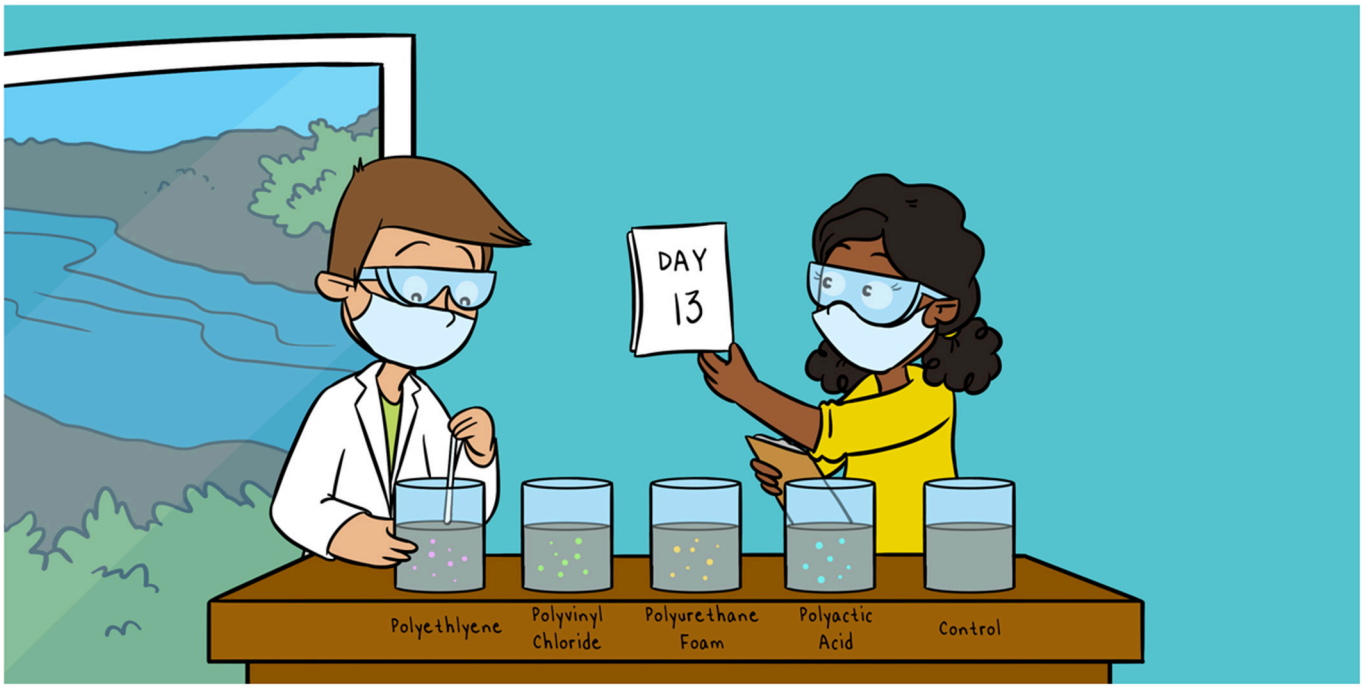
frontiers FOR YOUNG MINDS

الأرض ومواردها
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 28 فبراير 2022
doi: 10.3389/frym.2021.596923-ar



التلوث بالميكروبلاستيك وتأثيره على المجتمعات البكتيرية المائية المهمة

Meredith Evans Seeley*, Bongkeun Song and Robert C. Hale
Virginia Institute of Marine Science, William & Mary, Gloucester Point, VA, United States

اكتشف العلماء أن الميكروبلاستيك (الجسيمات البلاستيكية الصغيرة) يُلوث العديد من البيئات على النطاق العالمي، ويتضمن ذلك محيطاتنا وسواحلنا. وتَشُق بعض هذه المواد البلاستيكية طريقها وصولًا إلى بيئات بالغة الأهمية؛ مثل الرواسب الساحلية، أو طبقة الوحل الموجودة أسفل المياه. وتُعد هذه الرواسب بيئة خصبة للحياة البكتيرية المتنوعة، والتي تلعب دورًا رئيسيًّا في إعادة تدوير المواد الغذائية في النظم البيئية. وعلى الرغم من أن هذه البكتيريا سهلة التأثر بالتلوث البيئي، فإنها بالغة الأهمية للحصول على أنظمة بيئية صحية. ولسوء الحظ، لا نعرف سوى القليل عن الكيفية التي تتفاعل بها البكتيريا مع التلوث الناتج عن الميكروبلاستيك. ولذلك قُمنا بدراسة تأثير جسيمات الميكروبلاستيك المختلفة على البكتيريا التي تعيش في الرواسب البحرية، جنبًا إلى جنب مع الآثار المترتبة على ذلك والتي تلحق بعملية إعادة تدوير المواد الغذائية في البيئة. وقد اكتشفنا، وللمرة الأولى، قُدرة جسيمات الميكروبلاستيك المختلفة على إحداث اضطرابات ملحوظة في هذه المجتمعات البكتيرية، وفي دورة النيتروجين، وهو الأمر الذي يجب علينا دراسته بعناية وتعمق لنفهم آثاره الدائمة على بيئاتنا الطبيعية.

