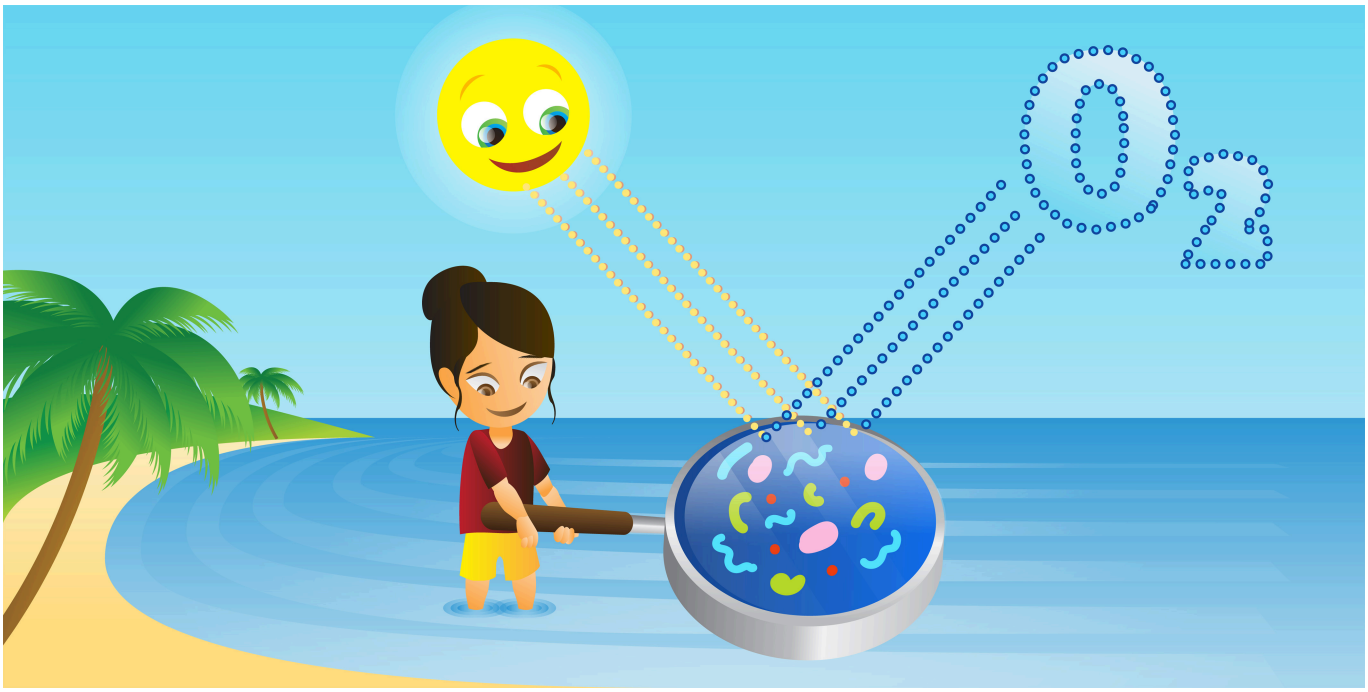
الكرة الأرضية ومواردها
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 10 ديسمبر 2021
doi: 10.3389/frym.2016.00001-ar



تعزيز فهمنا للميكروبات البحرية: القوى الدافعة للمحيطات!

Anna Kopf[1,2], Julia Schnetzer[1,2] and Frank Oliver Glöckner[1,2*]

[1] Microbial Genomics and Bioinformatics Research Group, Max Planck Institute for Marine Microbiology, Bremen, Germany

[2] Department of Life Sciences and Chemistry, Jacobs University Bremen, Bremen, Germany

ما الذي يتبادر إلى ذهنك عندما تسمع كلمة ميكروب؟ هل تتخيل شيئًا متناهي الصغر لدرجة أنك لا تراه، ويسبب لك المرض؟ في الواقع، نحن لن نعتبر جميع الميكروبات ضارة لمجرد أن بعضها يسبب المرض. فعلى سبيل المثال، في البيئة البحرية (المحيط)، تكون الغالبية العظمى من الميكروبات نافعة ومفيدة. فهي "القوى الدافعة" للمحيط، وهي ضرورية لصحة الكوكب الذي نحيا عليه. ومن سوء الحظ أن معرفتنا محدودة عن غالبية الميكروبات البحرية وعن تفاعلاتها مع بيئتها البحرية. ولذا، فمن الضروري أن نكون فكرة عن الميكروبات التي تساعدنا، وكيف تفعل ذلك، حيث ستوفر هذه البيانات للعلماء المعرفة اللازمة لمجابهة التحديات العالمية مثل التغير المناخي والتلوث البيئي. ومن سوء الحظ أنه من الصعب جدًا دراسة الميكروبات البحرية بسبب حجمها الدقيق جدًا وتنوعها الضخم وكبر موطنها (المحيط). ومن ثم، فإننا نود أن تُشرك "العلماء من المواطنين" في هذا المشروع لمساعدتنا في جمع عينات من الميكروبات البحرية حتى يمكننا التعرف عليها.

