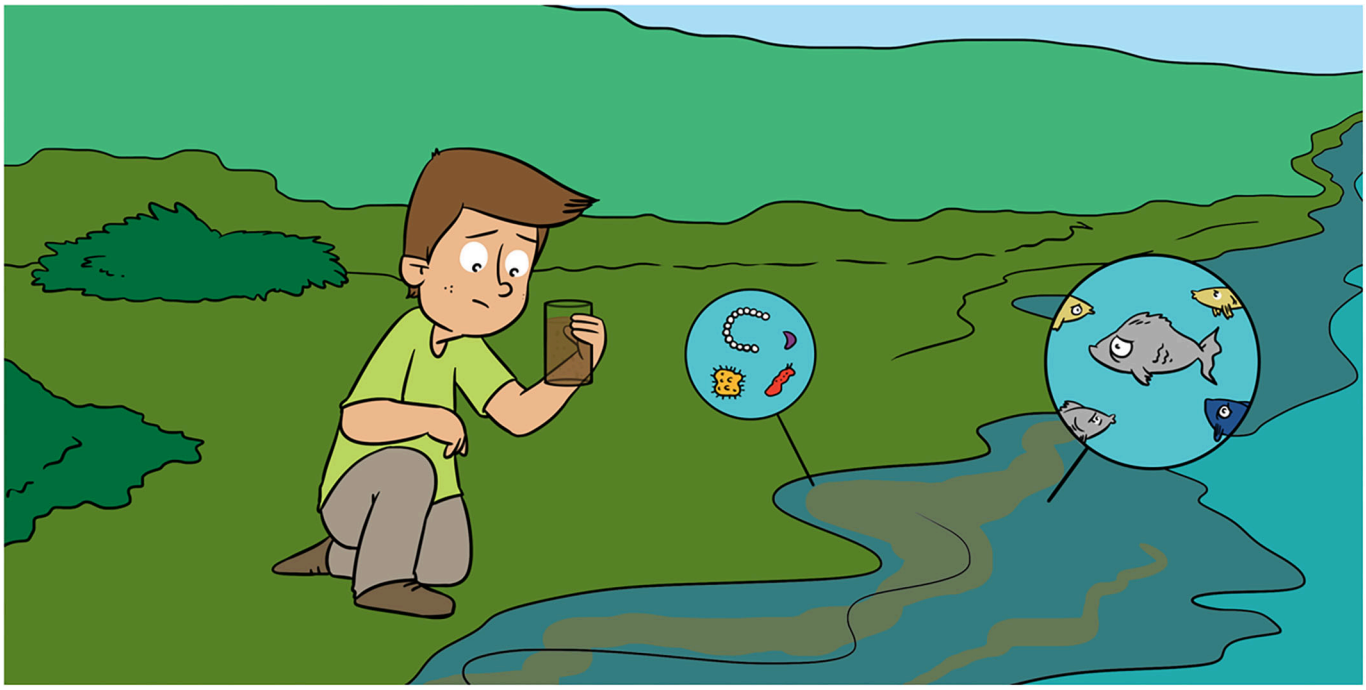
الأرض ومواردها
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 12 مايو 2023
doi: 10.3389/frym.2021.611976-ar



وقود الحياة في المياه: العوالق النباتية في مصّب نهر سان فرانسيسكو

Alexander E. Parker [1*] و ***Peggy W. Lehman*** [2*]
[1]قسم العلوم والرياضيات، الأكاديمية البحرية بجامعة ولاية كاليفورنيا، فاليجو، كاليفورنيا، الولايات المتحدة
[2]قسم الخدمات البيئية بإدارة الموارد المائية بكاليفورنيا، غرب ساكرامنتو، كاليفورنيا، الولايات المتحدة