المراجعون الصغار:

LAUREL
العمر:9

SAMEEN
العمر:15

ZAINAB
العمر:12

التلوث الناجم عن الميكروبلاستيك

ربما قد تردد على مسامعك مصطلح **الميكروبلاستيك**، ولكنك ربما لا تعرف ما المقصود به، أو لماذا يتحدث الجميع عن هذه المواد. جسيمات الميكروبلاستيك عبارة عن مادة بسيطة التركيب؛ فهي تتكون من أجزاء صغيرة من البلاستيك، وعادة ما يكون عرضها 5 ملليمترات (ما يضاهي حجم الممحاة الموجودة في الأقلام الرصاص)، أو أصغر. ويُمكن تصنيع البلاستيك بحيث يصير في حجم الميكروبلاستيك، مثل الحُبيبات الصغيرة التي تُضاف إلى مُنتجات العناية بالبشرة، أو معجون الأسنان. ولكننا نحصل عادة على جسيمات الميكروبلاستيك من تفكك الأجزاء البلاستيكية الأكبر. ويُعد هذا صحيحًا بالأخص في بيئة المحيطات؛ حيث تتراكم الكثير من النفايات البلاستيكية مع مرور الوقت، ويؤدي تعرضها للرياح والأمواج وضوء الشمس إلى تفككها وتكوّن جسيمات الميكروبلاستيك [1]!

الميكروبلاستيك (MICROPLASTIC)

جسيمات بلاستيكية عادة ما يكون أكبر قطر لها 5> ملليمترات. وتتكون هذه الجسيمات جراء تفكُّك الأجزاء البلاستيكية الأكبر الموجودة في البيئة.

وفي حين أن ذلك يبدو بسيطًا، تتسم جسيمات الميكروبلاستيك الموجودة في البيئة بالتعقيد الشديد. ويرجع هذا إلى وجود أنواع كثيرة ومختلفة من البلاستيك. وتُعرف الوحدة البنائية، أو البنية الأساسية لأي مادة بلاستيكية باسم **البوليمرات**. وعادة ما تُسمى الأنواع الشائعة من البلاستيك على اسم البوليمر المكون لها؛ مثل البولي إيثيلين، أو البولي فينيل كلوريد. وفضلًا عن ذلك، عادة ما تُضاف بعض المواد الكيميائية الأخرى لتُمكِن المُنتجات البلاستيكية من تأدية الغرض المصنوعة لأجله. وتتسم هذه المواد المضافة بالتنوع، ويمكن أن تتضمن - على سبيل المثال - صبغات الألوان. ولذلك، يستحيل وجود تطابق بين نوعين من جسيمات الميكروبلاستيك [2].

البوليمر (POLYMER)

جزيئات كيميائية كبيرة تُشكل الوحدات البنائية للمواد البلاستيكية، والتي تُسمى عادة "البنية الأساسية" البلاستيكية.

وفي السنوات الأخيرة، اكتشف العلماء انتشار التلوث الناجم عن جسيمات الميكروبلاستيك، كما وجدوا أنه آخذ في الازدياد نتيجة ارتفاع الكثافة السكانية، وزيادة استخدام المواد البلاستيكية. تتواجد جسيمات الميكروبلاستيك في المُحيطات، والبحيرات، والأنهار، والتربة، وعلى قمم الجبال البعيدة، وداخل أنهار الجليد، وعالقة في الهواء [1]! وفي البيئات المائية، تتراكم جسيمات الميكروبلاستيك في **الرواسب**؛ وهي طبقات الوحل والطين التي تستقر في القاع تحت المياه. تعيش العديد من الحيوانات المختلفة في الرواسب، وغالبًا ما تتفاعل مع التلوث الناجم عن جسيمات الميكروبلاستيك. ولطالما حاول العلماء فهم التأثيرات المحتمل أن تُسببها جسيمات الميكروبلاستيك المختلفة على الكائنات الحية [1].