المراجعون الصغار:

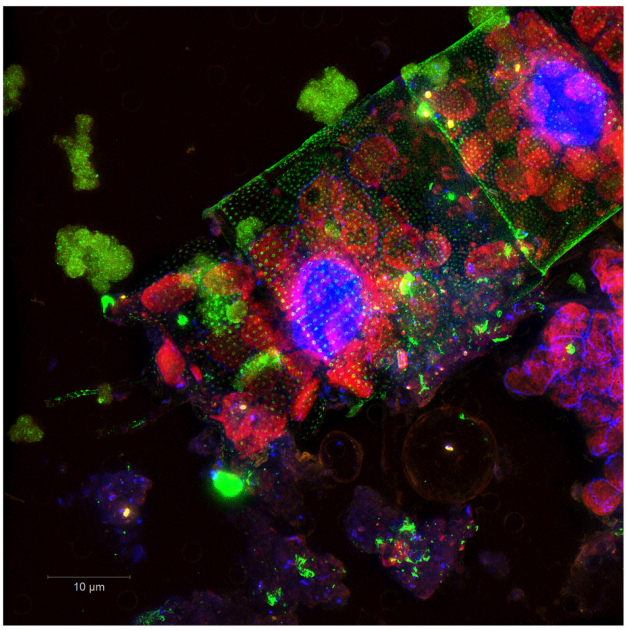
CONNISTON MIDDLE SCHOOL

العمر:14-15

الميكروبات البحرية: القوى الدافعة للمحيطات

ما الذي يتبادر إلى ذهنك عندما تسمع كلمة ميكروب؟ هل تتخيل شيئًا متناهي الصغر لدرجة أنك لا تراه، وكائنات حية دقيقة تستطيع أن تغزو أجسامنا وتصيبنا بالإعياء؟ سمعنا كلنا تقريبًا عن الأشياء السيئة التي يمكن للميكروبات القيام بها؛ مثل تسوس الأسنان، أي تحلل الأسنان بفعل البكتيريا. ومرض الشهاق، أو السعال الديكي، وهو أحد الأمراض البكتيرية المعروفة أيضًا. إن الكره الذي يكنه الإنسان للميكروبات عمومًا قوي وغير مفهوم في الكثير من الأحيان، إلَّا إن هذا لا يعني أن جميع الميكروبات سيئة وضارة. قد يبدو هذا الأمر غريبًا، إلَّا إن الكثير من الميكروبات الموجودة هي في الحقيقة مفيدة جدًا. ويمكن العثور على العديد من الميكروبات ``النافعة'' في المحيط (الشكل 1)، وغيره من الأماكن. وهذه الميكروبات البحرية هي كائنات حية دقيقة وحيدة الخلية تشمل البكتيريا والجراثيم العتيقة. وتشبه الجراثيم العتيقة البكتيريا، إلَّا أنها تمتاز بعدد من الصفات الخاصة مثل القدرة على العيش في البيئات القاسية، مثل الأماكن شديدة الحرارة وتلك قارسة البرودة. وتشمل قائمة الميكروبات البحرية، علاوة على ذلك، الكائنات الحية الدقيقة وحيدة الخلية مثل الطحالب المجهرية والفيروسات. إن الميكروبات البحرية دقيقة جدًا، ولكنها توجد في أعدادٍ كبيرة، ويمكن أن توجد في كل أرجاء المحيط من أعماقه وصولًا إلى طبقاته العليا. ويقدر العلماء أن قطرة واحدة فقط من مياه البحر تحتوي على ملايين الميكروبات. وبعبارة أخرى، هناك أعداد كبيرة من الميكروبات البحرية في المحيط أكثر من أعداد البشر على سطح الأرض. وإضافة إلى أنها تمثل الغالبية العظمى من الكائنات غير المرئية في المحيط - وهو ما يجعلها تشكل النظام البيئي الأضخم، فإن الميكروبات البحرية تشكل أيضًا أساس شبكة الغذاء البحرية، فهي مسؤولة عن إعادة تدوير العناصر الغذائية، كما أنها تشترك في جميع أنواع الأنشطة المهمة.

ولهذا، فهي تعرف أيضًا باسم ``القوى الدافعة'' للمحيط، بمعنى أنها ضرورية لجعل المحيط يقوم بوظائفه، كما أن المحيط لا يمكن أن يحيا بدونها. وحيث إن هذه الميكروبات جزء من عمليات



شكل 1

شكل 1

صورة توضح التنوع الميكروبي في المحيط، حيث تظهر خلايا ميكروبية متنوعة على جسم أحد الطحالب وحوله. وقد تم تصوير هذه الميكروبات باستخدام صبغة ملونة. الصورة مقدمة من Gomez-Perreira,Fuchs. (الصورة مهداة من P. Gomez-Perreira,B. Fuchs من معهد ماكس بلانك لعلم الأحياء الدقيقة البحري في بريمن، بألمانيا)

