكنه يحدث أيضًا عندما تسقط أوراق الأشجار في النصف الشمالي من الكرة الأرضية في فصل الخريف، وهو ما يؤدي إلى زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون على المستوى العالمي. ولكن عندما تنمو أوراق جديدة مرة أخرى

شكل 1

(A) كمية الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية في العام (في سبتمبر) في الفترة من 1935 إلى 2018. قُدر حجم الثلج في الفترة من عام 1935 إلى 1979 (الخط الأزرق المنقط) من قياسات درجة حرارة الغلاف الجوي [1]. وبدءًا من عام 1979 فصاعدًا (الخط الأزرق المتصل)، قيس حجم الثلج مباشرة بواسطة الأقمار الصناعية. ويمكنك أن ترى أن 40% تقريبًا من الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية قد ذاب بدءًا من 1970. **(B)** تبلغ مساحة جميع الدول المظللة باللون الأصفر (البرتغال، وإسبانيا، وفرنسا، وإيطاليا، وبلجيكا، وهولندا، والمملكة المتحدة، وألمانيا، والنرويج) نحو 2.4 مليون كم مربع، أي نفس المساحة التي فقدت عن طريق ذوبان الجليد البحري في المنقطة القطبية الشمالية على مدار الثلاثين عاما الماضية.

الكربون (CARBON)

الكربون هو أحد العناصر الكيميائية ويرمز له بالرمز C، و هو أحد العناصر الموجودة بكثرة على الأرض وفي العالم. ويوجد الكربون في صورته النقية على هيئة جرافيت أو ماس. وهو يوجد في جميع الكائنات الحية، كما أنه يمثل جزءًا مهما في تركيب كل من الفحم والنفط. وعند حرق الكربون، فإنه يتفاعل مع الأكسجين (O)، ومن ثم يكون غاز يعرف باسم ثاني أكسيد الكربون (CO_2).



شكل 2

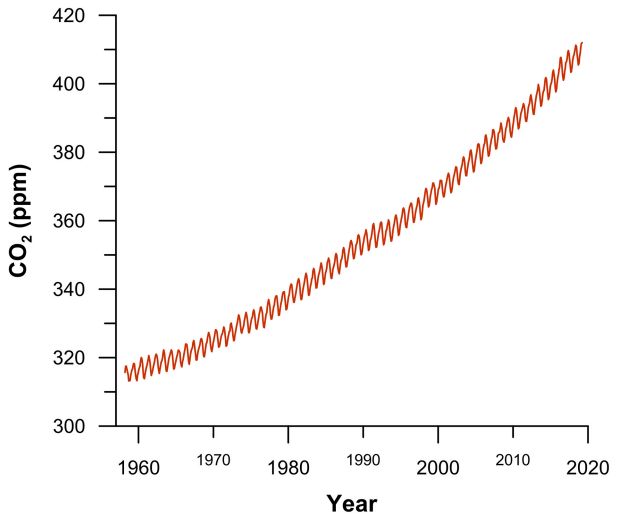
شكل 2

يتسبب التغير المناخي في ذوبان الجليد البحري، ومن ثم تحول المنطقة القطبية الشمالية من صحراء جليدية إلى محيط مفتوحٍ. ومن ثم، فقد تفقد الدببة القطبية والفقمات موائلها، كما يمكن لنمو العوالق النباتية أن يؤدي إلى تعزيز وإمداد شبكة الغذاء في المنطقة القطبية الشمالية بالعناصر اللازمة، وهو ما من المحتمل أن يؤدي بدوره إلى دفن الكربون بمعدلات أعلى، ومن ثم تقليل كمية ثاني أكسيدالكربون في الغلاف الجوي.