الرواسب (SEDIMENT)

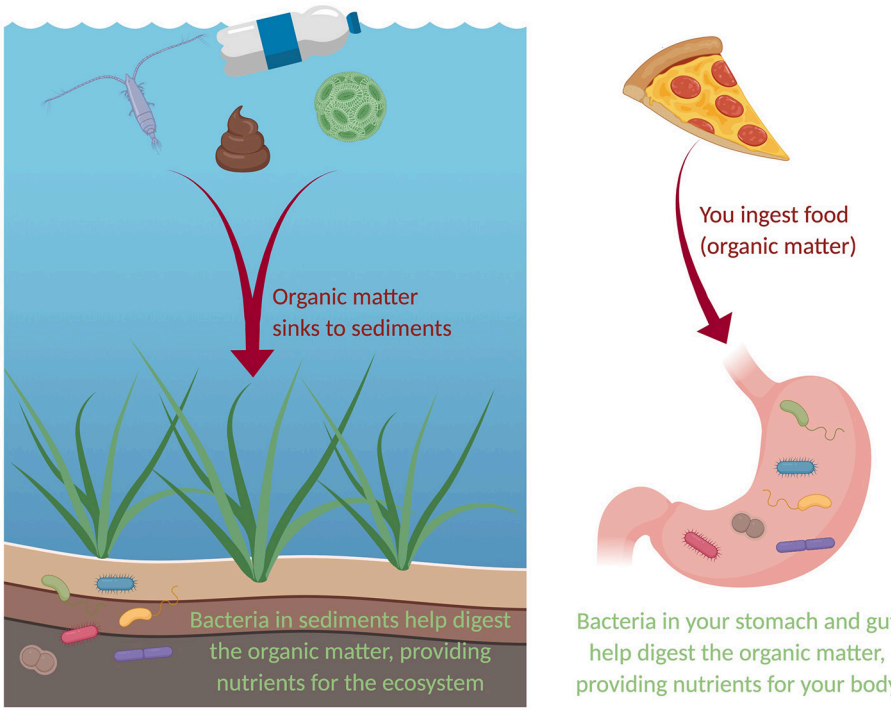
طبقات الطين والرمال التي تتواجد وتستقر تحت المياه.

المجتمعات البكتيرية التي تقطن الرواسب

في حالة قمت بدراسة الرواسب الموجودة في التيارات والبحيرات والأنهار؛ ستكتشف العديد من الكائنات الحية التي تعيش في هذه الرواسب؛ مثل الديدان، والرخويات، والسرطان على سبيل المثال لا الحصر. ولكن إذا قمت بدراستها باستخدام المجهر، فستجد أيضًا مجتمعات غنية بالميكروبات (أي كائنات حية لا تُرى بالعين المُجردة)! تُعد البكتيريا من الميكروبات التي تتواجد بكثرة في الرواسب. وتتعايش آلاف الأنواع من البكتيريا معًا لتُشكِل **المجتمعات البكتيرية**. ويصف العلماء المجتمعات البكتيرية التي تعيش في الرواسب حسب أصناف أنواعها، ووفق العدد الموجود من كل نوع. وبالوقت نفسه، تؤدي هذه المجتمعات البكتيرية وظائف مُهمة للغاية للنظام البيئي بأكمله. أحد هذه الأدوار التي تؤديها المجتمعات البكتيرية هو تحويل المُغذيات. تحتاج النباتات والحيوانات إلى المُغذيات (ويتضمن ذلك البشر) لبناء الجزيئات الحيوية الضرورية، بما في ذلك البروتينات والحمض النووي.

المجتمعات البكتيرية (BACTERIAL COMMUNITY)

هي مجموعة من الأنواع البكتيرية المختلفة التي تعيش في نفس البيئة.