مختلفة عديدة، فإن لها تأثير مهم على حياتنا اليومية ورفاهيتنا، بغض النظر عن المكان الذي نعيش فيه. وأحد الأمثلة على الوظائف التي تؤديها الميكروبات البحرية التي تؤثر على البشر هي عملية البناء الضوئي، وهي العملية التي ربما قد سمعت عن ارتباطها بالنبات. وعلى غرار النبات، تستطيع بعض الميكروبات البحرية، مثل الزراقم أو البكتيريا الزرقاء، استخدام طاقة الشمس لتحويل ثاني أكسيد الكربون والماء إلى سكر وخلال هذه العملية، ينطلق الأكسجين في البيئة. ويقدر العلماء أن نصف كمية الأكسجين المنتجة في العالم تأتي من المحيط، بينما يأتي النصف الآخر من الموائل البرية. وبعبارة أخرى، فإن الميكروبات البحرية مسؤولة عن الأكسجين الذي تتنفسه في كل لحظة. ومن الأمثلة الأخرى على أهمية الميكروبات في المحيط هو قدرة بعض الميكروبات على تحليل البترول، إذ تتغذى بعض الميكروبات البحرية على البترول، وهو ما يمكن أن يكون مفيدًا جدًا لتنظيف البيئة البحرية بعد حوادث التسرب النفطي.

إذن، يتضح من هذه الأمثلة أن الميكروبات البحرية ليست فقط القوى الدافعة للمحيط، ولكنها ضرورية أيضًا لصحة الإنسان والكوكب بأسره. ويقوم التفاعل بين هذه الميكروبات والكائنات الحية الأضخم على سطح الأرض على توازن هش، ومن ثم تهدده بعض العوامل مثل التلوث وتغير الظروف البيئية. ولكي نحمي البيئة ونُبقي على صحتها، نحتاج إلى تعميق معرفتنا عن أنواع الميكروبات الموجودة، وعما تفعله، وكيفية تفاعلها مع بعضها البعض ومع البيئة. ومن سوء الحظ، تتسم عملية جمع هذه المعلومات بالصعوبة.

لماذا لا نعلم إلا القليل عن الميكروبات البحرية؟

حتى وقت قريب، كان العلماء بحاجة إلى مزرعة نقية من الميكروبات للحصول على أجوبة على أسئلة بسيطة مثل كيف تبدو وما الوظائف التي تقدر على القيام بها. ونعني ``بالمزرعة النقية'' استزراع ميكروب واحد فقط في المختبر في غياب أي أنواع أخرى. وحيث إن الظروف في المختبر مختلفة جدًا عن نظيرتها في المحيط، فإنه من الصعب للغاية أن نستزرع الميكروبات البحرية. وقد قدر العلماء أنه يمكن استزراع حوالي 1-10% فقط من الميكروبات البحرية في المختبر [1]. ولا زلنا لا نعلم شيئًا عن الأسباب الدقيقة وراء هذه الصعوبة، ولكن من حسن الحظ أنه قد تم ابتكار تقنيات جديدة على مدار السنوات القليلة الماضية، تتيح لنا دراسة الميكروبات البحرية في مزرعة نقية داخل المختبر للمرة الأولى. وتعرف إحدى هذه التقنيات باسم **الجيل التالي من تقنية تحديد تسلسل الحمض النووي (NGS).**

كيف تساعد تقنية الجيل التالي من تحديد التسلسل العلماء على فهم الميكروبات البحرية؟

توجد جميع المعلومات عن الميكروب أو أي نوع من أنواع الخلايا في **الحمض النووي (DNA)** للخلية. والحمض النووي عبارة عن جزئ يحتوي على الشفرة الوراثية للكائنات الحية، ومن ثم يمكن وصفه على أنه ``مخطط الخلية''، حيث إنه يخبر الخلية بما يجب عليها القيام به ومتى يجب فعل ذلك. ويمكن أيضًا أن ينقسم الحمض النووي إلى قطع صغيرة تعرف بالجينات. توجد آلاف الجينات في الحمض النووي في الكائن الحي، ولكل من هذه **الجينات** مهمة تقوم بها. على سبيل المثال، يحتوي الحمض النووي البشري على 25.000 إلى 35.000 جين، ولكن عددًا قليلًا منها فقط هو المسؤول عن لون العينين. وتتيح تقنية الجيل التالي من تحديد تسلسل الحمض النووي للعلماء ``قراءة'' الحمض النووي للمجتمع الميكروبي بأكمله بدون الحاجة إلى مزرعة نقية من الميكروبات.

الجيل التالي من تقنية تحديد تسلسل الحمض النووي (NEXT GENERATION SEQUENCING (NGS))

هذه طريقة جديدة نسبيًا لقراءة وتسجيل الحمض النووي، حيث تتيح للعلماء قراءة كميات ضخمة من حروف الحمض النووي عن طريق استنبات الميكروبات في المختبر أو دون الحاجة إلى ذلك. وتعرف هذه الطريقة أحيانًا بعملية تعيين تسلسل الحمض النووي المتوازية والضخمة وعالية الإنتاجية.

الحمض النووي (DNA)

اختصار للحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين. ويمكن وصفه باعتباره دليل الإرشادات اليدوي أو ``المخطط'' لكل ميكروب أو غيره من الخلايا الحية. وتخزن المعلومات في صورة تتابع أو تسلسل في أربعة جزيئات مختلفة تمثل بالأحرف (T,C,G,A).