في فصل الربيع، فإن تركيز ثاني أكسيد الكربون ينخفض على مستوى العالم. ومن ثم، يتضح لنا أن الطبيعة تتخلص باستمرار من غاز ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، ثم تعيده إليه مرة ثانية؛ وهي العملية التي تعرف باسم "الدورة الحيوية للكربون". ومن ثم، فإذا كان نتاج الكربون يعادل استهلاكه، فسيبقى تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون ثابتًا في الغلاف الجوي. إلا أن التغيرات البيئية الضخمة والأنشطة البشرية تعمل على زعزعة هذا التوازن. فعلى سبيل المثال، إذا استبدلت غابة استوائية بصحراء لا يوجد بها إلا عدد قليل من النباتات، فسينطلق الكربون المخزن في الغابة إلى الغلاف الجوي، ولن يُمتَص مرة ثانية.

وعلى الرغم مما ربما تكون قد سمعته في نشرات الأخبار، فإن غاز ثاني أكسيد الكربون ليس سيئًا على الدوام! ففي الحقيقة، يعد هذا الغاز ضروريًا وحيويًا لتنظيم درجة الحرارة على سطح كوكبنا؛ إذ إنه بدون وجود هذه الغازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون، فإن الحياة على سطح الأرض لم تكن لتوجد، حيث كان معدل درجات الحرارة سينخفض إلى −18 درجة مئوية، وهي درجة حرارة شديدة البرودة بالنسبة للكائنات الحية [3]. ولكننا نطلق كميات ضخمة من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي عن طريق حرق الأنواع المختلفة من الوقود الأحفوري، وهو الأمر الذي يحدث بوتيرة متسارعة. وحيث إنه من غير الممكن امتصاص هذه الكمية من ثاني أكسيد الكربون

بنفس المعدل الذي انبعثت به بسبب حرق الوقود الأحفوري، فإن هذا يتسبب في وجود حالة من عدم الاتزان في دورة الكربون، وكذلك يتسبب في ارتفاع كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي (الشكل 3). وهذه الحالة من عدم التوازن هي ما تتسبب في حدوث التغير المناخي بهذه الوتيرة السريعة، والتي تتسبب في خلق المشكلات التي نراها اليوم. ولكي نفهم ونتنبأ بمستقبل الأرض على نحو أفضل، فمن المهم أن نفهم وأن نتعرف على الطرق التي ينبعث بها ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وكذا الطرق التي يتم بها التخلص منه من الجو. وفي ظل التغيرات التي تشهدها المنطقة القطبية الشمالية وتغيرها من صحراء جليدية إلى محيط مفتوح، فإننا بحاجة إلى فهم الكيفية التي سيؤثر بها هذا التغير البيئي الضخم في هذه المنطقة على دورة الكربون العالمية.



شكل 3

شكل 3

المتوسط الشهري لتركيز غاز ثاني أكسيد الكربونفي شكل أجزاء في المليون (الجزء في المليون؛ 44 جزء في المليون = 0.04%) والمقاسة في مرصد مونا لوا في هاوي في الفترة من 1985 وحتى اليوم. وترجع هذه الزيادة التدريجية في غاز ثاني أكسيد الكربون إلى حرق الأنواع المختلفة من الوقود الأحفوري. وتُعزى التغييرات قصيرة المدى، صعودا وهبوطاً، على نحو رئيسٍ إلى التغييرات الموسمية في امتصاص وإطلاق ثاني أكسيد الكربون خلال عملية نمو النبات في النصف الشمالي من الكرة الأرضية. هذه البيانات مستقاة من: الدكتور/ Pieter Tans، الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي/مختبر أبحاث النظام الأرضي (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/)، و الدكتور/ Ralph Keeling، مؤسسة سكريبس لعلوم المحيطات (scrippsco2.ucsd.edu/).