شكل 1

شكل 1

تؤدي البكتيريا الموجودة في الرواسب والموجودة في قناتك الهضمية نفس الدور؛ وهو المُساعدة في مُعالجة المُغذيات! يوضح الجزء الأيسر من الشكل كيفية عمل البكتيريا في البيئات المائية؛ حيث تُعالج المواد العضوية (بشكل عام الكائنات الحية الميتة، والنفايات، ومؤخرًا المواد البلاستيكية) بواسطة البكتيريا التي تعيش في الرواسب. بينما يُقارنها الجزء الأيمن بقناتك الهضمية؛ حيث تُساعد البكتيريا على مُعالجة المواد العضوية (أي الطعام) التي تأكلها كل يوم! (صُمم بواسطة BioRender.com).

وبالمناسبة، أنت تحصل على المُغذيات الموجودة في الطعام بمُساعدة البكتيريا الموجودة في قناتك الهضمية. ولذلك عند تناول الطعام، تُساعد البكتيريا الموجودة في جهازك الهضمي على هضم الطعام؛ للحصول على المُغذيات التي يحتاجها جسدك. وتؤدي البكتيريا التي تعيش في الرواسب نفس الدور لصالح الكائنات الحية التي تعيش في المياه. وعندما تغوص المواد العضوية، مثل الكائنات الميتة أو الفضلات لتندمج مع الرواسب؛ تظل معظم المُغذيات عالقة في الداخل، ويكون من غير الممكن استخدامها بواسطة الكائنات الحية الأخرى. ولكن تعمل البكتيريا التي تعيش في الرواسب على تفكيك المواد العضوية؛ حيث تُحرر المُغذيات لتستفيد منها هي والكائنات الحية الأخرى (الشكل 1). وفي الوقت ذاته، تحرص البكتيريا على عدم وجود كمية كبيرة من نوع بعينه من المُغذيات؛ لأن ذلك قد يُسبب ضررًا. وهكذا، تؤثر المُجتمعات البكتيرية على تنوع الكائنات الحية الأعلى رتبة وصحتها، والتي تستطيع العيش في هذه البيئة.

دورة النيتروجين التي تحدُث في الرواسب

النيتروجين هو واحد من أهم المغذيات، وتعمل البكتريا القاطنة في الرواسب على تنظيم مستوياته [3]. ولأن دورة النيتروجين مُعقدة، سنُركز على القليل من سماتها. تحتوي العديد من المواد الكيميائية الموجودة في الرواسب أو المياه على النيتروجين، ويتضمن ذلك الأمونيوم (NH_4^+)، والنيترات (NO_3^-). تستطيع الأنواع المختلفة من البكتيريا تحويل هذه المُركبات من شكلٍ إلى آخر. تُعد عمليتا **تثبيت النيتروجين** و**نزع النيتروجين** من التحولات بالغة الأهمية التي تحدث في الرواسب. وتمتلك العمليتان القدرة على العمل معًا لتحويل الأمونيوم إلى نيترات من خلال عملية تثبيت النيتروجين، وتحويل النيترات إلى غاز النيتروجين ثنائي الذرات (N_2)؛ من خلال عملية نزع النيتروجين (الشكل 2A).

النيتروجين (NITROGEN)

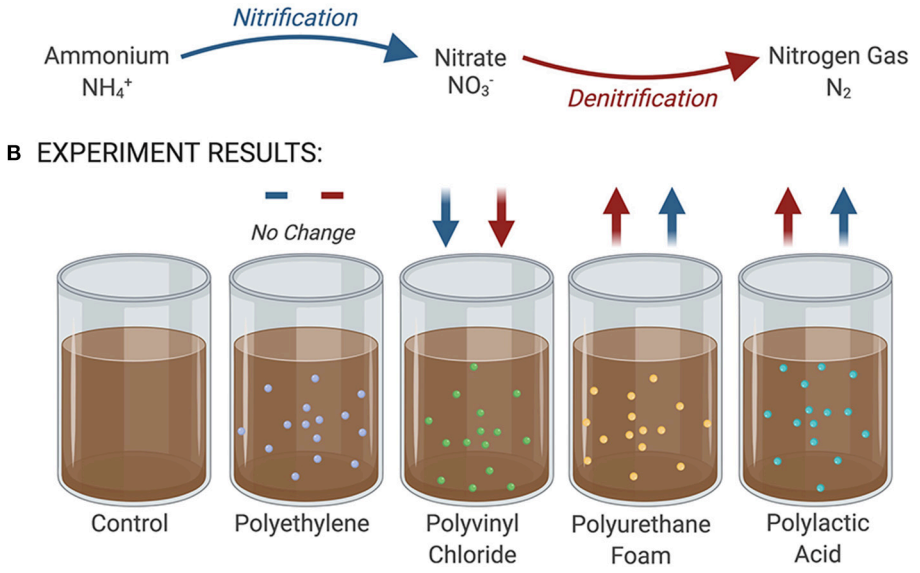
عنصر أساسي يُستخدم لتكوين العديد من المركبات الضرورية لبقاء الكائنات الحية ونجاتها.