الجين (GENE)

يحتوي كل حمض نووي على قطع صغيرة تعرف بالجينات، والتي تُملي على كل خلية ما يجب عليها أن تقوم به ومتى يتوجب فعل ذلك. هناك آلاف الجينات في الحمض النووي في الكائن الحي، ولكل من هذه الجينات مهمة تقوم بها.

ويعرف هذا النهج باسم "**تحديد تسلسل** الميتاجينوم"، والذي يقدم للعلماء قائمة بجينات جميع الميكروبات التي تعيش في منطقة معينة.

هناك بعض الجينات التي توجد في جميع الكائنات الحية على الأرض، ولكن يوجد فروق طفيفة بينها. وأحد الأمثلة على هذا النوع من الجينات هو "الحمض النووي الريبي الريبسومي" (rRNA). وحيث إن هذا الجين فريد في كل الأنواع، فيمكن للعلماء استخدامه باعتباره بصمة فريدة لأنواع الميكروبات. ربما تكون قد سمعت عن تحليل بصمة الإصبع المستخدم ضمن إطار عمليات البحث الجنائي. حيث تخزن جهات إنفاذ القانون، مثل الشرطة، جميع بصمات الأصابع في قاعدة بيانات ضخمة لتقارنها مع بصمات الأصابع المأخوذة من مسرح الجريمة، وهو ما يتيح لرجال الشرطة التعرف على مرتكب الجريمة. يفعل العلماء نفس الأمر مع البصمة الجينية الفريدة للميكروب التي حصلوا عليها خلال البحث، حيث يستخدمون **جين الحمض النووي الريبسومي** للبحث عن قاعدة بيانات معينة، مثل قاعدة بيانات SILVA [2] للبحث عن تطابق إيجابي. وباتباع هذا النهج، يمكن للعلماء تحديد الميكروبات التي حصلوا عليها في عيناتهم والإجابة عن السؤال الآتي: "ما أنواع الميكروبات البحرية الموجودة هناك؟".

ولكن الحمض النووي يحتوي على أكثر من مجرد بصمة إصبع فريدة. فكما أشرنا آنفًا، يمثل الحمض النووي خطة البناء في الكائن الحي، حيث يشمل التعليمات حول جميع صفات الكائن الحي ووظائفه. ولو تمكن العلماء من "قراءة" البيانات المشفرة في الحمض النووي، فسيكون بمقدورهم الحصول على قدرٍ كبيرٍ من المعلومات عن هذا الكائن الحي. ولسوء الحظ، فإن فك شفرة بيانات الحمض النووي التي يحصل عليها العلماء من الميكروبات البحرية يشبه محاولة فهم لغة قديمة أو حل لغز ما. يستغرق الأمر بعض الوقت، وربما يحتاج العلماء إلى جَمع بعض "الأنواع" الإضافية، ولكنهم سيتمكنون من حلها عاجلًا أم آجلًا. يكتشف العلماء كل يوم جزءًا جديدًا من حل اللغز، ومن ثم يكتشفون المزيد والمزيد من المعلومات عن الميكروبات البحرية. وعلى الرغم من كون تقنية الجيل التالي من تحديد تسلسل الحمض النووي جديدة نسبيًا، فإنها تساعد على التوصل إلى مستوى جديد من فهم الميكروبات البحرية من جميع أرجاء المحيط. ومع ذلك، فإن جميع المعلومات التي توصلنا إليها حتى الآن عن الميكروبات البحرية تمثل "نقطة في محيط"، فهناك الكثير من المعلومات المجهولة التي نحتاج إلى معرفتها! يهدف مشروع "يوم جمع العينات من المحيط" (The Ocean Sampling Day (OSD)) [3] إلى زيادة معرفتنا بالميكروبات البحرية على نحوٍ كبيرٍ من خلال جمع الناس سويًا لدراسة الميكروبات التي تعيش في النظم البيئية في المحيط في جميع أنحاء العالم.

يوم جمع العينات من المحيط

نظم الباحثون العاملون في المشروع الذي يعرف باسم "Micro B3" (التنوع الحيوي، ومجال المعلومات الحيوية والتكنولوجيا الحيوية للميكروبات البحرية)[1] يومًا لجمع العينات من المحيط [3] بتاريخ 21 يونيو في عامي 2014 و2015، بهدف دراسة الميكروبات البحرية حول العالم، وذلك بمساعدة مجموعة دولية ضخمة من العلماء. يُعرف يوم الواحد والعشرون من يونيو بيوم الانقلاب الشمسي، وهو ما يعني أنه أطول أيام العام في نصف الكرة الشمالي، وأقصرها في نصفها الجنوبي. وقد وقع الاختيار على يوم الانقلاب الشمسي ليكون يوم جمع الميكروبات لمعرفة ما إذا كان طول النهار يؤثر على نوع الميكروبات التي تم جمعها، أم لا [4]. وقد جمع العلماء من كل أنحاء العالم عينات ميكروبية بحرية في يوم جمع العينات من المحيط في يونيو من عامي 2014 و2015. وقد رشَّح (نقَّى) كل فريق من الفرق المشاركة مياه البحر من خلال مرشح خاص يعرف باسم Sterivex™،

تحديد التسلسل (SEQUENCING)

يقصد بتحديد تسلسل الحمض النووي في علم الهندسة الوراثية قراءة وتسجيل تسلسل الحروف (T,C,G,A) في الحمض النووي في الخلية.