دفن الكربون في الرواسب البحرية في المنطقة القطبية الشمالية

إن الطريقة الرئيسية لتقليل كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي لمدة طويلة تتمثل في تخزين الكربون في الرواسب الأرضية؛ أي في المكان الذي كان مُخزنًا فيه قبل انبعاثه عن طريق حرق الوقود الأحفوري. وتحدث عملية تخزين الكربون هذه بصورة طبيعية عندما تموت الكائنات الحية، مثل العوالق النباتية، وتغوص في الرواسب على قاع البحر (الشكل 2)؛ علمًا بأن هذه الكائنات الميتة التي تصل إلى قاع البحر تعتبر مصدرًا للغذاء لكائنات أخرى تعيش هناك، مثل نجم البحر والديدان والبكتيريا، حيث تستهلك هذه الحيوانات المادة العضوية وتحللها إلى عناصر (الشكل 2). كما أن معظم الكربون وغيره من العناصر التي تطلق خلال هذه العملية تبقى في المياه، حيث تستخدمها الكائنات الأخرى كغذاء لها، ولا يدفن إلا كمية قليلة من الكربون، حيث يتم تخزينه في الرواسب في المحيط. وعلى الرغم من أن كمية الكربون التي تعلق/تحبس بهذه الطريقة قليلة [4]، فإنه بمجرد دفنها، فإنه لا يمكنها العودة مرة أخرى إلى الغلاف الجوي. وحيث إن المحيطات تغطي أكثر من 70% من سطح الأرض، فإن هذه العملية لها تأثير كبير على دورة الكربون. وتعرف هذه العملية التي يعلق فيها الكربون باسم

"دفن الكربون"، وهي آلية بالغة الأهمية لتنظيم تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ومن ثم تنظيم درجة الحرارة لمليارات السنين. ونؤكد على أن العلماء لا يزالون غير قادرين على فهم العملية التي تتحكم في دفن الكربون جيدًا، ومن ثم فإنهم يبذلون جهدهم لفهمها على نحو أفضل.

هل ستزيد المنطقة القطبية الشمالية الآخذة في الاحترار من دفن الكربون في الرواسب الجرفية؟

إن المحيط القطبي المتجمد عميق جدًا في بعض مناطقه، حيث يبلغ عمقه نحو 5.5 كم، ولكنه يصبح أكثر ضحالة (لا يزيد عن 50-340 م) عندما يقترب من الأرض المجاورة له. وتمثل هذه الأجزاء الأكثر ضحالة تقريبًا نصف المحيط القطبي المتجمد. وينمو الكثير من العوالق النباتية في هذه المناطق الضحلة خلال فصل الصيف، حينما تكون الشمس ساطعة في هذه المناطق على مدار 24 ساعة. ويساعد نمو العوالق النباتية على ثراء وتنوع الأنظمة البيئية في المحيط: على الجليد وفي قاع البحر؛ ومن ثم تعتبر هذه المناطق الجرفية في المنطقة القطبية الشمالية مهمة على نحو خاص لإعادة تدوير الكربون ودفنه. وتنص إحدى الفرضيات على أنه حال وجود العناصر الغذائية الكافية لمساعدة العوالق النباتية على النمو، فإن احترار المنطقة القطبية الشمالية قد يؤدي إلى تكوين براعم ضخمة من هذه العوالق، وهو ما قد يؤدي إلى امتصاص المزيد من ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتخزينه في قاع المحيط القطبي المتجمد (الشكل 2). بيد أن الاستجابات البيئية للتغيرات في الجليد البحري معقدة ومتنوعة وغير مفهومة على نحو جيد. فعلى سبيل المثال، أظهرت عمليات الرصد بالأقمار الصناعية أن مواسم الجليد البحري ذات الفترات القصيرة في بعض المناطق والتي تؤدي بدورها إلى حدوث مواسم نمو أطول تزيد من الكمية الإجمالية من العوالق النباتية، في حين يظهر أن انخفاض كتل الجليد البحري في مناطق أخرى تؤثر على دورة المياه، والتي تغير بدورها من إتاحة العناصر الغذائية وتقليل كمية العوالق.