عملية تثبيت النيتروجين (NITRIFICATION)

هي عملية تقوم بتحويل أحد أشكال النيتروجين، وهو الأمونيوم ($NH4^+$)، إلى شكل آخر، وهو النيترات ($NO3^-$). وتحدث هذه العملية بمساعدة الميكروبات.

عملية نزع النيتروجين (DENITRIFICATION)

هي عملية تقوم بتحويل أحد أشكال النيتروجين، وهو النيترات ($NO3^-$)، إلى شكل آخر، وهو غاز النيتروجين (N_2). وتحدث هذه العملية بمساعدة الميكروبات.



شكل 2

شكل 2

(A) المكونات الرئيسية لدورة النيتروجين التي تحدث في الرواسب المائية. **(B)** التغيرات التي تطرأ أثناء عملية تثبيت النيتروجين (الأزرق) وعملية نزع النيتروجين (الأحمر)، والتي نراها في تجربتنا، والتي توضح الكائنات الدقيقة الموجودة في كل نوع من المواد البلاستيكية المُضافة إلى الرواسب. عززت جسيمات الميكروبلاستيك الموجودة في كل من حمض البولي لاكتيك ورغوة البولي يوريثان عمليتي تثبيت النيتروجين ونزع النيتروجين، فيما قلل البولي فينيل كلوريد كلتا العمليتين، وعلى النقيض لم يُحدث البولي إيثيلين أي تغير ملحوظ في كلتا العمليتين مُقارنة بوعاء التحكم عند عدم إضافة أي نوع من جسيمات الميكروبلاستيك (صُمم بواسطة BioRender.com).

يتوقف الحصول على المستوى المناسب من الأمونيوم والنيترات في أي نظام بيئي على وجود البكتيريا المناسبة بالكميات المناسبة. ويؤدي اختلال توازن هذه التوليفة إلى حدوث تغير أو وقوع ضرر في النظام البيئي. وعلى وجه التحديد، يجب أن توجد كمية كافية من البكتيريا لإنهاء عملية تثبيت النيتروجين وعملية نزع النيتروجين للتخلص من الأمونيوم الزائد (والذي من شأنه أن يحدث ضررًا في البيئة)، ولكن ليس المقصود بذلك وجود كمية كبيرة جدًا من شأنها التخلص من الأمونيوم نهائيًّا (والذي يُعد، عند توفر الكمية المناسبة منه، من المُغذيات المهمة للكائنات الحية). وتتمتع كل أنواع البكتيريا اللازمة لإتمام مختلف خطوات دورة النيتروجين بشفرة وراثية مختلفة. ويمتلك العلماء القدرة على قراءة هذه الشفرة؛ مما يساعدهم على معرفة أنواع البكتيريا الموجودة في الرواسب، وماهية الأدوار التي تؤديها خلال عملية إعادة تدوير المغذيات. وقد قررنا استخدام هذه الأداة لطرح سؤالين مهمين.

تجربتُنا

السؤالان المطروحان هما: هل تُسبب جسيمات الميكروبلاستيك الموجودة في الرواسب تغيرًا في تركيب المجتمعات البكتيرية؟ وإذا كان هذا صحيحًا، فهل يؤثر ذلك على أنشطة تحويل النيتروجين؟ وللإجابة عن هذين السؤالين، أعددنا تجربة! حيث جمعنا رواسب من مُستنقع محلي، ووزعناها على أوعية، ثم أضفنا المياه لننشئ نسخًا مطابقة مُصغرة من النظام البيئي الطبيعي، وهو ما يُسمى **بالعالم المصغر**. وقمنا بإضافة أربعة أنواع مختلفة من جسيمات الميكروبلاستيك للرواسب في الأوعية المختلفة؛ وهي: البولي إيثيلين، والبولي فينيل كلوريد، ورغوة البولي يوريثان، وحمض البولي لاكتيك. تكونت جسيمات الميكروبلاستيك هذه بعد طحن قطع أكبر من المواد البلاستيكية في مطحنة مُخصصة. وتُستخدم هذه الجسيمات لأغراض متنوعة، ولهذا السبب تشتمل على أنواع مختلفة من البوليمرات والمواد المضافة التي قد تؤثر بشتى الطرق على المجتمعات البكتيرية. ولقد أحضرنا وعاءً بدون إضافة أي جسيمات ميكروبلاستيك لنبين لك الوضع الطبيعي. وهذا ما يُسمى بالتجربة الضابطة أو وعاء التحكم. وتمت مُراقبة الأوعية لأكثر من 16 يومًا.