جين الحمض النووي الريبسومي (RRNA GENE)

يرمز هذا الجين إلى "الحمض النووي الريبسومي" للخلية. وهو مهم جدًا لعملية الأيض الخلوي، حيث يلعب دورًا رئيسيًا في إنتاج البروتينات. وتمتلك جميع الكائنات الحية على سطح الأرض هذا الجين في حمضها النووي، ولكنه يختلف في كل منها عن الآخر. ومن ثم، فيمكن استخدامه باعتباره واسمًا حيويًا في البصمة الوراثية.

[1] www.microb3.eu

والذي يحتوي على ثقوب دقيقة جدًا أصغر من الميكروبات، وهو ما يجعل الميكروبات تلتصق على سطح المرشح. هذه هي الطريقة التي يمسك بها العلماء بالميكروبات من المحيط أو أي نظام مائي آخر. ثم يزيل العلماء الميكروبات بعد ذلك من المرشح ويستخدمون بعض المواد الكيميائية لجمع الحمض النووي من جميع الكائنات الحية التي حصلوا عليها. ثم يتم تحليل الحمض النووي بتقنية الجيل التالي من تحديد تسلسل الحمض النووي.

يهدف يوم جمع العينات من المحيط إلى الإجابة على أسئلة عديدة: ``ما أنواع الميكروبات التي تعيش هناك؟'' (تحليل **التنوع الحيوي** بناء على ``البصمة الفريدة'' للحمض النووي)؛ و''ما الذي تقوم به هذه الميكروبات`` (تحليل الوظيفة بناءً على **الميتاجينوم**)؛ و''كيف تتفاعل هذه الميكروبات مع بعضها البعض ومع البيئة؟`` (الشكل 2). ولا يزال العلماء يحللون بيانات العينات المأخوذة خلال يوم جمع العينات من المحيط، وذلك على الرغم من عدم وجود نتائج موثوقة لإظهارها أو نشرها حاليًا.

وكبصيص من الأمل، ستساعدنا البيانات التي حصلنا عليها في يوم جمع العينات من المحيط على فهم أمور مثل كيف تختلف الميكروبات التي تعيش في البيئات الاستوائية عن تلك التي تعيش في نظيرتها القطبية، وكيف يمكن للميكروبات أن تحيا في بيئات ملوثة مثل تلك التي يحدث فيها تسرب بترولي.

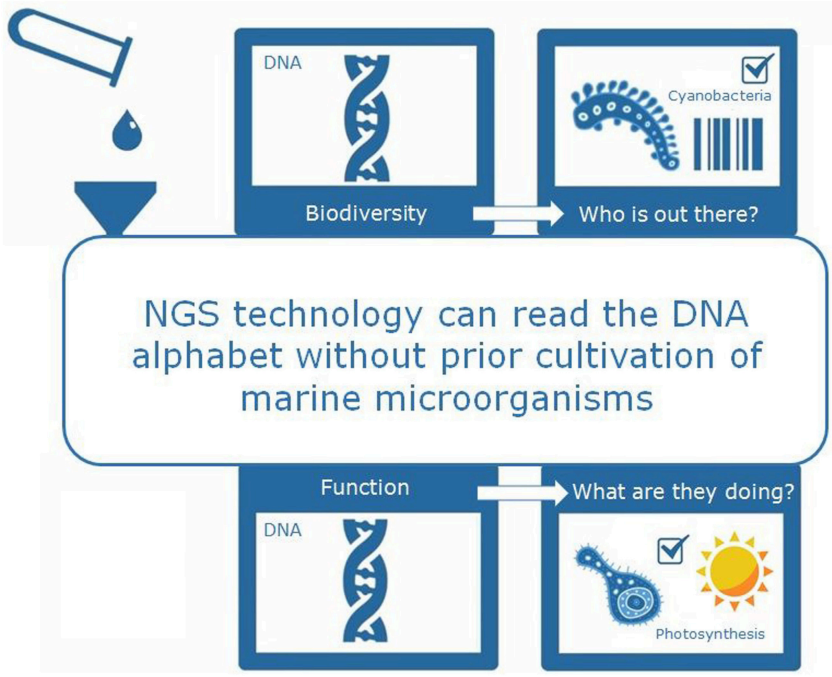
يرتبط البشر بعلاقة وثيقة جدًا ومهمة مع المحيط. ليس فقط لأن نحو نصف سكان العالم يعيشون على شريط ساحلي يبلغ طوله 200 كم [5]، ولكن لأن المحيط ضروري أيضًا للاقتصاد باعتباره مقصدًا سياحيًا ووجهة للترفيه والصيد، وغيرها من الأنشطة. وتؤثر كل هذه الأنشطة البشرية على المناطق الساحلية، وهو ما يؤدي إلى تغيرها. وحيث إن غالبية مواقع يوم جمع العينات من المحيط تقع في مناطق ساحلية (الشكل 3)، فإننا نريد دراسة الطرق التي تؤثر بها الأنشطة البشرية وأساليب حياة البشر على المجتمعات الميكروبية البحرية. على سبيل المثال، يمكننا دراسة الطريقة التي

التنوع الحيوي (BIODIVERSITY)

يصف هذا المصطلح حزمة من الأنواع المختلفة من الحياة على سطح الأرض.

الميتاجينوم (METAGENOMICS)

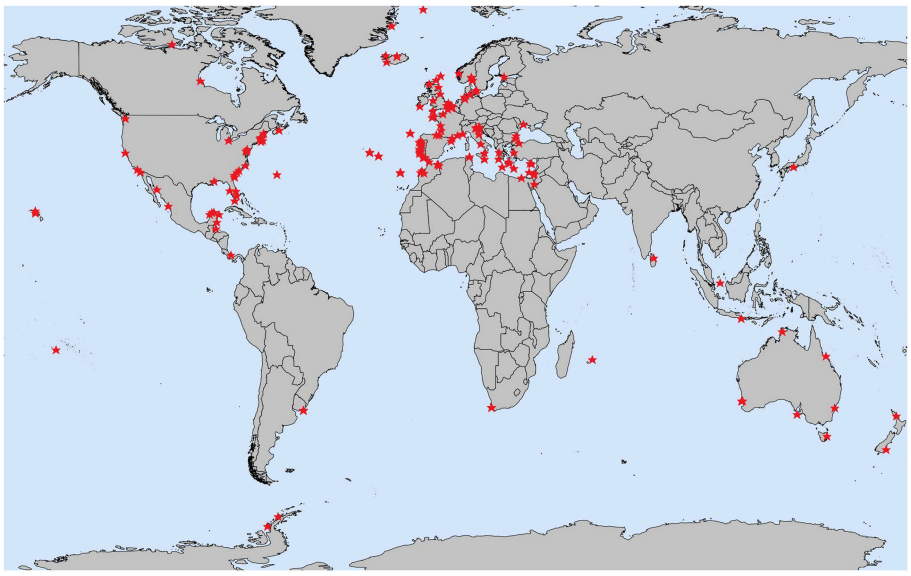
يصف هذا المصطلح دراسة الحمض النووي الذي تم الحصول عليه مباشرة من العينات البيئية. والبيانات الناتجة تكون لجميع الميكروبات في العينة، وليس فقط لنوع بمفرده.



شكل 2

شكل 2

تعتبر تقنية الجيل التالي من تحديد تسلسل الحمض النووي أداة قوية جدًا، حيث تتيح للعلماء القراءة السريعة للحمض النووي لملايين الميكروبات بدون زراعة مسبقة في المختبر. يتم الحصول على الحمض النووي الميكروبي من الميكروبات البحرية في عينات المياه المأخوذة من المحيط، ويمكن قراءتها باستخدام تقنية الجيل التالي من تحديد التسلسل. يحتوي الحمض النووي، باعتباره ``مخطط'' الخلية الميكروبية، على جميع المعلومات التي نحتاجها للإجابة على الأسئلة مثل ``أي أنواع الميكروبات تعيش هناك؟'' (التنوع الحيوي) و``ما وظائف هذه الميكروبات؟''.



شكل 3

شكل 3

خريطة توضح المواقع المسجلة ليوم جمع العينات من المحيط عام 2014. وتقع هذه المواقع في المناطق الساحلية. وتشير النجوم الحمراء إلى المواقع التي خرج إليها العلماء لجمع عينات مياه البحر خلال يوم جمع العينات من المحيط.

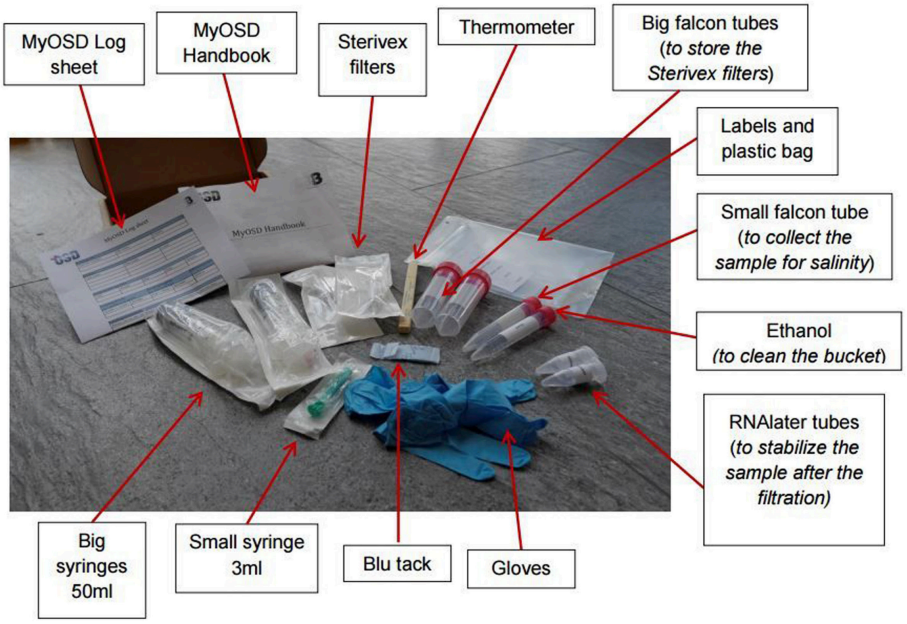
تؤثر بها أنواع متعددة من التلوث (المعادن الثقيلة، والمضادات الحيوية، والأسمدة) على صحة الميكروبات البحرية.

هل تعلم أن أكثر من 70% من سطح الأرض مغطى بالماء [6]؟ كلما تقدمنا للأمام، سنواصل التوسع في نطاق يوم جمع العينات من المحيط لاستكشاف المزيد عن المحيط. وقد شهد يوما جمع العينات من المحيط في عامي 2014 و2015 وجود أكثر من 150 فريق علمي من جميع القارات، حيث جمعوا العينات بداية من المياه شبه الاستوائية في هاواي ووصولًا إلى البيئات القطبية مثل مضيق فرام في المحيط المتجمد الشمالي. ومع ذلك، لا تزال هناك العديد من المناطق غير المكتشفة على خريطة يوم جمع العينات من المحيط (الشكل 3). ولزيادة جهودنا، دعَوْنا أيضًا ''العلماء من المواطنين``، مثلك أنت، للانضمام لمشروع من مشاريع علوم المواطن يعرف باسم MyOSD (اليوم الشخصي لجمع العينات من المحيط)، حيث طورنا حقيبة لجمع العينات وكذا تطبيقًا للهواتف الذكية يستخدمه المواطن في هذا اليوم على نحو يتيح للعلماء من المواطنين تحقيق مشاركة حقيقية في العلوم. وتحتوي الحقيبة على المعدات التي يحتاجها أي فرد لجمع الميكروبات البحرية، بالإضافة إلى المواد الأخرى لقياس البيانات المهمة الأخرى، مثل درجة الحرارة ومستوى الملوحة (الشكل 4). وتأتي كل حقيبة بإرشادات واضحة تصف كل خطوة بالتفصيل.

الفكرة سهلة وبسيطة، ومفادها أن أي شخص يمكنه الانضمام لليوم الشخصي لجمع العينات من المحيط. وتوزع حقائب جمع العينات مجانًا من خلال التسجيل مع المشروع، وتوزع هذه الحقائب بواسطة ''المراكز`` الخاصة بهذا اليوم على العلماء من المواطنين في مناطقهم أو بلادهم. ويمكنك الاطلاع على قائمة بجميع المراكز على موقع MyOSD[2] . وبعد جمع العينات، يحتاج العلماء من المواطنين إلى إعادة عيناتهم إلى مركز مشروع MyOSD، والذي سيرسلها بدوره إلى مقرات معهد ماكس بلانك لعلم الأحياء الدقيقة البحرية (Max Planck Institute for Marine Microbiology)[3] في بريمن، بألمانيا. حيث تُعالج جميع العينات ويتم تنسيق تحليل البيانات. وإذا لم تجد مركزًا من مراكز مشروع MyOSD في منطقتك، فلا يزال بإمكانك المشاركة من خلال قياس المؤشرات البيئية مثل درجة حرارة المياه و/أو مستوى الملوحة. ويمكن تقديم جميع المعلومات من خلال تطبيق الهاتف الذكي التابع للمشروع، أو من خلال الاستمارة الإلكترونية المتاحة على الموقع الإلكتروني.

[2] http://www.my-osd.org

[3] http://www.mpi-bremen.de



شكل 4

شكل 4

محتويات حقيبة اليوم الشخصي لجمع العينات من المحيط. تشمل قائمة المواد المتاحة في هذه الحقيبة جميع الأدوات اللازمة التي يحتاجها العلماء من المواطنين لجمع العينات من مياه المحيط التي يمكن إرسالها إلى المقرات الرئيسية للتحليل.

كل معلومة مهمة في نظرنا! فعلى سبيل المثال، قد تساعد البيانات التي جمعتها في عمل ملفٍ خاص حول درجة الحرارة في منطقة بحرية معينة، على نحو يجذب أنظار العلماء للقيام بدراسات متابعة في تلك المنطقة. وفي النهاية، ستتاح جميع المعلومات مجانًا للجميع على الإنترنت لمساعدة أجيال الباحثين والمواطنين. ويمثل يوما جمع العينات من المحيط في عامي 2014 و2015 مجرد انطلاق المشروع، ونأمل أن يشترك المزيد من الناس في الفعاليات القادمة في قادم السنوات!