وحيث إن ثاني أكسيد الكربون موزع بالتساوي في جميع أرجاء الكرة الأرضية، فإن التغيرات التي تشهدها دورة الكربون في المنطقة القطبية الشمالية ستؤثر على جميع أرجاء الكوكب. ومن ثم، تعتبر التغييرات في كمية دفن الكربون في هذه المنطقة مهمة أيضا للعالم بأسره. والحق أننا بحاجة إلى إجراء المزيد من الأبحاث لفهم الدور المهم للغاية لدورة الكربون في المحيط القطبي المتجمد في المناخ العالمي.

ويتعين على العلماء في كل أنحاء العالم المشاركة في هذا المشروع الضخم. وكإضافة حديثة للجهد الدولي في مجال الأبحاث، يعتبر مشروع "القاع المتغير في المحيط القطبي المتجمد" أو (ChAOS)، والذي أطلقته المملكة المتحدة، مشروعًا بحثيًا ضخمًا يهدف إلى دراسة كيفية تأثر النظم البيئية في قاع المحيط بالاحترار في المنطقة القطبية الشمالية وفقدان كتل الجليد البحري، فضلًا عن التعرف على آثار هذه التغييرات على عملية دفن الكربون في الوقت الراهن وفي المستقبل.

ويحاول العلماء المشاركون في هذا المشروع أن يعثروا على إجابات للأسئلة، مثل: كيف تستجيب الحيوانات والكائنات الدقيقة التي تعيش على قاع البحر إلى التغيرات في كتل الجليد البحري والعمليات التي تحدث في المحيط؟ هل الانخفاض في حجم الجليد البحري سيزيد من إمداد النظم البيئية في قاع البحر بالغذاء؟ كيف ستغير الكائنات في قاع البحر الطريقة التي تعيد بها تدوير العناصر الغذائية والكربون بين قاع البحر والمحيط؟ وكيف ستتغير كمية الكربون المخزن في الرواسب في قاع البحر في الوقت الذي يستمر فيه التغير المناخي على الصعيد العالمي؟ إن المنطقة القطبية الشمالية عالم بعيد ووعر، ومن ثم فلا يغامر بالعيش فيه إلا قلة من البشر. ومن خلال حرق الوقود الأحفوري، بدأ البشر في إحداث تغيير بيئي ضخم في هذه المنطقة التي لا يعيش فيها إلا عدد قليل جدا من البشر. ونستطيع أن نتوقع أن كلًا من التغيرات الكبيرة في النظام البيئي في المنطقة القطبية الشمالية والتأثيرات على دفن الكربون ستزيد من ارتفاع درجات الحرارة إلى مستويات أعلى. وحيث إن التغيرات في المناطق القطبية تؤثر على كل فرد منا، بغض النظر عن المكان الذي نعيش فيه، فإنه من الضروري أن نجيب عن الأسئلة العلمية الرئيسة حتى يمكننا أن نفهم التأثيرات التي تحدثها هذه التغيرات البيئية الضخمة على الحضارة البشرية على نحوٍ أفضل.

التمويل

إن هذا العمل الناتج عن مشروع "القاع المتغير في المحيط القطبي المتجمد" (NE/P006493/1)، والذي يعتبر أحد مشاريع برنامج المحيط القطبي المتجمد المتغير، ينفذ بتمويل مشترك من المجلس الوطني لأبحاث البيئة (NERC) التابع لهيئة المملكة المتحدة للأبحاث والابتكار، والوزارة الاتحادية للتعليم والأبحاث في ألمانيا (BMBF).

المراجع

1. Connolly, R., Connolly, M., and Soon, W. 2017. Re-calibration of Arctic sea ice extent datasets using Arctic surface air temperature records. *Hydrol. Sci. J.* 62:1317–40. doi: 10.1080/02626667.2017.1324974
2. Screen, J. A., and Simmonds, I. 2010. The central role of diminishing sea ice in recent Arctic temperature amplification. *Nature* 464:1334–7. doi: 10.1038/nature09051
3. Lacis, A. A., Schmidt, G. A., Rind, D., and Ruedy, R. A. 2010. Atmospheric CO_2: principal control knob governing Earth's temperature. *Science* 330:356–9. doi: 10.1126/science.1190653
4. Berger, W. H., Smetacek, V. S., and Wefer, G. 1989. Ocean productivity and paleoproductivity–an overview. *Life. Sci. R* 44:1–34.