ربما تكون العوالق النباتية هي أهم الكائنات المائية التي لم ترها من قبل! فتكاد تكون العوالق النباتية غير مرئية، ولكنها تستخدم ضوء الشمس وثاني أكسيد الكربون والمغذيات لإنتاج السكريات التي تغذي الشبكة الغذائية في مصب نهر سان فرانسيسكو. وتكمن أهمية كمية نمو العوالق النباتية في أنها غذاء الحيوانات المائية مثل العوالق الحيوانية والأسماك. ويراود العلماء العاملون في مصب نهر سان فرانسيسكو شعورًا بالقلق إزاء انخفاض نمو العوالق النباتية، وتضور بعض الحيوانات جوعًا بحثًا عن الغذاء. ومن الصعب قياس نمو العوالق النباتية بسبب انخفاض معدل النمو وسرعة تغيّر ظروف المياه التي تتحكم في النمو. وعلى هذا الأساس، ابتكر العلماء معادلة رياضية -تُسمى النموذج- تجمع بين عدد العوالق النباتية المحتمل نموها وكمية ضوء الشمس وكدر الماء لتقدير نمو العوالق النباتية كل يوم. ويستطيع العلماء -بهذه الطريقة- تحديد المكان والزمان المُتاح فيه الطعام لدعم الحياة في مصب نهر سان فرانسيسكو.

المراجعون الصغار

SCUOLA EUROPEA DI VARESE

العمر: 11–12

ما سبب أهمية العوالق النباتية لمصبات الأنهار؟

ربما تكون العوالق النباتية (التي تُسمى أيضًا الطحالب) هي أهم الكائنات المائية التي لم ترها من قبل! ويرجع هذا إلى أن معظم العوالق النباتية صغيرة للغاية لدرجة أنك لن تتمكن من رؤيتها بعينيك. وستحتاج إلى صف 5 إلى 100 من العوالق النباتية لتعادل عرض شعرة الإنسان! والعوالق النباتية هي كائنات حية تشبه النبات (نباتية) تطفو (عوالق) في الماء. وسبب أهميتها أنها مثل مصانع السكر الصغيرة التي تستخدم المواد الخام من حولها لصنع طعام للحيوانات في المصّب. ويُطلق على العملية التي تستخدمها لصنع هذا الطعام اسم عملية التمثيل الضوئي. وتستخدم عملية التمثيل الضوئي ثاني أكسيد الكربون والمغذيات إلى جانب ضوء الشمس لصنع أطعمة سكرية تدعم الحياة الحيوانية الموجودة في مصب نهر سان فرانسيسكو.

وللعوالق النباتية العديد من الأشكال الجميلة ولها ميزات مذهلة تساعدها على العيش في المصب. فقد تبدو مثل قلادة أو هلال أو حتى نجوم. وللطحالب المشطورة (الدياتومات) «صدفة» خارجية صلبة مصنوعة من السيليكا، وهي مادة الزجاج نفسها (شكل 1A,C,D). وتمنحها صدفاتها الزجاجية القوة الكافية للصمود أمام تأثير الرياح والأمواج. وتصنع الطحالب المشطورة زيتًا لمساعدة هذه الأصداف الثقيلة على الطفو. ولأن الزيت أخف من الماء ولا يختلط به، تطفو الطحالب المشطورة ولا تغرق. والعوالق النباتية الأخرى التي تُسمى الطحالب الخضراء هي الأقرب شبهًا بالنباتات (شكل 1B,E,F). فغالبًا ما تكون كرات مستديرة أو شبيهة بالخيط، وهي خضراء زاهية بسبب وفرة الصبغة التي تُسمى الكلوروفيل-أ التي تمتص ضوء الشمس. وقد تطورت جميع النباتات الموجودة على سطح الأرض اليوم من الطحالب الخضراء. أما الزراقم، فهي نوع من البكتيريا التي تحتوي على صبغة زرقاء مخضرة تُسمى السماوي (شكل 1G,H). ومثل العوالق النباتية تمامًا، تستخدم الزراقم أيضًا عملية التمثيل الضوئي لإنتاج السكريات اللازمة لشبكة الغذاء. وكانت الزراقم هي أول الكائنات الحية على وجه الأرض التي تستخدم عملية التمثيل الضوئي، منذ أكثر من 3 مليار سنة! وللسوطيات الدوارة العديد من الأشكال، وغالبًا ما تكون صفراء أو ضاربة إلى الحمرة، وتكون مغطاة أحيانًا بدرع يشبه الصفيحة (شكل 1I). ويسمح الذيلان الشبيهان بالسوط للسوطيات الدوارة بالسباحة بسرعة في اتجاهات عديدة. ويستخدم العديد من السوطيات الدوارة عملية التمثيل الضوئي لإنتاج السكريات، ومع ذلك يمكنها التغذي أيضًا على العوالق الصغيرة الأخرى.

وتنمو العوالق النباتية جيدًا في مصبات الأنهار حيث تُحتجز المياه داخل مناطق ضحلة دافئة، يكثُر فيها ضوء الشمس وثاني أكسيد الكربون اللازمان للنمو. وتغذي العوالق النباتية العديد من الحيوانات في الشبكة الغذائية للمصب، بما في ذلك الأسماك. وغالبًا ما يُشار إلى مصبات الأنهار بأنها «محاضن» لصغار الأسماك بسبب وفرة الطعام الذي يمكنهم التغذي عليه من أجل النمو. لكن، تُعد بعض العوالق النباتية مُغذية أكثر من غيرها، ولذلك يسعى علماء مصايد الأسماك والأشخاص المهتمون بالصيد إلى فهم كيفية زراعة المزيد من العوالق النباتية المُغذية، بحيث يمكنهم تربية المزيد من الأسماك.

مصّب النهر (Estuary)

هو مكان التقاء النهر بمياه المحيط وهو يتحرك إلى الداخل على طول الأنهار بسبب المد. والمد والجزر هما الارتفاع والانخفاض اليومي لمياه المحيط بسبب جذب القمر والشمس.

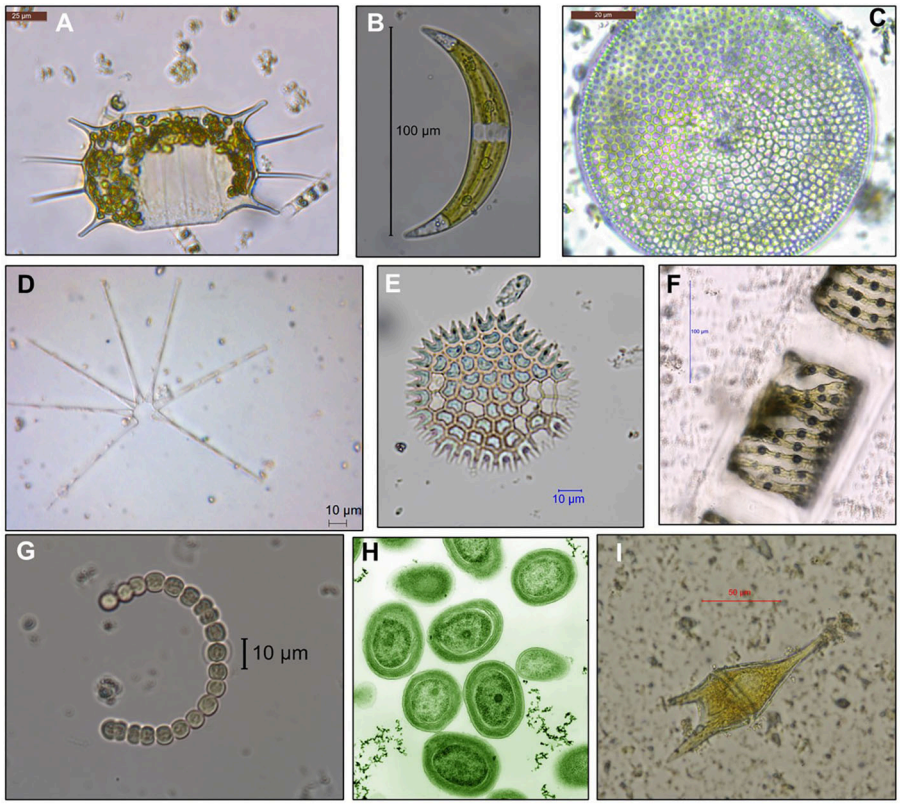
عملية التمثيل الضوئي (Photosynthesis)

هي عملية تستخدمها النباتات والطحالب وبعض البكتيريا، حيث تستغل طاقة الشمس وغاز ثاني أكسيد الكربون الذي تستمده من الهواء لإنتاج السكريات التي يمكنها استخدامها للنمو.

الكلوروفيل-أ (Chlorophyll-A)

هي صبغة خضراء في النباتات والعوالق النباتية تستمد الطاقة من الشمس لإجراء عملية التمثيل الضوئي.

بيد أن العوالق النباتية في مصب نهر فرانسيسكو مثار قلق لدى العلماء، لأنها لا تنمو بصورة جيدة هناك مقارنةً بالعديد من المصبات الأخرى [1].



شكل 1

شكل 1

أمثلة على العوالق النباتية في مصبات الأنهار، بما في ذلك الطحالب المشطورة **(A, C, D)** والطحالب الخضراء **(B, E, F)** والزراقم **(G, H)** والسوطيات الدوارة **(I)**: **(A)** أودونتيلا، **(B)** كلوستيريام، **(C)** كوسينيديسكس، **(D)** أستريونيلا، **(E)** بيدياستروم بورينام، **(F)** سبايروجيرا ماكسيما، **(G)** أنابينا، **(H)** بروكلوروكوكوس، **(I)** كيراتيوم فوركا. مقياس الرسم هو ميكرونات (ميكرومتر). يساوي الميكرومتر الواحد واحدًا من المليون من المتر [الفضل في إعداد الصور: جميع الصور باستثناء الصورة **(E)** مُقدمة من إدارة الموارد المائية بكاليفورنيا (T. Brown). أما الصورة **(E)** فقد أعدها E. Barry H.F. من Luke Thompson مختبر تشيشولم Nikki Watson من معهد وايتهيد التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وحصلنا عليها من ويكيميديا كومنز روزن، المجال العام، عبر ويكيميديا كومنز].

أحد الأسباب الرئيسية لانخفاض نمو العوالق النباتية هو احتواء المصب على مياه كدرة للغاية، مما يحجب ضوء الشمس اللازم لعملية التمثيل الضوئي. ويُعد نمو العوالق النباتية في المصب بالكاد سريعًا بما يكفي لمواكبة عدد العوالق النباتية التي تأكلها الحيوانات، ويبدو أن بعض الحيوانات التي تعيش في المصب تتضور جوعًا. وقد يساعد هذا في تفسير سبب قرب انقراض الأسماك في المصب [2, 3].

من الصعب قياس نمو العوالق النباتية!

من الصعب قياس نمو العوالق النباتية في المصب لأنها صغيرة للغاية. واستعاض العلماء عن ذلك بتقدير النمو من خلال قياس الظروف التي تساعد العوالق النباتية على النمو. وتشمل هذه الظروف عدد العوالق النباتية المحتمل نموها وكمية ضوء الشمس في السماء ومدى نقاء المياه. ولكن، هذه الشروط تتغير طوال اليوم والموسم والسنة! وللتغلب على هذه المشكلة، يستخدم العلماء معادلة رياضية تُسمى النموذج لوصف ما يحدث للعوالق النباتية حتى في الشروط المتغيرة وتوضيحه [4, 5] (شكل 2). ويتنبأ النموذج بأنه سيكون ثمة نمو بالغ في العوالق النباتية في الأيام التي يوجد فيها العديد من العوالق النباتية للنمو ويكون ضوء الشمس ساطعًا وتكون المياه صافية

النموذج (Model)

هو طريقة استخدام الرياضيات لوصف العمليات في الطبيعة بأسهل طريقة ممكنة.

وليست كدرة. وإذا كانت أي من هذه الظروف أقل من المثالية، فسيؤدي هذا إلى انخفاض نمو العوالق النباتية.

شكل 2

يستخدم العلماء النموذج في تقييم نمو العوالق النباتية في المصب دون لمس الماء أبدًا!

قياس العوالق النباتية

العوالق النباتية صغيرة للغاية لذا قد يكون من الصعب جدًا عدها. بيد أن العلماء قدّروا عدد العوالق النباتية بقياس تركيز الصبغة الخضراء -التي تُسمى الكلوروفيل-أ التي تستخدمها جميع العوالق النباتية لامتصاص ضوء الشمس اللازم لعملية التمثيل الضوئي. وتُستخدم أداة تُسمى مقياس التفلور لقياس تركيز الكلوروفيل-أ في مياه مصب نهر سان فرانسيسكو. ويوجد المزيد من الكلوروفيل-أ خلال أشهر الصيف الدافئة عندما يزيد ضوء الشمس (شكل 3A). وتتوقف كمية الكلوروفيل-أ الموجودة كل يوم أيضًا على عدد العوالق النباتية التي تغذت عليها الحيوانات، مثل العوالق الحيوانية والمحار خلال اليوم السابق.

قياس ضوء الشمس

تتغير كمية ضوء الشمس في السماء حسب مكان وجودنا على الأرض. ويكون ضوء الشمس قويًا طوال العام بالقرب من خط استواء الأرض. وفي المقابل، يكون ضوء الشمس ضعيفًا نسبيًا بالقرب من قطبي الأرض. ولما كان مصب نهر سان فرانسيسكو يقع بين خط الاستواء والقطب الشمالي، فهو يحصل على قدر متوسط من ضوء الشمس يكون أعظمه في شهري يونيو ويوليو (شكل 3B). وتختلف كمية ضوء الشمس التي تضرب الماء كل يوم حسب مدى الغيوم المتراكمة في السماء أو صفائها وحسب كمية الضباب الذي يدخل المصب من المحيط القريب. وتُستخدم الأدوات التي تُسمى مقياس الإشعاع لقياس كمية ضوء الشمس التي تصل إلى سطح الماء.

الرواسب هي واقي الشمس للعوالق النباتية

بمجرد وصول ضوء الشمس إلى سطح المياه، يجب أن يمر عبر الماء للوصول إلى العوالق النباتية. وهنا حيث تصبح الأمور صعبة على العوالق النباتية في مصب نهر سان فرانسيسكو، لأن مياه المصب تحتوي على الكثير من الرواسب (رمال وطين ناعم

شكل 2

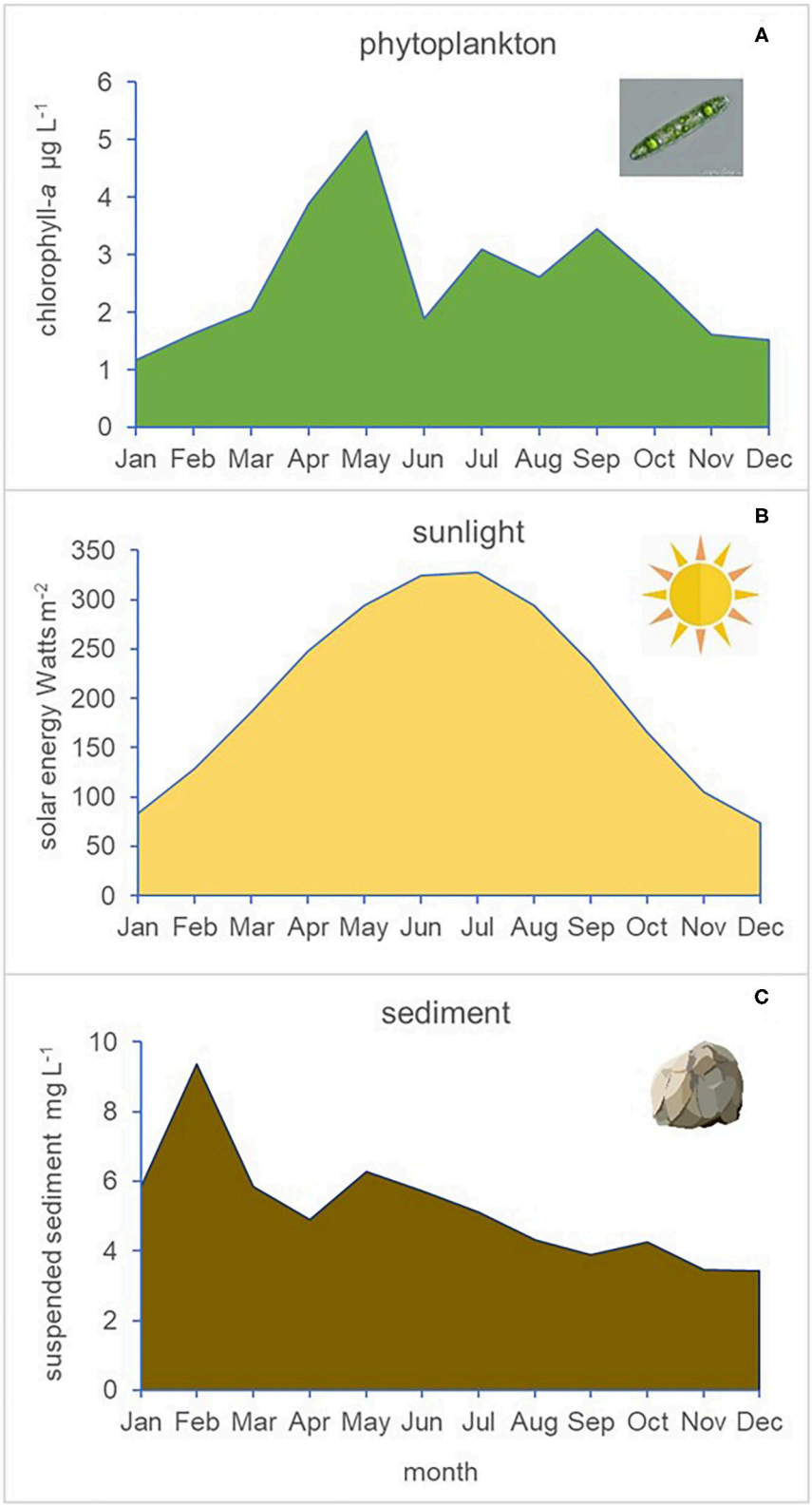
يستخدم العلماء نموذجًا رياضيًا للتنبؤ بنمو العوالق النباتية. ويُقدر عدد العوالق النباتية المتاحة للنمو من خلال تركيز الكلوروفيل-أ، المُقاس باستخدام بمقياس التفلور. ويُقاس ضوء الشمس باستخدام مقياس الإشعاع ويُقاس صفاء الماء باستخدام مقياس درجة التعكر. ويتنبأ هذا النموذج بأن نمو العوالق النباتية سيكون كبيرًا عندما يكون عدد العوالق النباتية المحتمل نموها مرتفعًا وكمية ضوء الشمس كبيرة وصفاء الماء عاليًا.

مقياس التفلور (Fluorometer)

هو أداة علمية تُستخدم لقياس كمية الضوء الناتجة من مادةٍ ما.

مقياس الإشعاع (Radiometer)

هو أداة علمية تُستخدم لقياس كمية الطاقة المُستمدة من الشمس.



شكل 3

شكل 3

(A) تنمو العوالق النباتية في الغالب في فصلي الربيع والصيف، لذا تكون قياسات الكلوروفيل-أ هي الأعلى في ذلك الوقت. غير أن العوالق الحيوانية والمحار يأكلان العوالق النباتية أيضًا في الصيف، مما يؤدي إلى خفض كمية الكلوروفيل-أ. **(B)** تزيد كمية ضوء الشمس في الربيع، وتبلغ ذروتها في يونيو/يوليو ثم تنخفض. **(C)** تزيد الرواسب في الماء خلال موسم الأمطار في الشتاء والربيع، حيث تحمل الأنهار أجزاء من الصخور والرمال من الجبال إلى المصب.

جدًا) تجعلها موحلة. وتحجب المياه الموحلة ضوء الشمس من النفاذ إلى ما تحت سطح الماء حيث يمكن للعوالق النباتية استخدامه. وتُعد جبال سييرا نيفادا -التي تقع على بُعد 300 كيلومتر شرق مصب نهر سان فرانسيسكو- مصدرًا رئيسيًا للرواسب.

تعمل مياه الأمطار والجليد والثلج على تفكيك صخور الجبل، التي تحملها الأنهار إلى المصب. وينهمر معظم الأمطار بين شهري نوفمبر وأبريل، لذا فإن زيادة الرواسب في المياه خلال فصلي الشتاء والربيع ليست أمرًا مستغربًا (شكل 3C). وبعض الرواسب الموجودة في المصب اليوم هي نتاج التعدين الذهبي الذي حدث بين عام 1848 ومنتصف عام 1850، خلال حمى الذهب في كاليفورنيا!

وتنجم المياه الموحلة أيضًا عن الرواسب الموجودة في قاع الأنهار وتحركها الرياح وظاهرة المد والجزر. وتتضح أهمية هذا تحديدًا لمصب نهر سان فرانسيسكو، وهو أحد مصبات الأنهار الأشد رياحًا في العالم وله موجة مد كبيرة. وينقل المد والجزر في المحيط المياه إلى المصب ومنه مرتين كل يوم. لذا، فإن الرياح والمد والجزر أشبه بملعقة في كوب مملوء بالمياه، تحرّك كل شيء لأعلى وتحافظ على الرواسب في الماء، حيث يمكنها حجب ضوء الشمس الذي تحتاجه العوالق النباتية.

ويمكن قياس الكدر الناتج من الرواسب الموجودة في المياه بمقياس درجة التعكر.

مقياس درجة التعكر (Turbidity Meter)

هو أداة علمية تُستخدم لقياس كمية الضوء الذي يتحرك من خلال المياه.

كيف تساعد تنبؤات نمو العوالق النباتية مصب نهر سان فرانسيسكو؟

يستخدم العلماء النماذج لتقدير نمو العوالق النباتية في جميع أنحاء مصب النهر استنادًا إلى عدد العوالق النباتية وكمية ضوء الشمس وكدر الماء -الذي يُقاس في مواقع قليلة فقط. ويستخدم العلماء هذه التقديرات لنمو العوالق النباتية لإيجاد طرق لزيادة كمية طعام الأسماك في المصب. ويستخدم العلماء أيضًا تقديرات نمو العوالق النباتية لفهم سبب تغير تجمعات الأسماك بمرور الوقت ومدى تأثرها بالأنواع المختلفة من غذاء العوالق النباتية.

تهب رياح التغيير على الظروف في مصب نهر سان فرانسيسكو [5]. وقد تشمل هذه التغيرات نمو العوالق النباتية السامة، التي تُسمى أيضًا بالطحالب الضارة [6] التي تتزايد مع الاحترار العالمي والتلوث. وقد تفرض هذه التغيرات المزيد من المشاكل على الحيوانات التي تعيش في المصب. وقد يساعدنا بحثنا في فهم كيفية الحد من العوالق النباتية الضارة وتعزيز نمو العوالق النباتية التي ستوفر التغذية لحيوانات المصب. وأيًا كان ما يحدث، فإننا نعلم أن العوالق النباتية ستظل دومًا من بين أهم الكائنات المائية التي لن تراها أبدًا!

إقرار

تود بي إل أن تتوجه بالشكر إلى إدارة الموارد المائية بكاليفورنيا والبرنامج البيئي المشترك بين الوكالات على دعم هذا العمل. ونتوجه بالشكر إلى تي براون في إدارة الموارد المائية بكاليفورنيا على الصور التي استخدمناها في شكل 2. وقد تفضلت شبكة التكامل والتطبيق التابعة لمركز جامعة ماريلاند للعلوم البيئية بتقديم جميع الرموز المُستخدمة داخل الأشكال (ian.umces.edu/symbols/).

المراجع

1. Boynton, W. R., Kemp, W. M., and Keefe, C. W. 1982. "A comparative analysis of nutrients and other factors influencing estuarine phytoplankton production," in *Proceedings of the Sixth Biennial International Estuarine Research Conference*, ed Estuarine Comparisons (Gleneden Beach, OR: Academic Press, Inc.). p. 69–90. doi: 10.1016/b978-0-12-404070-0.50011-9
2. Sommer, T., Armor, C., Baxter, R., Breuer, R., Brown, L., Chotkowski, M., et al. 2011. The collapse of pelagic fishes in the Upper San Francisco Estuary: El Colapso de los Peces Pelagicos en La Cabecera Del Estuario San Francisco. *Fisheries* 32:270–7. doi: 10.1577/1548-8446(2007)32[270:TCOPFI]2.0.CO;2
3. Mueller-Solger, A., Jassby, A. D., and Muller-Navarra, D. C. 2002. Nutritional quality of food resources for zooplankton (Daphnia) in a tidal freshwater system (Sacramento–San Joaquin River Delta). *Limnol. Oceanogr.* 47:1468–76. doi: 10.4319/lo.2002.47.5.1468
4. Cole, B. E., and Cloern, J. E. 1984. Significance of biomass and light availability to phytoplankton productivity in San Francisco Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 17:15–24. doi: 10.2307/24816088
5. Parker, A. E., Kimmerer, W. J., and Lidström, U. U. 2012. Reevaluating the generality of an empirical model for light-limited primary production in the San Francisco Estuary. *Estuar. Coasts* 35:930–42. doi: 10.1007/s12237-012-9507-x
6. Lehman, P. W., Kuobe, T., Lesmeister, S., Baxa, D., Tung, A., and Teh, S. J. 2017. Impacts of the 2014 severe drought on the *Microcystis* bloom in San Francisco Estuary. *Harmful Algae* 63:94–108. doi: 10.1016/j.hal.2017.01.011

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 12 مايو 2023

المحرر: Ester Dias

'مرشدو العلوم': Rita Araujo

الاقتباس: Lehman PW و Parker AE (2023) وقود الحياة في المياه: العوالق النباتية في مصّب نهر سان فرانسيسكو. Front. Young Minds
doi: 10.3389/frym.2021.611976-ar

مُترجَم ومقتبس من: Parker AE and Lehman PW (2021) Powering Life in the Water: Phytoplankton in the San Francisco Estuary. Front. Young Minds 9:611976. doi: 10.3389/frym.2021.611976

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 © 2023 Lehman و Parker. 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

SCUOLA EUROPEA DI VARESE، العمر: 11–12

يحب هؤلاء العلماء الصغار والعالميين والمجانين بعض الشيء استكشاف العالم من حولهم! فهم يشكلّون فريقًا رائعًا وتمكنوا من التعاون بنجاح مع بعضهم بعضًا في أول مقالاتهم العلمية!

المؤلفون

ALEXANDER E. PARKER

أنا أستاذ مشارك في علم المحيطات في الأكاديمية البحرية بجامعة ولاية كاليفورنيا. ومجال اهتمامي البحثي هو الكيمياء الحيوية الميكروبية البحرية. ويثير اهتمامي تحديدًا فهم دور المغذيات في تشكيل النظم البيئية البحرية. وأعمل في بيئات متنوعة منها القطب الشمالي والقطب الجنوبي وأنظمة ارتفاع مياه القاع إلى المياه السطحية الساحلية والمحيط الاستوائي ومصبات الأنهار. ولأنني مواطن من الساحل الشرقي للولايات المتحدة، فقد أجريت بحثًا عن مصبات الأنهار في مصبات نهري ديلاوير وتشيزبيك ودرست العوالق النباتية في مصب نهر سان فرانسيسكو لما يربو على 15 عامًا. *aparker@csum.edu

PEGGY W. LEHMAN

أنا عالمة بيئة حاصلة على درجة الدكتوراة وأعمل كبيرة علماء في إدارة الموارد المائية بكاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية. ويشمل بحثي النمو والأسباب والتأثيرات على النظام البيئي لتكاثر الطحالب الضارة من نوع مايكروسايتيس في ألسنة المياه العذبة بمصب نهر سان فرانسيسكو. وأدرس أيضًا نمو العوالق النباتية في الأنهار والأراضي الرطبة داخل المصب في مواجهة الظروف البيئية، بما فيها تغير المناخ. وفي وقت فراغي، أستمتع بمشاهدة التغيرات في العوالق النباتية كل عام وأنا أركب قوارب الكياك في الأنهار والبحيرات بالقرب

من المنزل. peggy.lehman@water.ca.gov*. وللتعرف على المزيد عن أعمالي، انظر orcid.org/0000-0001-9556-0542.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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