المراجع

1. Amann, R. I., Ludwig, W., and Schleifer, K. H. 1995. Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. *Microbiol. Rev.* 59, 143–169.
2. Quast, C., Pruesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P., et al. 2013. The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. *Nucleic Acids Res*. 41, D590–D596. doi: 10.1093/nar/gks1219
3. Kopf, A., Bicak, M., Kottmann, R., Schnetzer, J., Kostadinov, I., Lehmann, K., et al. 2015. The ocean sampling day consortium. *Gigascience* 4, 27. doi: 10.1186/s13742-015-0066-5
4. Gilbert, J. A., Somerfield, P., Temperton, B., Huse, S., Joint, I., and Field, D. 2010. *Day-Length Is Central to Maintaining Consistent Seasonal Diversity in Marine Bacterioplankton*. Nature Precedings. Available at: http://precedings.nature.com/documents/4406/version/1
5. Creel, L. 2003. *Ripple Effects: Population and Coastal Regions*. Washington, D.C: Population Reference Bureau, Measure Communication.
6. Costello, M. J., Cheung, A., and De Hauwere, N. 2010. Surface area and the seabed area, volume, depth, slope, and topographic variation for the world's seas, oceans, and countries. *Environ. Sci. Technol*. 44, 8824–8828. doi: 10.1021/es1012752

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 10 ديسمبر 2021

حرره: Berend Smit, University of California Berkeley, USA

الاقتباس: Kopf A, Schnetzer J and Glöckner FO (2021) تعزيز فهمنا للميكروبات البحرية: القوى الدافعة للمحيطات! Front. Young Minds
doi: 10.3389/frym.2016.00001-ar

مُترجَم ومقتبس من: Kopf A, Schnetzer J and Glöckner FO (2016) Marine Microbes, the Driving Engines of the Ocean. Front. Young Minds 4:1.
doi: 10.3389/frym.2016.00001

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

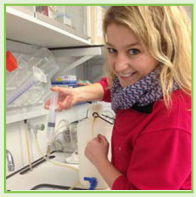
COPYRIGHT © 2016 © Kopf, Schnetzer and Glöckner 2021.
هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن 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

CONNISTON MIDDLE SCHOOL, العمر: 14-15

خذ 28 من العقول الشابة المبهرة، وأعطهم الأدوات لتحقيق التميز، ثم أبق بعيدًا عنهم، وراقبهم وهم يبدعون! هذه هي السمعة الطيبة للعلوم التجريبية التي تتميز بها مدرسة Conniston. يركز فصلنا الدراسي على تحليل العديد من مجالات العلوم ومراجعة التجارب، ولا سيما تصميم التجارب. كما نعمل أيضًا على التعلم القائم على حل المشكلة لإيجاد حلول لمشكلاتنا المعاصرة، على غرار مشروعنا الخدمي ''IB: المياه للهند``، حيث نعمل مع منظمة Water for People لبناء بنية تحتية مستدامة على أرض الواقع في المناطق الريفية لتوفير مياه الشرب والتحلية. نحن متحمسون للانضمام إلى مبادرة Frontiers for Young Minds لنتعلم عن مجال نشر العلوم.

المؤلفون



ANNA KOPF

أنا عالمة متخصصة في علم الأحياء الدقيقة الجزيئي تحت التدريب. في 2012، حصلت على درجة الدكتوراة في تخصص علم الأحياء الدقيقة البحري، وواصلت عملي في المجموعة البحثية للدكتور/Frank Oliver Glöckner في جامعة Jacobs، ومعهد ماكس بلانك للأحياء الدقيقة البحرية في بريمن، ألمانيا. وأدير حاليًا مشروع ''يوم جمع العينات من المحيط``، والذي يعتبر حملة عالمية عملاقة لتحديد تسلسل الحمض النووي لوصف التنوع الميكروبي في محيطات العالم.

JULIA SCHNETZER

طالبة جامعية في University of Cologne في ألمانيا، حصلت على درجة البكالوريوس في علم جينوم المرجان. وبعد تلقي عدد من دورات التدريب الداخلي في UC Merced (USA), STRI (Panama)، حصلت على درجة الماجستير في علم الأحياء الدقيقة البحري من معهد ماكس بلانك للأحياء الدقيقة البحرية في بريمن. وقد ركز بحثي على الفيروسات البحرية، ثم واصلت أبحاث الدكتوراة في مجموعة الدكتور/Frank Oliver Glöckner. وفي ديسمبر 2015، حصلت على درجة الدكتوراة، وكانت أطروحتي عن جمع ومشاركة وإثراء البيانات كجزء من يوم جمع العينات من المحيط، ومشروع علوم المواطنين MyOSD.

FRANK OLIVER GLÖCKNER

تدربت على علم الأحياء وعلم الأحياء الدقيقة الجزيئي في Technical University في ميونيخ وحصلت على درجة الدكتوراة في 1998. وحيث إن علم الأحياء قد أصبح علمًا يقوم على البيانات الكثيفة، قررت أن أوسع نطاق مهاراتي نحو علوم الحاسوب. وفي عام 2001، أصبحت رئيس مجموعة بحثية أسست حديثًا في معهد ماكس بلانك للأحياء الدقيقة البحرية في بريمن، والتي تركز على مجال المعلومات الحيوية: مزيج من علوم الحاسوب والأحياء الدقيقة. وفي عام 2004، أصبحت أستاذًا في مجال المعلومات الحيوية في Jacobs University في بريمن. أحب دائمًا أن أكتشف الأشياء الجديدة وأن أفكر "خارج الصندوق".
*fog@mpi-bremen.de

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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