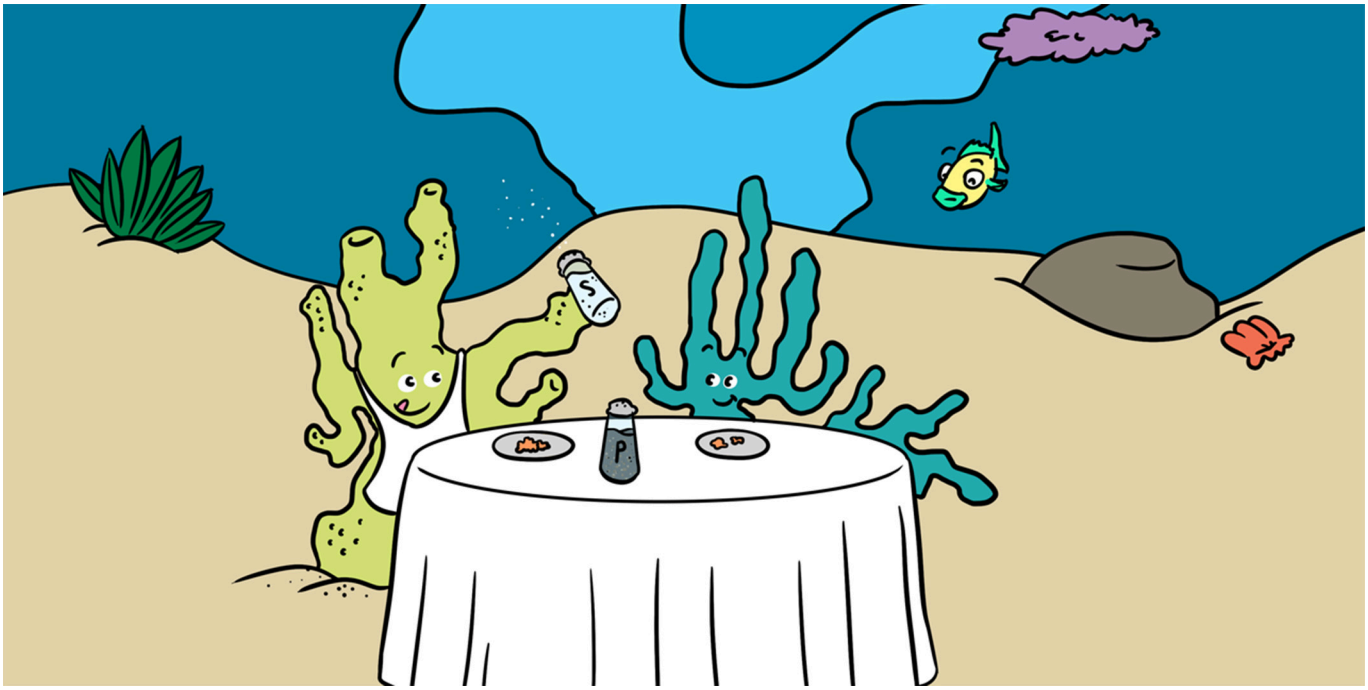
frontiers FOR YOUNG MINDS

التنوع الحيوي
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 22 يناير 2021
doi: 10.3389/frym.2019.00038-ar



سر قوة المرجان في المياه المالحة: كيف تعزز الملوحة العالية من قوة المرجان

Hagen M. Gegner * ***and Christian R. Voolstra***
Division of Biological and Environmental Science and Engineering, Red Sea Research Center, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Saudi Arabia

حيوانات المرجان هي حيوانات يكتنفها الغموض كما أنها موجودة منذ قديم الأزل، وهي المكونة للشعاب الجميلة، ولكن للأسف، فالشعاب المرجانية ذات المظهر الجذاب معرضة للخطر بسبب ارتفاع درجة حرارة كوكبنا كما أنها مهددة بالاختفاء تمامًا. في حين أن ذلك يبدو سيئًا، لا تتأثر جميع حيوانات المرجان بمياه البحر الدافئة بنفس القدر حيث إن حيوانات المرجان الموجودة في البحر الأحمر تبدو أكثر مقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة من تلك الموجودة في مناطق أخرى. تزدهر الشعاب المرجانية الموجودة في البحر الأحمر في مياه البحر ذات درجات الحرارة المرتفعة عن المناطق الأخرى، ولكن ما هو سرها؟ ما الذي يجعل حيوانات مرجان البحر الأحمر أقوى وأكثر مقاومة للحرارة؟ نعلم أن حيوانات المرجان في البحر الأحمر تتعرض لدرجات الحرارة شديدة الارتفاع والملوحة العالية كما أن الرابط القائم بين الملوحة العالية ودرجات الحرارة المرتفعة يجعلنا نتساءل: هل يمكننا إيجاد دليل على أن مستويات الملوحة العالية تجعل حيوانات المرجان أقوى؟

المراجعون الصغار:

SAVANA
العمر:13

KAREN
العمر:12

MALSHI
العمر:12

YOUSSEF
العمر:12

ZIA
العمر:12

المخلوقات القديمة عرضة لخطر الاحترار

تتميز الشعاب المرجانية بألوانها الرائعة وهياكلها الخلابة تحت البحر كما أنها مكونة من بعض أقدم الحيوانات في العالم: ألا وهي حيوانات المرجان، بالإضافة إلى أن حيوانات المرجان ترجع إلى عصر الديناصورات ولكنها على عكس الديناصورات لم تنقرض، على الأقل إلى الآن.

ولكن هذا الإنجاز المذهل للبقاء على قيد الحياة في خطر بسبب الظروف البيئية المسببة للإجهاد والتوتر التي تجعل من الصعب على هذه الحيوانات البقاء على قيد الحياة في المحيطات في حالتها الحالية. من أكبر المشكلات التي تواجهها حيوانات المرجان هي الارتفاع السريع في درجة حرارة مياه المحيطات.

أدت ظاهرة الاحتباس الحراري للمحيطات إلى تغيير لون المرجان إلى اللون الأبيض حول العالم، وتعرف هذه الظاهرة باسم ابيضاض المرجان [1] ولكن ما هي ظاهرة ابيضاض المرجان ولماذا تعتبر ضارة بالنسبة لحيوانات المرجان؟

عند ذكر كلمة حيوانات، نتصور في أذهاننا عادة كائنات فردية؛ مثل الكلب أو الأسد أو السمك. لكن يختلف الأمر عند الحديث عن حيوانات المرجان، فهذه الحيوانات تعيش مع النباتات، أو مع **الطحالب** الصغيرة التي توفر الطعام لحيوانات المرجان وتقدم لها حيوانات المرجان مكانًا للعيش داخل أنسجتها، تحديدًا في خلايا الطبقة الداخلية لها، أو مع **شقائق النعمان** (الشكل 1) [2].

ويسمى هذا النوع من التعاون الجماعي أو العلاقة الوثيقة باسم **التكافل**، أما حيوانات المرجان والطحالب القائم بينها علاقة التكافل هذه فيُطلق عليها اسم الكائنات المتكافلة. يمكن للطحالب المتكافلة القيام بعملية التمثيل الضوئي، وهي عملية قد تكون على دراية بها حيث تقوم بها النباتات وتعمل على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة وتستفيد حيوانات المرجان من الطاقة التي تستمدها من الطحالب وتصبح غذاءً لها، كما أننا نرى ألوان الطحالب الخلابة عند النظر إلى الشعاب المرجانية لأن حيوانات المرجان نفسها ليس لها لون.

تتعرض العلاقة التكافلية القائمة بين المرجان والطحالب إلى الانهيار وذلك عندما يواجه المرجان ظروفًا بيئية صعبة على سبيل المثال، ارتفاع درجة حرارة المياه، وينتج عن ذلك فقدان المرجان للطحالب الملونة التي تعيش بداخله مما يؤدي إلى ظهور النسيج المرجاني الشفاف عديم اللون على الهيكل المرجاني المرجان المبيض. وعليه لن تتمكن حيوانات المرجان من الحصول على الطعام الإضافي الذي كانت توفره الطحالب لها مما يجعل الحياة صعبة بالنسبة لها ولكن لا تحدث عملية ابيضاض المرجان في جميع الشعاب بنفس المستوى حيث تختلف درجة ابيضاض المرجان باختلاف درجات الحرارة، وحسب نوع حيوانات المرجان والطحالب ومكان وجودها. لفهم كيفية حدوث عملية الابيضاض درسنا أقوى حيوانات مرجان يمكننا إيجادها: حيوانات مرجان البحر الأحمر.

الطحالب (ALGAE)

نباتات تعيش في الماء ولا تزهر مثل النباتات التي تعيش على اليابسة كما أن ليس لها جذورًا أو سيقانًا بالإضافة إلى أنه توجد طحالب تعيش كخلايا فردية على سبيل المثال، داخل المرجان وشقائق النعمان.

شقائق النعمان (ANEMONES)

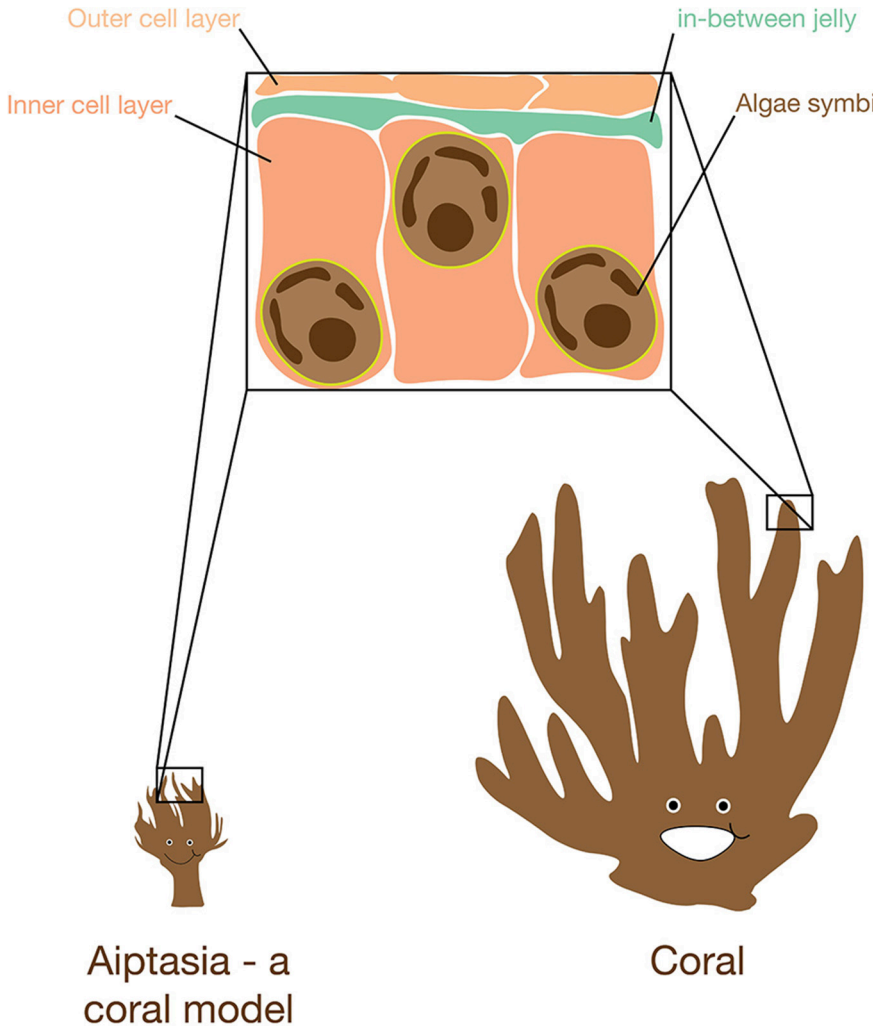
تشبه شقائق النعمان حيوانات المرجان إلى حد كبير حيث إنها تتشارك البنية والتركيب نفسهما كما تعيش شقائق النعمان بنفس الطريقة التي تعيش بها حيوانات المرجان ولكنها ذات بنية أكثر اسفنجية لأنها لا تمتلك هياكل.

التكافل (SYMBIOSIS)

علاقة وثيقة بين اثنين من الكائنات الحية يتعاونان معًا على سبيل المثال، الطحالب والمرجان أو شقائق النعمان.

البحر الأحمر: للأقوياء فقط

عندما ندرس البحر الأحمر نجد أن حيوانات المرجان به مقاومة لعملية الابيضاض أكثر من أي حيوانات مرجان أخرى في جميع أنحاء العالم، ولكن ما السبب في ذلك؟



شكل 1

شكل 1

أنسجة المرجان وشقائق النعمان متشابهة بشكل مثير للدهشة، كما يمكنكم رؤية طبقات الخلايا البسيطة للغاية في المرجان والإيبتاسيا، وهي نموذج حي للمرجان، باللون البرتقالي (طبقتي الخلايا الداخلية والخارجية) وطبقة الهلام باللون الأخضر التي تقع في المنتصف بين الطبقتين الخارجية والداخلية، تظهر هنا الطحالب التكافلية باللون البني وهي تعيش داخل طبقة الخلايا الداخلية ويمكن العثور على ذلك في الإيبتاسيا والمرجان.

تضطر حيوانات المرجان الموجودة في البحر الأحمر إلى تحمل درجات حرارة مرتفعة، وعلى الرغم من ذلك فهي تنمو وتعيش بشكل طبيعي. يتميز البحر الأحمر بأنه دافئ للغاية مقارنة بالأماكن الأخرى، كما أن درجات الحرارة في فصل الصيف تصل إلى 34 درجة مئوية بينما قد تصل درجات الحرارة في المحيطات الأخرى ما بين 29-32 درجة مئوية، ومن المثير للاهتمام أن حيوانات المرجان الموجودة في البحر الأحمر تعيش في بيئة ذات ملوحة عالية ودرجات حرارة مرتفعة. **الملوحة** هي مقياس كمية الملح في الماء ويتميز البحر الأحمر بأعلى مستويات من الأملاح على مستوى العالم، ولذلك بدأنا نتساءل ما إذا كانت الملوحة جزءاً من اللغز أم لا، وما إذا كانت القدرة على العيش في بيئة عالية الملوحة هي أحد أسرار شعاب البحر الأحمر القوية أم لا؟

الملوحة (SALINITY)

كمية الملح المذاب في الماء على سبيل المثال، في مياه البحر حيث يمكنك إيجاد مجموعة متنوعة من مستويات الملوحة المختلفة في المحيط، وذلك على حسب المنطقة فالبحر الأحمر يتميز بأعلى مستويات من تركيز الأملاح.

للإجابة عن هذا السؤال والأسئلة الأخرى المتعلقة بظاهرة ابيضاض المرجان، غالبًا ما يستعين العلماء بكائن نموذجي، أي حيوان تسهل دراسته عن المرجان، ولكن يجب أن يتشابه مع المرجان تشابهًا كبيرًا. تعرف على الإيبتاسيا (*Aiptasia*)! (الشكل 1).

الإيبتاسيا عبارة عن شقائق النعمان صغيرة الحجم تتشابه مع المرجان من حيث البنية ولكنها لا تحتوي على هيكل كما أن لها نفس العلاقة التكافلية مع الطحالب التي تقيم هذه العلاقة التكافلية مع المرجان.

ترتبط حيوانات المرجان بالإيبتاسيا ارتباطًا وثيقًا، ويعيش هذان النوعان بالطريقة نفسها، كما تتميز الإيبتاسيا بإمكانية الاحتفاظ بها في المختبر وسهولة الاعتناء بها [3]. وعلى النقيض، تحتاج حيوانات المرجان إلى عناية فائقة وأحواض سمك كبيرة مجهزة بالعديد من التقنيات من الداخل لإبقائها على قيد الحياة كما أن إحضار حيوانات المرجان من الشعاب المرجانية إلى المختبر يمكن أن يمثل تحديًا كبيرًا، وكل ذلك يجعل من الصعب دراسة حيوانات المرجان.

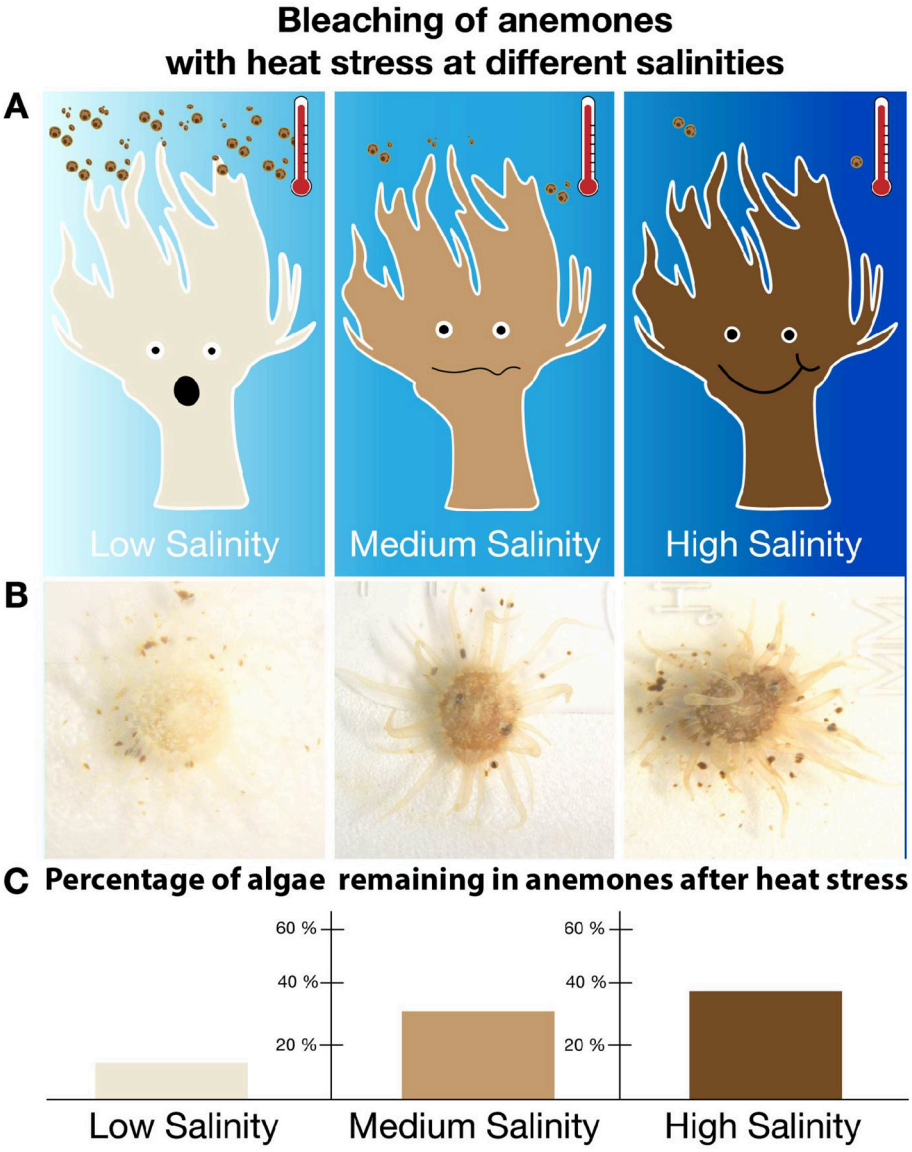
هل تشكل الملوحة العالية فارقًا أثناء عملية الابيضاض؟

لمعرفة ما إذا كانت الملوحة تؤثر على العلاقة التكافلية القائمة بين الإيبتاسيا والطحالب أم لا، أجرينا التجربة التالية. تم وضع الإيبتاسيا في ثلاثة مستويات مختلفة من الملوحة: منخفضة ومتوسطة وعالية، وفي درجة حرارة 25 درجة مئوية، ومن المعروف أن درجة الحرارة هذه هي الأفضل لشقائق النعمان بدون أن يكون هناك أي إجهاد إضافي. وبعد أن تعودت الكائنات على مستويات الملوحة التي وُضعت بها، جرى تعريض نصف عدد شقائق النعمان من كل مستوى من الملوحة إلى الإجهاد الحراري عن طريق زيادة درجة الحرارة إلى 34 درجة مئوية؛ مما نتج عنه عملية الابيضاض. لقياس كمية كائنات الإيبتاسيا التي أصيبت بالابيضاض أحصينا عدد الطحالب المتكافلة التي تعيش بداخلها، ونظرًا إلى أنه يمكن رؤية عملية الابيضاض (التي تسبب الاختلاف المرئي بين شقائق النعمان ذات اللون البني والشفافة عديمة اللون)، فقد التقطنا أيضًا صورة لتوضيح النتائج التي توصلنا لها.

بعد 8 أيام من التعرض للإجهاد الحراري راقبنا شقائق النعمان وتحققنا مما إذا كانت قد أثرت الملوحة على مقدار الإجهاد والابيضاض. بالنظر إلى الشكلين A2 وB، هل تلاحظ الفرق بين شقائق النعمان في البيئات منخفضة ومتوسطة وعالية الملوحة بعد التعرض للإجهاد الحراري؟

توضح الصورة أن شقائق النعمان التي تعرضت للإجهاد الحراري في بيئة منخفضة الملوحة قد أصبحت عديمة اللون بالكامل مقارنة بشقائق النعمان التي يميل لونها إلى البني في البيئة عالية الملوحة. هذا ويبدو الفرق في مستوى الابيضاض واضحًا بين البيئتين حيث يختلف مستوى الملوحة في كل منهما. ولكن مهلًا، قد تكون الصورة خادعة! لتقييم ما إذا كان انطباعنا صحيحًا، قمنا بعد عدد خلايا الطحالب التي كانت داخل شقائق النعمان ويوضح الرسم البياني بالأعمدة في (الشكل 2C) نسبة خلايا الطحالب التي ما تزال موجودة بعد التعرض للإجهاد الحراري مقارنة بالإيبتاسيا الموجودة في البيئة الضابطة: ١٠٠% تعني أن شقائق النعمان لم تتعرض للابيضاض، ٠% تعني أن شقائق النعمان تعرضت لعملية الابيضاض بالكامل ولم يتبقَّ بداخلها أي طحالب. أكدت لنا النسب المئوية التي تم التوصل إليها من حساب عدد الطحالب ما لاحظناه بأعيننا فشقائق النعمان الموجودة في بيئة منخفضة الملوحة تعرضت للابيضاض (تبقى فقط ١٣.٦% من الطحالب) أكثر من شقائق النعمان الموجودة في بيئة ذات ملوحة أعلى (تبقى فقط ٣٠.٥%, ٣٧.٢% من الطحالب).

ولكن ما الذي يحدث داخل شقائق النعمان عند وضعها في بيئة عالية الملوحة لإحداث هذا النوع من التأثير؟



شكل 2

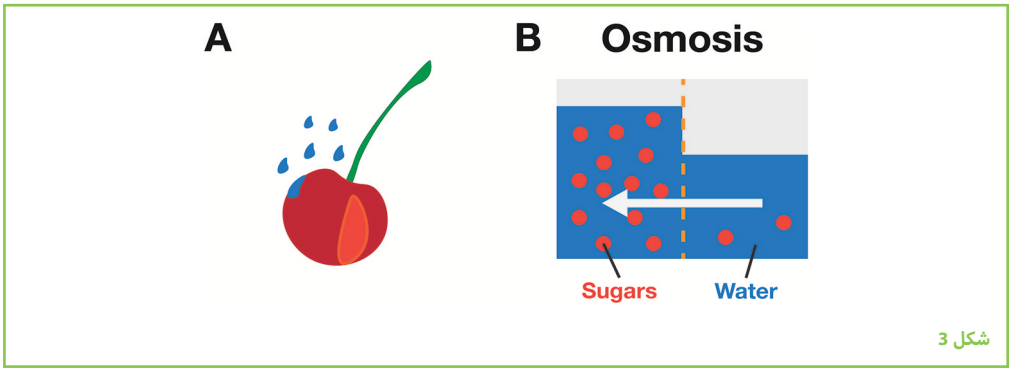
شكل 2

التأثيرات المختلفة للملوحة أثناء عملية الابيضاض. نرى هنا الفرق الذي أحدثته البيئات منخفضة ومتوسطة وعالية الملوحة على شقائق النعمان بعد التعرض للإجهاد الحراري. **(A)** شكل كرتوني للون الإيبتاسيا. **(B)** صورة الإيبتاسيا في كل حالة. الصورة من أعلى يمكنكم رؤية منطقة الفم واللوامس.
(C) يوضح الرسم البياني بالأعمدة أعداد الطحالب التي ما تزال موجودة بداخل شقائق النعمان بعد 8 أيام من التعرض للإجهاد الحراري، وحقيقة أن جميع المستويات في الرسم البياني أقل من ١٠٠% تعني أن جميع شقائق النعمان أصيبت بالابيضاض ولكن الموجود منها في بيئة عالية الملوحة مر بعملية الابيضاض ولكن بشكل أقل.

الكرز المنفجر وحيوانات المرجان الموضوعة في مياه مالحة

قبل التطرق إلى ما حدث لشقائق النعمان في البيئة عالية الملوحة، لنتحدث عن الكرز. نعم هو، الكرز ذو اللون الأحمر والمذاق الحلو اللذيذ.

إذا كنت سعيد الحظ بما يكفي لتمتلك شجرة كرز في منزلك، فقد تود تفقد الكرز بعد هطول أمطار غزيرة. لماذا؟ لأنك ستلاحظ أن ثمرات الكرز ستتفتح وهي على الأشجار (الشكل 3A) حتى وإن كان الكرز في حالة جيدة سليمة قبل هطول الأمطار! قد تتساءل كيف للمطر أن يؤدي إلى فتح ثمار الكرز وما علاقة ذلك بشقائق النعمان. الإجابة على هذا التساؤل متصلة بحقيقة أن ثمار الكرز حلوة المذاق، وتعزو أيضًا لما يسمى التناضح (الخاصية الأسموزية).



شكل 3

قصة الكرز المنفجر.
(A) يتفتح الكرز بعد تساقط الأمطار نظرًا لاختلاف كمية السكر بين داخل الخلية وخارجها. **(B)** التناضح (أو الخاصية الأسموزية) هو حركة الماء من منطقة ذات تركيز منخفض من الجزيء إلى منطقة ذات تركيز أعلى. وفي هذه الحالة، ينتقل الماء من الكمية المنخفضة من السكر خارج الخلية (ناحية اليمين) إلى الكمية الكبيرة داخل الخلية (ناحية اليسار)، حيث يظهر السكر باللون الأحمر، والماء باللون الأزرق، بينما يوضح السهم الأبيض حركة الماء.

إن التناضح هو حركة الماء من منطقة تحتوي على كمية منخفضة من مادة ما، على سبيل المثال السكر، إلى منطقة بها كمية أعلى من المادة نفسها (الشكل 3B)، فإذا فكرت في الأمر مع الكرز المتفتح على الشجرة، فهذا يعني أن ماء المطر انتقل من الجزء الخارجي للكرز، حيث لا يوجد أي سكر، إلى داخل الخلايا السكرية، ليملأ الخلايا حتى تنفجر، حيث إن الفرق في كمية السكر بين داخل ثمرة الكرز وخارجها هو ما يحرك الماء. فضلًا عن ذلك فإن التناضح يلعب دورًا في العديد من الأمور، وليس فقط في تفتح الكرز، حيث إننا نجد أن التناضح له دور أيضًا فيما يحدث لشقائق النعمان!

تعيش شقائق النعمان وحيوانات المرجان في درجات مختلفة من الملوحة، لكنها لا تتشقق أبدًا عندما تتغير درجة الملوحة، حتى إذا قمت بنقل شقائق النعمان من الملوحة المرتفعة إلى الملوحة المنخفضة في تجربتنا، فإنها لن تنفجر مثل الكرز، ولكن لماذا يحدث ذلك؟ لأنه لا يوجد فرق في درجة الملوحة داخل خلايا حيوانات المرجان وشقائق النعمان إذا ما قورنت بمياه البحر [4]. بالإضافة إلى ذلك فإن حيوانات المرجان وشقائق النعمان تقوم بإنتاج جزيئات تسمى **المركبات الأسموزية** وتكسيرها، من أجل تهيئة خلاياها للتأقلم مع بيئة مياه البحر، وبتلك الطريقة، تتمكن هذه الكائنات من إبقاء مستوى الملوحة داخل خلاياها وخارجها متساويًا. ونظرًا لأن عدم وجود فرق في الملوحة يعني عدم وجود أي حركة للمياه، فبتلك الطريقة لا تواجه هذه الحيوانات مصير الكرز نفسه.

المركب الأسموزي (OSMOLYTE)

هو أحد الجزيئات التي تشارك في عملية التكيف مع الملوحة، حيث يتم إنتاجه أو تكسيره للمساعدة في تقليل الفرق في التركيز الملحي بين داخل الخلية وخارجها.

وبالتالي يعني ذلك أن شقائق النعمان في حالة الملوحة العالية في تجربتنا قد اضطرت إلى زيادة كمية المركبات الأسموزية في خلاياها، من أجل التكيف مع كمية الملح خارج الخلايا، مما قد أعطانا إشارة إلى أن إنتاج المركبات الأسموزية قد يكون مرتبطًا بمستوى الابيضاض الأقل الذي نجده في أنواع معينة من حيوانات المرجان. ولكن من نتائج تجربتنا لا نستطيع تحديد ماهية الشيء الموجود بالضبط في المركبات الأسموزية الذي يساعد حيوانات المرجان على البقاء في المياه الدافئة، ولكننا نعلم من التجارب الأخرى أن المركبات الأسموزية تؤدي أدوارًا مختلفة في الخلايا في بعض الأحيان، فهي ليست مهمة فقط من أجل ضبط الملوحة، ولكنها تساعد أيضًا على خفض كمية الجزيئات الخطرة الأخرى التي يمكن أن تتلف الخلايا، وترتبط تلك الجزيئات الخطيرة أيضًا بابيضاض المرجان [5]. ومن شأن انخفاض أعداد هذه الجزيئات بفعل إنتاج المركبات الأسموزية أن يفسر السبب في كون شقائق النعمان مقاومة للابيضاض أكثر من نظيرتها الموضوعة في الملوحة المنخفضة.

بإيجاز شديد

من خلال التجربة التي أجريناها على شقائق النعمان الصغيرة الخاصة بنا، تمكنا من اكتشاف حقيقة أن درجة ملوحة الماء تؤثر بشكل ما على ابيضاض شقائق النعمان، حيث أوضحنا أن الملوحة العالية قد قللت الابيضاض أثناء الإجهاد الحراري، وتعد هذه المعلومات مفيدة أيضًا في حالة حيوانات المرجان، حيث إن الإيبتاسيا والمرجان كائنات متشابهة للغاية. ولكن العملية الدقيقة وراء هذا التأثير ما تزال غامضة، لكننا على الطريق الصحيح لفهمها بشكل أفضل، وستختبر تجاربنا القادمة تأثير الملوحة العالية على حيوانات المرجان من البحر الأحمر، حيث تعيش حيوانات المرجان في ظروف بيئية ذات ملوحة عالية بشكل طبيعي وتُعرف أيضًا أنها مقاومة للابيضاض. خمن ماذا سيحدث حينما يوضع مرجان البحر الأحمر في ظروف ذات ملوحة منخفضة؟ هل لديك فكرة؟ بالتأكيد سنكتشف ذلك - تابع معنا!

مقال المصدر الأصلي

Gegner, H. M., Ziegler, M., Rädecker, N., Buitrago-López, C., Aranda, M., and Voolstra, C. R. 2017. High salinity conveys thermotolerance in the coral model Aiptasia. *Biol. Open* 6:1943–8. doi: 10.1242/bio.028878

المراجع

1. Hughes, T. P., Barnes, M. L., Bellwood, D. R., Cinner, J. E., Cumming, G. S., Jackson, J. B. C., et al. 2017. Coral reefs in the Anthropocene. *Nature* 546:82–90. doi: 10.1038/nature22901
2. Rohwer, F., Seguritan, V., Azam, F., and Knowlton, N. 2002. Diversity and distribution of coral-associated bacteria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 243:1–10. doi: 10.3354/meps243001
3. Baumgarten, S., Simakov, O., Esherick, L. Y., Liew, Y. J., Lehnert, E. M., Michell, C. T., et al. 2015. The genome of *Aiptasia*, a sea anemone model for coral symbiosis. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 112:11893–8. doi: 10.1073/pnas.1513318112
4. Röthig, T., Ochsenkühn, M. A., Roik, A., Van Der Merwe, R., and Voolstra, C. R. 2016. Long-term salinity tolerance is accompanied by major restructuring of the coral bacterial microbiome. *Mol. Ecol.* 25:1308–23. doi: 10.1111/mec.13567
5. Ochsenkühn, M. A., Röthig, T., D'Angelo, C., Wiedenmann, J., and Voolstra, C. R. 2017. The role of floridoside in osmoadaptation of coral-associated algal endosymbionts to high-salinity conditions. *Sci. Adv.* 3:e1602047. doi: 10.1126/sciadv.1602047

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 22 يناير 2021

حرره: Rúben Martins Costa, King Abdullah University of Science and Technology, Saudi Arabia

الاقتباس: Gegner HM and Voolstra CR (2021) سر قوة المرجان في المياه المالحة: كيف تعزز الملوحة العالية من قوة المرجان. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2019.00038-ar

مُترجَم ومقتبس من: Gegner HM and Voolstra CR (2019) A Salty Coral Secret: How High Salinity Helps Corals to be Stronger. Front. Young Minds 7:38. doi: 10.3389/frym.2019.00038

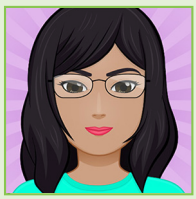
إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

COPYRIGHT © 2019 © 2021 Gegner and Voolstra. 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

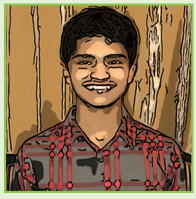
SAVANA، العمر: 13
أنا أحب الكلاب ولوني المفضل هو الأحمر، وأحب الخروج مع أصدقائي.

KAREN، العمر: 12
أنا فتاة مبدعة للغاية، وهواياتي هي ممارسة الرياضة والدراسة، وأي شيء متعلق بالفن، كما أنني أحب حقًا أن أجرب أشياء جديدة واستكشف الأشياء التي أجدها مثيرة للاهتمام، وأقول إنني فريدة للغاية، ولا أشبه الآخرين، وهذا هو ما يمنحني شخصيتي!



MALSHI، العمر: 12
أُدعى Malshi، وأبلغ من العمر 12 عامًا. أحب العلوم والرياضيات وأهتم بالكيمياء، كما أنني أحب القراءة في وقت فراغي وأحب العزف على البيانو، ورياضتي المفضلة هي الريشة الطائرة وأرغب في أن أصبح عالمة في المستقبل.

YOUSSEF، العمر: 12
أنا عداء، وسباح، وأحب الدراسة وقراءة الكتب، وبشكل خاص أحب قراءة الكتب أكثر، ولقد اخترت Frontiers for Young Minds لأنني أردت تحقيق أمرين؛ أن يُنشر اسمي على موقع رسمي! كما أنني كنت أبحث عن تحدٍّ، فكوني طالبًا متوسطًا في الصف السابع، أردت أن أشجع نفسي على معرفة حقائق جديدة متعلقة بالعلوم، والآن بعد أن أنهيت هذا، زادت معرفتي عما كانت عليه حين بدأت الأمر. شكرًا لكم Frontiers for Young Minds!! ☺



ZIA، العمر: 12
تعتبر مادة العلوم واحدة من المواد المفضلة لي في المدرسة، فأنا أشعر بالفضول حيال طريقة حدوث الأشياء اليومية التي نقوم بها في حياتنا، وأحب الأحياء وعلم الكونيات بشكل خاص، كما أنني أشاهد الكثير من الأفلام الوثائقية عن الفضاء وأحب البحث عن اهتماماتي.

المؤلفون

HAGEN M. GEGNER

لطالما كنت مفتونًا بالمحيط ومغرمًا باستكشاف الشعاب المرجانية، لكنني لم أفكر أبدًا في أنني سأدعو نفسي ذات يوم عالمًا في الأحياء المرجانية. لقد بدأت بدراسة علم الأحياء العام (بدرجة البكالوريوس)، وبعد ذلك، انتقلت تدريجيًا إلى علوم البحار، وفي النهاية كنت مهتمًا أكثر بالطرق المستخدمة في المجال البحثي بدلًا من اهتمامي بدراسة كائن حي واحد؛ لذلك واصلت العمل على دراسة الأسماك في البرازيل (بدرجة الماجستير) ومؤخرًا أنهيت الدكتوراة في المملكة العربية السعودية، حيث بحثت فيها عما يجعل المرجان أقوى أثناء التعرض للإجهاد. hagen.gegner@kaust.edu.sa*

CHRISTIAN R. VOOLSTRA

لقد بدأت بدراسة تطور ذباب الفاكهة وطريقة تكيف فأر المنزل مع بيئات مختلفة، قبل أن أتعمق في علم الأحياء المرجانية، وفي الوقت الحالي، بدأت أنا والعديد من الباحثين الآخرين معي نفهم أن جميع الحيوانات والنباتات تتحد مع الكائنات الحية الدقيقة، التي تسمى بالميكروبات أو البكتيريا، لكي تهضم الطعام، وتظل في صحة جيدة، وتواجه الضغط، كما أننا ندرس في مختبري الأنواع المختلفة من البكتيريا التي تعيش مع حيوان المرجان وكيف تساعد مضيفها الحيواني على البقاء حيًا تحت الضغط.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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