العالم المُصغر (MICROCOSM)

نسخة مطابقة مصغرة من البيئة الطبيعية، يستخدمها العلماء للإجابة عن الأسئلة التي تطرحها الأبحاث عن التغيرات الناتجة عن مختلف العوامل في هذه البيئة.

وحللنا المجتمعات البكتيرية التي تعيش في الرواسب قبل التجربة، وأثنائها، وبعدها؛ عن طريق قراءة الشفرات الوراثية للبكتيريا الموجودة في كل كائن دقيق. أولًا، استخدمنا هذه المعلومات لتمييز المجتمعات البكتيرية؛ بغرض معرفة الأنواع الموجودة، ومدى وفرتها؟ وبعد ذلك، بحثنا بشكل خاص عن أجزاء الشفرة الوراثية المسؤولة عن عملية تثبيت النيتروجين، وعملية نزع النيتروجين. وقارنا ما توصلنا إليه فيما يتعلق بالكائنات الدقيقة المُختلفة؛ لنرى ما إذا كانت جسيمات الميكروبلاستيك قد أحدثت تغيرًا في المجتمعات البكتيرية أو دورة النيتروجين، أم لا.

واكتشفنا أن المجتمعات التي تحتوي على جسيمات ميكروبلاستيك تختلف كليًّا عن تلك الموجودة في وعاء التحكُّم في التجربة الضابطة، وأن أنواع البوليمر المختلفة أدت إلى تغيرات مختلفة! ووجدنا أيضًا أن جسيمات الميكروبلاستيك أثرت على أنشطة دورة النيتروجين؛ أي أنها غيرت من الكمية المتوفرة من الأنواع القادرة على إجراء عملية تثبيت النيتروجين وعملية نزع النيتروجين. ووجدنا -في نهاية التجربة - أن الرواسب التي تفاعلت مع البولي فينيل كلوريد قد تعرضت للتغير الأكبر في مجتمعاتها البكتيرية. كما انخفضت وتيرة عملية تثبيت النيتروجين وعملية نزع النيتروجين بشكل ملحوظ في الرواسب التي وضعت معها جسيمات الميكروبلاستيك التي تتكون من البولي فينيل كلوريد. وعلى النقيض من ذلك، ازدادت وتيرة عملية تثبيت النيتروجين، وعملية نزع النيتروجين في النماذج المصغرة التي تحتوي على جسيمات حمض البولي لاكتيك ورغوة البولي يوريثان. وتطابقت نتائج النماذج الصغيرة التي احتوت على جسيمات بلاستيك من البولي إيثيلين مع وعاء التحكم الخاص بنا، مُوحِيَةً بأن هذه المادة البلاستيكية لم تؤثر على المجتمعات البكتيرية التي تعيش في الرواسب بنفس قدر تأثير الجسيمات البلاستيكية الأخرى (الشكل 2B). تُبين لنا هذه التجربة بأن التلوث الناتج عن جسيمات الميكروبلاستيك قد يؤثر على المجتمعات البكتيرية المُهمة، وعلى دورة النيتروجين.

لماذا يُعد هذا مُهمًّا؟

لطالما عرف العلماء بأن الرواسب تلعب دورًا مهمًّا في إعادة تدوير المغذيات بالاستعانة بالبكتيريا القاطنة فيها. كما تلعب عملية إعادة تدوير المغذيات دورًا بالغ الأهمية لصالح الكائنات الحية التي تعيش في الرواسب، وكذلك الكائنات الحية التي تعيش في المياه القابعة فوق الرواسب. اكتشف العلماء مؤخرًا أن كميات كبيرة من جسيمات الميكروبلاستيك تلوّث الرواسب المائية عالميًّا، ويعُد بحثنا بمثابة أول تقرير يبين قدرة جسيمات الميكروبلاستيك على التأثير على المجتمعات البكتيرية التي تعيش في الرواسب؛ مما يؤثر بدوره على أنشطة دورة النيتروجين الخاصة بها. ولذلك فإن توازن دورة النيتروجين في الرواسب يُبقي المغذيات في مستويات مناسبة لصحة الحيوانات الموجودة، ويتضمن ذلك الديدان، والأسماك، والعوالق النباتية، والأعشاب المائية! ومن خلال هذه المعرفة، نستطيع الاستمرار في طرح أسئلة بحثية مهمة: أي أنواع البلاستيك تُسبب آثارًا أكثر ضررًا؟ هل يحدث هذا الضرر بسبب البوليمر، أم المواد المضافة؟ وما كمية البلاستيك التي يتعين تواجدها في هذه الرواسب لتؤثر على المجتمعات البكتيرية؟ فقط عندما نكتسب تلك المعرفة، يُمكن للعلماء التعاون مع واضعي السياسات بهدف المساعدة في حماية المناطق الساحلية من التأثيرات المضرة التي يسببها التلوث الناجم عن جسيمات الميكروبلاستيك.

تتكون معظم جسيمات الميكروبلاستيك جراء عملية تفكُّك القطع الأكبر من المواد البلاستيكية الموجودة في الطبيعة. فإذا أردنا أن نمنع التلوث بهذه الجسيمات؛ فيجب علينا أن نمنع التلوث البلاستيكي! ولكن لاحظ أن ظاهرة التلوث البلاستيكي لا تحدث فقط عند التخلص من النفايات الخاصة بنا. بل يُنتج البشر العديد من النفايات البلاستيكية، وأحيانًا تتسرب هذه النفايات إلى

البيئة قبل أن تصل حتى إلى مكب النفايات. ويحدث ذلك لأننا نضع في سلة المُهملات أكثر من طاقة استيعابها، أو عن طريق سقوط حقيبة النفايات من على الشاحنة، أو بسبب النفايات التي تجرفها العواصف باتجاه البحيرات، أو المحيطات، أو الأنهار المحلية. وبذلك، إذا قللنا نسبة النفايات البلاستيكية؛ فلن يتواجد الكثير منها ليتسرب إلى البيئة. وربما يتبادر إلى ذهنك بعض السُّبل التي تستطيع من خلالها تقليل كمية النفايات البلاستيكية التي تخلفها يوميًّا، أو الأماكن التي يمكن إحكام السيطرة عليها من أجل الحد من النفايات البلاستيكية التي تتسرب منها إلى البيئة. وكلاهما خطوتان مهمتان في مساعي الحد من التلوث الناجم عن جسيمات الميكروبلاستيك!

إقرار

نتقدم بخالص الشكر إلى مؤسسة عائلة فريمان على دعمها المُقدم عبر معهد فرجينيا للعلوم البحرية، زمالة عائلة فريمان. كما نُثمن منحنا جائزة بلوميري لتميز أعضاء هيئة التدريس التي تُقدمها جامعة وليام وميري وقسم الدراسات الأكاديمية. وهذه المساهمة هي رقم 3965 من معهد فيرجينيا للعلوم البحرية وجامعة وليام وميري. صُممت الصور جزئيًّا باستخدام الموقع biorender.com.

مقال المصدر الأصلي

Seeley, M. E., Song, B., Passie, R., and Hale, R. C. 2020. Microplastics affect sediment microbial communities and nitrogen cycling. *Nat. Commun.* 11:2372. doi: 10.1038/s41467-020-16235-3

المراجع

1. Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L., and Zeng, E. Y. 2020. A global perspective on microplastics. *J. Geophys. Res. Ocean* 125:e2018JC014719. doi: 10.1029/2018JC014719
2. Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Earn, A., Bucci, K., et al. 2019. Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. *Environ. Toxicol. Chem.* 38:703–11. doi: 10.1002/etc.4371
3. Ward, B. B., and Jensen, M. M. 2014. The microbial nitrogen cycle. *Front. Microbiol.* 5:553. doi: 10.3389/fmicb.2014.00553

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 28 فبراير 2022

حرره: Carolyn Scheurle

مرشدو العلوم: Usman Atique, Lynette Cheah

الاقتباس: Seeley ME, Song B and Hale RC (2022) التلوث بالميكروبلاستيك وتأثيره على المجتمعات البكتيرية المائية المهمة. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2021.596923-ar

مُترجَم ومقتبس من: Seeley ME, Song B and Hale RC (2021) Can Microplastic Pollution Change Important Aquatic Bacterial Communities? Front. Young Minds 9:596923. doi: 10.3389/frym.2021.596923

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 © 2021 © Seeley, Song and Hale 2022.
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

LAUREL, العمر: 10
أحب قراءة كتب "هاري بوتر". وشخصياتي المُفضلة هما جيني وهيرميون. كما أحب الحيوانات. وموادي المفضلة في المدرسة هي الفنون، والموسيقى، والعلوم، والرياضيات.

SAMEEN, العمر: 15
مرحبًا، أنا ساميين من دولة باكستان، ولدي شغف كبير تجاه العلوم، وأحب دراسة علم الأحياء أكثر من غيره. كما أحب أن أستكشف العمليات المُتعلقة بالبيئة، وخصوصًا ما يتعلق بالأنظمة البيئية المائية. وأحب قراءة المقالات العلمية في الجرائد، وتعلُّم لغات جديدة. بالإضافة إلى ذلك، أشارك أيضًا في نوادٍ مناصرة للبيئة، كما أقوم برحلات ميدانية. وتتملكني الرغبة في دراسة النظم البيئية النهرية، وعلم الأحياء الجزيئي حينما أكبر.

ZAINAB, العمر: 12
مرحبًا، أُدعى زينب، وأعيش في قرية صغيرة. وأنا مُتحمسة لدراسة العلاقات القائمة بين الأنواع والتغييرات البيئية، ويُعتبر هذا هو سبب حبي لتعلم حقائق متعلقة بالأنواع والخواص الحيوية في النظام البيئي. وبعيدًا عن ذلك، أريد التعلم عن تاريخ الأنواع، وبيئتهم. كما أنني أحب فكرة الذهاب إلى الريف، ورؤية تنوع النباتات الأرضية، وأنواع الحيوانات. كما أقوم بأنشطة تعلُّم مُتعلقة بعلم الأحياء والنظم البيئية عبر الإنترنت.

المؤلفون

MEREDITH EVANS SEELEY
عالمة متخصصة في علوم البحار، ومُهتمة بمصير الملوثات، وآثارها، خصوصًا جسيمات الميكروبلاستيك. وحاليًّا، هي طالبة في مرحلة الدكتوراة في معهد فيرجينيا للعلوم البحرية. وحصلت على شهادة الماجستير في موضوع تسرب النفط من معهد العلوم البحرية بجامعة تكساس. وهي مُهتمة باستخدام بحثها؛ للوصول إلى سياسة تحمي وتصون نُظمنا البيئية المُحيطية في مواجهة تأثير البشر المُتزايد. وفي وقت فراغها، تحب السفر واكتشاف الأماكن المفتوحة الجديدة. meseeley@vims.edu*

BONGKEUN SONG

هو أستاذ مُساعد في مجال العلوم البحرية في معهد فيرجينيا للعلوم البحرية وكلية وليام وميري. حصل على درجة الدكتوراة في العلوم البيئية من جامعة روتجرز، وهي جامعة ولاية نيو جيرسي. ودَرَسَ مجموعة كبيرة من الموضوعات البحثية، ويتضمن ذلك استجابات الميكروبيوم للاضطرابات الطبيعية والناجمة عن البشر، وأدوار الميكروبيومات في صحة الكائنات الحية البحرية، والميكروبات الجديدة والعمليات التي تحدث في دورة النيتروجين البيوجيوكيميائية، والتنظيم الميكروبي لانبعاثات غازات الدفيئة من التربة، والتلوث الناجم عن جسيمات الميكروبلاستيك في البيئات الطبيعية والصناعية.

ROBERT C. HALE

أستاذ جامعي في مجال العلوم البحرية، يعمل في معهد فيرجينيا للعلوم البحرية وكلية وليام وميري. حصل على درجة الدكتوراة من جامعة وليام وميري في مجال فحص مستوى الملوثات وعواقبها على القشريات البحرية. خلال سنوات البحث الـ 37 الماضية، انصب معظم تركيزه على البيئات المائية، ولكن تضمنت اهتماماته البحثية الأنظمة البشرية والبرية لوجود علاقة بينها. ويجمع روب في عمله بين الكيمياء وعلم الأحياء وعلم السموم، ويستخدم تقنيات التحليل الكيميائي لتعقب الملوثات التي تتضمن المُلوثات القديمة والجديدة الناشئة؛ مثل جسيمات الميكروبلاستيك، والمواد المضافة البوليمرية.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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