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 09 يناير 2023

المحرر: Noemie Ott

'مرشدو العلوم': Xiaozhou Zhou

الاقتباس: Faust JC, März C and Henley SF (2023) قصة الكربون في ذوبان الجليد في المنطقة القطبية الشمالية. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2019.00136-ar

مُترجَم ومقتبس من: Faust JC, März C and Henley SF (2019) The Carbon Story of a Melting Arctic. Front. Young Minds 7:136. doi: 10.3389/frym.2019.00136

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

COPYRIGHT © 2019 © Faust, März and Henley 2023. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

CLAIRE، العمر: **15**
أرتاد مدرسة ثانوية في نيويورك، حيث أقضي وقتي في كتابة الشعر وعزف البيانو.

JULIETTE، العمر: **15**
اسمي جولييت وأنا حاليًا في السنة الثانية في المدرسة الثانوية. وبالإضافة إلى اهتمامي بالعلوم والرياضيات، أحب لعب الشطرنج، حيث تعلمت طريقة لعبه في سن مبكرة، ومنذ ذلك الوقت وأنا أشترك في المنافسات التي غالبا ما تعقد في عطلة نهاية الأسبوع، وهو الأمر المتع حقا لي. وأمارس ألعابًا مختلفة، مثل المبارزة والتجديف. كما أنني أحب التمثيل أيضا! كما أحب أن أؤدي عروض الصندوق الأسود في مدرستي.

المؤلفون

JOHAN C. FAUST
أنا عالم جيولوجيا بحرية. وتركز أبحاثي على التعرف على الكيفية التي تؤثر بها التغيرات المناخية على البيئة في المنطقة القطبية الشمالية. وأدرس على وجه الخصوص كيفية تأثير توزيع الغطاء الجليدي وكتل المياه في هذه المنطقة على دفن الكربون في الرواسب في بحر بارنتس. وقد تخرجت من جامعة بريمن في ألمانيا، وأتممت درجة الدكتوراة في دراسة المسح الجيولوجي للنرويج/جامعة توماس في النرويج. ومنذ عام 2017 وأنا أعمل في جامعة ليدز في إنجلترا.
*j.faust@leeds.ac.uk

CHRISTIAN MÄRZ
أنا عالم جيولوجي بالتدريب وجيوكيمائي بالاختيار. وقد درست على مدار السنوات العشرة الماضية سلوك العناصر الغذائية والمعادن في الرواسب في المحيط القطبي المتجمد وشمال المحيط الهادي. وينصب تركيزي الرئيس على إعادة بناء وتكوين الظروف البيئية الماضية من محفوظات طبقات الطين في قاع البحر، كما أنني مهتم أيضًا بتحويل وإعادة تدوير عمليات العناصر الكيميائية مثل الحديد والمنغنيز والكربون والكبريت والفوسفور والسيليكا.

SIAN F. HENLEY
أنا عالمة كيمياء حيوية بحرية، وأهتم بالمحيطات القطبية. وأنا منبهرة بكيفية تغير دورات العناصر الغذائية والكربون استجابة للتغيرات المناخية والبيئية، والسبب وراء كون هذه التغييرات مهمة للنظم البيئية في المحيط، والنتائج الحادثة في المحيطات جراء هذه التغييرات في نظام المناخ على سطح الأرض. وأنا محظوظة بما يكفي للعمل في المنطقة القطبية الجنوبية والمنطقة القطبية الشمالية مع أناس ملهمين وفي منشآت ممتازة. وعلى مدار الـ 11 عامًا الماضية، سافرت مسافات تزيد على 17,000 كم في البحر على سفن الأبحاث، حيث قضيت عامين في المناطق القطبية الرائعة والمحاطة بالحياة البرية المذهلة والمشاهد الملهمة.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology