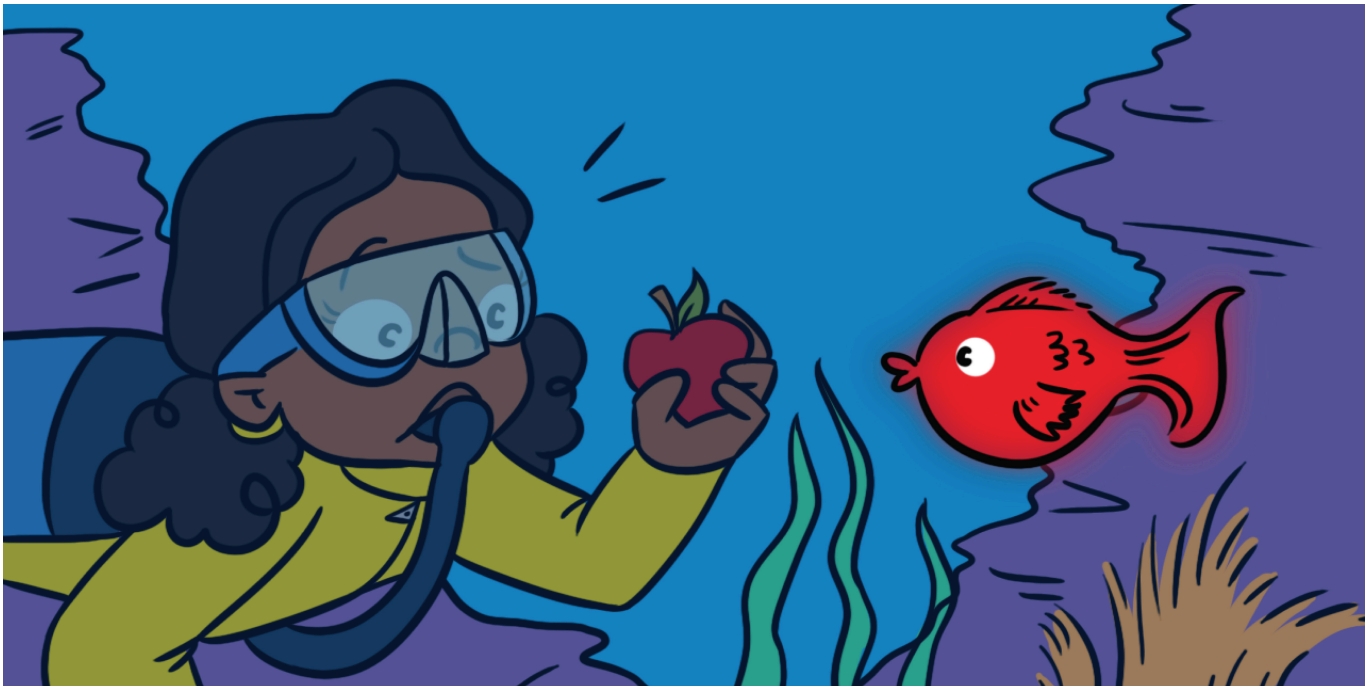
frontiers FOR YOUNG MINDS

التنوع الحيوي
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 22 يناير 2021
doi: 10.3389/frym.2018.00059-ar



الأسماك تتوهج باللون الأحمر الفلوري في أعماق البحار الزرقاء

Melissa Grace Meadows *

Biology Department, Saint Francis University, Loretto, PA, United States

يظهر كل شيء باللون الأزرق في أعماق البحار نظرًا لامتصاص المياه للضوء الأحمر بعكس ما تفعله بالضوء الأزرق، مما يعني ندرة توهج الأسماك بألوان متعددة في الأعماق. ومع ذلك، يفعل بعض الأسماك المستحيل، فحتى في ظل شيوع الضوء الأزرق، تظهر هذه الأسماك حمراء زاهية. تتمتع هذه الأسماك بألوان فلورية متوهجة خاصة تمتص الضوء الأزرق وتعكس الضوء الأحمر بدلًا من ذلك. ولكن لماذا يحدث هذا؟ توصلنا بعد البحث إلى وجود ثلاثة أسباب مثيرة وراء توهج الأسماك باللون الأحمر الفلوري. يرجع ذلك إلى استخدام بعض الأسماك للون الأحمر الفلوري كنوع من أنواع التمويه، حتى تتمكن من التسلل للحصول على طعامها، بينما تستخدمه أنواع أخرى من الأسماك ليعمل بمثابة مصباح أحمر مضيء لرؤية الطعام بشكل أفضل. يتباهى بعض الأسماك بلون زعانفها الأحمر الفلوري أمام قرناء التزاوج المحتملين. أتمنى أن تكون معرفة مدى جمال هذه الأسماك بمثابة مصدر إلهام لك للمساعدة في حماية هذه الأسماك المذهلة ومحيطها الذي تعيش فيه.

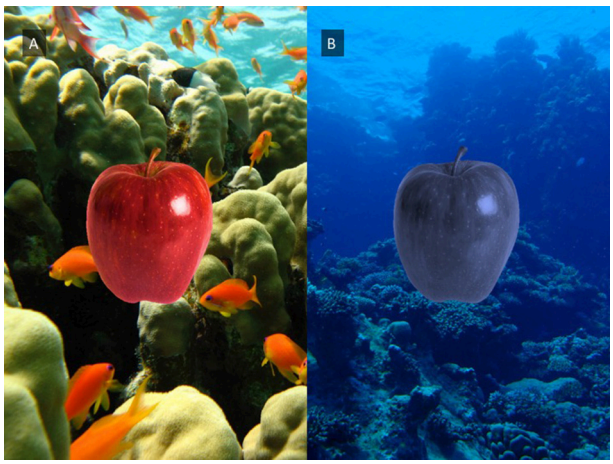
المراجعون الصغار:

MILL CREEK ELEMENTARY
TEAM UPTON

العمر:10-11

لماذا يظهر المحيط باللون الأزرق؟

هل تساءلت يومًا لماذا يظهر الماء في الكوب شفافًا، بينما تكون مياه المحيطات زرقاء اللون؟ يظهر المحيط بلون أزرق نظرًا لوجود الكثير من المياه.



شكل 1

شكل 1

(A) تبدو الحياة البحرية مفعمة بالألوان بالقرب من السطح. إذا أخذت معك تفاحة أثناء الغوص، فستظهر باللون الأحمر(كالمعتاد). **(B)** عندما تغوص تحت الماء لعمق يصل إلى 60 قدمًا، سيظهر كل شيء بالنسبة لك أو لسمكة تعيش هناك بلون أزرق، حتى التفاحة الحمراء. التُقطت الصورتان بواسطة Dr. Melissa Meadows على عمق قدم واحدة و60 قدمًا دون إدخال إي تعديل على الألوان. تم إدخال التفاح في هذه الصور لمحاكاة كيفية امتصاص المياه للون الأزرق.

يتكون الضوء الأبيض المنبعث من الشمس من مزيج من الضوء الأحمر، والأخضر، والأزرق، ويمكن رؤية ذلك في كل مرة ترى فيها قوس قزح، حيث يعبر الضوء خلال قطرات الماء، فتمتص جزيئات الماء الضوء الأحمر، تاركة الضوء الأزرق. تشبه طريقة امتصاص جزيئات الماء للضوء الأحمر الطريقة التي تمتص بها جزيئات الصبغة في قميص أزرق الضوء الأحمر والأخضر وتعكس، أو ترد الضوء الأزرق، فتتمكن من رؤيته. وبذلك عند وجود مياه عميقة، كما هو الحال في المحيط، ينتهي المطاف بانعكاس الضوء الأزرق فقط من الماء إلى عينيك [1].

ولكن ما هو الحال تحت الماء؟ حسنًا، يحدث نفس الشيء تمامًا. عند وجودك على سطح الماء، مثلما هو الحال عند غطسك بين الشعاب المرجانية الاستوائية، يمكنك رؤية العديد من الألوان. لا ينفذ الضوء الأبيض بالضرورة خلال الكثير من الماء عند السطح، مما يعني أن المياه الضحلة لن تمتص الضوء الأحمر بشكل كامل. إذا اصطحبت معك تفاحة حمراء عند الغطس، فسوف تظل التفاحة تظهر باللون الأحمر على بعد بضع أقدام تحت سطح المياه، نظرًا لأنه لا يزال بإمكانها عكس اللون الأحمر إلى عينيك (الشكل 1A).

ولكن ماذا يحدث في حالة الغطس لأعماق أكبر تحت الماء؟ كلما زاد عمق الغطس في المياه، بدأت الألوان تختفي، حيث تعمل جزيئات المياه الموجودة بينك وبين أشعة الشمس على امتصاص هذه الألوان. سوف يختفي اللون الأحمر أولًا يليه على بعد أعمق اللونان البرتقالي والأصفر، وفي حالة التوغل أكثر إلى الأعماق، يختفي اللون الأخضر أيضًا، وفي حالة الغطس حتى 60 قدمًا تحت الماء، يظهر كل شيء باللون الأزرق. تظهر التفاحة الآن باللون الأزرق الرمادي (الشكل 1B)! فهي لا تزال حمراء، إلا أن الضوء الأحمر يتلاشى ولا ينعكس على بعد هذا العمق تحت المياه. كما تظهر أيضًا الأسماك الحمراء باللون الأزرق-الرمادي وذلك عندما لا يكون لونها أحمر خافتًا فحسب، بل يكون أحمر فلوريًا متوهجًا!

كيف يمكن لسمكة ذات لون أحمر أن تبدو حمراء في أعماق البحر الأزرق؟

تتألق الأسماك ذات الألوان الفلورية في شكل سحري خلاب. لا يوجد ضوء أحمر في الجزء الأعمق من الشعاب المرجانية، وهذا يعني أنه يمكن لمعظم الأسماك العادية أن تظهر باللون الأزرق أو

الأسود. ولكن الأسماك ذات اللون الأحمر الفلوري المتوهج تشع ضوءاً أحمر ساطعًا معاكسًا للون الأعماق الأزرق. هل هو سحر ... أم علم؟

التوهج الفلوري (FLUORESCENCE)

عندما تمتص الصبغة لونًا واحدًا من ألوان الضوء وينبعث منها لون مختلف.

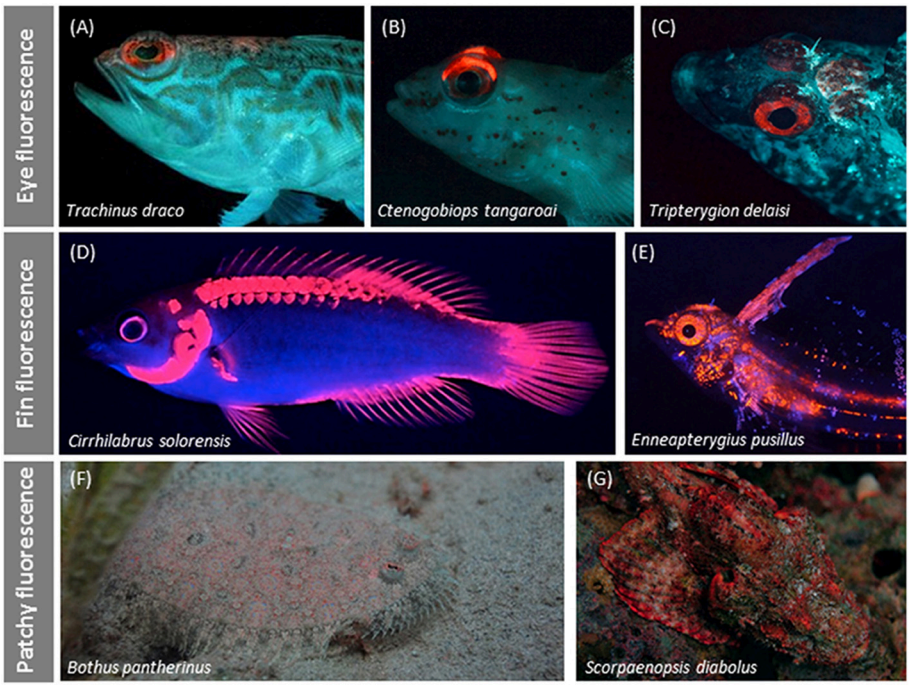
لقد حزرت السر – إنه العلم! تُعد **الألوان الفلورية المتوهجة** ألوانًا ذات طبيعة خاصة جدًا. من الأرجح أنك قد رأيت ألونًا فلورية متوهجة من قبل إذا كنت قد رأيت ملصقًا بالضوء الأسود أو لوحة مزخرفة بالضوء الأسود. تبدو الألوان الفلورية متوهجة، حيث إنها تمتص أحد ألوان الضوء ثم ينبعث منها لون آخر، وهذا يرجع إلى الطريقة التي تحرر بها جزيئات الصبغة (اللون) الطاقة من اللون الذي تمتصه. عندما يمتص جزيء الصبغة طاقة الضوء، فإنه عادّة ما يحرر الطاقة ببطء في صورة حرارة. ولكن بدلًا من ذلك، يحرر جزيء اللون الفلوري بعض الطاقة من الضوء الذي يمتصه في صورة ضوء *جديد* يحتوي على نسبة طاقة أقل من الضوء الممتص. لا يمكن للأصباغ العادية القيام بذلك—يمكنها فقط عكس ألوان الضوء التي توجد بالفعل في بيئتها. لهذا السبب تبدو الألوان الفلورية مذهلة وغير معقولة بعض الشيء.

هل تتذكر كيف بدا كل شيء باللون الأزرق عندما كنت على عمق 60 قدمًا تحت البحر؟ تمتص الأسماك ذات اللون الفلوري اللون الأزرق هذا، ثم ينبعث منها لون أحمر، على غرار ملصقات الضوء الأسود المفعمة بالألوان. تُظهر الأسماك التي تعيش في مناطق أعمق من المياه قدرًا أكبر من التوهج الفلوري للون الأحمر. أعمق، تظهر فلورية اللون الأحمر الساطع بوضوح في المياه الأكثر زرقة [2]. ومنذ عام 2008، اكتشف علماء الأحياء البحرية مئات من أسماك المحيط ذات الألوان الفلورية المتوهجة [3, 4]. ولكن حتى الآن لم نعرف المزيد عن *السبب* وراء اللون الفلوري المتوهج لهذه الأسماك. وفي دراسة بحثية جديدة، تناولنا المزايا التي قد تتمتع بها الأسماك بكونها ذات لون أحمر فلوري متوهج.

لماذا تتمتع الأسماك بألوان فلورية متوهجة؟

يوجد العديد من الأسباب وراء تمتع الحيوانات بألوان معينة. طرحنا العديد من الأفكار حول سبب تمتع بعض أنواع الأسماك بأنماط اللون الأحمر الفلوري المتوهج، بما في ذلك ثلاث فرضيات نوردها أدناه:

1. **الفرضية 1: للتمويه؟** أولًا، قد تستخدم الأسماك اللون الأحمر الفلوري المتوهج للاندماج أو الاختلاط مع الخلفيات ذات اللون الأحمر الفلوري المتوهج، حيث يسطع بعض الأعشاب البحرية، التي تختبئ الأسماك بينها، باللون الأحمر الفلوري المتوهج، فكما يفعل صائد الغزلان بارتدائه معطفًا مموهًا، توقعنا أن الأسماك التي تفضل التربص بفرائسها (الحيوانات التي تتغذي عليها) دون رؤيتها، من المرجح أن يكون لديها نمطًا منقطًا أو منفصلًا من الألوان الفلورية التي تجعلها تبدو مثل خلفية الأعشاب البحرية.
2. **الفرضية 2: امتلاك عيون حمراء متوهجة؟** ثانيًا، قد تستخدم الأسماك ذات العيون الفلورية عيونها بمثابة مصابيح حمراء مضيئة صغيرة لتميز فريستها.
يمتلك بعض الفرائس الصغيرة عيونًا لامعة للغاية. يجعل المصباح الأحمر المضيء في البيئة الزرقاء أعين الفريسة بارزة وسهلة الرصد! توقعنا أن الأسماك التي تلتهم هذه الفرائس الصغيرة ذات العيون اللامعة من المحتمل أن تمتلك عيونًا فلورية لامعة مقارنة بغيرها من الأسماك التي تلتهم فريسة مختلفة.
3. **الفرضية 3: للتباهي؟** ثالثًا، قد تستخدم الأسماك الزعانف ذات اللون الأحمر الفلوري المتوهج للتباهي أمام قرنائها المحتملين. الكثير من الأسماك تتباهى بزعانفها الملونة التي ترفرف كالأعلام



شكل 2

شكل 2

(A–C) يمكن أن يستخدم التوهج الفلوري للعين ليعمل كمصابيح حمراء مضيئة تجعل رؤية الفرائس ذات الأعين اللامعة سهلة. **(D, E)** يمكن أن تستخدم الأسماك الزعانف الفلورية المتوهجة للتباهي أمام القرناء المحتملين. **(F, G)** يمكن أن تُستخدم الألوان الفلورية ذات النقاط الحمراء للتمويه والاختباء عن الفريسة لتماثل لون خلفية الأعشاب البحرية ذات اللون الأحمر الفلوري المتوهج، أو الشعاب المرجانية، أو الاسفنجيات. صور التقطها Dr. Nico Michiels، ونُشرت في المقال المصدر. يمكن رؤية الألوان الفلورية هنا نظرًا لالتقاط جميع الصور تحت الضوء الأزرق. للاطلاع على صور الأسماك ذات اللون الفلوري تحت ظروف الإضاءة الفلورية وغير الفلورية، يُرجى الرجوع إلى Meadows et al. [2].

التي تقول ''أعيروني انتباهكم!'' هل تُعد الزعانف ذات اللون الأحمر الفلوري الساطع طريقة ذكية لجذب الانتباه في مقابل خلفية البحر الأزرق؟

إذا كان الأمر كذلك، فإن أنواع الأسماك التي يمكنكم بسهولة التمييز فيها بين الأسماك الإناث (فتاة) والذكور (صبي) ـ من المرجح أن تمتلك زعانف فلورية متوهجة.

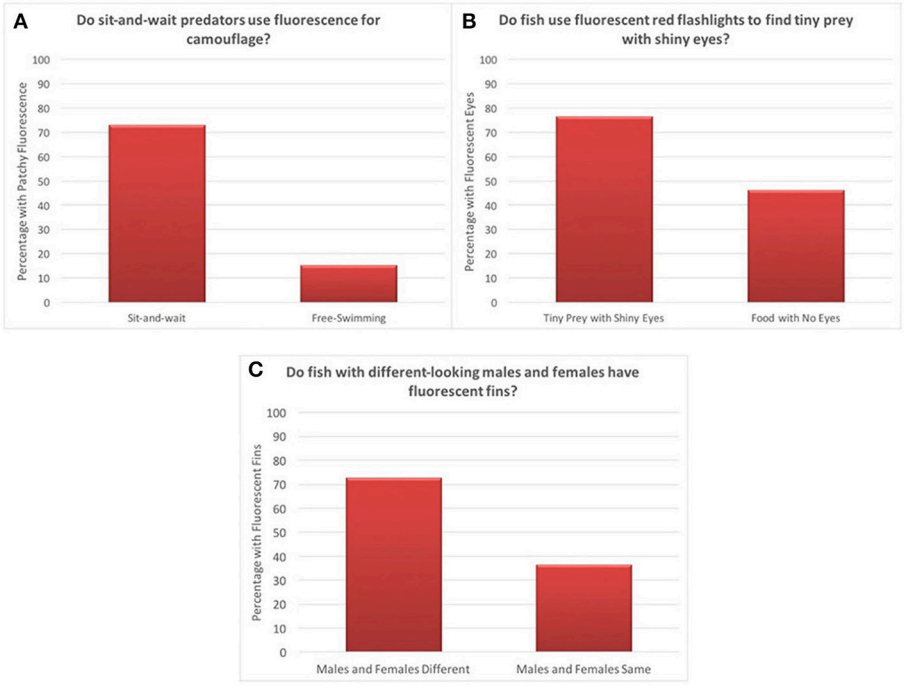
كيف درسنا الألوان الفلورية في الأسماك؟

لمعرفة ما إذا كانت الأسماك تستخدم الألوان الفلورية للتمويه، أو للمصابيح الحمراء المضيئة، أو للتباهي، بحثنا عن الألوان الفلورية الحمراء في 665 نوعًا مختلفًا من الأسماك، ثم التقطنا صورًا للأسماك ذات الألوان الفلورية باستخدام الضوء الأزرق، تمامًا كما لو كانت تحت سطح البحر. سهّل ذلك الأمر رؤية اللون الأحمر الفلوري المتوهج، وتحديد ما إذا كانت كل سمكة تمتلك عيونًا فلورية، أو ألوانًا فلورية منقطة ''للتمويه''، أو زعانف فلورية متوهجة (الشكل 2). ثم درّس شخص آخر، لا يعرف أي الأسماك تمتلك لونًا فلوريًا متوهجًا، كتبًا لمعرفة المزيد عن **علم البيئة** الخاص بالأسماك.

علم البيئة (ECOLOGY)

يدرس كيف تتفاعل الحيوانات مع بيئاتها ومع بعضها البعض.

يدرس علم البيئة كيفية تفاعل الحيوانات مع بيئاتها ومع بعضها البعض. نظرنا في ما إذا كانت كل سمكة تكون عبارة عن مفترس متربص في القاع أو مفترس نشط السباحة، أو ما إذا كانت قد التهمت فريسة صغيرة ذات عيون لامعة، أو ما إذا كان لديها أنماط تسمح للناس بالتمييز بين الأسماك الإناث والذكور.



شكل 3

شكل 3

النتائج. **(A)** النسبة المئوية للأسماك التي تتمتع بأجسام ذات بقع حمراء فلورية وتكون إما مفترسة نشطة السباحة أو مفترسة متربصة. حيث توجد أسماك مفترسة متربصة تمتلك أجسامًا ذات أشكال بقع فلورية أكثر من الأسماك المفترسة نشطة السباحة، مما يدعم الفرضية القائلة إن البقع الفلورية المتوهجة تستخدم للتمويه.
(B) النسبة المئوية للأسماك ذات العيون الفلورية المتوهجة التي تأكل الفريسة بدون عيون أو فريسة صغيرة بعيون لامعة. يوجد عدد أكبر من الأسماك ذات العيون الفلورية المتوهجة التي تأكل فريسة صغيرة بعيون لامعة أكثر من الأسماك ذات العيون الفلورية المتوهجة التي تأكل الفريسة التي ليس لها عيون، مما يدعم الفرضية القائلة إن الأسماك تستخدم إضاءة حول عيونها لرؤية العيون اللامعة لفريستها. **(C)** النسبة المئوية للأسماك إن الزعانف الفلورية المتوهجة التي لديها اختلافات بين الذكور والإناث والتي يتشابه فيها الذكور والإناث. يوجد المزيد من الأسماك ذات الزعانف الفلورية المتوهجة حيث يختلف الذكور عن الإناث أكثر من الذكور والإناث المتشابهين مما يدعم الفرضية القائلة بأن الزعانف الفلورية المتوهجة تستخدم للتباهي بين القرناء. رسمت الشكل الدكتورة Dr. Melissa Meadows بناءً على البيانات الموجودة في المقال المصدر.

ماذا اكتشفنا؟

اكتشفنا أن حوالي 272 سمكة من أصل 665 سمكة قمنا بدراستها تندرج تحت النوع الأحمر الفلوري المتوهج، مما يعني أنه يوجد بالفعل الكثير من الأسماك ذات الألوان الفلورية التي لا يعلمها العلماء. ويعد هذا الاكتشاف مهمًا حيث يعني عدم ندرة هذا النوع من الأسماك. وقد اكتشفنا أن العديد من الأسماك تستخدم اللون الفلوري المتوهج لتكون حمراء اللون في الجزء العميق من المحيط، فبدون استخدام الألوان الفلورية المتوهجة، سيكون من الصعب التلون باللون الأحمر في عمق يزيد عن 60 قدمًا تحت الماء. هذا النوع من الألوان تم اكتشافه حديثًا ويعتبر ذا... أهمية بالنسبة للعلماء الآخرين إذا كانوا يريدون معرفة كيفية تفاعل الأسماك مع بعضها البعض ومع بيئتها.

الفرضية 1: للتمويه؟ لقد رأينا فقط بقعًا مضيئة يمكن استخدامها للتمويه في عدد قليل من أنواع الأسماك التي تسبح في الماء لاصطياد الفريسة. وعلى النقيض من ذلك، فإن أكثر من ٧% الأسماك التي تقبع وتنتظر في قاع المحيط لاصطياد الفريسة غير الشاعرة بالخطر لديها نمط تمويه من بقع الضوء، مما يدعم بدوره الفرضية 1 (الشكل 3A). وغالبًا ما تُرى الأسماك ذات نمط **التمويه** الأحمر الفلوري جالسةً على أشياء فلورية مثل الشعاب المرجانية والإسفنج والأعشاب البحرية، فعند الجلوس على خلفية ذات بقع حمراء مضيئة، تستخدم هذه الأسماك إضاءتها لتندمج مع خلفيتها وتتخفى من فريستها، ثم تنتظر حتى تقترب فريستها لتهاجمها وتصطادها.

الفرضية 2: امتلاك عيون حمراء متوهجة؟ تمتلك حوالي ٧% من الأسماك التي تلتهم فرائس صغيرة ذات عيون لامعة عيونًا حمراءً مضيئة، مما يدعم الفرضية رقم 2، بينما تمتلك أقل من ٥% من الأسماك التي تأكل فريسة بدون عيون على الإطلاق عيونًا حمراءً مضيئة (الشكل 3B)، مما يعني أن العيون الحمراء الفلورية المتوهجة تستخدم على الأرجح كمصباح. كما تضيء الأسماك ذات اللون

التمويه (CAMOUFLAGE)

عندما يمتزج لون الكائن مع لون خلفيته أو بيئته مما يجعل من الصعب رؤيته.

الأحمر الفلوري المتوهج عيون الفريسة حتى تتمكن من رؤية عيون الفريسة تلمع باللون الأحمر وسط الخلفية الزرقاء.

توجد أسماك رائعة للغاية تسمى بأسماك المصباح تفعل نفس الشيء تقريبًا ولكن باستخدام **التوهج الحيوي** بدلًا من ذلك، وتحتوي أسماك المصباح على أكياس تحت أعينها تتوهج حيويًا أو تصنع ضوءها الخاص باستخدام التفاعلات الكيميائية. يعمل هذا تمامًا مثل اليراعات التي ربما تكون قد اصطدتها في فنائك الخلفي في الصيف. ويمكن لأسماك المصباح أن تضيء للتواصل في الليل.

التوهج الحيوي (BIOLUMINESCENCE)

عندما تنتج الكائنات الحية الضوء بنفسها باستخدام التفاعلات الكيميائية.

الفرضية 3: للتباهي؟ يوجد لدى حوالي ٨% من أنواع الأسماك التي لديها اختلافات واضحة بين الذكور والإناث زعانف حمراء فلورية متوهجة، مما يدعم الفرضية 3. في أنواع الأسماك التي يتشابه فيها الذكور والإناث يمتلك أقل من ٥% من الأسماك زعانف فلورية متوهجة (الشكل 3C). يعني ذلك أن الزعانف الحمراء الفلورية المتوهجة قد يستخدمها الكثير من الأسماك للإشارة إلى ما إذا كانت من الذكور أم الإناث، وستكون رؤية هذه الزعانف الملونة الزاهية أكثر سهولة في المياه الزرقاء بعمق 60 قدمًا. يا لها من طريقة رائعة للتباهي أمام قرين محتمل! كما يمكن أيضًا تحريك الزعانف لأعلى ولأسفل، حتى تتمكن الأسماك من إخفاء أعلامها الحمراء الزاهية عند ظهور الحيوانات المفترسة.

ما السبب وراء أهمية الأسماك المتوهجة باللون الأحمر الفلوري؟

أعتقد أنه من الرائع حقًا أن يكون للأسماك ألوانًا تبدو للوهلة الأولى مستحيلة التكوين، حيث يمكن أن يكون لونها أحمر على الرغم من كل الضوء الأزرق الذي تعيش فيه، فبالنسبة إلى علماء الأحياء البحرية وأنا منهم، هذا مدهش للغاية. آمل أن تلهم معرفة المزيد عن مدى جمال هذه الأسماك والسبب وراء امتلاكها هذا الضوء الأحمر الفلوري المذهل الأطفال وآبائهم والمعلمين على حب المحيط بصورة أكبر. يرجى الانضمام لي ولعلماء الأحياء البحرية الآخرين في عملنا للحفاظ على هذا النظام البيئي وجميع الكائنات الحية المتنوعة. بالإضافة إلى ذلك، أنت لا تعلم أيّ الاكتشافات ستكون مفيدة للبشر! **فالأصباغ** الفلورية المتوهجة المستخلصة من قناديل البحر تستخدم حاليًا لرؤية أجزاء مختلفة من الخلايا لتشخيص الأمراض، وحتى لتشغيل بعض شاشات التلفاز. قد تصبح الأصباغ الفلورية المتوهجة في الأسماك مهمة في الطب أو المجالات الأخرى في يوم من الأيام.

الأصباغ (PIGMENT)

جزيء يمتص بعض ألوان الضوء ويعكس البعض الآخر.

مقال المصدر الأصلي

Anthes, N., Theobald, J., Gerlach, T., Meadows, M. G., and Michiels, N. K. 2016. Diversity and ecological correlates of red fluorescence in marine fishes. Front. Ecol. Evol. 4:126. doi: 10.3389/fevo.2016.00126

المراجع

1. Jerlov, N. G. 1968. *Optical Oceanography*. New York, NY: Elsevier.
2. Meadows, M. G., Anthes, N., Dangelmayer, S., Alwany, M. A., Gerlach, T., Schulte, G., et al. 2014. Red fluorescence increases with depth in reef fishes, supporting a visual function, not UV protection. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 281:20141211. doi: 10.1098/rspb.2014.1211

3. Michiels, N. L., Anthes, N., Hart, N. S., Herler, J., Meixner, A. J., Schleifenbaum, F., et al. 2008. Red fluorescence in reef fish: a novel signaling mechanism? *BMC Ecol.* 8:16 doi: 10.1186/1472-6785-8-16
4. Sparks, J. S., Schelly, R. C., Smith, W. L., Davis, M. P., Tchernov, D., Pieribone, V. A., et al. 2014. The covert world of fish biofluorescence: a phylogenetically widespread and phenotypically variable phenomenon. *PLoS ONE* 9:e83259. doi: 10.1371/journal.pone.0083259

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 22 يناير 2021

حرره: Michele A. Johnson, Trinity University, United States

الاقتباس: Meadows MG (2021) الأسماك تتوهج باللون الأحمر الفلوري في أعماق البحار الزرقاء. Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2018.00059-ar

مُترجَم ومقتبس من: Meadows MG (2018) Fish Glow Fluorescent Red in the Deep, Blue Sea. Front. Young Minds 6:59. doi: 10.3389/frym.2018.00059

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 © 2018 © 2021 Meadows. 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

MILL CREEK ELEMENTARY، العمر: 10-11

نحن فريق ''آبتون'' (Upton). نحن مجموعة من طلاب الصف الخامس (تتراوح أعمارنا بين 10 و11 عامًا) من ميسوري، الولايات المتحدة الأمريكية. نحن صف مبدع ونشط؛ إذ نستمتع بشكل خاص بالعطلة والتمارين الرياضية والفن. ويتميز صفنا بأنه ثرثار وجيد في نفس الوقت في العديد من الأشياء المختلفة، ولذلك نعمل جيدًا كفريق لمراجعة هذه المقالة. ولقد أحببنا العمل مع Ellee وRonnie لمعرفة المزيد عن الأسماك ذات الألوان الفلورية المتوهجة والسبب في لون المحيط الأزرق ونأمل أن تفعل أنت أيضًا ذلك.

المؤلفون

MELISSA GRACE MEADOWS

ترأس Melissa Meadows برامج الأحياء البحرية والأحياء المائية وعلوم الحيوان في جامعة سانت فرانسيس في لوريتو، بنسلفانيا. وعملت على جميع أنواع المواضيع في ألوان الحيوانات والبيولوجيا البحرية، من التقزح اللوني في الطيور الطنانة وحتى الحفاظ على الشعاب المرجانية، وبالطبع الإضاءة في الأسماك. وقد تجولت في جميع أنحاء العالم من أجل الرحلات البحثية والميدانية بما في ذلك فلوريدا كيز

وسانت لوسيا وألمانيا والبحر الأحمر في مصر وإيطاليا وفرنسا ونيوزيلندا وجزر غالاباغوس. كما أنها مدربة غطس لأعماق بعيدة وتحب البقاء تحت الماء، وخاصة تعريف الطلاب على الشعاب المرجانية.
*mmeadows@francis.edu

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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